



INNOVATIONSREGION
MITTELDEUTSCHLAND

MACHBARKEITSSTUDIE EINES AUTONOMEN MOBILITÄTSSYSTEMS MIT ON-DEMAND- FUNKTION FÜR DIE (VOR)LETZTE MEILE

NEUE WEGE FÜR INNOVATION UND WERTSCHÖPFUNG

Strukturwandel in der Innovationsregion Mitteldeutschland

14.03.2022

Ein Projekt der



METROPOLREGION
MITTELDEUTSCHLAND



7 Landkreise und 2 Städte in 3 Bundesländern mit 2 Mio. Einwohnern



Impulse für Innovation und Wertschöpfung im Mitteldeutschen Revier

Im Strukturwandelprojekt „Innovationsregion Mitteldeutschland“ entwickelt die Europäische Metropolregion Mitteldeutschland (EMMD) gemeinsam mit den Landkreisen Altenburger Land, Anhalt-Bitterfeld, Burgenlandkreis, Leipzig, Mansfeld-Südharz, Nordsachsen und Saalekreis und den Städten Halle (Saale) und Leipzig neue Strategien und Projekte für Innovation und Wertschöpfung, um den Strukturwandel in der Region aktiv zu gestalten.

Bearbeitung

TTK GmbH
Durlacher Allee 73
76131 Karlsruhe

+49 721/62503-0
info@ttk.de

www.ttk.de

Rebel Deutschland GmbH
Speditionstraße 1
40221 Düsseldorf

+49 211/54599888
RebelDeutschland@rebelgroup.com

<https://www.rebelgroup.com>

Gefördert aus Mitteln der Bundesrepublik Deutschland, des Freistaates Sachsen, des Landes Sachsen-Anhalt und des Freistaates Thüringen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe: "Verbesserung der regionalen Wirtschaftsinfrastruktur".

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



#moderndenken



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Kontext und Zielsetzung der Untersuchung	10
1.1 Kontext	10
1.2 Zielsetzung	10
2 Bestandsaufnahme.....	13
2.1 Stand der Technik im Bereich automatisierte/autonome Mobilitätslösungen	13
2.2 Innovative Mobilitätslösungen in der IRMD – Darstellung existierender Projekte in der Region.....	21
2.3 Auswirkungen zukünftiger Mobilitätstrends mit der Empfehlung eines Entwicklungspfades bis zum Jahr 2040.....	28
3 Akzeptanzanalyse	34
3.1 Herkömmliche Faktoren und Parameter, die den Umstieg vom privaten Verkehrsmittel auf alternative Mobilitätsformen beeinflussen	34
3.2 Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von automatisierten bzw. autonomen Verkehrssystemen	38
3.3 Darstellung der Wünsche, Bedürfnisse, Ängste und Bedenken gegenüber neuer Mobilitätsformen (Personas-Ansatz).....	42
3.4 Strategien zur Minimierung der Ängste und Bedenken gegenüber autonomen Mobilitätssystemen und Möglichkeiten zur Einbindung der Bevölkerung des Betrachtungsraums in die Realisierung	50
4 Identifizierung von potenziellen Einsatzmöglichkeiten für das innovative Mobilitätssystem innerhalb der Innovationsregion.....	53
5 Potenzialanalyse auf Basis von zwei Beispielstrecken	56
5.1 Ziel der näheren Betrachtung der zwei Strecken	56
5.2 Vorgehensweise bei der Auswahl der Strecken.....	56
5.3 Strecke 1 GVZ/Porsche	56
5.4 Strecke 2 Stolberg (Harz) – Rottleberode – Berga	72
5.5 Steigerung der Attraktivität eines autonomen Systems durch die permanente on-demand-Verfügbarkeit?.....	86



5.6	Stakeholderanalyse	87
6	Wertschöpfungsanalyse.....	95
6.1	Übergeordnete Wertschöpfungskette des Mobilitätssystems	95
6.2	Wertschöpfungspotenziale und -effekte in der IRMD.....	97
6.3	Streckenabhängige Effekte in der IRMD	102
7	Fazit	116
7.1	Methodischer Ansatz der Studie.....	116
7.2	Technologie	116
7.3	Chancen für die Wertschöpfung	117
7.4	Einsatzpotenziale für ein innovatives Mobilitätssystem für die (vor-)letzte Meile in der IRMD 119	
7.5	Akzeptanz	119
7.6	Beteiligung von Stakeholdern	120
	Literaturverzeichnis.....	121
	Anhang zum Bericht	123
	Anhang 1: Stand der Technik im Bereich automatisierte/autonome Mobilitätslösungen – Datenblätter vergleichbarer Mobilitätssysteme.....	124
	Anhang 2: Liste der identifizierten Strecken.....	133
	Anhang 3: Quantitative Parameter konventioneller Verkehrsträger	137

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Autonomer bzw. hochautomatisierter Shuttle (Kleinbus).....	14
Abbildung 2: Karte der aktuellen Projekte im Bereich autonome bzw. hochautomatisierte Shuttle-Busse in Deutschland.....	14
Abbildung 3: Beispiele Peoplemover/Monorail.....	15
Abbildung 4: Transportsystem Bögl (TSB).....	16
Abbildung 5: Konzept "MonoCab".....	16
Abbildung 6: FlexSBus-LR.....	17
Abbildung 7: Seilbahn in Mexico City.....	18
Abbildung 8: Ottobahnkonzept.....	19
Abbildung 9: Konzept "upBus".....	20
Abbildung 10: Perimeter des Projekts LOW-CARB.....	22
Abbildung 11: Teststrecke Projekt ABSOLUT.....	23
Abbildung 12: Perspektivisch angedachte Einsatzgebiete für automatisierte fahrerlose Systeme bzw. Shuttles im Raum Leipzig.....	24
Abbildung 13: Fahrzeug vom Konzept FLASH.....	25
Abbildung 14: Teststrecke für das Projekt FLASH.....	26
Abbildung 15: Fahrzeug und Teststrecke Projekt Thyra Floh.....	27
Abbildung 16: Megatrend Mobilität und die Verbindungen zu weiteren Megatrends.....	29
Abbildung 17: Möglicher Einfluss der COVID-19 Pandemie auf die zukünftige Mobilitätswelt.....	31
Abbildung 18: Mögliche Zukunftsszenarien für die IRMD.....	32
Abbildung 19: Verkehrsmittelwahl variiert, z. B. je nach Alter und Geschlecht.....	35
Abbildung 20: Qualitätsstufe des ÖV basiert auf das Reisezeitverhältnis ÖV/MIV nach RIN.....	37
Abbildung 21: Orientierungswerte für die Bewertung der Umsteigehäufigkeit nach RIN.....	37
Abbildung 22: Nutzerbereitschaft für die Nutzung eines autonomen Kleinbusses in einem ländlich geprägten Landkreis.....	39
Abbildung 23: Objektbezogene Aussagen in Bezug auf die autonomen Shuttles und die Mobilität....	40
Abbildung 24: Auswertung der Frage „Welche Aspekte des Shuttle-Projekts wären am positivsten für Stolberg?“ bei der Umfrage vor der Einführung vom autonomen Shuttle Thyra Floh in Stolberg.....	41
Abbildung 25: Entwicklung der Haushaltsgröße zum Zeithorizont 2040.....	42
Abbildung 26: Geografische Position des GVZ.....	57
Abbildung 27: Übersicht GVZ-Areal mit den geplanten Entwicklungen.....	58
Abbildung 28: Übersicht Porsche-Areal.....	58
Abbildung 29: Beispiele für Mobilitätsmaßnahmen aus dem „Masterplan Mobilität Nordraum Leipzig“ für den betrachteten Raum.....	59
Abbildung 30: Zusammenfassung ÖV-Angebot rund um den GVZ.....	60
Abbildung 31: Fahrzeiten ab dem S-Bahn Haltepunkt bis zum Arbeitsplatz im GVZ.....	60
Abbildung 32: Prognostizierte ÖPNV Fahrgäste für den Bereich GVZ.....	61
Abbildung 33: Strecke 1 GVZ/Porsche: Linienführungsmöglichkeiten.....	65
Abbildung 34 Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Leipzig-Lützschena.....	67
Abbildung 35: Station der Portland Aerial Tram.....	67
Abbildung 36 Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Leipzig-Wahren.....	68
Abbildung 37: Beispielhafte Station die Straßenbahn und Seilbahn integriert.....	68
Abbildung 38: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Kundenzentrum/Tor1, Variante 1.....	69
Abbildung 39: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Kundenzentrum/Tor1, Variante 2.....	70
Abbildung 40: Idee für eine ÖV-Drehscheibe in Settelbach in Zürich.....	70
Abbildung 41: Übersicht der Stadt Stolberg (Harz).....	73
Abbildung 42: Position des betrachteten Raums zwischen Stolberg und Berga.....	73
Abbildung 43: Bestandsaufnahme Siedlungsstruktur, Unternehmen und ÖV-Angebots im betrachteten Raum.....	74
Abbildung 44: Linienverlauf Buslinie 450.....	76

Abbildung 45: Aktuelle ÖV Linien zwischen Stolberg und Berga, Regionalliniennetzplan der VGS 2020	77
Abbildung 46: Beispielkonzept Strecke Stolberg - Berga.....	81
Abbildung 47: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Stolberg Bahnhof	84
Abbildung 48: Station der Portland Aerial Tram	85
Abbildung 49: Herangehensweise bei der Stakeholderanalyse	88
Abbildung 50: Übergeordnete Stakeholder-Matrix für die zwei Beispielstrecken	91
Abbildung 51: Beteiligungspyramide (Eigene Darstellung)	92
Abbildung 52: Potenzieller wirtschaftlicher Nutzen der Projektidee	95
Abbildung 53: Wertschöpfungskette eines potenziellen Systems	96
Abbildung 54: Regionalwirtschaftliche Effekte – Effekt-Kette durch die Einbeziehung von Unternehmen in der IRMD.....	102
Abbildung 55: Streckenabhängige Effekte – Effekt-Kette durch den Personentransport	103
Abbildung 56: Streckenabhängige Effekte – Effekt-Kette durch den Transport von Gütern und Waren	108
Abbildung 57: Gesamtbild der mehrdimensionalen Effekt-Ketten.....	115

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gründe für und gegen automatisiert fahrende Busse	40
Tabelle 2: Akzeptanzniveau Projekte autonome Shuttles	41
Tabelle 3: Nicht-finanzielle Einbindung und finanzielle Anreize nach Projektphase.....	52
Tabelle 4: Vergleich Reisezeiten Strecke 1 GVZ/Porsche	66
Tabelle 5: Aufstellung der möglichen Kosten durch die Bedienung von konventionellen Verkehrsträgern, Strecke GVZ/Porsche	71
Tabelle 6: Reisezeiten mit Pkw, Strecke Stolberg-Berga.....	82
Tabelle 7: Reisezeiten im aktuellen ÖV, Strecke Stolberg-Berga.....	82
Tabelle 8: Reisezeiten im ÖV mit dem angenommenen Mobilitätssystem.....	83
Tabelle 9: Reisezeitgewinne und Verluste, Strecke Stolberg-Berga	83
Tabelle 10: Aufstellung der möglichen Kosten durch die Bedienung von konventionellen Verkehrsträgern, Strecke Stolberg – Berga	86
Tabelle 11: Stakeholder der Beispilsstrecke 1 (GVZ/Porsche)	88
Tabelle 12: Stakeholder der Beispilsstrecke 2 (Stolberg – Berga)	89
Tabelle 13: Identifizierte Unternehmen in der IRMD (und darüber hinaus).....	97
Tabelle 14: Kernaussagen der Unternehmensinterviews.....	100
Tabelle 15: Liste der im Rahmen der Studie identifizierten potenziellen Strecken für den Einsatz eines innovativen Mobilitätssystems für die (vor-)letzte Meile	133
Tabelle 16: Technische Parameter konventioneller Verkehrsträger.....	137
Tabelle 17: Investitionskostenträger Infrastruktur und Fahrzeuge	138
Tabelle 18: Betriebskosten pro Fahrzeug-km und Jahr, Erfahrungswerte	139
Tabelle 19: CO ₂ Ausstoß (Betrieb).....	139



Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V.
HVZ	Hauptverkehrszeit
IRMD	Innovationsregion Mitteldeutschland
IV	Individualverkehr
LSA	Lichtsignalanlage
MIV	Motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PBefG	Personenbeförderungsgesetz
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StVG	Straßenverkehrsgesetz
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

1 Kontext und Zielsetzung der Untersuchung

1.1 Kontext

Neben dem zentralen Thema Strukturwandel im Kontext des Kohlenausstiegs erfährt die Region Mitteldeutschland weitere gesellschaftliche Veränderungen. Sozio-demografische Prognosen gehen z. B. von einem Rückgang der Bevölkerung aus (-3,6% für die gesamte Region im Zeithorizont 2040), wobei gleichzeitig die Haushaltsgröße ab- und der Anteil der 1-Personen Haushalte zunimmt. Der Anteil der Personen im rentenfähigen Alter steigt und der Anteil der Erwerbstätigen geht zurück.¹

Diese sozio-demografischen und ökonomischen Effekte und Veränderungen treffen nicht alle Teile der Region gleichmäßig – die zwei Oberzentren Leipzig und Halle (Saale) ziehen die Bevölkerung und Pendler stark an. Der Rest der Region ist eher dünn besiedelt und ländlich geprägt.

In diesem Kontext sind Ungleichheiten sowie Herausforderungen unterschiedlicher Art für die Mobilität von Personen, Waren und Paketlieferungen in der Region zu verzeichnen. Einerseits steigt der Mobilitätsbedarf sehr stark um und in Richtung der Anziehungsgebiete und der großen Arbeitsstandorte, andererseits wird die Mobilität individueller, vor allem in den dünn besiedelten Gebieten. Das Thema „(vor)letzte Meile“ spielt eine zunehmend größere Rolle für die Erreichbarkeit und für die Möglichkeit zur Modal Split Verlagerung vom individuellen Pkw auf umweltfreundlichere Mobilität.

Im Rahmen der Studie wurde diese Problematik thematisiert und es wurden Voraussetzungen für die Entstehung und den Einsatz von einem neuartigen fahrerlosen, trassengebundenen Mobilitätssystem für die (vor)letzte Meile in der Region näher betrachtet.

Ziel des neuartigen Mobilitätssystems ist es zum einen, die Mobilität in der Region zu verbessern und zum anderen, eine regionale Wertschöpfungskette zu schaffen, die im Rahmen des Strukturwandels neue Perspektiven für die davon betroffenen lokalen Akteure schaffen könnte.

Vermerk:

In dieser Studie wird das zugrunde gelegte Mobilitätssystem, das bisher lediglich als eine konzeptuelle Idee existiert, nur durch seine qualitativen Charakteristika und Komponenten adressiert.

Das System ist bisher technologisch nicht definiert und seine technische Machbarkeit wurde von den Gutachtern nicht geprüft. Im Rahmen der Untersuchung wurden vielmehr Rahmenbedingungen für ein Mobilitätssystem für die (vor)letzte Meile abgegrenzt. Es wurden durch Benchmark, Recherchen und Interviews verschiedene Parameter identifiziert, die für die weitere Definition der Anforderungen an das System genutzt werden können.

1.2 Zielsetzung

Im Rahmen dieser Untersuchung war zu prüfen, ob und wie ein innovatives, automatisiertes und flexibles modulares Mobilitätssystem für die (vor)letzte Meile die Mobilität in den suburbanen und ländlichen Räumen der Innovationsregion Mitteldeutschland (IRMD) verbessern könnte.

Bei der Systemkonzeptionierung (nicht Teil dieser Studie) ist auf in der Region vorhandenes, technisches Know-how aufzubauen, um die lokale Wertschöpfung zu maximieren. Die Studie soll dazu dienen, eine erste Eingrenzung der Anforderungen an das System zu definieren und mögliche regionale Partner/Akteure für die Umsetzung zu identifizieren.

¹ Prognos AG 2021

Das für die Studie unterstellte System wird konzeptionell definiert und ist als Eingangsparameter zu verstehen.

Das System setzt sich aus unterschiedlichen Modulen zusammen:

- ▶ zentral angetriebenes Chassis
 - Die Konzeptidee sieht in dem zentralen Antrieb auf eigener Trasse eine umweltfreundlichere Alternative im Vergleich zu Mobilitätssystemen mit Fahrzeugen die mit eigenem Antrieb fahren. Diese These wurde aber im Rahmen dieser Studie nicht als pauschal bewiesen betrachtet.
- ▶ Kabine
- ▶ eigene Trasse (Straße, Schiene, Luft) zur Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr
 - Für die Trasse wird eine Nutzung oder Umnutzung vorhandener (stillgelegter) Infrastruktur bzw. Fahrbahnen angestrebt, um zusätzliche Oberflächenversiegelung oder Raumverlust möglichst zu vermeiden bzw. zu minimieren.

Entsprechend der Konzeptidee soll es möglich sein, diese Komponenten unterschiedlich je nach Bedarf und lokalen Gegebenheiten zu kombinieren.

Das innovative und neuartige Verkehrssystem soll die folgenden Charakteristika haben:

- ▶ automatisierte/autonome, bedarfsorientierte, trassengebundene Beförderung von schnell austauschbaren Transportkabinen
 - Dabei sollten die Kabinen nach der Konzeptidee aus bestehenden bzw. gebrauchten Teilen (recycling) produziert und dann zu einem System zusammengefügt werden.
- ▶ kann sowohl für den Personenverkehr als auch für Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP-Dienstleistungen) eingesetzt werden
- ▶ einsetzbar sowohl in der Ebene als auch, wenn nötig, um einen direkteren und schnelleren Weg anbieten zu können, zur Überwindung von Hindernissen (z. B. bei Fahrt über Schienen, Autobahnen, Seen)
- ▶ flexible, kleinteilige Bauweise, schnell rückbaubar (bei Erschließung von Neubaugebieten bezogen auf das Transportmittel und Infrastruktur)
- ▶ an die Strecke angepasste zentrale, umweltfreundliche Antriebseinheit (z. B. Seilzug, elektromagnetisch, magnetschwebend)

Die technologischen, organisatorischen und ökonomischen Voraussetzungen bzw. Anforderungen für so ein System sind in der Untersuchung genauer einzugrenzen. Es galt in der Studie zu identifizieren, ob geeignete Anwendungsfälle für das System in der Region existieren und ob durch das neue System eine Wertschöpfung in der Region zustande kommen könnte. Anhand von zwei exemplarischen Strecken wurden zudem die potenziellen regionalen Effekte adressiert: Fahrgast- und KEP-Potenziale, Stakeholder, lokale Wertschöpfung.

Auf der Metaebene sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- ▶ Welche Mobilitätslösungen verändern unser Leben bis **2040**?
- ▶ Wie gelingt die **Verknüpfung** des zuvor skizzierten Mobilitätssystems **mit dem ÖPNV**?
- ▶ Wie kann durch das System die **Erreichbarkeit im ländlichen Raum** verbessert werden?



- ▶ Liefert das System Lösungen für die **KEP-Logistik auf der (vor)letzten Meile**?
- ▶ Welche **Technik und Infrastruktur** stehen jetzt und in Zukunft zur Verfügung?
- ▶ Gibt es regional vertretene Branchen, die als **Zulieferer** von der Veränderung profitieren werden?

2 Bestandsaufnahme

2.1 Stand der Technik im Bereich automatisierte/autonome Mobilitätslösungen

Ziel dieses Arbeitsschritts ist es, anhand eines Benchmarks einen Überblick darüber zu erschaffen, welche Mobilitätsmodi heute schon autonom fahren können, welche Charakteristiken sie haben und wie technologisch fortgeschritten sie sind. Dabei wurden auch Entwicklungen und (Pilot-)Projekte betrachtet, die sich momentan noch in der Forschung und Entwicklung befinden. Die Analyse erfolgte auf Basis von dem Gutachter verfügbaren Informationen, Recherchen sowie gezielten Interviews mit Projektverantwortlichen bzw. Entwicklern von neuen Mobilitätssystemen.

Im Fokus des Benchmarks stehen Mobilitätssysteme, die eine trassengebundene, bedarfs- bzw. nachfrageorientierte, automatisierte/autonome Beförderung von Personen und Gütern/Waren/Paketen gewährleisten könnten. Es wird nach solchen Systemen gesucht, die auf kleinere Gefäßgrößen ausgelegt sind um eine Vergleichbarkeit mit dem hier angenommenen Mobilitätssystem zu gewährleisten. Hierbei wird zwischen straßen-, schienen- und seilgebundenen Systemen sowie möglichen Mischformen unterschieden. Bei all diesen gibt es (perspektivisch) fahrerlose Anwendungen, wobei die Interaktion mit nicht fahrerlosen Fahrzeugen noch eine Herausforderung darstellt, vor allem im normalen Straßenverkehr.

Im Folgenden werden die identifizierten Mobilitätssysteme kurz beschrieben. Im Anhang wird zusätzlich ein Datenblatt je Technologie aufgeführt. Es wird unterschieden nach:

- ▶ straßengebundene Mobilitätssysteme
 - autonome Shuttles (Kleinbusse)
- ▶ schienengebundene Mobilitätssysteme
 - Peoplemover/Monorail
 - Konzept „TSB (Transport System Bögl)“
 - Konzept „Monocab“
 - Konzept „Flexibler Schienenbus“
- ▶ seilgebundene Mobilitätssysteme
 - automatisierte Seilbahn
- ▶ gemischte Formen
 - Konzept „Ottobahn“
 - Konzept „upBus“

2.1.1 Straßengebundene Mobilitätssysteme – Autonome bzw. hochautomatisierte Shuttles (Kleinbusse)

Autonome bzw. hochautomatisierte Shuttles ermöglichen durch ihre Sensoren, GPS-Technologie, Kameras, und audiovisuellen Warnalarne ein automatisiertes Fahren. Sie verkehren im Straßenraum in der Regel (noch) auf vordefinierten Linienführungen und werden oft als App-basierte on-demand Mobilitätslösungen konzipiert. Die autonomen bzw. hochautomatisierten Shuttles sind für den Einsatz in dünn

besiedelten Regionen für die dort charakteristische geringe und disperse Nachfrage gut geeignet, da sie kleine Kapazitäten und eine hohe Flexibilität (sowohl zeitlich als auch räumlich) anbieten können.



Abbildung 1: Autonomer bzw. hochautomatisierter Shuttle (Kleinbus), Quelle: MDR/Easy Mile

Autonome bzw. bzw. hochautomatisierte Shuttles werden aktuell durch verschiedene Pilotprojekte in Deutschland und in der Welt auf ihre Tauglichkeit als attraktive Mobilitätslösung erprobt. Momentan gibt es laut VDV über 50 laufende Pilotprojekte in Deutschland.²



Abbildung 2: Karte der aktuellen Projekte im Bereich autonome bzw. hochautomatisierte Shuttle-Busse in Deutschland, Quelle: VDV

Die momentan zugelassenen Geschwindigkeiten von autonomen bzw. hochautomatisierten Shuttles liegen bei 15-25 km/h, jedoch ist eine Geschwindigkeit von 70 km/h bei einigen Projekten, auch spezifisch in der IRMD (Projekt ABSOLUT, Projekt FLASH), angestrebt.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Erprobung von autonomen bzw. hochautomatisierten Shuttles im Straßenraum als bedarfsorientierte ÖPNV-Angebote sind zwei rechtliche Aspekte zu erwähnen:

- ▶ Einführung von neuen Verkehrsarten im Personenbeförderungsgesetz, nämlich dem Linienbedarfsverkehr (LBV) (§44 PBefG) und dem gebündelten Bedarfsverkehr (GBV) (§50 PBefG). Diese zwei neuen Verkehrsarten erlauben den flexiblen und nachfrageorientierten (on-demand) Einsatz von Fahrzeugen für die Beförderung von Personen.

² <https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx>

- Bei dem Linienbedarfsverkehr (LBV) handelt es sich um anrufbusähnliche Dienste. Sie sind von den ÖPNV-Aufgabenträgern zu planen. Dabei muss die Beförderung auf vorherige Bestellung erfolgen, „ohne festen Linienweg zwischen bestimmten Einstiegs- und Ausstiegspunkten innerhalb eines festgelegten Gebietes und festgelegter Bedienzeiten“ (§ 44 PBefG).
 - Der gebündelte Bedarfsverkehr (GBV) ähnelt Ridepooling-Diensten, bzw. dem Taxen- oder Mietwagenverkehr. Diese Form von Beförderung darf nur innerhalb der Stadt erfolgen, in welcher der Betreiber des GBV seinen Sitz hat. Zentrales Merkmal des gebündelten Bedarfsverkehrs ist die Bündelung mehrerer Beförderungsaufträge entlang ähnlicher Wegstrecken. Der GBV unterliegt unternehmerischen Initiativen und ist nicht als Teil des ÖPNV zu verstehen (unterliegt keiner Beförderungs-, Betriebs- und Tarifpflicht) und kann nicht öffentlich kofinanziert werden. Es wird von Genehmigungsbehörden und Aufgabenträgern eine „Bündelungsquote“ festgelegt die der gebündelte Bedarfsverkehr am gesamten Verkehr erreichen muss.
- ▶ Modifizierung im Straßenverkehrsgesetzes (StVG): Die neu eingefügten §§ 1d ff. StVG gestatten den Einsatz von Fahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion (AV = automated vehicles) in festgelegten Betriebsbereichen.

Durch die o.g. Modifizierungen des Personenbeförderungsgesetzes (PBefG) und des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) werden somit rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen, die den Einsatz von (automatisierten/autonomen) Kleinbussen als on-demand Shuttles im Straßenverkehr erleichtern.

2.1.2 Schienengebundene Mobilitätssysteme – Peoplemover/Monorail

Unter automatisierten Peoplemovern/Monorails werden verschiedene Systeme zusammengefasst. Sie sind schienengebunden und können entweder schienengeführt, seilgezogen, stehend oder hängend angetrieben werden. Die fahrerlosen Systeme sind im Passagierbetrieb erprobt und erreichen Geschwindigkeiten im Bereich zwischen 30 und 80 km/h.

In dieser Kategorie können z. B. die folgenden Systeme/Fahrzeuge genannt werden: Bombardier Innovia APM, Siemens VAL / AIRVAL, Doppelmayr Cable Liner Shuttle, Hitachi Monorail.



Abbildung 3: Beispiele Peoplemover/Monorail, Quellen: www.rail.bombardier.com, www.assets.new.siemens.com, www.bigbeautifulbuildings.de, www.doppelmayr.com, www.hitachirail.com

Mit Kapazitäten von bis zu 45.000 Fahrgästen pro Stunde und Richtung sind diese Systeme in der Regel auf höhere Nachfrage ausgerichtet (z. B. Nutzung als Flughafen-bzw. Messe Shuttles) und/oder für einen dichteren urbanen Raum geeignet.

2.1.3 Schienengebundene Mobilitätssysteme – Konzept „TSB“



Abbildung 4: Transportsystem Bögl (TSB), Quellen: Wikipedia, www.transportsystemboegl.com

Ein weiteres innovatives autonomes Verkehrssystem auf eigener Trasse ist das Transport System Bögl (TSB), welches als Magnetschwebebahn zum Einsatz kommt. Die trassengebundene Magnetschwebebahn kann in drei unterschiedlichen Trassierungsvarianten eingesetzt werden: aufgeständert, ebenerdig oder im Tunnel. Das fahrerlose, automatische Transportsystem wurde bereits auf Teststrecken erprobt und kann Geschwindigkeiten im Bereich von 150 km/h erreichen. Das TSB hat im April 2021 auf einer 3,5 km Teststrecke in Chengdu in China mit 169km/h seinen bisherigen Rekord verzeichnet. Damit sollte eine Eignung des Systems für 160 km/h demonstriert werden.³

Ähnlich wie bei den Peoplemover/Monorail-Systemen ist der Einsatz des TSB eher für Bereiche mit größerer Nachfrage und weniger für den ländlichen Raum geeignet. Es gibt allerdings bereits Überlegungen und Entwicklungen, um derartige Mobilitätssysteme als Lösungen für dünner besiedelte Gebiete und für den ländlichen Raum zu konzipieren.

2.1.4 Schienengebundene Mobilitätssysteme – Konzept „MonoCab“



Abbildung 5: Konzept "MonoCab", Quelle: <https://www.monocab-owl.de/>

Grundidee des Konzepts „MonoCab“ ist es, durch ein innovatives automatisiertes Fahrzeugkonzept eine schnellere Reaktivierung eingleisiger Schienenstrecken und einen kostengünstigeren Betrieb der Strecke zu ermöglichen, vor allem für Anwendungsfälle im ländlichen Raum. Dabei wird darauf abgezielt Bestandschienenstrecken zu nutzen, bei denen keine oder nur eine geringe Anpassung der Infrastruktur notwendig wäre. Jede Kabine ist batteriebetrieben und verkehrt auf einer einzigen Schiene (kreisels stabilisierte Einschienenbahn). Somit könnte auch bei eingleisigen Schienenstrecken gleichzeitig Verkehr in beiden Richtungen stattfinden.

³ <https://max-boegl.de/news/tsb-knackt-hoehchstgeschwindigkeit-in-china>

Die Kabinen werden autonom gesteuert und nachfragebezogen eingesetzt. Die Konzept- und Prototypenentwicklung liegt bei der Technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe (OWL), die als Projektträger agiert. Weitere Kooperationspartner sind die Landeseisenbahn Lippe. e.V., die Fachhochschule Bielefeld, das Fraunhofer IOSB-INA und der Kreis Lippe. Darüber hinaus gibt es weitere lokale Partner und Unterstützer aus privater und öffentlicher Hand.

Bisher konzentriert sich das Projekt auf die Entwicklung des Fahrzeug-Prototyps. Die Kabine soll eine Kapazität von 5 bis 6 Personen haben (es existieren auch Nutzungsszenarien mit weniger Personen und Kinderwagen, Rollstuhl oder Fahrradmitnahme). Die Erprobung auf Teststrecken wird in den kommenden zwei Jahren stattfinden.

Für den Betrieb werden Geschwindigkeiten im Bereich von 60 bis 80 km/h angestrebt.

2.1.5 Schienengebundene Mobilitätssysteme – Konzept „FlexSBus-LR“ (Flexibler Schienenbus für den Ländlichen Raum)

Das Projekt FlexSBus-LR hat die Entwicklung und den Bau eines autonomen Schienenfahrzeugs für den Einsatz auf Schienenstrecken im ländlichen Raum zum Ziel. Das Fahrzeug besteht aus einer Fahrgastzelle und einem von der Zelle getrennten Chassis.⁴

Im Projekt sind neben der hauptverantwortlichen RWTH Aachen auch weitere Konsortialpartner beteiligt: LBBZ aus Geilenkirchen, ISATEC aus Aachen, MV-Engineering aus Krefeld, Schäffler Technologies AG und Knorr-Bremse AG.

Bei dem FlexSBus-LR handelt es sich um einen Schienenbus, welcher flexibel, energieautark und emissionsfrei eingesetzt werden kann. Zunächst soll dieser ausschließlich für den Personentransport erprobt werden, jedoch in Zukunft auch für den Transport von Gütercontainern (im Standardmaß) eingesetzt werden.



Abbildung 6: FlexSBus-LR, Quelle: RWTH Aachen

Die angepeilten Geschwindigkeiten liegen im Bereich von 50 bis 60 km/h mit einem maximalen Wert von 100 km/h. Das Fahrzeug wird eine Kapazität von ca. 80 - 100 Personen haben (Sitz + Stehplätze). Der Anwendungsfall für solche Fahrzeuge sind nicht elektrifizierte Strecken mit Streckenlängen im Bereich von 30 bis 60km.

Die RWTH Aachen, bei der auch das Konzept „upBus“ angesiedelt ist, entwickelt auch Ideen, die Fahrgastzelle des FlexSBus-LR Fahrzeug mit einer Seilbahnfunktion zu kombinieren, ähnlich dem Prinzip „upBus“. Dabei handelt es sich bisher aber nur um einen konzeptionellen Ansatz.

⁴ <http://www.ifs.rwth-aachen.de>

2.1.6 Seilgebundene Mobilitätssysteme – Automatisierte Seilbahn



Abbildung 7: Seilbahn in Mexico City, Quelle: <https://www.leitner.com>

Automatisierte Seilbahnen werden in Europa vor allem mit touristischen Zwecken in Verbindung gebracht. Sie bieten aber durchaus verschiedene Möglichkeiten, als ÖPNV Transportmittel genutzt zu werden und/oder Güter und Waren zu transportieren. Automatisierte Seilbahnen sind trassengebunden und können fahrerlos und bedarfsorientiert eingesetzt werden. Die maximalen Geschwindigkeiten betragen dabei 20 bis 30 km/h, bei ans Zugseil befestigten Pendelbahnen bis maximal 43 km/h. Die Kapazitäten erreichen i.d.R. bis zu 4.000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung. Besonderheit dieses Systems ist die Nutzung des Luftraumes als „dritte“ Ebene: zum einen gelingt die Überwindung von Höhenunterschieden und Hindernissen bzw. Barrieren auf direkterem Wege. Zum anderen, vor allem in dichteren Städten, stellt die Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr einen großen Vorteil dar, um ein zuverlässiges ÖPNV-Angebot gewährleisten zu können.

2.1.7 Mischformen – Konzept „OttoBahn“

Entwickler dieses Projekts ist die Ottobahn GmbH aus München. Die „OttoBahn“ ist ein innovatives Transportsystem, bei welchem Kabinen schienengebunden in 5-10 Meter Höhe befördert werden. Dabei soll die Ottobahn als Transportmittel sowohl für Personen, als auch Güter eingesetzt werden können. Bei dem App-basierten on-demand-Verkehr soll die Möglichkeit bestehen, die Kabinen abzusenken und somit einen Ausstieg jederzeit zu gewährleisten (ohne fest definierte Stationen). Die Kabinen sollen dabei eine Geschwindigkeit von 60 km/h innerorts und bis zu 250 km/h über Land erreichen. Jede Kabine hat einen eigenen Antrieb und kann bis zu vier Personen befördern. Mittels einer App und aktiver Kommunikation mit dem Kunden soll eine intelligente Organisation und Bündelung der Fahrtwünsche erfolgen bzw. eine Verkettung der Fahrten geschaffen werden. Da die Kabinen sich nicht überholen können, soll der intelligente Algorithmus es ermöglichen, die Reihe der Abholung der Fahrgäste zu bestimmen, um mehr Effizienz beim Fahrgastwechsel zu erreichen.⁵

Eine 900 m lange Teststrecke für die autonom fahrende und trassengebundene „OttoBahn“ wurde bereits auf dem Areal zwischen der A8 und der Ludwig-Bölkow-Allee in Taufenkirchen geplant und genehmigt und soll ab 2022 gebaut werden.⁶

Nach Angaben der Ottobahn GmbH belaufen sich die Investitionskosten für das System auf 5 Mio. €/Strecken-km. Die Zulassung des Systems soll als Straßenbahn erfolgen. Nach aktuellen Schätzungen des Unternehmens könnten zu Beginn Kapazitäten von 6.000 bis 8.000 Fahrten/Stunde erreicht werden, welche perspektivisch auf bis zu 30.000 Fahrten/Stunde und Richtung gesteigert werden könnten.

⁵ Angaben von der Ottobahn GmbH

⁶ www.sueddeutsche.de/muenchen/landkreismuenchen/muenchen-ottobahn-gondel-app-taufkirchen-1.5375260



Abbildung 8: Ottobahnkonzept, Quelle: <https://ottobahn.de/>

2.1.8 Mischformen – Konzept „upBus“

Das Konzept „upBus“ wird von der RWTH Aachen entwickelt. Der „upBus“ besteht aus einer Kombination zwischen einem Bussystem und einer Seilbahn. Während das Seilbahnsystem dabei trassengebunden ist, verkehrt der Bus nicht auf eigener Trasse. Der Betrieb soll bei beiden Systemen autonom und bedarfsorientiert stattfinden, wobei die Passagiere zum individuellen Zielort umsteigefrei gebracht werden können.

Das Ziel vom „upBus“ ist es nicht nur, Synergien zwischen Personen- und Güterverkehr/Paketlieferungen zu erzeugen, sondern auch umsteigefreie Verbindungen für eine gesamte Reisekette anbieten zu können.

Das „upBus“ versteht sich deswegen weniger als ein Fahrzeug, sondern als eine Methode, zwei Systeme und somit ihre jeweiligen Vorteile miteinander zu verbinden – Seilbahn und autonom fahrender Kleinbus. Die im Rahmen dieses Projekts entwickelte Expertise der RWTH Aachen besteht überwiegend in dem Kopplungssystem der Fahrzeuge. Die für das Pilotprojekt benutzten Fahrzeugkomponenten stammen aus e-Go (Driving Module), Doppelmayr (Seilbahn) und SCIO Technology für die Batterie. Prinzipiell stehen die Entwickler der Möglichkeit aber offen gegenüber, sich in andere Konsortien und Konsortiationen einzubringen und mit anderen Komponenten/Fahrzeugen/Elementen zu arbeiten.

Die Geschwindigkeiten, Kapazitäten und die weiteren technischen Parameter des Systems sind jeweils abhängig von den genutzten Komponenten – Seilbahn und autonomer Kleinbus.

Das Thema „Zulassung“ wurde im Rahmen des Projekts noch nicht im Detail eruiert.

Nach Einschätzungen der Entwickler, wäre es rund 50% günstiger als eine Straßenbahn und 90% günstiger als eine U-Bahn. Auch die Betriebskosten werden niedriger als bei anderen Systemen eingeschätzt.

Das Konzept könnte auch in Richtung „upBus auf Schiene“ entwickelt werden (siehe Kapitel 2.1.4).

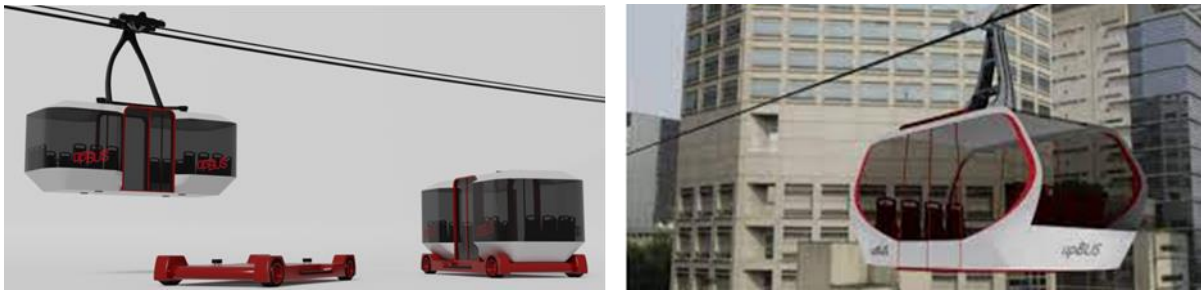


Abbildung 9: Konzept "upBus", Quelle: RWTH Aachen

Der Südtiroler Seilbahnhersteller Leitner hat ebenfalls eine ähnliche Lösung entwickelt, die eine Kombination aus Seilbahn und Busfahrzeug darstellt. Der Name des Systems ist „ConnX“.

2.1.9 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde eine Übersicht von den aktuell bestehenden bzw. sich in der Konzeptentwicklung und Erprobung befindlichen Mobilitätssystemen erarbeitet, deren Charakteristika sich dem für das in der Studie adressierten Mobilitätssystem nähern – kleine Gefäßgrößen, Trassengebundenheit, Automatisierung/Autonomie, mögliche Kombination von Personen- und Waren/Güterverkehr.

Mit Ausnahme der Seilbahn und der Magnetschwebbahntechnik (wobei beim TSB das Fahrzeug den gesamten Antrieb aufnimmt, den Schwebemagneten ebenso wie den Linearmotor) werden jedoch bei allen Konzepten die Fahrzeuge mit eigenem Antrieb ausgestattet – im Gegensatz zu dem in dieser Studie angenommenen zentral bzw. infrastrukturseitig angetriebenen Chassis.

Es kann außerdem festgestellt werden, dass die hier betrachteten Systeme oft für den urbanen Raum gedacht sind, wo die eigene Trasse und die Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr eine große Bedeutung für die Schnelligkeit und die Zuverlässigkeit haben. Dementsprechend sind die Kapazitäten und die Nutzungsmodalitäten an eine eher größere Nachfrage angepasst. Ausnahmen stellen die zwei noch in ihrer frühen Entwicklungsphase befindlichen Konzepte „flexibler Schienenbus“ von der RWTH Aachen und das „MonoCab“ von der technischen Hochschule Ostwestfalen-Lippe dar: Sie sind als Lösungen für dünner besiedelte Gebiete und den ländlichen Raum konzipiert und betreffen somit eher die vorletzte Meile. Sie setzen aber die Verfügbarkeit von Schieneninfrastruktur für den ganzen Linienweg voraus. Auch bei dem System TSB gibt es bereits Ideen und Studien zum Einsatz in dünner besiedelten Gegenden.⁷

Die autonomen bzw. hochautomatisierten Shuttles (Kleinbusse) eignen sich ihrerseits gut für die eher geringe und disperse (zeitlich und räumlich) Nachfrage in dünn besiedelten und in ländlich geprägten Gebieten mit begrenzter Streckenlänge (eher letzte Meile). Weil sie keine zusätzliche eigene Infrastruktur benötigen, kann eine hohe Flexibilität erreicht und perspektivisch eine schnelle Umsetzung gewährleistet werden, unter der Prämisse eines hohen Reifegrads der Automatisierungstechnik.

Die hier beschriebenen Konzepte und Konzeptideen befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Generell kann beobachtet werden, dass bei der Entwicklung von innovativen Mobilitätssystemen die Erprobung auf Teststrecken im Rahmen von Pilotprojekten einen wichtigen Schritt darstellt, um die Tauglichkeit eines Konzepts zu überprüfen sowie die Vor- und Nachteile gegenüber anderen Systemen zu identifizieren.

Für die Auswahl des passenden Mobilitätssystems zur Erschließung eines bestimmten Ortes wird in der Verkehrsplanung zuerst die Nachfrage und der Mobilitätsbedarf im konkreten Fall analysiert. Daraus resultieren Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des benötigten Mobilitätssystems. Das oder die

⁷ siehe z. B.: <https://www.schwarzwaelder-bote.de/inhalt.land-ist-mit-an-bord-schienenanbindung-nagolds-rueckt-naeher.4d2a4863-17f6-476d-8923-f38f2df3cc55.html> oder <https://www.abendblatt.de/region/article228685309/timmendorfer-strand-strandrapid-niendorf-ratekauer-bahn-hof-magnetschwebbahn-ostseekueste-strand-urlaub-reise-bahn-verkehr.html>

infrage kommenden Systeme werden dann näher analysiert (z. B. in Bezug auf Infrastruktur- und Betriebskosten, technische Parameter wie Geschwindigkeiten bzw. Reisezeiten, mögliche Betreiber, Kompatibilität und Integration mit anderen Verkehrsträgern, usw.), um die optimale Lösung zu identifizieren. Ein Vergleich quantitativer Parameter konventioneller Verkehrsträger ist im Anhang 3 oder auch in der, von der TTK GmbH und Partner, im Auftrag des BMVI durchgeführten "Machbarkeitsstudie zum Einsatz alternativer Verkehrssysteme im spurgeführten ÖPNV"⁸ zu finden.

2.2 Innovative Mobilitätslösungen in der IRMD – Darstellung existierender Projekte in der Region

In diesem Kapitel werden regionale ÖPNV-Pilotprojekte im Bereich automatisierte/autonome bzw. fahrerlose Mobilitätssysteme dargestellt. Ziel ist es zu identifizieren, ob Anknüpfungspunkte oder Synergien zwischen diesen Projekten und dem hier angenommenen Mobilitätssystem entstehen und/oder ob bestimmte Erkenntnisse auf das zu entwickelnde automatisierte Mobilitätssystem übertragen werden könnten. Die Zusammenstellung dieses Benchmarks erfolgte auf Basis von Recherchen und Gesprächen mit den jeweiligen Projektverantwortlichen.

Bei den aktuell laufenden regionalen Projekten im Bereich autonomes Fahren geht es hauptsächlich um autonome bzw. hochautomatisierte Shuttles, die im Straßenverkehr und gemischt mit anderen Verkehrsteilnehmern zum Einsatz kommen.

2.2.1 Projekt LOW-CARB – Clever Mobil im Leipziger Nordraum

► Kurze Beschreibung

Bei diesem EU-geförderten Projekt, bei dem sich der Mitteldeutsche Verkehrsverbund GmbH (MDV), die Stadt Leipzig (Verkehrs- und Tiefbauamt) und die Leipziger Verkehrsbetriebe GmbH (LVB) zusammengeschlossen haben, geht es um drei Hauptthemen:

- Entwicklung eines Masterplans für den ÖPNV im Nordraum Leipzig und für die Einbindung neuer Mobilitätsformen mit der Perspektive 2030
- Erhöhung des Wissens zu nachhaltigen Mobilitätsformen durch Weiterbildung von Akteuren
- Umsetzung einer Pilotmaßnahme als Mobilitätsinformationssystem während der Projektlaufzeit

Das Projekt betrifft ein Gebiet, das sich ausgehend im Westen von der Autobahn A9 südlich und nördlich der Autobahn A14 bis kurz vor Taucha im Osten erstreckt. Dort sind viele große Arbeitsstandorte konzentriert. Das Gebiet wird durch ein besonders starkes zukünftiges Wachstum gekennzeichnet (Prognosen gehen von einer Verdopplung der Arbeitsplätze zum Zeithorizont 2030 aus⁹). Aktuell werden diese Arbeitsstandorte aber z.T. nicht attraktiv an das übergeordnete ÖV Netz angebunden. Im Kontext ihrer Entwicklung und der zunehmenden Mobilitätsnachfrage ist die attraktive ÖV Anbindung dieser Arbeitsstandorte von großer Bedeutung, um eine effektive, nachhaltige Alternative zum Auto für die Mitarbeiter und Besucher anzubieten.

In diesem Bereich befindet sich auch das Testfeld des Projekts ABSOLUT – ein Shuttle zur besseren Anbindung des BMW Werks an das SPNV - und Hochleistungs-ÖPNV (Tram) Netz (siehe nächster Abschnitt).

⁸ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/E/magnetschwebbahn-studienergebnisse.html>

⁹ Stadt Leipzig et al: 2020

Unter den hier angesiedelten Unternehmen sind die Logistik- und Automobilbranche am stärksten vertreten. Die Mobilitätsnachfrage wird deswegen stark durch die für diese Branchen typischen Schichtzeiten geprägt.

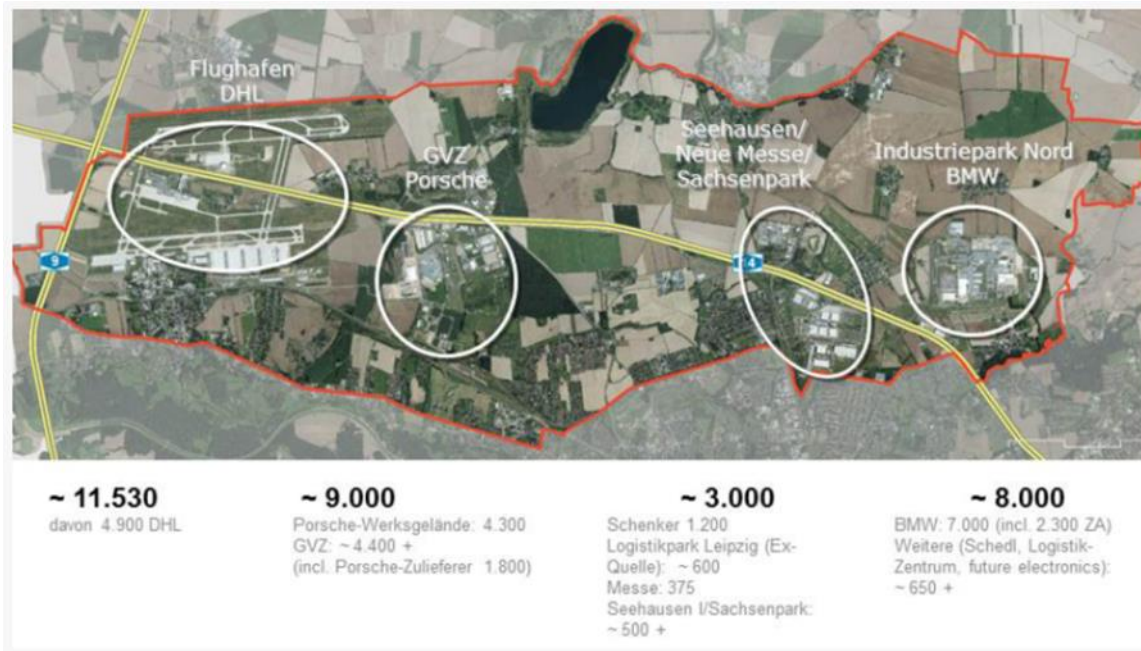


Abbildung 10: Perimeter des Projekts LOW-CARB, Quelle: MDV

Der „Masterplan für den Nordraum Leipzig“ warnt vor einem drohenden Verkehrskollaps, wenn nicht bald gehandelt wird. Der Masterplan beinhaltet daher eine Liste von Maßnahmen, um die Mobilität in dieser Region und die Erreichbarkeit der Arbeitsstandorte zu verbessern und den Umweltverbund zu stärken. Darunter betreffen viele Maßnahmen die „letzte Meile“ – die Anbindung an das übergeordnete ÖV Netz.

► Lessons learned, potenzielle Anknüpfungsmöglichkeiten und Synergien

Im Nordraum Leipzigs bestehen heute und auch perspektivisch große Potenziale für die Entwicklung und Umsetzung von Mobilitätssystemen (ÖV und/oder Systeme für die Überbrückung der letzten Meile).

Die Herausforderungen für die zukünftige Mobilität in diesem Areal sind ausführlich in dem „Masterplan für den Nordraum Leipzig“ beschrieben. Dort werden auch unterschiedliche Strategien und Maßnahmen zur nachhaltigen Verbesserung der Mobilität beschrieben und in Maßnahmenpakete aufgeteilt. Im Rahmen dieser Maßnahmenpakete sind ausdrücklich auch Lösungen für die letzte Meile und on-demand Lösungen genannt: z. B. Maßnahme 14 aus dem Maßnahmenpaket „Optimierung des Bus- und Radnetzes im GVZ Leipzig“: „Prüfung des Einsatzes von automatisierten Bus-Shuttles im GVZ-Nord, zwischen dem S-Bahnhof Lützschena, dem GVZ -Süd und dem Porsche –Werk“.

Das Areal bietet somit sehr gute Möglichkeiten für (Pilot-)Projekte/Testfelder für innovative Mobilitätssysteme als Lösung für die letzte Meile.

2.2.2 Projekt ABSOLUT

► Kurze Beschreibung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und bringt 15 Partner aus der öffentlichen Hand (Stadt Leipzig, Verkehrsbetriebe Leipzig), aus der Forschung und aus der Industrie (als Entwickler, aber auch als Nutzer des zukünftigen Mobilitätssystems) zusammen.

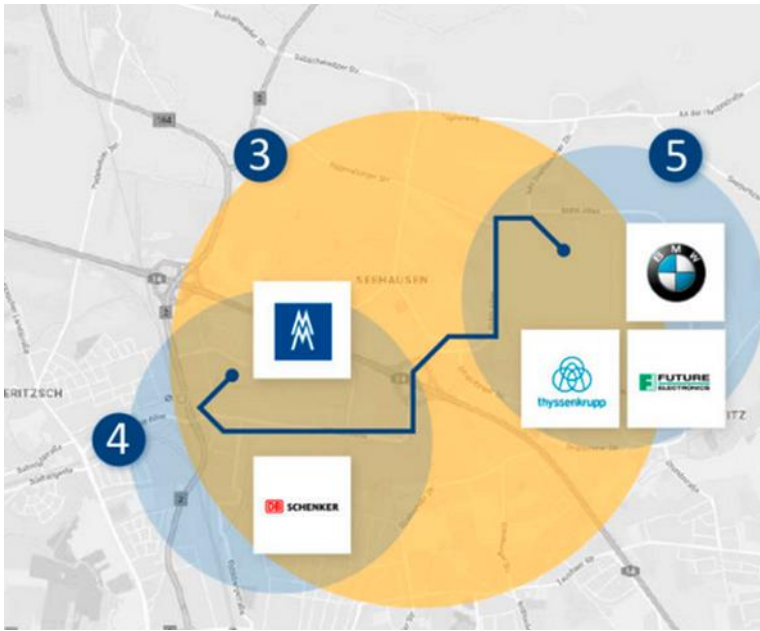


Abbildung 11: Teststrecke Projekt ABSOLUT, Quelle: <https://www.absolut-project.com>

Eine der Motivationen des Projekts ist es, Know-how bezüglich des autonomen bzw. hochautomatisierten Fahrens bei den Verkehrsbetrieben in-house zu entwickeln und zu behalten, um es effizient für die Zwecke des ÖPNV zu nutzen, Kosten zu optimieren, ein integriertes Angebot anbieten zu können und konkurrenzfähig gegenüber Anbietern privater Mobilitätsdienste (wie z. B. Uber) zu bleiben.

Im Rahmen des Projekts wird ein Fahrzeug entwickelt bzw. wird ein bestehendes Fahrzeug (VW eCrafter) für das hochautomatisierte Fahren mit entsprechender Sensorik ausgerüstet. Der Einsatz ist als adaptiv anzusehen und auf weitere Fahrzeuge übertragbar – im Rahmen des Projekts wurde testweise auch ein Fahrzeug von EasyMile umgebaut. Eine technische und genehmigungsrelevante Herausforderung bei der Fahrzeugentwicklung ist, dass der Bus eine maximale Geschwindigkeit von bis zu 70 km/h erreichen soll, deutlich höher als die für diese Systeme noch üblichen Geschwindigkeiten von 15-25km/h.

In dem Fahrzeug ist zudem eine dynamische Fahrgastinformation integriert, die zusätzlich zu den üblichen Elementen (Anzeige des Linienverlaufs und der Anschlüsse, Werbung, Wetter usw.) auch weitere Elemente beinhaltet. Diese sollen zur Wahrnehmung und Akzeptanz des Fahrzeugs durch die Fahrgäste beitragen: es werden z. B. die Geschwindigkeit und der Ladezustand des Fahrzeugs angezeigt, aber auch Aspekte wie „was sieht das Fahrzeug im Moment“ / „wie nimmt es die Umgebung wahr“ mitintegriert. Das dynamische Fahrgastinformationssystem kann auch für Kommunikationszwecke mit der Leitstelle genutzt werden. Diese Elemente sind für eine höhere Akzeptanz und Minimierung der Ängste vom fahrerlosen Fahren für die Fahrgäste angedacht.

Die für das Projekt gewählte Teststrecke läuft zwischen der Leipziger Messe und dem BMW Werk. Sie beträgt ca. 6-7 km. Entlang der Strecke wird auch die Infrastruktur angepasst: z. B. durch Ertüchtigung der LSA und Erweiterung um Roadside Units (RSU) für die Kommunikation zwischen dem Fahrzeug und der Infrastruktur sowie durch Erweiterung des Verkehrsrechners der Stadt um C-ITS Funktionen.

Das Fahrzeug ist durch eine App buchbar und operiert mit einem Sicherheitsfahrer am Bord. 2022 werden Testkunden – Arbeitnehmer aus dem BMW Werk – das Angebot testen können.

Als perspektivisches Ziel planen die Verkehrsbetriebe Leipzig, solche fahrerlosen Shuttles für den suburbanen Raum einzusetzen und bestehende ÖPNV- und on-demand Angebote zu optimieren und zu erweitern.

