# Ergebnisse aus dem Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg vom 27.06.2021 bis 30.11.2021

Durchgeführt vom:

OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG MB INSTITUT FÜR LOGISTIK UND MATERIALFLUSSTECHNIK

In Kooperation mit:

VGS SÜDHARZLINIE VERKEHRSGESELLSCHAFT SÜDHARZ MBH

MANSFELD-SÜDHARZ

Standortmarketing Mansfeld-Südharz GmbH

**Untersuchung des Pilotbetriebs eines automatisierten Shuttlebusses in Stolberg:**

Ein erfolgreicher Einsatz automatisierter Shuttlebusse hängt nicht nur von der Realisierung technischer Herausforderungen ab. Letzten Endes muss der Nutzer derartige Systeme akzeptieren und bereit sein zu nutzen. Im Rahmen des Pilotbetriebes in Stolberg wurde die Möglichkeit genutzt, die Erfahrungen der Nutzer aufzunehmen und auszuwerten. Die Erkenntnisse daraus stellen einen wichtigen Input für die Weiterentwicklung dieser Systeme dar.

Gefördert vom SACHSEN-ANHALT EUROPÄISCHE UNION EFRE Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

**Ergebnisbericht für eine Studie des:**

Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)
Landesverwaltungsamt Sachsen-Anhalt
Referat Verkehrswesen
Ernst-Kamieth-Straße 2
06112 Halle (Saale)

**vorgelegt von:**

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Institut für Logistik und Materialflusstechnik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg

**in Kooperation mit:**

Verkehrsgesellschaft Südharz mbH
Landkreis Mansfeld-Südharz
Standortmarketing MSH GmbH
Gemeinde Südharz
Stadt Stolberg

Projekt:
Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt (AS-NaSA)
Magdeburg, Juli 2022

Text: Sönke Beckmann, Prof. Dr. Hartmut Zadek
Layout und Grafik: Sönke Beckmann

Folgende Zitierweise wird empfohlen:
Beckmann, Sönke; Zadek, Hartmut (2021): Ergebnisse aus dem Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg, Magdeburg, mit Förderung von EFRE.

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis ..... 4
1. Einleitung ..... 5
2. Fahrzeug und Pilotstrecke ..... 6
3. Ergebnistelegram Kennzahlen ..... 8
4. Ergebnistelegram Nutzerbefragung ..... 9
5. Ergebnistelegram Haushaltsbefragung ..... 10
6. Ergebnisse Kennzahlen ..... 11
7. Ergebnisse Nutzerbefragung ..... 15
7.1 Demografische Daten der Teilnehmer*innen (Nutzerbefragung) ..... 15
7.2 Bewertung der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus ..... 17
7.3 Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg ..... 21
7.4 Allgemeine Zukunft von automatisierten Shuttlebussen ..... 22
7.5 Allgemeines Feedback (Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge) ..... 24
8. Ergebnisse Haushaltsbefragung ..... 27
8.1 Demografische Daten der Teilnehmer*innen (Haushaltsbefragung) ..... 27
8.2 Allgemeine Mobilität in Stolberg ..... 29
8.3 Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg ..... 31
8.4 Zukünftiger Einsatz automatisierter Shuttlebusse in Stolberg ..... 33
8.5 Allgemeine Zukunft automatisierter Shuttlebusse ..... 35
9. Fazit ..... 37

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Thyra Floh in Stolberg ..... 6
Abbildung 2: Pilotstrecke in Stolberg ..... 7
Abbildung 3: Anzahl Fahrtage und Verfügbarkeit in Stolberg ..... 11
Abbildung 4: Anzahl technischer und witterungsbedingter Ausfälle in Stolberg ..... 11
Abbildung 5: Gesamtkilometer Pilotbetrieb in Stolberg ..... 12
Abbildung 6: Anzahl Fahrgäste in Stolberg ..... 12
Abbildung 7: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Stolberg ..... 13
Abbildung 8: Prozentualer Anteil im AUTO-Modus in Stolberg ..... 13
Abbildung 9: Notstopps und Rampenaktivierungen pro Tag in Stolberg ..... 13
Abbildung 10: Batterieverbrauch und Außentemperatur in Stolberg ..... 14
Abbildung 11: Altersverteilung der Probanden (Nutzerbefragung) ..... 15
Abbildung 12: Herkunft und Geschlechterverteilung der Probanden (Nutzerbefragung) ..... 16
Abbildung 13: Nutzungshäufigkeit PKW/Motorrad (Nutzerbefragung) ..... 16
Abbildung 14: Häufigkeit der Mitfahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Nutzerbefragung) ..... 17
Abbildung 15: Zweck der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Nutzerbefragung) ..... 17
Abbildung 16: Alternatives Fortbewegungsmittel zum Shuttlebus (Nutzerbefragung) ..... 18
Abbildung 17: Zufriedenheit mit der Fahrt des automatisierten Shuttlebusses (Nutzerbefragung) ..... 19
Abbildung 18: Aussagen zur Fahrt (Nutzerbefragung) ..... 19
Abbildung 19: Zukunft des automatisierten Shuttles in Stolberg und Voraussetzungen für zukünftige Fahrten (Nutzerbefragung) ..... 21
Abbildung 20: Zahlungsbereitschaft und Zahlungserwartung (Nutzerbefragung) ..... 21
Abbildung 21: Aussagen zur allgemeinen Zukunft automatisierter Shuttlebusse (Nutzerbefragung) ..... 22
Abbildung 22: Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttles für verschiedene Wege (Nutzerbefragung) ..... 23
Abbildung 23:Antwort Cluster: freie Eingabe (grün=Lob; gelb= Verbesserungsvorschläge; rot= Kritik) ..... 24
Abbildung 24: Geschlechter und Altersverteilung (Haushaltsbefragung) ..... 27
Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit PKW und ÖPNV (Haushaltsbefragung) ..... 27
Abbildung 26: Was ist bei der Wahl des Transportmittels wichtig? (Haushaltsbefragung) ..... 28
Abbildung 27: Zufriedenheit mit der persönlichen Mobilität (Haushaltsbefragung) ..... 28
Abbildung 28: Durchschnittliche Verkehrsmittelnutzung (Haushaltsbefragung) ..... 29
Abbildung 29: Zufriedenheit mit dem ÖPNV in Stolberg (Haushaltsbefragung) ..... 29
Abbildung 30: Verkehrssituation in Stolberg (Haushaltsbefragung) ..... 30
Abbildung 31: Zufriedenheit mit der Fahrt (Haushaltsbefragung) ..... 31
Abbildung 32: Bewertung von Aussagen zur Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Haushaltsbefragung) ..... 32
Abbildung 33: Welches Verkehrsmittel sollte zukünftig in oder nach Stolberg fahren? ..... 33
Abbildung 34: Voraussetzung für die zukünftige Nutzung automatisierter Shuttlebusse in Stolberg (Haushaltsbefragung) ..... 33
Abbildung 35: Zahlungsbereitschaft und Zahlungserwartung (Haushaltsbefragung) ..... 34
Abbildung 36: Aussagen zur allgemeinen Zukunft automatisierter Shuttlebusse (Haushaltsbefragung) ..... 35

# 1. Einleitung

Liebe Bürgerinnen und Bürger, liebe Interessierte,

Im Rahmen des Projektes Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt (AS-NaSA), wurde vom 27.06.2021 bis zum 30.11.2021 in Stolberg (Harz) ein elektrischer automatisierter Shuttlebus eingesetzt. Innerhalb dieses Pilotbetriebs wurde diese innovative Form des automatisierten Verkehrs erprobt, um die Anwendbarkeit in der Praxis zu festzustellen. Ein Ziel des Projekts AS-NaSA ist es herauszufinden, ob automatisierte Shuttlebusse in Zukunft eine mögliche Ergänzung für den ÖPNV sind. Parallel zum Pilotbetrieb haben wir Kennzahlen erhoben und eine Nutzer- sowie Haushaltsbefragung durchgeführt. Diese Ergebnisse wollen wir gerne mit Ihnen teilen.

Wir hatten im Projektteam besprochen, auf welche Weise die Ergebnisse des Pilotbetriebs Ihnen zur Verfügung gestellt werden sollen und uns auf einen Kurzbericht im Amtsblatt sowie diesen Abschlussbericht geeinigt.

Der nachfolgende Bericht stellt die zentralen Kennzahlen aus dem Pilotbetrieb sowie die Ergebnisse aus der Nutzerbefragung und der Haushaltsbefragung dar. Zuerst werden das Fahrzeug und die Pilotstrecke vorgestellt. Danach werden die Ergebnisse in einer Art Ergebnistelegram kurz dargestellt. Danach werden Kennzahlen, Ergebnisse der Nutzerbefragung und Ergebnisse der Haushaltsbefragung nacheinander detailliert dargestellt.

Wenn im folgenden Text zumeist die maskuline Form und nicht konsequent auch die feminine Form verwendet wird, so geschieht dies ausschließlich wegen der einfachen Lesbarkeit.

Wir wünschen Ihnen eine spannende Lektüre!
Ihr AS-NaSA-Projektteam

# 2. Fahrzeug und Pilotstrecke

Im Rahmen des Projektes Automatisierte Shuttlebusse – Nutzenanalyse Sachsen-Anhalt (AS-NaSA), wurde in Stolberg (Harz) ein elektrischer automatisierter Shuttlebus eingesetzt. Im Zeitraum vom 27.06.2021 bis zum 30.11.2021 fuhr der automatisierte Shuttlebus mit dem namen „Thyra Floh“ von Mittwoch bis Sonntag zwischen 10 Uhr und 16 Uhr. Während des Pilotbetriebs wurde der automatisierte Shuttlebus EZ10 von EasyMile eingesetzt, der elektrisch betrieben wird und bis zu zwölf Stunden mit maximal15 km/h fahren kann (siehe Abbildung 1). Im Inneren des Busses ist Platz für sechs sitzende und sechs stehende Personen. Jedoch war der Bus nur für die sitzenden Plätze zugelassen. Während der gesamten Fahrt bestand Anschnallpflicht. Die Strecke wurde über differential-GPS in den Shuttlebus einprogrammiert. Das Fahrzeug bewegt sich somit auf virtuellen Schienen, kann Hindernisse erkennen, aber nicht selbstständig ausweichen. Deshalb befand sich ein Operator während der Betriebszeit mit an Bord. Dieser überwachte die Fahrt des Shuttles und konnte mit einem Joystick-Controller bei Hindernissen oder Notfällen manuell eingreifen.

*Abbildung 1: Thyra Floh in Stolberg*

Zusätzlich war er den Fahrgästen behilflich und beantwortete Fragen. Dem Operator war es gestattet, die Fahrt stehend zu überwachen und zu betreuen. Der automatisierte Shuttlebus verwendet GPS, Radar- und LIDAR- (Light Detection and Ranging) Sensoren, um seine eigene Position in einer zuvor eingespeicherten Umgebung erfassen (Navigation) und die Fahrt auszuüben und Hindernisse zu erkennen. Im Falle einer bevorstehenden Kollision initiierte der Kleinbus automatisch eine Bremsung und kommunizierte mit anderen Verkehrsteilnehmern per Warnton und Warnlichtern. Sobald das Hindernis verschwand, konnte der Kleinbus seine Fahrt autonom fortsetzen.

Die Pilotstrecke in Stolberg weißt eine Länge von 3,1 km auf und führte vom Norden bis Süden durch die gesamte Stadt Stolberg (siehe Abbildung 2). Insgesamt wurden elf Haltepunkte angefahren.

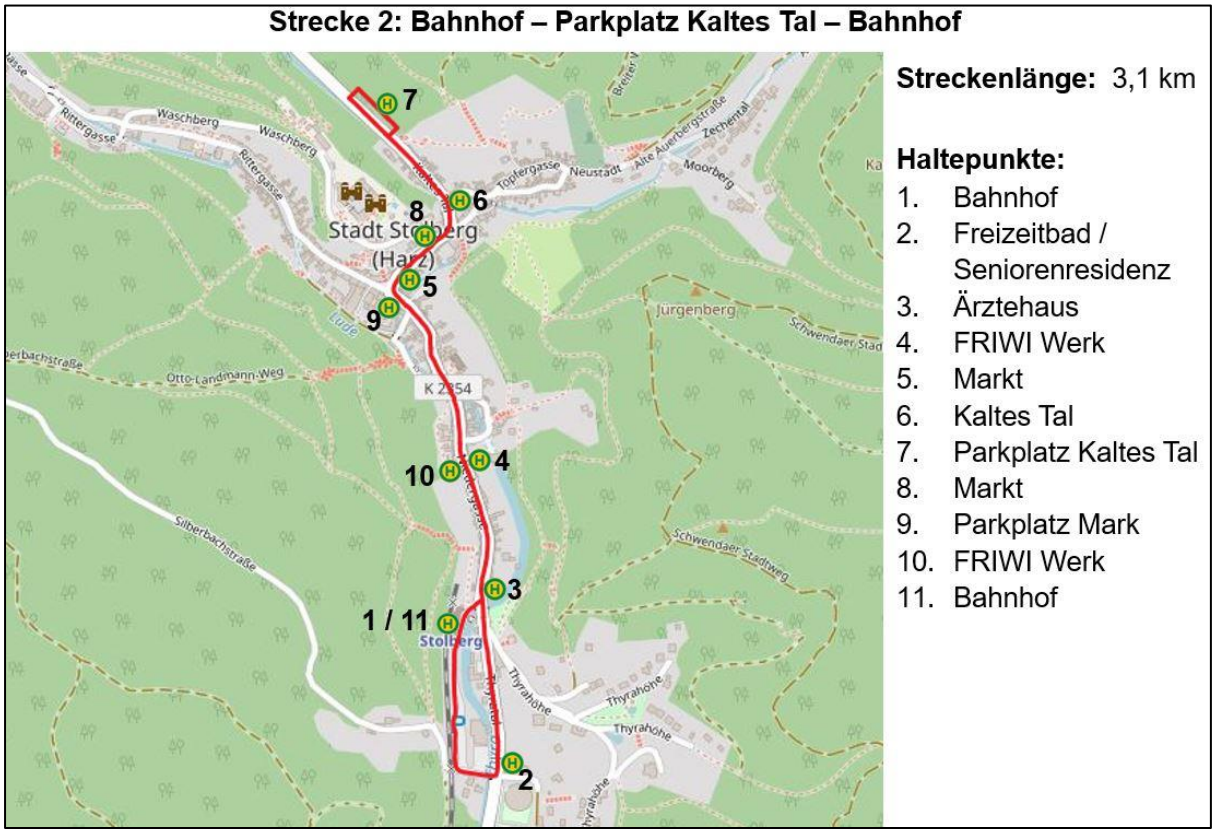


*Abbildung 2: Pilotstrecke in Stolberg*

Die Haltestellen wurden im Verhältnis zur Streckenlänge an strategisch relevanten Punkten in Stolberg platziert. Dabei konnten Interessierte kostenfrei an jeder belieben Haltestelle ein- und aussteigen. Dies schließt die beiden Parkmöglichkeiten „Kaltes Tal“ und „Bahnhof“ ein. Somit konnte der Bus auch für Park-and-Ride verwendet werden und die Fahrgäste mussten nicht mit ihrem PKW bis in die Stadt reinfahren. Weiterhin waren mit dem Markt und dem FRIWI Werk die wichtigsten Punkte in Stolberg angeschlossen.

Da die Pilotstrecke vollständig im öffentlichen Raum lag, musste der automatisierte Shuttlebus mit den unterschiedlichsten Verkehrsteilnehmern (PKW, Motorrad, LKW, Radfahrer und Fußgänger) interagieren. Weitere Besonderheiten der Strecke sind die Steigungen (bis zu 8%), das Kopfsteinpflaster und die engen Straßen (minimale Breite von 3,3 m). Hinzu kommen parkende Autos, schmale Fußwege und Kegel auf der Straße, weshalb der Operator des Öfteren auf dieser anspruchsvollen Strecke eingreifen und den Bus manuell steuern musste. Insgesamt weißt die Strecke eine hohe Komplexität auf.

Obwohl Stolberg eine kleine Stadt ist, wird es speziell am Wochenende von einer großen Anzahl Touristen besucht, was zu einem hohen Verkehrsaufkommen führt. Im Zeitraum der Testphase wurden mehr als 1.400 km unfallfrei zurückgelegt und mehr als 2.000 Fahrgäste befördert.

