

MyWay

Grundlagen zur Erweiterung von Mobilitäts-Apps um
personalisiertes Routing für Personen mit
Diversitätsmerkmalen

Abschlussbericht

Kerstin Stark¹, Ariane Kehlbacher¹, Julia Schuppan¹, Estefania Munoz
Diaz-Ropero²

¹DLR Institut für Verkehrsforschung, Berlin

²DLR Institut für Kommunikation und Navigation, Weßling

29. November 2023



MyWay

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
1 Zusammenfassung	5
2 Problemstellung	6
3 Struktur des Projekts und des Berichts	7
4 Stand der Forschung und Technik	8
5 Ziel 1: Adressierung der Wissenslücken zum Thema potenziell hinderlicher Merkmale für diverse Gruppen	9
6 Ziel 2: Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Hindernissen	13
6.1 Nutzer:innenbefragung	13
6.2 Datenanalyse	17
6.3 Ergebnisse	20
7 Ziel 3: Grundlagen zur Integration des Wissens in bestehende Mobilitäts-Apps	24
7.1 Analyse bestehender Mobilitäts-Apps	24
7.2 Grundlagen zur technischen Umsetzbarkeit der Hindernisprofile	27
7.3 Praktische, ethische und technische Überlegungen zur Implementierung von Hindernisprofilen	28
8 Schlussfolgerungen und Vergleich von geplanten und erzielten Ergebnissen	31
9 Hinderniskatalog: Hindernisse, Merkmale und Lösungsansätze	34
10 Literatur	40
Anhang A	42
A.1 Evaluation der Studie: Nutzen und Mittelverwendung	42
A.2 Geschätzte Effekte für alle Merkmal-Hindernis-Kombinationen	43

Abbildungsverzeichnis

3.1	Zeitlicher und inhaltlicher Ablauf des Projekts MyWay	8
6.1	Soziodemografischen Merkmale der Stichprobe	14
6.2	Stichprobe nach Haushaltsgröße und Online-Diensten	15
6.3	Verkehrsmittelnutzung nach permanenten und situativen Merkmalen	15
6.4	Posterior-Prediktiver-Check	21
6.5	Beispiel-Abbildung der Median-Odds-Ratios	22
6.6	Effektgrößen für alle signifikanten Merkmals- und Hinderniskombinationen .	23
7.1	Anwendungsfall für die Einbindung der Hindernisprofile in eine Mobilitäts-App	29

Tabellenverzeichnis

5.1	Potentielle Hindernisse aus Workshop-Ergebnissen, kategorisiert	11
5.2	Potentielle Hindernisse aus Workshop-Ergebnissen, kategorisiert (Fortsetzung)	12
6.1	Potentielle Hindernisse nach Kategorien	17
7.1	Mobilitäts-Apps: Ostdeutschland	25
7.2	Mobilitäts-Apps: Norddeutschland	25
7.3	Mobilitäts-Apps: Mittel- und Westdeutschland	26
7.4	Mobilitäts-Apps: Süddeutschland und Deutschland	26
9.1	Anforderungskatalog: Erreichbarkeit	35
9.2	Anforderungskatalog: Erreichbarkeit, Fortsetzung	36
9.3	Anforderungskatalog: Umfeld- und Haltestellengestaltung	37
9.4	Anforderungskatalog: Sicherheit	38
9.5	Anforderungskatalog: Orientierung und Informationen	39

1 Zusammenfassung

Problemstellung: Menschen haben unterschiedliche Merkmale, die sie permanent oder situationsbedingt in ihren Anforderungen an die Nutzung von Verkehrsmitteln und Mobilitätsdienste beeinflussen und für sie Hindernisse darstellen. In gängigen Mobilitäts-Apps wird diese Diversität noch zu wenig berücksichtigt. Zudem gibt es noch wenig Wissen dazu, welche Merkmale von Personen für welche Mobilitätshindernisse wie relevant sind. In dem Zusammenhang lässt sich von einer „diversity data gap“ sprechen. Das Projekt MyWay hat zum Ziel, Wissen zu schaffen und zu systematisieren, um eine Verbesserung der Mobilität von Menschen mit diversen permanenten und situationsbedingten Merkmalen im Rahmen von Mobilitäts-Apps zu ermöglichen.

Vorgehen: Mittels Literaturanalyse und einem Workshop mit Expert:innen wurden diversitätsrelevante Mobilitätshindernisse und Merkmale von Personen identifiziert. Auf Basis der Ergebnisse der Literaturanalyse und der Workshops wurde ein Erhebungsinstrument entworfen, das die Zusammenhänge von Merkmalen und Hindernissen im Zusammenhang mit Verkehrsmitteln und Infrastruktur quantifiziert und relevante Kombinationen von Hindernissen und Merkmalen – die Hindernisprofile – gebildet. Über zwei weitere Workshops mit dem Projektpraxispartner:innen sowie Teilnehmer:innen der Abschlussveranstaltung haben wir die technischen, praktischen und ethischen Voraussetzungen zur App-Integration der Hindernisprofile untersucht. Um unterschiedliche Nuancen der Betroffenheit von Hindernissen abbilden zu können, haben wir einen methodischen Ansatz einer Modellschätzung mittels eines Bayesschen Schätzverfahrens gewählt, mit dem wir die Wirkung und Stärke eines Hindernisses unterscheiden können, dass eine Route nicht genommen wird.