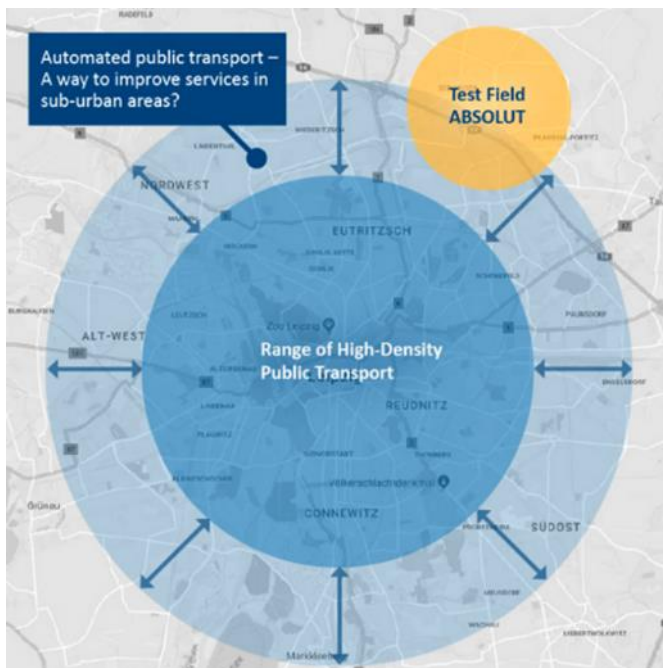


Abbildung 12: Perspektivisch angedachte Einsatzgebiete für automatisierte fahrerlose Systeme bzw. Shuttles im Raum Leipzig, Quelle: www.absolut-project.com

Eine der größten Herausforderungen ist, nach Aussage des Projektleiters, die Zulassung. Im Projekt wird ein Vorschlag zur kontinuierlichen Überprüfung der Zulassung als eine Art Dauerschleife entwickelt, die sich für die evolutiven, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen im Straßenverkehr eignet.

► Lessons learned, potenzielle Anknüpfungsmöglichkeiten und Synergien

Eine Partnerschaft zwischen ÖV Unternehmen (die zukünftig auch Betreiber vom System werden sollen), Forschung und Industrie führt zu einer erfolgreichen Entwicklung des Konzepts. Dabei werden Netzeffekte gesucht (mehrere Strecken und Fahrzeuge zentral von einer Leitstelle kontrolliert), und es wird ein integriertes ÖV-Angebot angestrebt. In dem Konzept werden verschiedene Aspekte integriert betrachtet – Fahrzeugentwicklung, Infrastrukturerüchtigung, Zulassung, Akzeptanzfragestellungen.

Der in diesem Projekt genutzte Ansatz kann auf weitere Vorhaben, z. B. bei der weiteren Entwicklung des in dieser Studie angenommenen Systems, übertragen werden. Das bedeutet unter anderem, die zukünftigen Betreiber des Systems frühzeitig einzubinden.

Die im Projekt ABSOLUT identifizierten Einsatzgebiete (hauptsächlich suburbane Räume) für automatisierte fahrerlose Systeme könnten auch potenzielle Einsatzgebiete für das hier angenommene neuartige Mobilitätssystem werden, als Teil einer breiteren Palette an möglichen Mobilitätslösungen.

Die im Projekt ABSOLUT getesteten Technologien adressieren Kleinbusse, die im Straßenverkehr zusammen mit anderen Modi verkehren (keine eigene Trasse, sondern Mischverkehr mit anderen Verkehrsteilnehmern). Im Gegensatz zu dem in dieser Studie angenommenen Mobilitätssystem, verfügt beim Projekt ABSOLUT jedes Fahrzeug über einen individuellen Antrieb. Die daraus resultierenden technologischen und organisatorischen Fragestellungen und die dafür entwickelten Lösungen oder Ansätze (z. B. in Bezug auf die Automatisierung, Sensorik, Zulassung...) sind aus diesem Grund nicht vergleichbar/übertragbar auf das hier angenommene Mobilitätssystem.

Allerdings kann die grundsätzliche Vorgehensweise vom Projekt ABSOLUT auf die Entwicklung eines neuen Mobilitätssystems übertragen werden. Die Projektpartner vom Projekt ABSOLUT können wertvolle Beiträge für weitere Vorhaben liefern (ggf. auch als potenzielle Mitglieder weiterer Projekte zu fahrerlosen Mobilitätssystemen). In diesem Sinne ist ein enger Austausch mit den Projektbeteiligten empfehlenswert.

2.2.3 Projekt FLASH (FahrerLoses Automatisiertes SHuttle im Landkreis Nordsachsen)

► Kurze Beschreibung

Beim Projekt FLASH handelt es sich ebenfalls um ein Pilotprojekt mit Umrüstung von bestehenden Fahrzeugen für das automatisierte, fahrerlose Fahren. Das im Projekt genutzte Fahrzeug ist ein VW Crafter. Umbau und Ausrüstung des Fahrzeugs werden von in der Region ansässigen Unternehmen durchgeführt: TS Fahrzeugtechnik für das Fahrzeug und IAV Automotive Engineering für die Sensor- und Automatisierungstechnik. Weitere Projektpartner sind der Landkreis Nordsachsen, die Omnibus-Verkehrsgesellschaft mbH „Heideland“ (OVH) und das Fraunhofer Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme (IVI): auch in diesem Fall wird ein Konsortium aus öffentlichen Aufgabenträgern und Verkehrsunternehmen (zukünftiger Betreiber), Forschungseinrichtungen und technologischen Unternehmen gebildet.

Das Fahrzeug soll ca. 20 Fahrgäste transportieren können, über eine maximale Geschwindigkeit von 70km/h und ein hybrides Steuerungskonzept verfügen, damit es sowohl automatisch als auch manuell betrieben werden kann. Das vierstufige Projekt, das ca. zwei Jahre dauert, umfasst die Entwicklung und Schaffung der technischen Voraussetzungen für das Fahrzeug und für die Infrastruktur sowie den Pilotbetrieb mit Fahrgästen. Auch wie beim Projekt ABSOLUT, ist hier vorerst ein Sicherheitsfahrer vorgesehen.



Abbildung 13: Fahrzeug vom Konzept FLASH, Quelle: MDV

Aktuell befindet sich das Projekt im Applikationsbetrieb, der Pilotbetrieb mit Fahrgästen folgt voraussichtlich ab 2022. Perspektivisch sollte das System auch nach der Pilotphase bestehen bleiben und in das ÖPNV-Angebot integriert werden.

Als Streckenverlauf wurde die Strecke Bahnhof Rackwitz – Ortsteil Neuschladitz – Parkplatz Schladitzer Bucht gewählt. Die Umläufe sind auf die Ankunft/Abfahrt der S-Bahn abgestimmt.

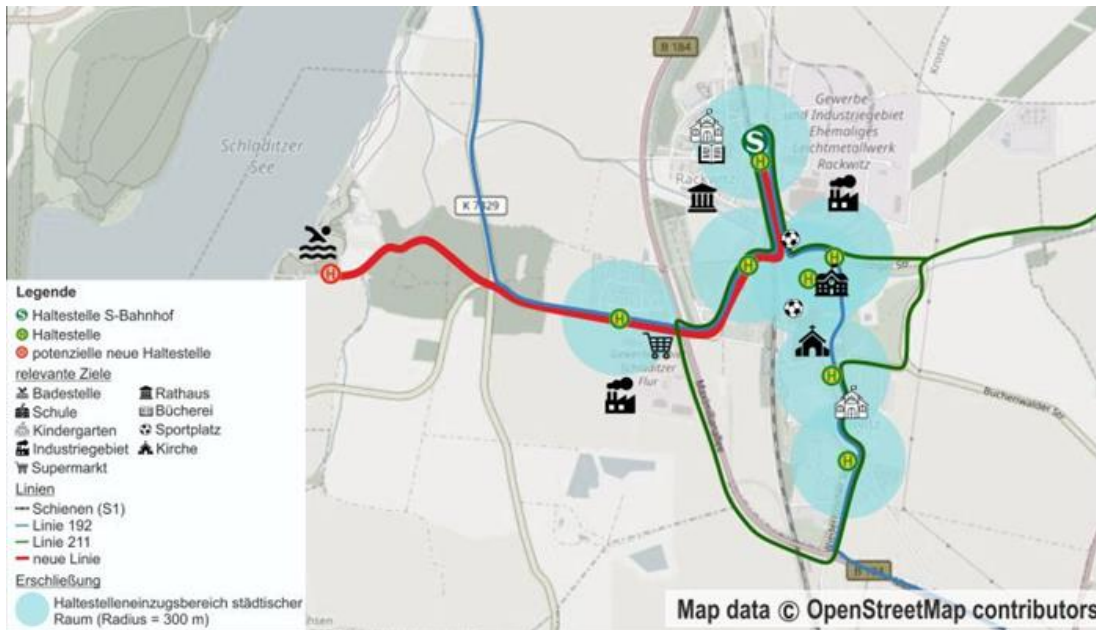


Abbildung 14: Teststrecke für das Projekt FLASH, Quelle: MDV

► Lessons learned, potenzielle Anknüpfungsmöglichkeiten und Synergien

Eine Partnerschaft zwischen ÖV Unternehmen (die zukünftig auch Betreiber vom System werden sollen), Forschung und Industrie führt zu einer erfolgreichen Entwicklung des Konzepts. Bei dem Projekt wird die Nutzung eines hybriden Steuerungskonzepts (automatische und manuelle Steuerung möglich) angesetzt. Unternehmen aus der Region sind in der Abwicklung des Projekts beteiligt.

Der grundsätzliche Ansatz und die Vorgehensweise in diesem Projekt kann auf weitere Vorhaben übertragen werden. Durch die gesammelte Erfahrung können die Projektpartner wertvolle Beiträge für weiteren Vorhaben liefern (ggf. auch als potenzielle Mitglieder weiterer Projekte zu fahrerlosen Mobilitätssystemen).

Technologische Aspekte des Systems lassen sich nicht direkt auf das in dieser Studie angenommene System übertragen, da es sich auch bei diesem Projekt um Kleinbusse handelt, die im Mischverkehr (nicht auf eigener Trasse) auf der Straße verkehren sollen und einen eigenen Antrieb haben. Die Anforderungen an die Automatisierung und an die Sensorik der Fahrzeuge sind nicht vergleichbar mit den Anforderungen für trassengebundene Systeme.

Durch das Projekt FLASH wurden aber lokale Akteure identifiziert, die sich an der Entwicklung des potenziellen Mobilitätssystems beteiligen könnten. Mit ihnen wurden im Rahmen der Studie persönliche Interviews durchgeführt, um ihr Interesse an der Entwicklung eines neuartigen Mobilitätssystems abzufragen. Es handelt sich dabei um IAV, mit dem Schwerpunkt Automatisierung von Fahrzeugen (jeglicher Art), und um TS Fahrzeugtechnik, die sich an den Fahrzeug- bzw. Kabinenbau beteiligen könnten (siehe auch Kapitel 5.6).

2.2.4 Projekt Thyra Floh

► Kurze Beschreibung

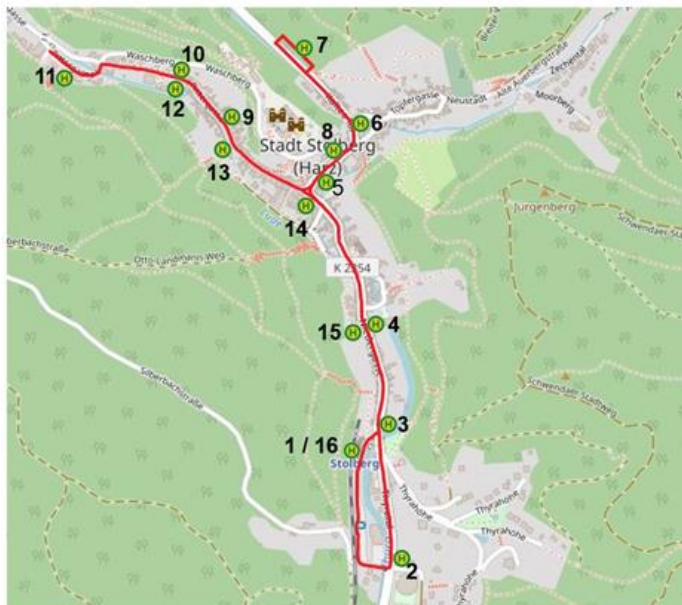
Thyra Floh ist Teil des Projekts „Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt“ (AS-NaSA). Ziele des Projekts sind die Realisierung des Pilotbetriebs, der Test einer Pilot-Betriebsleitstelle, die Ermittlung der Nutzerakzeptanz sowie die Erarbeitung eines Leitfadens zur Einführung automatisierter Shuttlebusse für Kommunen und Verkehrsbetriebe.

Partner des Projekts sind: Verkehrsgesellschaft Südharz mgH (VGS), Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH (SMG), die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg (OVGU), Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH (NASA).

Bei dem Projekt wird ein auf dem Markt verfügbares Fahrzeug genutzt: EasyMile, das über einer Kapazität von sechs Personen verfügt.



Strecke 1: Bahnhof – Parkplatz Kaltes Tal – Festplatz – Bahnhof



Streckenlänge: 4,6 km

Haltepunkte:

1. Bahnhof
2. Freizeitbad / Seniorenresidenz
3. Ärztehaus
4. FRIWI Werk
5. Markt
6. Kaltes Tal
7. Parkplatz Kaltes Tal
8. Markt
9. Höhe Rittergasse 42
10. Kita
11. Parkplatz Festplatz
12. Kita
13. Höhe Rittergasse 29
14. Parkplatz Markt
15. FRIWI Werk
16. Bahnhof

Abbildung 15: Fahrzeug und Teststrecke Projekt Thyra Floh

Eine der besonderen Herausforderungen bei dem Pilotprojekt sind die engen Straßen und die Topografie der Stadt, die genau aus diesem Grund für das Pilotprojekt gewählt wurde. Die Linienführung ging ursprünglich bis zum Schloss, allerdings war es mit der aktuellen Fahrzeuggeneration nicht möglich die Steigung zu überwinden.

Seit dem Sommer und bis Ende November 2021 lief der Pilotbetrieb mit Fahrgästen.

Folgende gesammelte Erfahrungen während des Projekts wurden von den Projektbeteiligten mitgeteilt:

- Technische Probleme mit dem Fahrzeug: häufige Ausfälle und dabei schwierige Kommunikation mit dem Hersteller aus Frankreich bezüglich der Reparatur.
- Sehr hohe Sensibilität des Fahrzeugs bezüglich irrelevanter Gegenstände auf oder in der Nähe vom Fahrweg, was die Notbremse mehrmals auslöste.
- Die manuelle Steuerung mit Joystick ist ungewohnt für begleitende Fahrer.

- Fährt langsam und behindert dadurch teilweise den Verkehr (fährt mit maximal 15 km/h in einer 30 km/h Zone). Bei manueller Steuerung wird mit Schrittgeschwindigkeit gefahren (5km/h).
- Einwohner und Touristen finden den Shuttle sehr interessant und fahren gerne mit – der Shuttle wird aber eher als Attraktion als ein öffentliches Verkehrsmittel gesehen.

Einige technische Probleme des Fahrzeugs könnten daran liegen, dass es sich um ein früheres Modell von dieser Marke handelt. Mittlerweil gibt es eine neuere Generation von Fahrzeugen, die technologisch weiter vorgeschritten ist.

► **Lessons learned, potenzielle Anknüpfungsmöglichkeiten und Synergien**

Die aktuell auf dem Markt existierenden autonomen bzw. hochautomatisierten Fahrzeuge (kleine Shuttlebusse) bieten keine universelle Mobilitätslösung an: sie können nicht für jeden Anwendungsfall ohne Anpassungen eingesetzt werden (z. B. bei schwieriger Topographie oder engen Straßen). Die Kommunikation mit ausländischen Herstellern bezüglich der Wartung und technischer Probleme kann kompliziert sein. Allerdings kann die Akzeptanz des Shuttles als gut eingestuft werden.

Topografisch komplexe Gegenden könnten eine Einsatzmöglichkeit für innovative und neuartige fahrerlose Systeme bieten, welche die Überwindung von Höhenunterschieden besser als die aktuell verfügbaren Shuttles beherrschen.

2.2.5 Zusammenfassung

In der IRMD wird aktuell viel mit autonomen bzw. fahrerlosen Mobilitätssystemen für die vorletzte Meile experimentiert. Es handelt sich allerdings ausschließlich um kleine Shuttle-Busse, weitere innovative Technologien bzw. Mobilitätskonzepte, wie z. B. die im Kapitel 2.1 aufgeführten Systeme, finden in der Region keine Berücksichtigung. Manche dieser Konzepte bzw. Konzeptideen könnten ggf. eine gute Alternative für bestimmten Strecken in der Region werden (z. B. FlexSBus-LR, Monocab als kostengünstige Alternative für stillgelegten Schienenstrecken), bzw. rechtfertigen ggf. für die Erfordernisse der Region eine besondere Entwicklung.

Es wird grundsätzlich von den Akteuren in der Region die Zweckmäßigkeit solcher Lösungen in Hinblick auf einen effizienten ÖPNV-Betrieb und dessen höheren Anteil im Modal Split erkannt. Wie die bisher gemachten Erfahrungen in der Region zeigen, soll es Ziel sein, die Betreiber zu integrieren und das Know-how intern zu entwickeln. Es sollen zudem Netzeffekte gesucht werden (z. B. Bündelung mehrerer Shuttles in einer Leitstelle), um eine tatsächliche Effizienz zu erreichen. Die auf dem Markt verfügbaren Fahrzeuge sind nicht mit allen Besonderheiten oder Zielen kompatibel, deswegen wird oft der Ansatz verfolgt, Fahrzeuge umzurüsten. Es hat sich herausgestellt, dass z.B. in manchen topografisch anspruchsvollen Gegenden die Kleinbusse nicht die geeignete Lösung sind. Dort kann ggf. eine Nische für neue (trassengebundene) Mobilitätssysteme entstehen.

2.3 Auswirkungen zukünftiger Mobilitätstrends mit der Empfehlung eines Entwicklungspfad bis zum Jahr 2040

Aussagen zu einer zukünftigen Machbarkeit des potenziellen Systems müssen nicht nur auf heutigen verkehrlichen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen beruhen, sondern auch gesellschaftliche Änderungen und Zukunftstrends mitberücksichtigen.

Auf Basis unterschiedlicher wissenschaftlicher Studien und Erkenntnisse werden zukünftige Mobilitätstrends in Deutschland bis zum Jahr 2040 zusammengetragen und analysiert. Ziel dieser kurzen Analyse ist es, entsprechende Entwicklungen auf die IRMD zu übertragen und so zu einer fundierten, qualitativ abgeleiteten Empfehlung für einen Entwicklungspfad für die Machbarkeitsstudie zu kommen.

2.3.1 Mobilitätstrends in Deutschland und der Region

Mobilitätstrends als Ausgangspunkt

Ausgangspunkt der Analyse ist die Megatrend-Map (2021) des Zukunftsinstituts¹⁰, die insgesamt 12 Megatrends, ihre Subtrends und Überschneidungen identifiziert (siehe Abbildung 16). Der Megatrend Mobilität beschreibt die Entstehung des sich wandelnden und differenzierenden Angebots und der Nachfrage von Mobilität, die insbesondere von Urbanisierungs-, Individualisierungs-, Neu-Ökologie- und Arbeitstrends beeinflusst wird.



Abbildung 16: Megatrend Mobilität und die Verbindungen zu weiteren Megatrends. Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der Megatrend Map des Zukunftsinstituts

Grundannahmen der zukünftigen Mobilität

Aufbauend auf diesen übergeordneten gesellschaftlichen Trends und ihren Verflechtungen miteinander ergeben sich vier Grundannahmen für das zukünftige Mobilitätsverhalten, die auch für die IRMD anwendbar sind:

¹⁰ <https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/die-megatrend-map/>

Annahme 1: Die Bevölkerungsdichte im ländlichen Raum nimmt weiter ab

Bis 2030 wird prognostiziert, dass ca. 79% aller Bewohner Deutschlands in Städten leben, bis 2050 sogar 84,3%.¹¹ Die Relevanz von Stadt-Land-Mobilität wird anteilig weiter zunehmen, was insbesondere mit einem hohen Freizeit- und Berufspendler-Aufkommen im Stadtumland zusammenhängt.

Für die IRMD ist eine Bevölkerungsabnahme von insgesamt -3,6% prognostiziert, wobei auch hier lokal differenziert werden muss¹². Für die Stadt Leipzig wird als einzige Gebietskörperschaft in der IRMD eine positive Bevölkerungsentwicklung prognostiziert. Viele ländlichere Kreise werden rund ein Viertel bis ein Drittel ihrer Bevölkerung verlieren.

Annahme 2: Der ländliche(re) Raum ist anders mobil, der Pkw beherrscht den Modal Split

Aus gesamtdeutscher Perspektive liegt der Pkw-Anteil im ländlichen Raum bei 70%, in Metropolen bei 38%. Die Pkw-Dichte (Pkw/1.000 Einwohner) liegt entsprechend im ländlichen Raum bei 600 und in Metropolen bei 380. Diese Verteilung spiegelt sich auch in der Anzahl an ÖV-Abonnements wider. Im ländlichen Raum haben lediglich 7% der Bevölkerung ein Abonnement, in Metropolen 36%.¹³

Dieses gesamtdeutsche Bild lässt sich sehr gut auf die IRMD übertragen. In Leipzig beispielsweise liegt die Pkw-Dichte bei 391, in Halle (Saale) bei 394, im Saalekreis und in Mansfeld-Südharz hingegen bei 620, bzw. 586.¹⁴ Vor allem im ländlichen Raum beherrscht der Pkw weiterhin den Modal Split. Die Fahrzeugkilometer sind abhängig vom Arbeits- und Freizeitangebot vor Ort und vom Angebot der öffentlichen Verkehrsmittel. Ziel der IRMD ist es, die Pkw-Besitzquote bis 2035 um 25% zu senken und das ÖPNV Angebot entsprechend auszubauen.¹²

Annahme 3: Die Mobilität verändert und individualisiert sich immer stärker

In der ADAC-Studie „Die Evolution der Mobilität“¹⁵ wird die Multimodalität als Grundpfeiler der zukünftigen Mobilität verstanden. Die Mobilität der Zukunft definiert sich durch ein stärkeres Ineinandergreifen von Wohnen, Arbeiten und Freizeit, sodass der Bedarf an verschiedenen Mobilitäts Optionen wächst. So wird der ÖPNV stark in die Richtung der individuellen Massenmobilität weiterentwickelt und durch sogenannte „micro carrier“ (Kleintransportfahrzeuge wie E-Roller und E-Scooter) und „public private vehicles“ (privat-öffentliche Carsharing-Fahrzeuge) ergänzt. Es zeigt sich eine verstärkende Popularität des (teil-)autonomen Bedarfsverkehrs („on-demand“) in ländlichen sowie der Sharing-Trends in eher urbanen Gebieten. Aufbauend auf diesem Trend ist es ein definiertes Ziel der integrierten Mobilitätsstudie Mitteldeutschland, dass in der IRMD bis 2030 niemand weiter als 1.000 m von der nächsten Sharing-Station entfernt wohnt.

Annahme 4: Die beruflich bedingte Mobilität steigt – flexibles und mobiles Arbeiten wird zur Normalität

Die beruflich bedingte Mobilität ist in Deutschland von 2008-2017 um +13% gestiegen; die Tendenz ist weiterhin steigend. Auch die Pendler-Distanzen steigen seit einigen Jahren stetig und ungefähr jeder vierte zurückgelegte Weg und mehr als ein Drittel der zurückgelegten Kilometer sind beruflich bedingt.¹⁶ In der IRMD weisen Leipzig und Halle (Saale) höhere Zahlen an Berufseinpendlern als -auspendlern auf, bei allen anderen Städten und Landkreisen ist dieses Verhältnis umgekehrt.¹⁷ Grundsätzlich ist mobiles, zeit- und ortunabhängiges Arbeiten auf dem Vormarsch und wird die Arbeits- und Mobilitätswelt in Zukunft stark prägen. Auch wenn absolute Pendlerzahlen durch das ortsunabhängige Ar-

¹¹ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/167166/umfrage/prognose-des-bewohneranteils-nach-wohnstandort-seit-1990/>

¹² Prognos AG (2021)

¹³ Infas et al. (2018)

¹⁴ PTV et al. (2021)

¹⁵ ADAC e.V., Zukunftsinstitut (2017)

¹⁶ Klaas, K. & Kaas E.A. (2021)

¹⁷ Prognos AG (2021)

beiten abnehmen sollten, entwickeln sich neue Strukturen des Pendleraufkommens hinsichtlich der Bewegungsmuster und Regelmäßigkeit, abseits der üblichen Stoßzeiten. Um diese Entwicklungen aufzufangen, mitzudenken und zu bündeln, sollen auch in der IRMD zukünftig die Chancen des überbetrieblichen Mobilitätsmanagement erkannt und genutzt werden.¹⁸

Möglicher Einfluss von Extremereignissen auf die zukünftige Mobilitätswelt – das Beispiel der COVID-19 Pandemie

Zusätzlich zu den mittel- bis langfristig prognostizierten Mobilitätstrends, können außergewöhnliche exogene (äußere, nicht beeinflussbare) Ereignisse wie zuletzt die COVID-19 Pandemie sowohl kurzfristige als auch langfristige Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten der Bevölkerung haben und die zukünftige Mobilitätswelt prägen.

Die COVID-19 Pandemie hat insbesondere drei Entwicklungsperspektiven angestoßen, die für weiteren Überlegungen und Entwicklungen von innovativen Mobilitätssystemen in der IRMD beachtet werden sollten, die in Abbildung 17 zusammengefasst dargestellt sind.

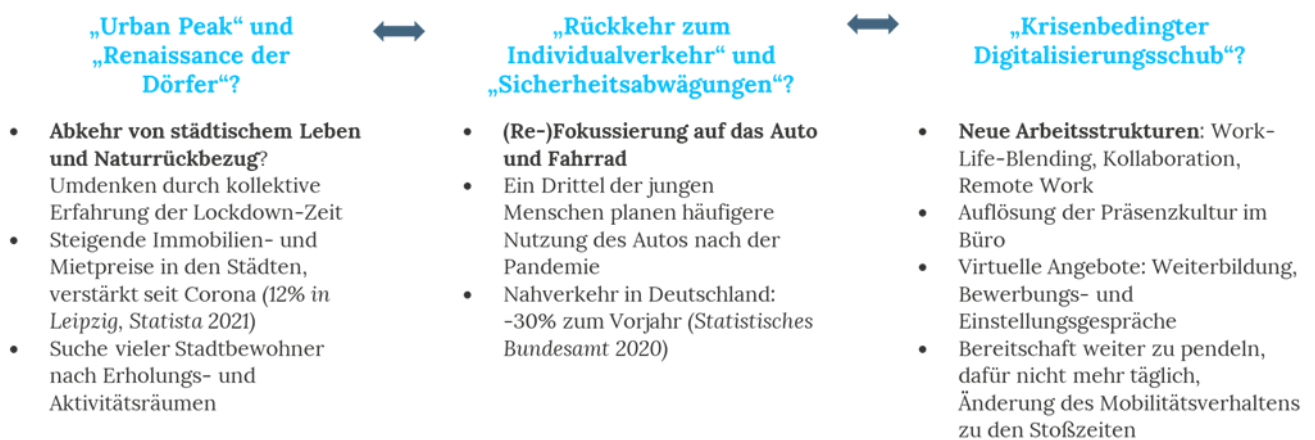


Abbildung 17: Möglicher Einfluss der COVID-19 Pandemie auf die zukünftige Mobilitätswelt^{19,20}

2.3.2 Zwei mögliche Zukunftsszenarien für die IRMD

Für die Auswirkung zukünftiger Mobilitätstrends und den Einfluss von exogenen Ereignissen in der IRMD werden beispielhaft zwei mögliche Zukunftsszenarien skizziert.

¹⁸ PTV et al. (2021)

¹⁹ <https://de.statista.com/infografik/24787/kaufpreisentwicklung-fuer-wohnungen-in-deutschen-staedten-waehrend-corona>

²⁰ https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/04/PD21_172_461.html#Fussnote1

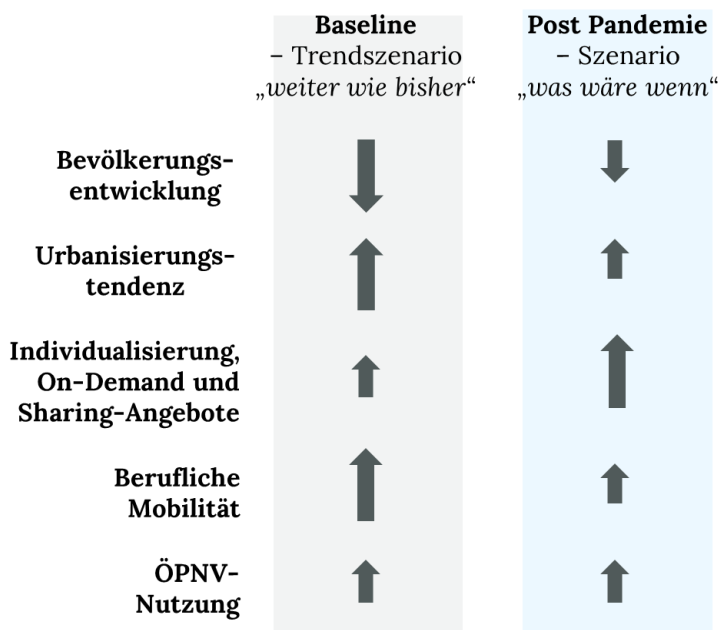


Abbildung 18: Mögliche Zukunftsszenarien für die IRMD

1. Das Baseline-Trendszenario wird auf Basis des Status quo und der identifizierten Grundannahmen der zukünftigen Mobilitätstrends skizziert.

Es beschreibt qualitativ die Trend-Fortschreibung des Status quo. Wie in Abbildung 18 dargestellt, ist die Basisannahme für die regionale Entwicklung im Baseline-Szenario ein „weiter wie bisher“:

- Die Bevölkerungsentwicklung in der IRMD ist insgesamt negativ, Urbanisierungstendenzen setzen sich fort.
- Das Mobilitätsverhalten individualisiert sich weiter, on-demand und Sharing Angebote finden Absatz.
- Der Anstieg beruflich bedingter Mobilität setzt sich fort.
- Die Auslastung des ÖPNV steigt, der ÖV-Anteil nimmt durch veränderte Bevölkerungszusammensetzung (Urbanisierung; mehr Stadt- und weniger Landbewohner) und verbesserte ÖPNV-Angebote leicht zu.

2. Das Post-Pandemie-Szenario wird auf Basis der möglichen kurz- und langfristigen Auswirkungen der COVID-19 Pandemie auf das zukünftige Mobilitätsverhalten der Bevölkerung skizziert. Es soll als aktuelles Beispiel für die Einflussnahme exogener Einflussfaktoren und außergewöhnlicher Ereignisse, wie beispielsweise auch extreme Klimaereignisse, gelten.

Hier ist die Basisannahme für die zukünftige regionale Entwicklung ein „was wäre wenn“ sich die kurzfristigen Auswirkungen der COVID-19 Pandemie langfristig manifestieren:

- Die Bevölkerungsentwicklung in der IRMD ist insgesamt negativ, Urbanisierungstendenzen stagnieren, der suburbane und ländliche Raum verzeichnet etwas geringere Bevölkerungsverluste. Getrieben wird diese Urban-Peak Tendenz (siehe Abbildung 18) durch ein Umdenken während der kollektiven Lockdown-Zeit und eine verstärkt empfundene Wertschätzung von weitläufiger Fläche, Raumangebot und Natur.
- Das Mobilitätsverhalten individualisiert sich noch stärker, Sharing Angebote finden starken Absatz. Seit der COVID-19 Pandemie hat sich die individuelle gesundheitliche Sicherheit im ÖPNV als Abwägungspunkt ausgebildet. Eine individuelle Fortbewegung



(auch an der frischen Luft durch Radfahren, E-Roller, E-Scooter) wird der Fortbewegung in geschlossenen und vor allem engen Räumen in öffentlich zugänglichen Bussen und Bahnen vorgezogen. Hier könnte es einen Rebound-Effekt geben: Je mehr Individualisierung es gibt, umso höher ist der Zuwachs des Verkehrsaufkommens und der Verbrauch von Ressourcen.

- Der Anstieg beruflich bedingter Mobilität stagniert, tägliche Pendler-Ströme (IV und ÖPNV) verändern und diversifizieren sich, es gibt wenig Regelmäßigkeiten oder Bewegungsmuster (im Bereich Arbeitszeiten, Rush-Hour) innerhalb der beruflich bedingten Mobilität. Zudem könnte ein zunehmender Dienstleistungs- und Kreativitätsanteil zu einer verstärkten Wiedervermischung von Wohn- und Arbeitsräumen führen und so den Anstieg beruflich bedingter Mobilität verringern.
- Das Nutzungsvolumen des ÖPNV stagniert. Der ÖPNV-Anteil wächst vor allem aufgrund der insgesamt zurückgehenden (motorisierten) Mobilität.

Für die Planung, Entwicklung und Umsetzung eines innovativen Mobilitätssystems in der IRMD wird empfohlen, die gesamtdeutschen Mobilitätstrends zu beachten und entsprechende Ableitungen für den Durchführungsraum vorzunehmen. Innerhalb der IRMD gibt es parallel verlaufende, aber differenziert zu betrachtende Entwicklungspfade. Großstädte wie Leipzig oder Halle (Saale) folgen anderen Entwicklungspfaden als ländlichere Gebiete in der Region, vor allem im Hinblick auf die Bevölkerungsentwicklung und entsprechende Nachfragepotenziale für Mobilitätsangebote.

Neben der rein quantitativen Entwicklung der Bevölkerungszahlen innerhalb der IRMD gilt es auch, schwerer greifbare und zu quantifizierende Trends wie die Individualisierung des Mobilitätsverhaltens der Menschen und die Entwicklungen in der Arbeitswelt zu beachten. Nutzerpotenziale innovativer Mobilitätslösungen sind nicht zuletzt stark abhängig von spezifischen Nutzergruppen wie Berufspendlern oder Tagestouristen, deren Mobilitätsverhalten sich während der COVID-19 Pandemie zumindest kurzfristig verändert hat. Es ist nicht auszuschließen, dass sich einige der Verhaltensänderungen langfristig manifestieren und daher zu einem notwendigen Umdenken in der Mobilitätsplanung – insbesondere im ÖPNV – führen.

Weiterhin wird empfohlen, dass insbesondere ländliche und suburbane Räume mit einer prognostiziert negativen Bevölkerungsentwicklung den on-demand Verkehr auf der letzten oder vorletzten Meile weiterentwickeln sollten, um so flexiblere Verkehrssysteme zu generieren, die abgestimmt auf den Bedarf betrieben werden können. Ein frühzeitiger Einsatz von (teil-)autonomen Technologien könnte hier ein entsprechender Ansatzpunkt sein, um ÖV-Angebotsverbesserungen zu realisieren. Hierbei gilt es zu beachten, dass der technologische Fortschritt in Richtung des autonomen Fahrens und zunehmend gelockerte rechtliche Rahmenbedingungen auch zu einer möglichen Attraktivitätssteigerung für den autonomen MIV führen kann. Diese könnte einen entsprechenden Einfluss auf das Ziel der IRMD, die Pkw-Besitzquote und den Pkw-Anteil am Modal Split deutlich zu senken, haben.

In der Analyse der Potenziale (Kapitel 5) der zwei beispielhaften Strecken für das angedachte innovative Mobilitätssystem werden beide Zukunftsszenarien für die IRMD berücksichtigt.

3 Akzeptanzanalyse

Um zu klären, wie neue Mobilitätskonzepte in der Bevölkerung wahr- und angenommen werden, bedarf es einer Abschätzung der Akzeptanz. Im Rahmen der Studie wurde auf Basis einschlägiger Literatur die Fragestellung nach der grundsätzlichen Bereitschaft zum Umstieg von privaten Verkehrsmitteln auf die Nutzung alternativer (autonomer) Mobilitätsformen im Alltag erörtert.

Bei dem Arbeitsschritt „Akzeptanzanalyse“ ging es darum, den Fokus auf die Kundensicht im Personenverkehr zu legen, Mobilitätsbedürfnisse, Ängste und Bedenken gegenüber neuer Mobilitätsformen zu identifizieren, sowie Möglichkeiten ihrer Bewältigung zu nennen (z. B. durch die Einbindung der Bevölkerung), um die Akzeptanz zu erhöhen.

Dabei wurden als erstes „typische“ bzw. herkömmliche Faktoren und Parameter beschrieben, die den Umstieg von privaten Verkehrsmitteln auf öffentliche bzw. alternative Mobilitätsformen beeinflussen.

In einem zweiten Schritt wurde der Fokus auf die Akzeptanz von automatisierten bzw. von autonomen Mobilitätssystemen gelegt und auf Basis von verfügbaren Untersuchungen folgende Aspekte diskutiert: Welche Hemmnisse zum Umstieg vom privaten Pkw bleiben bestehen, welche verringern sich, welche könnten sich verstärken?

Als letzter Schritt wurden durch einen Personas-Ansatz Wünsche, Bedürfnisse, aber auch Ängste und Bedenken gegenüber neuer Mobilitätsformen analysiert und greifbar dargestellt. Personas sind fiktive (stereo)typische Personen, die dabei helfen, unterschiedliche Kundengruppen für das neue Mobilitätssystem greifbar zu machen und ihr Nutzungsverhalten zu verstehen. Jede Persona charakterisiert mit ihren Eigenschaften, Bedürfnissen, Fähigkeiten und Zielen eine spezifische Kundengruppe in Bezug auf ihre Mobilität. Dabei dienen demografische Merkmale, Einstellungen und Verhaltensmuster als Gemeinsamkeiten einer Persona. Ziel des Personas-Ansatzes war es, ein gemeinsames Verständnis innerhalb der Projektgruppe über die zu adressierenden Kunden für das potenzielle Mobilitätssystem zu schaffen.

Die Erkenntnisse aus der in diesem Arbeitsschritt durchgeführten Analyse leisten einen Beitrag zur weiteren Definition der Anforderungen an das potenzielle Mobilitätssystem.

3.1 Herkömmliche Faktoren und Parameter, die den Umstieg vom privaten Verkehrsmittel auf alternative Mobilitätsformen beeinflussen

Welche Faktoren wie und in welchem Maß den Umstieg vom privaten Pkw auf öffentliche bzw. auf alternative Mobilitätsformen beeinflussen, ist eine komplexe Frage, mit der sich zahlreiche Untersuchungen und Befragungen beschäftigen und auf die es keine universelle Antwort gibt. Naturgemäß gibt es Unterschiede zwischen dem Mobilitätsverhalten und den Präferenzen unterschiedlicher Personengruppen – Berufstätige mit oder ohne eigenes Auto, Studierende, Senioren, etc. die in Abhängigkeit von verschiedenen externen Faktoren stehen (z. B. Preis, Distanz, Komfort etc.). Abbildung 19 zeigt beispielhaft die typischen durchschnittlich zurückgelegten Wegelängen nach Verkehrsmittel, Alter und Geschlecht für Deutschland insgesamt.

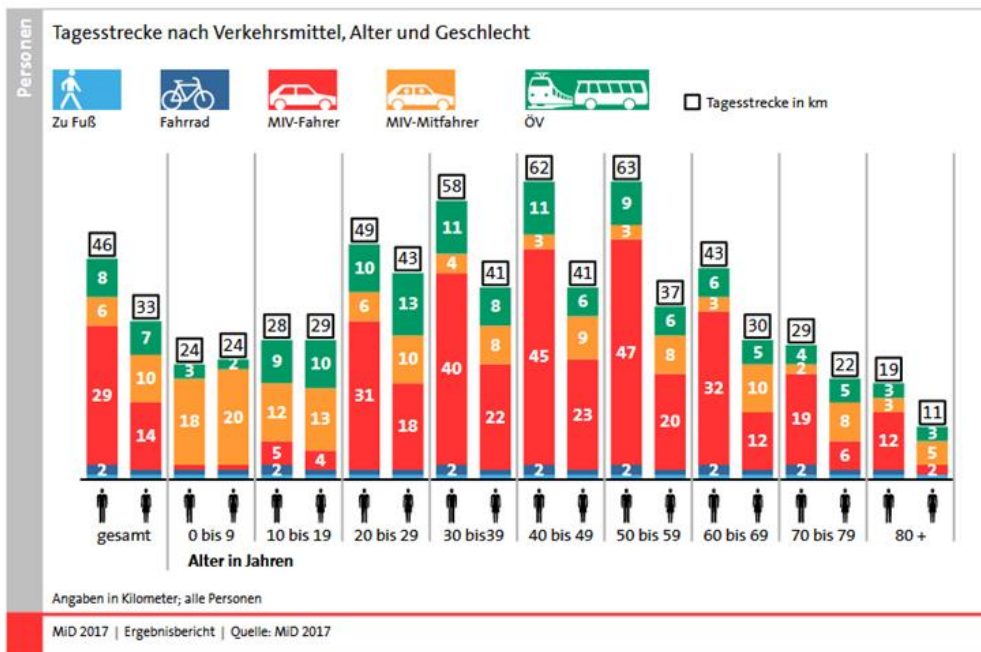


Abbildung 19: Verkehrsmittelwahl variiert, z. B. je nach Alter und Geschlecht, Quelle: infas et al. 2018

In der Nachfragemodellierung sind die Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl durch komplexe Formeln beschrieben, deren Parameter durch Befragungen in einem konkreten Untersuchungsraum individuell festgelegt sind um ein gegebenes Modell an die Realität zu eichen. Anhand dieser Formel wird der Aufwand (Reisezeit, Umsteigevorgänge...) bei der Wahl eines Verkehrsmittels bzw. Mobilitätsangebots mithilfe von Elastizitäten je Personengruppe bewertet. Daraus resultiert eine Präferenz für das eine oder das andere Verkehrsmittel.

Diese in der Verkehrsplanung häufig benutzten Faktoren und Parameter zur Identifikation der Verkehrsmittelpräferenz sind in ihrem Ursprung Parameter der Akzeptanz eines Verkehrsmodus bzw. eines Mobilitätssystems. Diese können Ausprägungen auf der Ebene des gesamten Systems beinhalten oder auf der Ebene der einzelnen Quelle-Ziel Relationen. Beispielhaft können die folgenden relevanten Aspekte genannt werden:

- ▶ Reisezeit (Zu- und Abgangszeiten + Wartezeit an der Starthalttestelle + Umsteigezeit + Beförderungszeit) für eine Quelle-Ziel Relation
- ▶ Systemverfügbarkeit (Taktung, Bedienungszeiten)
- ▶ Komfort und persönliche Sicherheit bei Nutzung des Mobilitätssystems (z. B. bei der Fahrzeugausstattung und/oder bei der Ausstattung der Stationen)
- ▶ Umsteigehäufigkeit auf einer Quelle-Ziel Relation
- ▶ Zuverlässigkeit des Mobilitätssystems
- ▶ Preis bei der Nutzung des Mobilitätssystems
- ▶ Flexibilität bei der Nutzung des Mobilitätssystems (zeitlich, räumlich)
- ▶ Besitz von Führerschein
- ▶ Zugang zur Nutzung eines Autos
- ▶ Verfügbarkeit von Informationen zum Mobilitätsangebot und Nutzungsmodalitäten dieses Angebots (einfach oder komplex, mit anderen Angeboten integriert oder nicht)

- ▶ Image des Mobilitätssystems
- ▶ Hygiene im Fahrzeug, an den Haltestellen (aktuell auch in Verbindung mit der pandemischen Situation zu verstehen)

Alle diesen Parameter können nur sehr individuell je Untersuchungsgebiet bewertet werden. Um eine Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit zwischen der Bewertung unterschiedlicher Mobilitätskonzepte zu ermöglichen, werden standardisierte Ansätze, Parameter und Werte in verschiedenen verkehrsplanerischen Regelwerken gegeben, z. B. in der Standardisierten Bewertung oder in der Richtlinie zur Integrierten Netzgestaltung (RIN).

Um die Verlagerung von Fahrten vom Pkw auf den ÖV zu beurteilen werden in der Standardisierten Bewertung unabhängig von den Personengruppen, die sogenannten Widerstände im MIV und im ÖV Verkehr verglichen. Der Widerstand im MIV beinhaltet hauptsächlich die reine Fahrzeit von A nach B sowie, je nach Distanz, auch einen Faktor zur Bewertung der Parkplatzverfügbarkeit. Der Widerstand im ÖV setzt sich aus viel mehr Parametern zusammen: zusätzlich zu der Gesamtreisezeit (Ab- und Zugangszeiten, Wartezeit an der Starthaltestelle, die sich durch die mittlere Fahrtfolgezeit definiert, Umsteigezeit, Beförderungszeit) zwischen A und B, bei der manche Elemente stärker gewichtet werden, kommen weitere Faktoren zur Bewertung der Systemqualität und des Komforts hinzu. Die stärker gewichteten Parameter in der Berechnung geben wichtige Auskünfte über die Akzeptanz bei neu zu konzipierenden Mobilitätssysteme, z. B.:

- ▶ Fußwege (Zu- und Abgangszeiten zur Station) werden in der Standardisierten Bewertung stärker negativ gewichtet als Zeiten im Fahrzeug (z. B. Fußwegzeit von 4 min = Widerstand von 6 min; Fußwegzeit von 7 min = Widerstand von 13,7 min). **Dies bedeutet, dass kurze Wege zur Erreichbarkeit der Haltestellen sehr wichtig sind für eine höhere Nutzung bzw. Akzeptanz des Mobilitätssystems.** Standardwerte (nach FGSV/VDV) für die Erschließung durch den SPNV liegen bei 400-1000 m, für die Erschließung durch straßengebundenen ÖPNV: im Bereich 300-600 m.
- ▶ Komfort: Spurgeführte Systeme sind besser bewertet als nicht spurgeführte und führen demnach **zur höheren Nutzung bzw. Akzeptanz**
- ▶ Umsteigen: Zusätzlich zum Zeitverlust beim Umstieg wird berücksichtigt, dass Fahrgäste einen Umstieg als Komfortverlust wahrnehmen. Im Widerstand wird die Wartezeit beim Umsteigen den Faktor 1,3 hochgerechnet und zusätzlich wird jeder Umsteigevorgang im Widerstand mit 8 min berücksichtigt. Demzufolge ist die **Minimierung der Umsteigevorgänge und der Umsteigezeit anzustreben um höhere Nutzung bzw. Akzeptanz zu erzielen.**

Die Richtlinie zur Integrierten Netzgestaltung (RIN) definiert ihrerseits verschiedene Methoden für die Bewertung der Angebotsqualität im ÖV, z. B.:

- ▶ Reisezeitverhältnis ÖV/MIV: für die kürzeren Distanzen (<50km) bedeutet ein Reisezeitverhältnis (ÖV/MIV) von maximal 1,5 eine „gute“ bis „sehr gute“ (wenn Verhältnis <=1) **Angebotsqualität** (siehe Abbildung 20).

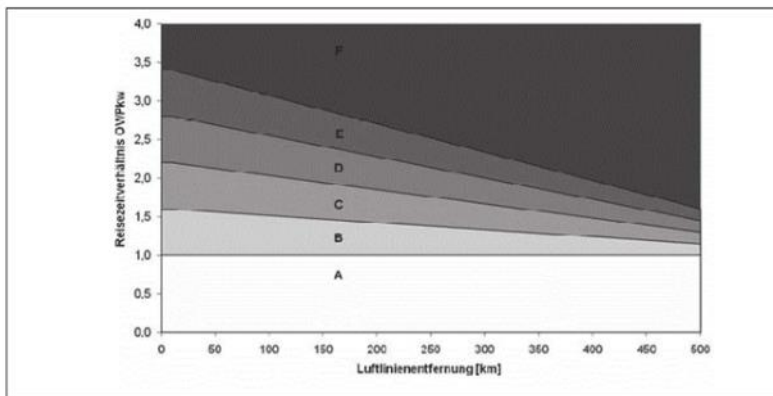


Tabelle 12: Stufen der Angebotsqualität (SAQ)

SAQ	Beschreibung
A	sehr gute Qualität
B	gute Qualität
C	befriedigende Qualität
D	ausreichende Qualität
E	mangelhafte Qualität
F	unzureichende Qualität

Bild 18: Orientierungswerte für die Bewertung des Reisezeitverhältnisses vom öffentlichen Personenverkehr zum Pkw-Verkehr

Abbildung 20: Qualitätsstufe des ÖV basiert auf das Reisezeitverhältnis ÖV/MIV nach RIN

- Umsteigehäufigkeit: Für eine „gute“ bis „sehr gute“ Angebotsqualität sind für kleinere Distanzen maximal ein Umstieg und bei längeren Distanzen bis zu zwei Umstiegen zulässig (siehe Abbildung 21).

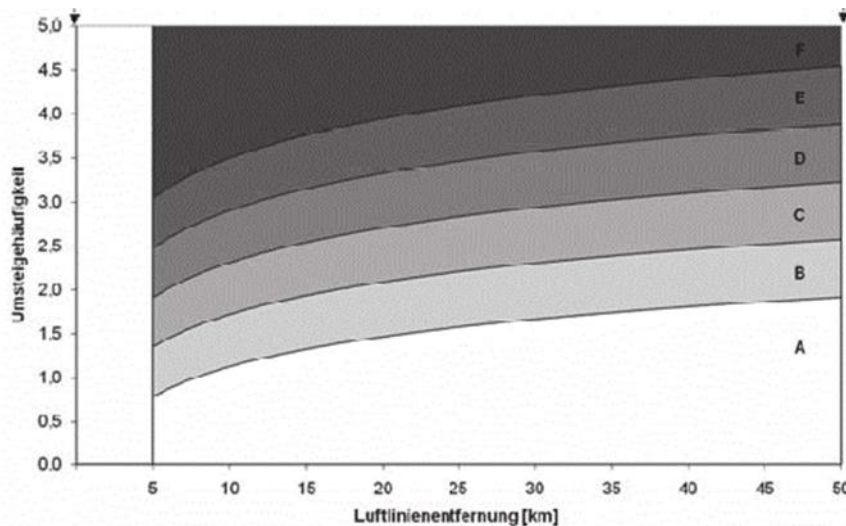


Tabelle 12: Stufen der Angebotsqualität (SAQ)

SAQ	Beschreibung
A	sehr gute Qualität
B	gute Qualität
C	befriedigende Qualität
D	ausreichende Qualität
E	mangelhafte Qualität
F	unzureichende Qualität

Abbildung 21: Orientierungswerte für die Bewertung der Umsteigehäufigkeit nach RIN

Zur allgemeinen Erhöhung der Akzeptanz und Nutzung eines Mobilitätsangebots können zusammenfassend die folgenden Aspekte festgehalten werden:

- Kurze Wege zu den Haltestellen, um Fahrgäste möglichst nah am Quelleort abzuholen und möglichst nah zum Zielort hinzubringen, bringen einen höheren Nutzen. Trassengebundene Systeme können mit schienengebundenen verglichen werden. Bei solchen Systemen kann von einem Einzugsradius von 400 bis 1.000 m um die Station ausgegangen werden.
- Geringes Reisezeitverhältnis zwischen dem ÖV und dem Pkw führt zu einer höheren Akzeptanz (möglichst nah an 1 oder sogar <1). „Gute“ Angebotsqualität bis zu einem Verhältnis von 1,5 zwischen den Reisezeiten im MIV und im ÖV (für Distanzen bis zu 50 km).
- Die Minimierung der Umsteigezeiten und der Umsteigevorgänge ist sehr wichtig für die Akzeptanz. Eine Möglichkeit zur Verkürzung der Wartezeit an einem Umsteigepunkt wäre die Zubringer mit einer on-demand Funktionalität zu versehen.



- Standardmäßig werden spurgeführte bzw. trassengebundene Systeme höher bewertet als nicht spurgeführte, unter anderem weil sie zuverlässige Fahrzeiten und Anschluss-sicherung besser gewährleisten können. Anschlüsse können bei solchen Systemen mit geringeren Umsteigepufferzeiten konzipiert werden, was die grundsätzliche Akzeptanz eines Umstiegs erhöht.

3.2 Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von automatisierten bzw. autonomen Verkehrssystemen

In diesem Abschnitt wird der Fokus auf fahrerlose bzw. automatisierte/autonome Mobilitätssysteme gelegt.

Dabei stellt sich unter anderem die Frage: Welche Hemmnisse beim Umstieg von privaten Verkehrsmitteln auf öffentliche Verkehrssysteme bleiben bestehen, welche verringern sich und welche könnten sich verstärken, wenn es sich um ein autonomes und trassengebundenes System handelt im Vergleich zu nicht autonomen (und nicht trassengebundenen) Systemen?

Es wurde im Abschnitt 3.1 aufgeführt, dass trassengebundene Systeme (automatisiert oder nicht) grundsätzlich über eine höhere Akzeptanz von den Nutzern verfügen – dabei spielt vor allem die Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr eine Rolle sowie die damit verbundene Zuverlässigkeit des Angebots. Weiterhin gilt, dass ein ungehindertes Vorankommen im Verkehr, und damit weniger stop-and-go Bewegungen, sich positiv auf das Wohlbefinden der Personen in den Fahrzeugenauswirken. Somit kann behauptet werden, dass die Hemmnisse, ein trassengebundenes System zu nutzen, geringer sind als bei nicht trassengebundenen Systemen. Ob die Automatisierung/Autonomie der Systeme die Akzeptanz positiv oder negativ beeinflussen, hängt sehr von der spezifischen personellen Akzeptanz ab, die wiederum vom charakteristischen Kundenprofil und Mobilitätsbedarf (siehe Kapitel 3.3 zu Personas) abhängt. Für eine Frau, die abends in einem fahrerlosen Fahrzeug alleine nach Hause fährt, oder für eine auf den Rollstuhl angewiesene Person bedeutet die Automatisierung bzw. die Fahrerlosigkeit ein größeres Hemmnis das Angebot zu nutzen, als bei nicht automatisierten Systemen, bei denen das Fahrpersonal ggf. Hilfestellung leisten kann. Für einen Berufspendler ohne Behinderung, der in den HVZ unterwegs ist, gibt es vermutlich keinen Unterschied, ob ein Fahrer das Fahrzeug lenkt oder ob das System fahrerlos fährt: für ihn ist es viel wichtiger, pünktlich anzukommen.

Weiterhin können zwischen einem autonomen/automatisierten Mobilitätssystem und weiteren Verkehrsteilnehmern (z. B. Autofahrer, Fußgänger, Fahrradfahrer) unterschiedliche Zielkonflikte entstehen: z. B. kann ein nicht trassengebundenes System, das im Mischverkehr mit den anderen Verkehrsträgern fährt, diese ggf. beeinträchtigen. Bei einem trassengebundenen automatisierten System sind voraussichtlich Sicherungsmaßnahmen notwendig, um z. B. keine bzw. nur an bestimmten Stellen Kreuzungen mit anderen Verkehrsteilnehmer zu erlauben. In beiden Fällen können für andere Verkehrsteilnehmer Umwege oder Wartezeiten entstehen. Um diese Zielkonflikte sowie Störungen und Umwege anderer Verkehrsteilnehmer zu minimieren, sind bei der Auswahl und Ausrüstung der Strecke für das autonome System alle anderen Verkehrsmodi in einem gesamten Verkehrskonzept zu berücksichtigen. Eine klare Kommunikation im Vorfeld der Implementierung sowie eine Beschilderung der betroffenen Routen und Kreuzungen sind unabdingbar.

Bei den automatisierten nicht trassengebundenen Systemen (wie Kleinbussen) werden im Moment eine Vielzahl an Pilotprojekten durchgeführt. Dabei werden sowohl die Systeme technisch getestet als auch die Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft von den potenziellen Nutzern abgefragt.

- ▶ Bei solchen Systemen ist das Vertrauen in die Technik eine der wesentlichen Voraussetzungen für die Akzeptanz.

- ▶ Es stellt sich heraus, dass Tester eines Systems oft positiver solchen Systemen gegenüberstehen als Nichttester. Aus diesem Grund sind auch Pilotprojekte der richtige Weg, um die Akzeptanz zu erhöhen.

Im Jahr 2019 führte die TTK eine Online-Umfrage im Rahmen der Entwicklung eines Mobilitätskonzepts in einem ländlich geprägten Landkreis durch. Ca. 1.400 Personen beantworteten die Frage nach der grundsätzlichen Bereitschaft, ein autonomes Shuttle zum Bahnhof zu nutzen. Eine gewisse Akzeptanz dieser Systeme konnte festgestellt werden: 71,3% sagten, dass sie ein solches Angebot nutzen würden.