# 3. Ergebnistelegram Kennzahlen

**Fahrtage und Verfügbarkeit**

- In Stolberg ist der automatisierte Shuttlebus im Zeitraum vom 27.06.2021 bis zum 30.11.2021 63-mal gefahren.
- Dies entspricht einer Verfügbarkeit von 55 %.
- Grund für die geringe Verfügbarkeit waren technisch bedingte Ausfälle (an 51 Tagen).
- Die technischen Probleme sind weniger auf die Sensorik und die automatisierten Fahrfunktionen als vielmehr auf das Getriebe, die Lenkungsachse und die ausfahrbare Rampe zurückzuführen.
- Witterungsbedingte Ausfälle waren dagegen selten (1 Tag)

**Gesamtkilometer und Fahrgäste**

- Insgesamt wurden während des gesamten Pilotbetriebs in Stolberg 1.455 Kilometer zurückgelegt.
- Durchschnittlich ist der Bus auf dem 3,2 Kilometer langen Rundkurs fünf Mal am Tag mit Passagieren gefahren.
- Im Schnitt benötigte der Bus für die Pilotstrecke 47 Minuten. Maximal jedoch 75 Minuten und minimal 35 Minuten.
- 2.000 Fahrgäste haben den Thyra Floh in Stolberg besucht, wobei im September und Oktober die größte Nachfrage bestand.
- Im Schnitt haben 33 Fahrgäste den automatisierten Shuttlebus pro Tag besucht. Am 30.10.2021 ist mit 81 Passagieren der höchste und am 05.11.2021 mit vier Passagieren der niedrigste Wert gemessen worden.

**Geschwindigkeit und Anteil automatisierter Fahrmodus**

- Die Maximalgeschwindigkeit im Pilotbetrieb in Stolberg betrug 13,8 km/h
- Die durchschnittliche Geschwindigkeit je nach Definition (mit oder ohne geschlossene Türen) zwischen 3 km/h und 4 km/h liegt.
- Während der Fahrt in Stolberg ist der Shuttlebus im Schnitt 80% im automatisierten Fahrmodus gefahren.

**Notstopps und Rampenaktivierungen**

- Durchschnittlich gab es in Stolberg pro Tag bis zu 11,2 Notstopps.
- Häufigste Ursache sind scharfe Überholmanöver.
- Die Rampe wurde durchschnittlich pro Tag nur 0,24-mal benötigt.

**Batterieverbrauch und Außentemperatur**

- Der tägliche Batterieverbrauch im August lag bei 9,1 kWh bei einer Außentemperatur von 22,1°C
- Im November wurden bei 13,2°C durchschnittlich 13,4 kWh pro Tag verbraucht.

# 4. Ergebnistelegram Nutzerbefragung

**Demografische Daten der Teilnehmer*innen**

- Personen aus allen Altersgruppen sind mit dem automatisierten Shuttlebus gefahren, wobei die Altersgruppe zwischen 50 und 70 Jahren überrepräsentiert ist.
- Den Fragebogen haben zum Großteil Touristen und Besucher in Stolberg ausgefüllt.
- Die Geschlechterverteilung ist annähernd gleichverteilt.
- 73% der Befragten nutzen mindestens zweimal die Woche den eigenen PKW oder das eigene Motorrad.

**Bewertung der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus**

- Fast die gesamte Stichprobe hat den Fragebogen nach der ersten Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus ausgefüllt.
- Der Großteil der Befragten ist mit dem Bus aus Spaß/ Neugier (58,5%) und zu einer Stadtrundfahrt (17,9%) gefahren.
- Normalerweise hätten 73% der Befragten den Weg zu Fuß zurückgelegt.
- Die Fahrgäste sind mit der gesamten Fahrt sehr zufrieden.
- Die Fahrgäste sind mit den Leistungsparameter des Busses zufrieden, Kritikpunkte sind die Geschwindigkeit und das Platzangebot.
- Das Sicherheitsempfinden während der Fahrt ist bei den Fahrgästen sehr hoch.
- Der Operator musste während der Fahrt zu oft eingreifen.

**Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg**

- 76% der Befragten wünschen sich eine Fortführung des Betriebs mit dem automatisierten Shuttlebus in Stolberg und würden dafür im Schnitt 2 € zahlen.
- In Zukunft sollten sich nicht nur das Fahrverhalten und die Steuerung des Shuttlebusses verbessern, sondern auch die Verkehrsbedingungen angepasst werden.

**Allgemeine Zukunft von automatisierten Shuttlebussen**

- Der Einsatz des automatisierten Shuttlebusses wird als nützlich für den ÖPNV empfunden, wobei die Umweltfreundlichkeit den Befragten sehr wichtig ist.
- Gemäß der Meinung der Befragten, wird die Verkehrssicherheit jedoch nicht erhöht.
- Der automatisierte Shuttlebusse ist für verschiedene Einsatzmöglichkeiten nutzbar, wobei Fahrten zu touristischen Zielen am relevantesten für die Fahrgäste sind.

**Auswertung hinsichtlich verschiedener Nutzergruppen**

- Die ältere Bevölkerung hat die Fahrt und die Aussagen zur Fahrt besser bewertet als die Nutzergruppe „Jung“. Die jüngere Bevölkerung vertraut allerdings mehr der neuen Technologie und würde den Bus auch ohne Fahrer an Bord nutzen.
- Die Touristen haben eine deutlich höhere Akzeptanz in Bezug auf den automatisierten Shuttlebus als die Anwohner*innen
- Nicht nur die Akzeptanz der Fahrgäste, sondern auch die Akzeptanz der Bevölkerung muss für einen dauerhaften Einsatz automatisierter Shuttlebusse vorhanden sein.
- Die PKW Affinität hat keine Auswirkungen auf die Akzeptanz automatisierter Shuttlebusse hat.

# 5. Ergebnistelegram Haushaltsbefragung

**Demografische Daten der Teilnehmer*innen**

- Personen aus allen Altersgruppen haben an der Befragung teilgenommen, wobei 81% der Befragten über 50 Jahre alt ist.
- Die Geschlechterverteilung ist annähernd gleichverteilt.
- 70% der Befragten nutzen mindestens zweimal die Woche den eigenen PKW oder das eigene Motorrad.
- 90% aller Teilnehmer nutzen den öffentlichen Personalverkehr weniger als einmal im Monat.
- Verfügbarkeit, Pünktlichkeit, Flexibilität und Sicherheit im Fahrzeug sind bei der Wahl des Transportmittels am wichtigsten
- 68,9% der Anwohner*innen sind mit ihrer persönlichen Mobilität zufrieden

**Allgemeine Mobilität in Stolberg**

- 80% der Fahrten, die zur Arbeit, zum Einkaufen und zu Freizeitaktivitäten führen, werden von den Befragten mit dem PKW durchgeführt
- 74,9% der Antwortenden sind mit ÖPNV-Verbindungen von und nach Stolberg und 69,3% mit der ÖPNV-Situation innerhalb Stolbergs unzufrieden.
- Analog zu 75% der Befragten, fahren zu viele Fahrzeuge durch Stolberg und zu viele Fahrzeuge stehen länger im Parkverbot als erlaubt

**Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg**

- 50,4% der Befragten finden das Projekt nützlich, 49,6% finden es nicht nützlich.
- Die Mehrheit (57%) ist nicht mit dem automatisierten Shuttlebus gefahren. 25% sind einmal und 19% mehr als einmal mit dem Shuttlebus in Stolberg gefahren
- Hauptgründe für die Mitfahrt sind Interesse (63,2%) und Erholung, Spaß und Freizeit (21%).
- Die Mehrheit der Fahrgäste sind mit der gesamten Fahrt (55,4%) und mit dem Bremsverhalten (60,8%) zufrieden. Mit der Geschwindigkeit sind nur 36 % zufrieden.
- Die Zufriedenheit der Nutzerbefragung ist deutlich höher als bei der Haushaltsbefragung.
- Der Shuttlebus wird als Touristenmagnet empfunden (68%), der jedoch nicht die Verkehrssituation in Stolberg verbessert (32%).

**Zukünftiger Einsatz automatisierter Shuttlebusse in Stolberg**

- Zukünftig sollten ein schienengebundenes automatisiertes Fahrzeug oder ein herkömmlicher Kleinbus in Stolberg verkehren.
- Nur 41% wünscht sich die Fortführung des Betriebs mit dem automatisierten Shuttlebus mit dem derzeitigen Entwicklungsstand.
- 62% der Befragten würdenzukünftig für eine Fahrt mit dem Shuttlebus Geld bezahlen. Die durchschnittliche Zahlungserwartung liegt bei 1,14€.
- Es wurden 144 Streckenvorschläge für den automatisierten Shuttlebus eingebracht.

**Allgemeine Zukunft automatisierter Shuttlebusse**

- Der Einsatz des automatisierten Shuttlebusses wird von 68 % der Befragten als nützlich für den ÖPNV empfunden, wobei die Umweltfreundlichkeit sowie die Erhöhung der Mobilität im ländlichen Raum und für ältere Menschen sehr wichtig sind.

# 6. Ergebnisse Kennzahlen

Während des Pilotbetriebs in Stolberg wurden mehrere Kennzahlen erhoben, die im Folgenden dargestellt und kurz diskutiert werden.

**Fahrtage und Verfügbarkeit:**
In Stolberg ist der automatisierte Shuttlebus im Zeitraum vom 27.06.2021 bis zum 30.11.2021 63-mal gefahren. Dies entspricht einer Verfügbarkeit von 55 % (siehe Abbildung 3).

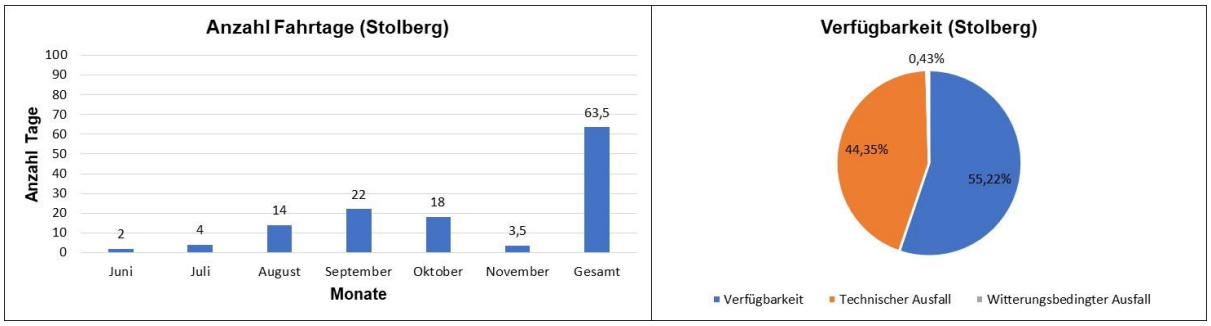


*Abbildung 3: Anzahl Fahrtage und Verfügbarkeit in Stolberg*

Die Hauptgründe für die geringe Verfügbarkeit sind technische bedingte Ausfälle des Fahrzeugs (siehe Abbildung 4). Ein defektes Getriebe und eine beschädigte Lenkungsachse haben dabei zu zwei längeren Ausfallzeiten gesorgt, da auf Ersatzteile und die Reparatur gewartet werden musste. Zu beachten ist, dass die technischen Probleme weniger auf die Sensorik und die automatisierten Fahrfunktionen als vielmehr auf das Getriebe, die Lenkungsachse und die ausfahrbare Rampe zurückzuführen sind.

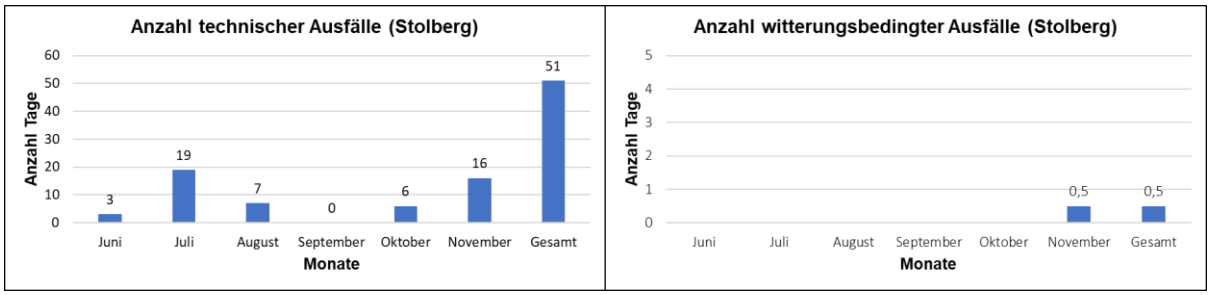


*Abbildung 4: Anzahl technischer und witterungsbedingter Ausfälle in Stolberg*

**Gesamtkilometer:**
Insgesamt wurden während des gesamten Pilotbetriebs in Stolberg 1.455 Kilometer zurückgelegt (siehe Abbildung 5). Analog zu der Anzahl an Fahrtagen, wurden im September und Oktober am meisten Kilometer pro Tag gefahren. Durchschnittlich ist der Bus auf dem 3,2 Kilometer langen Rundkurs fünf Mal am Tag mit Fahrgästen gefahren. Mit der Einführungsrunde ohne Passagiere entsprechen dies im Durchschnitt rund 20 Kilometer pro Tag. Im Schnitt benötigte der Bus für die Pilotstrecke 47 Minuten. Maximal jedoch 75 Minuten und minimal 35 Minuten, da die Umlaufdauer von dem Verkehrsaufkommen und den falsch parkenden Fahrzeugen abhängig ist. Deshalb gab es auch Fahrtage an denen der Bus bis zu sieben Umläufe und fast 30 Kilometer zurückgelegt hat.

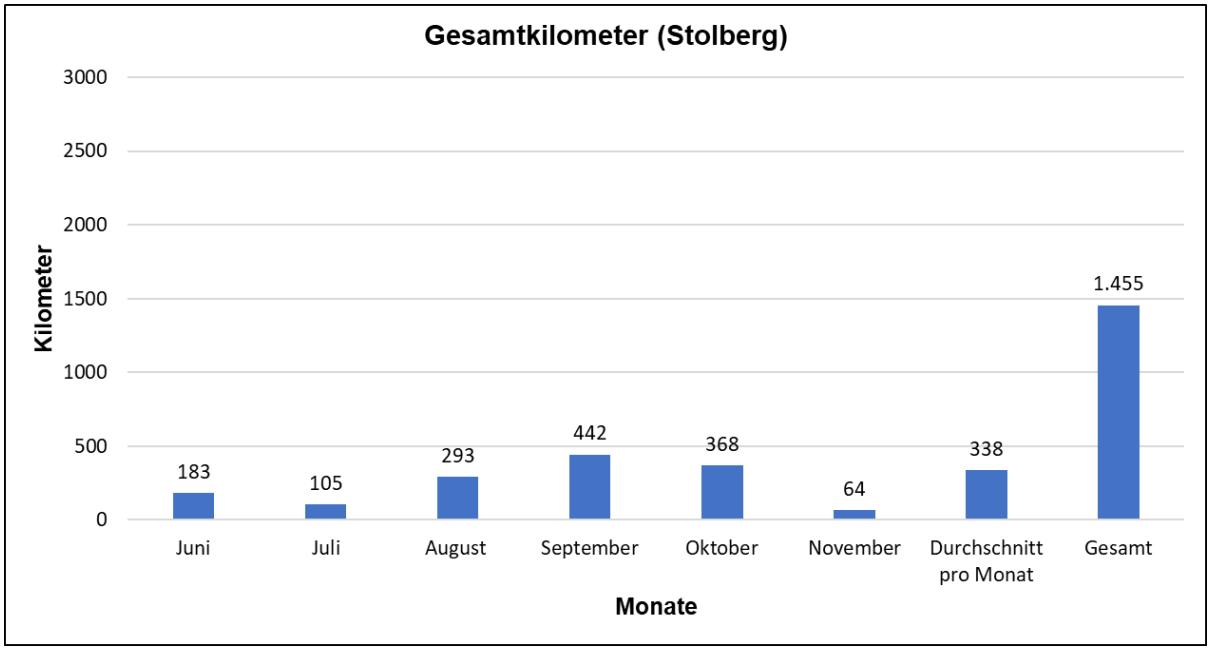


*Abbildung 5: Gesamtkilometer Pilotbetrieb in Stolberg*

**Anzahl Fahrgäste:**

Das Fahrgastaufkommen verhält sich annähernd linear zu den (siehe Abbildung 6). Über 2.000 Fahrgäste haben den Thyra Floh in Stolberg besucht, wobei im September und Oktober die größte Nachfrage bestand. Dies ist sicherlich auch mit den Ferien in Sachsen-Anhalt aber auch ganz Deutschland zu begründen. Am 30.10.2021 ist mit 81 Passagieren der höchste und am 05.11.2021 mit vier Passagieren der niedrigste Wert gemessen worden. Im Schnitt haben jedoch 33 Fahrgäste den automatisierten Shuttlebus pro Tag besucht.