Erkenntnisse: Das Projekt MyWay konnte durch die systematische Verknüpfung von verschiedenen permanenten oder situationsbedingten Merkmalen mit verschiedenen Hindernissen, auf die Menschen auf dem Weg, beim Um- und Zusteigen stoßen, sowie durch die Priorisierung und Bestimmung der Schwere von Hindernissen Wissenslücken schließen. Einige Hindernisse können zum Abbruch oder zur Nichtdurchführbarkeit einer Reise führen und sind damit als schwerwiegend anzusehen. Es gibt aber auch die weniger gravierenden Hindernisse, die Aufmerksamkeit verdienen. Sie könnten auf lange Sicht die Attraktivität öffentlicher Verkehrsangebote und intermodaler Mobilität mindern und dazu führen, dass sich Reisende unwohl fühlen und deshalb die Nutzung von Bussen und Bahnen zu Gunsten des Autos vermeiden. Wie die Studie zeigen konnte, lassen sich unsere Hindernisprofile technisch, praktisch und unter Wahrung datenschutzrechtlicher Anforderungen in bestehende Apps integrieren. Herausforderungen bestehen vor allem in der Datenverfügbarkeit sowie in der Angebotsverfügbarkeit – wenn also die bestehenden Verkehrsmittel oder Verbindungen den Anforderungen der Reisenden nicht gerecht werden können.

2 Problemstellung

Menschen haben unterschiedliche Merkmale, die sie dauerhaft oder situationsbedingt in ihren Anforderungen an Verkehrsmittel und Mobilitätsdienste beeinflussen. In gängigen Mobilitäts-Apps wird diese Diversität noch zu wenig berücksichtigt. Es gibt allerdings noch wenig Wissen dazu, *welche* Merkmale von Personen für *welche* Hindernisse im Verkehr *wie* relevant sind. In dem Zusammenhang lässt sich von einer „diversity data gap“ sprechen, zu deren Adressierung das Projekt MyWay beiträgt. Als eine mögliche Folge dieser Wissenslücke lässt sich der Umstand verstehen, dass das bestehende öffentliche Verkehrsangebot viele Anforderungen diverser Personen noch nicht erfüllt. Unsere leitende Forschungsfrage ist, wie Mobilitäts-Apps gestaltet sein können, um besser die Bedürfnisse und Anforderungen diverser Personengruppen zu berücksichtigen. Dabei betrachten wir auch die Herausforderung, wie systematisches Wissen zu Hindernissen in Verbindung zu personenbezogenen Daten in Mobilitäts-Apps unter der Wahrung der Datensouveränität der Nutzer:innen genutzt werden kann. Den Diversitätsbegriff benutzen wir sowohl im wörtlichen Sinn, also in Bezug auf die Vielfältigkeit oder Unterschiedlichkeit der Bevölkerung, als auch zur Anknüpfung an die Debatte um Gender- bzw. Diversitäts-gerechte Stadt- und Verkehrsplanung, bei der die mangelhafte Berücksichtigung bestimmter sozialer Gruppen – etwa Care-Arbeitende, Kinder, Mobilitätseingeschränkte oder Migrant:innen – thematisiert wird [7, 10].

Ausgangspunkt der Studie waren Erkenntnisse aus anderen Projekten [11, 13, 14, 15], die sich mit der Entwicklung von Navigations- und Routinglösungen, der Bereitstellung von Daten bestehender Mobilitätsbarrieren sowie digitalen Produkten zur Orientierung für mobilitätseingeschränkte Personen befasst haben. Deutlich wird hier zum Beispiel die fehlende Möglichkeit, sich eine Wegeauskunft anzeigen zu lassen, die nach Einbruch der Dunkelheit unbeleuchtete Wege durch Parks vermeidet. Oder dass es zwar verschiedene Konfigurationsoptionen in Apps zur Wege- oder Verbindungsauskunft gibt, diese aber zu inakzeptablen Verbindungen führen, weil sie etwa eine deutlich längere Reisezeit aufweisen. Wir haben im Projekt MyWay untersucht, welche Hindernisse es für verschiedene Nutzer:innengruppen beim Unterwegssein im öffentlichen Raum und insbesondere bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel gibt, wie wichtig diese Hindernisse jeweils für verschiedene Gruppen sind und wie sich diese Informationen nutzen lassen könnten, um Mobilitäts-Apps zu verbessern.

Wir haben für die Studie verschiedene Mobilitäts-Apps darauf geprüft, welche Optionen sie für die Verbindungsauskunft anbieten und welche Verbindungen für verschiedene Testfälle, wie zum Beispiel verlängerte Umstiegszeiten oder der Bedingung eines barrierefreien Zugangs, ausgegeben werden. Insgesamt haben wir festgestellt, dass es zwei Seiten des Problems gibt: Einerseits mangelt es an geeigneten Einstelloptionen bei der Verbindungsabfrage, die die verschiedenen Anforderungen und möglichen Merkmale von Personen abbilden kön-

nen. Andererseits besteht ein Mangel bezüglich der Qualität und Anzahl der ausgegebenen Verbindungen, wenn existierende Einstelloptionen ausgewählt worden sind. Oftmals gibt es keine Treffer oder es werden nur wenig attraktive Verbindungen angezeigt.