Im Mobilitätskonzept sollen außerdem weitere innovative Mobilitätsformen berücksichtigt werden, wie z.B. fahrerlose Busse (sogenannte autonome Shuttles).
Würden Sie ein autonomes Shuttle zum Bahnhof nehmen?

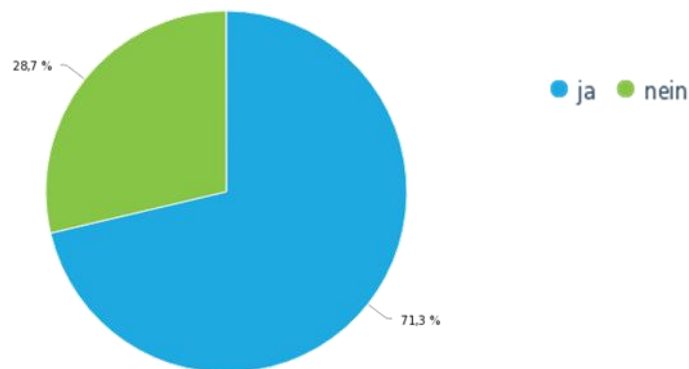


Abbildung 22: Nutzerbereitschaft für die Nutzung eines autonomen Kleinbusses in einem ländlich geprägten Landkreis, Umfrage TTK 2019

Im Folgenden sind beispielhaft einige Auswertungen bezüglich der Akzeptanz solcher Systeme dargestellt, die aus verschiedenen Untersuchungen aus der jüngeren Vergangenheit stammen.

Es konnte z. B. im Rahmen des Projekts „Autonom fahrender Kleinbus“ in Bad Birnbach gezeigt werden, dass es zwischen Nutzern und Nichtnutzern des Systems sowie zwischen ÖV- und Pkw-affinen Personen deutliche Unterschiede in der Wahrnehmung des Systems gab. An der Umfrage haben insgesamt ca. 400 Personen teilgenommen. Es wurde festgestellt, dass die Nutzer bzw. Tester tendenziell eine positivere Wahrnehmung des Systems haben als die Nichtnutzer. Das gleiche gilt für die Gegenüberstellung der Wahrnehmung des autonomen Shuttles von Pkw-affinen und ÖV-affinen Personen (siehe Abbildung 23).

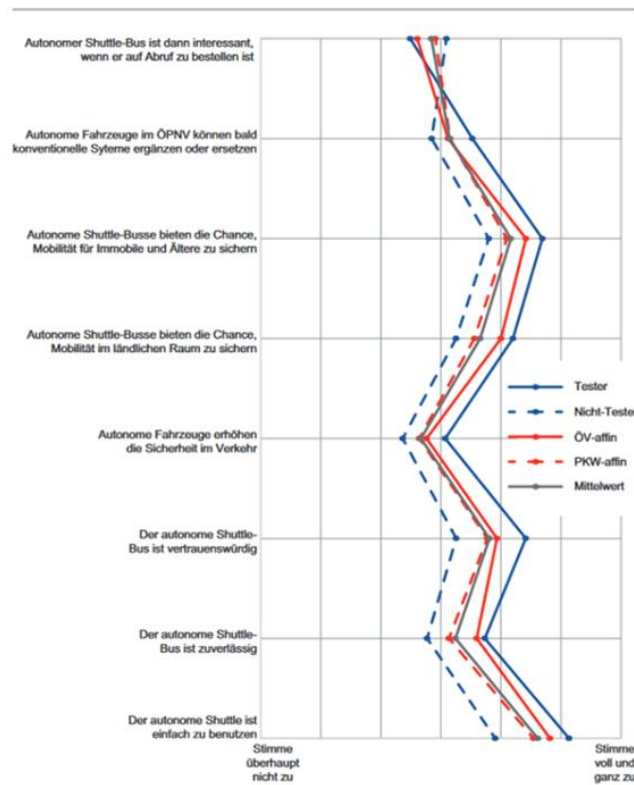


Abbildung 23: Objektbezogene Aussagen in Bezug auf die autonomen Shuttles und die Mobilität, Quelle: Rauh, Appel & Graßl 2020

Als Hauptgrund gegen automatisiert fahrende Busse wurden am häufigsten die mangelnde Sicherheit bzw. die unausgereifte Technik genannt, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tabelle 1: Gründe für und gegen automatisiert fahrende Busse, Quelle: Rauh, Appel & Graßl 2020

Gründe für automatisiert fahrende Busse		Gründe gegen automatisiert fahrende Busse	
Umweltschutz	38 (30 %)	Mangelnde Sicherheit/ unausgereifte Technik	63 (33 %)
Erhöhung Flexibilität	30 (24 %)	Angebot uninteressant	39 (20 %)
Kosteneinsparung	24 (19 %)	Zu geringe Geschwindigkeit	34 (18 %)
Mobilität für alle (Senioren, Behinderte etc.)	22 (17 %)	Arbeitsplatzabbau	26 (13 %)
Technische Weiterentwicklung	9 (7 %)	Kosten	19 (10 %)
Unterhaltung	3 (2 %)	Generelle Ablehnung	12 (6 %)

In einer von Schäfer & Altinsoy 2021 herausgegebenen Untersuchung zu bisher durchgeführten Pilotprojekten im Bereich autonome Shuttles konnte dennoch eine grundsätzlich positive Einstellung und Akzeptanz solchen Systemen gegenüber festgestellt werden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Akzeptanzniveau Projekte autonome Shuttles, Quelle: Schäfer & Altinsoy 2021

Projektstandort	Nutzerakzeptanz autonomer Shuttles
Bad Birnbach	Hohe Akzeptanz aller Altersgruppen (Deutsche Bahn AG, 2019)
Gothenburg (Schweden)	Sehr hohe Zufriedenheit (UITP, 2020)
Koppl (Österreich)	Hohe Akzeptanz und gutes Sicherheitsgefühl (C. Zankl und K. Rehrl, 2017)
Mainz	Hohe Akzeptanz (C. Bernhard et. al, 2019)
Neuhausen (Schweiz)	Hohe Akzeptanz (M. Wicki und T. Bernauer, 2020)
Sitten (Schweiz)	Hohe Akzeptanz; kaum/gar keine Sicherheitsbedenken (Die Schweizerische Post AG, 2017)
Wusterhausen/Dosse	Positive Resonanz und großes Vertrauen (P. Friebe, 2019)

Bei den aktuell laufenden regionalen Projekten zum autonomen Fahren (siehe Kapitel 2.2) werden auch Analysen zur Akzeptanz durchgeführt. Die Ergebnisse standen jedoch bis zum Zeitpunkt der Fertigstellung des vorliegenden Berichts noch nicht zur Verfügung. Beispielsweise sollten bei dem Projekt Thyra Floh entsprechende Ergebnisse im ersten Quartal 2022 vorliegen, bei dem Projekt ABSOLUT nach der Testphase mit Mitarbeiter aus dem BMW Werk im Jahr 2022.

Für das Projekt Thyra Floh wurde im Vorfeld der Einführung in einer zweiwöchigen Informationsphase (März-April 2020) eine Onlineumfrage veranstaltet, um Meinungen und Anregungen zum Projekt zu sammeln. Insgesamt 27 Personen nahmen an der Umfrage teil. Die Auswertung der Ergebnisse kann auf der Webseite der Universität Magdeburg eingesehen werden.²¹ Für weitere Einsichten zur Akzeptanz von solchen Projekten in der Region wäre es interessant, die Ergebnisse aus dieser im Vorfeld durchgeführten Umfrage mit der Akzeptanzanalyse aus dem Pilotbetrieb des Thyra Floh zu vergleichen.

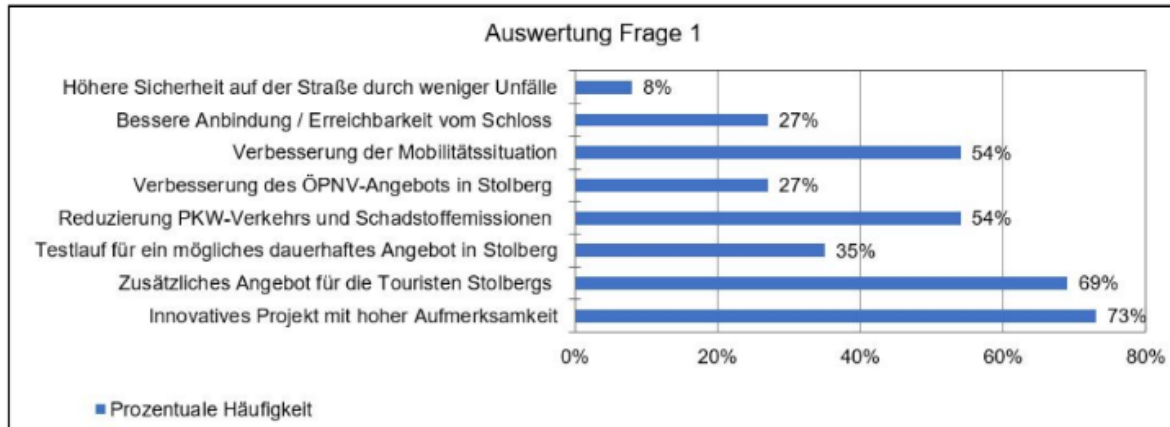


Abbildung 24: Auswertung der Frage „Welche Aspekte des Shuttle-Projekts wären am positivsten für Stolberg?“ bei der Umfrage vor der Einführung vom autonomen Shuttle Thyra Floh in Stolberg

Im internationalen Umfeld wird z. B. an der Technischen Universität Delft in den Niederlanden und am Royal College of Arts und der Coventry University im Vereinigten Königreich zu autonomen Systemen und Wohlbefinden insbesondere Reiseübelkeit geforscht²². Wichtige Erkenntnisse sind, dass die Vorteile vom automatisierten Fahren, wie z. B. das Möglichmachen von Lesen oder Arbeiten während der Fahrt, auch mit Nachteilen einhergehen, wie z. B. Übelkeit. Im Design des Fahrzeugs sollte berücksichtigt werden, dass die Sitzgelegenheiten entweder in Fahrtrichtung ausgerichtet sind oder der Blick nach

²¹ <https://www.as-nasa.ovgu.de/>

²²Z. B.: https://www.researchgate.net/publication/304702865_Motion_Sickness_in_Automated_Vehicles_The_Elephant_in_the_Room oder https://www.researchgate.net/publication/331099737_Motion_Sickness_in_Automated_Vehicles_with_Forward_and_Rearward_Facing_Seating_Orientations

draußen ermöglicht wird, damit Reiseübelkeit reduziert wird und somit die Akzeptanz bei Nutzern erhöht wird.

Das in der Studie angenommene Mobilitätssystem ist prinzipiell als automatisiert und trassengebunden zu verstehen. Eine grundsätzliche Akzeptanz für automatisierte trassengebundene Systeme kann als gegeben betrachtet werden. Solche Systeme wie z. B. automatisierte U-Bahnen, Flughafenshuttles, Seilbahnen, Skilifte, usw. sind schon längst in Betrieb in Deutschland und auf der ganzen Welt und werden als übliche Verkehrsmittel von den Nutzern akzeptiert.

Seilbahnsysteme müssen in diesem Kontext jedoch gesondert betrachtet werden, da sie durch das Überfliegen von (bewohnten) Gebieten die Privatsphäre der Betroffenen einschränken können. Die Problematik wird allerdings eher im urbanen und nicht im ländlichen Kontext diskutiert, da die Strecken häufig in der Nähe von Wohngebäuden vorbeiführen. Diese Fragestellung könnte in dünner besiedelten Gebieten von geringerer Bedeutung sein. Dazu bestehen immer wieder Bedenken bei den Nutzern in Bezug auf die Systemsicherheit. Laut verschiedenen Umfragen scheint es aber eine Tendenz zur allgemeinen Erhöhung der Akzeptanz von Seilbahnen in Städten zu geben, z. B. in Stuttgart²³ oder in München²⁴. Dazu wurde Anfang 2021 vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) eine Studie über die „stadt- und verkehrsplanerische Integration urbaner Seilbahnprojekte“ in Auftrag gegeben. Als Ergebnis soll ein Leitfaden für die „Realisierung von Seilbahnen als Bestandteil des ÖPNV“ entstehen, der in zwei Jahren vorliegen soll.

3.3 Darstellung der Wünsche, Bedürfnisse, Ängste und Bedenken gegenüber neuer Mobilitätsformen (Personas-Ansatz)

Laut der Studie „Sozio-Ökonomische Perspektive 2040“ der IRMD werden in 2040 in der Innovationsregion ca. 50% der Haushalte aus einer Person bestehen. Die Anzahl von größeren Haushalten verringert sich, wie in der Abbildung 25 ersichtlich.

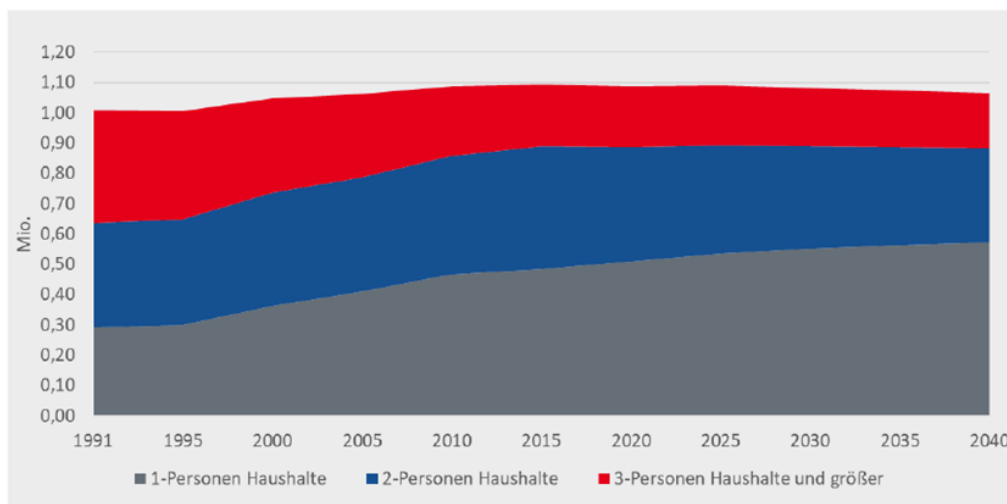


Abbildung 25: Entwicklung der Haushaltsgröße zum Zeithorizont 2040, Quelle: Prognos AG 2021

Wie sehen also die zukünftigen typischen Nutzer vom potenziellen automatisierten Mobilitätssystem für die (vor)letzte Meile aus? Was sind ihre Mobilitätsbedürfnisse, Ängste und Bedenken, wie sind diese anzusprechen?

Personas sind fiktive Personen, die dabei helfen, unterschiedliche Kundengruppen greifbar zu machen und ihr Nutzungsverhalten zu verstehen. Dabei dienen demografische Merkmale, Einstellungen und


²³ <https://www.transforming-cities.de/wachsende-akzeptanz-fuer-urbane-seilbahnen/>


²⁴ <https://www.baulinks.de/webplugin/2018/1662.php4>

Verhaltensmuster als Gemeinsamkeiten einer Persona. Im Folgenden sind Steckbriefen von Personas²⁵ aufgeführt, die dazu dienen sollen einen Überblick über mögliche Kundschaft des potenziellen Mobilitätssystems zu verschaffen. Anhand dieser Profile können die o.g. Fragen adressiert werden.

²⁵ Design für die Personas-Avatars: pikisuperstar / Freepik




Persona Nummer 1	
 <p>René Lange ist 42 Jahre alt und arbeitet in einem Chemieindustriewerk südlich von Halle (Saale).</p> <p>Da er gerne in der Stadt wohnt, pendelt er jeden Tag mindestens 30 Minuten mit seinem eigenen Pkw von Halle zu seiner Arbeitsstätte.</p> <p>In seiner Freizeit trifft er gerne Freunde in der Stadt und nutzt dafür den gut ausgebauten städtischen ÖPNV.</p> <p>René fährt gerne im Sommer mit seinem Pkw in den Urlaub.</p>	Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche <ul style="list-style-type: none">✓ Pünktlich für seine Schicht im Werk zu sein ohne große Staus auf dem Weg✓ Hohe Systemverfügbarkeit und Flexibilität sowohl für die Arbeitswege (Schichtarbeit) als auch für die Freizeitwege (abends, am Wochenende)✓ Einfache Nutzung des Mobilitätssystems✓ Anschlusssicherheit, Zuverlässigkeit des Systems
	Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten <ul style="list-style-type: none">• Unflexibel (zeitlich, räumlich)• Unzuverlässig (wegen technischer Probleme, da Technik nicht ausgereift)• Langsam (Reifegrad Technik)• Zu viele Umstiege notwendig um an gewünschten Zielort zu gelangen

Persona Nummer 2	
 <p>Franziska Schütz ist 22 Jahre alt und studiert Chemie an der Universität Leipzig. Sie wohnt in einer 3-er WG in der Stadt.</p> <p>Am Wochenende besucht Sie gerne ihre Eltern in ihrer Heimatstadt südlich von Leipzig. Den Sommer verbringt sie auch gerne dort.</p> <p>Sie ist viel unterwegs, feiert gerne und genießt es, spontan mobil zu sein. Sie besitzt einen Führerschein, im Moment hat sie aber kein Auto. In ihrer Heimat nutzt sie gelegentlich den Zweitwagen ihrer Eltern oder lässt sich von Freunden und Familie abholen, da viele Orte mit dem ÖPNV nicht erreichbar sind.</p>	Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche <ul style="list-style-type: none">✓ Hohe Flexibilität (zeitlich, räumlich) des Systems✓ Hohe Verfügbarkeit des Systems bzw. des Angebots (spontan unterwegs sein ohne nach dem Fahrplan zu schauen)✓ Einfache Nutzung des Angebots✓ Integriertes Angebot („alles in einer App“)✓ Anschlusssicherheit (auch spät abends, wenn sie von einer Feier zurückkommt)✓ Günstige Studententarife
	Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten



<p><i>In Leipzig nutzt sie hauptsächlich den ÖPNV, oder sie fährt mit dem Fahrrad.</i></p>	<ul style="list-style-type: none">• Fehlende Daten- und Systemsicherheit (lässt sich das System leicht von außen „hacken“?)• Abends alleine oder mit unbekanntem auf einem engen Raum nach Hause fahren zu müssen• Lange an der Haltestelle warten zu müssen
--	--

<p><i>Persona Nummer 3</i></p>	
 <p>Gesine Hoffmann <i>wohnte gemeinsam mit ihrem Mann über 20 Jahre in ihrem eigenen Haus in einer Kleinstadt in der IRMD.</i></p> <p><i>Seit fünf Jahren ist sie Witwe und seit zwei Jahren auf den Rollstuhl angewiesen.</i></p> <p><i>Routinen im Tagesablauf sind ihr wichtig. Sie trifft sich jeden Mittwoch mit Bekannten zum Karten spielen in einem Café. Zudem geht sie jeden Samstag gerne zum Markt.</i></p> <p><i>Ihre Tochter, die in der Nähe wohnt, begleitet sie bei ihren täglichen Wegen.</i></p>	<p>Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Unabhängigkeit bei der täglichen Mobilität✓ Einfache und seniorengerechte Nutzung der Mobilitätssysteme✓ Minimaler Umsteigeaufwand✓ Flexibilität (zeitlich, räumlich)✓ Komfort: z. B.: keine großen Neigungen und Höhenunterschiede auf dem Fahrweg, Barrierefreiheit✓ Integriertes Angebot, günstige Seniorentarife <p>Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten</p> <ul style="list-style-type: none">• System nicht einfach genug um es selbständig zu nutzen• Komfortverlust (z. B. bei einer Überwindung von Barrieren bzw. bei Schweben in der Luft, nicht genügend Platz für den Rollstuhl)• Fehlende Sicherheit




Persona Nummer 4	
<div data-bbox="220 324 502 571" data-label="Image"></div> <p>Markus und Sandra Vogt leben gemeinsam mit ihrem fünfjährigen Sohn in einer Kleinstadt im Harz.</p> <p>Markus arbeitet in der Nachbarstadt wo er gerne mit dem Elektrofahrrad hinfährt, vor allem bei gutem Wetter. Sandra arbeitet hauptsächlich im Home-Office.</p> <p>Beide sind sehr naturverbunden und umweltbewusst. Sie gehen gerne gemeinsam mit ihrem Sohn spazieren. Die Topografie ihrer Region macht es allerdings schwierig mit einem kleinen Kind flexibel mobil zu sein. Deswegen nutzen sie dafür oft den Pkw.</p>	<div data-bbox="805 282 1402 324" data-label="Section-Header"> <h3>Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Umweltbewusste Mobilität (ÖPNV - affine Personen) ✓ ÖPNV als Erlebnis vor allem mit Kindern (z. B. bei besonderen Fahrzeugen, oder beim Schweben) ✓ Haltestellen in fußläufiger Entfernung ✓ Hohe Systemverfügbarkeit, dichteres Angebot für mehr Flexibilität, wenn mit dem Kind unterwegs ✓ Barrierefreiheit zum Einstieg in die Fahrzeuge ✓ Sicherheit und Kinderfreundlichkeit ✓ Integriertes Angebot, günstige Familientarife <div data-bbox="805 1019 1402 1093" data-label="Section-Header"> <h3>Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Sicherheit des Systems (auch in Bezug auf die Kinderfreundlichkeit) • System ist unflexibel (zeitlich, räumlich)


Persona Nummer 5	
<div data-bbox="252 1417 391 1736" data-label="Image"></div> <p>Mandy Schubert ist 31 Jahre alt und wohnt mit ihrer 2-jährigen Tochter in einer Zweizimmerwohnung in Großdeuben. Seit der Trennung von ihrem Lebensgefährten ist sie seit einem halben Jahr alleinerziehende Mutter.</p> <p>Sie ist momentan im Einzelhandel in Zwenkau tätig, wo sie auch ihre kleine Tochter zur Kita bringt. Zwar besitzt sie einen Führerschein, hat aber kein Auto zur Verfügung.</p> <p>Die Freizeit verbringt sie hauptsächlich mit ihrer Tochter, mit der sie oft in der Umgebung spazieren geht. Sofern ihre Eltern Zeit zum Babysitten</p>	<div data-bbox="805 1379 1402 1422" data-label="Section-Header"> <h3>Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Zuverlässiges ÖPNV für die Alltagswege ✓ Flexibles Mobilitätsangebot ✓ Komfort und Barrierefreiheit (oft mit dem Kinderwagen unterwegs) ✓ Sicherheit ✓ Kurze Wege (Wohnung → Kita → Arbeit → Freizeit) <div data-bbox="805 1814 1402 1888" data-label="Section-Header"> <h3>Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten</h3> </div> <ul style="list-style-type: none"> • Unkomfortabel mit Kinderwagen im Fahrzeug, insbesondere bei Steigungen oder Überwindung von Barrieren




<p><i>haben, besucht sie einen Yoga-Kurs im Nachbarort Markkleeberg, den sie mit dem ÖPNV erreicht.</i></p>	<ul style="list-style-type: none">• Schwieriger und nicht barrierefreier Zugang zum Fahrzeug• Viel Zeitbedarf für die tägliche Mobilität (Wartezeiten, Umsteigezeiten, lange Fußwege)
---	--

<i>Persona Nummer 6</i>	
 <p><i>Lennart Baumann ist 39 Jahre alt und kommt ursprünglich aus dem Ruhrgebiet. Dort war er jahrelang als Bergmann in einem Bergwerk tätig.</i></p> <p><i>Durch seinen Beruf als Bergmann entwickelte er im Laufe der Jahre eine große Leidenschaft für den Bergbau. Aus diesem Grund entschied er sich, für ein Wochenende in die IRMD zu reisen und sich dort u.a. den Bergbau-Technik-Park anzuschauen. Aber auch weitere Attraktionen will er bei dieser Gelegenheit begutachten. Da er eine günstige Verbindung mit der Bahn finden konnte, entschied er sich aus Kostengründen auf die Anreise mit dem Pkw zu verzichten. Seine Unterkunft bezieht er im Westen der Stadt Leipzig.</i></p>	Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche
	<ul style="list-style-type: none">✓ Flexibilität und Verfügbarkeit des Mobilitätsangebots (wenig Zeit und viel vor)✓ Schnelle Verbindungen, Zuverlässigkeit, funktionierende Anschlüsse✓ Verfügbarkeit von touristischen und Mobilitätsinformationen im Vorfeld (im Internet und/oder in der von ihm genutzten App) sowie vor Ort (auf dem Weg, an Haltestellen, im Fahrzeug)✓ Passender Wochenendtarif
	Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten
	<ul style="list-style-type: none">• Zu langsam• Zu unflexibel• Orientierungslosigkeit, da er ortsfremd ist



Persona Nummer 7	
 <p><i>Nadine Markert</i> ist 18 Jahre alt und wohnt mit ihrer Familie in einem Einfamilienhaus in einem Dorf in der IRMD.</p> <p>Da sie sehr gerne Kontakt zu Menschen hat, entschied sie sich nach ihrem Realschulabschluss zu einer Ausbildung als Pflegefachfrau in einem Seniorenheim in der Nachbarstadt. Aufgrund der schlechten ÖPNV Verbindung fuhr sie bis zu ihrem 18. Lebensjahr entweder mit dem Fahrrad zur Arbeit oder sie wurde von ihren Eltern gefahren. Seitdem sie nun volljährig ist, nutzt sie aus Bequemlichkeit den Pkw ihrer Mutter für den Weg zu ihrer Arbeitsstelle. Auch den Weg zur Berufsschule in Halle/Saale erledigt sie mit dem Pkw ihrer Mutter.</p> <p>Auf Grund des Schichtbetriebs, üblich in ihrem Beruf, scheint ihr die Nutzung von Pkw unabdingbar.</p> <p>An Wochenenden und in ihrer Freizeit ist sie häufig mit ihren Freunden unterwegs. Da diese fast alle in unterschiedlichen Orten wohnen, hat auch hier der Pkw eine große Bedeutung für sie.</p>	<p>Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Flexible Zeiten und Verfügbarkeit des Systems vor allem auch in den Abendstunden (Schichtarbeit und Freizeit)✓ Einfache Nutzung des Systems - z. B. schnelle und unkomplizierte Buchung per App✓ Sicherheit (vor allem in den Abendstunden)✓ Günstige Tarife <p>Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten</p> <ul style="list-style-type: none">• Zu langsam• Zu unflexibel• Mangelnde Sicherheit

Persona Nummer 8	
 <p><i>Christian Schulz</i> ist 34 Jahre alt und wohnt alleine in einer Zweizimmerwohnung in einer mittelgroßen Stadt.</p> <p>Er ist Gründer eines Start-Up Unternehmens, welches sich mit Elektrotechnik beschäftigt. Sein Büro, welches er mit seinen drei Angestellten bezieht, befindet sich in fußläufiger Nähe seiner Wohnung.</p> <p>Aufgrund des sehr hohen Arbeitsaufkommens, findet er nur wenig Zeit um private Einkäufe zu erledigen, weshalb er diese gerne im Internet bestellt. Da er selten zuhause ist und auch für sein</p>	<p>Mobilitätsbedürfnisse und Wünsche</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Flexibilität bei den Freizeitwegen (v.a. Verbindungen in den Abendstunden an Wochenenden)✓ Wochenendtarife✓ Schnelle und unkomplizierte Lieferketten für seine privaten und beruflichen Einkäufe <p>Ängste und Bedenken bei neuen automatisierten Mobilitätsangeboten</p>



<p><i>Start-Up oft Einzelteile für Elektroartikel bestellen muss, lässt er diese dann in sein Büro schicken.</i></p> <p><i>An Wochenenden verbringt er seine Freizeit gerne mit ehemaligen Studienkollegen in Leipzig. Aufgrund des nicht oder schlecht verfügbaren ÖPNV Angebots, muss er dort oft übernachten</i></p>	<ul style="list-style-type: none">• Fehlende technische Sicherheit bei dem System• Lieferengpässe (Unzuverlässigkeit des Systems durch Ausfall, Störungen...)
---	--

- ▶ Möglicher Einfluss ständig verfügbarer, unkomplizierter Mobilität auf das Verhalten und das Selbstvertrauen von bestimmten Personengruppen

Automatisierte oder autonom fahrende Mobilitätsangebote könnten insbesondere in Regionen, wo Linienverkehr nicht wirtschaftlich zu betreiben ist (z. B. im dünn besiedelten oder im ländlichen Raum), eine effektive Alternative darstellen. In solchen Regionen sind vor allem bestimmte Personengruppen häufig in ihrer Mobilität eingeschränkt und benachteiligt: Menschen mit einer sensorischen oder Mobilitätsbehinderung, Senioren, Menschen ohne Fahrerlaubnis oder Personen, die auf einen Pkw verzichten (möchten). Mobilitätsangebote, die von solchen Menschen einfach und unkompliziert zu nutzen sind, können dazu beitragen, ihre Unabhängigkeit in den alltäglichen Abläufen zu steigern und somit eine positive Wirkung auf ihr Selbstvertrauen zu erzielen.

- ▶ Menschen mit einer sensorischen oder Mobilitätsbehinderung und/oder Senioren (siehe z. B. Persona N3 *Gesine Hoffmann*)
 - Durch ein einfach zu nutzendes Angebot, das zu den gewünschten Zeiten verfügbar ist, würde sie an Unabhängigkeit und Flexibilität gewinnen. Somit könnte sie alleine den Weg zum Arzt, zum wöchentlichen Treffen im Café oder zum Markt schaffen, ohne dass ihre Tochter sie immer begleiten muss. Eine grundsätzliche Voraussetzung dafür ist nicht nur die Verfügbarkeit eines Angebots der letzten Meile, sondern dass die gesamte Reisekette für sie barrierefrei ist – von der Haustür bis zum Zielort. Dazu gehören folgende Aspekte:
 - die Ausstattung der Mobilitätsstationen (deutlich gekennzeichnet, barrierefrei, mit entsprechender Information ausgestattet, kurze und barrierefreie Anschlusswege)
 - die Ausstattung des Fahrzeugs (genügend Platz für den Rollstuhl, barrierefreier Einstieg, vorhandene barrierefreie Information zu den Halten, vorhandene Notrufverbindung)
 - der Komfort auf dem Fahrweg (z. B. kein abruptes Abfahren oder Anhalten)
 - die zur Verfügung stehende Information zum Angebot
 - die Art der Bestellung des Dienstes, wenn es sich um ein on-demand Angebot handelt (z. B. mit einer geeigneten barrierefreien App oder telefonisch)
 - einfaches und barrierefreies Bezahlungssystem
 - tarifliche Integration des Angebots mit weiteren Mobilitätsangeboten
- ▶ Menschen ohne Fahrerlaubnis oder die auf einen Pkw verzichten (möchten) – z. B. Kinder, Jugendliche, Senioren (ohne spezifische Mobilitätseinschränkungen), umweltbewusste Menschen (siehe unter anderem Persona N2 *Franziska Schütz*)

- Auch hier handelt es sich um Menschen, die gerne in ihren Alltagsroutinen unabhängig bleiben wollen. Für sie steht allerdings die Barrierefreiheit nicht im Vordergrund. Vielmehr ist es ihnen wichtig selbständig an den gewünschten Ort zu gelangen (z. B. Arbeit, Schule, Fußballtraining, Ausgehen mit Freunden, Disko, Freizeitaktivitäten, Einkäufe) und nicht von Freunden und Familie abhängig zu sein, um hingebacht bzw., abgeholt zu werden. Das kann allgemein zu einer begrenzten Zugänglichkeit von Freizeitaktivitäten führen; in manchen Fällen, z. B. bei Jugendlichen, könnten Ausgrenzung bis hin zur Frustration und Isolation eintreten. Die Problematik tritt vor allem in ländlichen und dünn besiedelten Gegenden auf, wo (fast) keine Alternativen zum Pkw für die tägliche Mobilität bestehen. Ein ständig verfügbares alternatives Mobilitätsangebot könnte die tägliche Mobilität dieser Personengruppe verbessern, ihre Unabhängigkeit, Selbstbewusstsein und Selbstvertrauen steigern.
- ▶ Haushalte mit Kindern (siehe z. B. Persona N4 *Markus und Sandra Vogt*)
 - Jeder Familie, unabhängig von ihrer Größe, hilft ein einfach zu nutzendes „kinderleichtes“ bzw. kindergerechtes Mobilitätsangebot, bei der Bewältigung ihres Alltags. Ein sicheres Transportmittel, das die Kinder selbständig zur Schule oder zu ihren Freizeitaktivitäten bringt, erlaubt es Eltern, ein effizienteres Zeitmanagement für sich zu schaffen, sowie die Kinder zu Unabhängigkeit und Umweltbewusstsein erziehen.

Die so abgeleiteten möglichen Einflüsse ständig verfügbarer, unkomplizierter Mobilität auf das Verhalten und das Selbstvertrauen von bestimmten Personengruppen werden prinzipiell von Vertretern dieser Personengruppen bestätigt. Unter anderem kann hier auf das Positionspapier des Deutschen Behindertenrats²⁶ verwiesen werden, oder auf das „Bürgergutachten zu autonomen und vernetzten Fahren“²⁷, das 2021 im Rahmen eines mehrwöchigen Meinungsbildungsprozesses 18 Bürger im Alter von 19 bis 82 Jahren, Mobilitätsexperten und Politiker zusammenbrachte.

Zusammengefasst kann an dieser Stelle betont werden, dass, um den konkreten Mobilitätsbedürfnissen der zukünftigen Nutzer des potenziellen neuen Mobilitätssystems entsprechen zu können, diese individuell zu adressieren sind. Die dargestellten Personas helfen dabei, eine Übersicht über die potenzielle Kundschaft zu erhalten sowie eine zielgerichtete Analyse dieser durchzuführen. Jede Zielgruppe hat spezifische Erwartungen die in der Definition der Anforderungen des potenziellen Mobilitätssystems zu berücksichtigen sind, um eine maximale Nutzung zu erzielen.

Für manche Zielgruppen kann ein neues Mobilitätsangebot zu einer gesteigerten Unabhängigkeit bei der täglichen Mobilität beitragen – z. B. für Personen, die auf das Auto verzichten wollen oder für Personen die bei der täglichen Mobilität aktuell auf andere angewiesen sind (Personen mit einer sensorischen oder Mobilitätsbehinderung, Senioren, Schüler).

3.4 Strategien zur Minimierung der Ängste und Bedenken gegenüber autonomen Mobilitätssystemen und Möglichkeiten zur Einbindung der Bevölkerung des Betrachtungsraums in die Realisierung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten zur Erhöhung der allgemeinen Akzeptanz und zur Minimierung der Ängste und Bedenken gegenüber autonomen Mobilitätssystemen. Vor allem müssen die unterschiedlichen Personengruppen, die als mögliche Nutzer des Systems gesehen werden, gezielt mit geeigneten Strategien angesprochen werden. Im Folgenden sind Beispiele genannt. Manche davon beziehen sich

²⁶ <https://www.deutscher-behindertenrat.de/ID248790>

²⁷ https://www.emo-berlin.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Buergergutachten_autonomes_und_vernetztes_Fahren.pdf

auf die Einführung von Mobilitätssystemen im allgemeinen, anderen spezifisch auf das Thema „Autonome Mobilitätssysteme“:

- ▶ Kommunikation und gezieltes Marketing je nach Personengruppe
- ▶ Erkennbares Design des Systems, Image des Systems
- ▶ Trassengebundenheit des Systems führt in der Regel zur höheren Akzeptanz
- ▶ Barrierefreie Umstiege gewährleisten
- ▶ Einfache Nutzung sichern
- ▶ Sicherheitsgefühl vermitteln (technisch, persönlich)
- ▶ Testen und Pilotieren
- ▶ Einbindung der Personen bei der System- bzw. Pilotgestaltung (z. B. (Online-)Umfrage, Ideenwettbewerb zur Namensfindung, Auswahl Design für die Fahrzeuge, Auswahl Teststrecken, kostenlose Testfahrten...)

Akzeptanz gegenüber neuen Mobilitätsangeboten im Allgemeinen und neuen Mobilitätslösungen/ -formen im Besonderen lässt sich durch gezielte Einbindung der Bevölkerung bzw. bei Gewerbegebieten durch die Betriebe in der gesamten Realisierung des Systems verbessern.

Dabei ist es wichtig, die Akzente der Beteiligung in der Entwicklungsphase des Systems anzupassen. Bürger (Anrainer und/oder zukünftige Nutzer) aber auch Betriebe (als Anrainer und/oder zukünftige Nutzer) sollten frühzeitig professionell eingebunden werden. Von einer zu frühen Einbindung ist jedoch ebenfalls abzuraten, da Erwartungen geweckt werden könnten, die schlussendlich enttäuscht werden. Zum Beispiel sollte der Entschluss gefasst und die Mittel reserviert sein, in einer bestimmten Region eine Strecke zu errichten – aber es sollten verschiedene Ausführungsoptionen, z. B. die genaue Streckenführung oder die Haltepunkte noch offen sein, sodass Anrainer und Nutzer wirklich Einfluss nehmen können. Beteiligungsformate wie Fokusgruppen, Workshops und Umfragen sind geeignete nicht-finanzielle Mittel, um in frühen Phasen der Umsetzung Bürger einzubinden. Auch können Ideenwettbewerbe oder Online-Abstimmungen durch Bürger z. B. zum Namen des Systems oder einzelner Haltestellen (wie z. B. der neuen Haltestelle Stoltenstraße in Hamburg²⁸) zu einer größeren Akzeptanz führen.

Für ÖPNV und Mobilität noch ungewöhnlich, für andere Investitionen im öffentlichen Raum aber bereits etabliert, sind finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten von zukünftigen Anrainern des Systems: So sind im Bereich der erneuerbaren Energien sogenannte Bürgerenergieanlagen (gemeinschaftlicher Betrieb oder Finanzierung von Energieanlagen durch Bürger) oder Finanzierung über Nachrangdarlehen oder Sparbriefe, aber auch durch passivere finanzielle Beteiligungen wie Flächenpacht oder Ausgleichszahlungen an die Gemeinden bekannt²⁹. Für ein ÖPNV-System wären ähnliche Konstrukte denkbar, es gilt jedoch zu beachten, dass das System auf jeder Strecke höchstwahrscheinlich ein Zuschussgeschäft ist.

Finanzielle Anreize können aber auch eingesetzt werden, um Neu-Nutzer zu stimulieren, das neue Verkehrsmittel zu nutzen. Dabei sind gratis oder vergünstigte Testfahrten vor allem zu Betriebsstart, aber auch langfristige Vergünstigungen und Abo-Programme für Pendler wirksam, wie aus dem ÖPNV hinreichend bekannt ist. Sowohl im betrieblichen Kontext als auch für Anwohner denkbar, sind finanzielle Anreize in Form von Belohnungszahlungen, wenn auf das neue System umgestiegen wird und in diesem

²⁸ <https://www.schneller-durch-hamburg.de/dialoge/u4-haltestelle-horn-stoltenstrasse-namenssuche>

²⁹ https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/publikationen-oeffentlich/themen/01-mensch-und-umwelt/01-windkraft-vor-ort/20180614_gemeinsam_gewinnen_windenergie_vor_ort_web.pdf

Zuge das Auto stehen bleibt. In den Niederlanden haben sich 12 Regionen im Programm „Besser Nutzen“ (beter benutten³⁰) zusammengeschlossen, um solche Anreizsysteme umzusetzen und so Verkehrsdruck und Staus zu reduzieren – in Antwerpen (Belgien), werden im Programm „Schlau nach Antwerpen“ (slim naar Antwerpen) ebenfalls Öffentlichkeitskampagnen mit temporären finanziellen Anreizen gepaart, um Reisende zum Umsteigen zu motivieren.

Die folgende Tabelle unterscheidet nicht-finanzielle Einbindung (ausgenommen formelle Verfahren) und finanzielle Anreize, zusammengefasst nach Projektphase:

Tabelle 3: Nicht-finanzielle Einbindung und finanzielle Anreize nach Projektphase

<i>Phase</i>	<i>Entwicklung + Bau</i>	<i>Start Betrieb</i>	<i>Langfristiger Betrieb</i>
Einbindung durch nicht-finanzielle Anreize	<ul style="list-style-type: none"> Ideenwettbewerb (Name + Design) Fokusgruppen (z. B. Nutzer, Anrainer, Arbeitgeber/Werk) Umfragen (mit Gewinnmöglichkeit Gutscheine) Feierlichkeiten zu Meilensteinen Führungen 	<ul style="list-style-type: none"> Feierlichkeiten zu Meilensteinen Führungen, Erlebnistage Evaluationen, Verbesserungsvorschläge Benennung von ‚Botschaftern‘ für das System (evtl. im Gegenzug gratis Fahrten) Kampagnen / PR 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluationen, Verbesserungsvorschläge Führungen, Erlebnistage Schul- und Bildungsausflüge Wissenszentrum Vorrang für Anrainer/ Vielfahrer Kampagnen / PR
Einbindung mit finanziellen Anreizen	<ul style="list-style-type: none"> Crowdfunding für Elemente des/ das System Bürgerfinanzierung von Bau / Betrieb (e.g. Nachrangdarlehen etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Gratis Testfahrt(en) „2. Person gratis“-Fahrten 	<ul style="list-style-type: none"> Dauerhaft reduzierte Tarife für Anrainer/ Betriebe Abo-Optionen mit finanziellem Vorteil für Anrainer + Vielnutzer + Betriebe Belohnungssystem für ‚Auto-Stehenlasser‘

Für das potenzielle neue System, das je nach Weiterentwicklung der Idee verschiedene innovative ÖV-Elemente kombiniert, sind verschiedene Formen der Einbindung in allen Projektphasen ratsam, da so Berührungspunkte der Nutzer und mögliche Skepsis der Anwohnenden abgebaut werden können. Im Fokus der nächsten Schritte sollte die Einbeziehung zukünftiger Nutzergruppen in der Weiterentwicklung der Idee stehen.

³⁰ <https://www.beterbenutten.nl/>

4 Identifizierung von potenziellen Einsatzmöglichkeiten für das innovative Mobilitätssystem innerhalb der Innovationsregion

Nachdem einige grundsätzliche Parameter in Bezug auf die Entwicklung der Mobilität in der Innovationsregion, sowie der Entwicklung der Technik und Akzeptanz von fahrerlosen Mobilitätssystemen eingegrenzt wurden, wurde in diesem Arbeitsschritt nach konkreten Anwendungsfällen bzw. nach Bereichen, bei denen ein Bedarf für eine Mobilitätslösung für die (vor)letzte Meile besteht, gesucht.

Es wurde auf Basis von existierenden Datenquellen bzw. auf Basis von (vorläufigen) Ergebnissen aus aktuell laufenden Untersuchungen die Lücken im ÖV Angebot in der Region analysiert, um potenzielle Einsatzmöglichkeiten für ein innovatives Mobilitätssystem für die (vor)letzte Meile zu identifizieren. Dabei wird versucht, die in der Untersuchung angenommenen Charakteristika bzw. Besonderheiten des potenziellen Mobilitätssystems maximal gut abzudecken.

Die Identifizierung basierte auf den folgenden zur Verfügung gestellten (vorläufigen) Erkenntnissen und Ergebnissen aus den Untersuchungen:

- Integrierte Mobilitätsstudie Mitteldeutschland (PTV et al. 2021)
- Touristische Mobilität (PTV, absolutGPS, dwif-Consulting 2021)
- Schieneninfrastruktur im Dreiländereck (Railistics GmbH, 2021)
- Potenzialstudie Industrie-/Gewerbeflächen (Georg Consulting 2021)
- Dazu wurden Vorschläge und Inputs aus der projektbegleitenden Lenkungsgruppe integriert und analysiert

Die Identifizierung von möglichen Strecken hat als Ziel zunächst Anforderungen an das potenzielle Mobilitätssystem abzuleiten. Die Auflistung von Beispielstrecken (s. Anhang 2) erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und gibt keine Abschätzung des potentiellen Gesamtmarkts ab. Die spätere Auswahl von Beispielstrecken stellt keine Umsetzungsempfehlung dar.

Methodisch wurde folgendermaßen vorgegangen:

▶ Identifizierung von Lücken in der ÖV-Erschließung

Es wurde auf Basis der o.g. zur Verfügung stehenden Datengrundlagen nach Lücken in der aktuellen und/oder zukünftigen ÖV-Erschließung in der gesamten Region gesucht: es handelt sich dabei hauptsächlich um Gebiete im ländlichen und im suburbanen Raum, die vom aktuellen SPNV (Bahn, S-Bahn) und/oder vom ÖPNV (Bus) schlecht oder nicht erschlossen sind. Ein neues Mobilitätsangebot soll nicht mit bestehenden Angeboten in Konkurrenz stehen oder sie einfach ersetzen. Vielmehr sollte es zur Erhöhung der Angebotsqualität bei gleichzeitiger Erhöhung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit für den aktuellen ÖV-Betreiber dienen, der auch als Betreiber vom neuen Mobilitätssystem zu sehen ist (siehe Beispiele aus aktuell laufenden, regionalen Projekten im Bereich fahrerlose Shuttles – Kapitel 2.2).

▶ Nachfragestruktur

Da die Trassengebundenheit als eine der Charakteristika des neuartigen Mobilitätssystems angenommen ist, wurde gezielt nach Gebieten gesucht, wo eine „linienhafte“ bzw. Punkt-zu-Punkt oder pendelartige Mobilitätsnachfrage existiert bzw. zu vermuten ist. In diesem Sinne wurde auch nach stillgelegten Bahnstrecken als möglichem Einsatzgebiet für das potenzielle System gesucht, unter der Prämisse, dass das neuartige Mobilitätssystem eine günstigere Alternative zu der klassischen Reaktivierung bieten könnte.

▶ Streckenlängen

Da das System für die (vor)letzte Meile einzusetzen wäre, ist für die Streckenlängen eine Spanne von 2 bis 20 km als angemessen im Rahmen der Studie definiert.

► Von der Zielsetzung über die Funktion des Systems bis zu den Use-cases

Die Suche nach potenziellen Einsatzfeldern bzw. Strecken erfolgte durch die primäre Zielsetzung, direkte(re) Punkt-zu-Punkt-Verbindungen für den ÖPNV zu schaffen (z. B. durch die angenommene Fähigkeit des Systems Barrieren zu überwinden und somit keine (großen) Umwege fahren zu müssen).

Die Hauptfunktion des innovativen Mobilitätssystems versteht sich im Rahmen dieser Studie als Shuttle/Zubringer für den Personenverkehr zum nächstgelegenen Knoten des übergeordneten Schienen- bzw. ÖPNV-Netzes, z. B. zur besseren Erschließung und Verbesserung der Erreichbarkeit für Siedlungsgebiete, für Firmenstandorte, für Freizeiteinrichtungen. Eine mögliche zusätzliche Funktion des Systems kann die innere Erschließung von Gewerbegebieten und Industriestandorten sein. Dabei handelt es sich aber oft um Gebiete, die nur für die Mitarbeiter zugänglich sind und nicht für die Allgemeinheit – dabei spricht man eher vom Werkverkehr als vom ÖPNV im klassischen Sinne, der in der Studie als primäres Ziel für das Mobilitätssystem unterstellt wird. Zudem kann je nach Strecke auch die Beförderung von KEP oder Waren adressiert werden. Diese Funktion ist auch als optionale zusätzliche Funktion des Systems definiert, was die Wirtschaftlichkeit in Kombination mit dem Personenverkehr erhöhen kann, aber nicht als „Muss“ für die Strecke gesehen werden sollte. Es soll nicht außer Acht gelassen werden, dass ein großes Ziel bei einem so angenommenen modularen Mobilitätssystem die Fähigkeit ist, sich an verschiedene Ortsgegebenheiten und Kombinationen anzupassen, um ein möglichst breites Spektrum von Einsatzgebieten abdecken zu können. Wenn versucht wird, alle möglichen Funktionen in einer Strecke zu finden, wird die Auswahl stark begrenzt und somit eine breite Übertragbarkeit in der Region nicht möglich.

Die Zielstellung des Systems kann folglich so zusammengefasst werden:

Verbesserung der Erreichbarkeit von Siedlungsgebieten, Arbeitsstandorten/Gewerbegebieten, touristischen Orten die vom übergeordneten SPNV Netz „abgehängt“ sind, soweit wie möglich durch die Nutzung vorhandener Infrastruktur (z. B. stillgelegte Schienenstrecken).

Die identifizierten möglichen Strecken/Einsatzfelder wurden in vier Gruppen nach den möglichen Use-Cases zusammengefasst. Eine Strecke kann jeweils mehreren Use-Cases gleichzeitig dienen. Die Use-Cases sind im Folgenden erläutert.

► **Use-Case 1: Für die Arbeitswege:**

Das System dient als Lösung für die (vor-)letzte Meile für (große) Arbeitsstandorte/Gewerbegebiete und/oder für schlecht erschlossene Siedlungsgebiete mit dem Fokus auf Pendlerverkehre. Vom SPNV „abgehängte“ Firmenstandorte und/oder Siedlungsgebiete sind an den nächsten (S-)Bahn Knoten anzubinden. Zusätzlich kann eine interne Erschließung der Gewerbegebiete angeboten werden.

Die (bessere) Erschließung von Gewerbegebieten wird auch zukünftig ein großes Thema für die Region werden aufgrund der zu erwartenden Entwicklungen, die sich aus der Studie „Potenzialstudie Industrie- und Gewerbefläche“ der IRMD identifizieren lassen. Dieser Use Case liefert somit umfangreiche Potenziale und ist übertragbar auf die gesamte Region.

► **Use-Case 2: Für die Freizeitwege**

Das System dient als Lösung für die (vor-)letzte Meile für die (bessere) Anbindung von touristischen Orten oder Orten der Naherholung z. B. Seen. Auch hier wird die Anbindung an den nächsten (S-)Bahn Knoten angestrebt.

► **Use-Case 3: kostengünstigere Reaktivierung**

Das System dient als kostengünstigere Lösung bei der Reaktivierung von stillgelegten Schienenstrecken.



► **Verbesserung der Erreichbarkeit wichtiger Destinationen in den Regionen als weiterer verkehrlicher Mehrwert**

Durch ein System der (vor)letzten Meile kann prinzipiell eine Verbesserung der Erreichbarkeit wichtiger Destinationen in den Regionen erreicht werden und zwar sowohl für die heimische Bevölkerung als auch für touristische Gäste. Dabei kann es sich z. B. um Standorte großer Arbeitgeber handeln (Use Case 1), aber auch z. B. um touristische Schwerpunkte (Use Case 2) die aktuell nicht (gut) an das ÖPNV angeschlossen sind. Die in dieser Studie identifizierten Strecken stellen potenzielle Einsatzgebiete für solche Systeme dar.

Aufgrund eines hohen Verkehrsaufkommens ist bei zentralen Orten und (sehr) bedeutenden Verkehrserzeugern allerdings die Bedienung durch regulären Linienverkehr zu bevorzugen.

Die identifizierten Strecken wurden tabellarisch zusammengefasst. Die Tabelle ist im Anhang 2 zu finden.

In einem mehrstufigen Auswahlprozess wurden von der Lenkungsgruppe zwei Strecken für die weiteren Schritte ausgewählt: 4.3. Stolberg(Harz) - Rottleberode - Berga und 4.12. GVZ/Porsche. Diese werden im Kapitel 5 vertiefend beschrieben.

5 Potenzialanalyse auf Basis von zwei Beispielstrecken

5.1 Ziel der näheren Betrachtung der zwei Strecken

Durch die nähere Betrachtung und Analyse der zwei ausgewählten Strecken wurde das Ziel verfolgt, Aussagen zu den folgenden Parametern zu treffen:

- ▶ Potenziale für ein neues Mobilitätssystem der (vor-)letzten Meile
- ▶ Stakeholder
- ▶ Rahmenbedingungen und Anforderungen an das zu definierende Mobilitätssystem in Bezug auf verschiedene Parameter, z. B.:
 - ▶ Kapazität
 - ▶ Geschwindigkeit
 - ▶ Technische Ausstattung, organisatorische Fragestellungen

Die Analyse der zwei Beispielstrecken dient der exemplarischen Anforderungsspezifikation, aber nicht der Umsetzungsempfehlung.

5.2 Vorgehensweise bei der Auswahl der Strecken

Die Auswahl der zwei zu analysierenden Beispielstrecken erfolgte in einem mehrstufigen Abstimmungsprozess durch die Teilnehmer der projektbegleitenden Lenkungsgruppe. Zuerst wurden Vorschläge gesammelt, sowohl vom Bearbeitungsteam auf Basis der Analyse der zur Verfügung gestellten Datenquellen, als auch von der Lenkungsgruppe. Die vollständige Liste ist im Anhang aufgeführt. Die Strecken wurden hinsichtlich der potenziellen Möglichkeit analysiert, den Besonderheiten des hier angenommenen Mobilitätssystems zu entsprechen. Bei der Auswahl wurde zudem das Ziel verfolgt, ein möglichst breites Spektrum an regionalen Gegebenheiten abzudecken. Es wurde somit eine Strecke im ländlichen Raum und eine Strecke im suburbanen Raum gewählt, mit jeweils unterschiedlichen Gegebenheiten in Bezug auf die vorhandene Infrastruktur. Beide Strecken entsprechen jeweils unterschiedlichen Nutzungen bzw. Use-Cases (Erschließung eines Gewerbegebiets vs. Verbesserung der Erreichbarkeiten für Einwohner und Touristen im ländlichen Raum). Die zwei ausgewählten Strecken weisen somit unterschiedliche Problematiken auf und erlauben, die Anforderungen an das System aus unterschiedlichen Perspektiven zu betrachten.

Es wurden von der Lenkungsgruppe die folgenden zwei Strecken für die weiteren Schritte ausgewählt:

- ▶ Strecke 1: GVZ/Porsche im Nordraum Leipzig
- ▶ Strecke 2: Stolberg(Harz) – Rottleberode – Berga im Südharz

5.3 Strecke 1 GVZ/Porsche

5.3.1 Beschreibung der Strecke

Das Güterverkehrszentrum (GVZ) und das dort angesiedelte Porsche Werk befinden sich nordwestlich von Leipzig und östlich des Flughafens Leipzig/Halle. Zusammen mit mehr als 50 weiteren Unterneh-

men, welche ebenfalls im GVZ angesiedelt sind, bildet das Porsche Werk einen der bedeutendsten Gewerbestandorte in der IRMD. Das Porsche Werk besitzt mit einer Fläche von rund 427 Hektar und 4.300 Arbeitsplätzen den mit Abstand größten Anteil im GVZ. Dort sind aktuell insgesamt mehr als 10.000 Personen beschäftigt.

Die folgenden Abbildungen geben eine Übersicht des analysierten Areals.