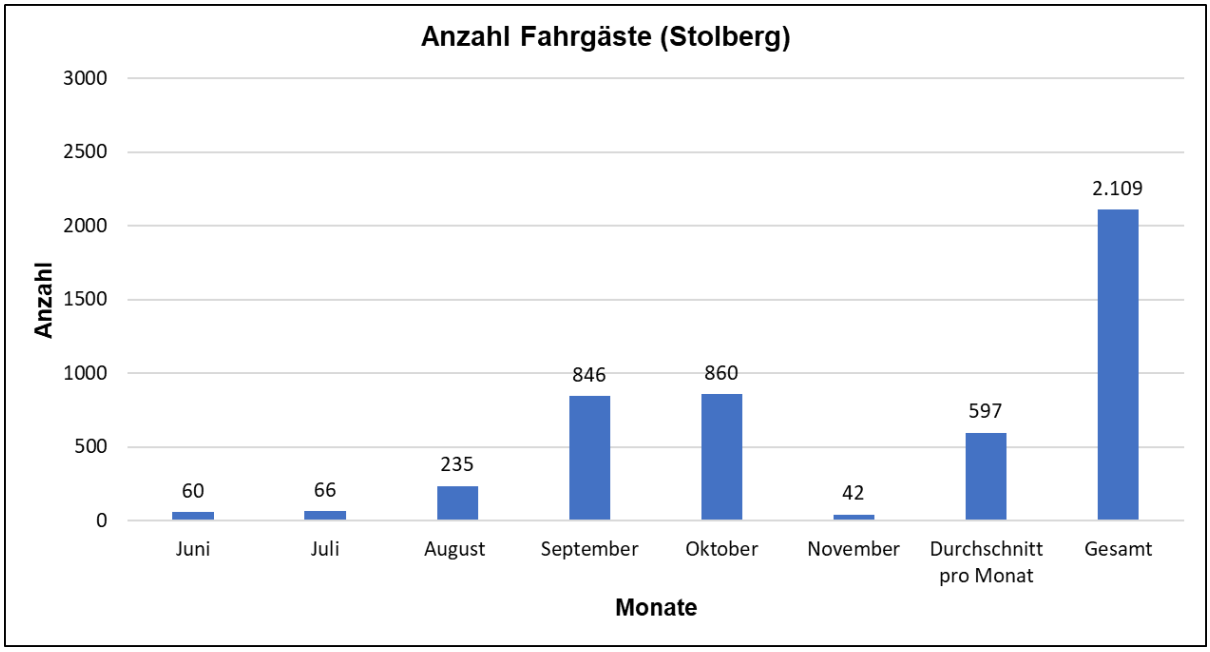


*Abbildung 6: Anzahl Fahrgäste in Stolberg*

**Geschwindigkeit:**

Die Maximalgeschwindigkeit im Pilotbetrieb in Stolberg betrut 13,8 km/h, während die durchschnittliche Geschwindigkeit je nach Definition (mit oder ohne geschlossene Türen) zwischen 3 km/h und 4 km/h lag (siehe Abbildung 7). Die Auswertung „mit geschlossenen Türen“ ist so

definiert, dass die Zeiträume an den Haltestellen in der Berechnung nicht berücksichtigt werden. In diesem Fall wird eine durchschnittliche Geschwindigkeit von bis zu 4,7 km/h in Stolberg erreicht. Im Vergleich entspricht die durchschnittliche Geschwindigkeit mit den Haltezeiten nur bis zu 3,2 km/h.

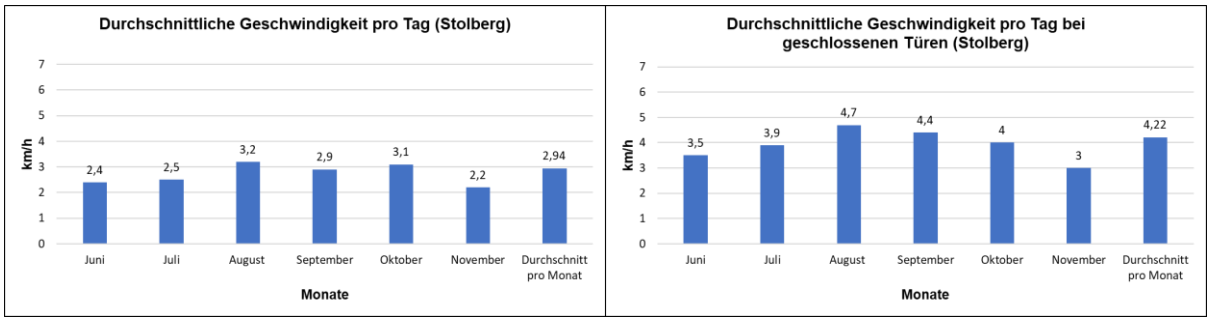


*Abbildung 7: Durchschnittliche Geschwindigkeit in Stolberg*

**Anteil automatisierter Fahrmodus:**

Während der Fahrt in Stolberg ist der Shuttlebus bis zu 82% im automatisierten Fahrmodus gefahren (siehe Abbildung 8). Über den gesamten Einsatzzeitraum (inkl. Null-Geschwindigkeiten) beträgt der prozentuale Anteil im automatisierten Fahrmodus bis zu 62,9%. Dieser Wert enthält jedoch auch Standzeiten während der Pausen der Operatoren. Deshalb ist der Wert ohne Null-Geschwindigkeit aussagekräftiger.

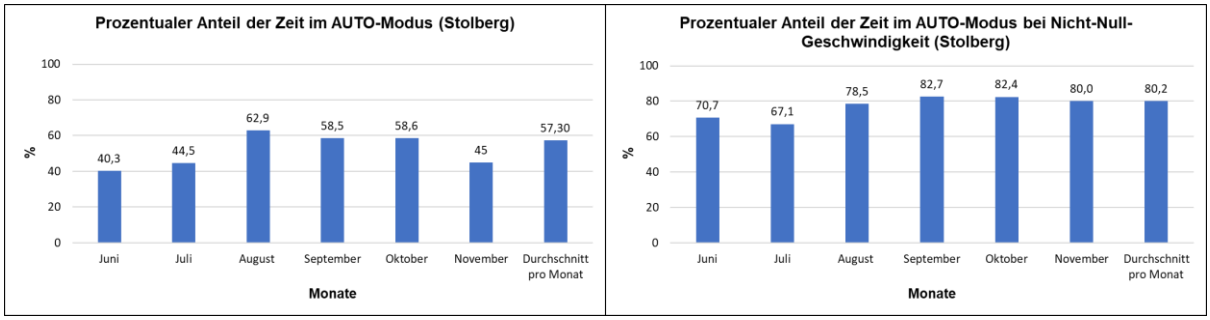


*Abbildung 8: Prozentualer Anteil im AUTO-Modus in Stolberg*

**Notstopps und Rampenaktivierungen:**

Durchschnittlich gab es in Stolberg pro Tag bis zu 11,2 Notstopps (siehe Abbildung 9). Häufigste Ursache hierfür ist ein scharfes Überholmanöver. Aber auch entgegenkommende Autos, die zu schnell fahren oder zu wenig Abstand in den engen Straßen von Stolberg halten, sind Gründe für Notstopps.

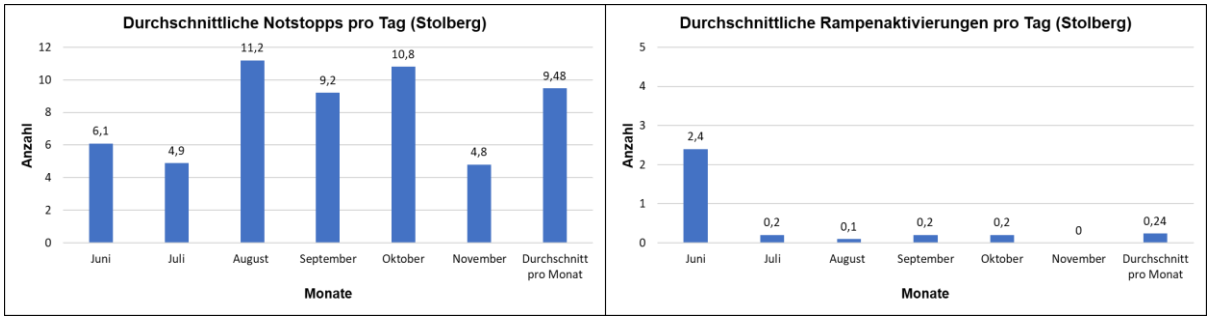


*Abbildung 9: Notstopps und Rampenaktivierungen pro Tag in Stolberg*

Die Rampe wurde durchschnittlich pro Tag nur 0,24-mal benötigt. Im Juni wurde sie dabei sehr häufig benutzt. Grund hierfür war, dass zum Anfang des Pilotbetriebs vorreservierte Fahrten für das Altenheim in Stolberg angeboten wurden.

**Batterieverbrauch und Außentemperatur:**
Während des Pilotbetriebs wurde der Zusammenhang zwischen Batterieverbrauch und Außentemperatur deutlich (Abbildung 10). Während der tägliche Batterieverbrauch im August nur bei 9,1 kWh bei einer Außentemperatur von 22,1°C lag, wurden im November bei 13,2°C durchschnittlich 13,4 kWh pro Tag verbraucht.

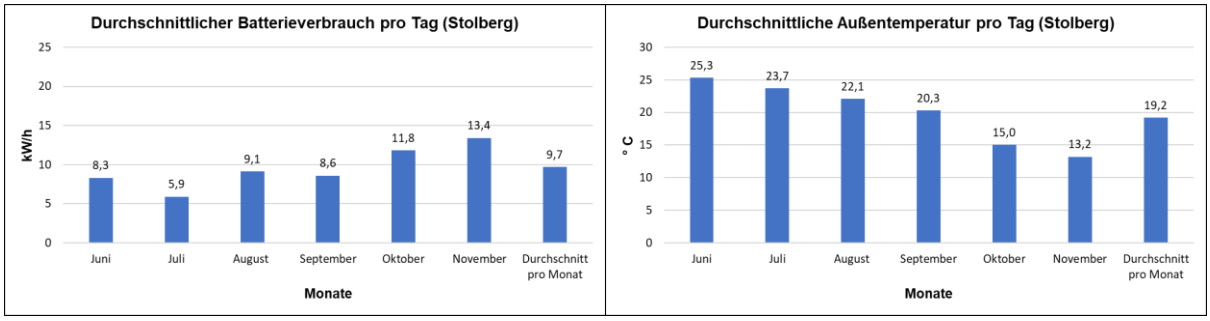


*Abbildung 10: Batterieverbrauch und Außentemperatur in Stolberg*

# 7. Ergebnisse Nutzerbefragung

Die Ergebnisse werden analog zu den vier Abschnitten im Fragebogen dargestellt: "Demografische Daten der Teilnehmer*innen", "Bewertung der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus", "Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg" und "Allgemeine Zukunft von automatisierten Shuttlebussen".

## 7.1 Demografische Daten der Teilnehmer*innen (Nutzerbefragung)

Die Stichprobe ist über alle Altersgruppen verteilt (Abbildung 11). Das Durchschnittsalter der Befragten liegt bei 50 Jahren (*Min*=9; *Max*=82). Die Altersgruppen zwischen 50 und 61 Jahren (25%) und zwischen 61 und 70 Jahren (27,4%) sind leicht überrepräsentiert. Ältere Menschen über 70 und Menschen zwischen 31 und 40 Jahren sind mit 5,4% unterrepräsentiert.

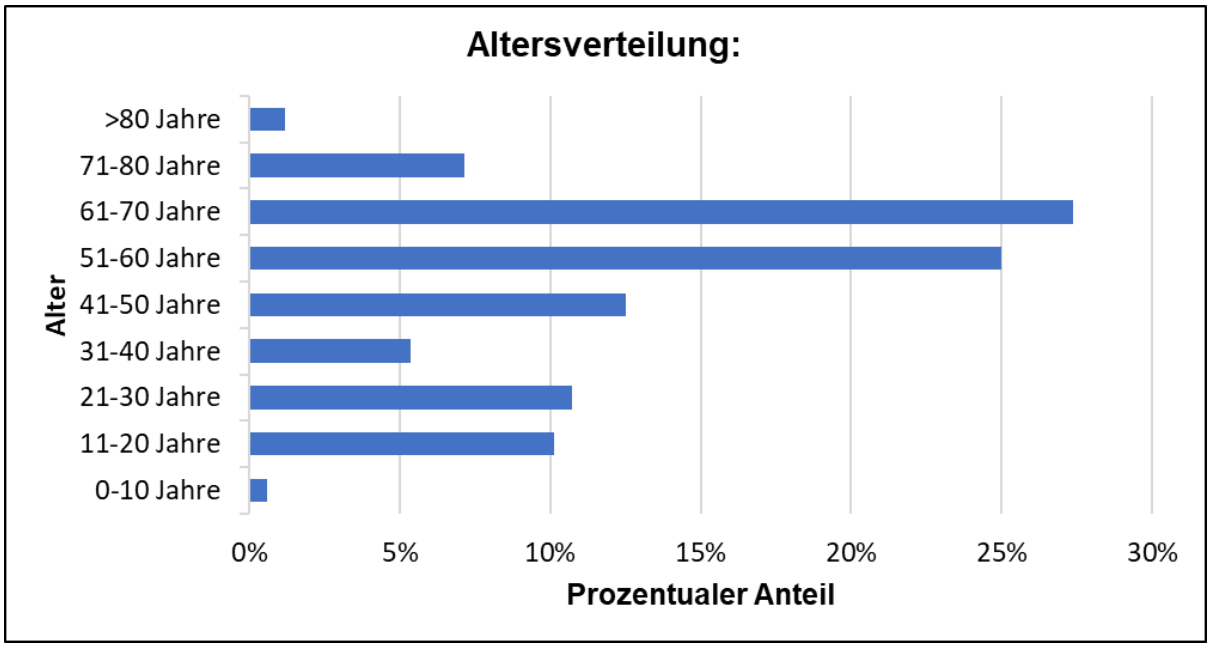


*Abbildung 11: Altersverteilung der Probanden (Nutzerbefragung)*

Anhand der Postleitzahl der Probanden wurde der Anteil der Anwohner*innen Stolbergs und Touristen ermittelt (siehe Abbildung 12). Auffallend ist, dass 95% der Befragten Touristen sind und nur 5% Einwohner der Stadt Stolberg sind. Letztere sind deshalb in dem Fragebogen sehr stark unterrepräsentiert. Mit 55% männlichen Teilnehmern und 43% weiblichen Teilnehmern ist die Geschlechterverteilung der Befragten nahezu ausgeglichen.

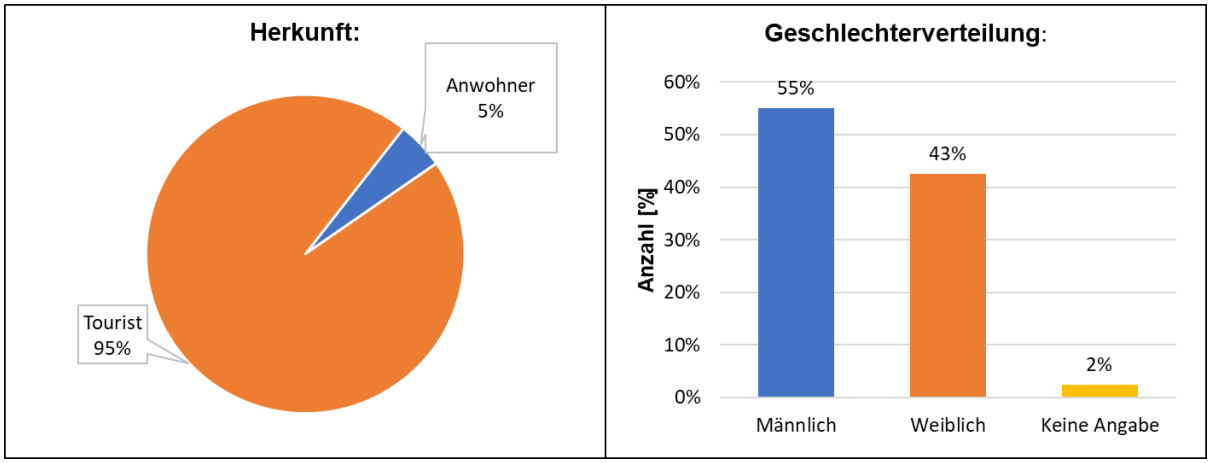


*Abbildung 12: Herkunft und Geschlechterverteilung der Probanden (Nutzerbefragung)*

Als letzte Frage des ersten Abschnittes, wurde von den Probanden die Nutzungshäufigkeit von PKW/Motorrad abgefragt. Abbildung 13 zeigt, dass der Großteil der Befragten (47%) täglich und die überwiegende Mehrheit der Teilnehmer (73 %) mindestens zweimal pro Woche den eigenen PKW oder das eigene Motorrad benutzt. Nur 7% der Befragten nutzen nie PKW oder Motorrad Dies verdeutlicht die Stellung des PKW als Hauptverkehrsmittel in der Bevölkerung.