Vor diesem Hintergrund zielt das Projekt MyWay darauf ab, Wissen zu schaffen und zu systematisieren, das zur Verbesserung der Mobilität von Menschen mit diversen permanenten und situativen Merkmalen im Rahmen von Routing- und Navigationsanwendungen (= Mobilitäts-Apps) genutzt werden kann. Dazu gehört erstens die Ermittlung der diversitätsrelevanten Merkmale und ihres Zusammenspiels mit infrastruktur- und verkehrsmittel-spezifischen Hindernissen. Zweitens sollen die systematischen Zusammenhänge zwischen situativen und permanenten Merkmalen und verschiedenen Hindernissen quantifiziert werden. Drittens soll untersucht werden, welche technischen Anforderungen es an die Implementierung der Erkenntnisse und der darauf basierenden sogenannten Hindernisprofile gibt sowie inwieweit die Implementierung in Mobilitäts-Apps unter praktischen, technischen und ethischen Gesichtspunkten geeignet und nützlich ist. Folgende Forschungsfragen sind Gegenstand des Projekts MyWay:

- Welche relevanten Hindernisse in Verkehr und Infrastruktur gibt es in Bezug auf unterschiedliche Merkmale von Personen?
- Wie stark sind die Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Hindernissen und was sind relevante Kombinationen von Merkmalen und Hindernissen – das heißt, welche „Hindernisprofile“ gibt es?
- Wie können Hindernisprofile unter Berücksichtigung von technischen, praktischen sowie ethischen Anforderungen in Mobilitäts-Apps integriert werden?

Das Projekt wurde federführend durch das Institut für Verkehrsforschung in Kooperation mit dem Institut für Kommunikation und Navigation am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR e.V.) durchgeführt. Unterstützt und begleitet wurde das Projekt in den verschiedenen Phasen durch die Verkehrsunternehmen Nahverkehrsservice Sachsen-Anhalt (NASA) GmbH, Mitteldeutscher Verkehrsverbund (MDV) GmbH und teilAuto - Mobility Center GmbH, durch die Stadt Leipzig sowie die Diversitätsexpertin und Beauftragte für Inklusion und Vielfalt am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung Dr. Ines Thronicker. Das Projekt wurde im Rahmen des mFUND des BMDV in der Förderrichtlinie 1 gefördert.

3 Struktur des Projekts und des Berichts

In Abbildung 3.1 ist der Aufbau des Projekts dargestellt. Zuerst wurden in AP1 mittels Literaturanalyse und einer Expert:innenbefragung diversitätsrelevante Datenlücken, Merkmale und Hindernisse für Mobilität identifiziert. Anschließend werden mittels quantitativer

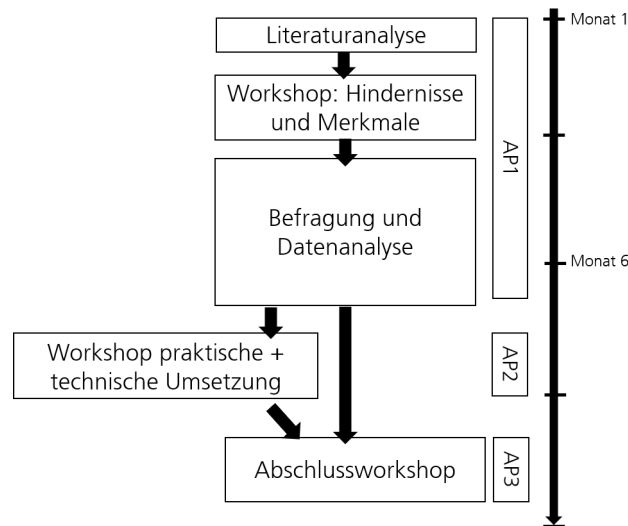


Abbildung 3.1: Zeitlicher und inhaltlicher Ablauf des Projekts MyWay

Befragung und Datenanalyse die jeweiligen Hindernisprofile abgeleitet. Im Rahmen eines Praxis-Workshops (AP2) wurden die technischen und praktischen Voraussetzungen zur App-Integration der aufgedeckten Hindernisse evaluiert. Im Abschlussworkshop (AP3) wurden die Ergebnisse hinsichtlich individueller, gesellschaftlicher und ökonomischer Aspekte bewertet.

Im Folgenden werden zunächst der Forschungs- und Technikstand skizziert und anschließend die Ergebnisse beschrieben. Das Projekt hatte drei Ziele. Die Ergebnisse und das Vorgehen werden in Bezug auf diese Ziele gegliedert präsentiert. Abschließend wird eine Zusammenfassung der Ergebnisse unter Berücksichtigung der Ziele gegeben und ein Fazit gezogen. Ergänzend werden als Handreichung für die Praxis die Erkenntnisse zu den Beziehungen zwischen Hindernissen und Merkmalen im "Hinderniskatalog" tabellarisch zusammengestellt und mögliche Lösungsansätze benannt. Im Anhang finden sich die Evaluation der Studie in Bezug auf Nutzung und Mittelverwendung sowie weitere Detailauswertungen der quantitativen Befragung.

4 Stand der Forschung und Technik

In der Forschung zum Thema Diversität und Gender in der Mobilität [12, 6, 2] besteht nach wie vor eine „gender data gap“ [8, 5, 17]. In der Mobilitätsforschung fehlen Daten zu den Anforderungen zum Beispiel von Frauen oder Personen mit Mobilitäts- oder anderen Einschränkungen. Mit der Feststellung einer „diversity data gap“ erweitern wir den Begriff auf alle diversen Gruppen, bei denen eine mangelnde Datenlage und Berücksichtigung in Mobilitätsangeboten und dazugehörigen Navigations- und Routing-Anwendungen besteht. Der Begriff schließt somit auch ethnische, sozio-ökonomische Hintergründe und Behinderungen mit ein. Bisherige Mobilitäts-Apps berücksichtigen nur selektiv diverse Anforderungen