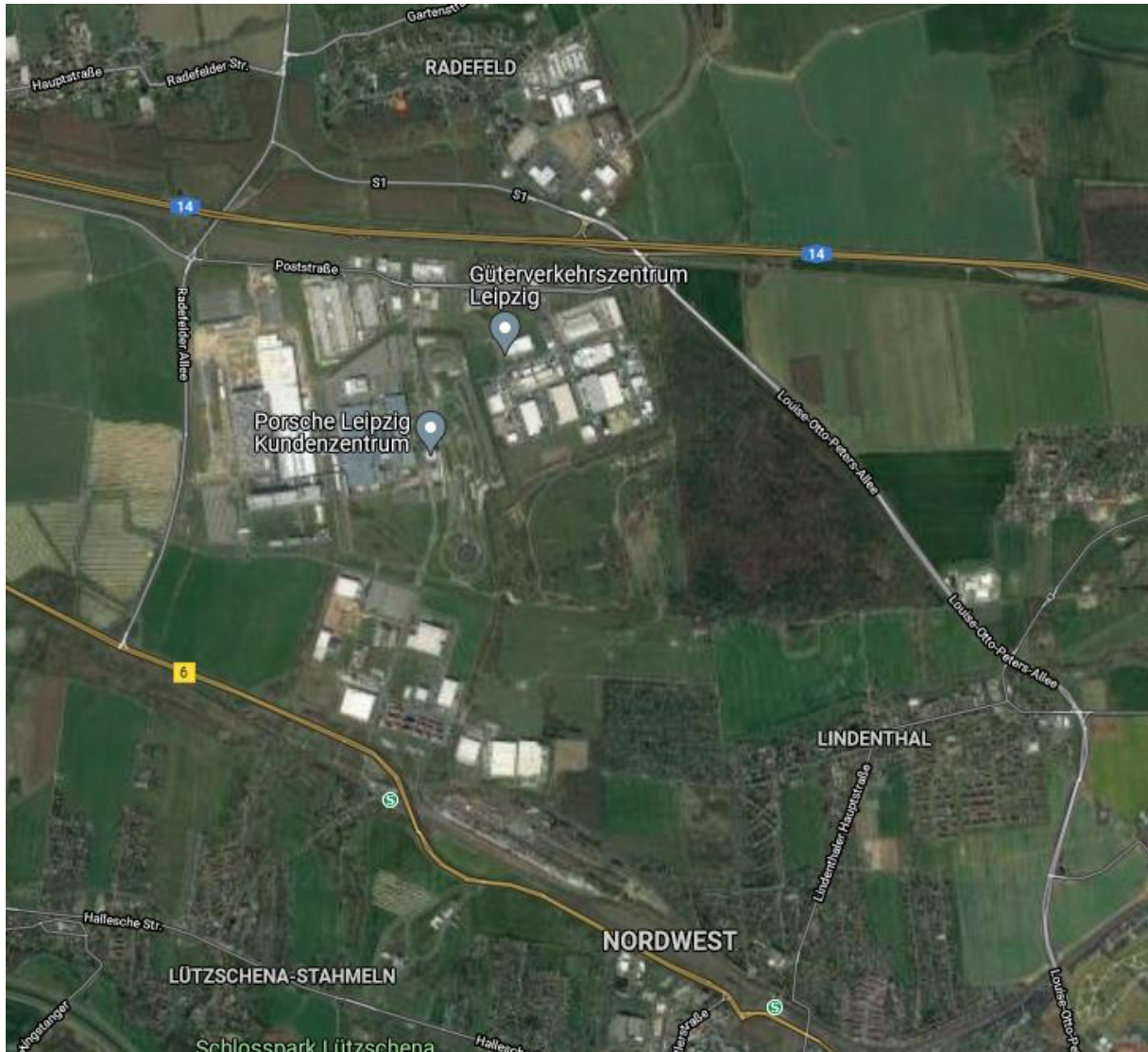


Abbildung 26: Geografische Position des GVZ, Quelle: GoogleMaps

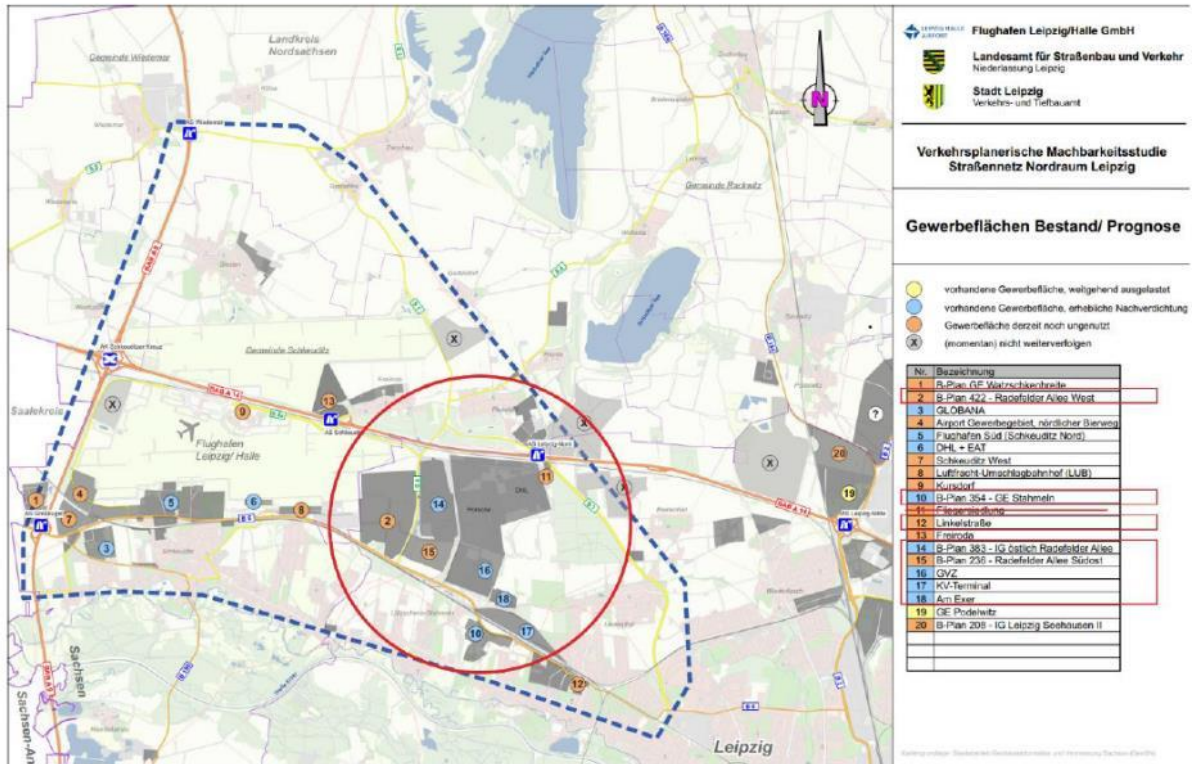


Abbildung 27: Übersicht GVZ-Areal mit den geplanten Entwicklungen, Quelle: „Integrierte Mobilitätsstudie“, PTV et al. 2021



Abbildung 28: Übersicht Porsche-Areal, Quelle: www.porsche-leipzig.com

Die Besonderheiten und Herausforderungen in Bezug auf die Mobilität in diesem Areal können wie folgt zusammengefasst werden:

- ▶ Die Mobilität wird stark durch den Schichtbetrieb geprägt.
- ▶ Es wird eine sehr starke Entwicklung der Arbeitsplätze prognostiziert (+90%: von ca. 10.400 in 2015 bis ca. 20.000 in 2030)³¹.
- ▶ Es ist von einer erheblichen Erhöhung des ÖV-Anteils bei den Wegen zum Zeithorizont 2030 auszugehen: Prognosen bzw. Zielwerte des „Masterplans Mobilität für den Nordraum Leipzig“ gehen von bis zu 30% Modal Split für die Berufspendler im Areal aus (was eine Verdreifachung im Vergleich zu 2019 bedeuten würde).

Vor diesen Herausforderungen sind im „Masterplan Mobilität Nordraum Leipzig“ schon verschiedene Maßnahmen zu einer perspektivischen Verbesserung der Mobilität in diesem Raum identifiziert und aufgeführt worden. Diese betreffen den Infrastrukturausbau, den ÖV-Angebotsausbau und den Ausbau des Angebots an alternativen Mobilitätsformen, wie Fahrräder und on-demand-Dienste.

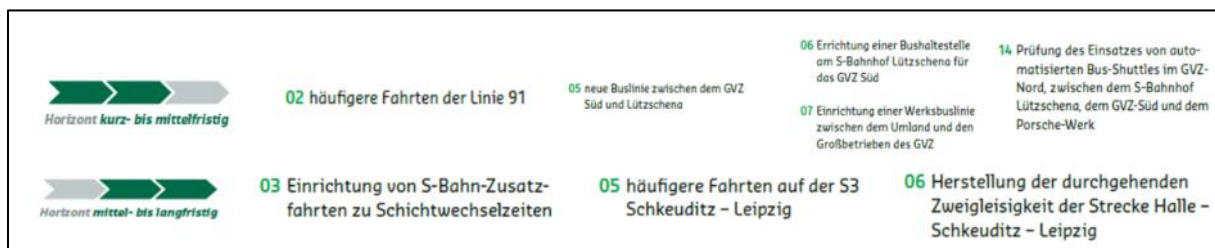


Abbildung 29: Beispiele für Mobilitätsmaßnahmen aus dem „Masterplan Mobilität Nordraum Leipzig“ für den betrachteten Raum

In diesem Kontext wird nach Lösungen für die letzte Meile (vom S-Bahn Knoten bis zum Arbeitsplatz) gesucht.

5.3.2 Fokus vorhandene Infrastruktur und aktuelles Verkehrsangebot

Momentan ist das Porsche Werk durch die Haltepunkte Leipzig-Lützschena und Leipzig Wahren an das Netz des SPNV angeschlossen. Der Haltepunkt Leipzig-Lützschena hat geographisch gesehen die kürzeste Entfernung zu dem Werksgelände, ist jedoch immer noch mit einem Fußweg von über 2 km von dem Werk (Kundenzentrum) entfernt. Der Haltepunkt Leipzig Wahren liegt rund 3,5 km von dem Porsche Werk entfernt, dient jedoch auch eher als Verknüpfungspunkt mit der Buslinie 91, welche die innere Erschließung des GVZ übernimmt.

Beide Haltepunkte sind an die S-Bahn-Linie S3 (Halle-Trotha – Halle Hbf. – Leipzig Hbf. – Wurzen) angeschlossen. Diese verkehrt täglich und bietet von Montag bis Freitag zwischen 4:00 Uhr und 24:00 Uhr mindestens einen 30-min-Takt. In der HVZ wird der Takt der S3 zwischen Leipzig Hbf. und Schkeuditz nochmals verdichtet. Perspektivisch ist auf dieser Strecke bzw. in diesem Abschnitt mit häufigeren Fahrten pro Stunde zu rechnen (siehe „Masterplan Mobilität für den Nordraum Leipzig“).

Die Buslinie 91 bedient das innere Areal des GVZ von Montag bis Freitag in der HVZ in einem 30-min-Takt und außerhalb der HVZ in einem 60-min-Takt. Der Bus startet um ca. 5:00 Uhr und verkehrt bis ca. 24:00 Uhr. Am Wochenende ist das Angebot der Buslinie ausgedünnt auf ca. 8 Fahrtenpaaren am Samstag und ca. 6 Fahrtenpaaren am Sonntag.

Um das GVZ besser an das mitteldeutsche S-Bahnnetz anzuschließen, gibt es aktuell Planungen einen Haltepunkt nördlich des GVZ zu installieren (siehe „Masterplan Mobilität für den Nordraum Leipzig“). Momentan wird die Strecke von der S-Bahn-Linie 5/5X (Halle Hbf. – Leipzig/Halle Flughafen – Leipzig

³¹ Stadt Leipzig et al 2020

Hbf. – Altenburg – Zwickau Hbf.) im 30-min-Takt befahren, es besteht aktuell aber keine Möglichkeit am GVZ ein- oder aussteigen.

Abbildung 30 stellt die ÖV Angebote im Bereich des GVZ zusammen.

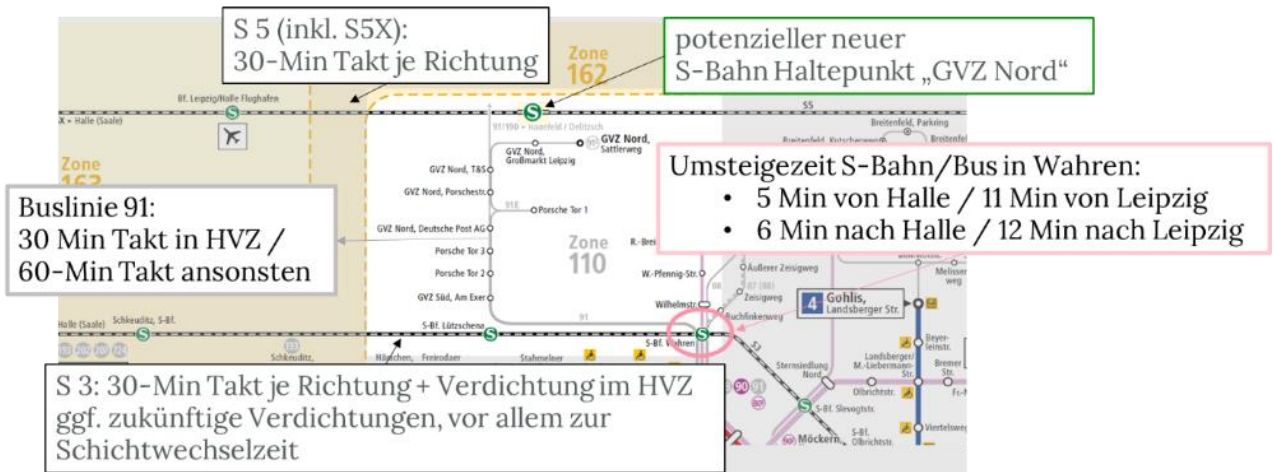


Abbildung 30: Zusammenfassung ÖV-Angebot rund um den GVZ

Aufgrund des umwegigen Linienverlaufs der Linie 91, der Umsteigezeiten am S-Bahn Knoten Wahren und der großen Distanzen innerhalb des GVZ Areals, kann es vom Ausstieg aus der S-Bahn bis zur Ankunft am Arbeitsplatz bis zu ca. 30-40 Minuten dauern (siehe Abbildung 31). Die Fahrzeit zwischen dem S-Bahn Haltepunkt Wahren und dem GVZ beträgt, je nach gewünschtem Ziel im Areal, bis zu 10 Minuten.

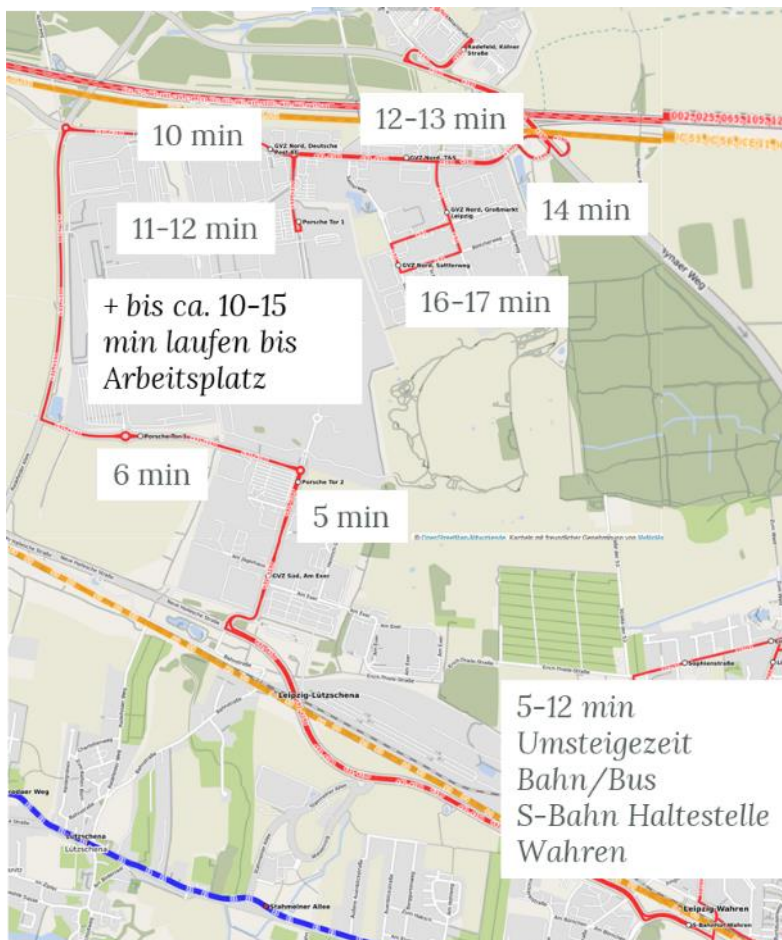


Abbildung 31: Fahrzeiten ab dem S-Bahn Haltepunkt bis zum Arbeitsplatz im GVZ, Quelle: OSM

Ein potenzielles neues Mobilitätssystem mit dem Ziel der besseren Anbindung vom GVZ an das S-Bahnnetz soll möglichst attraktivere Zeiten für die einzelnen Relationen im GVZ Areal anbieten können, um eine reale Alternative für die Mobilität der letzten Meile darzustellen.

5.3.3 Abschätzung Potenzial Personenverkehr

Die Potenzialanalyse basiert auf Informationen aus der „Integrierten Mobilitätsstudie“ bzw. aus der dort integrierten Teilstudie zur Anbindung des GVZ. In dieser Teilstudie werden die zukünftigen Verkehrsströme im ÖPNV am südlichen und nördlichen (hier wird die Errichtung einer neuen S-Bahnhaltestelle „GVZ Nord“ angenommen) Zugang des GVZ und ihre Aufteilung pro Stunde (auf Basis der bekannten Schichtwechselzeiten) prognostiziert. Dabei wird von einem Minimalfall und einem Maximalfall ausgegangen.

Die genauen Hypothesen für die Abschätzung der zukünftigen ÖPNV-Nutzer im Gebiet sind aus der Teilstudie zur Anbindung des GVZ entnommen. Dabei werden z. B. die zukünftige Entwicklung der Beschäftigten im GVZ und die Aufteilung der Schichtzeiten betrachtet sowie verschiedenen Hypothesen in Bezug auf das Mobilitätsverhalten aufgestellt. Für die Berufspendler im Areal wird in der Teilstudie ein ÖV-Anteil von 30 % (Maximal-Fall) und ein ÖV-Anteil von 15 % (Minimal-Fall) angenommen. Der Maximalfall würde laut der Studie eine Verdreifachung des Ist-Wertes (2019) des Modal Splitts für den ÖV. Dabei handelt es sich um (Ziel-)Werte für den Zeithorizont 2040, die unter anderem durch geplante Verbesserungen des gesamten ÖV-Angebots im Gebiet erreicht werden sollen (s. z. B. Maßnahmen aus dem “Masterplan Mobilität für den Nordraum Leipzig”: Stadt Leipzig et al. 2020).

Die folgende Analyse basiert somit auf den in der Teilstudie zur Anbindung des GVZ prognostizierten ÖPNV-Fahrgästen. Mögliche darüber hinaus gehende Verlagerungseffekte vom MIV auf den ÖV, die allein durch den Einsatz eines potenziellen neuen Mobilitätssystems für die letzte Meile entstünden, sind in dieser Analyse nicht berücksichtigt.



Abbildung 9: Nähe der Arbeitsplätze zum S-Bahnhof

Tabelle 2: Verteilung der ÖPNV-Nachfrage im Minimal-Fall auf den Süd- und Nordzugang¹

Uhrzeit	MINIMAL-Fall			
	Südzugang		Nordzugang	
	ankommende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	abfahrende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	ankommende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	abfahrende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde
0430 - 630	130	99	233	178
0800 - 900	178	0	320	0
1300 - 1500	130	130	233	233
1700 - 1800	0	178	0	320
2100 - 2230	132	173	237	310

Tabelle 3: Verteilung der ÖPNV-Nachfrage im Maximal-Fall auf den Süd- und Nordzugang²

Uhrzeit	MAXIMAL-Fall			
	Südzugang		Nordzugang	
	ankommende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	abfahrende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	ankommende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde	abfahrende ÖPNV-Fahrgäste je Stunde
0430 - 630	369	282	663	506
0800 - 900	107	0	192	0
1300 - 1500	369	369	663	663
1700 - 1800	0	107	0	192
2100 - 2230	376	492	675	884

Abbildung 32: Prognostizierte ÖPNV Fahrgäste für den Bereich GVZ, Quelle: PTV et al. 2021

Angekommen am nördlichen oder südlichen Zugang des GVZ, brauchen die zukünftigen Fahrgäste eine Mobilitätslösung für die letzte Meile, um zu ihren Arbeitsplätzen zu gelangen. Ausgehend von der Annahme, dass die Personen zur Erreichung des GVZ den SPNV an den Verkehrsstationen S-Bf. Lützschena, S-Bf. Wahren und S-Bf. GVZ Nord nutzen, brauchen die zukünftigen Fahrgäste eine Lösung für die letzte Meile.

Die gesamten Potenziale für ein System der letzten Meile im Bereich GVZ liegen nach dieser Annahme zwischen 3.100 und 6.900 Personen/Tag (Zahlen aus der „Integrierte Mobilitätsstudie“ - Teilstudie zur Anbindung des GVZ: PTV et al. 2021):

- ▶ 1.100-2.500 Personen pro Tag vom/zum Südzugang (ankommende und abreisende Mitarbeiter zusammen)
- ▶ 2.000-4.400 Personen pro Tag vom/zum Nordzugang (ankommende und abreisende Mitarbeiter zusammen)

Um das Potenzial tatsächlich ausschöpfen zu können, soll das Verkehrsmittel von der S-Bahn-Haltestelle bis zum Arbeitsplatz im GVZ die folgenden Kapazitäten anbieten können:

- ▶ 100 bis **500** Pers/Stunde und Richtung (Südzugang)
- ▶ 200 bis **900** Pers/Stunde und Richtung (Nordzugang)

Dazu ist anzumerken, dass der Maximalfall für die beiden Zugänge zur selben Stunde auftritt. Es sind sowohl ankommende als auch abreisende Mitarbeiter zu beachten.

Die Personen/Fahrgäste kommen jeweils mit vier oder mehr S-Bahnen pro Stunde an (30-min-Takt mit Verdichtungen nach heutigem Angebot, ggf. weitere Verdichtungen in Zukunft). Sie sind aber sehr wahrscheinlich nicht gleichmäßig über die Bahnen verteilt. Dazu, es kann passieren, dass aus Gegenrichtungen kommenden S-Bahnen gleichzeitig oder zu einem ähnlichen Zeitpunkt an einem S-Bahnknoten des GVZ ankommen. Das ist aktuell der Fall der S-Bahnen der Linie S3 am Haltepunkt Leipzig-Lützschena. Sowohl die Bahnen in Richtung Leipzig, als auch diese in Richtung Halle kommen im Regeltakt zur Minute 16 und zur Minute 46 am S-Bahn Knoten Lützschena an. Das heißt, dass das Mobilitätssystem der letzten Meile große Kapazitäten punktuell bereitstellen können müsste, um alle Fahrgäste ohne lange Wartezeiten befördern zu können.

5.3.3.1 Schlussfolgerung für das potenzielle Mobilitätssystem – Dimensionierung, notwendige Kapazitäten

Das Verkehrsmittel von der S-Bahn bis zum Arbeitsplatz innerhalb des GVZ sollte für den Maximalfall die folgenden Kapazitäten anbieten können:

- ▶ Angenommen, es kommen in einem “extremen” Maximalfall 50% der Personen zu dem gleichen oder ähnlichen Zeitpunkt an (in einem kleinen Zeitabstand, z. B. unter 10 Minuten), sind bis zu **450 Personen** (Nordausgang) ab bzw. zu dem S-Bahn Knoten gleichzeitig zu transportieren.
- ▶ Diese Zahl tritt ggf. nur in einem “extremen” bzw. “pessimistischen” Maximalfall auf. Solche Zahlen sind allerdings ausschlaggebend für die Erarbeitung eines nachhaltigen Bedienkonzepts, sowie bei der Dimensionierung des Systems. Die zwei Parameter: „Größe“ und Anzahl der benötigten Kabinen hängen somit voneinander ab, wie die beispielhafte Rechnung unten zeigt:
 - bei Kabinen à 12 Pers. → bis zu 38 Kabinen sollen gleichzeitig bzw. in einem kurzen Zeitabstand von/zum S-Bahn Haltepunkt fahren können
 - bei Kabinen à 50 Pers. → bis zu 9 Kabinen sollen gleichzeitig bzw. in einem kurzen Zeitabstand von/zum S-Bahn Haltepunkt fahren können

Daraus resultiert, dass eine enge Fahrtfolgezeit und/oder „Platooning“ der Fahrzeuge notwendig wäre.

Bei einer mittelgroßen Belastung von bis zu **300 Personen/Stunde** ergibt sich unter denselben Annahmen (50% der Personen wollen gleichzeitig fahren) die folgende Rechnung:

- bei Kabinen à 12 Pers. → bis zu 15 Kabinen sollen gleichzeitig bzw. in einem kurzen Zeitabstand von/zum S-Bahn Haltepunkt fahren können



- bei Kabinen à 50 Pers. → bis zu 3 Kabinen sollen gleichzeitig bzw. in einem kurzen Zeitabstand von/zum S-Bahn Haltepunkt fahren können

Das Verkehrsmittel von der S-Bahn bis zum Arbeitsplatz innerhalb des GVZ sollte somit die folgenden Charakteristika haben:

- ▶ Große Kabinen, enge Fahrtdolgezeiten, oder Platooning um die Wartezeiten für die Fahrgäste zu minimieren, z. B.:
 - im Maximalfall und bei einer Fahrtdolgezeit von 30 Sekunden und Kabinen à 50 Personen würden die letzten Fahrgäste ca. 5 Minuten warten müssen. Im Vergleich dazu: bei Kabinen à 12 Personen kann die Wartezeit bis zu ca. 19 Minuten betragen, was die Attraktivität des Angebots stark senken würde.
- ▶ Feste Taktung die sich an die S-Bahn Taktung orientiert (30 Minuten + Verstärker heute, ggf. dichter in Zukunft)
- ▶ Außerhalb der HVZ bzw. der Stunde mit maximaler Belastung könnte eine begrenzte Zahl von Kabinen nach Bedarf eingesetzt werden (sowohl für den Transport von Personen, als auch ggf. für KEP Transporte oder Lieferungen). Dabei sind je nach Systembesonderheiten ggf. Belegungen mit den in der Gegenrichtung fahrenden Kabinen zu beachten. Es muss auch gesichert werden, dass zur Ankunft bzw. zur Abfahrt je S-Bahn (vgl. Taktung) genügend Kabinen zur Verfügung stehen und dass der benötigte Fahrweg frei ist.

5.3.4 Möglicher Einsatz vom angenommenen Mobilitätssystem

Vermerk:

Da das in der Studie angenommene Mobilitätssystem lediglich anhand qualitativer Charakteristika definiert ist und bis zu diesem Zeitpunkt keine technischen Details bekannt sind, kann die folgende Betrachtung nur auf einer theoretischen und abstrakten Ebene erfolgen.

Hauptziel dieser Betrachtung ist es, die Bedingungen zur Sinnhaftigkeit des Einsatzes eines Systems mit den angenommenen Charakteristika zu diskutieren. Die Betrachtung dient auch zu einer besseren Abgrenzung der Anforderungen an ein potenzielles Mobilitätssystem für die hier betrachteten Beispielstrecken. Aussagen zum Bedarf für ein alternatives Transportsystem und eine Nutzen/Kosten-Betrachtung sind nicht Bestandteil der Studie. (siehe auch Vermerk im Kapitel 1)

5.3.4.1 Konzept

Die Hauptidee beim hier vorgestellten Beispielkonzept zur Anbindung und internen Erschließung des GVZ ist, durch mehrere Linien die jeweiligen Quelle-Ziel Relationen zu jedem Nachfrageschwerpunkt zu bedienen. Somit werden einerseits die Arbeitnehmer ohne Umweg und so schnell wie möglich an ihren Arbeitsort gebracht. Andererseits erlaubt diese Segmentierung in unterschiedlichen Linien die Kapazitätsproblematik besser zu beantworten. Es wurde die Annahme getroffen, dass die Personen, die im nördlichen Teil des Gebiets arbeiten eher den zukünftigen nördlichen Zugang (S-Bahn Linie 5) nutzen werden, und dass die Personen, die eher im südlichen Teil arbeiten, den südlichen Zugang (S-Bahn Linie 3) nutzen. Die Linien zur Erschließung des GVZ treffen sich an bestimmten Verknüpfungspunkten und einige davon können durchgebunden werden.

Eine erste Linie A1 stellt eine Verbindung von der südlichen S-Bahn Haltestelle Leipzig-Lützschena mit dem Kundenzentrum/Tor 1, mit einem optionalen Zwischenhalt am GVZ Süd, dar. Die ca. 1,5 km lange Strecke würde es den Nutzern des ÖPNV, insbesondere den Fahrgästen der S-Bahn Linie 3 ermöglichen in das Porsche Werk zu gelangen.

An diesem Verknüpfungspunkt haben die Fahrgäste die Möglichkeit mit der Linie E in den „Loop“ innerhalb des Porsche Werks so nah wie möglich an ihren Arbeitsplatz zu gelangen. Die ca. 3,5 km lange Linie E würde dabei ausschließlich den Mitarbeitenden des Porsche Werks zur Verfügung stehen.

Eine weitere Option (zusätzliche Linie oder Alternative zur Linie A1) wäre es, den S-Bahnhof in Leipzig-Wahren mit dem Verknüpfungspunkt am Kundenzentrum/Tor 1 direkt zu verbinden.

Die Linie B verbindet die potenzielle neue S-Bahn Haltestelle im nördlichen Bereich des GVZ und die Station Tor 1/Kundenzentrum von Porsche. Eine Verknüpfung mit der Linie E besteht auch hier.

Die Linien C und D besitzen gemeinsam mit der Linie B einen Verknüpfungspunkt an der potenziellen neuen S-Bahn Haltestelle GVZ Nord. Linie C ist dabei für die Bedienung des östlichen Bereichs des GVZ vorgesehen, in dem mehrere kleine und mittelständige Unternehmen angesiedelt sind. Linie D dagegen ist für die Erschließung des nordwestlichen Bereichs des GVZ vorgesehen und erschließt somit das DHL Frachtzentrum.

Die Linien A (A1, A2) und B sind als „Seilbahn“, also „luftbündig“ gedacht, um die Überwindung verschiedener Barrieren und eine direkte Verbindung ohne Umwege zu erlauben. Die anderen Linien C, D und E sind dagegen straßenbündig (mit oder ohne eigener Trasse) gedacht. Dort sind keine großen Barrieren zu überwinden, die Distanzen sind geringer. Bei dem in der Studie angenommenen System wird prinzipiell von einem trassengebundenen System ausgegangen – in diesem Bereich (Linien C und D) scheint dieses aber ggf. schwierig umsetzbar und kostenintensiv zu sein. Zudem bietet das System vermutlich keine großen Vorteile für die Reisezeiten im Vergleich zu den Zeiten im normalen Straßenverkehr.

Die Linie E ist eine werksinterne Linie. Dabei könnte diese auf eigener Trasse verkehren (z. B. aufgeständerte Infrastruktur) und ggf. eine direkte Durchbindung mit den Linien A1/A2 und/oder B darstellen. Somit gelangen die Kabinen ohne Umstieg an den im Werk gewünschten Standort. Inwiefern die Errichtung einer eigenen Infrastruktur im Werk vorstellbar ist, wäre mit dem Porsche Werk zu klären. Alternativ kann die Linie E auf der Straße verkehren. Ein gewünschter umsteigefreier Übergang von der Seilbahn (Linien A1, A2 und B) auf das straßenbündige System (Linie E) könnte dann z. B. nach dem Prinzip „upBus“ erfolgen.

Eine weitere Verknüpfung/Durchbindung zwischen den Linien könnte auch zwischen den Linien A1, A2 und B an der Station „Tor 1/Kundenzentrum“ möglich sein. Somit können zusätzliche Potenziale erreicht werden, da dadurch eine Verbindung der beiden S- Bahnachsen (heutige S3 und heutige S5/S5x) entsteht. Zudem könnte bei einer intelligenten Steuerung des Systems eine Leitung der potenziellen Fahrgäste erfolgen und so ggf. Einfluss auf die Auslastung der jeweiligen S-Bahnen genommen werden.

Eine zu adressierende Problematik ist die Zugangsbeschränkung für werksexterne Personen oder Besucher, vor allem für das Porsche Werk. Die Station „Tor 1/Kundenzentrum“ befindet sich hier innerhalb des Porsche Geländes. Die Station kann mit einem Drehkreuz ausgestattet werden, bei dem der Ausgang nur mittels einer Zugangskarte (Mitarbeiter) oder z. B. im Vorfeld herunterladenden QR Codes (Besucher) möglich ist. Alternativ sind die Linien zum Porsche Gelände exklusiv von Mitarbeitern zu nutzen, und die Autorisierung erfolgt an den Mobilitätsstationen bei den S-Bahn Haltestellen (diese sind dementsprechend auszurüsten).

Die angenommenen Geschwindigkeiten bei dem Beispielkonzept liegen im Bereich 25-30km/h und sind sowohl für die Seilbahnlösung bzw. für das „luftgebundene“ System als auch für das straßenbündige System angemessen.

Die Abbildung 33 zeigt die mögliche Linienverläufe der so definierten Linien und ihre entsprechenden Fahrzeiten.

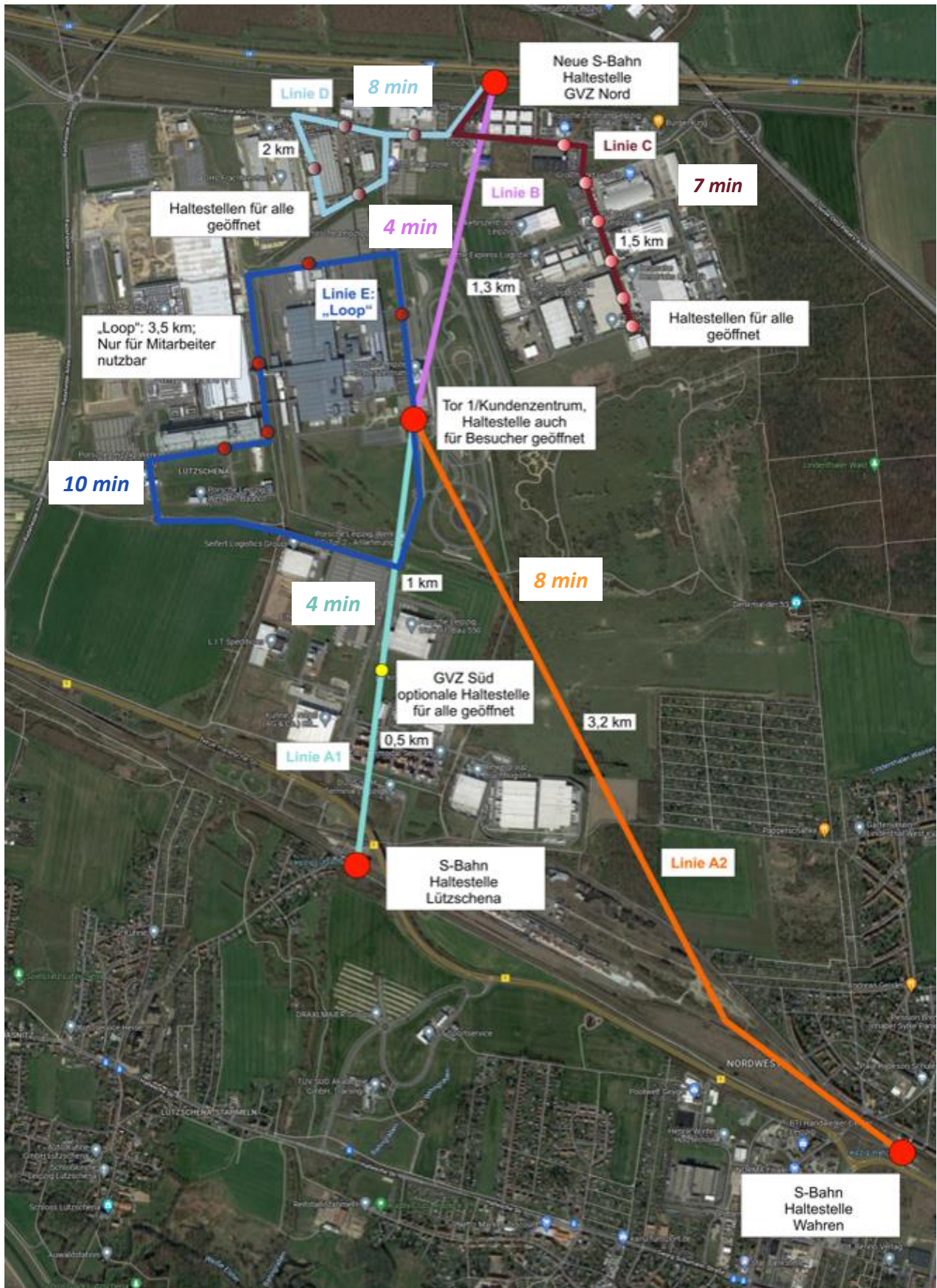


Abbildung 33: Strecke 1 GVZ/Porsche: Linienführungsmöglichkeiten

Durch die angenommene Nutzung von eigenen Trassen für die einzelnen Linien (unter der Voraussetzung, dass ihrer Machbarkeit gegeben ist), wird der Vorteil erzielt, unabhängig vom Straßenverkehr zu bleiben, potenzielle Stauproblematiken (besonders relevant zu den Schichtwechselzeiten) zu vermeiden und somit ein zuverlässiges und attraktives ÖV-Angebot anzubieten.

5.3.4.2 Reisezeitvergleich

Zur Beurteilung der Attraktivität des Beispielkonzepts zu einem Angebot für die letzte Meile für die Strecke GVZ/Porsche wurde ein Reisezeitvergleich aufgestellt. Dabei wurde eine Umsteigezeit von fünf Minuten an den S-Bahn Haltestellen angenommen. Je nach Gestaltung des Angebots kann diese ggf. auch verkürzt werden.

Tabelle 4: Vergleich Reisezeiten Strecke 1 GVZ/Porsche

Quelle-Ziel Relation	Aktuelle Fahrzeit ÖV inklusive Umsteigezeit [Minuten]	Fahrzeit mit Konzept inklusive Umsteigezeit [Minuten]	Approximative Fahrzeit Pkw [Minuten]
S-Bahn Wahren-Porsche Tor 1	16-22	13	9-10
S-Bahn -Lützschena-Porsche Tor1	7 (Fahrrad) 22 (zu Fuß)	9	7-8
S-Bahn GVZ Nord - Porsche Tor 1	- (aktuell: 16-24 Minuten ab S-Bahn Station Wahren)	9	5-6
S-Bahn GVZ Nord - DHL/Deutsche Post	- (aktuell: 15-22 Minuten ab S-Bahn Station Wahren)	10-11	5-6
S-Bahn GVZ Nord - GVZ Nord, Großmarkt Leipzig	- (aktuell: 19-28 Minuten ab S-Bahn Station Wahren)	8-9	4-5

Das so angedachte Konzept stellt eine tatsächliche Verbesserung der Attraktivität des Angebots für die letzte Meile in diesem Bereich dar. Je nach Quelle-Ziel Relation werden unterschiedlich große Reisezeitersparnisse im ÖV Verkehr im Vergleich zu der aktuellen Situation realisiert, das Verhältnis Reisezeit Konzept/ Reisezeit Pkw ist grundsätzlich attraktiv. Es werden neue und schnellere Relationen im ÖV geschaffen, vor allem durch die Anbindung an den potenziellen neuen S-Bahn Haltepunkt „GVZ Nord“. Diese Anbindung setzt voraus, dass der Haltepunkt tatsächlich errichtet wird.

In Zukunft könnten 3.100 bis 6.900 Arbeitnehmer pro Tag von diesen Reisezeitersparnissen, von den direkteren Wegen zum Arbeitsort und von den neuen ÖV-Relationen profitieren. Mit diesem Konzept werden eine bessere Vernetzung und Flexibilität der Anbindungen und des ÖV-Angebots geschaffen.

5.3.4.3 Skizzierung exemplarischer Verknüpfungspunkte mit restlichem ÖV

Im Folgenden sind beispielhafte Skizzen zur Gestaltung der Verkehrsknoten und Umsteigehubs für die Strecke dargestellt. Ziel ist es zu visualisieren wie die Integration mit dem restlichen ÖV erfolgen könnte. Beispielhaft werden zudem Bilder aus existierenden, geplanten oder konzeptionelle Stationen, die eine vergleichbare Funktion haben, aufgeführt.

► Leipzig-Lützschena

Der Standort Lützschena weist relativ beengte Platzverhältnisse auf, um eine Seilbahnstation mit der Bahnstation zu verknüpfen. Lediglich die Fläche südlich des Haltepunktes lässt sich hierfür nutzen. Mögliche Probleme, die hierbei entstehen könnten, sind zum einen die Überquerung der Gleise im Bereich des Haltepunktes Lützschena und zum anderen das Queren der Häuser in der Bahnstraße. Für beides wird eine bestimmte Höhe benötigt, die die Seilbahn bzw. die „luftgebundene“ Lösung erreichen muss um sicher zu Queren. Eine weitere Problematik stellt der Platzbedarf der Station dar. Die Maße der hier dargestellten Station (Abbildung 34) liegen im Bereich 30x40m. Es wäre zu prüfen, ob der zur Verfügung stehende Platz tatsächlich ausreicht um die Seilbahnstation zu errichten. Zudem ist die Frage nach dem Schattenwurf und Sichtschutz für die sich in der Nähe befindenden Wohnbebauung näher zu betrachten.



Abbildung 34 Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Leipzig-Lützschena

Ein Beispiel einer Station mit ähnlicher Funktion stellt die Station der Portland Aerial Tram dar.



Abbildung 35: Station der Portland Aerial Tram, Quelle: <https://www.architonic.com/de/project/agps-architecture-portland-aerial-tram/5100014#&gid=null&pid=4>

► Leipzig-Wahren

Der Standort Leipzig-Wahren weist eine ähnliche Charakteristik wie auch der Standort Leipzig-Lützschena auf. Auch hier ist es für die Bahn lediglich südlich des Haltepunktes für die Bahn möglich einen Verknüpfungspunkt mit einer Seilbahnstation zu schaffen. Aufgrund der an den Bahngleisen liegenden B6 kann die Seilbahnstation entweder erst auf dem Grundstück südlich der B6 errichtet werden, oder sie müsste auf dem bisherigen Haltepunkt der Bahn errichtet werden. Wird die Station südlich der B6 errichtet, müsste die Seilbahnstation über Brücken mit dem Haltepunkt der Bahn verbunden werden um beide miteinander zu verknüpfen. Auch hier ist eine bestimmte Höhe für die Seilbahn notwendig um die Gleise zu überqueren. Eine weitere Problematik ist auch hier der Platzbedarf der Station. Dazu wäre die Frage nach dem Schattenwurf und Sichtschutz für die sich in der Nähe befindenden Wohnbebauung näher zu untersuchen. Auch hier liegen die Maße der dargestellten Station (Abbildung 39) im Bereich 30x40m.

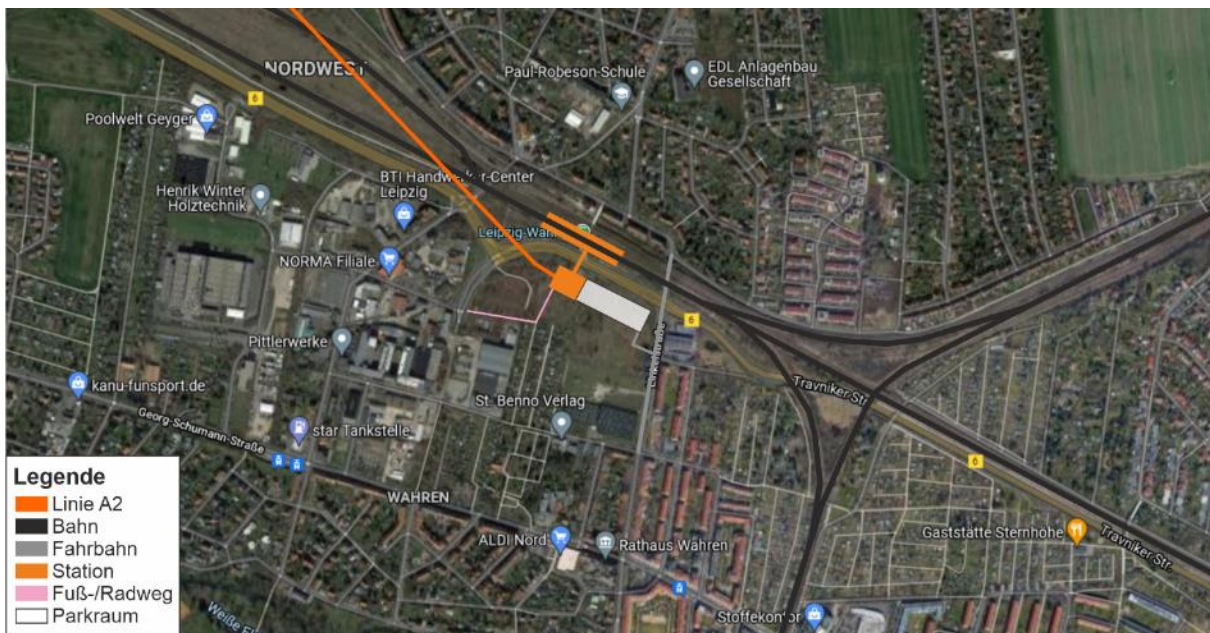


Abbildung 36 Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Leipzig-Wahren

Als Beispiel können hier wieder die Stationen der Portland Aerial Tram genannt werden, oder auch die Ideen von Ferdinand Heide (nächste Abbildung).

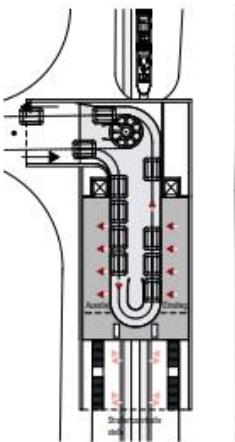


Abbildung 37: Beispielhafte Station die Straßenbahn und Seilbahn integriert, Quelle: https://www.masterplan-neuenheimer-feld.de/sites/default/files/downloads/2019_07_29_erlaeuterung_plaene_masterplan_inf_fha.pdf

► Porsche Kundenzentrum/Tor1

Für die Anbindung des Porsche Kundenzentrums gibt es mehrere Möglichkeiten.

Eine Möglichkeit ist, die Seilbahnstation auf der Grünfläche südlich des Mitarbeiterparkplatzes am Tor 1 zu errichten. Die Seilbahnstation würde einen multimodalen Haltepunkt für die beiden Seilbahnlinien und die Linie E darstellen. Die Seilbahnstation müsste dabei allerdings in ausreichender Höhe liegen um Konflikte mit parkendenden und fahrenden Autos zu vermeiden. Da der Abstand zwischen Seilbahnstation und Parkplatz gering ist, könnte dies zu Problemen führen. Da in dieser Station der Wechsel von Seilbahnen zu einem straßenbündigen System möglich sein sollte, muss auch die Station größer sein, als die oben dargestellten beispielhaften Seilbahnstationen. Da zusätzlich zwei Seilbahnen aus verschiedenen Richtungen in die Station einfahren wird wesentlich mehr Platz benötigt. Hier werden Maße von etwa 90x50m angenommen. Ob der Platz für den Bau einer solchen Station zur Verfügung steht, wäre im Detail mit Porsche zu klären.

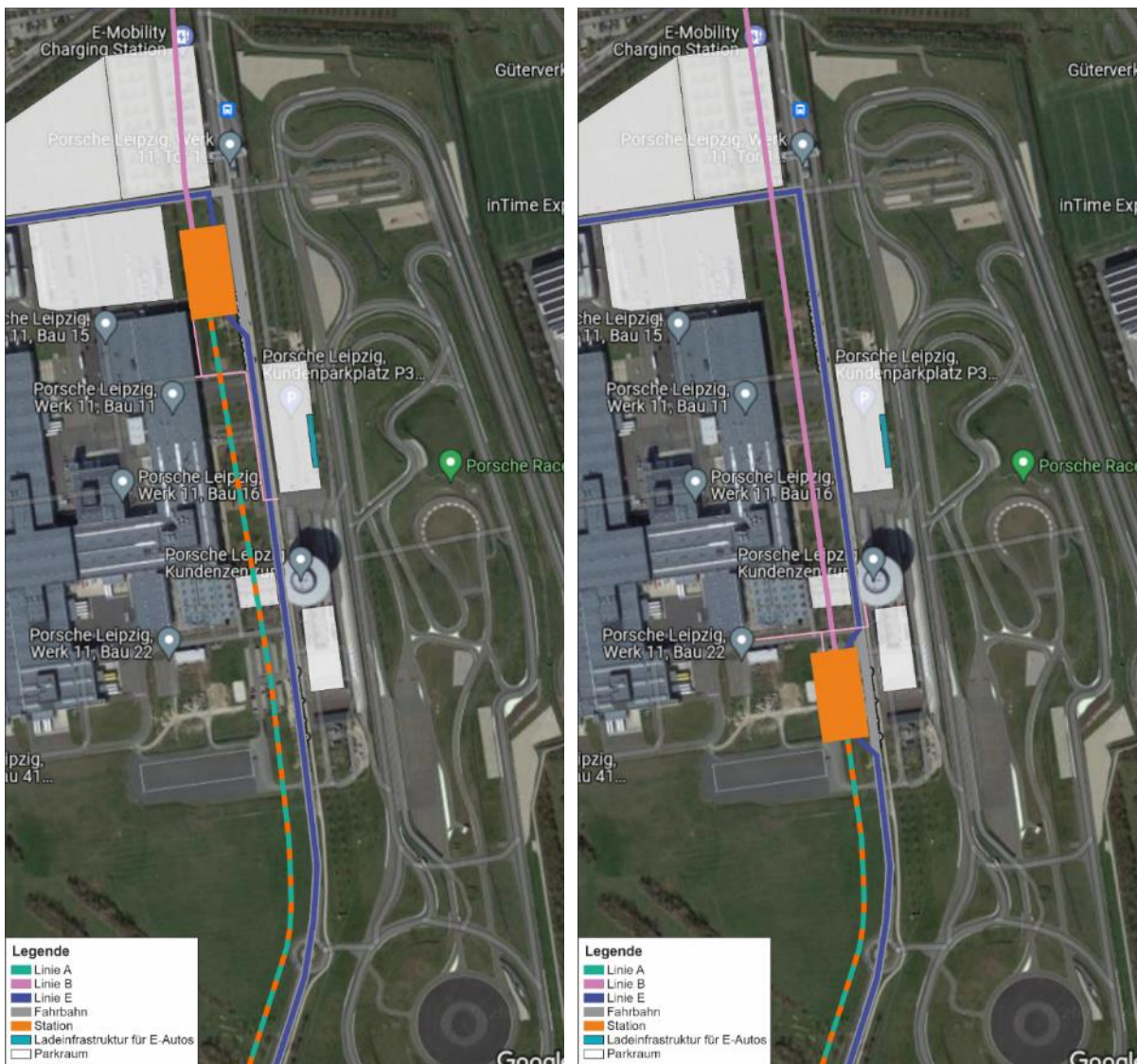


Abbildung 38: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Kundenzentrum/Tor1, Variante 1

Eine weitere Möglichkeit ist, die Station auf der Grünfläche südwestlich des Kundenzentrums zu errichten. Auch hier würde die Seilbahnstation einen multimodalen Haltepunkt für die beiden Seilbahnlinien und die Linie E darstellen. Der Fußweg zum Kundenzentrum für Besucher würde sich dadurch verringern, für Mitarbeiter aber eventuell etwas länger werden. Auch hier wird ein Maß von etwa 90x50m für die Station angenommen. Ob der Platz ausreichend ist und ob er zur Verfügung gestellt werden kann, ist mit dem Werk selbst zu klären.

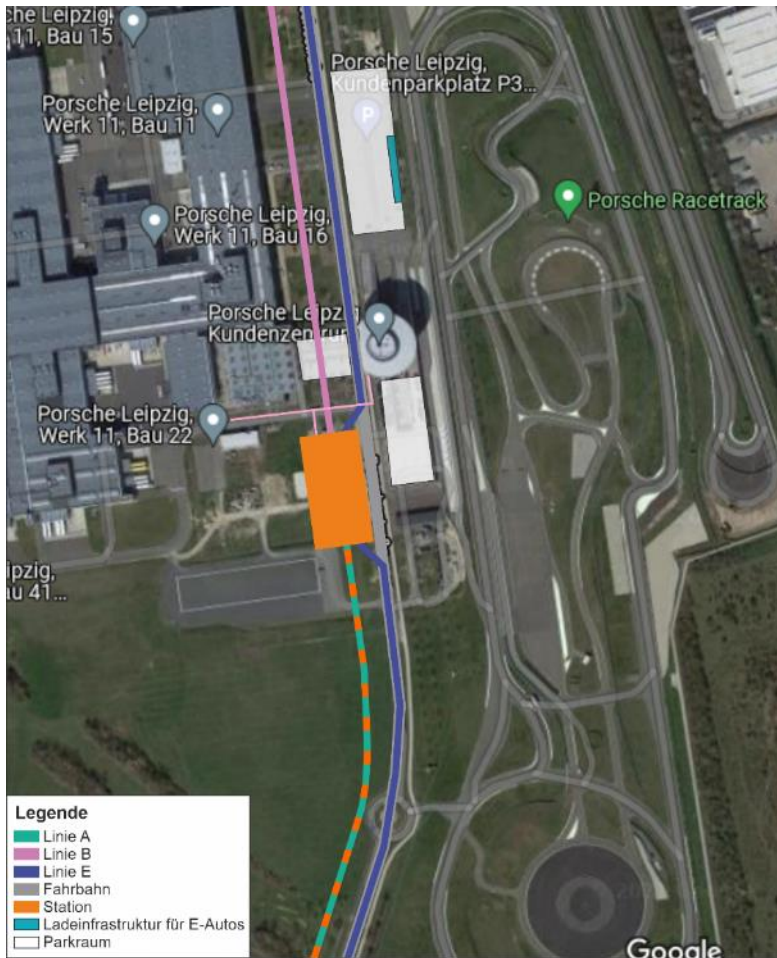


Abbildung 39: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Kundenzentrum/Tor1, Variante 2

Als Beispiel für eine solche Station dient die Idee für eine ÖV-Drehscheibe in Sattelbach in Zürich.

Die Option, die Station auf das Dach des Kundenzentrums zu setzen, ist aufgrund der Höhe des Kun-



Abbildung 40: Idee für eine ÖV-Drehscheibe in Sattelbach in Zürich, Quelle: <https://www.zooseilbahn.ch/de/das-projekt/das-wichtigste-kuerze>

denzentrums nach aktuellen Einschätzungen nur schwer umsetzbar.

5.3.5 Exkurs: Grobe Kostenschätzung mit Parametern konventioneller Verkehrsträger

In diesem Exkurs wird vergleichend dargestellt, wie das in 5.3.4.1 beschriebene Streckenkonzept mit konventionellen Verkehrsträgern (Bus, Seilbahn) bedient werden könnte. Dies wird anhand von einigen groben (Kosten-)Parametern durchgeführt.

Damit wird ein erster Vergleichsrahmen für die potenzielle Entwicklung der neuen Systemidee geschaffen. Die aufgeführten (Kosten-)Parameter decken die größten Kostenträger ab (vgl. Kostensätze in Anhang 3).

Bei der Seilbahn wird von Dreiseilumlaufbahnen ausgegangen (die sich eher für einen ÖPNV Anwendungsfall eignen). Die Orientierungswerte zu den Kosten stammen aus dem "Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten"³². Es wurden folgende Anhaltswerte angenommen:

- ▶ Kosten pro Station: 4.000.000 €
- ▶ Kosten pro Stütze: 1.000.000 €
- ▶ Kosten pro Kabine: 250.000 €

Bei den Bussen wurde auf Erfahrungswerte und interne Expertise zurückgegriffen. Es wurden die folgenden Werte bzw. Annahmen genutzt:

- ▶ Kosten Station (Haltestelle): 30.000 €
- ▶ Betriebskosten: 3 – 4 €/Betriebs-km
- ▶ Depotlader je Fahrzeug: 75.000 €

Die angenommenen Fahrgastzahlen bzw. Einsteiger auf der Beispielstrecke GVZ/Porsche werden aus der Potenzialanalyse auf ein volles Jahr hochgerechnet. Es werden durchschnittliche Reisedistanzen von 1,2-1,5 km für die Fahrgäste auf der Seilbahnstrecke und 1 km für die Fahrgäste auf den Busstrecken angenommen.

Es wird zudem angenommen, dass zwei Drittel der Fahrgäste die vom/zum nördlichem Zugang fahren wollen, bei Porsche arbeiten und dementsprechend die Seilbahn nutzen würden. Das andere Drittel verteilt sich auf die Linien C und D, die mit (Klein)E-bussen bedient werden. Eine weitere Annahme ist, dass zwei Drittel der im Porsche Gelände ankommenden Fahrgäste die Linie E nutzen.