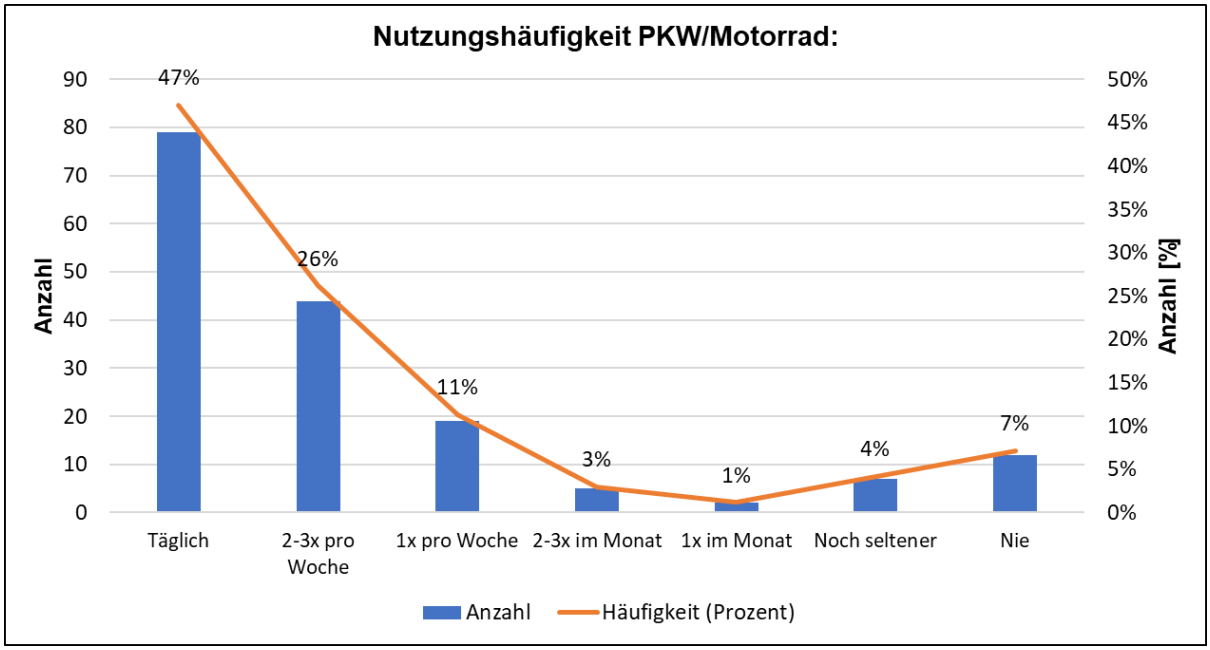


*Abbildung 13: Nutzungshäufigkeit PKW/Motorrad (Nutzerbefragung)*

## 7.2 Bewertung der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus

In diesem Abschnitt wurden die Probanden zu ihrem Fahrerlebnis mit dem automatisierten Shuttlebus befragt. In Abbildung 14 ist zu sehen, dass 92% der Befragten den Shuttlebus zum ersten Mal, 7% bis zu fünfmal und nur 1% mehr als fünfmal genutzt haben. Es haben somit fast alle Befragten die Fragebogen nach ihrer ersten Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus ausgefüllt.

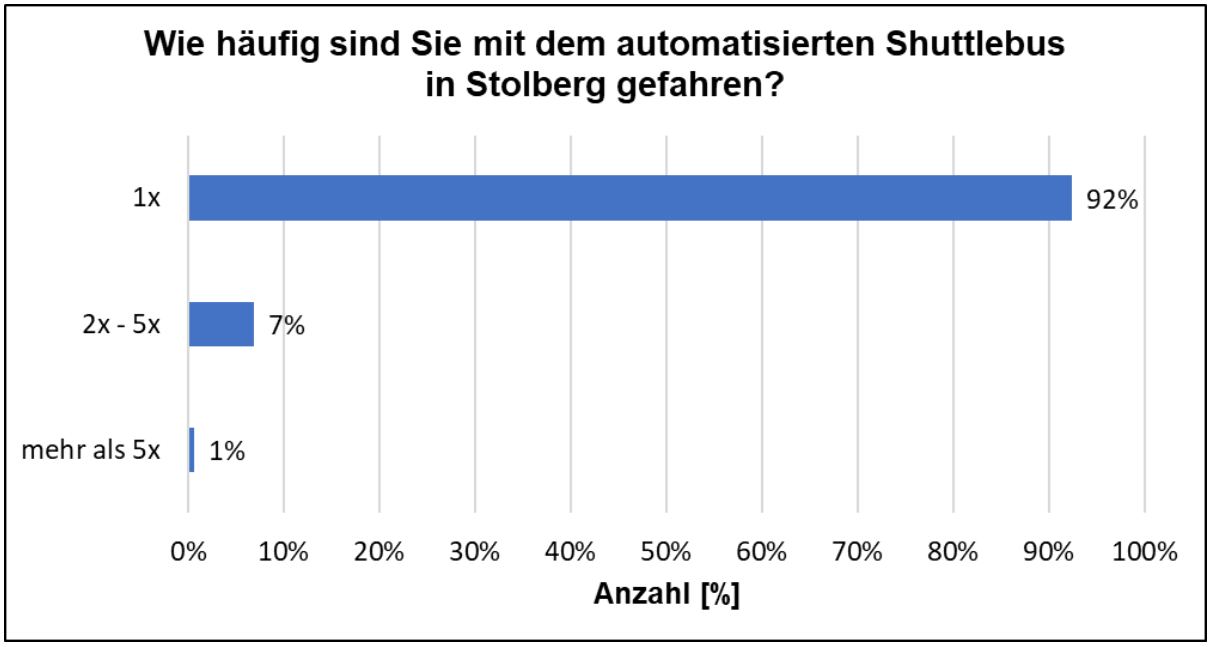


*Abbildung 14: Häufigkeit der Mitfahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Nutzerbefragung)*

Als nächstes wurde gefragt, zu welchem Zweck die Fahrgäste mit dem automatisierten Shuttlebus gefahren sind (Abbildung 15). Der am häufigsten genannte Grund ist "Aus Spaß/Neugier" (59 %).

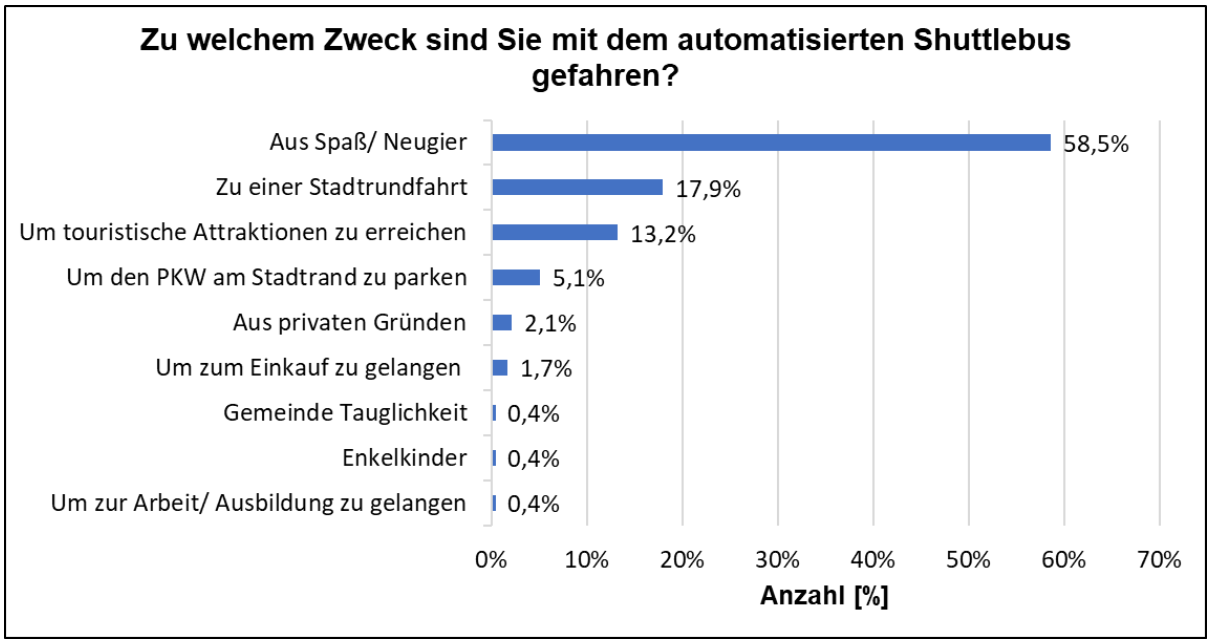


*Abbildung 15: Zweck der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Nutzerbefragung)*

Weitere Gründe sind "Zu einer Stadtrundfahrt" (18 %), "Um touristische Attraktionen zu erreichen" (13 %) und "Um das Auto am Stadtrand zu parken" (5 %). Gründe wie "Aus privaten Gründen" (2 %), "Um zum Einkauf zu gelangen" (2 %) und "Um zur Arbeit zu gelangen" (1 %) sind Ausnahmen.

Anschließend wurden die Befragten gefragt, welches alternative Verkehrsmittel sie normalerweise für diese Strecke benutzt hätten (Abbildung 16). Die deutliche Mehrheit hätte die Strecke zu Fuß zurückgelegt (73 %), während 12 % die Strecke überhaupt nicht zurückgelegt hätten. Als Autofahrer (7 %), als Mitfahrer im Auto (4 %) sowie mit dem Fahrrad (3 %) und mit dem konventionellen Bus (2 %) sind die weiteren Antworten.

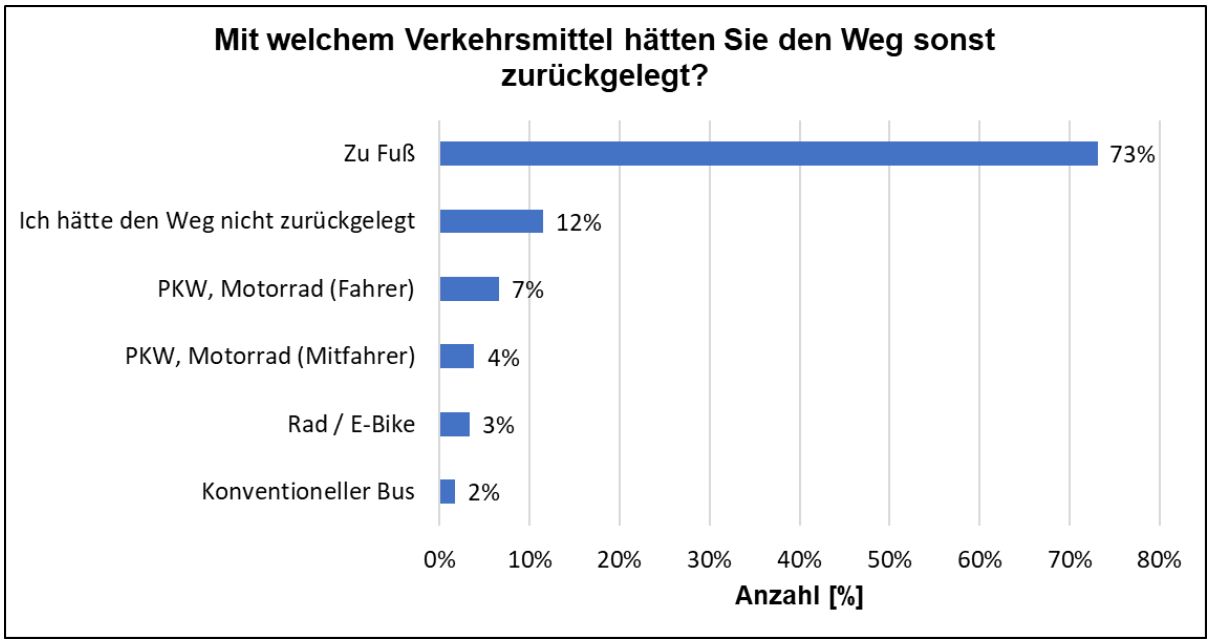


*Abbildung 16: Alternatives Fortbewegungsmittel zum Shuttlebus (Nutzerbefragung)*

Bei der nächsten Frage bewerteten die Teilnehmer die Zufriedenheit mit der Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus auf einer fünfstufigen Skala von "Sehr zufrieden" bis "Sehr unzufrieden" (Abbildung 17). Insgesamt bewertete die Mehrheit der Fahrgäste die Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus sehr positiv. Die positiven Antworten „Sehr zufrieden“ und „Zufrieden“ erreichen in sämtlichen Fragen immer mindestens 50% der Gesamtantworten. Positiv ist, dass 85 % der Teilnehmer mit der gesamten Fahrt zufrieden oder sehr zufrieden sind. Unter den einzelnen Leistungsparametern wurde die Barrierefreiheit am besten bewertet (79 % waren zufrieden). Ebenfalls wurden die Pünktlichkeit des Shuttlebussen (78% waren zufrieden), die Zuverlässigkeit (69% waren zufrieden) und das Bremsverhalten (63% waren zufrieden) sehr positiv bewertet. Jedoch waren 19 % der Befragten mit dem Bremsverhalten unzufrieden, was ein großen Anteil darstellt. Am schwächsten werden Geschwindigkeit (58% waren zufrieden) und Platzangebot (55% waren zufrieden) bewerte. Hinzu kommt, dass in diesen beiden Kategorien 20% (bei der Geschwindigkeit) bzw. 18% Befragten (beim Platzgebot) unzufrieden mit der derzeitigen Leistung sind. Beide Leistungsparameter bieten demnach größte Verbesserungspotenzial.

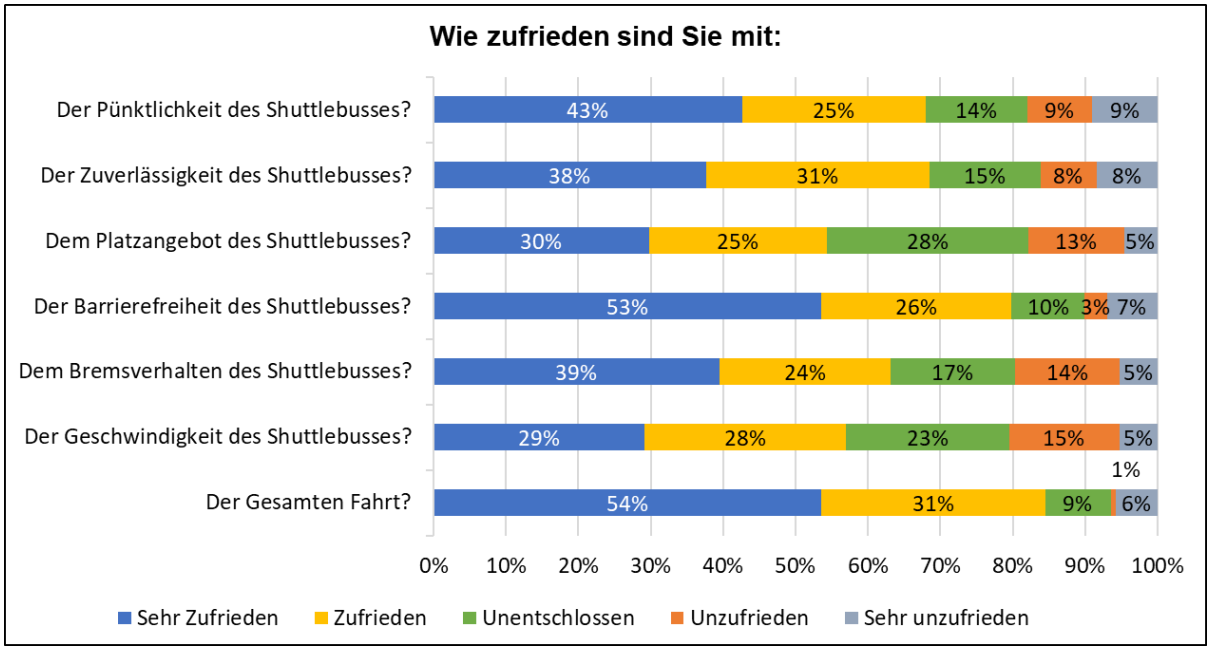


*Abbildung 17: Zufriedenheit mit der Fahrt des automatisierten Shuttlebusses (Nutzerbefragung)*

Bei der letzten Frage in diesem Abschnitt geben die Teilnehmer ihre Zustimmung zu den Aussagen über die Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Abbildung 18).