und sie sind oft kleinteilig auf einzelne Mobilitätsangebote zugeschnitten. Apps wie Jelbi der Berliner Verkehrsbetriebe oder Google Maps sind bemüht, verschiedene Funktionen, Anbieter und Angebote zu integrieren. Immer mehr Apps aus dem öffentlichen Verkehrsbereich geben Informationen zur Barrierefreiheit. Aber es bleiben Leerstellen in Bezug auf die Berücksichtigung von Mobilitätsbedürfnissen und beim "Mitnehmen" oder dem Austausch dieser Bedürfnisse zwischen verschiedenen Mobilitäts-Apps, wie es in Form von Profilen geschehen könnte. Vor diesem Hintergrund untersuchen wir die Möglichkeit von "Hindernisprofilen", standardisierte Informationspakete über die für verschiedene Hindernisse im öffentlichen Raum und öffentlichen Verkehr relevanten Merkmale einer Person. Mobilitätsrelevante Bedürfnisse werden oft anhand von Verhaltensmustern ermittelt [16, 1]. Personen anhand ihres Verhaltens zu beschreiben hat allerdings Grenzen, da Routen, die nicht gemacht oder als suboptimal empfunden wurden, auf diese Weise nicht erfasst werden. In diesem Projekt werden deshalb psychometrische Daten zur Bewertung verschiedener psychologischer Merkmale und Fähigkeiten von Menschen im Zusammenhang zu Anforderungen und wahrgenommenen Hindernissen erhoben. Wir folgen damit Cheng und Chen [4], die mit Hilfe der Probabilistischen Testtheorie nach Rasch die Wahrnehmung verschiedener Nutzer:innen in Bezug auf die latenten Konstrukte wie Erreichbarkeit, Mobilität und Konnektivität im öffentlichen Verkehr messen. Eigenschaften von Personen wie zum Beispiel das Alter beeinflussen die Wahrnehmung der latenten Konstrukte. Der Ansatz ermöglicht die Identifizierung und Quantifizierung von sowohl personenbezogenen als auch anforderungsspezifischen Faktoren - in dieser Studie sind dies infrastruktur- und verkehrsmittelspezifische Hindernisse. Anforderungen von Personen, die bis jetzt beschwerlichere oder keine Wege gemacht haben, werden so also erfasst und der potentielle Nutzen für Mobilitätsanbieter, der durch die Umgehung oder Beseitigung entsprechender Hindernisse entsteht, kann ermittelt werden.

5 Ziel 1: Adressierung der Wissenslücken zum Thema potenziell hinderlicher Merkmale für diverse Gruppen

Zur Ermittlung relevanter potenziell hinderlicher Merkmale wurden eine Literaturanalyse und ein Workshop mit Expert:innen durchgeführt. Die Literaturanalyse diente der Sammlung des bestehenden Wissens zu den Themen Inklusion und Barrierefreiheit, Mobilitätsanforderungen bestimmter Nutzer:innengruppen, Nutzungsanforderungen an und Funktionen von Mobilitäts-Apps sowie gendersensible Verkehrsplanung. Der Wissensstand bildete die Grundlage für den Workshop, der sich auf bestehende Lücken und den weitergehenden Erkenntnisbedarf konzentrierte. Der Schwerpunkt der Literaturanalyse lag auf Studien und Berichten von Verbänden und Interessengruppen. Die Teilnehmer:innen des Workshops kamen überwiegend aus dem Kreis der assoziierten Praxispartner. Der Workshop-Ablauf bestand aus vier Schritten und jeweils gestellten Teilfragen. Er wurde als Online-Workshop umgesetzt und

es wurde auf einem kollaborativen digitalen Whiteboard gearbeitet. In einem ersten Schritt wurde gemeinsam eine Sammlung von Hindernissen von Infrastrukturen, Verkehrsangeboten und Mobilitäts-Apps angelegt sowie diskutiert. Anschließend wurden die gesammelten Punkte weiterbearbeitet in drei Runden, denen jeweils eine eigene Fragestellung zugrunde lag. Als Erstes wurden die Personenmerkmale ermittelt, die von den im ersten Schritt gesammelten Hindernissen betroffen sind. Darauf folgend wurden Zweitens Maßnahmen gesammelt, um Hindernisse abzubauen. Als Dritte Fragestellung wurde eine individuelle Bewertung der zusammengetragenen Hindernisse und betroffenen Gruppen bzw. deren Personenmerkmale in ihrer derzeitigen Berücksichtigung für Verkehrsmittel, Verkehrsinfrastrukturen und Mobilitäts-Apps vorgenommen.

Das Erkenntnisinteresse bestand darin, relevante dauerhafte und situative Personenmerkmale zu identifizieren, welche sich im Zusammenspiel mit typischen infrastruktur- und verkehrsmittelspezifischen Eigenschaften zu Hindernissen auswirken können. Die Ergebnisse dienten anschließend als Grundlage für die Befragung (siehe 6.1), bei der es um darum ging, die aufgedeckten Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Hindernissen zu quantifizieren. Im Zuge der Auswertung der Workshopergebnisse wurden im Hinblick auf die situativen und permanenten Merkmale fünf Oberkategorien gebildet, zu denen die in Klammern stehenden Merkmale jeweils zugeordnet wurden. Sie sind in Tabelle 5.1 dargestellt. Als relevant wurden die in Tabelle 5.2 dargestellten Hindernisse identifiziert, zusammengefasst in Kategorien.