Tabelle 5: Aufstellung der möglichen Kosten durch die Bedienung von konventionellen Verkehrsträgern, Strecke GVZ/Porsche

	Teil Seilbahn (Linien A1 und B oder A2 und B)	Teil (Klein) E-Busse (Linien C, D, E)
Streckenlänge (km)	2,8 bzw. 4,7	7
Anzahl Stationen	3	15
Anzahl Stützen	4	
Anzahl Fahrzeuge	10 à 35 Personen	10 Kleinbusse oder 3x 12m Busse
Nutzungsdauer Infrastruktur	15 – 20 Jahre	25 Jahre (Straße), 15 – 20 Jahre (Ladeinfrastruktur)

³² https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/med/aktuell/leitfaden_urbane_seilbahnen_in_bayern.pdf

Infrastrukturkosten in € pro Jahr	ca. 700.000 (Stationen) ca. 250.000 (Stützen) ca. 150.000 (Kabinen)	ca. 55.000 (Ladeinfrastruktur) ca. 18.000 (Stationen)
Anzahl Fahrtenpaare (täglich)	nach Bedarf	Annahme: 48
Betriebs-km/Jahr	je nach Anzahl der Fahrten	102.000
Betriebskosten in € pro Jahr (inkl. Fahrzeug, Wartung, Personal, Trassengebühren)	je nach Betriebspezifika und Betriebskm	0,3 – 0,4 Mio.
Anzahl Einsteiger / Jahr	600.000 – 1.400.000	270.000 – 600.000
Personen-km pro Jahr	845.000 – 1.900.000	270.000 – 600.000

5.4 Strecke 2 Stolberg (Harz) – Rottleberode – Berga

5.4.1 Beschreibung der Strecke

Die Stadt Stolberg (Harz) ist ein Teil der Gemeinde Südharz im Landkreis Mansfeld-Südharz in Sachsen-Anhalt. Stolberg ist eine historische Europastadt und Fachwerkstadt. Neben anderen touristischen Anziehungspunkten, lockt das Schloss in Stolberg viele Touristen an. Nach Angaben und Abschätzung der Touristeninformation der Gemeinde Südharz besuchen zwischen 240.000 und 280.000 Tagesbesucher die Stadt Stolberg pro Jahr.³³

³³ Information mittgeteilt am 24.11 von der Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH



Abbildung 41: Übersicht der Stadt Stolberg (Harz), Quelle: Wikipedia³⁴

Die Stadt Stolberg (Harz) befindet sich ca. 15 km nördlich von Berga, nordöstlich von Nordhausen und nordwestlich von Sangerhausen.

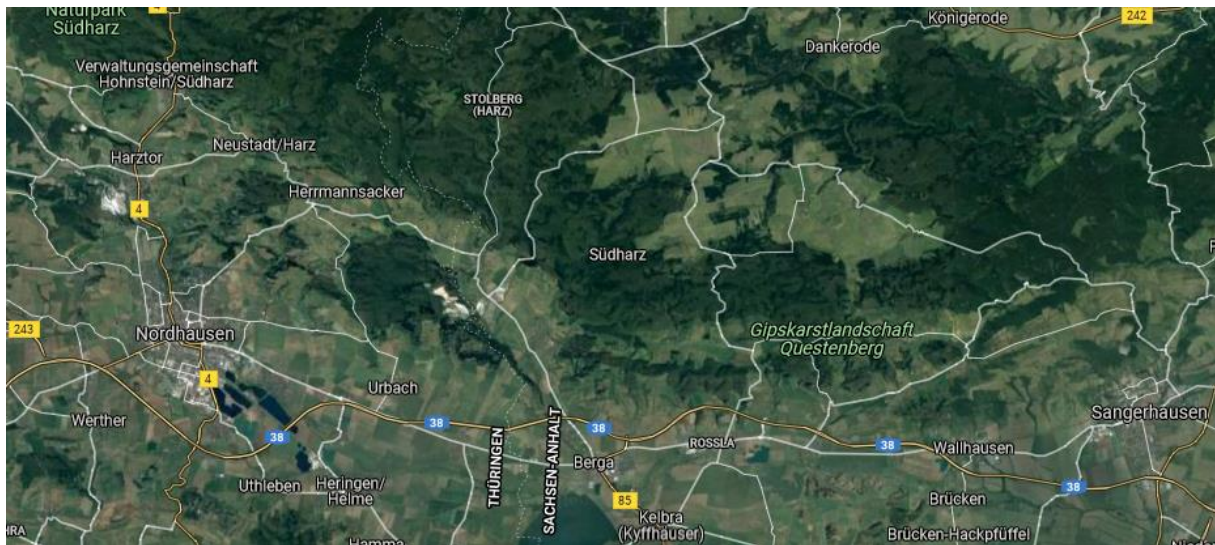


Abbildung 42: Position des betrachteten Raums zwischen Stolberg und Berga, Quelle: GoogleMaps

Zwischen Stolberg und Berga verläuft eine ca. 15 km-lange Schienenstrecke („Thyraliesel“) auf der aber seit über zehn Jahren kein Personenverkehr mehr abgewickelt wird. Die Strecke wird allerdings für Güterverkehr genutzt. In Berga besteht Anschluss an das übergeordnete regionale Schienennetz. Am Bahnhof Berga-Kelbra bestehen etwa stündliche SPNV-Abfahrten in Richtung Halle bzw. Leinefelde

³⁴ Von Ralf Lotys (Sicherlich) - Eigenes Werk, CC BY 2.5, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2004644>

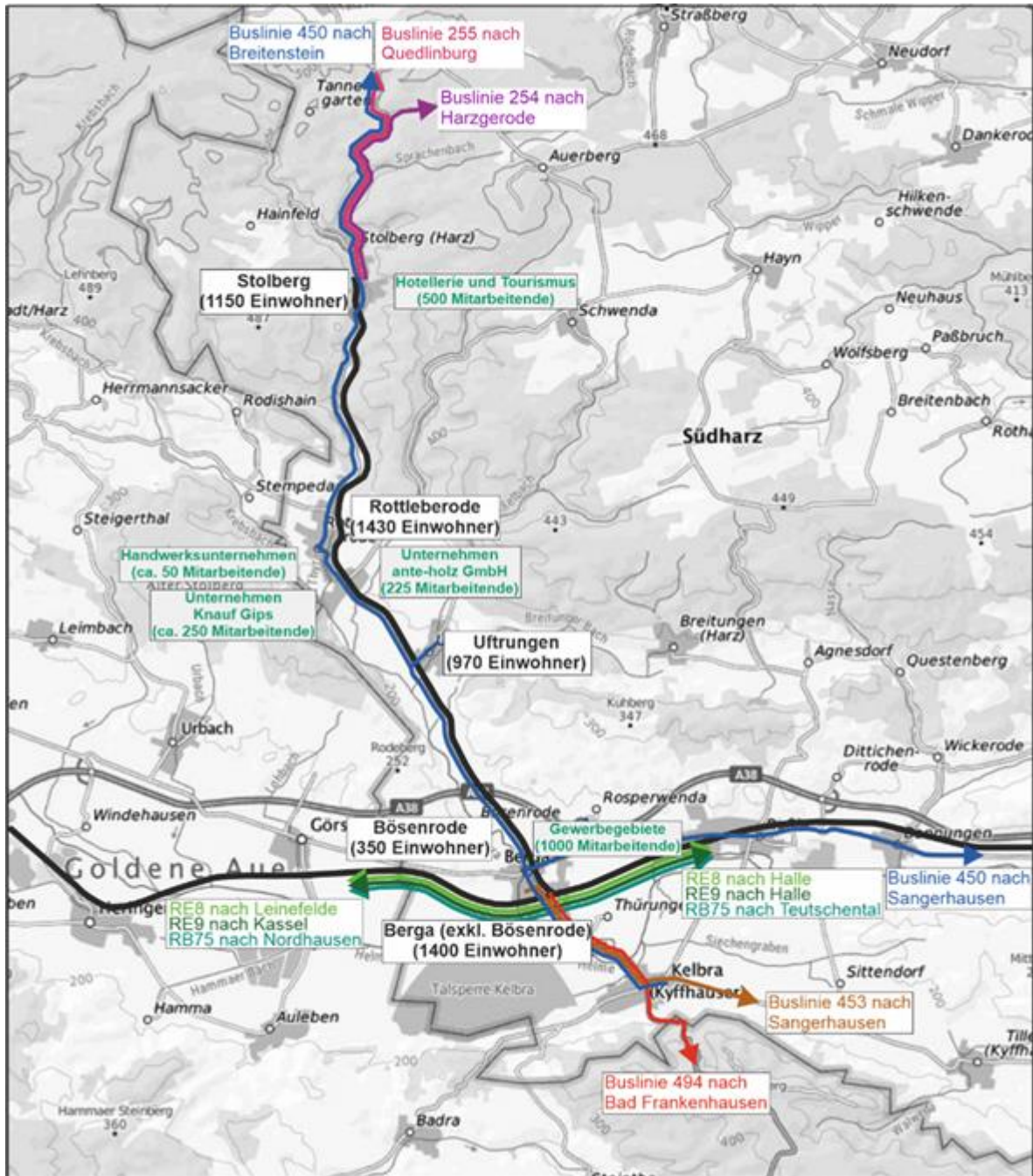


Abbildung 43: Bestandsaufnahme Siedlungsstruktur, Unternehmen und ÖV-Angebots im betrachteten Raum

Die Besonderheiten und Herausforderungen in Bezug auf die Mobilität in diesem Areal können wie folgt zusammengefasst werden:

- ▶ Es handelt sich um eine dünn besiedelte und ländlich geprägte Gegend.
- ▶ Schrumpfende Bevölkerungszahlen – ein Rückgang der Bevölkerung um -25,7% wird zum Zeithorizont 2040 prognostiziert³⁵.

³⁵ Prognos AG 2021

- ▶ Die Stadt Stolberg (Harz) verfügt über eine ausgeprägte touristische Attraktivität und ist ein überregional bedeutender Luftkurort.
- ▶ Topografisch komplexe Umgebung – Höhenunterschiede und enge Straßen sind festzustellen.
- ▶ Vorhandene Schieneninfrastruktur zwischen Berga und Stolberg (Harz): Streckenlänge ca. 15 km, auf der aktuell kein Personenverkehr abgewickelt wird. Der Abschnitt Berga-Rottleberode wird aber für Gütertransporte genutzt.
- ▶ Die aktuelle Anbindung von Stolberg an das übergeordnete regionale Verkehrsnetz (Berga) erfolgt mit Bussen (Taktbuslinie 450 mit einem Zwei-Stunden-Takt und punktuellen Verstärkerfahrten).
- ▶ Es besteht keine ÖV Bedienung des Schlosses in Stolberg (Harz).

In diesem Kontext könnte ein innovatives, emissionsarmes Mobilitätssystem eine zukünftige Alternative für die Anbindung der Stadt Stolberg und ihrem Schloss an das übergeordnete Schienennetz darstellen.

5.4.2 Fokus vorhandene Infrastruktur und aktuelles Verkehrsangebot

5.4.2.1 Infrastruktur

Die letzten Jahre wurde die Strecke lediglich für den Güterverkehr von bzw. über Berga bis nach Rottleberode-Süd genutzt. Die Infrastruktur in diesem Abschnitt gehört der DB Netz AG.

Der Abschnitt Rottleberode-Süd – Stolberg wurde im Jahr 2012 stillgelegt. Die Infrastruktur in diesem Abschnitt wird aktuell durch die Tourismus und Warnetalbahn GmbH betrieben und saniert. Seit 2020 verkehren von Rottleberode-Süd hauptsächlich Holztransporte nach Süddeutschland (4 Fahrtenpaare/Woche, nach Angaben vom Streckenbetreiber). Zu besonderen Anlässen wie Stadtfesten oder in der Vorweihnachtszeit sind auch Verkehre nach Stolberg mit historischen Personenzügen des Unternehmens geplant. In Rottleberode-Süd soll zudem in den kommenden Jahren ein neues Verteilzentrum für Holztransporte errichtet werden³⁶. Nach Angaben des Streckenbetreibers ist im Moment für die gesamte Strecke eine maximale Geschwindigkeit von 60 km/h möglich, punktuell bis zu 70-80 km/h; ein Ausbau auf diese Geschwindigkeiten für die gesamte Strecke wäre zudem bautechnisch machbar.

5.4.2.2 Aktuelles ÖV-Angebot

Momentan besteht zwischen Stolberg und Berga ausschließlich eine Busverbindung (Taktbus 450), welche prinzipiell im Zweistundentakt verkehrt. Durch Verstärkerfahrten für die Schülerbeförderung ergibt sich z.T. in manchen Zeitfenstern ein Stundentakt auf der Linie.

Die Linie 450 bedient auf ihrem Verlauf neben den Orten Berga und Stolberg auch die Orte Bösenrode, Ufrungen und Rottleberode. Im aktuellen Fahrplan wird der Markt in Stolberg nicht konsequent bedient, manche Fahrten haben als Endhaltestelle die Haltestelle Bahnhof Stolberg (am südlichen Rand der Stadt gelegen).

³⁶ <https://www.mz.de/mitteldeutschland/landkreis-mansfeld-suedharz/rottlederoder-firma-ante-ubernimmt-gleisanlage-3320544>



450 Stolberg - Berga-Kelbra



In Zusammenarbeit mit:

LANDKOMMUNIKATION
Landkreis Mansfeld-Südharz
Rudolf-Brinckmeier-Strasse 20/22
06626 Seligenhausen
Telefon 03464 3330
www.mansfeld-suedharz.de

Was ist der TaktBus?

Der TaktBus ist der kleine Bruder des Plus-Bus. Er fährt alle zwei Stunden – auch in den Schulferien – und verbindet kleinere Orte im ländlichen Raum mit den Städten. Dort gibt es gute Anschlüsse zu anderen Buslinien und zur Bahn.

Im Bahn-Bus-Landesnetz verkehren alle TaktBusse auch am Wochenende.

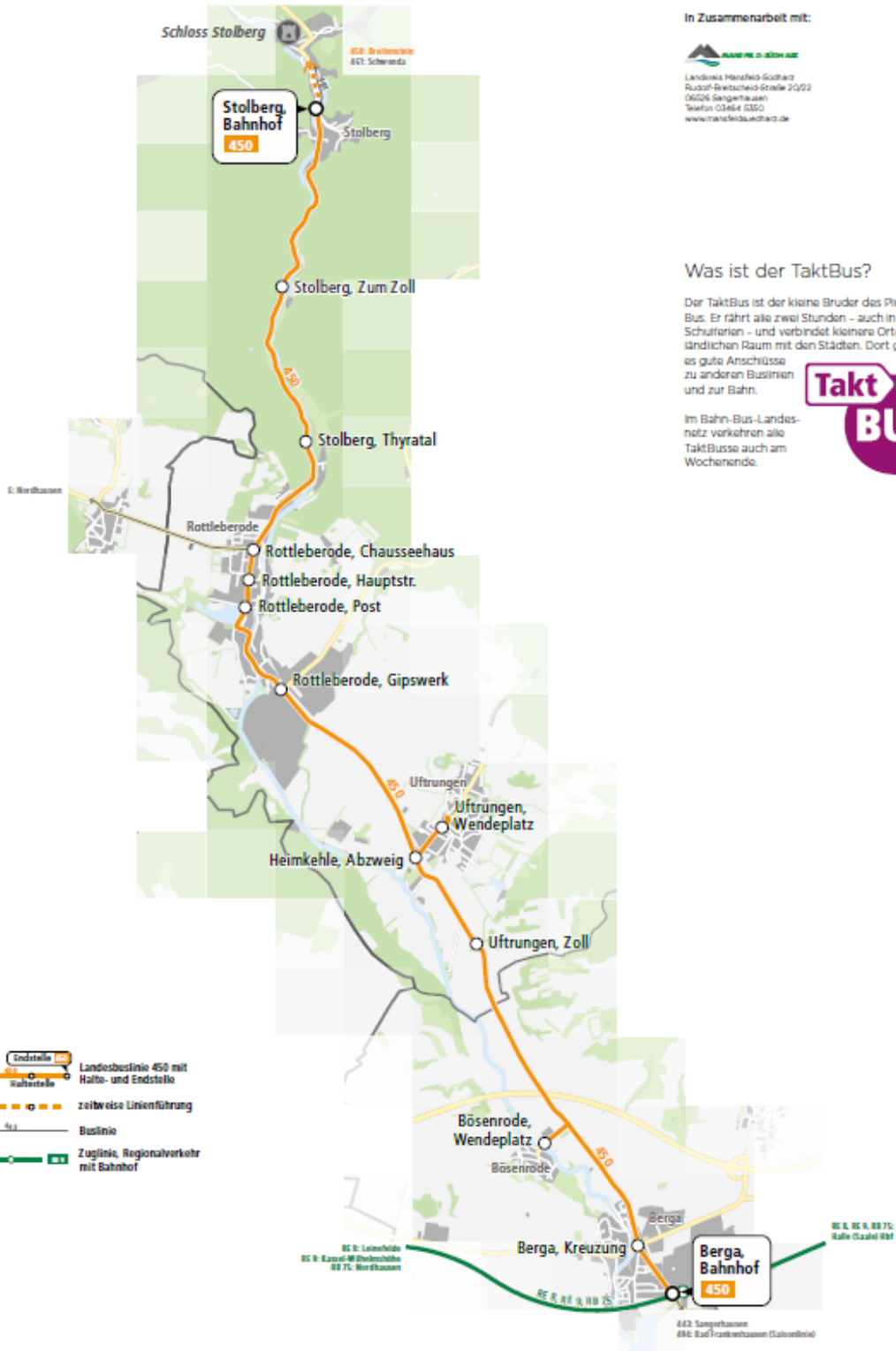


Abbildung 44: Linienverlauf Buslinie 450

Nach Angaben der Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt GmbH ist eine Neuordnung für die Linie 450 ab 2022 vom Landkreis vorgesehen. Diese sieht unter anderem eine konsequente Durchbindung der Linie über Berga bis nach Sangerhausen sowie mehr Übersichtlichkeit der Fahrpläne vor.

Dabei wird die aktuelle Linie 450 in zwei geteilt:

- ▶ Eine neue Linie 450 mit „reinem“ Zweistundentakt (Montag-Sonntag) zwischen Sangerhausen, Berga, Stolberg und Breitenstein, die eine konsequente Bedienung des Markts in Stolberg vorsieht (8 Fahrtenpaaren/Tag) und
- ▶ eine Linie 453 in der die Verstärkerfahrten (Montag-Freitag) zusammengefasst sind (6-7 Fahrtenpaare pro Tag die Stolberg bedienen).
- ▶ Eine Takterhöhung bei der Bedienung von Stolberg ist nicht vorgesehen und die Fahrzeiten bleiben die gleichen wie im aktuellen Fahrplan.

Des Weiteren verkehren in Stolberg die Buslinie 461 mit insgesamt drei Fahrten am Tag und die Buslinien 254/255 (ehemalige 31/ 38), welche jeweils zwei bzw. drei Fahrten am Tag anbieten.

In Berga besteht neben den Buslinien 453 (Zweistundentakt) und 494 (vier Fahrten am Tag) ein Anschluss an den Regionalexpress RE8 und RE9 (jeweils im Zweistundentakt, die sich zu einem Stundentakt ergänzen), sowie an die Regionalbahn RB75, welche drei Fahrten am Tag pro Richtung anbietet.

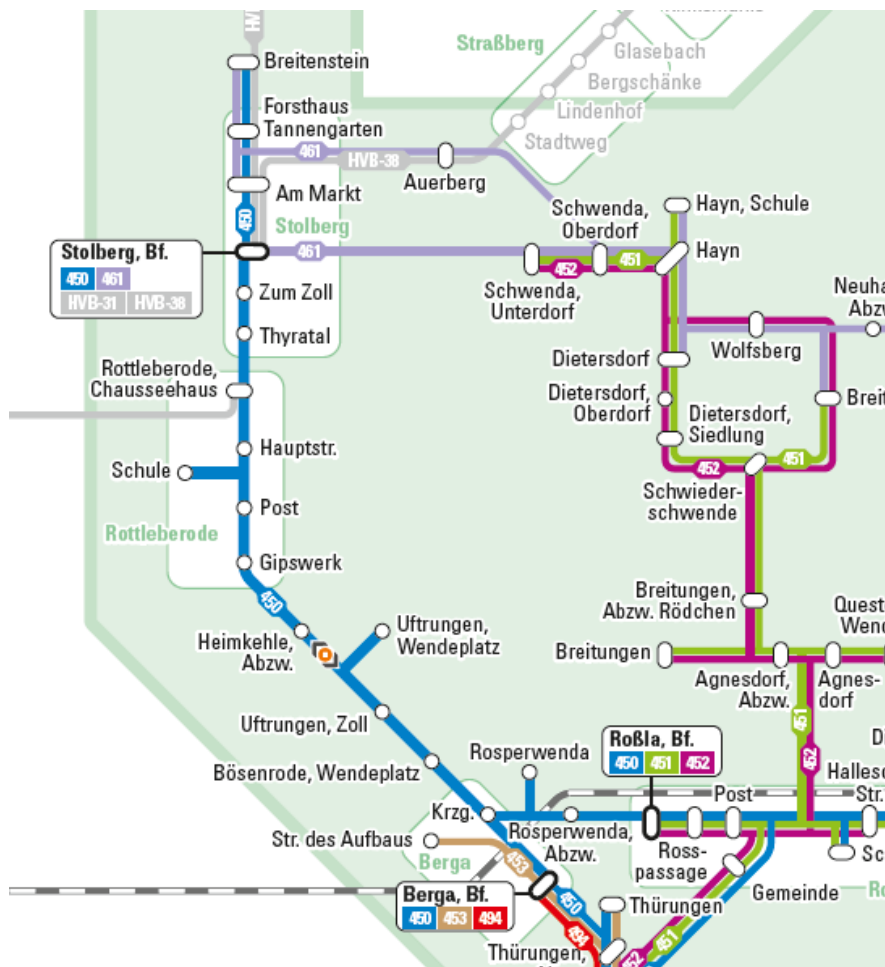


Abbildung 45: Aktuelle ÖV Linien zwischen Stolberg und Berga, Regionalliniennetzplan der VGS 2020³⁷

³⁷ https://www.vgs-suedharzlinie.de/fileadmin/Liniennetzplaene/Druck_A3_VGS_SLNP_Regional-Netzplan.pdf

Aktuell wird im Stadtbereich von Stolberg auch ein autonomer bzw. hochautomatisierter Shuttle erprobt: Thyra Floh (siehe Kapitel 2.2.4)

5.4.3 Abschätzung Potenzial Personenverkehr

► Einwohner

In dem ländlich geprägten betrachteten Raum (inkl. Berga) leben momentan ca. 5.300 Menschen. Bis zum Jahr 2040 wird jedoch ein Rückgang von –25,7% prognostiziert, d.h. in Zukunft sollte die Bevölkerung auf ca. **4.000 Einwohner** schrumpfen.

► Pendler

In Stolberg sind zudem 500 auswärtige Arbeitnehmer beschäftigt, vor allem im Bereich der Hotellerie und Tourismus. In Rottleberode beschäftigen die größten Unternehmen Knauf und ante holz GmbH zusammen ca. 500 auswärtige Arbeitnehmer. In Berga sind es zudem ca. 1.000 Arbeitnehmer in der Industriebranche die nicht aus der Stadt selbst kommen (Zahlen wurden von Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH zur Verfügung gestellt). Insgesamt kann somit aktuell von ca. 2.000 Pendlern im betrachteten Korridor ausgegangen werden. Die genauen Wohnorte der Pendler sind nicht bekannt. Es kann angenommen werden, dass einige davon im Korridor leben, somit werden sie schon bei der Einwohnerzahl berücksichtigt. Es wird die Annahme getroffen, dass trotz Bevölkerungsabnahme, diese Größenordnung an Arbeitsplätzen auch in Zukunft bestehen bleibt.

► Touristen

Nach zur Verfügung gestellten Daten von der Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH werden **pro Tag zwischen 300** (Wochentag, Winter) und **1.800** (Wochenende, Saison, April bis Oktober) **Tagestouristen** in Stolberg verzeichnet.

► Gesamtpotenzial

- Annahmen für die Abschätzung:
 - Einwohner: 3,1 Wege/Tag; Modal Split ÖV: 5%³⁸ – 15%³⁹
 - Pendler: 2 Wege/ Werktag; Modal Split ÖV: 5%⁴⁰ – 15%⁴¹
 - Touristen: 2 Wege pro Tag; Modal Split ÖV: 10 – 20%⁴²
- Unter den aufgestellten Annahmen, **ist ein Gesamtpotenzial von 600 bis 3.100** Wege pro Tag (beide Richtungen zusammen) abgeschätzt:
 - Einwohner: ca. 600 – 1800 Wege pro Tag
 - Pendler: ca. 200 – 600 Wege pro Werktag (ggf. z.T. oder ganz in den Einwohnerwegen inkludiert)
 - Touristen: bis zu ca. 700 Wege pro Tag

Beim Modal Split kann in einem Minimalfall von einer konservativen Annahme ausgegangen werden, die auf die aktuell üblichen Modal Split-Werte (Mobilität in Deutschland: infas et al. 2018) für den

³⁸ aktueller Wert für den ländlichen Raum aus der MiD (Mobilität in Deutschland)

³⁹ Größenordnung basiert auf der Modal Splits Prognose 2040 für den gesamten Landkreis (nicht differenziert nach ländlichen/urbanen Raum), PTV et al. 2021.

⁴⁰ aktueller Wert für den ländlichen Raum aus der MiD (Mobilität in Deutschland)

⁴¹ Größenordnung basiert auf der Modal Split Prognose 2040 für den gesamten Landkreis (nicht differenziert nach ländlichen/urbanen Raum), PTV et al. 2021.

⁴² Annahme: Touristen nutzen das ÖV Angebot häufiger als die Einwohner

ländlichen Raum basiert. In einem Maximalfall wurden die Größenordnungen des prognostizierten Modal Splits für den gesamten Landkreis aus der “Integrierten Mobilitätsstudie” (PTV et al. 2021) übernommen.

Zum Vergleich: im Jahr 2015 war die Buslinie 450 (mit einer unregelmäßigen Taktung zwischen 60 und 120 Minuten) mit ca. 800 Fahrgäste im Durchschnitt pro Tag auf dem gesamten Linienweg die drittnachfragestärkste Buslinie des Landkreises an Schultagen. An Ferientagen, sowie am Wochenende verkehrte sie mit ausgedünnter Taktung (120 Minuten) und wurde im Durchschnitt von ca. 200 Fahrgästen täglich genutzt. Zu diesem Zeitpunkt war der Schülerverkehr für den straßengebundenen ÖPNV im Landkreis Mansfeld-Südharz das wesentliche Standbein.⁴³

5.4.3.1 Schlussfolgerung für das potenzielle Mobilitätssystem – Dimensionierung, notwendige Kapazitäten

Unter der Annahme von 20% der Nachfrage in der HVZ (jeweils morgens und abends) entspricht dies maximal 60-310 Wege bzw. Fahrgäste in der Stunde pro Richtung. Aus diesen Werten ergeben sich die notwendigen Kapazitäten für das potenzielle Mobilitätssystem.

Analog zu der Aufstellung für die Strecke GVZ/Porsche, gilt auch hier, dass diese Personen in den HVZ gleichzeitig befördert werden sollen, unter der Annahme, dass die Regionalbahnen in Berga auch zukünftig stündlich fahren und eine Anschlusssicherung dort zu gewährleisten ist.

Je nach Größe der Kabinen, könnte auch in diesem Fall eine enge Taktung, Platooning bzw. Kopplung der Kabinen notwendig werden. Wenn die Kabinen z. B. eine Kapazität von z. B. 50-60 Personen anbieten, wären in der HVZ als Maximalfall bis zu 6 Kabinen pro Richtung notwendig. Bei kleineren Kapazitäten, ist die Anzahl der Kabinen entsprechend anzupassen.

Außerhalb der HVZ könnte eine begrenzte Zahl von Kabinen nach Bedarf zwischen Berga, Rottleberode und Stolberg gefahren werden. Sollte dabei die vorhandene Schieneninfrastruktur genutzt werden, ist ihre Eingleisigkeit zu beachten und dementsprechend ggf. Begegnungsmöglichkeiten der pendelnden Kabinen zu sichern, ggf. auch durch ein intelligentes Steuerungssystem. Es muss auch gesichert werden, dass zur Ankunft bzw. Abfahrt der Regionalbahn (vgl. Taktung) genügend Kabinen zur Verfügung stehen und dass der Fahrweg frei ist.

5.4.4 Möglicher Einsatz vom angenommenen Mobilitätssystem

Vermerk:

Da das in der Studie angenommene Mobilitätssystem lediglich anhand qualitativer Charakteristika definiert ist und bis zu diesem Zeitpunkt keine technischen Details bekannt sind, kann die folgende Betrachtung nur auf einer theoretischen und abstrakten Ebene erfolgen.

Hauptziel dieser Betrachtung ist es, die Bedingungen zur Sinnhaftigkeit des Einsatzes eines Systems mit den angenommenen Charakteristika zu diskutieren. Die Betrachtung dient auch zu einer besseren Abgrenzung der Anforderungen an ein potenzielles Mobilitätssystem für die hier betrachteten Beispielstrecken. Aussagen zum Bedarf für ein alternatives Transportsystem und eine Nutzen/Kosten-Betrachtung sind nicht Bestandteil der Studie. (siehe auch Vermerk im Kapitel 1)

5.4.4.1 Konzept

Beim Einsatz des angenommenen Mobilitätssystems für diese Beispielstrecke wird eine Kombination aus einem (zentral-angetriebenen) schienengebundenen und einen luft-seilgebundenen (Luftseilbahn) Teil angenommen. Der schienengebundene Teil nutzt dabei die vorhandene Schieneninfrastruktur zwischen Berga und Stolberg Bahnhof. Dort erfolgt die Verknüpfung mit einer Seilbahn- bzw. „luftgebundenen“ Lösung.

⁴³ NVP Mansfeld-Südharz 3. Fortschreibung; <https://www.mansfeldsuedharz.de/de/oePNV/article-108010013447-20013447.html>

Es ist anzumerken, dass die Schienenstrecke zwischen Berga und Stolberg aktuell und zukünftig für Güterverkehr und punktuell für Personenzüge genutzt wird. Aus diesem Grund wird es zu prüfen sein, inwiefern sich das neue System an die technischen Gegebenheiten der Infrastruktur und Signaltechnik anpassen kann und muss. Der Einsatz von automatisierten (Klein-)Zügen, die mit eigenem Antrieb fahren (siehe z. B. Konzept „Flexibler Schienenbus für den Ländlichen Raum“ im Kapitel 2.1.5) könnte hier alternativ ein geeignetes Konzept für die Schienenstrecke sein.

Da die Bahnstrecke momentan eingleisig ist, sind je nach Betriebskonzept auch zusätzliche, geeignete Begegnungs- bzw. Ausweichstellen zu schaffen. Ein möglicher Ansatz um die Begegnungsproblematik zu reduzieren, stellt das Konzept „Monocab“ dar (siehe Kapitel 2.1.4). Alternativ kann mit einem intelligenten Steuerungssystem gearbeitet werden um Begegnungen zu vermeiden.

Anstatt die Schienenstrecke zu nutzen, könnte ggf. auch über eine eigene separate Infrastruktur nachgedacht werden, die exklusiv von dem neuen System genutzt werden könnte (unter der Voraussetzung, dass genügend Platz für ihre Errichtung zur Verfügung steht).

Beim „luftgebundenen“ Teil ist zu beachten, dass das Schloss unter Denkmalschutz steht. Prinzipiell ist bei der Planung von Seilbahnen zu untersuchen, ob denkmalgeschützte Gebäude oder Anlagen in der Nähe von Stationen oder Stützen vorhanden sind und diese in ihrer Wirkung (Sichtbeziehung) oder historischen Bedeutung beeinträchtigt werden. Da der „luftseilgebundene“ Teil des hier angenommenen Umsetzungskonzepts einer Seilbahn ähnelt, ist diese Fragestellung und dementsprechend die Machbarkeit einer solchen Lösung näher zu untersuchen. Eine frühzeitige Abstimmung mit der zuständigen Fachbehörde wäre hierbei anzustreben.

Im Beispielkonzept sind Haltepunkte in Berga (Bahnhof), Ufrungen, Bösenrode, Rottleberode und Stolberg (Bahnhof, Markt, Schloss) vorgeschlagen.

Da die Hauptfunktion des Systems die Anbindung an das übergeordnete Schienennetz ist, wird die Anschlusssicherung zu den Regionalbahnen in Berga als Hauptziel gesetzt. Somit startet stündlich ein Fahrzeug/Kabine bzw. Gruppe davon zur Minute 15 in Berga und ist zur Minute 47 wieder zurück. Demnach würden Anschlüsse mit dem RE 8 und dem RE 9 von/nach Halle optimiert (diese liegen im Bereich zwischen 4 und 13 Minuten). Darüber hinaus könnten in Berga auch Anschlüsse mit weiterführenden Buslinien gewährleistet werden (z. B. Linien 453 nach Sangerhausen oder Linie 494 nach Frankenhaußen), die allerdings momentan ein geringes Angebot darstellen.

Die bedienten Ortschaften befinden sich zum Teil abseits der Schienenstrecke. Der aktuelle Bus fährt in die Ortschaften hinein, was mit einer schienengebundenen Lösung auf der bestehenden Infrastruktur nicht möglich wäre. Somit würden sich mit einem solchen System längere Fußwege für die Fahrgäste ergeben.

Bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 60 km/h für den schienengebundenen Teil der Strecke, würde sich für die Verbindung Berga (Bahnhof) - Stolberg (Bahnhof) eine Reisezeit von 17 Minuten ergeben. Diese entspricht in etwa der Reisezeit mit dem Pkw und einer 10-minütigen Reisezeitersparnis (-37%) mit dem Bus.

Je nach Größe der Kabinen und ihrer Möglichkeit zum „Platooning“ bzw. zur Kopplung/Entkopplung, bzw. Gruppierung, könnte ein Konzept mit modularen und flexiblem /nachfrageorientiertem Einsatz der Kabinen/Kapazitäten geschaffen werden. Somit würden z. B. in der HVZ mehrere Kabinen zusammen fahren, um genügend Kapazität für die stärkere Nachfrage zu gewährleisten. Außerhalb der HVZ werden dann weniger Kabinen genutzt.

Für eine mögliche Bedienung im Stundentakt würden demnach 2 (Gruppen von) Fahrzeuge/Kabinen benötigt (je nach Fahrzeuggröße). Bei einer Halbierung der Taktung (60 auf 30 Minuten, 30 auf 15 Minuten) wird jeweils ein zusätzliches Fahrzeug/Kabine bzw. eine Gruppe davon benötigt.

Bei dem Übergang des zugrunde gelegten Mobilitätssystems von der Schiene auf das Luftseil („luftgebunden“) am Bahnhof Stolberg wird eine Zeit von drei Minuten angenommen.

Mit diesem Beispielkonzept würde die Gesamtfahrzeit zwischen Berga bis zum Schloss Stolberg bei 24 Minuten liegen. Die Wendezeit in Berga würde bei 28 Minuten liegen, während diese beim Schloss in

Stolberg bei 40 Minuten läge. Diese Wendezeiten könnten theoretisch genutzt werden, um zusätzliche Fahrten anzubieten (die z. B. nur bei angemeldetem Bedarf durchgeführt werden). Es muss aber gesichert werden, dass die notwendigen Kapazitäten an der geeigneten Stelle für die regulären Takt-Fahrten zur Verfügung stehen und dass die Strecke in diesen Zeitfenstern frei ist, bzw. dass genügend Ausweichstellen vorhanden sind, um keine Störungen zu verursachen.

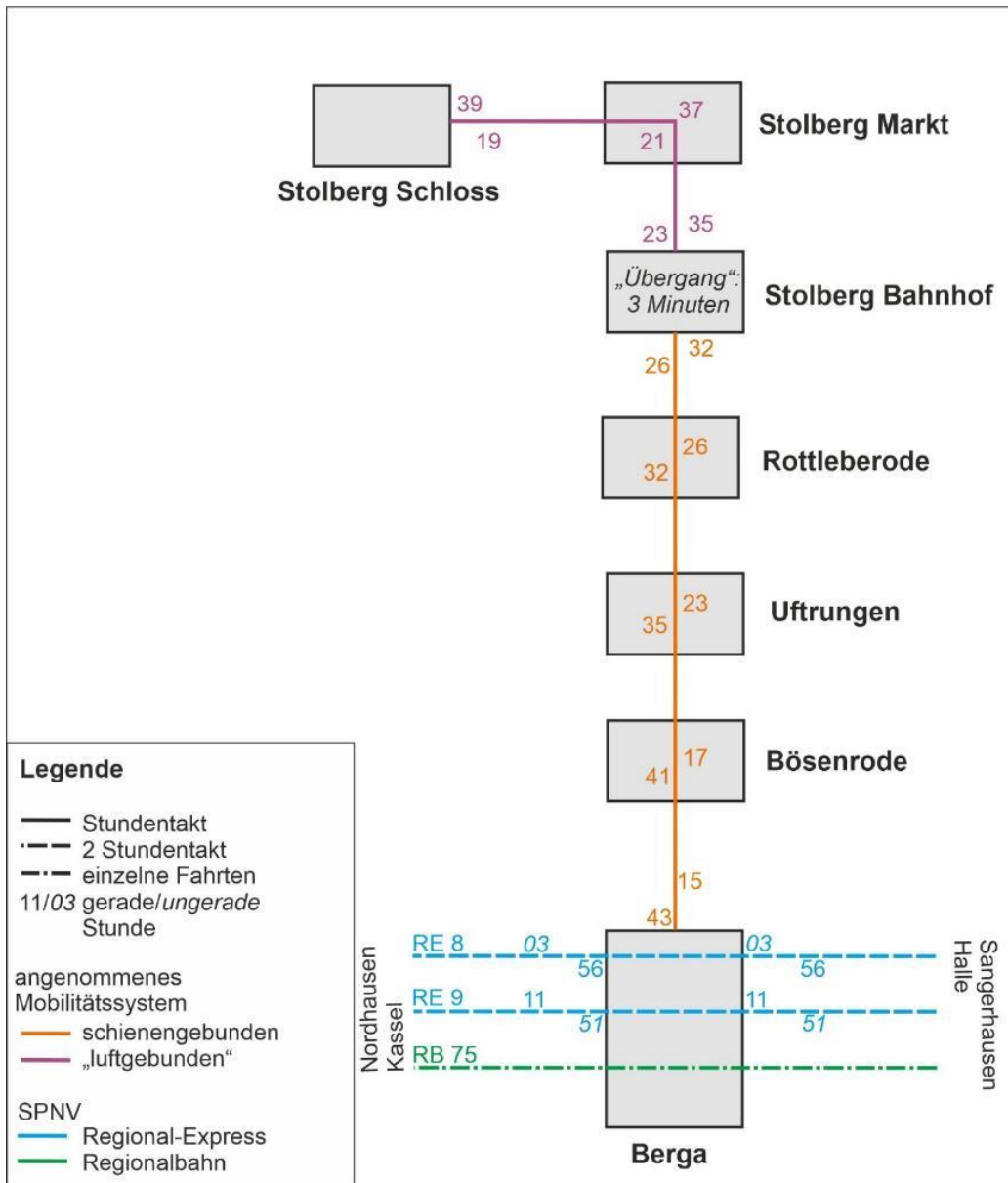


Abbildung 46: Beispielkonzept Strecke Stolberg - Berga

5.4.4.2 Reisezeitvergleich

Zur Beurteilung der Attraktivität des so definierten Angebots für die (vor)letzte Meile auf der Beispielsecke wird ein Reisezeitvergleich aufgestellt. Dabei werden Umsteigezeiten in Berga nicht betrachtet, da diese aktuell je nach Richtung unterschiedlich ausfallen. Im Beispielkonzept sind sie für die Richtung von/nach Sangerhausen/Halle optimiert, sodass für diese Verbindungen zusätzliche Zeitersparnisse entstehen. Bei den Reisezeiten für das angenommene Mobilitätssystem werden auch die zusätzlich entstehenden Fußwege bis zu den Ortsteilen integriert, die durch das System nicht so direkt angeschlossen werden können wie mit dem heutigen Bus (Bösenrode, Uftringen). Diese könnten durch Angebote der letzten Meile verkürzt werden.

Tabelle 6: Reisezeiten mit Pkw, Strecke Stolberg-Berga

	Reisezeiten mit Pkw [Minuten]						
	Berga	Bösenrode	Uftringen	Rottleberode	Stolberg Bahnhof	Stolberg Markt	Stolberg Schloss
Berga							
Bösenrode	5						
Uftringen	9	6					
Rottleberode	10	8	6				
Stolberg Bahnhof	17	15	13	9			
Stolberg Markt	19	17	15	11	2		
Stolberg Schloss	20	18	16	12	3	1	

Tabelle 7: Reisezeiten im aktuellen ÖV, Strecke Stolberg-Berga

	Reisezeiten im ÖPNV aktuell (Bus) [Minuten]						
	Berga	Bösenrode	Uftringen	Rottleberode	Stolberg Bahnhof	Stolberg Markt	Stolberg Schloss
Berga							
Bösenrode	5						
Uftringen	9	6					
Rottleberode	16	12	9				
Stolberg Bahnhof	27	23	17	10			
Stolberg Markt	30	26	23	16	3		
Stolberg Schloss	-	-	-	-		-	

Tabelle 8: Reisezeiten im ÖV mit dem angenommenen Mobilitätssystem

Reisezeiten im ÖV mit dem angenommenen Mobilitätssystem [Minuten]							
	<i>Berga</i>	Bösen- rode	Uftrun- gen	Rottle- berode	Stol- berg Bahn- hof	Stol- berg Markt	Stolberg Schloss
<i>Berga</i>							
Bösenrode	7						
Uftrungen	9	12					
Rottleberode	11	14	8				
Stolberg Bahnhof	17	20	12	6			
Stolberg Markt	23	25	17	11	2		
Stolberg Schloss	25	27	19	13	4	2	

Tabelle 9: Reisezeitgewinne und Verluste, Strecke Stolberg-Berga

Reisezeitgewinn/Verlust im ÖV mit dem angenommenen Mobilitätssystem im Vergleich zum aktuellen ÖV Angebot [Minuten]							
	<i>Berga</i>	Bösen- rode	Uftrun- gen	Rottle- berode	Stolberg Bahnhof	Stolberg Markt	Stol- berg Schloss
<i>Berga</i>							
Bösenrode	+ 2						
Uftrungen	+/- 0	+ 6					
Rottleberode	- 5	+ 2	- 1				
Stolberg Bahnhof	- 10	- 3	- 5	- 4			
Stolberg Markt	- 7	- 1	- 6	- 5	- 1		
Stolberg Schloss	-	-	-	-	-	-	

Durch das neue Angebot würde der ÖV an Attraktivität gewinnen. Allerdings nicht gleichmäßig für alle Verbindungen auf der Strecke. Am meisten profitiert die Relation Berga-Stolberg, die eine touristische Hauptzubringerachse für den ÖPNV darstellt. Für manche Relationen ergeben sich längere Ab- und Zugangswege und demnach längere Reisezeiten. Um diese zu minimieren, empfiehlt es sich eine ergänzende Mobilitätslösung für die letzte Meile für die benachteiligten Ortschaften einzurichten (autonome bzw. hochautomatisierte Shuttles, Sharing Angebote).

Verglichen mit den Reisezeiten mit Pkw, definieren die hier resultierende Reisezeiten grundsätzlich ein „gutes“ bis „sehr gutes“ Angebot (siehe Qualitätsstufen des ÖV basierend auf dem Reisezeitverhältnis ÖV/MIV nach RIN im Kapitel 3.1) was aber schon heute mit der Bedienung mit dem Bus der Fall ist.

Mit dem angenommenen neuen Mobilitätssystem wäre zudem ein dichter Takt als heute möglich, was das Angebot noch attraktiver machen würde, wobei die Begegnungen im Gegenverkehr und das Zusammenspiel mit dem Güterverkehr zu prüfen wäre.

Durch die Taktverdichtung auf der Strecke und die Verkürzung der Reisezeiten für manche Relationen kann ein Anstieg des ÖV Modal Splits im betrachteten Korridor erwartet werden. Die möglichen Effekte im Binnenverkehr, also innerhalb des betrachteten Korridors, können direkt auf das neue System zurückgeführt werden, wenn auf der Strecke kein konkurrierendes Mobilitätsangebot besteht. Ihr Ausmaß

hängt von den genauen Nachfrageströmen zwischen den einzelnen Ortschaften ab sowie vom Ausmaß der Verbesserung gegenüber der Vergleichssituation ohne das potenzielle Mobilitätssystem.

Bei den Wegen mit Quelle oder Ziel außerhalb des betrachteten Korridors, z. B. mit Anschluss in Berga zu übergeordneten Verkehrssystemen, wie Bahnen oder Bussen, wären potenzielle positive Nutzungseffekte vor allem durch die Angebotsqualität bzw. das Angebotsniveau der weiterführenden Linien sowie durch die Anschlussqualität (kurze Umsteigezeiten, unkomplizierter Umstieg) beeinflusst.

5.4.4.3 *Skizzierung exemplarischer Verknüpfungspunkte mit restlichem ÖV*

Im Folgenden ist eine beispielhafte Gestaltung der potenziellen Station und multimodalen Knoten von Stolberg (Bahnhof) skizziert.

Der Bahnhof Stolberg bleibt größtenteils im aktuellen Zustand erhalten. Zusätzlich zum Bahnsteig ist im Beispielkonzept eine Seilbahnstation vorgesehen, die vom Bahnsteig aus erreicht werden kann und Übergangszeiten vom schienengebundenen auf das seilgebundene System somit minimiert werden können. Problematische Punkte für die Seilbahn stellt die Tallage von Stolberg dar, da sich im unmittelbaren Umfeld der Seilbahnstation steile Hänge befinden, die von der Seilbahn überwunden werden müssen. Ein weiteres Problem stellt der Platz dar, der für die Station zur Verfügung steht, da lediglich auf dem Parkraum entlang der Bahnlinie einigermaßen ausreichend Platz ist um eine Station zu errichten. Die Maße der hier dargestellten Station liegen im Bereich von 20x40m.



Abbildung 47: Beispielhafter multimodaler Haltepunkt Stolberg Bahnhof

Als Beispiel einer ähnlichen Station kann eine Station der Portland Aerial Tram genommen werden.



Abbildung 48: Station der Portland Aerial Tram, Quelle: www.gondolaproject.com/category/installations/portland-aerial-tram-installations/

5.4.5 Exkurs: Grobe Kostenschätzung mit Parametern konventioneller Verkehrsträger

In diesem Exkurs wird vergleichend dargestellt, wie das in 5.3.4.1 beschriebene Streckenkonzept mit konventionellen Verkehrsträgern (Bahn, Seilbahn) bedient werden könnte. Dies wird anhand von einigen groben (Kosten-)Parametern durchgeführt.

Damit wird ein erster Vergleichsrahmen für die potenzielle Entwicklung der neuen Systemidee geschaffen. Die aufgeführten (Kosten-)Parameter decken die größten Kostenträger ab (vgl. Kostensätze in Anhang 3).

Bei der Seilbahn werden sowohl Größenordnungen einer Einseilumlaufbahn als auch einer Dreiseilumlaufbahn aufgeführt. Die Dreiseil-Bahnen eignen sich tendenziell besser für einen ÖPNV Anwendungsfall. In dem Fall von Stolberg könnte sich bei der Seilbahn ggf. um eine eher touristische Nutzung handelt und somit auch eine Einseilumlaufbahn in Betracht gezogen werden.

Die Orientierungswerte zu den Kosten stammen aus dem "Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten"⁴⁴. Es wurden folgende Größenordnungen angenommen:

- Kosten pro Station: 1.500.000 € (Einseilbahn) - 4.000.000 € (Dreiseilbahn)
- Kosten pro Stütze: 250.000 € (Einseilbahn) - 1.000.000 € (Dreiseilbahn)
- Kosten pro Kabine: 25.000 € (Einseilbahn) - 250.000 € (Dreiseilbahn)

Bei der Bahn wird davon ausgegangen, dass die Infrastruktur nicht neu zu errichten ist, sondern nur die Stationen (Annahme: 0,5 – 1 Mio€/Station). Für eine mögliche Elektrifizierung der Strecke kann von 1 Mio. € / km ausgegangen werden. Bei den Betriebskosten wird ein Pauschalwert von 8-10 €/ Betriebskm angenommen.

Es wird angenommen, dass zwischen Berga Bahnhof und Stolberg Bahnhof ein Zug im Stundentakt verkehrt. Des Weiteren wird angenommen, dass von Stolberg Bahnhof eine Seilbahn mit Zwischenstation in Stolberg Markt zum Schloss fährt.

⁴⁴ https://www.stmb.bayern.de/assets/stmi/med/aktuell/leitfaden_urbane_seilbahnen_in_bayern.pdf

Die angenommenen Fahrgastzahlen bzw. Einsteiger entlang der Beispielstrecke Stolberg – Berga werden aus der Potenzialanalyse auf ein volles Jahr hochgerechnet. Es wird angenommen, dass jeder Fahrgast im Durchschnitt 7,5 km auf der Bahnstrecke und 1 km auf der Seilbahnstrecke zurücklegt.

Tabelle 10: Aufstellung der möglichen Kosten durch die Bedienung von konventionellen Verkehrsträgern, Strecke Stolberg – Berga

	Teil Bahn	Teil Seilbahn
Streckenlänge (km)	15	1,5
Anzahl Stationen	4	3
Anzahl Stützen		2
Anzahl Fahrzeuge	2 (à 80-100 Plätze)	3 (à 35 Plätze, Dreiseilbahn) oder 10 (à 10 Plätze, Einseilbahn)
Nutzungsdauer Infrastruktur	50 – 75 Jahre	15 – 20 Jahre
Infrastrukturkosten in € pro Jahr	60.000 – 120.000 (hauptsächlich Stationen, da Infrastruktur besteht) <i>Option Elektrifizierung:</i> + ca. 450.000	260.000 – 700.000 (Stationen) + 30.000 – 120.000 (Stützen) + 15.000 – 45.000 (Kabinen)
Anzahl Fahrtenpaare (täglich)	15	nach Bedarf
Betriebs-km/Jahr	162.000	je nach Anzahl Fahrtenpaare
Betriebskosten in € pro Jahr (inkl. Fahrzeug, Wartung, Personal, Trassengebühren)	1,3 – 1,6 Mio.	je nach Betriebsspezifika und Betriebskm keine pauschale Werte
Anzahl Einsteiger / Jahr	200.000 – 1.100.000	200.000 – 1.116.000
Personen-km pro Jahr	1.500.000 – 8.370.000	200.000 – 1.116.000

5.5 Steigerung der Attraktivität eines autonomen Systems durch die permanente on-demand-Verfügbarkeit?

Eine der Besonderheiten des zugrundeliegenden Systems sollte die ständige Verfügbarkeit („on-demand“ bzw. Nachfrage- und bedarfsorientiertheit) sein. Es stellt sich die Frage, ob eine solche Verfügbarkeit zu einer Erhöhung der Attraktivität und der Nutzung beitragen kann. Im Kapitel 3.1 wurde auf die verschiedenen Parameter eingegangen, die die Akzeptanz und Attraktivität eines ÖV-Systems stark beeinflussen – unter anderem spielt auch die Systemverfügbarkeit (Taktung, Bedienungszeiten) eine große Rolle (siehe hierzu auch die Standardisierte Bewertung: Intraplan Consult GmbH 2016). Grundsätzlich gilt: je höher die Verfügbarkeit, desto höher die Nutzung. In Bezug auf das hier angenommene System für die (vor)letzte Meile können zudem folgende Aspekte angemerkt werden:



- ▶ Die „on-demand“ Funktion und die hohe Verfügbarkeit eines solchen Systems spielen eine große Rolle im „Binnenverkehr“ eines definierten Raums: z. B. für eine bessere Vernetzung zwischen einzelnen Ortschaften im ländlichem Raum oder auch z. B. für werksinterne Verkehre.
- ▶ Es handelt sich um ein System, das die (vor)letzte Meile bedient und prinzipiell einen Anschluss mit anderen (übergeordneten) ÖV-Systemen (Bahn, S-Bahn) herstellen soll. Eine ständige (on-demand-) Verfügbarkeit dieses Systems wird umso interessanter, wenn auch das Anschlusssystem über eine genauso bzw. ähnlich hohe Verfügbarkeit bzw. Taktung verfügt um einen Netzeffekt zu erzielen.
- ▶ Es wurden die Rahmenbedingungen für das Zusammenspiel der zwei o. g. Funktionen anhand der Betrachtung der zwei Beispielstrecken diskutiert: es muss gesichert werden, dass genügend Kapazitäten und die Trasse zu den definierten Takten zur Verfügung stehen um die Anschlüsse mit der (S-)Bahn störungsfrei zu gewährleisten. Dieses kann z. B. durch (zu entwickelnde) intelligente Fahrzeugsteuerungssysteme geschehen. Die Fragestellung nach der Trassenverfügbarkeit ist vor allem bei eingleisigen Schienenstrecken von besonderer Bedeutung.
- ▶ Durch die Trassengebundenheit können bestimmte Zielorte nicht vergleichbar gut erreicht werden, wie dies mit nicht trassengebundenen Systemen der Fall ist. Im Kontext stillgelegter Schienenstrecken im ländlichen Raum liegen Ortschaften oft abseits der Strecke, was zu längeren Ab- und Zugangswegen für die Fahrgäste führen würde. In solchen Fällen bedient das System die vorletzte Meile und es empfiehlt sich die Ergänzung durch ein System für die letzte Meile (z. B. autonome Shuttles oder Sharing Angebote) auf Kosten eines zusätzlichen Umstiegs.

5.6 Stakeholderanalyse

Die Stakeholderanalyse identifiziert die wichtigsten Personen, Personengruppen und Organisationen und deren Einflussfaktoren auf das Projekt. Ziel einer Stakeholderanalyse ist es, die Bedürfnisse und Erwartungen der betroffenen Interessengruppen zu erörtern und einzubeziehen, um mögliche Chancen und Herausforderungen bei der Projektdurchführung zu erkennen und die Einbeziehung der Interessengruppen nach Wichtigkeit und Aufmerksamkeitsgrad zu kategorisieren. Üblicherweise wird die Stakeholderanalyse in der Projektplanungsphase durchgeführt. Innerhalb der hier durchgeführten Potenzialanalyse im deutlich früheren Konzeptstadium ist darum eine high-level Betrachtung bezüglich der Stakeholder erfolgt.

Der methodische Dreischritt der durchgeführten Stakeholderanalyse wird in Abbildung 49 verdeutlicht. Entlang der beiden Beispielstrecken GVZ/Porsche und Stolberg – Berga wurden die potenziell betroffenen Stakeholder identifiziert und ihre mögliche Rolle bei der Umsetzung eines (Pilot-)Projektes analysiert. Darauf aufbauend wurden Beispiele von Maßnahmen und Empfehlungen für das Risikomanagement abgeleitet. Anhand der beispielhaften Betrachtung können so Erkenntnisse gewonnen werden, wie bei einer möglichen zukünftigen Weiterentwicklung Stakeholder identifiziert, eingeordnet und eingebunden werden können. Eine qualifizierte Stakeholderanalyse sollte immer anhand einer realen Strecke und Gegebenheit erfolgen. Gleiches gilt für eine passgenaue Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen. Die folgende Analyse liefert hierfür Input, ersetzt aber keine explizite, zukünftige Betrachtung.



Abbildung 49: Herangehensweise bei der Stakeholderanalyse

Schritt 1: Identifizierung von Stakeholdern

In den folgenden Tabellen sind die identifizierten Stakeholder für die beiden Beispielstrecken aufgeführt. Um eine gewisse Übertragbarkeit auf die zukünftige Untersuchung weiterer potenzieller Strecken zu gewährleisten, wurden die einzelnen Stakeholder übergeordneten Kategorien zugeordnet. Die aufgeführten Listen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die genannten Stakeholder stehen daher beispielhaft für Vertreter der übergeordneten Kategorien und sollten als solche verstanden werden.