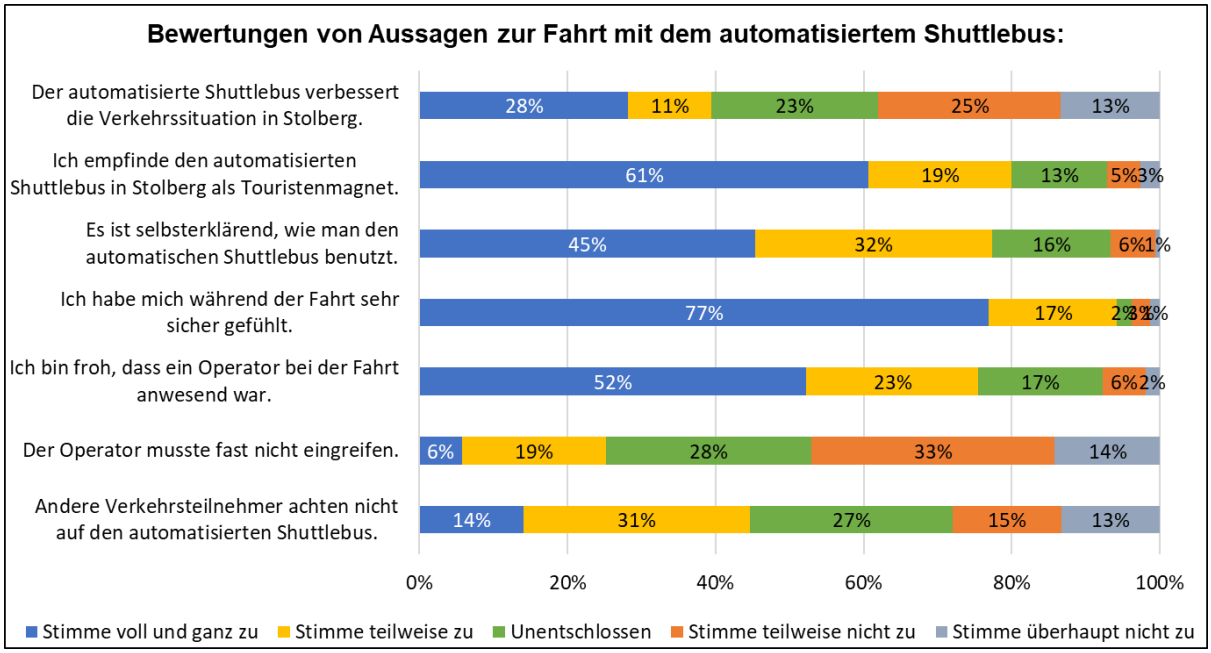


*Abbildung 18: Aussagen zur Fahrt (Nutzerbefragung)*

94 % der Befragten haben sich während der gesamten Fahrt sicher gefühlt. Jedoch sind auch 75 % der Befragten froh, dass während der Fahrt ein Operator anwesend war. Bei dieser Aussage bleibt jedoch ungeklärt, ob sich die Befragten den Operator aufgrund zusätzlicher Sicherheit an Bord oder wegen touristischer Auskünfte wünschen. Fakt ist jedoch, dass der Operator an Bord während des Pilotbetriebs häufig eingreifen und manuell lenken musste. 47% der Befragten stimmten der Aussage, dass der Operator nicht häufig eingreifen musste, nicht zu. Ein Grund dafür könnte die sehr anspruchsvolle Strecke sein, die er automatisierte Shuttlebus in Stolberg gefahren ist. Durch die engen Straßen, die Hindernisse auf der Fahr-

bahn und durch ein hohes Verkehrsaufkommen, konnte die Fahrt auf der virtuellen einprogrammierten Linie nicht fortgeführt und musste häufig unterbrochen werden. Die häufigen manuellen Überholmanöver wirken sich auch negativ auf die gesamte Verkehrssituation aus. Dies ist eine Erklärung dafür, dass 38% der Befragten der Meinung sind, dass sich durch den automatisierten Shuttlebus die Verkehrssituation in Stolberg nicht verbessert. Auf der anderen Seite stimmten auch 39% der Befragten dieser Aussage zu. Dazu passt, dass andere Verkehrsteilnehmer nicht immer auf den automatisierten Shuttlebus achten, wie 45 % der Teilnehmer angaben. Abschließend ist für die Mehrheit (77 %) die Benutzung des Shuttlebusses sehr einfach zu verstehen und erfordert keine zusätzlichen Anweisungen. Außerdem wird der automatisierte Shuttlebus wird als Touristenmagnet in Stolberg gesehen (80 %), wie auch der hohe Anteil der Touristen an der Befragung zeigt.

## 7.3 Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg

Nach Meinung von 76% der Befragten sollte auch in Zukunft ein automatisierter Shuttlebus mit dem derzeitigen technischen Entwicklungsstand durch die Stadt Stolberg fahren (siehe Abbildung 19 links). Dies deutet auf eine klare Zustimmung zu einer längerfristigen Ausweitung des Pilotbetriebs hin.

Die verbleibenden 24% der Befragten, die eine Fortsetzung des Pilotbetriebs nicht wünschen, hatten die Möglichkeit, in einem Freitextfeld anzugeben, welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit sie auch in Zukunft mit dem automatisierten Shuttlebus fahren. Der rechte Teil der Abbildung 19 zeigt, dass sich 27% der Befragten besseres Fahrverhalten wünschen. Weitere 27% erhoffen sich eine autonomere Steuerung des Shuttlebusses, sodass weniger Eingriffe durch den Operator notwendig sind und dass Hindernisse selbstständig umfahren werden. Nicht nur das Fahrzeug muss sich in Zukunft anpassen, denn auch die entsprechenden Verkehrsbedingungen müssen geschaffen werden, wie 27% der Befragten angaben. 11% wünschen sich weniger technische Ausfälle des Shuttles. Letztlich entfallen jeweils 2% auf ein besseres Platzangebot, ersetzen durch Rufbus und den Einsatz von mehreren automatisierten Shuttlebussen.

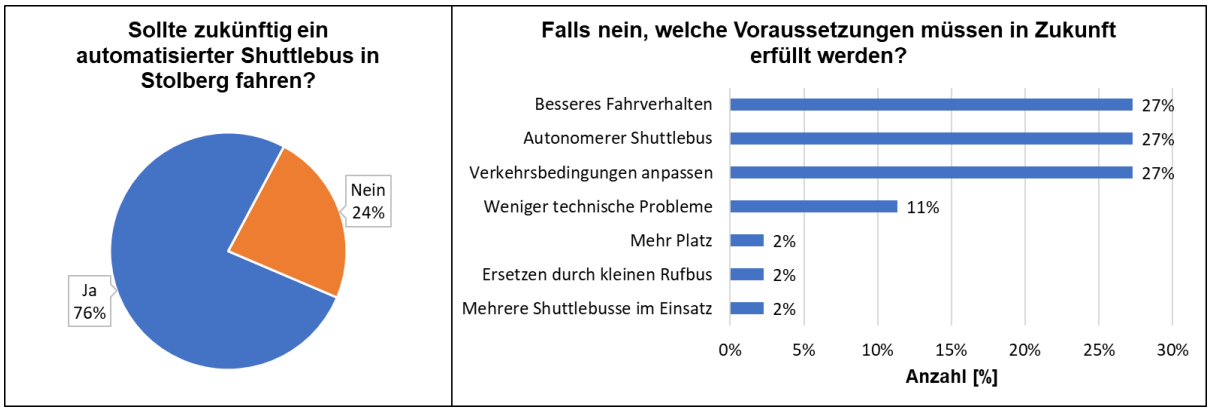


*Abbildung 19: Zukunft des automatisierten Shuttles in Stolberg und Voraussetzungen für zukünftige Fahrten (Nutzerbefragung)*

Die positive Einstellung gegenüber einem längerfristigen Betrieb des Busses macht sich auch in der Zahlungserwartung bemerkbar (siehe Abbildung 20). Schließlich sind 79% der Teilnehmer bereit, in Zukunft Geld für eine Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus zu bezahlen. Die Preisvorstellung liegt im Bereich von 0,50 bis 5,00 Euro. Der Mittelwert liegt bei 1,99 Euro.

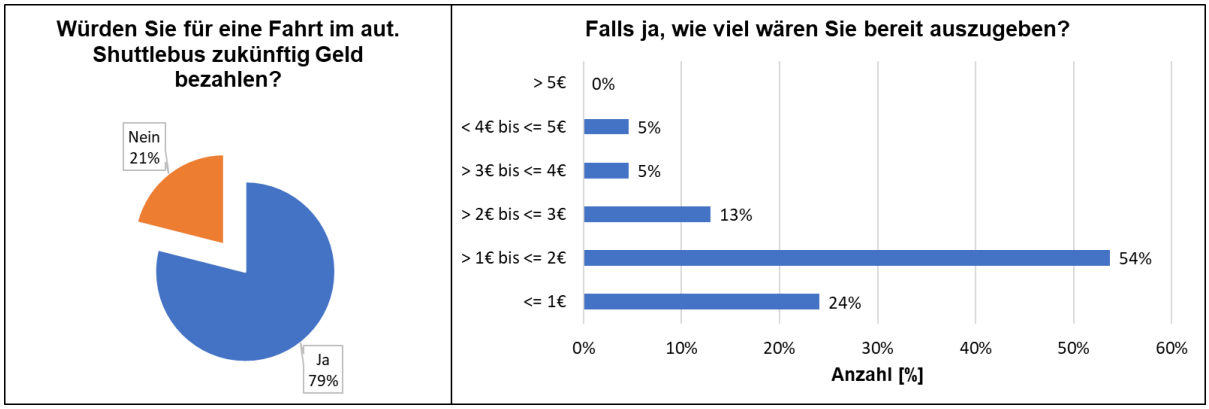


*Abbildung 20: Zahlungsbereitschaft und Zahlungserwartung (Nutzerbefragung)*

## 7.4 Allgemeine Zukunft von automatisierten Shuttlebussen

Bei der ersten Frage in diesem Abschnitt wurden die Teilnehmer gebeten, ihre Zustimmung zu den allgemeinen Aussagen über den automatischen Shuttlebus anzugeben (fünfstufige Skala von "Stimme voll und ganz zu" bis "Stimme überhaupt nicht zu"). Die Umweltfreundlichkeit des Shuttlebusses wurde von einer großen Mehrheit der Befragten als sehr wichtig erachtet (Abbildung 21). 70% der Befragten stimmten der Aussage voll und ganz zu und 17% stimmten teilweise zu. Ein ähnliches Ergebnis ergibt sich für die Nützlichkeit von automatisierten Shuttlebussen im öffentlichen Verkehr. Die Mehrheit (87 %) hält den Einsatz von automatischen Shuttlebussen für sinnvoll. Obwohl sich die Befragten im automatisierten Shuttlebus sehr sicher fühlten (siehe Kapitel 7.2), glauben nur 52%, dass der Einsatz dieser Fahrzeuge die Verkehrssicherheit erhöht. Der Anteil der Unentschlossenen Befragten ist mit 27% vergleichsweise hoch. 66 % der Befragten würden den automatisierten Shuttlebus auch ohne einen Fahrer an Bord nutzen, während 20 % dies ablehnen (15 % enthielten sich). Dies ist überraschend, da der überwiegende Anteil der Stichprobe froh war, dass ein Operator an Bord anwesend war (siehe Kapitel 7.2).

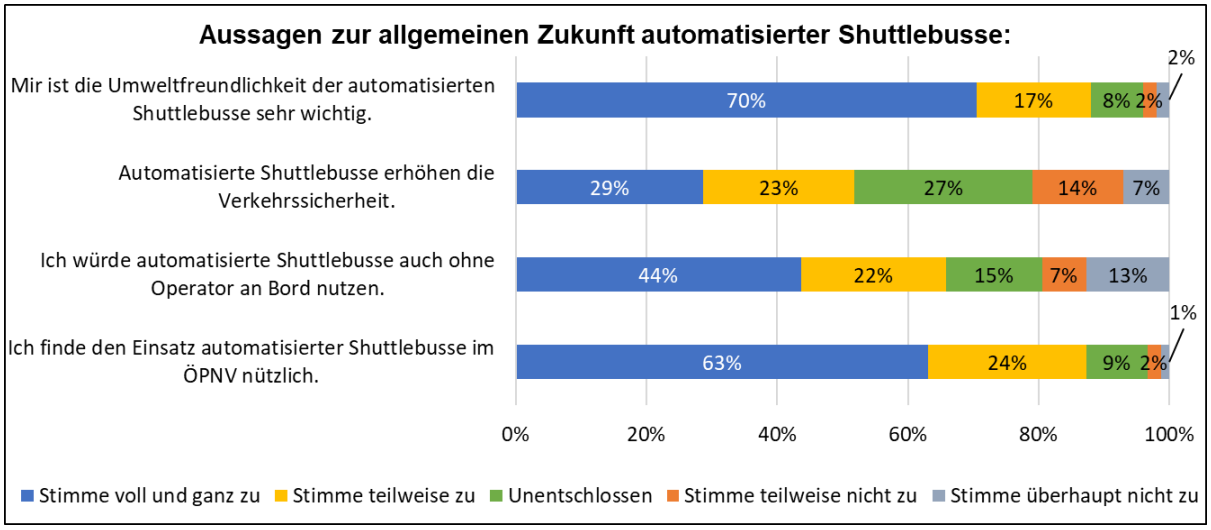


*Abbildung 21: Aussagen zur allgemeinen Zukunft automatisierter Shuttlebusse (Nutzerbefragung)*

In der letzten Frage wurde ermittelt, für welche Wege die Befragten einen automatisierten Shuttlebus in Zukunft nutzen würden (Abbildung 22). Fast 45% der Befragten würden den Bus für Fahrten zu touristischen Einrichtungen nutzen. Weitere Nutzungsmöglichkeiten sind private Fahrten (25,3%), geschäftliche Fahrten (18,9%) und Fahrten zur Bildungseinrichtung (9,5%). In der Grafik nicht aufgeführt sind die Antworten in freier Textform. Mit 1,7% sind diese deutlich unterrepräsentiert.

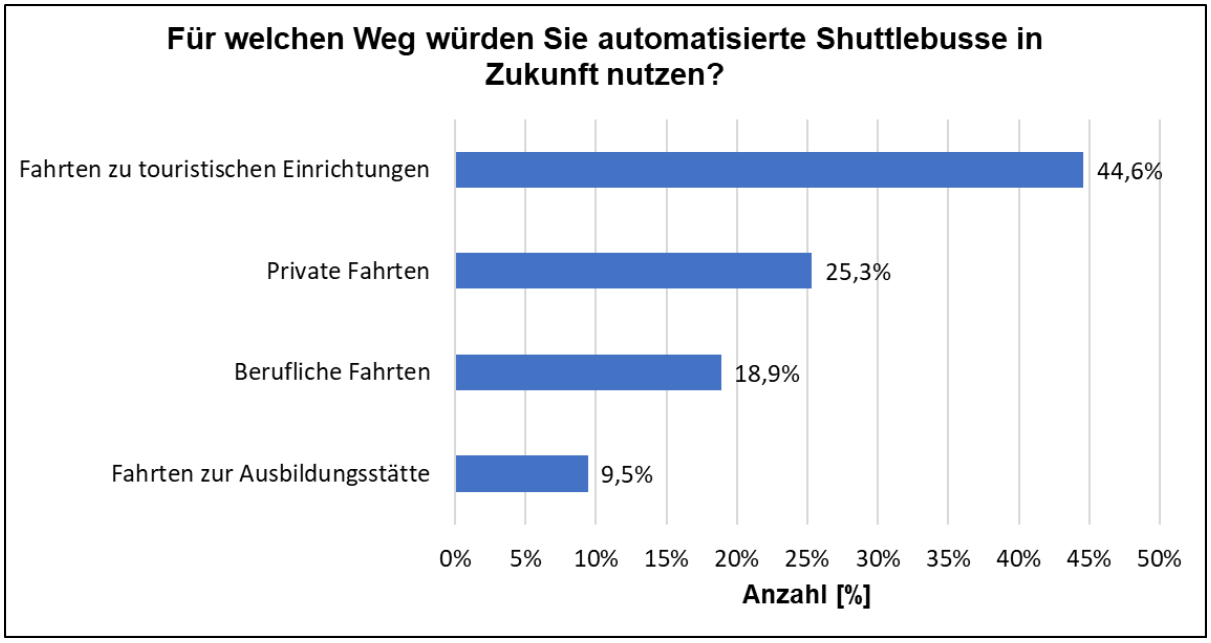


*Abbildung 22: Zukünftige Nutzung des automatisierten Shuttles für verschiedene Wege (Nutzerbefragung)*

## 7.5 Allgemeines Feedback (Lob, Kritik, Verbesserungsvorschläge)

In der letzten Frage des Fragebogens bestand für die Befragten die Möglichkeit, schriftliche Anmerkungen zum Pilotbetriebs des automatisierten Shuttlebusses innerhalb eines freien Antwortfeldes zu äußern. An dieser Stelle waren Lob, Kritik und Verbesserungsvorschläge gemeint.

Um die Darstellung zu vereinfachen, werden die Antworten nach verschiedenen Kategorien geclustert und den Überkategorien ***Lob***, ***Verbesserungswünsche*** und ***Kritik*** zugeordnet (siehe Abbildung 23).