Dimension	Merkmale
Situative Merkmale	<p>Fehlende Orientierung und Ortskenntnisse (den Weg nicht kennen, sich nicht auskennen, das Tarifsystem nicht kennen, sich nicht orientieren können)</p> <p>Unterwegssein in Begleitung (von Kindern, erwachsenen Menschen mit Sorge-Bedarf, von Hunden)</p> <p>Unterwegssein mit Gepäck, Geräten oder Mobilitätshilfen (mit Kinderwagen, Fahrrad, Rollator oder Koffern u.ä.)</p> <p>Fehlende Sprachkenntnisse</p> <p>Unsicherheit empfinden (an bestimmten Orten, bei Dunkelheit, an einsamen Haltestellen oder Plätzen)</p> <p>Die Reise erfordert mehrmaliges Umsteigen</p>
Permanente Merkmale	<p>Körperliche und kognitive Einschränkungen (Eingeschränktes Sehvermögen/ Sehbehinderung, kognitive Beeinträchtigung in Bezug auf Lesen und Verstehen von Informationen, kleine Körpergröße/-Höhe, stark übergewichtig, Mobilitätseinschränkung/ Gehbehinderung, Eingeschränktes Hörvermögen/Hörbehinderung)</p> <p>Gesundheitliche Vorbelastung (besondere Empfindlichkeit gegenüber Luftschadstoffen, erhöhtes Ansteckungsrisiko)</p> <p>(Finanziell bedingt) eingeschränkte Verkehrsmittelwahl (Keine Fahrerlaubnis, angewiesen sein auf kostengünstige Verkehrsmittel/Fahrkarten)</p> <p>Geringe Nutzungsfähigkeit von digitalen Angeboten (Verbindungssuche, Buchung etc.), (keine Nutzungsmöglichkeit oder Überforderung bei der Nutzung von digitalen Anwendungen, kein mobiles Internet)</p>

Tabelle 5.1: Potentielle Hindernisse aus Workshop-Ergebnissen, kategorisiert

Dimension	Hindernis
Eingeschränkter Reisekomfort	<ul style="list-style-type: none"> • Keine Sitzmöglichkeiten in Zügen oder an Haltestellen • fehlende Halte und Griffe in Zügen oder Bussen • keine Toiletten im Verkehrsmittel oder an Haltestellen • keine Möglichkeit zum Fahrkartenkauf
Geringe Kommunikationsqualität/Orientierung	<ul style="list-style-type: none"> • Das Preissystem muss sorgfältig studiert werden, um es zu verstehen • Lage der Haltestellen bzw. Umsteigeverbindungen sind schwer zu finden • fehlende Informationen über Weiterfahrtmöglichkeiten
Unterwegssein mit Gepäck, Geräten oder Mobilitätshilfen	<ul style="list-style-type: none"> • mit Kinderwagen, Fahrrad, Rollator oder Koffern u.ä.
Erfahrung	<ul style="list-style-type: none"> • mit Mangel an Erfahrung/ Erfahrung ist vorausgesetzt
Geringe Aufenthalts- und Umgebungsqualität	<ul style="list-style-type: none"> • viele Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln • die Luft auf Wegen oder an Haltestellen ist mit Abgasen belastet • es ist sehr laut auf Wegen, an Haltestellen und in Verkehrsmitteln • verschmutzte Verkehrsmittel oder Haltestellen • kein Schutz vor Witterung an Haltestellen oder auf Wegen
Erreichbarkeit/Barrierefreiheit (physisch und digital)	<ul style="list-style-type: none"> • Treppen, Rolltreppen • enge/schmale Gehwege • Toiletten sind nicht barrierefrei • Zugänge zu Bahnhöfen und Haltestellen/Rampen sind nicht barrierefrei • keine Hilfe beim Ein- und Aussteigen • keine taktilen Orientierungshilfen oder Leitsysteme • keine Sprachausgabe z.B. zu Abfahrten und Verspätungen • Handling zur Durchführung von Online-Buchungen kompliziert • Nutzung der Reiseauskunft auf dem Handy nicht barrierefrei
Mangel an Sicherheit/ Angsträume	<ul style="list-style-type: none"> • Auto- und Fußverkehr sind nicht klar voneinander getrennt • kein Fußgängerüberweg um Straße zu überqueren • schlecht beleuchtete Wege und Haltestellen • bedrohlich wirkende Personen in Verkehrsmitteln und an Haltestellen • keine/kaum Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln
Umstiege/ lange Fahrtzeit	<ul style="list-style-type: none"> • lange oder zu kurze Umstiegs- und Wartezeiten • die Reise erfordert mehrmaliges Umsteigen • fehlende Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln für Anschlussfahrt (Leihfahrräder, Carsharing, Taxi)

Tabelle 5.2: Potentielle Hindernisse aus Workshop-Ergebnissen, kategorisiert (Fortsetzung)

6 Ziel 2: Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Hindernissen

Aufbauend auf den Ergebnissen aus Ziel 1 wurde ein quantitative Erhebungsinstrument entwickelt. Sein Ziel war es zum einen die Zusammenhänge zwischen Hindernissen im Verkehr und Merkmalen von Personen zu identifizieren und zu quantifizieren und zum anderen relevante Kombinationen von Merkmalen und Hindernissen, sogenannte Hindernisprofile, zu identifizieren. Das Hindernisprofil einer Person besteht aus den Hindernissen, die für die Person aufgrund ihrer situativen und permanenten Merkmale das Risiko bergen, dass sie ihre Mobilität einschränken.