Tabelle 11: Stakeholder der Beispielstrecke 1 (GVZ/Porsche)

	Kategorie	Stakeholder	Inhalte / Rolle
Verkehr	Verkehrsverbund	Mitteldeutscher Verkehrsverbund GmbH (MDV)	Verkehrsverbund des öffentlichen Nahverkehrs im Großraum Leipzig-Halle
	Aufgabenträger	Zweckverband für den Nahverkehrsraum Leipzig (ZVNL)	Planung, Organisation und Finanzierung des regionalen SPNV
	Aufgabenträger	Stadt Leipzig	Planung, Organisation und Finanzierung des ÖPNV
	Aufgabenträger	Landkreis Nordsachsen	Planung, Organisation und Finanzierung des ÖPNV (nördlicher Teil des Untersuchungsgebiets liegt innerhalb der Stadtgrenzen von Schkeuditz - Radefeld)
	Betreiber	Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB)	Kommunales Unternehmen der Leipziger Gruppe: Betrieb des ÖPNV (Straßenbahnen und Busse) in Leipzig und näherer Umgebung
	Betreiber	Nordsachsen Mobil GmbH (NOMO)	Landkreiseigenes Verkehrsunternehmen Nordsachsen: Betrieb des ÖPNV im Landkreis Nordsachsen (u.a. Schkeuditz)
	Infrastruktureigentümer	Deutsche Bahn	Besitzerin der Schieneninfrastruktur durch ihre Tochter DB Netz
Verwaltung und Politik	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Stadt Leipzig	Unterschiedliche Ämter: u.a. Wirtschaftsförderung Leipzig, Umweltamt, Verkehrs- und Tiefbauamt
	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Landkreis Nordsachsen	Unterschiedliche Ämter



	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Stadt Schkeuditz	Unterschiedliche Ämter
	Landesamt	Landesamt für Straßenbau und Verkehr (LASuV)	Verwaltung, Planung, Bau und Erneuerung von Bundesfernstraßen und Staatsstraßen
	Ministerium	Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (SMWA)	Zuständig für Verkehr in Sachsen, Förderung von Investitionen in ÖPNV-Infrastruktur
Verbände und Netzwerke	Wirtschaftsförderung	WRL Wirtschaftsförderung Region Leipzig GmbH	Standortwerbung für den Wirtschaftsstandort Leipzig/Westsachsen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene
	Wirtschaftsverband	Industrie- und Handelskammer Leipzig	Wahrnehmung des Interesses der Gewerbetreibenden gegenüber Kommunen, Landesregierungen, Politik und Öffentlichkeit. Förderung der gewerblichen Wirtschaft
	Netzwerk	Netzwerk Logistik Mitteldeutschland e.V.	Netzwerk für Logistikunternehmen und andere relevante Firmen (z. B. DEKRA, Agentur für Arbeit, DAK, Flughafen Leipzig-Halle, Uni HHL, IHK). Einige Unternehmen im GVZ sind Mitglieder
	Netzwerk/ Verband	Deutsche GVZ- Gesellschaft mbH	Dachverband der deutschen Güterverkehrszentren, der die übergreifenden Interessen der GVZ-Entwickler vertritt
	Weitere Mobilitätsinitiativen und Verbände	Ökolöwe – Umweltbund Leipzig Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club (ADFC)	Verein für Umweltschutz und nachhaltige Stadtentwicklung in Leipzig Verkehrsclub für Fahrradfahrende (Fahrradlobby)
Unternehmen	Unternehmen im GVZ Nord	Porsche und direkte Zulieferer Großmarkt Leipzig Weitere Unternehmen (insbesondere Automobil- und Logistikbranche)	Porsche und die direkten Zulieferer sind in diesem Gebiet angesiedelt. Je nach Streckenverlauf gilt Porsche als „Spezialfall“, da ein Haltepunkt auf dem Werksgelände liegen könnte. Nutzung des Systems für Waren/Güter/KEP, Mitarbeitende ggf. als Nutzer des Systems
	Unternehmen im GVZ Süd	Unternehmen der Automobil- und Logistikbranche (u.a. DB Containerterminal)	Nutzung des Systems für Waren/Güter/KEP, Mitarbeitende ggfs. als Nutzer des Systems
Sonstige	Anwohner und Beschäftigte	Anwohner in den umliegenden Ortschaften und Beschäftigte innerhalb des GVZ	Ggf. bereits Nutzer des ÖPNV

Tabelle 12: Stakeholder der Beispielsstrecke 2 (Stolberg – Berga)

	Kategorie	Stakeholder	Inhalte / Rolle
Verkehr	Aufgabenträger	Nahverkehrsgesellschaft Sachsen-Anhalt (NASA)	Planung, Organisation und Finanzierung des regionalen SPNV in Sachsen-Anhalt.
	Aufgabenträger	Landkreis Mansfeld Südharz (Sachsen-Anhalt)	Organisation und Finanzierung des ÖPNV
	Betreiber	Verkehrsgesellschaft Südharz (Sachsen-Anhalt)	Betrieb des ÖPNV in der Region, u.a. verschiedene Buslinien, nach und um Stolberg
	Betreiber	Harzer Verkehrsbetriebe (Sachsen-Anhalt)	Betrieb des ÖPNV in der Region, u.a. verschiedene Buslinien, nach und um Stolberg
	Betreiber	Verkehrsbetriebe Nordhausen (Thüringen)	Betrieb des ÖPNV in der Nachbarregion, u.a. Buslinien nach Rottleberode
	Infrastruktureigentümer	Deutsche Bahn	Besitzer der Schieneninfrastruktur durch ihre Tochter DB Netz
Verwaltung und Politik	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Landkreis Mansfeld-Südharz	Unterschiedliche Ämter: u.a. Amt für Kreisplanung/ÖPNV
	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Gemeinde Südharz	Die Stadt Stolberg ist Teil der Gemeinde Südharz und in dieser durch einen Ortschaftsrat repräsentiert
	Stadtverwaltung und Kommunalpolitik	Stadt Stolberg	
Verbände und Netzwerke	Mobilitäts-initiative/Lobby- und Verbraucher- verband	VCD Landesverband Elbe-Saale	Thema: Verkehrswende und nachhaltige Verkehrsentwicklung, Interessenvertretung aller Verkehrsteilnehmer. Präsenz im Kreis Mansfeld-Südharz
	Verein	Werbe- und Verkehrsgemeinschaft Stolberg Harz	Interessenvertretung der zugehörigen Gewerbetreibenden und Förderung der gewerblichen Wirtschaft. Mitglieder sind Gewerbetreibende Stolbergs, aus Handwerk, Gastronomie, Hotellerie, Einzelhandel und Forstwirtschaft
Unternehmen	Tourismus- und Hotelbetriebe	z. B. Ritter Kempfski Hotelbetrieb	Errichtung eines Event- und Tagungshotels im Schloss Stolberg
	Weitere lokale Unternehmen	z. B. Knauf Gips und ante-holz	Knauf Gips: Gipswerk in Rottleberode ante-holz: Holzbetrieb in Rottleberode mit direktem Bahnanschluss

Sonstige	Anwohner und Beschäftigte	Berga-Kelbra, Rottleberode, Stolberg	Wohnen und arbeiten in den Gemeinden, ggf. bereits Nutzer des ÖPNV
	Touristen	v.a. Schlossbesucher in Stolberg	Touristische Fahrten zum Schloss vor allem am Wochenende, ggf. bereits Nutzer des ÖPNV

Schritt 2: Klassifizierung der Stakeholder in der Stakeholder-Matrix

Die identifizierten Stakeholder-Kategorien aus Schritt 1 wurden in einem zweiten Schritt mit Hilfe einer Stakeholder-Matrix hinsichtlich ihres potenziellen „Einflusses“ auf die Entwicklung, Planung und Umsetzung des Projektes und ihres generellen „Interesses“ an dem neuen System eingeordnet. Durchgeführt wurde diese Einordnung mithilfe eines Workshops mit Experten aus der Region. Es wurden keine direkten Stakeholder-Gespräche entlang der Strecken geführt, da diese Beispielstrecken darstellen.

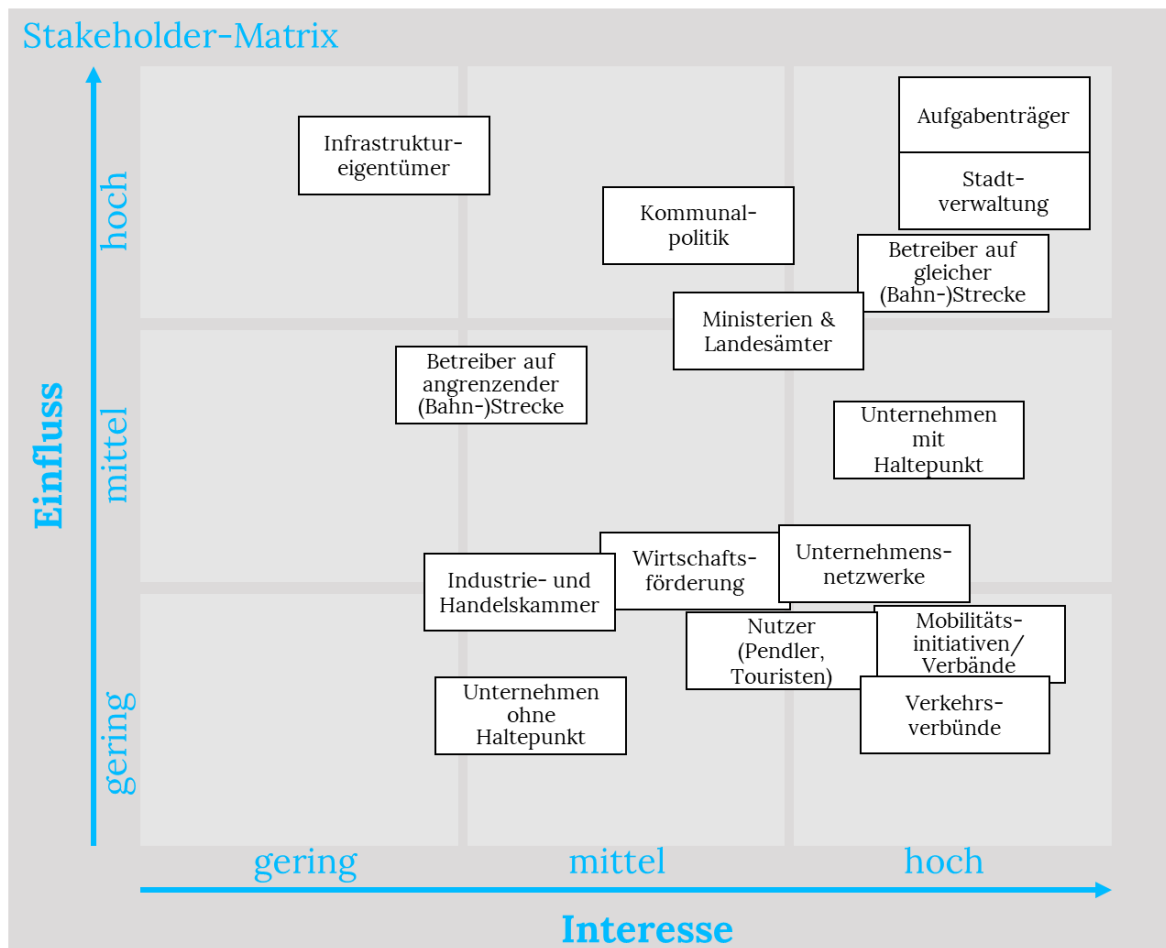


Abbildung 50: Übergeordnete Stakeholder-Matrix für die zwei Beispielstrecken

Abbildung 50 fasst die Einordnung streckenübergreifend zusammen. Die vertikale Achse beschreibt den potenziellen Einfluss, die horizontale Achse das potenzielle Interesse an dem neuen System. Zusammenfassend kristallisieren sich drei übergeordnete Stakeholdergruppen heraus.

- Stakeholder mit hohem Einfluss und hohem Interesse:** Aufgabenträger ÖPNV und SPNV sowie die Stadtverwaltung und Kommunalpolitik als Entscheidungsträger, Ministerien & Landesämter als richtungweisende Institutionen sowie möglicherweise Betreiber, die die gleiche Streckeninfrastruktur (z. B. Bahnschiene) nutzen.



2. **Stakeholder mit mittlerem bis geringen Einfluss aber hohem Interesse:** Unternehmen mit Haltepunkten entlang der Strecke, Mobilitätsinitiativen & Verbände, Verkehrsverbände, Nutzergruppen wie Pendler und Touristen sowie Unternehmensnetzwerke und Wirtschaftsförderungen
3. **Stakeholder mit hohem Einfluss aber eher geringem bis mittlerem Interesse:** Infrastruktureigentümer, Betreiber auf angrenzender (Bahn-)Strecke

Etwas außerhalb dieser übergeordneten Gruppen sind Unternehmen ohne Haltepunkte sowie die Industrie- und Handelskammer platziert, deren direktes Interesse an einer Entwicklung des potenziellen Systems als gering bis mittel eingeschätzt wird. Weiterhin stellen die Anwohner entlang der Strecken zwar einen relevanten aber sehr heterogenen Stakeholder dar. Daher sind die Anwohner in der Stakeholder-Matrix nicht aufgenommen worden. Es wird empfohlen, bei einer realen Streckenplanung in einem späteren Entwicklungsstadium des Systems eine ausführliche Untersuchung mit Befragungen speziell für Anwohner durchzuführen (siehe auch Schritt 3: Stakeholdermanagement).

Anzumerken ist, dass es sich hier um eine erste übergeordnete Einordnung der identifizierten Stakeholder handelt. Eine Einschätzung der Stakeholder bezüglich ihrer jeweiligen Haltung (positiv, negativ, neutral) gegenüber dem potenziellen System lässt sich im aktuellen Projektstadium nicht treffen. Insbesondere seitens der verkehrlichen Aufgabenträger und -betreiber scheint eine eher neutrale Einstellung gegenüber dem System vorzuherrschen, solange keine detailliertere Projektentwicklung und -planung vorliegt. Sobald die Systemidee einen gewissen Reifegrad hat und eine entsprechende Umsetzungsplanung an einer Strecke angestoßen wird, sollte daher eine detaillierte Analyse der Einstellung der entsprechenden Stakeholder hinsichtlich des Systemgedankens und der Umsetzung in Einzelgesprächen durchgeführt werden.

Schritt 3: Stakeholderbeteiligung und -management

Die Einordnung der relevanten Stakeholder innerhalb der Stakeholdermatrix gilt als Grundlage für die Erarbeitung von Stakeholdermanagement-Aktivitäten, die den gesamten Planungs-, Entwicklungs- und Durchführungsprozess des potenziellen Systems auf einer konkreten Strecke begleiten sollen.

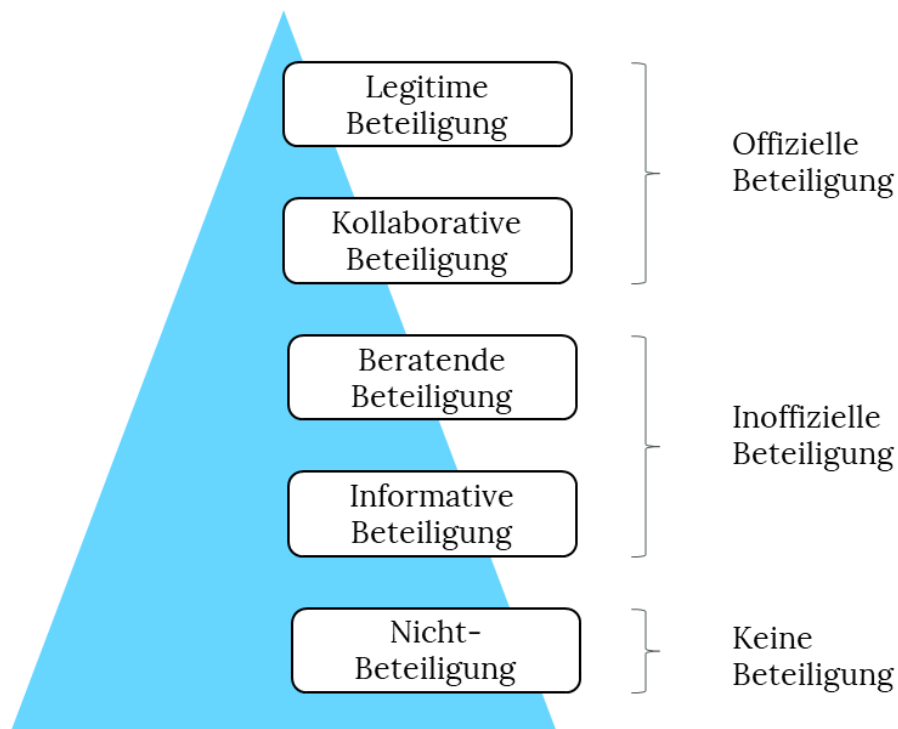


Abbildung 51: Beteiligungspyramide (Eigene Darstellung)



Zur Benennung möglicher Stakeholdermanagement-Maßnahmen wurde sich an der Einordnung im Sinne der klassischen Beteiligungspyramide orientiert (Abbildung 51). Anzumerken ist, dass die folgende Empfehlung nicht den offiziellen Planungsprozess für infrastrukturelle Projekte widerspiegelt, sondern akzeptanzsteigernde und umsetzungsfördernde Maßnahmen zur Projektentwicklung in den Fokus stellt. In diesem Sinne folgt die Stakeholderbeteiligung dem übergeordneten Ziel der Zufriedenheit von projektbezogenen Stakeholdern und der Akzeptanz des Vorhabens, die in einem Aushandlungsprozess entsteht und so das durchzuführende Projekt legitimiert.⁴⁵ Diese Legitimität entsteht auf offizieller und inoffizieller Beteiligungsebene.

Offizielle Beteiligung: Stakeholdergruppen mit hohem Einfluss (und sowohl geringem, mittlerem und hohem Interesse) sind zu Beginn einer möglichen Projektentwicklung und im Prozessverlauf legitim zu beteiligen. Für das Transportsystem impliziert dies eine frühzeitige Einbindung von bestehenden Infrastruktureigentümern (Bau/Inanspruchnahme der Strecke) und zuständigen Genehmigungsbehörden (Zulassung des Systems, Betriebsgenehmigungen, notwendige Auslegung von Projektunterlagen, etc.), deren Beteiligung bei einer infrastrukturellen Projektentwicklung enorme Bedeutung zukommt. Zudem sollten die entsprechenden Aufgabenträger (SPNV, ÖPNV) sowie kommunale Betreiber entlang der Strecke oder auf gleicher Strecke zu Projektbeginn beteiligt werden.

Maßnahmenbeispiele:

- Frühzeitige Erörterungs- und Abstimmungsgespräche mit den entsprechenden Behörden (Politik und Verwaltung), Aufgabenträgern und Betreibern
- Bildung eines Projektteams als Sprachrohr; gemeinsame Ortsbegehungen, gemeinsame Evaluierung der möglichen Strecken durch Aufgabenträger und -betreiber

Neben der legitimen Beteiligung steht vor allem vor dem Hintergrund der Minderung des Akzeptanzrisikos (siehe Kapitel 3.4) die kollaborative Beteiligung von Stakeholdergruppen mit hohem bis mittlerem Interesse im Vordergrund der Beteiligungsverfahren. Diese Beteiligungsform ist immer wieder punktuell zur Ausgestaltung und Durchführung der Projektentwicklung zu planen und öffnet Raum für kreative Dialog- und Beteiligungsformen. Diese könnten einerseits mit interessierten Nutzern vor Ort (z. B. lokale Unternehmen mit Haltepunkten, Pendlern, Touristen) durchgeführt werden. Für das hier untersuchte Transportsystem sollten insbesondere Stakeholdergruppen und Informationskanäle integriert und bespielt werden, die durch regionale Projekte (auf den beiden Beispielstrecken z. B. die Projekte Thyra Floh, ABSOLUT und LOW CARB) bereits bestehen. Hierzu gehören Multiplikator-Organisationen wie beispielsweise lokale Unternehmensnetzwerke und Mobilitätsinitiativen und -verbände (z. B. VCD Landesverband Elbe-Saale e.V., ADFC, ADAC, Umweltverbände wie der Ökolöwe).

Maßnahmenbeispiele:

- Einrichtung eines Projektbüros durch den lokalen Aufgabenträger als Anlaufstelle und zur Organisation von kollaborativen Beteiligungsveranstaltungen
- Planung und Durchführung von: Workshops, zweiseitigen Dialogveranstaltungen, Ideenwettbewerben zum Namen des Systems oder der Haltestellen
- Entwicklung eines digitalen Tools zu Online-Abstimmungen
- Finanzielle Beteiligungsmöglichkeiten von Anrainern (Ausführung siehe Kapitel 3.4)
- Fortlaufende wissenschaftliche Begleitung und gezielte Beratung durch fachspezifisches Wissen und Erkenntnisse von Forschungsinstituten

Inoffizielle Beteiligung: Stakeholdergruppen mit geringem bis mittlerem Interesse sind beratend im Projektverlauf und im Vorlauf zu offiziellen Projektmeilensteinen zu beteiligen. Hier wären beispielsweise Betreiber angrenzender (Bahn-)Strecken, Industrie- und Handelskammern sowie Unternehmen ohne Haltepunkte zu nennen. Auch regionale Universitäten und Forschungsinstitute können dem Pro-

⁴⁵ Herrmann et al. (2019)

jektteam beratend zur Seite stehen. Zudem sollte eine informative und öffentlichkeitswirksame Beteiligung der Bevölkerung, insbesondere der Anwohnenden, zu Beginn des Projektes und zu erreichten Meilensteinen angestrebt werden um gewissen Akzeptanzrisiken vorzubeugen.

Maßnahmenbeispiele:

- Umfragen zu Meinungen und Akzeptanz von Nutzern zu Technologie, Sicherheit, etc.
- Bekanntmachungen, Information der Öffentlichkeit zum neuen System als Erfolgsfaktor für die Umsetzung, Errichtung einer Website
- Veröffentlichung der Ergebnisse kollaborativer Beteiligungsformate z. B. durch Videosequenzen und wissenschaftliche Aufbereitung

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass bei aktuellen Infrastrukturprojekten – insbesondere im autonomen Mobilitätsbereich – das Thema der Stakeholder-Beteiligung und „Co-Creation“ immer wichtiger wird und sozio-politische Stakeholder einen signifikanten Einfluss auf die Projektziele haben.⁴⁶ Vor allem potenzielle Nutzergruppen und direkt (und auch indirekt) betroffenen Anwohnende sollten von Beginn an kollaborativ beteiligt werden, um die Akzeptanz von autonomen Systemen voranzutreiben und Nutzungspotenziale auszuschöpfen.

⁴⁶ Weiterführende Informationen zu Optionen moderner Bürgerbeteiligungen in Infrastrukturprojekten: https://kowi.de/wp-content/uploads/2019/08/2013_Studie_Optionen_moderner_B%C3%BCrgerbeteiligungen_bei_Infrastrukturprojekten_.pdf

6 Wertschöpfungsanalyse

Die Projektidee des innovativen Mobilitätskonzepts soll direkt in einem frühen Stadium auf wirtschaftlichen Nutzen entlang der Strecken und regionalwirtschaftliche Chancen für die IRMD untersucht werden.

Ziel der Wertschöpfungsanalyse ist es somit, den potenziellen wirtschaftlichen Nutzen des Systems durch die Einbeziehung regional ansässiger Unternehmen (siehe Kapitel 6.1 und 6.2) und die regionalwirtschaftlichen (6.2) und streckenabhängigen Effekte (6.3) für die IRMD zu erörtern (vgl. Abbildung 52).

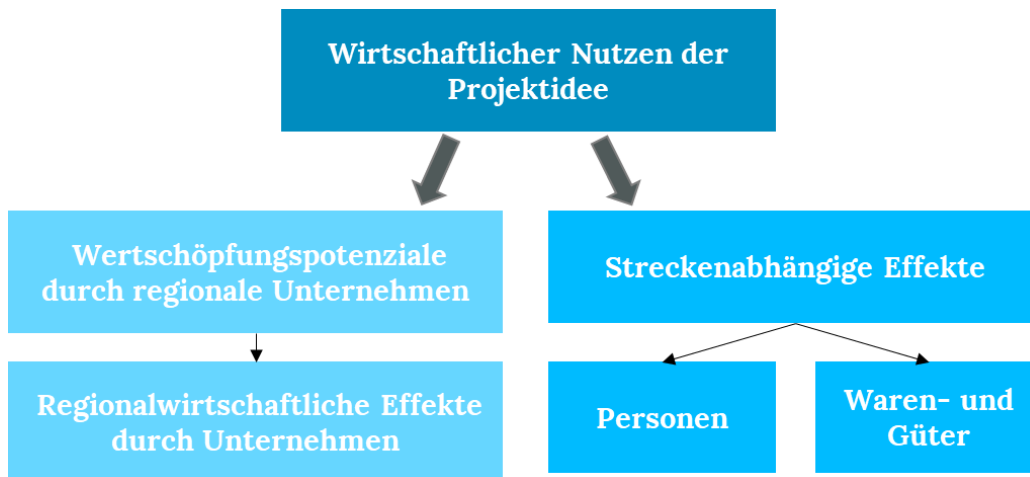


Abbildung 52: Potenzieller wirtschaftlicher Nutzen der Projektidee

6.1 Übergeordnete Wertschöpfungskette des Mobilitätssystems

In einem ersten Schritt wird eine exemplarische Wertschöpfungskette für ein mögliches Mobilitätssystem skizziert. Die Wertschöpfungskette verdeutlicht, welche Elemente und Schritte es braucht, um das System zu planen, zu entwickeln, herzustellen und zu betreiben und unterstützt bei der Identifizierung von Unternehmen aus der Region (siehe Kapitel 6.2), die möglicherweise eine Rolle in der Entwicklung und Umsetzung des Systems spielen können.

Die Wertschöpfungskette steht exemplarisch für ein grundsätzlich trassengebundenes System (Schientrasse oder Seilbahnkonstruktion). Da zum jetzigen Zeitpunkt noch kein integrierter Entwurf für das System vorliegt, ist die Wertschöpfungskette sehr vereinfacht dargestellt und beschreibt drei übergeordnete Wertschöpfungsdimensionen. Diese Dimensionen lassen sich jeweils zeitlich (welche Komponente der Wertschöpfungskette wird wann benötigt und durchgeführt) und inhaltlich (was wird genau geplant, entwickelt und durchgeführt) beschreiben.

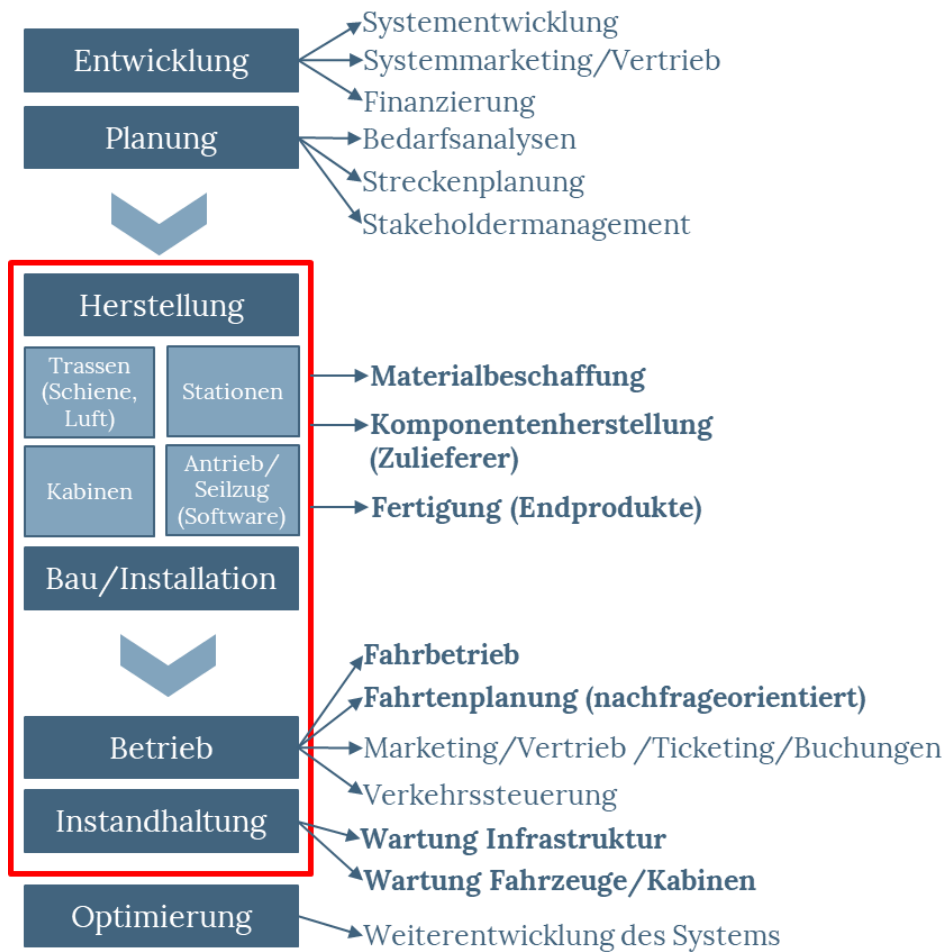


Abbildung 53: Wertschöpfungskette eines potenziellen Systems

Dimension 1: Planung und Entwicklung des Systems

Die 1. Dimension der Wertschöpfungskette umfasst die Entwicklung und Planung des Systems, bevor die eigentliche Umsetzung beginnen kann.

Hier wird das technische System entwickelt und ein privates oder öffentliches Unternehmen geformt, welches das System vermarktet und den Vertrieb übernimmt. Zusätzlich werden entsprechende Strecken für die Umsetzung anhand unterschiedlicher Nutzerbedarfe identifiziert. Erst werden Anwendungsfälle für eine Pilotierung ausgewählt und geplant – später kommt möglicherweise die Planung weiterer Strecken hinzu. Die Entwicklung, Pilotierung und auch die Planung der Implementierung des Systems auf weiteren Strecken müssen finanziert werden. Ein weiterer vorgelagerter Schritt vor der ersten aber auch jeder weiteren Umsetzung ist die Einbindung und das Management von Stakeholdern.

Dimension 2: Herstellung, Bau und Installation des Systems

Die 2. Dimension der Wertschöpfungskette umfasst die Herstellung, den Bau und die Installation der vier Hauptkomponenten - Trassen (auf der Schiene oder in der Luft schwebend), Stationen, Kabinen und der Antrieb bzw. Seilzug - an ausgewählten Strecken, sowie zugehöriger Software.

Unterpunkte für die Herstellung und Installation sind mindestens die Materialbeschaffung und die Komponentenherstellung auf der Zuliefererseite und die Fertigung der Endprodukte. Je nach Antriebstechnologie verändern sich einzelne Schritte oder Komponenten in der Herstellung und der Installation des Systems. Sobald eine technologisch ausgereifte Systemlösung entwickelt ist, können parallele Wertschöpfungsketten für die jeweilige Technologie ausgearbeitet werden.

Dimension 3: Betrieb, Instandhaltung und Optimierung des Systems

Die 3. Dimension der Wertschöpfungskette umfasst den eigentlichen Betrieb, die Instandhaltung und die weitere Optimierung des Systems.

Zum Betrieb gehören mindestens die Fahrtenplanung und der Fahrbetrieb, als auch die Nutzeransprache durch Marketing und Vertrieb, sowie der Ticketverkauf. Zudem muss der Betrieb des Systems gesteuert und instandgehalten werden. Da das System sich aktuell in einem sehr frühen Stadium der Entwicklung und Wertschöpfung befindet, wird es im Zeitverlauf an einigen Stellen Optimierungsbedarfe geben.

6.2 Wertschöpfungspotenziale und -effekte in der IRMD

In einem zweiten Schritt wird analysiert, welche Wertschöpfungspotenziale durch die Einbeziehung regionaler Unternehmen in die Projektentwicklung des potenziellen Systems gehoben werden können. Der Fokus der Analyse liegt hierbei auf den folgenden zentralen Komponenten des Systems:

1. Bau von Trassen und Stationen (Schiene/Luft)
2. Herstellung von Kabinen
3. Herstellung des Antriebs/Seilzugs
4. Betrieb und Software

Zuerst werden Unternehmen innerhalb der IRMD identifiziert, die möglicherweise eine Rolle in der Entwicklung und Umsetzung dieser Komponenten spielen könnten und die Ergebnisse einiger Unternehmensinterviews zu dieser Fragestellung zusammengefasst. Danach wird erörtert, welche regionalwirtschaftlichen Effekte durch die Einbeziehung von diesen regional ansässigen Unternehmen entstehen können.

6.2.1 Wertschöpfungspotenziale durch die Einbeziehung von regionalen Unternehmen

Tabelle 13 zeigt in der IRMD ansässigen Unternehmen, geordnet nach den zentralen Komponenten der Wertschöpfungskette, sowie einige wenige Unternehmen, die zwar nicht in der Region angesiedelt sind, aber eine relevante Rolle für die Entwicklung und Herstellung des Systems einnehmen könnten. Die Auswahl der Unternehmen erfolgte mithilfe eines Workshops mit Experten aus der Region.

Tabelle 13: Identifizierte Unternehmen in der IRMD (und darüber hinaus)

Bereich der WSK	Unternehmen	Technik/Produkt/Leistung	Mitarbeiter in der IRMD	Standort in der IRMD	Unternehmensstruktur
Entwicklung und Finanzierung	Agentur Sprind (Innovationsagentur Bund)	Entdeckung und Weiterentwicklung von Sprunginnovationen	30-50 ⁴⁷	Leipzig	GmbH, Innovationsagentur Bund
Trassenbau (Schiene, Luft)	Kirow Ardelt	Eisenbahntechnik, Eisenbahnkrane, Doppellenkerkrane, Balancerkrane, Containerbrücken, Drehkrane, Portalkrane und Verladebrücken	182 ⁴⁸	Leipzig	GmbH
Trassenbau (Schiene, Luft)	Ari-Motors	Elektrofahrzeuge, Leicht-elektromobile	13 ⁴⁹	Borna	GmbH

⁴⁷ <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2019/20190918-leipzig-wird-sitz-der-agentur-fuer-sprunginnovationen.html>

⁴⁸ www.bundesanzeiger.de – Kirow Ardelt

⁴⁹ https://www.dnb.com/business-directory/company-profiles.ari_motors_gmbh.fa2f37c28b31e09409b8d52cc9b95629.html

Bereich der WSK	Unternehmen	Technik/Produkt/ Leistung	Mitarbei- tende in der IRMD	Standort in der IRMD	Unterneh- mensstruktur
Montage und Her- stellung eines Fahr- zeugs/Kabinen; Ent- wicklung von Fahr- zeugen im Schienen- bereich	Heiterblick	Straßenbahn-Fahrzeuge, Umbaudienstleistungen, Komponentenfertigung für Schienenfahrzeuge, Hochflur- und Niederflur- bahnen/Spezialfahrzeuge	120-130 ⁵⁰	Leipzig	GmbH
Entwicklung und Bau von Kabinen	Südharzer Fahr- zeugbau	Aufsätze für LKW, Nutz- fahrzeugeinbauten, -aus- bauten und -umbauten, Sonder-/Spezialfahrzeuge	14 ⁵¹	Berga	GmbH
Entwicklung und Bau von Kabinen	TS Fahrzeug- technik	Niederflur Fahrzeuge für Personentransport, Son- derumbauten (Speziali- siert auf Sprinter)	42 ⁵²	Weida	GmbH
Entwicklung und Herstellung des Übergabesystems für die Kabinen und des Beladesystems der Kabinen	Axmann Förder- systeme	Fördertechnikmodule, Förder-, Montage- und Verkettungstechnik, Komponenten	80 ⁵³	Zwenkau	GmbH
Entwicklung von Übergabesystemen für die Kabinen	Takraf Förder- technik	Bergbausysteme, Schutt- gutumschlag, Förderbän- der, Spezialsysteme (Ge- krümmte Förderbänder)	Ca. 420 (in Leipzig und Lauchham- mer) ²³	Leipzig	GmbH Tochter- unternehmen der Tenova S.p.A.)
Entwicklung der Technik und Soft- ware zum auton- omen Fahren; Ent- wicklung eines stra- ßengebundenen Fahrzeugs	IAV Automotive Engineering	Entwicklungszentrum für Elektronik-, Antriebs- und Fahrzeugentwicklung	ca. 700 Perso- nen im Be- reich automa- tisiertes Fah- ren ⁵⁴	Stolberg	GmbH
Betrieb	Regionalbus Leipzig	Linienverkehr und Bus- vermietung	344 ⁵⁵	Deuben (Bennewitz)	GmbH
Betrieb	VGS (Verkehrs- gesellschaft Süd- harz)	Öffentlicher Personen- nahverkehr, unterhält Straßenbahnen und Busse	219 ⁵⁶	Hettstedt	mbH
Betrieb	Zweckverband für den Nahver- kehrsraum Leipzig (ZVNL)	Planung, Organisation und Finanzierung des Schienenpersonennahver- kehrs	-	Leipzig	Körperschaft des öffentlichen Rechts (Frei- staat Sachsen)
Betrieb	NASA (Nahver- kehrsservice Sachsen Anhalt)	Aufgabenträger SPNV	60 ⁵⁷	Magdeburg	GmbH (Sachsen Anhalt)
Betrieb und In- standhaltung	Pressnitztal-bahn	Schienenpersonennahver- kehr, Historische Sonder- fahrten, Infrastruktur In- standhaltung	264 ⁵⁸	Espenhain (Betriebsge- lände TDE Espenhain)	GmbH/ öffentli- ches EVU (Sachsen)
Wartung und In- standhaltung von	IFTEC	Schienenfahrzeug Instant- haltung, Industriebahnen	528 ⁵⁹	Leipzig	GmbH & Co. KG (Leipziger

⁵⁰ Experteninterview Heiterblick, 2021

⁵¹ www.bundesanzeiger.de – Südharzer Fahrzeugbau

⁵² www.bundesanzeiger.de – TS Fahrzeugtechnik

⁵³ <https://axmann.com/>

⁵⁴ Experteninterview IAV, 2021

⁵⁵ www.bundesanzeiger.de – Regionalbus Leipzig

⁵⁶ www.bundesanzeiger.de - VGS

⁵⁷ www.bundesanzeiger.de - NASA

⁵⁸ www.bundesanzeiger.de - Pressnitztalbahn

⁵⁹ <https://www.iftec.de/iftec-in-zahlen.html>

Bereich der WSK	Unternehmen	Technik/Produkt/Leistung	Mitarbeiter in der IRMD	Standort in der IRMD	Unternehmensstruktur
Fahrzeugen und Streckeninfrastruktur, Endmontage von Fahrzeugen		Instandhaltung, Fahrweginstandhaltung, Weichen und Gleiskonstruktionen			Verkehrsbetriebe 50%, Siemens Mobility 50%)
Wartung und Instandhaltung	MaLoWa Bahnwerkstatt	Reparatur von Dampf- und Dieselloks sowie Personen- und Güterwagen, Instandhaltung und Wartung auf Schienen	44 ⁶⁰	Benndorf	GmbH
Software für Ticketing	DB Engineering & Consulting	Infrastruktur Planung, Bauüberwachung, Prüfung und Inbetriebnahme	-	Leipzig	GmbH (Deutsche Bahn)
Weitere interessante Unternehmen für die Entwicklung, Herstellung und den Betrieb (nicht in der IRMD angesiedelt)					
Ganzheitliche Projektentwicklung; Konzeptionierung des Systems Entwicklung von Kabinen und Automatisierung der Übergabe	Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Prof. Zadek	Lehrstuhl Logistik, Fakultät für Maschinenbau	0	Nein, Standort in Magdeburg	Institut/ Universität
Ganzheitliche Projektentwicklung; Konzeptionierung des Systems, Entwicklung und Herstellung von seilgezogenem System; Generalunternehmer für Montage	Doppelmayr	Seilbahnen, Cable Liner, Erlebnisbahnen, Materialbahnen	0	Kein Standort in Deutschland	AG (Doppelmayr Holding SE)
Entwicklung von Übergabesystem für die Kabinen	FAM	Tagebautechnik, Aufbereitungstechnik, Fördertechnik, Verladesysteme	0	Nein, Standort in Magdeburg	GmbH
Herstellung von Antrieb und Seilzug	SHB Hebezeugbau	Krane, Bremsen und Hydraulikpuffer, Prüfung, Reparatur und Umrüstung	0	Nein, Standort in Saalfeld/ Saale	GmbH
Herstellung von Antrieb und Seilzug	Leitner	Seilbahnbau, Inclined Elevators, Standseilbahnen, Stadtbahnverkehr	0	Kein Standort in Deutschland	AG (Teil von High Technology Industries)
Ticketing	TAF	Ticketing der Verkehrsunternehmen oder Verkehrsverbünde	0	Nein, Standort in Jena	GmbH
Software Ticketing	Hacon	Routenplanung, Ticket-Buchung, Beratung, Flottenmanagement	0	Nein, Standort in Hannover	mbH (Siemens AG 100%)
Antriebs- und Fahrwerktechnik	ZF E-Innovations-team	Produktion von Getriebe, Lenkungen, Achsen, Kupplungen, Stoßdämpfer, Fahrwerkskomponenten und -systeme, Gummi-Metallkomponenten, und andere Bauteile	0	Nein, Standort in Friedrichshafen	AG

In dem durchgeführten Expertenworkshop wurden anhand der Unternehmensliste einige Unternehmen für tiefere, semi-strukturierte Interviews ausgewählt. Mithilfe dieser Interviews wurde erörtert, ob und in welchem Bereich die entsprechenden Unternehmen für sich eine Rolle innerhalb der Weiterentwicklung des Systems, bzw. seiner Herstellung oder dem Betrieb sehen. Zudem wurde das generelle

⁶⁰ www.bundesanzeiger.de – MaLoWa Bahnwerkstatt

Interesse an der Beteiligung an solch einem potenziellen System erfragt. In Tabelle 14 sind die Kernaussagen der interviewten Unternehmen hinsichtlich der technologischen Möglichkeiten, der potenziellen Rolle und dem Wunsch zur weiteren Einbindung zusammengefasst.

Tabelle 14: Kernaussagen der Unternehmensinterviews

Unternehmen	Technologische Möglichkeiten	Potenzielle Rolle	Weitere Einbindung
IAV GmbH	Entwicklungsdienstleister in der Automobilindustrie; Expertise in der Automatisierung von Fahrzeugen	Automatisierung von möglichen Fahrzeugen	Für wirkliche Produktentwicklung und Konzeptionierung müsste die Finanzierung geklärt sein. Bis dahin steht IAV gerne für Rückfragen und allgemeinen Austausch zur Verfügung.
HeiterBlick GmbH	Hersteller von Schienenfahrzeugen für die leichte Schiene	Entwicklung und Herstellung von Oberbauten für den schienengebundenen Teil des Systems; generelle Herstellung von bahnähnlichen Systemen nach Lastenheft	HeiterBlick bleibt gerne informiert und ist generell an der Herstellung von Oberbauten o.ä. für den schienengebundenen Teil des Systems interessiert. Momentan ist die Auslastung so hoch, dass keine Kapazitäten für eine Entwicklung bereitstehen.
Axmann Fördertechnik	Fertigung, Montage und Automatisierung von Förderanlagen für Stückgut	Entwicklung und Herstellung eines Systems zum Bewegen der Kabinen zwischen den Systemen	Für wirkliche Produktentwicklung und Konzeptionierung müsste die Finanzierung geklärt sein. Bis dahin steht Axmann gerne für Rückfragen und allgemeinen Austausch zur Verfügung.
Doppelmayr	Planung, Produktion und Montage von Umlauf-, Pendel- und Standseilbahnen sowie Automated People Mover für Personen- und/oder Materialtransport; Planung, Produktion und Montage von Intralogistiksystemen	Entwicklung und Herstellung der Seilbahnkomponente des Systems; Generalunternehmer für Bau der Infrastruktur; Betrieb von Seilbahnen bzw. Ausbildung für Betreiber	Doppelmayr steht gerne bereit zur Unterstützung bei der Abschätzung der Sinnhaftigkeit von Seilbahnen für bestimmte Anwendungsfälle und Strecken. Doppelmayr ist bereit Projektentwicklung zu begleiten und seine Expertise einzubringen im Rahmen des geltenden Vergaberechts
Otto-von-Guericke Universität - Institut für Logistik und Materialflusstechnik (ILM)	Entwicklung und Konzeptionierung von Transportkonzepten im Mobilitäts- und vor allem im Logistikbereich; Über andere Institute an der Universität auch weitreichende Erfahrung in z. B. autonomen Fahren (V2X Kommunikation) und Maschinenbau, Elektrotechnik und Informatik; Überfakultärer Arbeitskreis „intelligenter Mobilitätsraum“ zur ganzheitlichen Untersuchung von Mobilität	Detailmachbarkeitsstudie und Konzeptionierung des Systems; Entwicklung der Kabinen vor allem für den Logistikbereich, sowie Entwicklung des automatisierten Übergabeprozesses	Das ILM ist sehr an einer Beteiligung interessiert. Sowohl eine Projektleitungsrolle, als auch eine themenspezifische Rolle ist denkbar. Von der weiteren Konzeptionierung und Machbarkeitsuntersuchung bis zur Erprobung mit Prototypen möchte man sich gerne einbringen und kann dort auch weitere Institute involvieren, je nach benötigter Expertise.
TS Fahrzeugtechnik	Herstellung von Fahrzeugauf- und -umbauten für Klein- und Midibusse für den ÖPNV	Konzeptionierung und Herstellung bzw. Umbau von Kabinen für konkrete Anwendungsfälle	TS Fahrzeugtechnik ist interessiert an einer Beteiligung. Eine Rolle wird vor allem in der Fertigung der Kabinen gesehen, sowie bei der Untersuchung der technischen Machbarkeit bei konkreten Anwendungsfällen, hier hat man auch eine eigene Konstruktionsabteilung. Solange das System noch in einer theoretischen Konzeptionierung ist, bleibt die TS Fahrzeugtechnik

			gerne informiert, aber sieht für sich keine aktive Rolle.
TAKRAF GmbH	Fertigung und Montage von Bergbausystemen, Förderanlagen für Schüttgut; Flüssig-/Feststofftrennung	- entfällt -	Das Thema Personentransport ist zu weit von TAKRAFs Geschäftsbereich entfernt, weshalb eine weitere Involvierung nicht in Frage kommt.
IFTEC GmbH & Co.KG	Instandhaltung von Straßenbahnen, Fahrleitungssystemen und Fahrwegsystemen im Straßenbahnbereich; Entwicklung und Herstellung von Weichen- und Gleiskonstruktionen mit Rillenschienen; im Industriebahnsektor auch noch Instandhaltung von Gleisanlagen und Signaltechnik; ECM-Zertifizierung als strategisches Login für Geschäftsmodelle im Vollbahnbereich	Instandhaltung, Wartung und Endmontage von Fahrzeugen, Fahrleitungssystemen und Fahrwegsystemen; Ha-varienotdienst im Betrieb	Für eine Entwicklung und Konzeptionierung sieht IFTEC für sich keine aktive Rolle. Ein Interesse besteht daran informiert zu bleiben und sich an einem punktuellen Austausch zu beteiligen, um betriebliche Erfahrungen in die Entwicklung einfließen zu lassen. An einer Rolle in der Instandhaltung aber auch im Betrieb ist IFTEC vor allem im Leipziger Raum sehr interessiert. Notwendige Zertifizierungen und Weiterentwicklungen stellen kein Hindernis dar.

Die Mehrheit der Unternehmen hat ein gewisses Interesse an der System-Idee bekundet und kann sich eine eigene Rolle in der weiteren Entwicklung, Herstellung oder dem Betrieb vorstellen.

Bezüglich der Unternehmen aus der Braunkohle, Förderanlagen und Fördertechnikbranche zeigt sich, dass das grundsätzliche Konzept des potenziellen Systems nicht zu weit vom ursprünglichen Kerngeschäft entfernt sein sollte. Die Übertragung aus einer relativ entfernten Branche auf die ÖV bzw. Logistikbranche scheint nicht immer gewünscht. Die Interviews zeigen aber, dass dennoch Potenzial besteht, wenn es eine plausible Verbindung zwischen dem Geschäftsbereich des Unternehmens und einem Entwicklungs- oder Herstellungsbereich des potenziellen Systems gibt. Als Beispiel ist hier die Firma Axmann Fördertechnik zu nennen, die in der Intralogistik (Fördertechnik für Stückgut) vertreten ist und somit Interesse an der Be- und Entladung von Kabinen mit Gütern und Waren durch ihre Kerngeschäfts-tätigkeit zeigt.

Weiterhin wird deutlich, dass für die Weiterentwicklung des Systems bzw. eine detaillierte Machbarkeitsuntersuchung (Förder-) Gelder akquiriert werden müssten. Ein gesicherter Finanzierungsplan für die weitere Entwicklungsphase scheint eine essentielle Rahmenbedingung dafür zu sein, die befragten Unternehmen aktiv in die Systementwicklung zu involvieren. Allerdings wurde auch von einem Großteil der Unternehmen angeboten bei einer weiteren Entwicklung als Experten herangezogen zu werden und so ihre Expertise einfließen zu lassen und Einschätzungen zu konzeptionellen Ideen bzw. der weiteren Entwicklungen zu geben.

Ein Ziel dieser Untersuchung ist es, Wertschöpfungspotenziale, die sich für Unternehmen aus der Region durch die Beteiligung an der Entwicklung, Herstellung und dem Betrieb des Systems bieten, herauszuarbeiten. Auf der Basis der Interviews kann resümiert werden, dass eine gewisse technologische Expertise zu den meisten Aspekten der Systementwicklung, -herstellung und -betrieb innerhalb der IRMD oder seiner unmittelbaren Umgebung besteht. Eine Entwicklung und Umsetzung des Systems durch regionale Unternehmen sind also grundsätzlich denkbar. Eine Ausnahme ist der Seilbahnbau, hier sollte auf überregionale Expertise, beispielsweise durch die österreichische Firma Doppelmayr, zurückgegriffen werden.

6.2.2 Regionalwirtschaftliche Effekte durch die Einbeziehung der Unternehmen

Durch die mögliche Einbeziehung von Unternehmen in der IRMD für die Entwicklung, die Herstellung, den Bau und den Betrieb des Systems und seinen entsprechenden Komponenten können einige, eng miteinander verflochtene, regionalwirtschaftliche Effekte entstehen (vgl. Abbildung 54).

Ein Hauptziel des erfolgreich und aktiv gestalteten Strukturwandels in der IRMD ist, Arbeitsplätze für die Zeit nach der Braunkohle in der Region zu erhalten und neue Wachstums- und Beschäftigungsperspektiven aufzuzeigen. In der Identifizierung der Unternehmen (siehe oben) wurden insgesamt 17 Unternehmen identifiziert, die ihren Unternehmenssitz oder einen (Produktions-)Standort in der IRMD haben. Insbesondere in den Bereichen: Bau von Trassen/Stationen, Herstellung von Kabinen, Herstellung des Antriebs/Seilzugs könnte eine Einbindung von Unternehmen in die Projekt- und Produktentwicklung zu Wachstums- und Beschäftigungsgewinnen in der IRMD führen oder ggf. auslaufende (Bergbau-)Produktlinien substituieren. Insgesamt beschäftigen die Unternehmen, die grob diesen Bereichen zugeordnet sind, zwischen 500 und 1500 Mitarbeitende. Eine genaue Anzahl kann nicht abgeleitet werden, da manche Unternehmen keine genaue Aufteilung ihrer Mitarbeitenden pro Standort veröffentlichen.

Durch den Erhalt, den Aufbau und das Wachstum von Unternehmen profitieren auch die Gemeinden innerhalb der IRMD. Unternehmen, die innerhalb der Region einen (Produktions-)Standort haben und dort Gewerbeerträge ausweisen, zahlen Gewerbesteuern, die vor Ort abzuführen sind. Diese Einnahmen gelten als die wichtigste originäre Einnahmequelle der Gemeinden in Deutschland. Die Steuereinnahmen für Gemeinden innerhalb der IRMD ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht quantifizierbar, da keine genauen Kennzahlen zu Unternehmensgewinnen vorliegen.

Neben Arbeitsplätzen und Gewerbesteuereinnahmen ist es für die Region auch interessant, wenn Unternehmen mit lokalen Eigentumsverhältnissen, wie beispielsweise HeiterBlick oder Axmann in der Region bleiben (oder angesiedelt werden können). Dann fließen Gewinne, die diese Unternehmen erzielen, nicht aus der Region ab, sondern können dort gehalten, ausgegeben bzw. reinvestiert werden (z. B. in neue Technologien, in neue Produktentwicklungen und -linien, in neue Unternehmensstandorte, etc.).

Ein weiterer Effekt durch die Einbeziehung von Unternehmen in der IRMD geht über die reine Herstellung oder Entwicklung von System-Komponenten hinaus. Durch den Willen an der Beteiligung von Systemen und Projekten mit Innovationscharakter können sich überregionale Image- und Strahleffekte für einzelne Unternehmen, Branchen und Branchencluster innerhalb der Region ergeben. Diese Strahleffekte über die Region hinaus können mittel- bis langfristig den Innovationscharakter einer Region stärken und so zu neuen Unternehmensansiedlungen und -gründungen führen, die Attraktivität der Region für Arbeitnehmende erhöhen und sich somit positiv auf die Steuereinnahmen der Gemeinden auswirken.

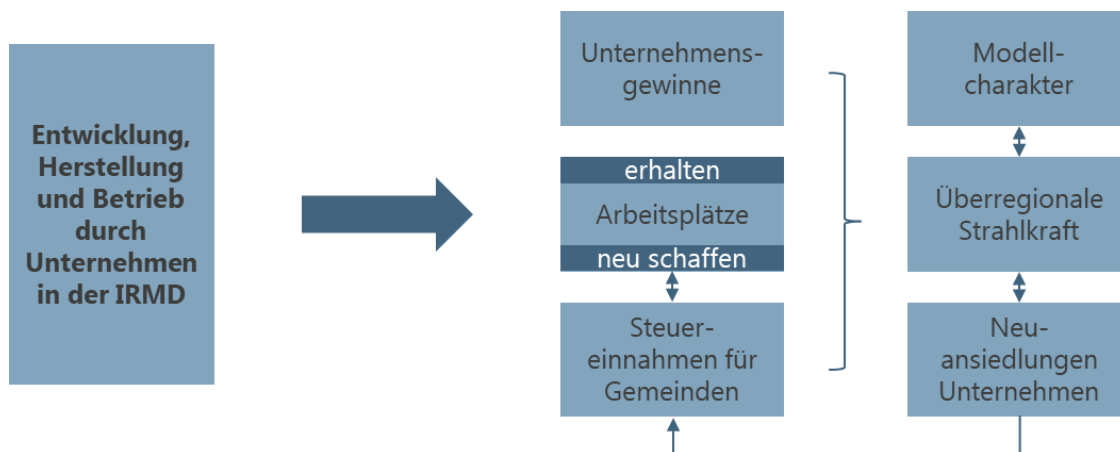


Abbildung 54: Regionalwirtschaftliche Effekte – Effekt-Kette durch die Einbeziehung von Unternehmen in der IRMD

6.3 Streckenabhängige Effekte in der IRMD

Neben den regionalwirtschaftlichen Effekten, die durch die Einbeziehung lokaler Unternehmen in der Entwicklung und Umsetzung des Systems entstehen können, können zusätzliche Wertschöpfungseffekte auf bzw. entlang der Strecken realisiert werden. In einem dritten Schritt werden darum nun streckenabhängige (Mobilitäts-)Effekte ausgearbeitet, die einen positiven Nutzen für die IRMD schaffen können.

Entlang der Strecken entstehen durch den Fahrbetrieb des Systems (Dimension 3 der Wertschöpfungskette) einige streckenabhängige Mobilitätseffekte auf Seiten der lokalen Nutzer des Systems. Diese entstehen zum einen durch den Personentransport, zum anderen durch den Waren- und Gütertransport.