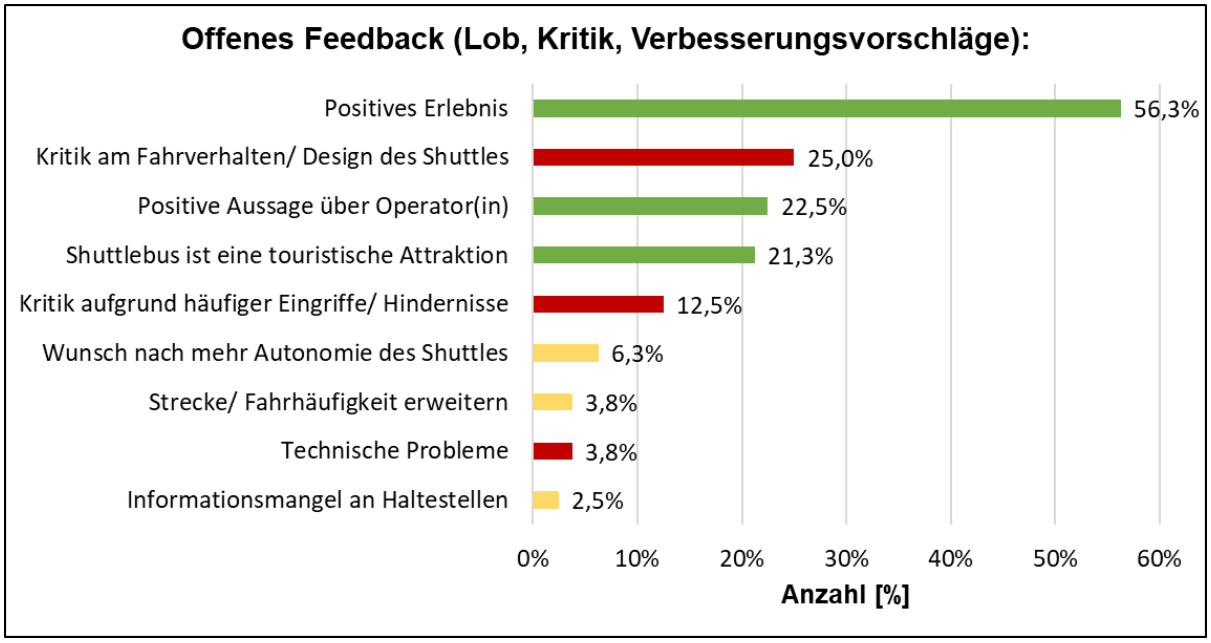


*Abbildung 23:Antwort Cluster: freie Eingabe (grün=Lob; gelb= Verbesserungsvorschläge; rot= Kritik)*

Oft wurden komplexere Antworten gegeben, sodass ein Feedback auch zu mehreren Kategorien zugeordnet wurde. Insgesamt 56,3% der Antworten beschreiben die Fahrt als ein positives Erlebnis. Des Weiteren gibt es zahlreiche positive Aussagen über die Operatoren (22,5%) und der Shuttlebus scheint eine touristische Attraktion zu sein (21,3%). Kritik gibt es vor allem an dem Fahrverhalten und Design des Shuttles (25%), an den häufigen manuellen Eingriffen durch den Operator (12,5%) und an den technischen Problemen des Fahrzeugs (3,8%). Die Verbesserungsvorschläge betreffen die Steuerung des Fahrzeuges (6,3%), eine Erweiterung der Strecke bzw. der Fahrhäufigkeit und die Informationsdarstellung an Haltestellen (2,5%). Um diese Ergebnisse zu verdeutlichen, werden im Folgenden ausgewählte Antworten der Stichprobe dargestellt.

**<u>Lob</u>**

Mit 56,3% der Antworten, empfand der Großteil der Befragten die Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus als ein positives und lehrreiches Erlebnis. Oft wurde in diesem Zusammenhang auch ein zukünftiger Einsatz des Busses gewünscht.

> *„Der ThyraFloh sollte auch nach der Pilotphase weiter in Stolberg verkehren, ähnliche Fahrzeuge auch auf anderen Strecken im ländlichen Raum.“*
>
> (Weiblich, 59 Jahre)

Da ein großer Anteil der Befragten aus Touristen bestand, wurde die Fahrt auch von 21,3% als touristische Attraktion wahrgenommen. Dies gilt vor allem für Familien. Einen großen Anteil an positivem Zuspruch erhielten auch die Operatoren des automatisierten Shuttlebusses. Diese wurden in 22,5% der Antworten lobend erwähnt. Zahlreich wurde dabei nicht nur die Freundlichkeit der Operator positiv empfunden, sondern auch ihre Bereitschaft zur Kommunikation über technische Details des Fahrzeugs oder über touristische Ziele in Stolberg.

> *„Wir haben den automatisierten Bus als Familie heute ausprobiert. Es war ein Erlebnis bei der hohen Verkehrsdichte am Sonntag in Stollberg. Dem Operator herzlichen Dank für das sichere Eingreifen beim Weiterfahren und für die Erläuterungen und die Beantwortung unserer Fragen. Es hat richtig Spaß gemacht. Danke.“*
>
> (Weiblich, 67 Jahre)

**Verbesserungsvorschläge**

Die Aussagen zu Verbesserungsvorschlägen waren weniger zahlreich, relevante Informationen können trotzdem gewonnen werden. 6,3% wünschen sich nicht nur ein automatisiertes Shuttle, sondern eine komplette Autonomie des Fahrzeugs. Ursache für den Wunsch, ist das zahlreiche Eingreifen der Operatoren bei Hindernissen. Bei einem komplett autonomen Shuttle sollen Hindernisse erkannt und eigenständig umfahren werden. Gerade im Umgang mit anderen Verkehrsteilnehmern wurde sich oft eine Verbesserung gewünscht.

> *„Die Software müsste lernend sein, d.h. aus einmal Erlebtem Schlüsse und Verbesserungen ziehen (KI).“*
>
> (Männlich, 43 Jahre)

3,8% der Befragten wünschen sich außerdem eine Erweiterung der Strecke, bzw. ein erhöhte Fahrhäufigkeit des Busses. Zwei Feedbacks (2,5%) wünschten sich außerdem eine Verbesserung der Informationen an den Haltestellen.

> *„Bessere Informationen zu Fahrzeiten an den Haltestellen und ob er fährt oder wegen eines Defektes nicht fährt.“*
>
> (Männlich, 36 Jahre)

**Kritik**

Die meiste Kritik gab es im Zusammenhang mit dem Fahrverhalten bzw. Design des Shuttles (25% aller Antworten). Am meisten wurden dabei die Geschwindigkeit und das Platzverhalten im Bus bemängelt. Auch das Bremsverhalten war ein Kritikpunkt.

> *„Das man die Möglichkeit hat einen automatisierten Shuttlebus zu erleben/nutzen ist sehr gut. Die derzeitige Geschwindigkeit ist jedoch selbst in der 30 km/h Zone zu gering. So wird der Bus von den Anwohnern als Hemmnis angesehen. Touristisch ist der Bus auf jeden Fall attraktiv.“*
>
> (Männlich, 58 Jahre)

Ein weiterer Kritikpunkt war das häufige Eingreifen der Operatoren. Viele waren sich jedoch darüber bewusst, dass die Ursache häufig der Verkehrssituation in Stolberg geschuldet war.

> *„Zu oft Eingriff des Operators infolge von Fremdhindernissen“*
>
> (Männlich, 66 Jahre)

Mit 3,8% war ein geringer Teil der Befragten auch unzufrieden mit den technischen Ausfällen des Shuttlebusses.

# 8. Ergebnisse Haushaltsbefragung

Die Ergebnisse werden analog zu den fünf Abschnitten im Fragebogen dargestellt: "Demografische Daten der Teilnehmer*innen", „Allgemeine Mobilität in Stolberg“, "Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg", "Zukünftiger Einsatz automatisierte Shuttlebusse in Stolberg" und "Allgemeine Zukunft automatisierter Shuttlebusse".

## 8.1 Demografische Daten der Teilnehmer*innen (Haushaltsbefragung)

Die Auswertung der demografischen Daten ergab, dass die Geschlechter der Befragten mit 48% weiblichen und 50% männlichen Teilnehmern nahezu gleichverteilt waren (Abbildung 24). Insgesamt waren 81% der Teilnehmer*innen über 50 Jahre alt.

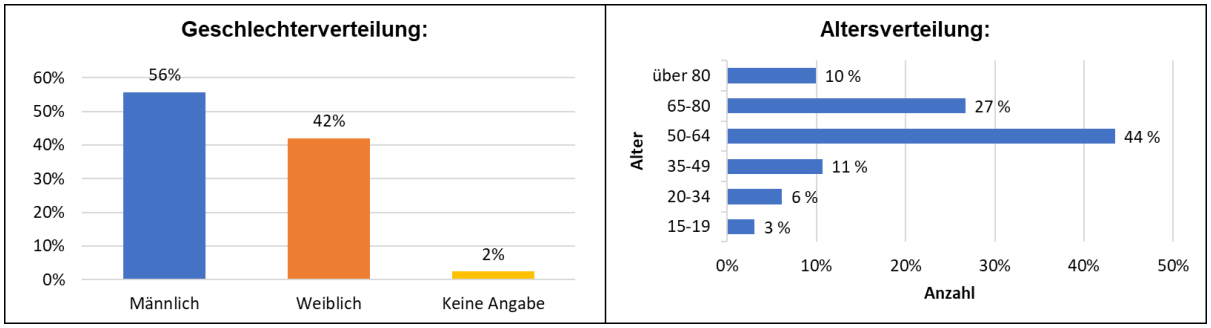


*Abbildung 24: Geschlechter und Altersverteilung (Haushaltsbefragung)*

Hinsichtlich der aktuellen Verkehrsmittelnutzung gaben 83,1% der Befragten an, dass sie einen eigenen PKW besitzen. Davon besitzen 7% ein Elektrofahrzeug. Der PKW wird von 52% der Befragten täglich und von 28% 2- bis 3-mal die Woche genutzt (Abbildung 25). Das Gegen-teil zeigt sich bei der Nutzung des ÖPNV. 64% der Teilnehmer gaben an, diesen nie zu nutzen. 90% aller Teilnehmer nutzen den öffentlichen Personalverkehr weniger als einmal im Monat.

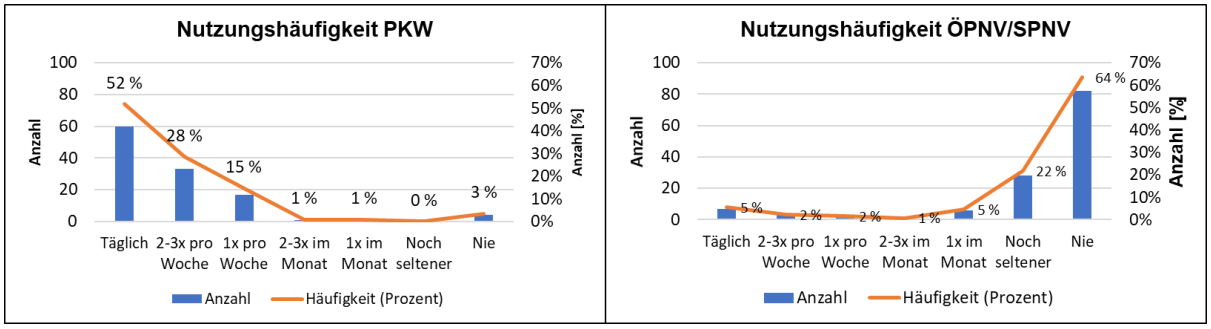


*Abbildung 25: Nutzungshäufigkeit PKW und ÖPNV (Haushaltsbefragung)*

Bei der Wahl des Transportmittels ist den Befragten „Verfügbarkeit“ (19,8%), „Pünktlichkeit“ (17,3%) „Flexibilität“ (15,9%) und „Sicherheit im Fahrzeug“ (14,4%) am wichtigsten.

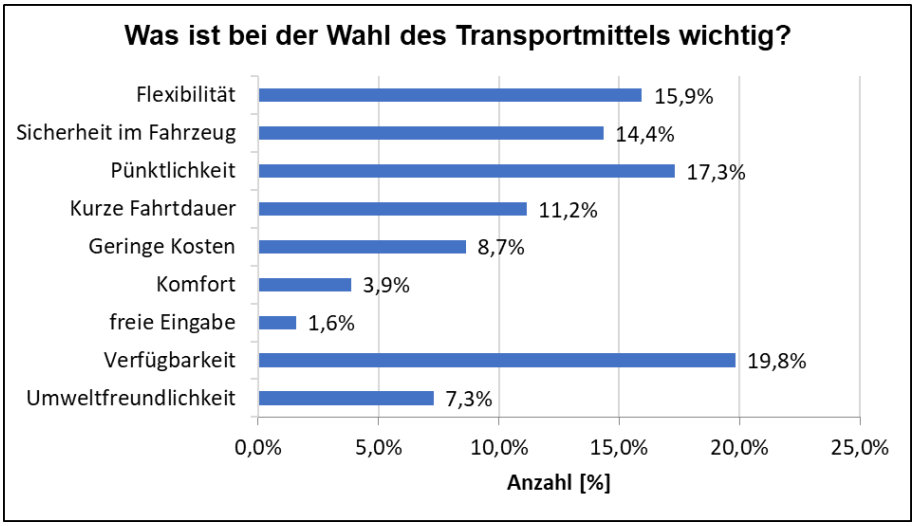


*Abbildung 26: Was ist bei der Wahl des Transportmittels wichtig? (Haushaltsbefragung)*

Mit der persönlichen Mobilität sind 68,9% der Befragten zufrieden, während 16,7% sehr unzufrieden mit der persönlichen Mobilität sind.

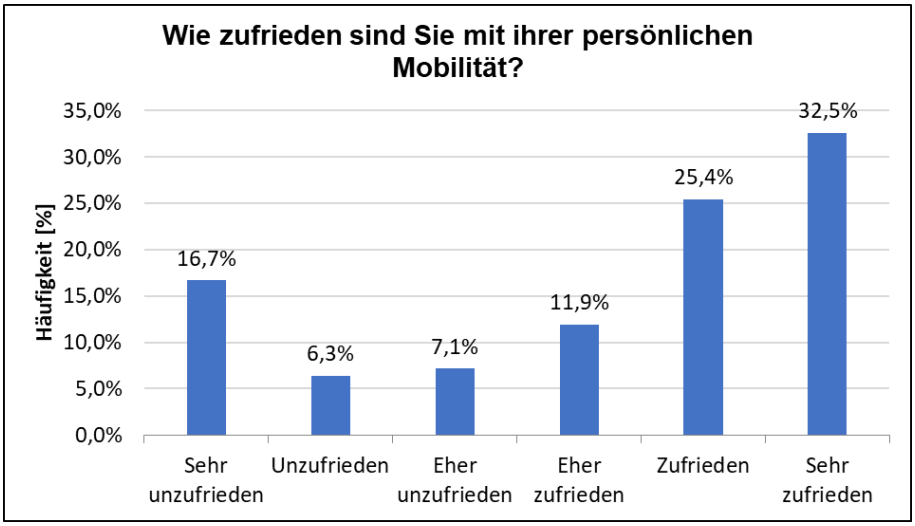


*Abbildung 27: Zufriedenheit mit der persönlichen Mobilität (Haushaltsbefragung)*

## 8.2 Allgemeine Mobilität in Stolberg

Sowohl für den Arbeitsweg, als auch für den Weg zum Einkaufen oder zu Freizeitaktivitäten wird am häufigsten der PKW verwendet (Arbeitsweg 74,7%, Einkauf 86,7% und Freizeitaktivitäten 76,5%). Als zweites folgt jeweils der Bus (9,9%, 6,8% und 6,7%). Abbildung 28 zeigt die durchschnittliche Verkehrsmittelnutzung für den Arbeitsweg, zum Einkaufen oder für Freizeitaktivitäten. Dabei werden alle Wege als gleich gewichtet.