6.1 Nutzer:innenbefragung

Die Befragung wurde im Zeitraum Dezember 2022 bis Januar 2023 durchgeführt. Die Teilnahme an der Befragung wurde gezielt über Social-Media-Kanäle beworben, durch das direkte Anschreiben von Multiplikator:innen in diversitätsrelevanten Organisationen und Interessengruppen verbreitet sowie durch die MyWay-Praxispartner (Verkehrsunternehmen, die Stadt Leipzig) unterstützt. Dadurch sind Personen mit bestimmten diversitätsrelevanten Merkmalen in der Stichprobe im Vergleich zur Bevölkerung überrepräsentiert - was dem Ansinnen der Studie entspricht, auch gerade diese Gruppen bzw. Merkmalsträger:innen zu integrieren, um die Wechselwirkungen zwischen diesen Merkmalen und Mobilitätshindernissen abzubilden.

Insgesamt haben 1.019 Personen an der Befragung teilgenommen. Nach Bereinigung der Stichprobe um unvollständige Antworten verbleiben 817 Personen, deren Antworten im Folgenden analysiert werden. In den Abbildungen 6.1 und 6.2 ist die Zusammensetzung der Stichprobe in Bezug auf soziodemografische Merkmale und die Nutzung von Online-Diensten zur Reiseplanung und Verbindungsauskunft dargestellt. Es fällt auf, dass Personen aus Städten mit mehr als 500.000 Einwohner:innen stark überrepräsentiert sind, während Personen mit hohen monatlichen Haushaltseinkommen (7000 € und mehr) und ältere Personen unterrepräsentiert sind. Für die Datenanalyse in Kapitel 6.2 bedeutet dies, dass diese Merkmale als Variablen in das statistische Modell mit aufgenommen werden. Somit können Verzerrungen bei den Effekten der Hindernisse, die aufgrund eventueller systematischer Unterschiede in Bezug auf Einkommen, Alter und Siedlungsgröße entstehen, vermieden werden.

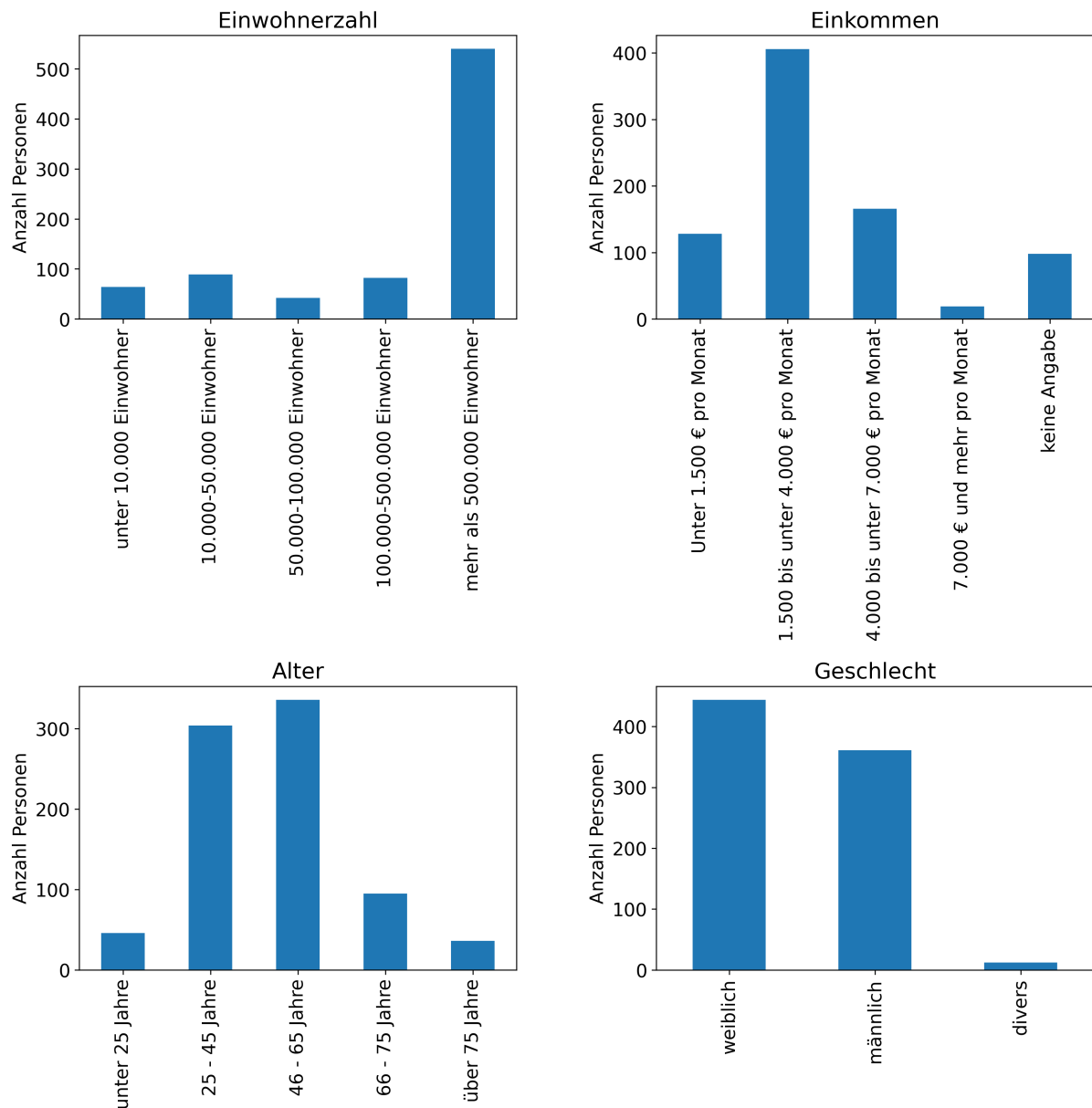


Abbildung 6.1: Verteilung der Stichprobe nach soziodemografischen Merkmalen (N=817)