Da bislang weder ein ausgereiftes technologisches System vorliegt, noch mögliche Entwicklungs- und Herstellungskosten abschätzbar sind, wird der regionale Nutzen durch das innovative Transportangebot beispielhaft beschrieben.

6.3.1 Personentransport

Grundsätzlich soll der Betrieb des potenziellen Systems ein **neues ÖPNV Angebot**, ein **schnelleres ÖPNV Angebot** und ein **innovatives ÖPNV Angebot** erwirken. Durch dieses Angebot ergibt sich wie folgt eine mehrdimensionale Effekt-Kette (vgl. Abbildung 55).

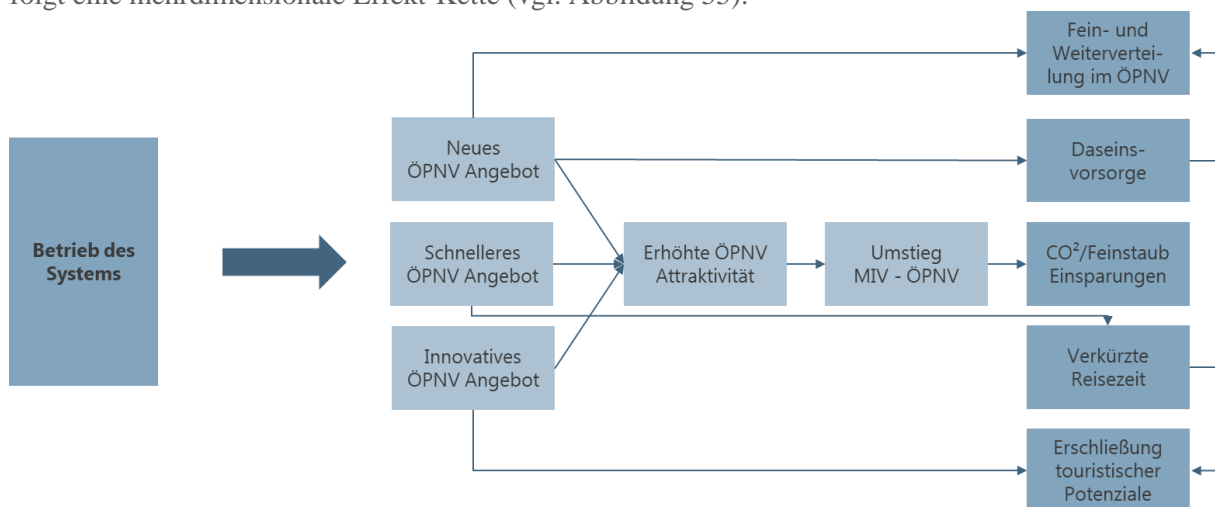


Abbildung 55: Streckenabhängige Effekte – Effekt-Kette durch den Personentransport

Nutzen durch ein neues ÖPNV-Angebot

Durch das neue ÖPNV-Angebot sollen schlecht angebundene ländliche Räume an die bestehende Infrastruktur an- und eingebunden werden. Diese Zubringerleistung zum bestehenden ÖPNV könnte sich positiv auf die Daseinsvorsorge der lokal ansässigen Bevölkerung auswirken. Ein Beispiel hierfür wäre die mögliche Nutzung eines solchen Systems für die Anbindung an die Grundversorgung wie Supermärkte, Dienstleistungen und ärztlicher Betreuung. Die Anbindung von neuen Gebieten an die bestehende Infrastruktur führt ebenfalls zu einer Notwendigkeit der Fein- und Umverteilung in bestehenden ÖPNV-Systemen, die beachtet und geplant werden sollte. Sowohl bei gänzlich neuen (oder reaktivierten) Strecken als auch bei einer Verbesserung der bestehenden Verbindungen durch das neue System bedarf es einer Neuordnung der Verkehrsnetze. Bei einer Verbesserung der bestehenden Verbindungen sollten in der Effektbewertung mögliche Verdrängungseffekte von bereits bestehenden Mobilitätsangeboten berücksichtigt werden. Die erwartete positive Wirkung auf die lokale Daseinsvorsorge ist allgemeingültig für die Schaffung neuer ÖPNV-Angebote und nicht systemabhängig.

GVZ/Porsche:

Auf der Beispielstrecke GVZ/Porsche würde ein neues ÖPNV-Angebot durch die Errichtung der Seilbahnstrecken A1 (S-Bahn Haltestelle Lützschena – Tor 1/Porsche Kundenzentrum), und/oder A2 (S-Bahn Haltestelle Wahren – Tor 1/Kundenzentrum) sowie B (Tor 1/Kundenzentrum – Neue S-Bahn Haltestelle GVZ Nord) entstehen (vgl. Kapitel 5.3.4.1). Die mit der S-Bahn ankommenden Arbeitnehmer können ab den Hauptverkehrsknotenpunkten auf dem GVZ Gelände und innerhalb des Porsche Werkgeländes (Linie E – Loop) feinverteilt werden. Diese direkte Zubringerleistung von den Verkehrskno-

tenpunkten in das GVZ hinein würde voraussichtlich von Arbeitnehmern genutzt, und somit keine wesentlichen Effekte für die Daseinsvorsorge der lokal ansässigen Bevölkerung erwirken. Durch die Mischung aus neuen Strecken auf dem GVZ-Gelände (die bisher ggf. fußläufig oder mit dem Rad zurückgelegt werden) und Bestandstrecken (die aktuell durch die Buslinie 91 betrieben werden) würde das potenzielle System nicht nur bisherige Linienverläufe ergänzen, sondern diese auch teilweise ersetzen.

Stolberg - Berga:

Auf der Beispielstrecke Stolberg - Berga ist aktuell keine ÖV-Anbindung des Schlosses in Stolberg (Harz) gegeben. Die Strecke Berga bis zum Markt in Stolberg wird allerdings bereits durch eine Buslinie bedient. Daher würde durch das potenzielle System nur ein neues ÖPNV-Angebot für die Strecke von Stolberg Bahnhof, über den Markt in Stolberg bis hin zum Schloss geschaffen. Eine Rahmenbedingung für die Verbesserung der Daseinsvorsorge in Stolberg ist die Schaffung zusätzlicher Mobilitätslösungen und/oder die Beibehaltung der aktuellen Buslinien (Berga-Stolberg: Linie 450, Stolberg: u.a. Linie 461, Berga: u.a. Linie 453) für die Feinverteilung von Personen in kleinere Ortschaften (letzte Meile). Wie hoch das Zusatzpotenzial durch die Neuschaffung des ÖPNV-Angebots ist und ob neben den derzeitigen Nutzern des Busses auch MIV-Nutzer auf das neue System umsteigen und somit zur Entlastung der Straßen in Stolberg beitragen, wäre durch Nutzerbefragungen zu überprüfen und im Rahmen eines Probebetriebs zu testen.

Aus diesen Ausführungen lässt sich für das System ein Potenziale für die Bedienung der vorletzten Meile ableiten. Für den Personentransport könnte das System durch teils neue Verbindungen für die Verbesserung der Versorgungsinfrastruktur genutzt werden, bei gleichzeitiger Reduzierung des Verkehrsaufkommens (und ggf. entsprechenden Abgasen) und den damit einhergehenden positiven Effekten für die Lebensqualität. Bei einer zukünftigen Bewertung ist zu berücksichtigen, dass auch andere MIV und ÖV-Alternativen stets klima- und umweltschonender werden. Ob das potenzielle System insgesamt ein besseres Kosten-Nutzen-Verhältnis hat als anderen Lösungen, kann zu diesem Zeitpunkt noch nicht ermittelt werden.

Nutzen durch ein schnelleres ÖPNV-Angebot

Weiterhin führt ein schnelleres ÖPNV-Angebot, beispielsweise durch die Überwindung von schwierigen geographischen Gegebenheiten oder Barrieren auf der Zielstrecke, zu verkürzten Reisezeiten für unterschiedliche Nutzergruppen (z. B. Freizeitnutzer, Berufspendler). Reisezeitgewinne werden in Deutschland in verkehrlichen Studien als volkswirtschaftlicher Nutzen bewertet, so zum Beispiel in der Standardisierten Bewertung von Verkehrsweeinvestitionen im schienengebundenen ÖPNV.⁶¹

Zusätzlich zum reinen Nutzen durch Zeitgewinn erhöht sich durch das neue, schnellere und ständig verfügbare Angebot die Attraktivität der ÖPNV-Nutzung für Privatpersonen – vor allem auch in ländlicheren Gebieten. Ein Effekt könnte daher die verstärkte Lenkungswirkung vom MIV hin zum ÖPNV und somit die Nutzung nachhaltigerer Mobilitätsalternativen und die damit einhergehende verstärkte Einsparung von CO₂ und Feinstaub sein. Zwei grundlegende Parameter für die Realisierung der Lenkungswirkung sind entsprechende Reisezeitverkürzungen und Taktverdichtungen der verschiedenen Mobilitätslösungen der gesamten Reise, sodass Reisende die gesamte Reisedstrecke schneller zurücklegen können. Auch die Anbindung von zentralen Orten bzw. Knotenpunkten ist dabei relevant.

Sollte das angedachte System zu der Anbindung von bisher schlecht erreichbaren Zielen führen, könnte dieser Effekt ein Mehrwert sein, den andere Mobilitätslösungen so nicht bieten können.

GVZ/Porsche:

Auf der Beispielstrecke GVZ/Porsche würde der Betrieb des potenziellen Systems, wie in Kapitel 3 erörtert, zu verkürzten Reisezeiten für Arbeitnehmer im Vergleich zum aktuellen ÖV führen. Die Potenzialanalyse zeigt, dass im GVZ zwischen 3.100 und 6.900 Arbeitnehmer pro Tag von dem neuen System profitieren könnten. Die erste Einschätzung ist, dass jeder Arbeitnehmer pro Strecke im Schnitt 5 Minuten spart, am Tag also 10 Minuten (Hin- und Rückweg). Insgesamt könnten also maximal 69.000

⁶¹ Intraplan Consult GmbH (2016)

Minuten bzw. 1.150 Stunden Fahrzeit pro Tag eingespart werden. Mit der Bewertungskennzahl der standardisierten Bewertung ergibt dies einen Nutzen von ca. 8.000 Euro pro Tag. Hierbei ist anzumerken, dass ein Teil der zeitlichen Einsparungen ebenfalls durch den Einsatz schnellerer, oder häufiger verkehrender Busse erreicht werden könnte dieser Effekt daher nicht systemspezifisch ist. Ein Vorteil des potenziellen Systems könnte sein, dass es durch den Verkehr auf einer unabhängigen Trasse einen erhöhten Nutzen zu den Lastspitzen (besonders in den Schichtwechselzeiten) generieren und einer potenziellen Stauproblematik entgegenwirken könnte (vgl. Kapitel 5.3.4.1). Allerdings gilt zu beachten, dass ein Seilbahnsystem bei einem Ausfall nicht umfahren werden kann und so ebenfalls gewissen Störungen im Ablauf ausgesetzt ist. Eine spezifische betriebliche Risikoanalyse verschiedener Lösungen mit Auswirkungen auf Reisezeiten ist in jedem potenziellen Anwendungsfall ratsam.

Grundsätzlich ist die Reisezeit des potenziellen Systems auch im Vergleich zur aktuellen Reisezeit mit dem Pkw attraktiv (zukünftige mögliche Stausituationen zu den Lastspitzen können zu diesem Zeitpunkt nicht kalkuliert werden, siehe auch Kapitel 5.3.4.2, Tabelle 4). Die Lenkungswirkung vom MIV zum ÖV scheint grundsätzlich, allerdings nicht ausschließlich durch den Einsatz des potenziellen Systems, gegeben. Generell wird im GVZ eine deutliche Erhöhung der Arbeitsplatzanzahl und ebenso des ÖV-Anteils bei den Arbeitswegen bis 2030 (bis zu einer Verdreifachung des Ist-Wertes des Modal Splits in 2019) angenommen (s. Kapitel 5.3.1 u. 5.3.3). Es ist auch davon auszugehen, dass neben Pkw-Fahrenden auch Personen, die aktuell die Buslinien nutzen, zukünftig auf das neue System umsteigen würden. Eine Quantifizierung dieser potentiellen Umsteiger und somit auch der CO₂-Einsparungen ist vor dem Hintergrund der aktuellen Datenlage nicht möglich.

Wenn in Zukunft Informationen zu der Anzahl an Personen bereitstehen, die vom aktuellen ÖV-Angebot (Dieselbusse) zum hier untersuchten System wechseln, könnte ebenfalls berechnet werden, welche Effekte sich auf die CO₂- und Feinstaubemissionen ergeben. Zu beachten ist allerdings die Umsetzung der Clean Vehicles Directive⁶², die einen 45% Anteil (bis 2025) und 65% Anteil (bis 2030) an emissionsarmen bzw. -freien Bussen im ÖPNV vorgeben.

Stolberg - Berga:

Auf der Beispielstrecke Stolberg - Berga würde der Betrieb des potenziellen Systems, wie in Kapitel 5 erörtert, insgesamt zu einem Reisezeitgewinn für die Relation Berga-Stolberg, der touristischen Hauptzubringerachse, führen. Im Vergleich zu den Buslinien führt die Nutzung des schienengebundenen Teils des Systems auf einigen kürzeren Teilstrecken (Berga-Bösenrode, Bösenrode-Uftrungen-Rottleberode) allerdings zu Reisezeitverlusten, da längere Fußwege entstehen (siehe Reisezeitvergleich Kapitel 5.4.4.2, Tabelle 9). Eine Aussage zum gesamtwirtschaftlichen Effekt kann zu diesem Zeitpunkt aufgrund nicht vorliegender Quelle-Ziel-Daten der Reisenden nicht getroffen werden. Hinsichtlich der Lenkungswirkung vom MIV zum ÖV ist ein leichter Effekt zu erwarten, da sowohl für die Reisezeiten als auch für die Taktung im ÖV durch das neue System eine Verbesserung im Vergleich zur heutigen Verbindung erzielt wird. Allerdings ist das schienengebundene potenzielle System an die Bahnverbindungen in Berga angebunden, welche aktuell stündlich verkehren. Als Rahmenbedingung, vor allem für Systeme in ländlichen Räumen, gilt daher, dass das gesamte ÖV System entsprechend angepasst werden müsste, bzw. die Angebotsqualität des flexiblen Transportsystems bis zu einem für die Nutzer relevanten Ziel durchgehend gewährleistet sein müsste, um einen spürbaren Effekt zu haben.

Es bleibt festzuhalten, dass das System gewisse Potenziale für schnellere ÖV-Verbindungen und entsprechende Reisezeitgewinne für die vorletzte Meile aufweist. Durch Reisezeitgewinne und Taktverdichtungen könnte eine Lenkungswirkung vom MIV zum ÖV erwirkt werden. Damit sich dieser Mehrwert materialisiert, bedarf es der Entwicklung und Einführung von Lösungen für die erste und letzte Meile der jeweiligen Strecken, sodass das gesamte ÖV-System schneller und ständiger verfügbar ist. Eine entsprechende Lenkungswirkung könnte zu gewissen Effekten hinsichtlich der CO₂- und Feinstaubemissionen führen – abhängig von den in Zukunft vorherrschenden Antriebstechnologien des MIVs und ÖVs.

⁶² <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/clean-vehicles-directive.html>

Nutzen durch ein innovatives ÖPNV-Angebot

Das neue und innovative ÖPNV-Angebot könnte zudem touristische Attraktionen (z. B. Schlösser und Seen) verkehrlich erschließen und somit einen positiven Effekt auf die Förderung touristischer Potenziale innerhalb der IRMD haben. Zudem könnte das System selbst eine Art touristischen Anziehungspunkt darstellen, wenn beispielsweise eine Gondel (wie bei der Landesgartenschau) über einen See oder über bergige Landschaften schwebt. Da das System sich bislang in einer frühen konzeptionellen Phase befindet und auch der Anwendungsfall noch nicht konzeptioniert wurde, ist eine Einschätzung dieses Effektes nicht abschließend zu geben.

GVZ/Porsche:

Da es sich bei der Beispielstrecke GVZ/Porsche bei der Nutzergruppe des Systems vor allem um Berufspendler handelt, werden hier keine weiteren touristischen Effekte durch das innovative ÖPNV Angebot gesehen. Potenzielle Besucher des Porsche Besucherzentrums (inkl. Race Track) könnten das System zwar nutzen, es werden allerdings keine zusätzlichen touristischen Anreize durch das System erwartet. Das potenzielle System könnte darüber hinaus die innovative und positive Imagebildung des Standorts unterstützen (s. Kapitel 6.3.4.).

Stolberg - Berga:

Auf der Beispielstrecke Stolberg - Berga würde die Erschließung des Schlosses ermöglicht werden. Eine Rahmenbedingung dafür, dass der „luftgebundene“ Teil des Systems selbst als touristische Attraktion wahrgenommen wird wäre, dass das System auf die Erschließung verschiedener bzw. mehrerer touristischer Ziele ausgelegt ist und diese miteinander verbindet. In Stolberg könnte die Systementwicklung daher über das Schloss hinaus bis zum Josephskreuz und zum Naturresort Schindelbruch mitgedacht werden. In Berga würde der unmittelbar an die Haltestelle Berga angrenzende Stausee Kelbra weitere touristische Ziele wie die Kranichbeobachtungsstation, den Campingplatz sowie Angel- und Segelangebote anschließen. Insgesamt könnte das innovative System eine positive Imagebildung des touristischen Standorts unterstützen.

Es lässt sich schließen, dass das System ein innovatives ÖPNV-Angebot bietet, das einen Effekt auf die touristische Erschließung und ggf. auch Anziehungskraft innerhalb der IRMD haben könnte. Dieser Effekt ist jedoch stark abhängig von der weiteren Ausarbeitung der Idee und dem konkreten Anwendungsfall, sowie möglichen begleitenden Informationsangeboten und sollte im Einzelnen geprüft werden.

Weitere verkehrliche Mehrwerte – indirekte Effekte

Zukunftsstudien, die sich mit den Potenzialen automatisierter Mobilität und der ständigen Verfügbarkeit von Mobilität befassen, nennen unter anderem Vorteile in Bezug auf die Zeitnutzung der Reisenden.^{63,64} In autonom fahrenden Autos kann sich der Fahrer während der Fahrt anderweitig beschäftigen, zum Beispiel arbeiten oder sich unterhalten lassen. Dies könnte für Nutzer des potenziellen Systems ebenfalls ein Vorteil sein, solange sie vorher nicht bereits diese Freiheiten hatten. Wenn die zukünftigen Nutzer des Systems bereits mit dem ÖV unterwegs waren, ist der zu erwartende Mehrwert geringer, als wenn diese vom MIV auf das System umsteigen.

Die ständige Verfügbarkeit der Mobilität kann sich möglicherweise positiv auf das Konsumverhalten auswirken, da Personen komfortabler zu Geschäften, Gastronomie und anderen Orten gelangen können. Studien dazu sind nicht bekannt. Rahmenbedingungen für eine erhöhte Mobilität und möglicherweise dadurch gesteigertem Konsumverhalten sind, wie bereits beschrieben, dass nicht nur das System allein, sondern der gesamte Reiseweg der reisenden Personen häufiger und flexibler verfügbar ist, bzw. Start und Zielpunkt der Reise auf der ständig verfügbaren Strecke liegen.

⁶³ <https://www.bosch.com/de/stories/wirtschaftliche-auswirkungen-autonomen-fahrens/>

<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Reconnecting-the-rural-Autonomous-driving.html>

⁶⁴ ADAC e.V., Zukunftsinstitut (2017)

Neben einem möglichen positiven Effekt auf das Konsumverhalten könnte sich ein verbessertes Mobilitätsangebot auch positiv auf Arbeitswege auswirken, was sowohl für heutige Pendler vorteilhaft ist, als auch möglichen Arbeitssuchenden mehr Möglichkeiten bietet durch einen vergrößerten Suchradius bei gleichbleibender Fahrtzeit.

Je nach Lage und Ausgestaltung der Haltepunkte des Systems, können weitere Mehrwerte und Wertschöpfungspotenziale geschaffen werden durch eine Erweiterung der Haltepunkte mit weiterführenden Dienstleistungen. Neben Mobilitätsangeboten (z.B. in Form eines Mobilitäts-Hubs mit Sharing-Angebote für die letzte Meile) können Angebote wie (Klein)Gastronomie, (regionaler) Lebensmittelverkauf oder auch Paketstationen (siehe auch 6.3.2) zu einer Erhöhung der Attraktivität des Systems führen.

6.3.2 Waren- und Gütertransport

Neben dem Personentransport durch ein neues ÖPNV Angebot, könnte der Betrieb des potenziellen Systems - je nach Ausgestaltung und Einsatzgebiet - ebenso positive Effekte auf logistische Liefersysteme bzw. den Transport von Waren und Gütern (vgl. Abbildung 56) haben.

Die Wertschöpfungspotenziale des potenziellen Systems im Waren- und Gütertransport liegen einerseits auf der Seite der Kunden, die Lieferungen erhalten oder abschicken, und andererseits auf der Seite der Transportunternehmen, die das System in ihre Transportprozesse integrieren. Diese Unterscheidung ist wichtig, da Transportunternehmen das System nur freiwillig nutzen werden, wenn es für sie profitabel ist, sie also Kosten einsparen oder vom Kunden mehr gezahlt bekommen.

Da sich das System aktuell noch in einer konzeptionellen Phase befindet und es noch keine genauen Angaben zur Transportfähigkeit gibt, werden im Folgenden mögliche Potenziale für den Einsatz des Systems im Waren- und Gütertransport und zugehörige Herausforderungen qualitativ beschrieben. Hierzu wurde die theoretische Wirkung des Systems an den beiden Beispielstrecken überprüft und erarbeitet, welche Rahmenbedingungen für eine positive Wirkung nötig sind. Abschließend werden allgemeine Herausforderungen bei der Kombination von Gütertransport mit Personentransport, wie das System es vorsieht, beleuchtet. Bei Bedarf wird unterschieden zwischen:

- KEP: Kurier-, Express- und Pakettransport zu Privatpersonen und Firmen
- Warentransport: Speditioneller Transport von größeren Waren und Gütern, meist zu Unternehmen

Grundsätzlich gilt, dass das potenzielle System trassengebunden ist, einen zentralen Antrieb hat und auf der vorletzten Meile aktiv ist. Vor diesem Hintergrund sind Lieferungen nur zu zentralen Stationen möglich. Von diesen müssten sie entweder weiter feinverteilt oder vom Kunden selbst abgeholt werden. Letzteres wird schon von manchen KEP Dienstleistern durch Paketstationen angeboten, wo Kunden ihre Pakete nach Anlieferung unabhängig von Öffnungszeiten abgeben und -holen können⁶⁵.

⁶⁵ DHL (2022) <https://www.dhl.de/de/privatkunden/pakete-empfangen/an-einem-abholort-empfangen/paketstation.html>

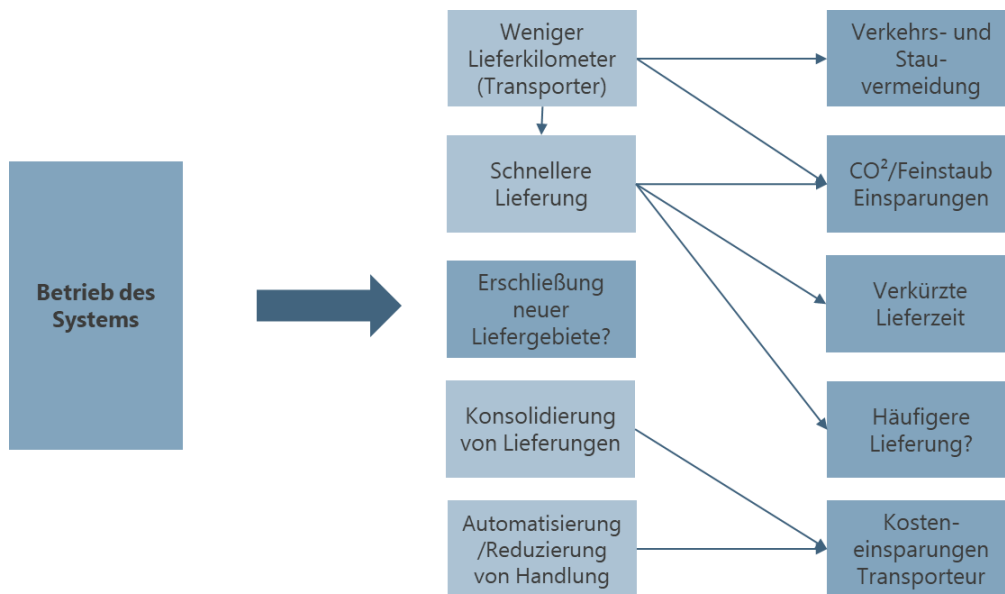


Abbildung 56: Streckenabhängige Effekte – Effekt-Kette durch den Transport von Gütern und Waren

6.3.2.1 Nutzen für Kunden

Nutzen für Kunden durch schnellere Lieferung

Das Konzept des potenziellen Systems sieht eine automatisierte Kombination von verschiedenen Verkehrsmodi vor. Durch diese Flexibilität kann das System auf allen Strecken stets so geplant werden, dass der direkteste Weg genutzt wird bzw., dass der passende Transportmodus für den Weg genutzt wird. Hiervon verspricht man sich ein Wertschöpfungspotenzial durch eine Beschleunigung der Lieferung von Waren und Gütern, da zum Beispiel Höhen oder Hindernisse wie Flüsse einfach mit Seilbahnen überquert werden könnten.

Verkürzte Lieferzeiten und häufigere Lieferungen

Schnellere Lieferungen führen zwangsläufig zu kürzeren Lieferzeiten. Kommunen und Firmen könnten so die immer weiter zunehmende Anzahl von Lieferungen, die teilweise für Firmen geschäftskritisch sind, schneller erhalten. Dieser verbesserte Service führt zu einer höheren Lebensqualität bzw. zu besser funktionierenden Prozessen in den Unternehmen. Gerade in ländlichen Regionen, in denen das potenzielle System vor allem eingesetzt werden soll, könnte eine beschleunigte Lieferkette die Versorgung verbessern und die Gemeinden attraktiver machen. Eine Rahmenbedingung für die Hebung dieses Potenzials ist die merkbare Verkürzung der Lieferzeiten für Privatpersonen im Vergleich zu den bisherigen Transportprozessen. Hier gilt es zu beachten, dass Privatkunden bei Lieferzeiten in Tagen rechnen und nicht in Minuten – eine Zeiteinsparung müsste also entsprechend groß sein⁶⁶. Außerdem ist das potenzielle System hauptsächlich auf der vorletzten Meile geplant, es müssten also entsprechend schnelle Lösungen für die letzte Meile der Lieferungen in die Prozesse integriert werden.

Vor allem auf der Strecke *Stolberg - Berga* bieten sich hier möglicherweise größere Wertschöpfungspotenziale, da bei Lieferungen zum Schloss nicht die steile Anfahrtsstraße genutzt werden muss und auch die komplizierten Rangiermöglichkeiten eine Belieferung nicht beeinträchtigen würden.

Nutzen für Kunden durch Erschließung neuer Liefergebiete

Da das potenzielle System verschiedene Verkehrsmodi, insbesondere auch Seilbahnen, miteinander kombiniert, ist es in der Lage, auch die bislang nur mit großem Aufwand erreichbaren Gebiete zu beliefern. Das System könnte die bisherigen Lieferwege durch den konsolidierten Transport über Flüsse und Seen oder durch das Passieren von Terrain verkürzen bzw. beschleunigen.

⁶⁶ SendCloud (2021)

Auf der Strecke *Stolberg - Berga* kann in der Stadt Stolberg momentan der Müllwagen nicht gut in den schmalen Straßen manövrieren und auch der Weg zum Schloss stellt ein Problem dar, weshalb der Müll zu zentralen Abholorten gebracht wird. Die Hindernisse zur Belieferung des Schlosses scheinen allerdings nicht besonders groß zu sein, da geplant ist dort ein Hotel einziehen zu lassen.⁶⁷ Abgesehen davon ist der Großteil der Strecke *Stolberg – Berga* schon mit einer Landstraße angebunden. Bei der Beispielsecke am *GVZ/Porsche* ist eine Erschließung bestehender, schlecht angebundener Gebiete kein Thema, da das Areal bereits sehr gut durch Straßen angebunden ist.

Nutzen für Kunden entstehen also, indem Lieferungen schneller transportiert werden und schwer erreichbare Gebiete einfacher beliefert werden können. So könnte eine höhere Lebensqualität bzw. besser funktionierende Prozesse in den Unternehmen vor Ort erreicht werden. Diese Effekte setzen als Rahmenbedingung voraus, dass auf der Gesamtstrecke bis zum Kunden merkbare Zeitersparnisse mit dem potenziellen System erreicht werden können.

6.3.2.2 Nutzen für Transportunternehmen

Wertschöpfung für Transportunternehmen entsteht durch eine Senkung der Logistikkosten insgesamt. Diese beinhalten u.a. den gesamten Transport vom Absender zum Empfänger, Lagerkosten und Handlingkosten. Um den Mehrwert, den das potenzielle System schaffen kann, zu analysieren, muss die gesamte Lieferkette betrachtet werden.

Basierend auf dem bestehenden Konzept wird davon ausgegangen, dass das potenzielle System hauptsächlich in zwei Punkten die Logistikkosten optimieren kann: indem Sendungen konsolidiert transportiert werden und/oder automatisiert umgeschlagen werden. In anderen Worten: je mehr Waren und Güter zusammen transportiert werden können und je weniger Personen die einzelnen Lieferungen bearbeiten müssen, desto günstiger wird der Transport. Wertschöpfungspotenziale durch die Nutzung des potenziellen Systems ergeben sich also dann, wenn dieses in der Lage ist a) in den bestehenden Transportprozessen Lieferungen zu konsolidieren und/oder b) das Handling dieser Lieferungen zu reduzieren durch z. B. eine automatisierte Abfertigung.

Nutzen für Transportunternehmen durch Konsolidierung

Die Konsolidierung von Gütern im Transport führt durch Skaleneffekte zu Kosteneinsparungen bei Transportunternehmen. Je ähnlicher die *Lieferprofile* der Güter, desto wahrscheinlicher ist ein Nutzen durch Konsolidierung zu erreichen:

- **Gleiche (Teil)Strecke des gesamten Transports:** Die Voraussetzung einer effektiven Konsolidierung ist die gleiche Route, bestenfalls gleiche Quelle-Ziele-Profile der Güter, mindestens aber gleiche Teilstrecken. Auf der Beispielsecke *Stolberg - Berga* könnten zum Beispiel alle Lieferungen, die über Berga nach Stolberg kommen konsolidiert transportiert werden. Jedoch ist die Feinverteilung bis zum Empfänger ein Aspekt, der näher zu Betrachten wäre.
- **Größe und Gewicht:** Da das System die Lieferungen in Kabinen transportiert, ist es wichtig die Größe der Kabinen und ihre Tragekapazität bei der Konsolidierung zu berücksichtigen. Außerdem müssten bei der Projektplanung auch schon die Größe und das Gewicht der zu transportierenden Lieferungen eingeplant werden.
- **Ähnliche Beschaffenheit der Güter:** Einige Güter haben besondere Sicherheits-, Hygiene- oder Kühlbedarfe, die auch bei einer Konsolidierung von Gütern bestehen bleiben. Je mehr Güter die gleichen Bedarfe haben, desto wahrscheinlicher ist eine effiziente Konsolidierung. Auf der Beispielsecke *Stolberg - Berga* könnten z. B. Lebensmittel an Restaurants und Hotels mit dem

⁶⁷ Ritter von Kempiski Privathotels (2021)

System geliefert werden. Eventuell tiefgefrorene oder gekühlte Lebensmittel könnten nur mit erheblichem Kostenaufwand konsolidiert mit KEP-Lieferungen transportiert werden.

- **Ähnliche Zeitprofile:** Sowohl der Zeitpunkt der An- und Ablieferung, als auch die Häufigkeit und weitere zeitkritische Aspekte (z. B. für Just-In-Time-Produktion von Porsche im GVZ oder Lieferung von gekühlten Lebensmitteln in Stolberg) beeinflussen, ob Lieferungen konsolidiert werden können. Je zeitkritischer die Lieferung, desto unwahrscheinlicher ist eine Konsolidierung. Eine Sammlung von Lieferungen an einem Sammelpunkt bis zu dem Erreichen einer sinnvollen Konsolidierungsmenge ist für zeitkritische Lieferungen nicht möglich.

Allgemein gilt, je größer das allgemeine Volumen der Lieferungen und je ähnlicher die Kunden, desto wahrscheinlicher gibt es Überschneidungen in den Lieferprofilen und somit Potenziale für eine Konsolidierung.

Stolberg - Berga

Auf der Beispielstrecke Stolberg - Berga ist vorstellbar, dass mehrere Restaurants und Hotels mit frischen Lebensmitteln beliefert werden. Diese Lieferungen ließen sich zum Beispiel konsolidieren und könnten mit dem potenziellen System effizient transportiert werden. Sie müssten aber zum gleichen Zeitpunkt angeliefert oder temperaturkontrolliert zwischengelagert werden, da es sich vermutlich größtenteils um Lieferungen mit Kühlbedarf handelt. Hier könnte ein Micro-hub mit gekühlten Abteilen eine Lösung sein⁶⁸. Über die Gastro-Lieferungen hinaus ist in Stolberg die Menge der Lieferungen nicht vergleichbar mit urbaneren Regionen. Eine Konsolidierung auf der kurzen Strecke hat wenig Potenzial, da im Anschluss noch eine Feinverteilung erfolgen muss.

GVZ/Porsche

Auf der Beispielstrecke am GVZ hat Porsche, der größte Arbeitgeber vor Ort, einen Produktionsstandort. Hier dürfte es einige betriebskritische Lieferungen geben, die nicht konsolidiert werden sollten und besser direkt einzeln an Porsche geliefert werden. Allerdings gibt es bei solch großen Betrieben sehr wahrscheinlich auch große Potentiale zur konsolidierten Belieferung. Solche Konsolidierungen werden aber häufig auch schon von den Logistikunternehmen selbst gemacht. Um solche Aussagen für Porsche und die anderen Unternehmen vor Ort belastbar zu treffen, und somit das Wertschöpfungspotenzial durch Konsolidierung zu bestimmen, müssten die oben beschriebenen Lieferprofile angefertigt werden. Diese setzen meist Interviews mit den Stakeholdern vor Ort voraus und sind grade im Industriekontext schwer zu verallgemeinern. Außerdem ist zu beachten, dass bei produzierendem Gewerbe, wie der Autoproduktion von Porsche, Zuliefererverträge auch nur zeitlich begrenzt sind. Lieferprofile sind in diesem Kontext somit also auch nur zeitlich begrenzt gültig, was eine langfristige Planung eines Transportsystems mit eigener Infrastruktur erschwert.

Um nach der weiteren Ausarbeitung des Systems eine genauere Analyse der Streckenpotenziale für KEP-Konsolidierung durchzuführen, empfiehlt es sich für jede potenzielle Strecke, Lieferprofile zu erstellen, die die Charakteristika der Lieferungen der verschiedenen Empfänger und Versender aufzeigen. Diese Lieferprofile würden eine Abschätzung erlauben, in wie weit Konsolidierungen möglich sind und so Mehrwerte für Transportunternehmen bestehen. In einem zweiten Schritt würden sie auch dabei helfen das System für eine Strecke zu dimensionieren und besondere Bedingungen, wie gekühlte Transporte, aufzeigen. So würde sich überprüfen lassen, ob die Rahmenbedingungen für die Wertschöpfung durch Konsolidierung gegeben sind.

Es bestehen also Wertschöpfungspotenziale für Transportunternehmen durch konsolidierten Transport mit dem potenziellen System, wenn so Skaleneffekte genutzt werden können. Hierfür ist es notwendig, dass die Lieferprofile der Empfänger vor Ort sich ähneln, da nur solche Lieferungen konsolidiert transportiert werden können.

Reduzierung von Handlingkosten durch Automatisierung

⁶⁸ University of Washington (2020)

Ein Kostentreiber im Waren- und Gütertransport ist das manuelle Handling von Lieferungen und die damit verbundenen Personalkosten. Eine Automatisierung dieser Prozesse bietet Wertschöpfungspotenziale für Transportunternehmen, die teilweise an die Kunden weitergereicht werden und so auch dort zu geringeren Kosten führen würden. Das Konzept des potenziellen Systems sieht gemäß den Ideengebern ein automatisiertes Be- und Entladen der Kabinen vor. Wenn diese automatisierten Prozesse manuelles Handling ersetzen oder die Gesamtanzahl an Handling verringern, könnten gewisse Wertschöpfungspotenziale realisiert werden.

Hier gilt es aber auch die Trassengebundenheit und damit verbundene Beschränkung des Systems auf konsolidierte Lieferungen zu zentralen Stationen zu beachten.

- Bei einer anschließenden Feinverteilung würden die automatisierten Prozesse des potenziellen Systems kein manuelles Handling ersetzen, da das automatisierte System zwischen die bereits bestehenden manuellen Prozesse geschaltet würde. Sowohl bei der Strecke *GVZ/Porsche* als auch bei der Strecke *Stolberg - Berga* sind Transportunternehmen schon in die Feinverteilung integriert und transportieren bereits mit Lieferfahrzeugen. Das potenzielle System könnte diese Feinverteilung nicht ersetzen, aber auf dem angespannten Arbeitsmarkt für Paketdienstleistungen ggfs. für Entspannung sorgen. Kosten und Nutzen müssen dabei unter Berücksichtigung der zusätzlichen Schnittstelle durch das System im Detail abgewogen werden, pauschale Aussagen sind hier nicht möglich.
- Im KEP-Bereich bestünde die Möglichkeit der Lieferung an zentrale Paketstationen, wodurch die Feinverteilung bis zum Endkunden vermieden wird. Dies reduziert einerseits die zu fahrenden Kilometer für die Lieferfahrzeuge, aber auch die fehlgeschlagenen Anlieferungen, wenn der Empfänger nicht anzutreffen ist, was ein relevanter Kostenpunkt für den Dienstleister ist. Lieferungen zu Paketstationen werden momentan aber nur auf Wunsch der Kunden gemacht. Ob es Änderungen beim Kundenverhalten geben wird, wenn beispielsweise preisliche Vorteile für Lieferungen an Paketstationen angeboten werden, kann derzeit nicht abschließend bewertet werden. Allerdings würde das potenzielle System nicht zu einer Reduktion des Handlings führen: im heutigen Prozess transportieren Lieferfahrzeuge vom Verteilzentrum an die verschiedenen Kunden einer Region bzw. an die jeweiligen Paketstationen – mit dem potenziellen System müssten diese Lieferwagen, die Pakete immer noch beim Verteilzentrum abholen und zum System bringen, von wo aus sie zur zentralen Paketstation transportiert werden. Eine Reduktion der Handlungsschritte entstünde also durch die allgemeine Nutzung der Paketstation im Vergleich zur Lieferung an die individuellen Kunden, aber nicht durch die Lieferung mit dem potenziellen System.
- Frische, gekühlte Ware bedarf nicht nur einem gekühlten Transport, sondern auch gekühlte Lagerung an den zentralen Stationen. Mögliche Mehrkosten, die sich daraus ergeben müssen bei der Kalkulation berücksichtigt werden.

Stolberg - Berga

Auf der Beispielstrecke Stolberg - Berga ist es der Stadt Stolberg ein Anliegen, den Verkehr in der Stadt zu verringern. In so einem Szenario wäre es denkbar, dass eine Nutzung von Paketstationen für KEP verpflichtend wird. Bei der geringen Einwohnerzahl und dem Nutzen für touristische Zwecke wäre so ein System sicherlich umsetzbar. Eine rechtliche Prüfung der Umsetzung wurde von den Autoren nicht vorgenommen. Es handelt sich hierbei allein um eine theoretische Überlegung, wie eine Nutzung von Paketstationen garantiert werden kann. Beispiele in anderen Ländern haben gezeigt, dass eine einfache Gestaltung von Paketstationen, diese sehr attraktiv für Nutzer machen.⁶⁹ Für mögliche Lieferungen an Unternehmen ist dies aber unwahrscheinlich. Die Lieferung von frischen Lebensmitteln an Restaurants würde beispielsweise Kühlmöglichkeiten bei einer zentralen Station voraussetzen. Außerdem würde so eine Station erheblichen Aufwand für die Restaurants mit sich bringen. Ob durch Kostenvorteile beim Versand die Abholung von einer zentralen Station eine höhere Akzeptanz bei den Restaurants erfährt, kann derzeit nicht gesagt werden.

⁶⁹ Bpost (2021)

GVZ/Porsche

Auf der Beispielstrecke am GVZ befinden sich ausschließlich Unternehmen. Diese haben sehr wahrscheinlich höhere Liefervolumina als Privatpersonen, weshalb eine Lieferung zur Warenannahme wichtig ist, da die Abholung von einer zentralen Station weitere Kosten für die Unternehmen mit sich brächte. Auch hier gilt, dass nicht gesagt werden kann, ob mögliche Kostenvorteile beim Versand die Akzeptanz von zentralen Stationen genügend erhöht. Solche positiven Anreize durch Kostenvorteile oder auch negative Anreize, z.B. durch Vorgaben und Regulierungen sind in jedem einzelnen Anwendungsfall als Rahmenbedingung für eine Implementierung und Nutzung des Systems zu prüfen.

Es gilt also, dass Wertschöpfungspotenziale für die Transportunternehmen bestehen, wenn Handling durch das potenzielle System automatisiert bzw. reduziert werden kann. Die Rahmenbedingung für die Nutzung dieser Potenziale ist, dass automatisierte Lösungen für die Feinverteilung gefunden werden, bzw. Kunden auf die Lieferung der Waren auf der letzten Meile verzichten.

6.3.2.3 Nutzen für die Gesellschaft

Das potentielle System würde mit einer Konsolidierung von Lieferungen zu einer **Reduktion in gefährten Kilometern** von Lieferfahrzeugen führen. Dies hat mehrere positive gesellschaftliche Effekte.

Verkehrsvermeidung

Weniger gefahrene Kilometer der Lieferfahrzeuge führen direkt zu einer Vermeidung von Verkehr. Dies ist einerseits ein Anliegen von Kommunen, die von weniger Stau und Lärm und so einer besseren Lebensqualität für ihre Bewohner und besseren Aufenthaltsqualität für Touristen profitieren. Auf der Strecke *Stolberg - Berga* ist dies vor allem für die Gemeinde Stolberg ein wichtiges Thema. Dort besteht heute schon das Problem, dass die Kühltransporter, die die Restaurants beliefern, die Straßen blockieren während der Auslieferung. Allgemein gilt hier, dass jedes Fahrzeug, das nicht über das Kopfsteinpflaster fährt ein Mehrwert für die Touristen und Anwohner darstellt.

Bei der Strecke im *GVZ/Porsche* ist dieses Thema nicht ganz so relevant, da nur zu den Schichtwechselzeiten Stausituationen entstehen und es in dem Industriegebiet keine Anwohner gibt. Eine mögliche Reduktion dieses Staus könnte zu Stressabbau der Pendler führen.

Durch die Reduktion von Fahrten würden sich auf Seiten der Dienstleister Einsparungen von Kraftstoffen und eine Reduktion des Verschleißes der Transportflotte positiv auswirken. Allerdings müssten hier auch Kosten für die Nutzung des Systems dagegegenghalten werden, welche noch nicht feststehen.

Aufgrund der geringen Distanzen, die das System zurücklegt, ist allerdings davon auszugehen, dass die Reduktion in Kraftstoff und Verschleiß nicht sehr groß wäre.

Der positive Effekt auf die Lebensqualität ist schwierig zu bemessen und müsste in jedem Anwendungsfall individuell untersucht werden.

Allgemein ist es laut dem Masterplan Mobilität für den Nordraum Leipzig das erklärte verkehrspolitische Ziel der Stadt Leipzig, zukünftigen Mehrverkehr im Umweltverbund abzuwickeln. Zur Erreichung dieses Ziels könnte das potenzielle System beitragen.

Feinstaub Vermeidung

Die Vermeidung von Verkehr hätte auch einen Einfluss auf die Feinstaubbelastung entlang der Strecken. Dieser Aspekt ist vor allem für die Kommunen, Anwohner und Touristen wertvoll. Auf der Beispielstrecke *Stolberg - Berga* befindet sich mit Stolberg ein anerkannter Luftkurort. Hier ist jede Reduktion von Feinstaub besonders wertvoll.

Allerdings befinden sich die angestrebten Anwendungsfälle eher im ländlichen oder suburbanen Raum, wo Grenzwerte für die Feinstaubbelastung keine großen Probleme darstellen im Vergleich zu Innenstädten oder Hauptverkehrsstraßen von Großstädten. Außerdem kommt der meiste Feinstaub von Verbrennungsmotoren, welche immer stärker von emissionsfreien Antriebsformen abgelöst werden. Dies gilt besonders im Transportverkehr, wo vor allem KEP Dienstleister, wie DHL sehr darauf bedacht sind

ihre Emissionen stark zu reduzieren.⁷⁰ Da der Betrachtungszeitraum eher auf 10-20 Jahren liegt, ist davon auszugehen, dass das potenzielle System zu keiner großen zusätzlichen Vermeidung von Feinstaub mehr führen würde.

CO₂ Vermeidung

Ähnlich wie Feinstaub würde durch die reduzierten Transportkilometer auch der CO₂ Ausstoß verringert. Dieser Aspekt ist vor allem für die Dienstleister wertvoll, da sie für ihren CO₂-Ausstoß schon heute Zertifikate kaufen müssen, die mit der Zeit immer teurer werden. Hier gilt es aber zu beachten, dass KEP-Transport durch z. B. DHL schon seit 2011 CO₂ neutral erfolgt⁷¹. Außerdem gilt weiterhin, dass die Strecken des potenziellen Systems nicht sonderlich lang sind, was die Einsparpotenziale von CO₂ begrenzt.

Die Reduktion der gefahrenen Kilometer der Lieferfahrzeuge birgt mehrere Nutzenpotenziale für die Gesellschaft. Der allgemeine Mehrwert durch Verkehrsreduktion ist stark abhängig von der gewählten Strecke, wie der Unterschied zwischen den beiden Beispielstrecken zeigt. Wie beim Personenverkehr ist das Reduktionspotenzial von CO₂- und Feinstaubemissionen abhängig von den in Zukunft vorherrschenden Antriebstechnologien der zu ersetzenden Lieferalternativen.

6.3.3 Herausforderungen einer kombinierten Nutzung des Systems für Personen und Güter

Das potenzielle System soll im Idealfall dort, wo momentane ÖV-Angebote zurückgefahren wurden, einen schnelleren und besseren Personenverkehr bieten, und zusätzlich, wenn möglich, auch für logistische Zwecke genutzt werden. Aus dieser kombinierten Nutzung des ganzen Systems und einzelner Kabinen für Personen und Güter ergeben sich einige Rahmenbedingungen, die für eine erfolgreiche Nutzung erfüllt sein müssten.

Kombinierte Nutzung des Netzes

Im potenziellen System werden Personen und Waren mit Kabinen transportiert. An Haltepunkten können dann Fahrgäste ein- und aussteigen, bzw. die Waren ein- und ausgeladen werden.

Güter und Waren werden bei Firmen meist durch einen separaten Wareneingang angenommen. Grade bei größeren Betrieben, wie an der Beispielstrecke im *GVZ/Porsche* anzufinden, ist der Wareneingang ein anderer als der Personeneingang. Um das System für den Waren- und Gütertransport zu den Unternehmen zu nutzen, müsste eine Haltestelle in der Nähe des Wareneingangs gebaut werden. Bei einigen Unternehmen ist dies allerdings schon Privatgrundstück und es ist auch nicht gewollt, dass dort Nicht-Mitarbeitende ein- und aussteigen. Dies ist auch mit Blick auf ein automatisiertes Handling der Waren und Güter eventuell aus Sicherheitsgründen zu vermeiden. Hier gilt es bei einer genauen Planung je nach Anwendungsfall einerseits das spezifische Stationslayout an diese Situation anzupassen und andererseits allgemein die Linienführung und Lage der Stationen mit Blick auf Warenlieferungen und Personen zu planen.

Für ersteres gilt, dass um eine hohe Praktikabilität zu erzielen, es notwendig ist, sowohl die Personenausgänge an den Haltestellen und die Bereiche der Warenlieferung sinnvoll zu strukturieren und ggfs. voneinander zu trennen.

Für den zweiten Aspekt, die Verortung der Stationen, muss vor allem mit Blick auf den Warentransport bedacht werden, wie oft und wohin diese Lieferungen weitertransportiert werden nach Abholung. Für KEP-Lieferungen könnten die Haltestellen am Personeneingang eine Option sein, da die Annahme dieser Lieferungen häufig dort geschieht. Allerdings ist hier zu beachten, dass diese Art Lieferung normalerweise von einem Lieferanten manuell abgegeben wird, auch aus Haftungsgründen, denn mit Annahme wird meist eine schadlose Lieferung quittiert. Für Privatlieferungen gilt, wie oben beschrieben,

⁷⁰ DHL (2021)

⁷¹ DHL (2021)

dass das System nicht bis zur Haustür liefern kann, sondern nur zu den Haltestellen – Paketstationen müssten also eingerichtet werden.

Bei der Planung des Systems für eine konkrete Strecke sind diese Aspekte zu bedenken und mit den Unternehmen vor Ort zu besprechen. Eventuell müssten die Warenlieferprozesse so angepasst werden, dass an derselben Station auch Personen sicher ein- und aussteigen können. Auch eine potenzielle Nutzung der Unternehmensgrundstücke müsste arrangiert werden. Außerdem müsste evaluiert werden, in wie weit zentrale Paketstation für KEP vom Kunden angenommen würden, da eine Nutzung nicht verpflichtend oder günstiger ist.

Kombinierte Nutzung der Kabinen

Warentransport sollte am besten in einer separaten Kabine ausgeführt werden. Das liegt unter anderem an Sicherheits- bzw. Hygienegründen. Auf der Beispielstrecke des *GVZ/Porsche*, wo eventuell Waren für die Autoproduktion transportiert werden sollen, wäre ein Transport mit Personen in derselben Kabine nicht wirklich möglich, da diese die Waren beschädigen, bzw. Personen sich an der Ware verletzen könnten. Auf der Beispielstrecke *Stolberg - Berga* könnten mit dem potenziellen System wahrscheinlich Lieferungen für Restaurants und Hotels, sowie für Geschäfte vor Ort transportiert werden. Auch hier sprechen Hygiene- bzw. Sicherheitsgründe für eine Trennung der Waren (z. B. Lebensmittellieferungen) von den Passagieren (größtenteils Touristen), und somit für eine getrennte Nutzung der Kabinen.

Neben den Hygiene- und Sicherheitsbedingungen spielt die Effizienz des Systems eine Rolle: bei einer gemeinsamen, aber getrennten Nutzung der gleichen Kabine, würde immer nur ein Teil der Kabinen zur Verfügung stehen. Damit wäre das System für größere Waren bzw. für einen großen Andrang von Personen beschränkt geeignet. An der Beispielstrecke im *GVZ/Porsche* würde z. B. für den zügigen Abtransport der vielen Schichtarbeiter und den gleichzeitigen Transport von großen Autoteilen eine überdimensionierte Kabine benötigt. Ein Umbau von zum Beispiel dem Passagierabteil zu einem Warenabteil durch herausnehmen der Sitze wäre denkbar aber unverhältnismäßig aufwendig. Außerdem kostet das Be- und Entladen der Kabinen mit Waren Zeit. Dies könnte zu Verlangsamungen im Transport von Personen führen, die beim reinen Personentransport nicht aufkämen. Sollten verschiedene Kabinen genutzt werden, müsste die Bestellfunktion des potenziellen on-demand Systems entsprechend angepasst werden, dass die richtigen Kabinen zu den Bestellern fahren.

Die Kombination von Personentransport mit KEP-Transport in gleichen Kabinen hätte mehr Potenzial, da die KEP-Einheiten kleiner sind. Auf der Beispielstrecke *Stolberg - Berga* wäre es möglich, die KEP-Lieferungen für die Orte Rottleberode und Stolberg in einem kleinen Abteil der Passagierkabine zu transportieren. Sicherheit, Hygiene, Komfort oder die Auslastung der Kabine wäre nicht bzw. kaum beeinträchtigt.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine effiziente Kombination von Warentransport und Personentransport in gleichen Kabinen wenig Potenzial hat. Eine Ausnahme könnte der KEP-Transport darstellen, müsste aber an der jeweiligen Strecke geprüft werden. Mit verschiedenen Kabinen könnte das System am effizientesten genutzt werden – es gilt aber die Lage der Haltestellen in die Betrachtung mit aufzunehmen (siehe oben).

6.3.4 Übergeordnete Effekte

Durch die Entwicklung und Herstellung von Systemkomponenten durch Unternehmen in der Region und den generellen Betrieb des potenziellen Systems entlang der Beispielstrecken lassen sich – wie beschrieben – verschiedene Effekt-Ketten ableiten. Diese mehrdimensionalen Effekt-Ketten sind eng miteinander verflochten und wirken auf einer übergeordneten Ebene zusammen (vgl. Abbildung 57). Solche zusammenwirkenden, übergeordneten Effekte sind für das angedachte System beispielsweise die mögliche **Steigerung der Attraktivität des Wirtschaftsstandorts in der IRMD** durch den Modellcharakter von einzelnen Projekten und Branchen, die überregionale Strahlkraft und potenziellen Neuan-siedlungen von (bekannten und erfolgreichen) Unternehmen sowie die **Steigerung des regionalen Images** durch verbesserte Daseinsvorsorge, progressive CO₂-Einsparungen und die Erschließung von touristischen Potenzialen.