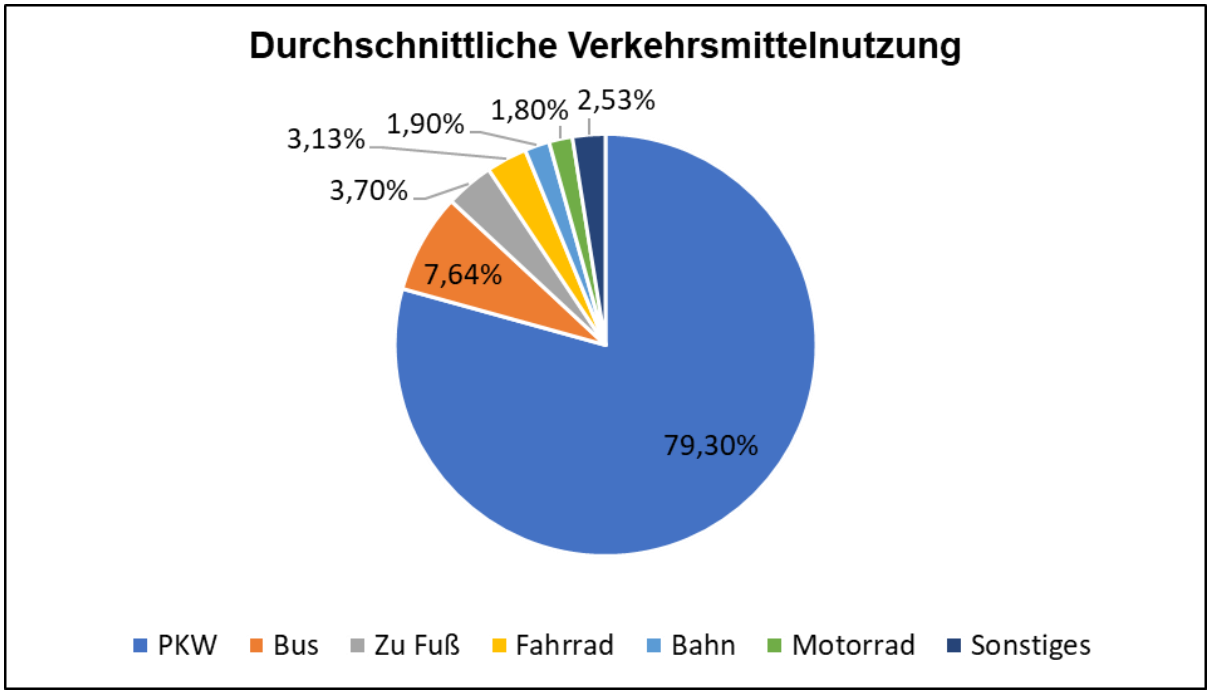


*Abbildung 28: Durchschnittliche Verkehrsmittelnutzung (Haushaltsbefragung)*

Die Bewertungen der Zufriedenheit mit der derzeitigen ÖPNV-Verbindung zeigen, dass 74,9% der Antwortenden mit ÖPNV-Verbindungen von und nach Stolberg und 69,3% mit der ÖPNV-Situation innerhalb Stolbergs unzufrieden sind (Abbildung 29).

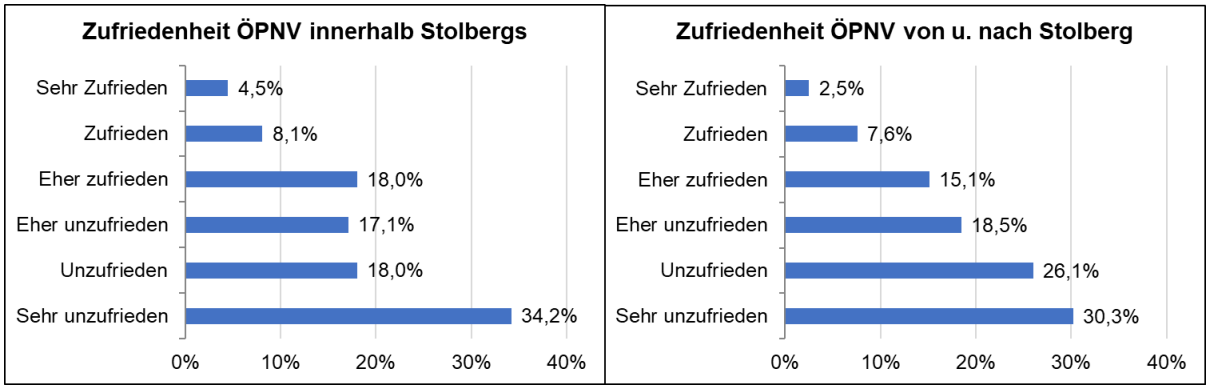


*Abbildung 29: Zufriedenheit mit dem ÖPNV in Stolberg (Haushaltsbefragung)*

Verbesserungsvorschläge von den Anwohner*innen für den ÖPNV sind:

- Mehr Anbindungen an den ÖPNV (49,3%)
- Häufigere Taktungen (16,4%)
- Kleinerer Shuttlebus für Ältere (11,9%)
- Stolberg zu klein für mehr ÖPNV; dieser würde nicht genutzt werden (11,9%)

Ob zu viele Fahrzeuge durch Stolberg fahren und ob viele Fahrzeuge länger im Parkverbot stehen als erlaubt, wurden beides zu 75% mit „Ja“ und „Eher ja“ beantwortet (Abbildung 30).

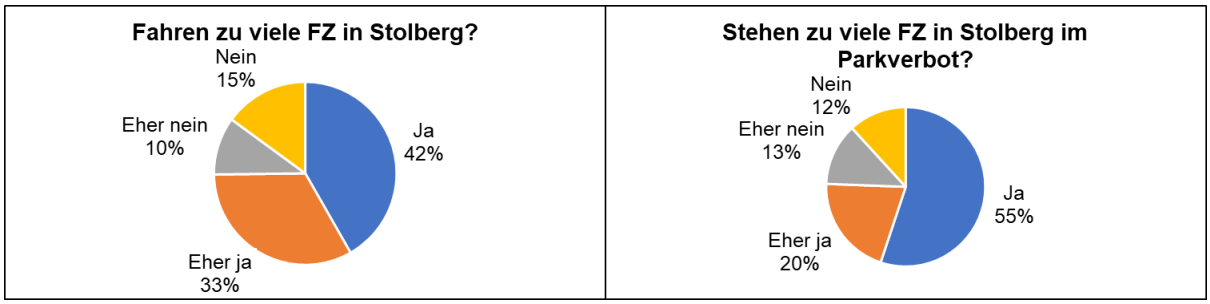


*Abbildung 30: Verkehrssituation in Stolberg (Haushaltsbefragung)*

Die Verbesserungsvorschläge für die derzeitige Mobilität in Stolberg enthalten folgende Aspekte:

- Weniger parkende Fahrzeuge in der Innenstadt/Mehr Parkplätze (25,9%)
- Weniger Verkehr (21%)
- Shuttlebuseinsatz (17,3%) (zu touristischen Attraktionen, von Parkplätzen, als Rufbus, für ältere Menschen)
- Anbindung Stolbergs an den ÖPNV (12,3%)
- Mehr Einkaufsmöglichkeiten/Verbesserung der Infrastruktur in Stolberg (7,4%)

## 8.3 Pilotbetrieb des automatisierten Shuttlebusses in Stolberg

Auffällig ist, dass 25,6% der Befragten das Projekt als „Sehr nützlich“ und 27,9% der Befragten als „Überhaupt nicht nützlich“ bewerten. Dies sind die beiden Extremwerte auf der sechsstufigen Skala. Insgesamt finden 50,4% der Befragten das Projekt nützlich und 49,6% nicht nützlich.

57% der Teilnehmer der Befragten sind nicht mit dem automatisierten Shuttlebus gefahren. nie mitgefahren sind. 25% sind einmal und 19% mehr als einmal mit dem Shuttlebus in Stolberg gefahren. Der Grund für die Mitfahrt, ist zu 63,2% Interesse gewesen. Für 21% waren die Gründe Erholung, Spaß und Freizeit. 15,8% gaben an, den Shuttlebus zur Erledigung von Wegen zum Einkaufen, zu Ärzten oder zur Bank genutzt zu haben.

Als nächstes wurde nach der Zufriedenheit mit der gesamten Fahrt, der Geschwindigkeit und des Bremsverhaltens gefragt. Mit der gesamten Fahrt waren 55,4% waren insgesamt mit der gesamten Fahrt zufrieden. Mit der Geschwindigkeit des Shuttlebusses waren 36% zufrieden und mit dem Bremsverhalten des Busses waren 60,8% zufrieden. Abbildung 31 zeigt, dass die Antworten der Haushaltsbefragung (blaue gestrichelte Linie) bezüglich gesamter Fahrt, Geschwindigkeit und Bremsverhalten deutlich unzufriedener sind als die Ergebnisse der Nutzerbefragung (blaue durchgezogene Linie). Die Abweichung resultiert daraus, dass die Personen, die nicht mit dem Bus gefahren sind (grüne gestrichelte Linie) deutlich unzufriedener mit den Leistungsparametern sind als die Personen, die mit dem Bus gefahren sind (grüne durchgezogene Linie). Deutlich wird jedoch auch, dass die Tendenzen zwischen den Leistungsparametern gleich sind.

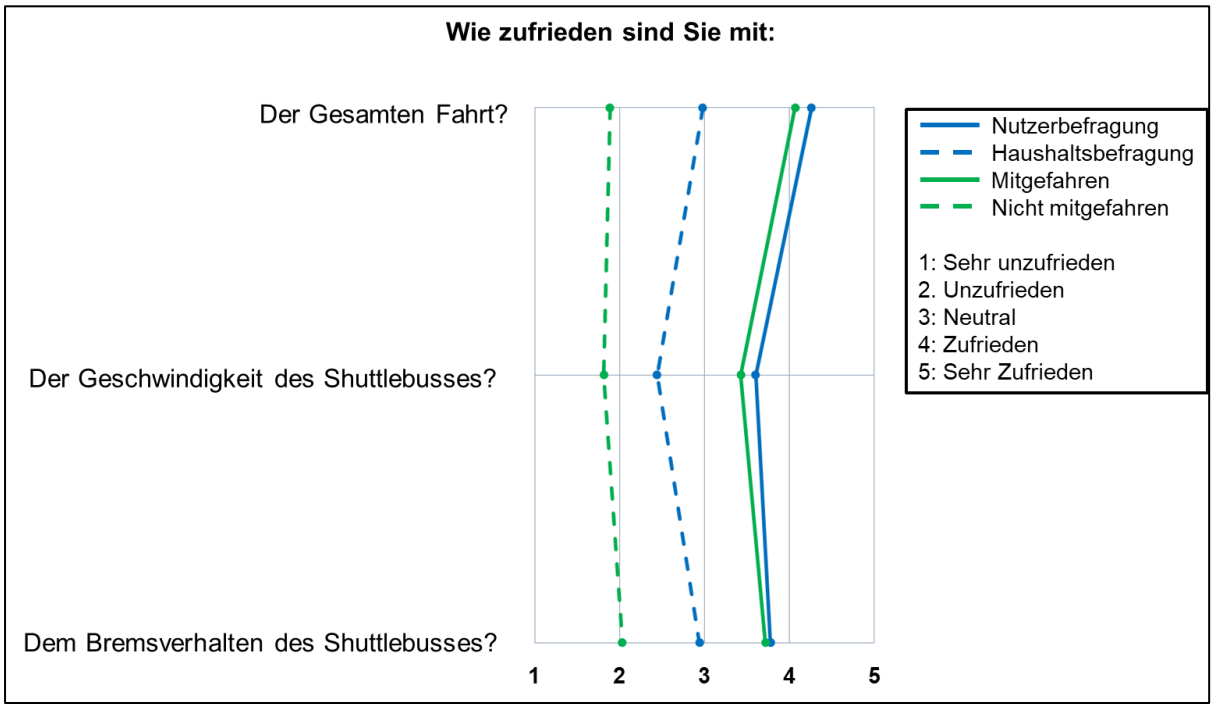


*Abbildung 31: Zufriedenheit mit der Fahrt (Haushaltsbefragung)*

Des Weiteren wurden in diesem Abschnitt allgemeine Aussagen zu dem eingesetzten Shuttlebus in Stolberg bewertet. Analog zur vorherigen Darstellung zeigt Abbildung 32 den Unterschied zwischen Nutzer- und Haushaltsbefragung mit dem gleichen Ergebnis. Die nicht mitgefahrenen Personen stimmen den Aussagen weniger zu. Nur 32% sind der Meinung, dass

andere Verkehrsteilnehmer nicht auf dem automatisierten Shuttlebus achten. Immerhin empfinden 68% den automatisierten Shuttlebus als Touristenmagnet für Stolberg. Dass der Bus allerdings die Verkehrssituation verbessert glauben nur 33% der Anwohner*innen.

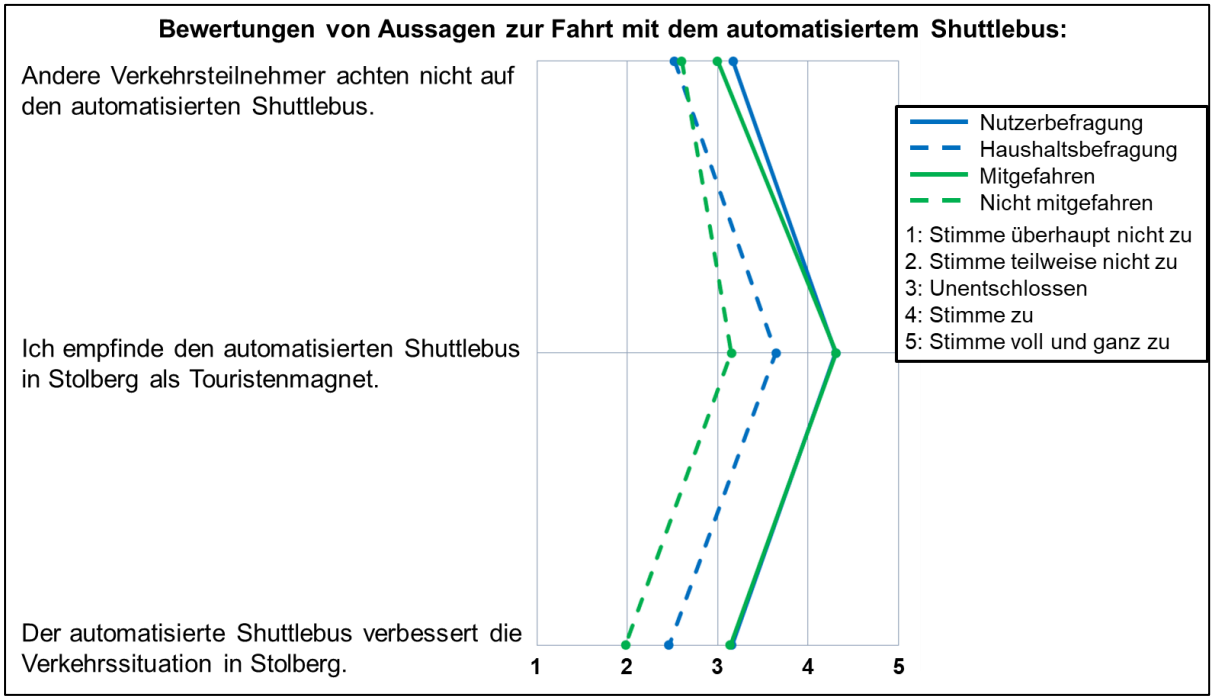


*Abbildung 32: Bewertung von Aussagen zur Fahrt mit dem automatisierten Shuttlebus (Haushaltsbefragung)*

Darüber hinaus wurden weitere Aussagen bewertet, die im Folgenden nur textlich dargestellt werden. 61% der Antwortenden sind der Meinung, dass durch den Shuttlebus etwas für die Umwelt getan wird. Zwar empfinden nur 35% den automatisierten Shuttlebus als Gefährdung für andere Verkehrsteilnehmer, jedoch gaben 53% der Befragten an, dass der Bus eine Behinderung für den Straßenverkehr darstelle. Die Zustimmung, dass der Shuttlebus in sinnvoller Weise den ÖPNV verbessert, überwiegt mit 52% leicht.

## 8.4 Zukünftiger Einsatz automatisierter Shuttlebusse in Stolberg

Dieser Abschnitt zielte auf die Ermittlung der Bereitschaft der Befragten für einen zukünftigen Shuttlebuseinsatz in Stolberg ab. Gemäß Abbildung 33 ist sollten zukünftig ein schienengebundenes automatisiertes Fahrzeug (75%: Ja) oder herkömmliche Kleinbusse (70%: Ja) in Stolberg verkehren. Die Zustimmung für den Elektrobus ist etwas geringer (60%: Ja). Einzig beim automatisierten Shuttlebus mit der derzeitigen Entwicklung spricht sich die Mehrheit (59%) gegen einen weiteren Betrieb aus.

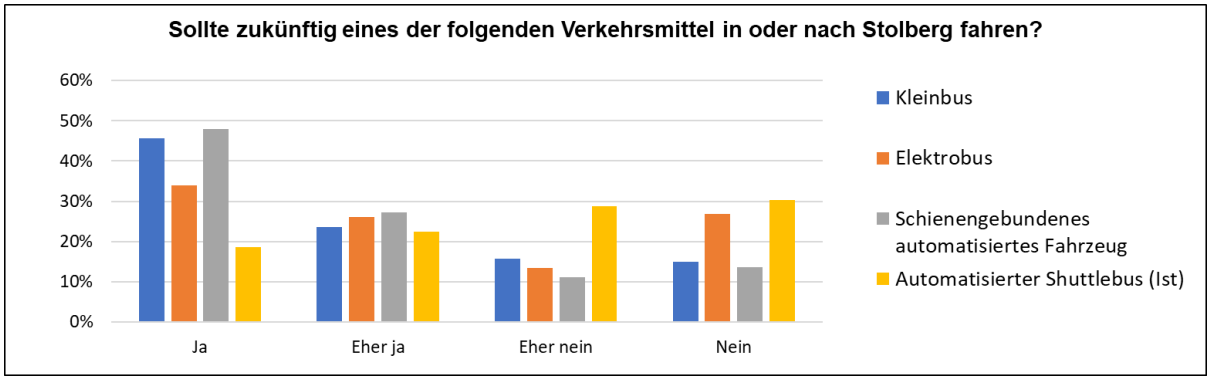


*Abbildung 33: Welches Verkehrsmittel sollte zukünftig in oder nach Stolberg fahren?*

Am wichtigsten ist es den Befragten, dass zukünftig die Geschwindigkeit des automatisierten Shuttlebusses erhöht wird (36%) und dass sich die Fahrzeugtechnologie verbessert (14%). Weitere Zustimmung hält der Einsatz auf einer anderen Strecke (25%). Die Option „Freie Eingabe“ wurde zu 19% genutzt und enthielt hauptsächlich Antworten zu Streckenverlängerungen oder zusätzlichen Strecken (42,9% von 19%), wie Abbildung 34 zeigt.