Abbildung 6.3 zeigt die Verkehrsmittelnutzung nach permanenten und situativen Merkmalen. Die Verkehrsmittel des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), insbesondere Bus und S- und U-Bahn, werden am häufigsten genutzt, gefolgt von Auto und Fahrrad. Ersteres ist zum Teil der Tatsache geschuldet, dass viele der Studienteilnehmer:innen in dicht besiedelten Gebieten mit guter ÖPNV-Versorgung leben. Die Anzahl der Personen, die situative Merkmale angeben, fällt geringer aus, wobei das Mitführen von Gepäck und Fahrrädern am häufigsten genannt werden. Des Weiteren geben 12 von den insgesamt 48 Personen mit Hund an, Sehschwierigkeiten zu haben. Ob es sich hierbei um speziell ausgebildete Assistenzhunde handelt, kann nicht bestimmt werden.

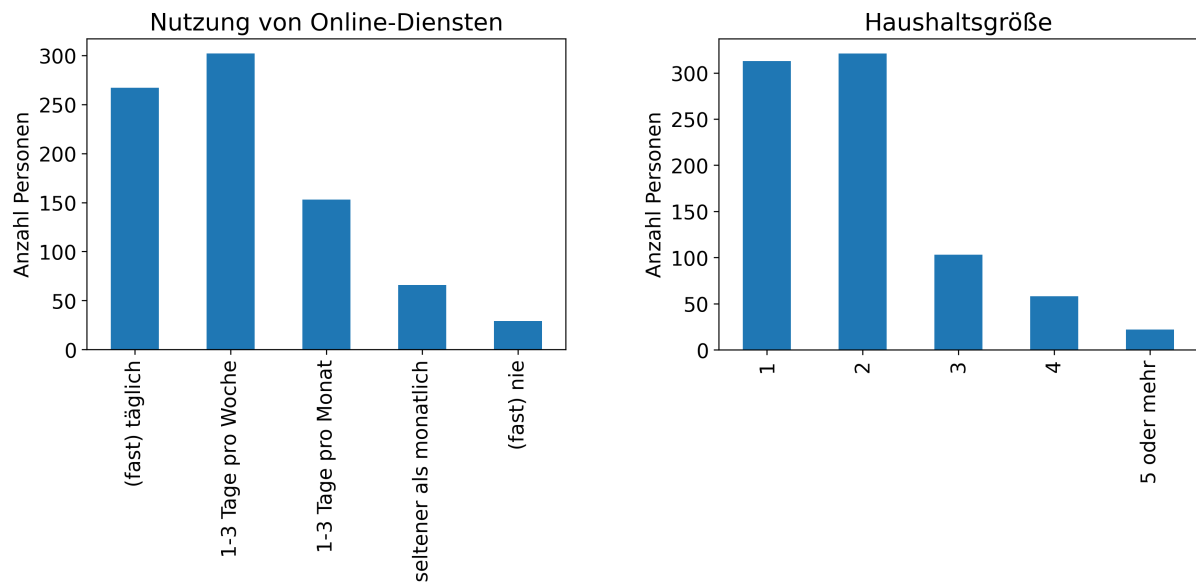


Abbildung 6.2: Verteilung der Stichprobe nach Haushaltsgröße und Nutzung von Online-Diensten zur Reiseplanung und Verbindungsauskunft (N=817)

	Bus	Regional & Fernzüge	Straßenbahn	S- und U-Bahn	E-Roller	Fahrrad	E-Bike Pedelec	Auto	Taxi andere Fahrdienste	Ruf- Bedarbusse	Mitfahr-gelegenheiten	Carsharing
Sehschwierigkeiten	22	14	12	18	1	9	4	13	5	2	0	1
Lernbehinderung	26	17	10	19	0	7	12	5	5	0	0	0
Gehbehinderung	25	11	12	19	1	7	3	14	5	2	0	0
Autismus	23	7	13	21	0	14	3	14	0	3	0	1
sehr groß	18	14	12	19	1	15	3	14	1	1	2	0
sehr klein	21	11	14	20	1	12	4	12	3	0	1	1
Übergewicht	24	12	10	21	2	8	3	13	2	2	0	1
Hörschwierigkeiten	23	12	12	19	1	12	5	12	3	0	0	2
deutsche Sprache	23	31	15	23	0	0	8	0	0	0	0	0
Geldmangel	22	11	13	19	1	15	3	11	2	1	0	2
Zeitmangel	17	12	14	17	1	16	3	16	2	1	0	1
schw. Orientierungssinn	21	11	15	18	1	9	2	15	4	2	0	2

(a) Permanente Merkmale

	Bus	Regional & Fernzüge	Straßenbahn	S- und U-Bahn	E-Roller	Fahrrad	E-Bike Pedelec	Auto	Taxi andere Fahrdienste	Ruf- Bedarbusse	Mitfahr-gelegenheiten	Carsharing
Kinder/-wagen	17	9	15	17	0	17	4	15	2	2	0	3
Hund	18	11	13	16	3	14	5	15	3	2	0	1
Gepäck	20	14	13	19	1	15	3	11	3	1	0	2
Fahrrad dabei	16	15	11	19	1	20	6	9	1	1	0	2