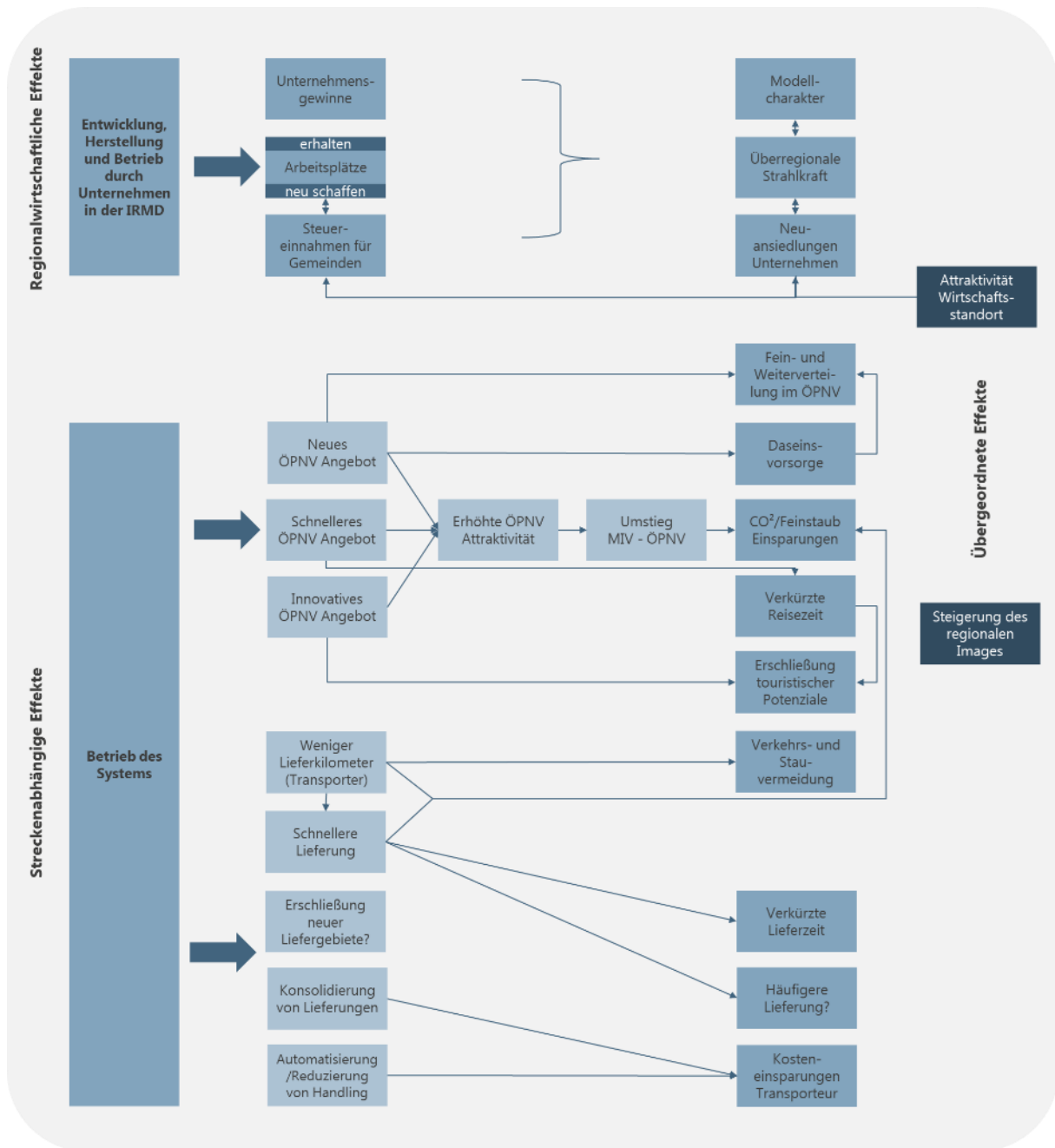


Abbildung 57: Gesamtbild der mehrdimensionalen Effekt-Ketten

7 Fazit

7.1 Methodischer Ansatz der Studie

- ▶ Im Rahmen dieser Untersuchung wurden Voraussetzungen für die Entstehung und den Einsatz eines neuartigen fahrerlosen Mobilitätssystems für die (vor)letzte Meile in der Region analysiert. Das in der Untersuchung angenommene Mobilitätssystem hat die folgenden Charakteristika:
 - (zentral bzw. infrastrukturseitig angetriebenes) Chassis
 - Kabine
 - eigene Trasse zur Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr
- ▶ Die Fragestellung wird aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet
 - Benchmark vergleichbarer Mobilitätssysteme
 - Darstellung regionaler Projekte im Bereich autonom fahrender öffentlicher Mobilitätssysteme um ggf. Synergien zu identifizieren
 - Findung geeigneter Felder/Strecken zum Einsatz eines Mobilitätssystems der (vor)letzten Meile
 - Potenzialanalyse (Akzeptanz, Nachfrage, Stakeholder)
 - Wertschöpfungsanalyse
- ▶ Der im Rahmen der Studie aufgezeigte methodische Ansatz kann als Beispielansatz bei der Entwicklung von innovativen Mobilitätssystemen für die (vor)letzte Meile in der IRMD dienen. Im Rahmen der Analyse wurden erste Anforderungen an ein solches System abgegrenzt.

7.2 Technologie

- ▶ Das hier angenommene Mobilitätssystem soll über ein zentral bzw. infrastrukturseitig angetriebenes Chassis verfügen. Beim Benchmark zum Stand der Technik im Bereich automatisierte und innovative Verkehrssysteme (Kapitel 2.1) wurde ermittelt, dass derartige Lösungen aktuell noch eher die Ausnahme als die Regel sind, z. B. bei Seilbahnen oder bei Magnetschwebbahnen. Bei Magnetschwebbahnen gibt es allerdings unterschiedliche Technologien: beim Transrapid z. B. fungiert der Fahrweg als Antrieb. Beim TSB hingegen ist der Antrieb im Fahrzeug selbst integriert. Die Kosten sollten dadurch deutlich niedriger anfallen.⁷² Seilbahnen werden hauptsächlich bei topografisch komplexen Gegenden zur Überwindung von Höhenunterschieden und Barrieren genutzt. Sie finden zunehmend auch in dicht besiedelten urbanen Räumen Anwendung, wo sich die Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr durch die Nutzung der „dritten Ebene“ als vorteilhaft für die Reisegeschwindigkeit und Zuverlässigkeit erweist. Seilbahnen

⁷² <https://www.tuev-nord.de/explore/de/erklaert/wie-prueft-man-eine-magnetschwebbahn/>



werden vor allem dann empfohlen, wenn sie eine kostengünstigere und schneller zu realisierende Alternative zu konventionellen trassengebundenen Systemen (z. B. Straßenbahn) darstellen.

- ▶ Es gilt zu beachten, dass ein zentraler Antrieb nur durch eine dedizierte Infrastruktur zu erreichen ist. Auch wenn eine Infrastruktur theoretisch bereits zur Verfügung steht (z. B. bei vorhandenen Schienenstrecken), muss diese auch entsprechend ausgerüstet werden, um einen infrastrukturseitigen, zentralen Antrieb gewährleisten zu können. Dies lässt sich deutlich einfacher realisieren, wenn eine Strecke zur exklusiven Nutzung durch das entsprechend konfigurierte System zur Verfügung steht. Es gilt zudem Schnittstellen bzw. Umsteigeknoten mit anderen Verkehrsnetzen und Mobilitätssystemen (Bahn, Straßenbahn, Bus) zu beachten, um eine integrierte Mobilitätslösung anzubieten.
- ▶ Das untersuchte Konzept soll trassengebunden sein. Eine durchgehende Unabhängigkeit vom restlichen Verkehr durch eine eigene Trasse bietet grundsätzlich den Vorteil eines schnelleren und zuverlässigen Mobilitätsangebots durch Vermeidung von Staus und Störungen, welche durch andere Verkehrsträger verursacht werden.
- ▶ Im ländlichen Raum liegen Siedlungsschwerpunkte teilweise abseits von bestehender stillgelegter Schieneninfrastruktur. Dort empfiehlt sich die Ergänzung des trassengebundenen Systems für die vorletzte Meile durch Mobilitätsangebote für die letzte Meile – z. B. autonome Shuttles oder Sharing-Angebote.
- ▶ Es wird angenommen, dass das konzipierte Mobilitätssystem auf kleinere Gefäßgrößen (Kabinen) als ein herkömmliches ÖV-Fahrzeug ausgelegt ist. Dies ermöglicht sowohl die Anwendung in Räumen geringer Verkehrsnachfrage, besonders aber die Reaktion auf kurzfristige Lastspitzen z. B. zu Schichtwechselzeiten, im Schülerverkehr oder an Ausflugswochenenden in touristischen Regionen. Dies kann z. B. durch eine enge Taktfolgezeit und/oder Platooning der Fahrzeuge gewährleistet werden.
- ▶ Das potenzielle Mobilitätssystem setzt eine hohe Systemverfügbarkeit voraus und/oder eine on-demand-Funktion, was prinzipiell eine höhere Nutzung erzielt.
- ▶ Um gleichzeitig eine Anschlusssicherung an SPNV-/ ÖPNV-Knoten und eine on-demand-Funktion zu gewährleisten, muss gesichert sein, dass genügend Kapazitäten vorhanden sind und die Trasse zu den definierten Takten zur Verfügung steht. Dieses kann z. B. durch (zu entwickelnde) intelligente Fahrzeugsteuerungssysteme umgesetzt werden. Die Fragestellung nach der Trassenverfügbarkeit ist vor allem bei eingleisigen Schienenstrecken von besonderer Bedeutung.

7.3 Chancen für die Wertschöpfung

- ▶ Neben den verkehrlichen Potenzialen soll auch der potenzielle wirtschaftliche Nutzen durch die Entwicklung und den Betrieb des neuen Systems untersucht werden. Ziel ist es, bereits in einem frühen Stadium der Systementwicklung über die reine Vision hinauszublicken und die Chancen für die Wertschöpfung in der Region zu betrachten. Zu diesem Zweck wurden zum einen regionale Wertschöpfungspotenziale durch die Einbindung von in der IRMD ansässigen Unternehmen untersucht. Zum anderen wurden die Potenziale auf bzw. entlang der Strecken sowohl theoretisch als auch konkret anhand der beiden Beispielstrecken analysiert.



- ▶ Die regionalen Wertschöpfungspotenziale der Entwicklung und Umsetzung wurden anhand einer vereinfachten Wertschöpfungskette des potenziellen Systems betrachtet. Für die meisten Aspekte der Systementwicklung und -herstellung sowie des Systembetriebs ist die technologische Expertise innerhalb der IRMD oder seiner unmittelbaren Umgebung vorhanden. Die Mehrheit der befragten Unternehmen bekundete ein gewisses Interesse an der System-Idee und kann sich eine eigene Rolle in der späteren Entwicklung, Herstellung oder dem Betrieb vorstellen, solange es eine plausible Verbindung zum Kerngeschäftsbereich des Unternehmens gibt. Ein gesicherter Finanzierungsplan für die weitere Entwicklungsphase scheint eine essentielle Rahmenbedingung dafür zu sein, die befragten Unternehmen aktiv in die benötigten ersten Entwicklungsschritte zu involvieren.
- ▶ Durch die Einbeziehung von Unternehmen in der IRMD können einige, eng miteinander verflochtene regionalwirtschaftliche Effekte entstehen. Insbesondere könnte die Einbindung von Unternehmen zu Wachstums- und Beschäftigungsgewinnen bzw. Beschäftigungserhalt innerhalb der IRMD führen. Bei der Einbindung von lokalen Unternehmen fließen potenzielle Gewinne, die Unternehmen erzielen, nicht aus der Region ab, sondern können gehalten und reinvestiert werden. Für eine zügige Entwicklung des Systems sind Kooperationen mit Unternehmen außerhalb der IRMD sinnvoll, insbesondere dann, wenn die spezifische Expertise lokal nicht vorhanden ist.
- ▶ Die wirtschaftlichen Potenziale des Systems entlang der Strecken können sich primär durch positive Effekte im Personen- und Gütertransport ergeben, da das System mit einer ständigen Verfügbarkeit und einem relativ hohen Fahrtempo für häufigere und schnellere Transportmöglichkeiten sorgen soll. Daraus ergeben sich einige theoretische wirtschaftliche Mehrwerte. Für die Realisierung dieser wirtschaftlichen Mehrwerte entlang der spezifischen Strecken sind gewisse Rahmenbedingungen notwendig.
- ▶ Sowohl im Personen- als auch im Gütertransport weist das System Potenziale für die Bedienung der *vorletzten Meile* auf. Die Bindung des Systems an eine Trasse sorgt für einen ungehinderten, ständig umlaufenden Transport, wenn die Strecke exklusiv für das System genutzt wird. Für den Personentransport beabsichtigt das potenzielle System durch teils neue, sicher jedoch häufigere Verbindungen (durch Taktverdichtungen) die Versorgungsinfrastruktur zu verbessern, bei gleichzeitiger Reduzierung des Verkehrsaufkommens und den damit einhergehenden positiven Effekten für die Lebensqualität. Dazu zählen Reisezeitgewinne sowie Reduzierung von Abgasen. Auch für Transportunternehmen könnte das System theoretisch positive Effekte haben, da es zur effizienteren, konsolidierten Belieferung von Orten beitragen könnte.
- ▶ Eine wichtige Rahmenbedingung für die Ausschöpfung dieser theoretischen Potenziale entlang der Strecken ist, dass das gesamte ÖV-System ebenfalls häufigere (bestenfalls ständig verfügbare) Lösungen anbietet – vor allem auch auf der *letzten Meile*. Dies gilt sowohl für den Personen- als auch für den Waren- und Gütertransport, da das System nicht ‚bis vor die Haustür‘ befördert, sondern nur bis zum Haltepunkt entlang der Trasse.
 - Für den Personentransport gilt: Durch die Taktverdichtung und Reisezeitgewinne könnte eine gewisse Lenkungswirkung, also das Potenzial, durch das System MIV-Nutzer zu motivieren auf den ÖV umzusteigen und somit zur Verkehrsminderung und Luftverbesserung beizutragen, erreicht werden. Damit sich dieser Mehrwert des Systems materialisiert, bedarf es verfügbarer Lösungen für Reisende auf der ersten Meile zur Haltestelle des Systems bzw. der



letzten Meile vom System zum Zielort. Darüber hinaus ist es erforderlich, dass die Angebotsqualität des flexiblen Transportsystems bis zu einem für die Nutzer relevanten Ziel durchgehend gewährleistet wird.

- Für Transportunternehmen gilt: Die schnellere Beförderung auf einer Teilstrecke könnte zu Lieferzeitgewinnen und Lieferkostenvorteilen führen. Um diese wirtschaftlichen Potenziale zu heben, bedarf es einer streckenspezifischen Überprüfung und ggf. (Neu-)Organisation der Lieferkette. Denn: Potenziale durch die Nutzung des Systems ergeben sich erst dann, wenn dieses in der Lage ist, in den bestehenden Transportprozessen Lieferungen zu konsolidieren und/oder das Handling dieser Lieferungen zu reduzieren, z. B. durch weniger Lieferschritte oder durch eine automatisierte Abfertigung. Zur Konsolidierung müssten die Lieferprofile der Kunden auf Gemeinsamkeiten untersucht werden. Ein Mehrwert würden dann entstehen, wenn das Gesamtsystem die weitere Feinverteilung der Güter ebenfalls schneller und häufiger durchführt. Bei zentralen Lösungen wie Packstationen sind mögliche Service-Nachteile für Endkunden zu berücksichtigen.
- ▶ Um die Potenziale des Personentransports und des Waren- und Gütertransports am besten zu nutzen, empfiehlt sich der Einsatz von separaten Kabinen für beide Anwendungen. So könnten Sicherheits-, Hygiene- und Komfortansprüche am besten umgesetzt werden und das System würde seine jeweilige Aufgabe effizient erfüllen können. Zudem gilt, dass der optimale Haltepunkt für Personen meist ein anderer ist als für Waren/Güter und bei der Nutzung für den Ein- und Ausstieg sowie für das Ein- und Ausladen gewisse Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen sind. Ein Ausschöpfen der Potenziale wäre daher durch separate Kabinen und ggf. auch eine separate Streckenführung am besten zu erreichen.

7.4 Einsatzpotenziale für ein innovatives Mobilitätssystem für die (vor-)letzte Meile in der IRMD

- ▶ Im Rahmen der Studie wurden mehrere Strecken bzw. Orte in der IRMD identifiziert, die aktuell nur mäßig mit dem ÖPNV erschlossen sind und die von einem Mobilitätssystem der (vor-)letzten Meile profitieren könnten. Um die Tauglichkeit des Systemkonzepts zu überprüfen sowie die Vor- und Nachteile gegenüber anderen Systemen zu identifizieren, empfiehlt sich die bei der Entwicklung von innovativen Mobilitätssystemen übliche Vorgehensweise: Prototypentwicklung und Testung auf Pilotstrecken.

7.5 Akzeptanz

- ▶ Die Akzeptanz von autonomen bzw. automatisierten Systemen kann grundsätzlich als gegeben betrachtet werden (für trassengebundene und nicht trassengebundene Systeme).
- ▶ Die Akzeptanz und Nutzung solcher Systeme hängen allerdings vom Personenprofil ab (siehe Kapitel 3.3). Um die Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft zu steigern, sind je nach Personengruppe gezielte Strategien und Maßnahmen einzusetzen.

7.6 Beteiligung von Stakeholdern

- ▶ Die durchgeführte Stakeholderanalyse dient als Blaupause für die Identifizierung von Stakeholdergruppen und die methodische Herangehensweise zur Entwicklung einer erfolgreichen Stakeholderbeteiligung. Für die weitere streckenbezogene Planung und Umsetzung der Systemidee sollte die Stakeholderanalyse anhand realer und lokaler Gegebenheiten erfolgen.
- ▶ Eine Einordnung der entsprechenden Stakeholder hinsichtlich des Einflusses und Interesses an dem potenziellen Transportsystem ist essentiell, um passgenaue Maßnahmen für die Beteiligung von Stakeholdern durchzuführen. Grundsätzlich gilt: Stakeholder mit hohem Einfluss und hohem Interesse (beispielsweise Aufgabenträger ÖPNV/SPNV und Stadtverwaltungen) sind besonders relevant für die Umsetzung der Projektidee und sollten frühzeitig identifiziert und beteiligt werden. Um die Akzeptanz eines solchen Vorhabens zu erhöhen und Nutzungspotenziale auszuschöpfen sollten ebenfalls verschiedene Nutzergruppen mit hohem Interesse, wie beispielsweise direkt betroffene Anwohnende, kooperativ in den Gesamtprozess involviert werden.
- ▶ Die Einordnung der identifizierten Stakeholder sollte für eine konkrete Planung des Stakeholdermanagements um eine dezidierte und streckenbezogene Analyse der jeweiligen Haltung (positiv, negativ, neutral) gegenüber dem Vorhaben erweitert werden. Eine solche Einordnung war zum jetzigen Projektstand und entlang der Beispielstrecken nicht möglich.

7.7 Nächste Schritte

Für eine Weiterentwicklung der Konzeptidee können die folgenden nächsten Schritten empfohlen werden:

Technologische Weiterentwicklung

- ▶ Weiterführende funktionale und technische Definition des Systems, seiner verschiedenen Komponenten (Kabine, Infrastruktur, Antrieb, Gestaltung der Haltepunkte/Stationen) und der Schnittstellen untereinander. Dabei können die in diesem Bericht vorhandenen technischen Benchmarks und Kennzahlen als Basis dienen.
- ▶ Entwicklung eines Prototyps (erst einzelner Komponenten, dann des Gesamtsystems).
- ▶ Auf Basis dieser Weiterentwicklung, weiterführende Analyse potenzieller Anwendungsfälle (Strecken).
- ▶ Erprobung auf Teststrecke(n) im Rahmen von Pilotprojekt(en) um technische, betriebliche, finanzielle und umweltrelevante Parameter sowie die Akzeptanz zu messen bzw. zu validieren und so Vor- und Nachteile gegenüber anderen Mobilitätssystemen zu identifizieren.

Organisation & Finanzierung

- ▶ Suche und Ansprache passender Partner für die Bildung eines Projektkonsortiums (Arbeitsebene) und eines erweiterten Unterstützungskreises („Sounding Board“). In diesem Bericht wurden schon einige potenzielle Entwicklungs- und Umsetzungspartner aus der Region identifiziert und beschrieben.
- ▶ Identifikation und Nutzung von Finanzierungs- und Förderoptionen für die verschiedenen folgenden Entwicklungsphasen (u.a. von potenziellen Entwicklungspartner in der Region als Voraussetzung genannt)

Literaturverzeichnis

- BMWi 2020 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): „Schlaglichter der Wirtschaftspolitik“. Berlin, 2020; <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/schlaglichter-der-wirtschaftspolitik-11-2020.html> (Zugriff: 30.10.2020)
- Bpost 2021 Bpost: Uitstootvrije stedelijke last mile logistiek & hoe je deze kan gebruiken in jouw dienstverlening. 2021; <https://cdn.uc.assets.prezly.com/809908b1-ca78-4f65-a0a7-8e1f3424a466/-/inline/no/20210526vubreportingfinal.pdf> (Zugriff: 7.12.2021)
- DHL 2021 DHL: DHL GOGREEN Klimafreundlicher Versand und Empfang mit DHL. <https://www.dhl.de/de/privatkunden/kampagnenseiten/gogreen.html> (Zugriff: 7.12.2021)
- PTV et al. 2021 PTV Transport Consult GmbH, Leipziger Institut für Energie GmbH, EcoLibro GmbH: Integrierte Mobilitätsstudie, Entwurfsfassung November 2021
- PTV, absolutGPS, dwif 2021 PTV Transport Consult GmbH, absolutGPS, dwif-Consulting GmbH: Touristische Mobilität, Steckbriefe Erreichbarkeiten touristischer Ziele in der IRMD, August 2021
- Railistics GmbH 2021 Railistics: Schieneninfrastruktur im Dreiländereck, (vorläufige) Präsentationen, August 2021
- Georg Consulting 2021 Georg Consulting: Potenzialstudie Industrie-/Gewerbeflächen, Mai 2021
- Prognos AG 2021 Prognos AG: Sozio-ökonomische Perspektive 2040, Juni 2021
- ADAC e.V., Zukunftsinstitut 2017 „Die Evolution der Mobilität“. Studie des Zukunftsinstituts im Auftrag des ADAC
- Herrmann et al. 2019 Herrmann, P. Spang, K. & Wojtyna: Erfolgreiches Stakeholdermanagement braucht Perspektiven. projektManagement aktuell. Online unter: https://www.gpm-ipma.de/fileadmin/user_upload/Know-How/pmaktuell/2019_02/PMa_2_2019_S31.pdf (Zugriff: 7.12.2021)
- infas et al. 2018 Intraplan Consult GmbH 2016 infas, DLR, IVT und infas 360: „Mobilität in Deutschland“. Im Auftrag des BMVI Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen im schienengebundenen ÖPNV – Version 2016. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur
- Klaas, K. & Kaas E.A. 2021 Klaas, Katharina & Kaas Elias, Alexander: Verkehrswende im ländlichen Raum. VCD Fact Sheet 4/2021
- Rauh, Appel & Graßl, 2020 Rauh, Appel & Graßl: „Empirische Beobachtungen zur Akzeptanz des Pilotprojektes „Autonom fahrender Kleinbus“ unter den Bürger*innen von Bad Birnbach“

- Ritter von Kempfski Privathotels 2021 Ritter von Kempfski Privathotels: „Hotel Schloss Stolberg“. 2021; <https://www.rittervonkempfski.de/unsere-aeuser/hotel-schloss-stolberg> (Zugriff: 7.12.2021)
- Rauh, Appel & Graßl 2020 Rauh, Appel & Graßl: Empirische Beobachtungen zur Akzeptanz des Pilotprojektes „Autonom fahrender Kleinbus“ unter den Bürger*innen von Bad Birnbach, 2020
- SendCloud 2021 SendCloud E-Commerce-Lieferkompass 2021/2022; <https://www.sendcloud.de/wp-content/uploads/2021/09/DE-E-Commerce-Lieferkompass-2021-2022.pdf> (Zugriff: 4.1.2021)
- Springer Vieweg 2020 Andreas Riener Alexandra Appel Wolfgang Dorner Thomas Huber Jan Christopher Kolb Harry Wagner Hrsg.: Autonome Shuttlebusse im ÖPNV, Analysen und Bewertungen zum Fallbeispiel Bad Birnbach aus technischer, gesellschaftlicher und planerischer Sicht, Springer Vieweg, 2020
- Tanja Zech 2018 Tanja Zech: „Stadt und Land: eine Beziehungsgeschichte“, deutschland.de im Auftrag des Auswärtigen Amtes. 2018; <https://www.deutschland.de/de/topic/leben/stadt-und-land-fakten-zu-urbanisierung-und-landflucht> (Zugriff: 7.12.2021)
- Schäfer & Altinsoy, 2021 Dr.-Ing. Petra K. Schäfer & Philipp Altinsoy M.A.: Autonom am Mainkai, Nutzerakzeptanz und betriebliche Herausforderungen autonomer Shuttles in Frankfurt am Main, Frankfurt University of Applied Sciences, Research Lab for Urban Transport, 2021
- FGSV 2008 Richtlinie zur Integrierten Netzplanung (RIN)
- Stadt Leipzig et al. 2020 Stadt Leipzig, LVB, MDV, ZVNL: Masterplan Mobilität für den Nordraum Leipzig
- University of Washington, 2020 Common MicroHub Research Project Research Scan. Urban Freight Lab des Supply Chain Transportation & Logistics Center der University of Washington.

Anhang zum Bericht

Anhang 1: Stand der Technik im Bereich automatisierte/autonome Mobilitätslösungen – Datenblätter vergleichbarer Mobilitätssysteme

Anhang 2: Liste der identifizierten Strecken

Anhang 3: Quantitative Parameter konventioneller Verkehrsträger

Anhang 1: Stand der Technik im Bereich automatisierte/autonome Mobilitätslösungen – Datenblätter vergleichbarer Mobilitätssysteme

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 1 – straßengebunden – Autonome/Hochautomatisierte Shuttles (Kleinbusse)



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Autonome Shuttles mit Sensoren, GPS, Kameras, Not-Aus-Schaltern und audiovisuellem Warnalarm für das automatisierte Fahren.
- Streckenlänge: ca. 2,5 – 7 km (für die regionalen Projekten)
- Momentan zugelassene Geschwindigkeit: 15-25 km/h, Angepeilte Geschwindigkeit bei den regionalen Projekten: bis zu 70 km/h
- App-basierter On-Demand Verkehr

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- **Absolut** (Entwicklung eines eigenen Fahrzeugs, in Zukunft Pilotbetrieb auf Teststrecke in Leipzig, Streckenlänge 6-7 km, Kapazität 8-11 Personen)
- **Flash** (zurzeit im Applikationsbetrieb ohne Fahrgäste; ab 2022 Pilotbetrieb mit Fahrgästen, Streckenlänge 4 km, Kapazität: 20 Personen)
- **AS-NaSA – Thyra Floh** (Pilotbetrieb in Stolberg mit EZ10 Fahrzeug von EasyMile, Streckenlänge 4,6 km, Kapazität: 6 Personen)
- **Autonomer Shuttlebus Magdeburg** (Vorbereitungen für Pilotbetrieb mit EZ10 Fahrzeug von EasyMile im Urbanen Umfeld, Kapazität: 6 Personen)

Vorteile

- Kostenreduziertes Angebot bei geringer Auslastung
- Flexible Anbindung von nur wenig frequentierten öffentlich versorgten Haushalten
- Erhöhte Sicherheit durch Sensorsysteme
- Reduzierung der CO2-Emissionen
- Keine neue Infrastruktur erforderlich
- Schon erprobt (Pilote)

Nachteile

- Nutzung der Infrastruktur auch durch andere Verkehrsteilnehmer
- Im Moment nur bis 15km/h zugelassen
- Staufahrt
- Erhöhte Betriebskosten wegen Begleitfahrer

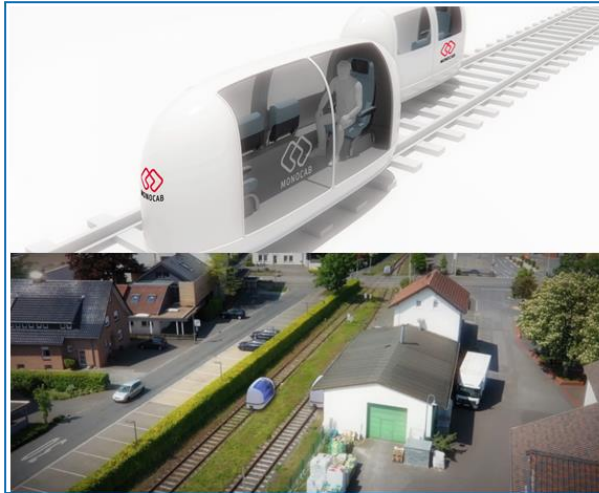
Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildung: LVV

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 2 – schienengebunden – „Monocab“



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Selbstfahrende Kabine auf Schienen
- Kreiselstabilisierte Einschienenbahn mit Gyroskoptechnik
- Einschienenbahn auf beiden Schienen reaktiver Eisenbahnstrecken

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- „MonoCab“: Projekt der REGIONALE 2022, noch in der Entwicklung, noch keine Erfahrungen

Vorteile

- Nutzung bestehender Infrastruktur
- Reduzierung von CO2-Emissionen
- Keine Staugefahr

Nachteile

- Noch nicht getestet/erprobt

Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildungen: <https://www.monocab-owl.de/>

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 3 – schienengebunden – „FlexSBus-LR“



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Selbstfahrender Schienenbus
- Ausgelegt auf dünn besiedelte Regionen
- Soll zunächst ausschließlich für den Personentransport erprobt werden
- In Zukunft auch Transport von Gütercontainern angestrebt
- Geschwindigkeiten zwischen 50-60 km/h, maximal 100 km/h
- Kapazität: 80-100 Personen (Sitz- und Stehplätze)

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- „FlexSBus-LR“ (**F**lexibler **S**chienen**b**us für den **L**ändlichen **R**aum): Projekt der RWTH Aachen und weiteren Konsortialpartnern, noch in der Entwicklung, noch keine Erfahrungen

Vorteile

- Reduzierung von CO2-Emissionen
- Keine Staufahrt
- Nutzung bestehender Infrastruktur
- Hohe Kapazität

Nachteile

- Noch nicht getestet/erprobt

Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildung: RWTH Aachen

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 4 – schienengebunden – automatisierte Peoplemover/Monorail



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Schienengeführt, seilgezogen oder stehend angetrieben
- Fahrerlose Systeme
- 1.000 bis 45.000 Fahrgäste pro Stunde und Richtung
- Streckenlängen zwischen 1 km und 50 km
- Kapazität: 45 - >100 Fahrgäste
- Geschwindigkeiten: 30-80 km/h

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- Bombardier Innovia APM
- Leitner MiniMetro
- Hitachi Monorail
- Siemens H-Bahn

Vorteile

- Reduzierung von CO2-Emissionen
- Keine Staugefahr
- Hohe Kapazität
- Für kurze Strecken und lange Strecken geeignet
- Schon erprobt

Nachteile

- Bau neuer Infrastruktur notwendig
- Kabinen/Kapazität ggf. zu groß/überdimensioniert für die vorgesehene Anwendung

Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quellen der Abbildungen: www.rail.bombardier.com, <http://www.hitachirail.com/> www.hitachirail.com

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 5 – schienengebunden – „TSB“



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Magnetschwebebahn
- Elektromagnetisches Schwebesystem mit kombinierter Trag- und Führungsfunktion
- Unterschiedliche Trassierungsmöglichkeiten: aufgeständert, ebenerdig oder im Tunnel
- Streckenlänge zwischen 1 und 50 km
- Geschwindigkeiten bis 150 km/h
- Fahrerloses automatisches Transportsystem mit asynchroner Kurzstator-Linearantrieb

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- TSB-Teststrecke in Chengdu, Streckenlänge: 3,5 km
- TSB-Teststrecke am Münchner Flughafen: 7,6 km

Vorteile

- Reduzierung von CO²-Emissionen
- Keine Staugefahr
- Erhöhter Komfort (schweben)
- Platzsparend, leise
- Flexibel
- Hohe Kapazität
- Schon erprobt

Nachteile

- Bau neuer Infrastruktur notwendig
- Kabinen/Kapazität ggf. zu groß/überdimensioniert für die vorgesehene Anwendung

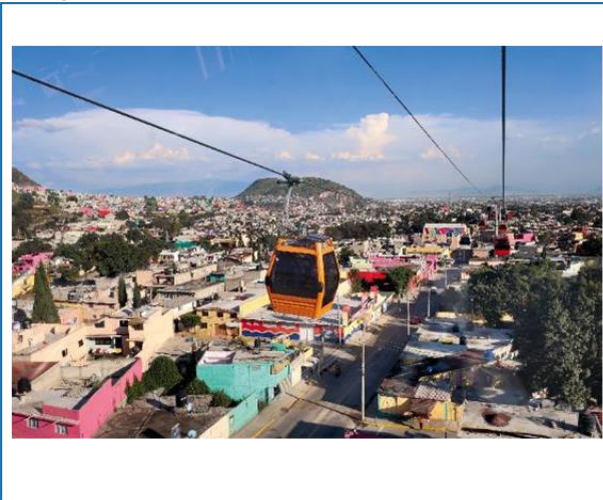
Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildungen: www.transportsystemboeblingen.com

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 6 – seilgebunden – automatisierte Seilbahn



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Transport von bis zu 2.000 - 4.000 Personen pro Stunde und Richtung
- Geschwindigkeiten zwischen 20 und 30 km/h, maximal 43 km/h bei ans Zugseil befestigten Pendelbahnen
- Stützenabstand zwischen 400 und 600 Meter
- Kabinengröße: 6-35 Personen, Großkabinen bei ans Zugseil befestigte Pendelbahnen bis zu 200 Personen
- Einseil-Umlaufbahnen, Zweiseil-Umlaufbahnen, Dreiseil-Umlaufbahnen

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- Rittner Seilbahn (Streckenlänge: 4,5 km, Kapazität pro Kabine: 35 Personen),
- Teleferico de Gaia, Porte (Streckenlänge: 562 Meter, Kapazität pro Kabine: 8 Personen)
- AreitXpress Zell am See (Streckenlänge: 1,8 km, Kapazität pro Kabine: 10 Personen)

Vorteile

- Reduzierung von CO²-Emissionen
- Topografisch unabhängig
- Leistungsfähig
- Geringere Baukosten im Vergleich zu anderen Systemen
- Schnelle Umsetzung
- Geringer Energieverbrauch
- Schon erprobt

Nachteile

- Bau neuer Infrastruktur notwendig
- Geringere Geschwindigkeiten im Vergleich zu anderen Systemen
- Problematik zur Einführung im städtischen Umfeld (Platzbedarf / Denkmalschutzgebäude...)

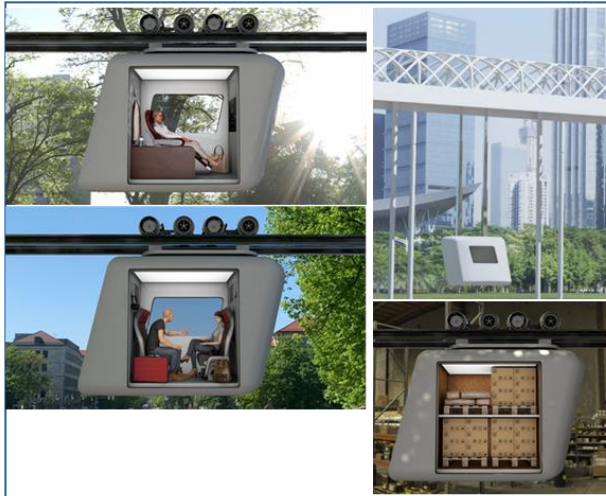
Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildung: <https://www.leitner.com>

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 7 – gemischte Formen – „OttoBahn“



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Gleise auf 5-10 Meter Höhe
- Kabinen können überall zu Boden gelassen werden
- Sensoren zum sicheren Absenken der Kabinen
- Elektrische Antriebsleistung von 2,4 kW
- Höchstgeschwindigkeiten bis 60 km/h innerorts und 250 km/h über Land
- 900 Meter Teststrecke in Planung
- Kapazität: Kabinen mit 1 oder 4 Sitzplätzen, Alternativ Cargokabine
- Perspektivisch bis zu 30.000 Fahrten pro Stunde
- App-basierter On-Demand-Verkehr
- Absenkbare Kabinen- Ausstieg jederzeit möglich

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- OttoBahn Teststrecke in Taufkirchen/Ottobrunn geplant und genehmigt, Baubeginn: 2022

Vorteile

- Große Transportkapazitäten
- Flexible Fahrten (Ausstieg jederzeit möglich)
- Unabhängig vom Verkehr
- Lange Haltbarkeit der Infrastruktur
- Reduzierter Wartungsaufwand durch passives Weichensystem ohne bewegliche Teile
- Hohe Fahrgeschwindigkeiten
- Reduzierung von CO²-Emissionen

Nachteile

- Bau neuer Infrastruktur notwendig
- Noch nicht erprobt

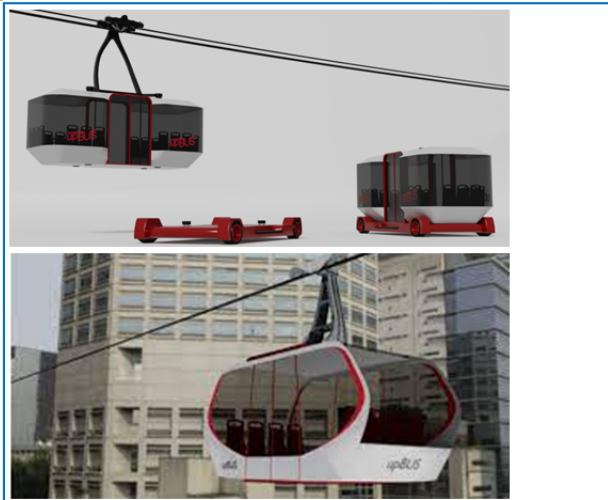
Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildungen: <https://ottobahn.de/de/>

Vergleichbare Mobilitätssysteme: Datenblatt 8 – gemischte Formen – „upBus“



Beschreibung der Technik / des Projekts

- Zusammenspiel aus Seilbahn und Bussystem
- Buszubringer zur Seilbahnstation wird durch ein- und aushaken zur Seilbahn
- Technologie aus der Weltraumfahrt genutzt
- Die Technik fokussiert sich auf das Kopplungssystem und ist prinzipiell unabhängig von den genutzten Fahrzeugen
- Passagiere werden zum individuellen Zielort gebracht
- Geschwindigkeiten bis 30 km/h für die Seilbahn
- Kompletter Antrieb im Fahrgestell integriert
- Laden während dem Warten in der Seilbahnstation
- Kapazität bis 5.000-6.000 Personen/Stunde

Beispielprojekte: Erfahrungen / Lessons learned

- upBus (Aachen): Prototyp wurde entwickelt, nächster Schritt Praxistest, noch keine Erfahrungen, auf der Suche nach Teststrecken und Anwendungsfällen
- Ähnliches Konzept vom Seilbahnhersteller Leitner hat entwickelt („ConnX“)

Vorteile

- Vielseitig einsetzbar
- Passagiere werden zum individuellen Zielort gebracht (ohne Umstieg)
- Reduzierung von CO²-Emissionen
- Das System/Prinzip lässt sich mit verschiedenen (bereits existierende) Fahrzeuge/Komponenten realisieren – Chance für die Akteure/Zulieferer vor Ort

Nachteile

- Bau neuer Infrastruktur notwendig
- Nutzung der Infrastruktur teilweise auch durch andere Verkehrsteilnehmer → Staugefahr im Bussystem
- Noch nicht erprobt

Entspricht den Anforderungen an das System?



trassengebunden – Transportkabinen – Beförderung Personen + Pakete möglich – automatisiert/autonom – flexible – in der Ebene + Überwindung von Hindernissen

Quelle der Abbildungen: RWTH Aachen

Anhang 2: Liste der identifizierten Strecken

In der folgenden Tabelle sind die Strecken kurz beschrieben.

Tabelle 15: Liste der im Rahmen der Studie identifizierten potenziellen Strecken für den Einsatz eines innovativen Mobilitätssystems für die (vor-)letzte Meile

Nr	Name	Use Case	Problematik / Kommentar	Potenziale
1.1	Industriegebiet Leuna	1	Gute Anbindung an SPNV , aber keine Lösung für die letzte Meile ab den SPNV Haltestellen, fehlende Feinerschließung des Gebiets, lange Wege	8.000 Arbeitsplätze
1.2	Industriegebiete „Köthen“ und/oder „Weißandt-Gölsau“	1	ca. 2 km vom nächsten Bahnknoten Köthen entfernt (Angebot im Stundentakt). Buslinien in den Gebieten großenteils als Rufbus (niedrige Akzeptanz)	Bis zu 7.300 Arbeitsplätze
1.3	Star Park Halle (I + perspektivisch II)	1	Große Entfernung zu den (S)-Bahnhöfen (Peißen, Dieskau, Hohenthurm). Ab dort: Bedienung in 30 bzw. 60 Minuten Takt. Busverbindungen in das Industriegebiet nicht attraktiv, z.T. als Rufbus. Gebiet in Entwicklung.	Perspektivisch 7.700 Arbeitsplätze
1.4	Zwenkau + Gewerbegebiet Böhlen-Lippendorf	1,3	Große Entfernung zu den nächsten SPNV Knoten: Großdeuben, Böhlen und Böhlen Werke. Fehlende bzw. unattraktive Lösung für die letzte Meile für Zwenkau und für das Gewerbegebiet und für die Feinerschließung des Gewerbegebiets.	4.000 Arbeitsplätze + ca. 10.000 Einwohner
1.5	Chemie- und Industriepark Zeitz	1	ca. 5 km vom Bahnhof Zeitz entfernt. Unregelmäßige Bedienung durch Buslinien, z.T. als Ruf-Bus.	1.000 Arbeitsplätze
1.6	Thallwitz-Bahnknoten Eilenburg	1	Thallwitz ca. 2 km entfernt in Luftlinienentfernung zum Bahnhof Eilenburg. Anbindung erfolgt durch Buslinie (674) und ist unattraktiv: Bedienung nur durch einzelne Fahrten.	3.500 Einwohner
2.1	Belantis – Das Abenteuerreich + Zwenkau	1,2	Bedienung von Belantis durch die Linie 105 im 30min Takt Sa+So+Feiertag + in den Sommerferien ab S-Bahnhof Markkleeberg. Allerdings nur einzelne Fahrten nach Zwenkau angeboten.	ca. 10.000 Einwohner + ca. 600.000 Besucher (2016)



2.2	Lagune Kahnsdorf / Hainer See	2	Schlechte Erreichbarkeit des Nordufers (Standort Campingplatz und Wasserskischule)	Besucher der Lagune / des Sees
3.1	Strecke Groitzsch - Zwenkau –Gaschwitz	1,3	Verbesserung der Anbindung von Zwenkau/ Groitzsch an das SPNV Netz. Als Alternative einer Reaktivierung der gesamten Strecke wird hier an jeweils eine direkte Verbindung Groitzsch-Pegau Bahnhof / Zwenkau-Großdeuben Bf gedacht	ca. 10.000 (Zwenkau) Einwohner / 7.500 (Groitzsch) Einwohner
3.2	Strecke Böhlen- Rötha- Espenhain	1,3	Länge: ca. 7-8 km. Anbindung an Rötha und Espenhain an das SPNV Netz (aktuelle Bedienung durch Busse).	6.200 Einwohner + Firmen im Industriegebiet
4.1	Störmthaler Halbinsel, Gemeinde Großpösna (potenzieller Standort des Großforschungszentrums CLAIRE)	1	Erschließung der Halbinsel (aktuell keine ÖPNV Anbindung) – potenzieller Standort des Forschungszentrums (ggf. in Kombination mit Anbindung von Espenheim). Der Standort des Forschungszentrums ist allerdings noch nicht festgelegt.	Mitarbeiter des potenziellen zukünftigen Forschungszentrum CLAIRE + Einwohner und Firmen von Espenhain
4.2	Hohenmölsen – Profen	1	Buslinie PlusBus 850 bedient schon diese Verbindung (in Stundentakt) und Verstärkerlinien vorgesehen. Interessant für das neue System nur, wenn durch den Ersatz des bestehenden Angebots einen wirtschaftlicheren Betrieb zustande kommen kann.	Einwohner von Hohenmölsen (ca. 10.000 Einwohner)
4.3	Stolberg(Harz) - Rottleberode - Berga	1, 2, 3	Anbindung von Stolberg (Harz) an das SPNV Netz erfolgt aktuell nur im 2 Stunden Takt durch bestehendes Busangebots (Linie VGS 450). Verbesserung der Erreichbarkeit für Einwohner und Touristen. Vorhandene Schieneninfrastruktur.	Einwohner von Stolberg(Harz) und Rottleberode (ca. 3.000), Touristen
4.4	Schienenstrecke Klosterrmannsfeld – Wippra	1, 3	Hier findet Personenverkehr zu statt (am Wochenende, Feiertage und punktuell an anderen Tagen). Bei der Strecke könnte die Fragestellung nach der Automatisierung der Fahrzeuge und des Betriebs und somit nach der Einsatz eines innovativen Konzepts von Interesse werden	Ca. 9.000 Einwohner, + ggf. Touristen



4.5	Rundstrecke Innenstadtbereich von Sangerhausen	1, 2	Hier handelt es sich um ein „untypisches“ Beispiel von Use-Case vom angenommenen System – innerstädtische Anbindung. Dabei wären Ortsteile innerhalb der Stadt miteinander verbunden (die heute über schlechte oder keine ÖPNV Anbindung verfügen) sowie die Anbindung am Bahnhof angeboten. Möglicher Verlauf: Hauptbahnhof Sangerhausen - Innenstadt/Altstadt – Gewerbegebiet Am Brandrain – Europarosarium – Krankenhaus – Geschwister Scholl Gymnasium – Gewerbegebiet Helmeplatz – Agentur für Arbeit – Hauptbahnhof Sangerhausen	Einwohner Sangerhausen (ca. 30.000) + Touristen
4.6	Delitzsch ob. Bf. – Delitzsch unt. Bf.		Hier handelt es sich um ein „untypisches“ Beispiel von Use-Case vom angenommenen System. Ggf. eher für nicht trassengebundene autonome Shuttles geeignet.	Verbindung der zwei S-Bahnhaltepunkte (Shuttle Funktion)
4.7	Delitzsch an der Zuckerfabrik – Delitzsch unt. Bf.		Hier handelt es sich um ein „untypisches“ Beispiel von Use-Case vom angenommenen System. Ggf. eher für nicht trassengebundene autonome Shuttles geeignet.	künftig „Wohngebiet Rubach Viertel“: Wohnquartier für rund 1.100 Menschen
4.8	Schkeuditz - Schkeuditz West – Flughafen	1,2	Bus 207 bedient im Stundentakt die Verbindung von Schkeuditz zum Flughafen. Interessant für das neue System nur, wenn durch den Ersatz des bestehenden Angebots einen wirtschaftlicheren Betrieb zustande kommen kann.	Reisende + Arbeitnehmer vom Flughafen
4.9	Dahlen Bf - Dahlen Busbahnhof		Eher geeignet für einen autonomen Shuttlebus Fahrzeit ca. 5 Minuten mit dem Bus auf dieser Verbindung	Verbindung der zwei ÖPNV-Bahnhaltepunkte (Shuttle Funktion)
4.10	Colditz - Bad Lausick	1	Direktere Verbindung von Colditz am SPNV Netz (im Moment Busverkehr mit größerem Umweg) Streckenlänge ca. 10 km. Ggf. eher für nicht trassengebundene autonome Shuttles geeignet.	Ca. 8.000 Einwohner (Colditz) für die Verbindung nach Leipzig



4.11	Grimma/Großbothen - Colditz – Narsdorf (ganze Strecke oder Teilabschnitte)	3	Bahntrasse ist noch vorhanden. Nach ersten Kostenschätzungen für die Sanierung der Infrastruktur für einen Bahnbetrieb sind diese sehr hoch. Streckenlänge 15-20 km.	Einwohner entlang der Strecke
4.12	GVZ /Porsche - Anbindung an das S-Bahn Netz + ggf. interne Feinerschließung	1	Gebiet befindet sich zwischen zwei SPNV Hauptachsen, verfügt dennoch nicht über gute Anbindung. Es wird eine sehr bedeutende Erhöhung der Anzahl von Arbeitsplätze im Gebiet in den kommenden Jahren – Prognosen gehen von einem Wachstum von rund 90 % zum Horizont 2030. Fehlende oder unattraktive Lösung für die letzte Meile sowie für die Feinverteilung.	10.000 Arbeitsplätze
4.13	Ehemalige Bahnstrecke Meuselwitz - Zeitz	1, 3	Die Strecke verbindet die beiden vom Strukturwandel besonders betroffenen Städte. Zudem führt in Meuselwitz unmittelbar am Computerhersteller bluechip vorbei und über den Chemiepark Zeitz weiter nach Zeitz.	ca. 1.300 Arbeitsplätze (Chemie- und Industriepark Zeitz + bluechip Meuselwitz) + ca. 10.000 Einwohner (Meuselwitz)
4.14	Altenburg - Nobitz (Flughafen Leipzig-Altenburg)	1	Am Flughafen Nobitz sind bereits heute größere Arbeitgeber lokalisiert. In Zukunft sind weitere Investitionen vorgesehen, auch im Rahmen von Projekten der IRMD („Drohnenzentrum“)	Arbeitnehmer und Firmen an den genannten Standorte.
4.15	Buna-Werke Schkopau	1	Ähnliche Problematik wie bei Leuna Werke (1.1): Keine ÖPNV Bedienung innerhalb des Gebiets, lange Wege.	

Anhang 3: Quantitative Parameter konventioneller Verkehrsträger

In diesem Anhang wird eine Aufstellung von technischen Parametern und Kostenspannen herkömmlicher bzw. konventioneller Verkehrsträger zur Verfügung gestellt, die ebenfalls als Lösung für die (vor-)letzte Meile infrage kommen könnten. Ziel ist es, für das potenzielle System erste grobe Vergleichswerte zu ermitteln. Die Zahlen basieren auf Erfahrungswerten, weiteren Untersuchungen und Regelwerken. Die Übersicht hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit, sie dient vielmehr zur Identifizierung der Größenordnungen der Hauptkostenpositionen, um bei der Entwicklung alternativer Mobilitätslösungen diese Parameter marktgerecht gestalten zu können. Es wird versucht, soweit wie möglich, die Kosten in einer vergleichbaren Einheit darzustellen (pro Streckenkilometer, pro Personenkilometer, pro Jahr). Die Parameter können je nach System und Umfeld (urban, ländlich, Topographie, Typ der Infrastruktur) variieren. Aus diesem Grund sind Spannbreiten genannt.

Zuerst werden die technischen Parameter verglichen.

Tabelle 16: Technische Parameter konventioneller Verkehrsträger

Parameter	Einheit	Bahn	Seilbahn	E-Bus (12m)	Autonomer E-Kleinbus
Höchstgeschwindigkeit	km/h	80 – 160	18 – 30 (Pendelbahn: 43)	60 – 80	15 – 25 (aktuelle Zulassung)
Reisegeschwindigkeit	km/h	bis 50	14 – 20	20 – 35	bis 15 – 20
Kapazität pro Fahrt bzw. pro Fahrzeug	Personen	bis 500	8 – 35	75 – 100	6 – 20
Leistungsfähigkeit, Kapazität/Stunde und Richtung	Personen	bis 3.000 – 4.000	bis 2.000 – 4.000	bis 75 – 300	bis 20 – 120
Typische Fahrtfolgezeit	Minuten	30 – 120	0,5 – 0,75	20 – 60	10 – 20 (im Testbetrieb)

Tabelle 17 gibt typische Größenordnungen von Investitionskosten für die Infrastruktur je Mobilitätssystem an. Die Kosten des Baus von Fahrwegen für die schienengebundenen Systeme (Bahn, S-Bahn) repräsentieren nur einen Teil der Kosten und können je nach Umfeld (urban, ländlich, Topografie) unterschiedlich hoch ausfallen. Hauptkostentreiber bei den schienengebundenen Systemen sind die Anlagen zur Vermeidung ebengleicher Kreuzungen mit Straßeninfrastruktur (z. B. Brückenbauwerke).

Bei Seilbahnen wird zwischen Einseil-, Zweiseil und Dreiseil-Bahnen unterschieden. Die Stationen stellen den Hauptteil der Investitionskosten dar. Für die Baukosten kann von einer Bandbreite von 3,5 bis zu 20 Mio. € /km ausgegangen werden.⁷³ In einer jüngsten Untersuchung (Seilbahn von Dachau nach München) wurde ermittelt, dass für einen barrierefreien ÖPNV-Betrieb eine Seilbahn mit drei Seilen, mit entsprechend massiven Stützen (Gewicht, Komfort und Wind) benötigt wird und somit Seilbahnen

⁷³ <https://www.stuttgarter-nachrichten.de/>

für den (städtischen) ÖPNV tendenziell viel teurer ausfallen als solche für den Freizeitverkehr (Kosten bis zu 30 Mio. €/ km für die Strecke in München).^{74 75}

Bei der Kostenaufstellung wird angenommen, dass die Busse im Mischverkehr und nicht auf einer eigenen Trasse fahren. Um die Zuverlässigkeit der Busse zu sichern, können sich infrastrukturelle Beschleunigungsmaßnahmen (z. B. Bustrassen, Busschleusen) empfehlen, auch in Kombination mit Priorisierungen auf den LSA Knoten (nicht infrastrukturelle Maßnahmen). Solche Maßnahmen können je nach Komplexität unterschiedlich stark ausfallen: z. B. in einer jüngsten Untersuchung der TTK wurden für eine Busbeschleunigung auf dem gesamten Linienweg einer Regionalbuslinie Kosten im Bereich von 3,5 – 4 Mio. €/km ermittelt.

Tabelle 17: Investitionskostenträger Infrastruktur und Fahrzeuge, Quellen: ⁷⁶

Parameter	Einheit	Bahn	Seilbahn	E-Bus (12m)	Autonomer E-Kleinbus
Trassenbau Gleise (neu oder reaktiviert)	Mio. €/km	1 –10	0,04 – 0,07 (Seil) +0,1 –2,5 Mio. €/Stütze	– (wenn im Mischverkehr)	– (wenn im Mischverkehr)
Haltestelle/ Station	€/Stück	0,5 – 1,5 Mio.	1 – 5 Mio.	25.000 – 65.000	25.000 – 65.000
Ladeinfrastruktur (Bus)	€/Stück			Depotlader je Fahrzeug: 75.000 Schnellladestation: 450.000	
Nutzungsdauer feste Infrastruktur	Jahre	50 – 75 (Gleise, Weiche: 20-30)	15 – 20	25 (Straße, inkl. Busspur) 15-20 (Ladeinfrastruktur)	25 (Straße, inkl. Busspur) 15-20 (Ladeinfrastruktur)
Kosten Fahrzeug/Kabine	€/Stück	3 – 5 Mio. (Bahn)	20.000 – 500.000	ca. 500.000	200.000 – 500.000
Nutzungsdauer Fahrzeuge	Jahre	30	15 – 20	12 (Fahrzeug) 8 (Batterie)	Annahme: wie bei E-Bus keine Erfahrungswerte

⁷⁴ Informationen durch den Verfasser der Untersuchung: PTV Group

⁷⁵ <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/dachau/muenchen-dachau-seilbahn-kosten-1.4925642>

⁷⁶ *Kosten Infrastruktur: (S-)Bahn: Erfahrungswerte, intern vorhandener Untersuchungen, Seilbahn: „Leitfaden für die Entwicklung von Seilbahnen an urbanen Standorten“, Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr-

* Kosten Fahrzeuge: Benchmark, Erfahrungswerte; für Seilbahn: wie für Infrastruktur

*Nutzungsdauer Verkehrswege und Fahrzeuge: Standardisierten Bewertung (2016), für Seilbahn: „AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig "Seilschwebbahnen und Schlepplifte", Bundesministerium der Finanzen;

Die folgenden pauschalen Betriebskosten pro Jahr und Fahrzeug-Kilometer stellen Erfahrungswerte dar.

Tabelle 18: Betriebskosten pro Fahrzeug-km und Jahr, Erfahrungswerte

Parameter	Einheit	Bahn	Seilbahn	E-Bus (12m)	Autonomer E-Kleinbus
Betriebskosten pauschal/km (inkl. Instandhaltung Fahrzeuge, Trassenpreis, Personal), Erfahrungswerte	€/Jahr und Betriebs-km	8 – 10	Pauschalwerte nicht bekannt	3 – 4	2 – 3 (Annahme)

Die CO₂-Ausstöße im Betrieb werden hauptsächlich durch den Energiebedarf und die Antriebstechnologie definiert. Hier wird die Herstellung von Fahrzeugen, Batterien oder andere Komponenten nicht mit einbezogen.

Tabelle 19: CO₂ Ausstoß (Betrieb) Quellen:⁷⁷

Parameter	Einheit	Bahn	Seilbahn	E-Bus (12m)	Autonomer E-Kleinbus
CO ₂ -Ausstoß (Betrieb)	g/Personen-km	50 – 60	30 – 45	50 – 60	25 – 50

*zum Vergleich: Pkw: 100-150g/Personen-km

⁷⁷ Werte aus verschiedenen Benchmarks, Berechnungen mit Ansätzen aus der Standardisierten Bewertung, sowie aus verfügbaren Studien, z. B.: https://www.adfc-nrw.de/fileadmin/dateien/Wuppertal/Kreisverband/Seilbahn/Machbarkeitsstudie_zur_Seilbahn_Wuppertal_Suedhoehen.pdf, <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>



INNOVATIONSREGION
MITTELDEUTSCHLAND

Kontakt

Metropolregion Mitteldeutschland Management GmbH
Schillerstraße 5
04109 Leipzig
0341 / 6001623
schroeck@mitteldeutschland.com

www.mitteldeutschland.com
www.innovationsregion-mitteldeutschland.com

Ein Projekt der



METROPOLREGION
MITTELDEUTSCHLAND