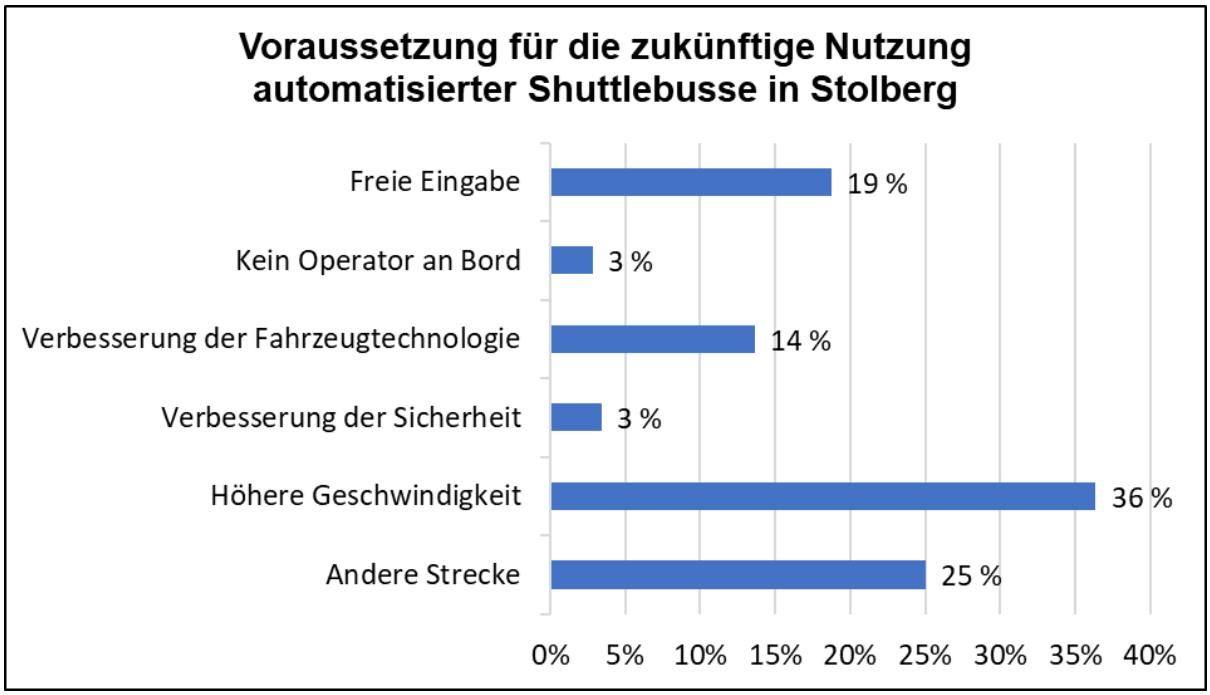


*Abbildung 34: Voraussetzung für die zukünftige Nutzung automatisierter Shuttlebusse in Stolberg (Haushaltsbefragung)*

Dennoch würden 62% der Anwohner*innen zukünftig für eine Fahrt mit dem Shuttlebus Geld bezahlen (Abbildung 35). Die durchschnittliche Zahlungserwartung liegt bei 1,14€.

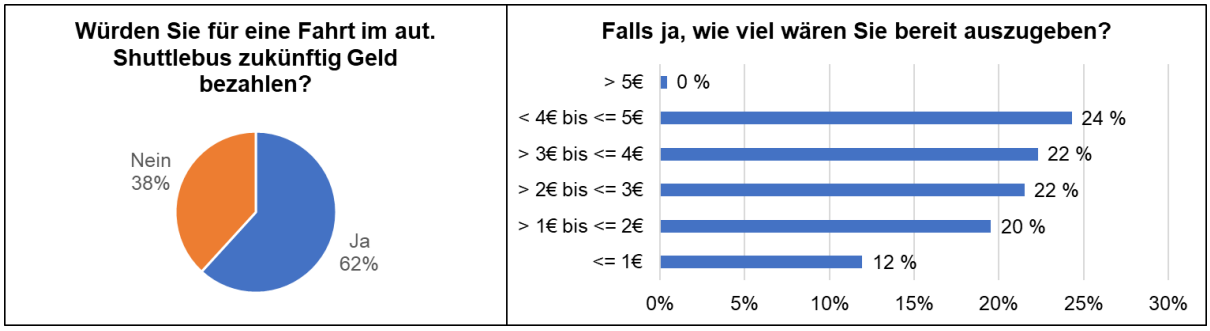


*Abbildung 35: Zahlungsbereitschaft und Zahlungserwartung (Haushaltsbefragung)*

Abschließend konnten Streckenvorschläge für zukünftige Strecken eines automatisierten Shuttlebusses eingebracht werden. 31,9% der Vorschläge betriff die Anfahrt von Sehenswürdigkeiten. Zu 27,8% wurde die Anbindung an verschiedene Nachbarorte genannt. Dazu passt die Einbindung sozialer Infrastruktureinrichtungen, wie Einkaufsmärkte, Ärzte und Banken, die oft nur in Nachbarorten zu erreichen sind. Dieser Aspekt wurde in 13,9% der Antworten erwähnt. Des Weiteren wurden in 24,3% der Antworten die Anfahrt wichtiger Anlaufpunkte innerhalb der Stadt genannt, wie beispielsweise der Bahnhof, Parkplätze, der Markt, sowie alle Eckpunkte der Stadt. Konkret wurden Verbindungen zu folgenden Ortschaften vorgeschlagen:

- Rottleberode (24x)
- Auerberg (13x)
- Hainfeld (8x)
- Nordhausen (6x)
- Harzgerode (2x)
- Sangerhausen (1x)
- Kelbra (1x)

Sowie in Stolberg die Anfahrt von:

- Schloss (16x)
- Bahnhof (8x)
- Parkplätze (5x)
- Friedhof (5x)
- Alle Eckpunkte der Stadt (4x)
- Markt (4x)
- Zechental (1x)
- Seniorenheim (1x)

## 8.5 Allgemeine Zukunft automatisierter Shuttlebusse

Im letzten Abschnitt wurden Aussagen zur allgemeinen Zukunft automatisierter Shuttlebusse bewertet. Bei Betrachtung der ausgewerteten Ergebnisse ist auffällig, dass 68% der Antwortenden den Einsatz eines Shuttlebusses als nützlich empfinden. Außerdem ist für 64% die Umweltfreundlichkeit solcher Fahrzeuge wichtig. 45% der Befragten würden den automatisierten Shuttlebus ohne Operator an Bord nutzen und 42% sind nur der Meinung, dass diese Technologie die Verkehrssicherheit erhöhen. Abbildung 36 zeigt, dass die Stichprobe der Haushaltsbefragung (blaue gestrichelte Linie) den vier Aussagen deutlicher weniger zustimmt als die Stichprobe der Nutzerbefragung (blaue durchgezogene Linie). Die Abweichung resultiert aus den Personen, die nicht mit dem Bus gefahren sind (grüne gestrichelte Linie).

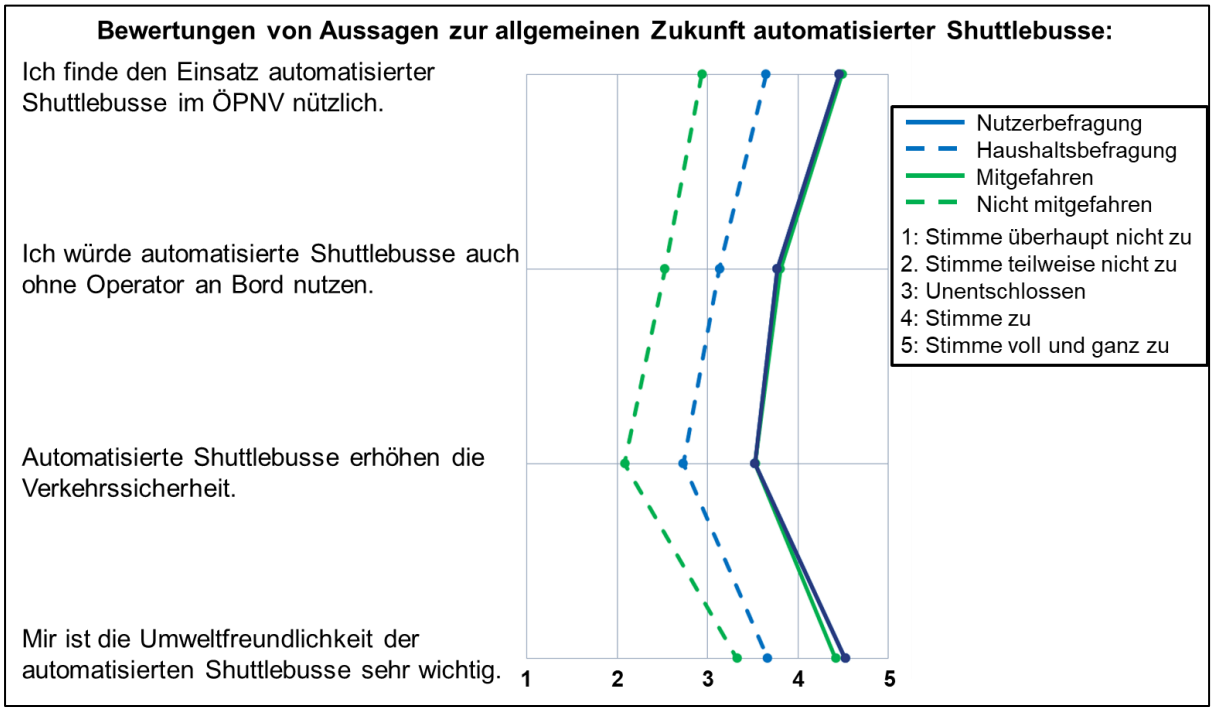


*Abbildung 36: Aussagen zur allgemeinen Zukunft automatisierter Shuttlebusse (Haushaltsbefragung)*

Darüber hinaus wurden weitere Aussagen bewertet, die nur textlich dargestellt werden:

- Es wäre interessant, einen automatisierten Shuttlebus auf Abruf zu bestellen (Zustimmung: 55%).
- Automatisierte Shuttlebusse können bald konventionelle Systeme ergänzen (Zustimmung: 48%).
- Autom. Shuttlebusse erhöhen die Mobilität für ältere Menschen (Zustimmung: 79%).
- Autom. Shuttlebusse erhöhen die Mobilität im ländlichen Raum (Zustimmung: 70%).
- Ich nutze den automatisierten Shuttlebus, wenn das Einzugsgebiet erweitert wird (Zustimmung: 58%).
- Der automatisierte Shuttlebus kann mein aktuelles Verkehrsmittel ersetzen (Zustimmung: 24%)
- Ich würde den automatisierten Shuttlebus im Alltag nutzen, wenn er Teil des ÖPNV ist (Zustimmung: 47%).
- Ich habe Angst vor Hacker-Angriffen auf das Fahrzeug (Zustimmung: 23%).
- Durch den automatisierten Shuttlebus kann der ÖPNV günstiger angeboten werden (Zustimmung: 47%).

Zum Abschluss wurden 65 Antworten im offenen Feedback abgegeben. Diese wurden zu folgenden Kategorien Zusammengefasst:

- Für Stolberg aufgrund von zu engen Straßen, häufigen Stopps bei Gegenverkehr, Behinderung des Verkehrs, begrenzter Kraft des Shuttles bei der Befahrung von Steigungen ungeeignet (46,2%),
- Gute Idee, mit Verbesserungspotenzial (13,8%)
- Einsatz auf anderen und erweiterbaren Strecken (13,8%)
- Geeignet für Ältere und Touristen (9,2%)
- Erhöhung der Geschwindigkeit (6,2%)
- Sonstiges (10,8%)

# 9. Fazit

Der Pilotbetrieb in Stolberg fand vom 27.06.2021 bis zum 30.11.2021 statt. Aufgrund zweier längerer technischer Ausfälle konnte nur an 55% der Tage gefahren werden. Dennoch sind über 2.000 Fahrgäste mit dem Thyra Floh befördert worden und über 1.400 km wurden unfallfrei zurückgelegt. Aufgrund der engen Straßen und parkenden Fahrzeuge war die Durchschnittsgeschwindigkeit relativ niedrig und die Operatoren mussten häufig eingreifen. Dennoch hat der Thyra Floh, die Herausforderungen auf der Pilotstrecke in Stolberg gut gemeistert. Die Ergebnisse im Pilotbetrieb zeigen, dass mit sinkender Außentemperatur der Batterieverbrauch deutlich steigt.

Die Ergebnisse der Nutzerbefragung zeigen, dass 85% der Fahrgäste mit der Fahrt im automatisierten Shuttlebus zufrieden bis sehr zufrieden waren. Der Durchschnitt war mit den Leistungsparametern Barrierefreiheit, Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit mindestens zufrieden. Lediglich die Geschwindigkeit und das Platzangebot wurden etwas schlechter bewertet. Trotz der sehr anspruchsvollen Strecke ist das Sicherheitsempfinden an Bord des Shuttlebusses ausgesprochen groß. Es ist jedoch wahrscheinlich, dass dieses Sicherheitsempfinden mit der eher langsamen Geschwindigkeit des Shuttlebusses zusammenhängt. Auch die Begleitperson, welche bei Hindernissen manuell eingreift, erhöht das Sicherheitsgefühl bei den Fahrgästen. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit früheren Studien. Die Frage nach der dauerhaften Fortführung des Pilotbetriebs stieß auf große Zustimmung (76%), wenngleich auch eine Reihe von notwendigen Voraussetzungen für das Fahrzeug und die Infrastruktur genannt wurden. Insgesamt besteht eine große Akzeptanz für diese neue Technologie, denn die Mehrheit von 87% hält den Einsatz von automatisierten Shuttlebussen in Zukunft für sinnvoll und begrüßt die Umweltfreundlichkeit der Fahrzeuge. Ob die Fahrgäste das Fahrzeug letztlich auch ohne Operator ab Bord fahren und sich sicher fühlen würden, muss in weiteren Pilotbetrieben ohne Operator an Bord getestet werden. Eine genaue Aussage dazu kann im Vorfeld nicht getroffen werden.

Die Haushaltsbefragung hat gezeigt, dass die Mehrheit der Anwohner*innen mit der persönlichen Mobilität zwar zufrieden sind aber das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln in Stolberg verbesserungswürdig ist. Die meisten Bürger*innen haben ein eigenes Auto und nutzen dies regelmäßig. Darüber hinaus stagniert der Verkehrsfluss in der Stadt zu Spitzenzeiten, weil zu viele Fahrzeuge durch die Stadt fahren und zu viele Fahrzeuge länger als erlaubt in Parkverbotszonen abgestellt werden. Aus diesem Grund wünschen sich viele Bürgerinnen und Bürger, dass das Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln in Stolberg in Zukunft ausgebaut wird. Bevorzugt wird dabei aber die Nutzung eines automatisierten Schienenverkehrs oder eines herkömmlichen Kleinbusses. Ein automatisierter Shuttlebus mit dem jetzigen Stand der Technik kommt dabei nur für 41% in Frage. Die Ergebnisse zeigen auch, dass die Anwohner*innen dem Einsatz von automatisierten Shuttlebussen grundsätzlich positiv gegenüberstehen und diese Fahrzeuge als nützlich empfinden, da Sie Umweltfreundlich sind und die Mobilität für ältere Menschen erhöhen. Allerdings wird der Einsatz in Stolberg beim derzeitigen Stand der Technik kritisch gesehen. Dies spiegelt sich unter anderem darin wider, dass die Leistungsparameter des Shuttlebusses etwas schwächer bewertet wurde als bei Nutzerbefragung. Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von anderen Strecken für einen zukünftigen Betrieb vorgeschlagen.

Abschließend lässt sich sagen, dass diese Ergebnisse von den örtlichen Gegebenheiten und der Tatsache abhängen, dass viele Anwohner*innen den automatisierten Shuttlebus nicht ge-

nutzt haben. Dennoch lässt sich aus diesen Ergebnissen ableiten, dass beim zukünftigen Einsatz von automatisierten Shuttlebussen sowohl die Nutzer als auch die Anwohner*innen einbezogen werden müssen und ein echter Nutzen für diese Zielgruppen erkennbar sein muss. Dies gilt nicht nur für Stolberg, sondern auch für andere Einsatzszenarien.