(b) Situative Merkmale

Abbildung 6.3: Verkehrsmittelnutzung nach permanenten und situativen Merkmalen. Die Farbschattierungen der Zellen nach der Anzahl der Personen mit entsprechendem Merkmal sind innerhalb einer Tabelle vergleichbar, aber nicht zwischen Tabellen. Dunklere Farben bedeuten höhere Werte, das heißt sie zeigen Kombinationen von Verkehrsmitteln und Merkmalen die in der Stichprobe häufig vorkommen.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen permanenten, situativen und soziodemografischen Merkmalen wurde nach dem wahrgenommenen Grad der Hinderlichkeit der Hindernisse gefragt. Relevante Hindernisse basieren auf den in Kapitel 5 dargestellten Ergebnissen des Expert:innenworkshops. Sie sind in Tabelle 6.1 aufgelistet und in fünf Dimensionen – Organisation, Ausstattung, Information, Umwelt, Infrastruktur – eingeteilt. Teilnehmer:innen wurden zu

den Hindernissen wie folgt gefragt: „Bewerten Sie die folgenden Umstände. Wie wahrscheinlich ist es, dass Sie die Reise nicht antreten bzw. abbrechen würden?“. Die Antwortoptionen waren „sehr unwahrscheinlich“, „unwahrscheinlich“, „weder/noch“, „wahrscheinlich“ und „sehr wahrscheinlich“.

Dimension	Hindernis
Organisation	<ul style="list-style-type: none"> zu lange Umstiegs- und Wartezeiten zu kurze Umstiegs- und Wartezeiten Keine Sitzmöglichkeiten im Fahrzeug Keine Sitzmöglichkeiten an Haltestellen Keine Hilfe beim Ein- und Aussteigen Die Reise erfordert mehrmaliges Umsteigen
Ausstattung	<ul style="list-style-type: none"> Fehlende Halte und Griffe in Zügen oder Bussen Schlechte beleuchtete Wege und Haltestellen Keine taktilen Orientierungshilfen oder Leitsysteme Keine Sprachausgabe z.B. zu Abfahrten und Verspätungen Lage der Haltestelle beim Umsteigen schwer zu finden.
Information	<ul style="list-style-type: none"> Das Preis bzw. Tarifsystem muss sorgfältig studiert werden, um es zu verstehen Durchführung von Online-Buchungen Nutzung der Reiseauskunft auf dem Handy Mir unbekannte oder neue Verkehrsmittel (z.B. E-Scooter, Carsharing) Fehlende Information über Weiterfahrtmöglichkeiten
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> Viele Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln Keine/kaum Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln Die Luft auf Wegen oder an Haltestellen ist mit Abgasen belastet. Es ist sehr laut auf Wegen, an Haltestellen und in Verkehrsmitteln. Kein Schutz vor Regen an Haltestellen oder auf Wegen Kein Schutz vor Sonne an Haltestellen oder auf Wegen Bedrohlich wirkende Personen in Verkehrsmitteln und an Haltestellen Verschmutzte Verkehrsmittel oder Haltestellen
Infrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> Treppen Rolltreppen keine Toiletten im Verkehrsmittel oder Haltestellen Toiletten sind nicht barrierefrei Zugänge zu Bahnhöfen und Haltestellen/Rampen sind nicht barrierefrei Auto- und Radverkehr sind nicht klar voneinander getrennt Enge/schmale Gehwege fehlende Verfügbarkeit von anderen Verkehrsmitteln (Leihfahrräder, Carsharing, Taxi) fehlende Möglichkeit zum Ticketerwerb kein Fußgängerüberweg um Straße zu überqueren

Tabelle 6.1: Potentielle Hindernisse gruppiert nach Kategorien basierend auf den Ergebnissen aus dem Expert:innen-Workshop

6.2 Datenanalyse

Die in Kapitel 6.1 beschriebenen Daten wurden mit dem Ziel analysiert, statistische Zusammenhänge zwischen den permanenten und situativen Merkmalen und den verschiedenen

tigen Hindernissen aus Tabelle 6.1 zu ermitteln. Konkret geht es dabei um die Analyse der Antworten zu den Fragen nach dem Grad der Hinderlichkeit. Wie in Kapitel 6.1 beschrieben, sind die Antworten zu diesen Fragen in Form einer fünfstufigen Likert-Skala, die von „sehr unwahrscheinlich“ (1), „unwahrscheinlich“ (2), „weder/noch“ (3), „wahrscheinlich“ (4) bis „sehr wahrscheinlich“ (5) rangiert. Die Antwortvariable zur Betrachtungseinheit i , y_i , hat somit $C = 5$ ordinale Kategorien mit der Dichtefunktion

$$y = \prod_{c=1}^C \psi_c^{I_c(y)} \quad (1)$$

wobei $I_c(y)$ eine Indikatorfunktion ist, die den Wert 1 annimmt, wenn $y = c$ und sonst 0. Das kumulative Modell nimmt die Existenz einer nicht beobachtbaren latenten Variable y^* an, die metrisch ist. Diese latente Variable kann als Grad der Hinderlichkeit interpretiert werden. Ihr Wert bestimmt relativ zu den zu schätzenden Schwellenwertparametern τ_c , welche der fünf Antwortkategorien eine Person in der Befragung angibt. Die Kategorisierung der latenten Variablen von Personen ist wie folgt definiert:

$$P(y = c) = F(\tau_c - \psi) - F(\tau_{c-1} - \psi) \quad (2)$$

wobei $F(\eta)$ die logistische Funktion $F(\eta) = \frac{\exp(\eta)}{1 + \exp(\eta)}$ ist und $\sum_{c=1}^C \psi_c = 1$ und der Vektor τ die $C - 1$ geordneten Schwellenwertparameter enthält. Letztere bestimmen, wann die beobachteten Antworten y_i von einer Kategorie in die Nächsthöhere wechseln. Der Parameter ψ setzt sich aus personen-, hindernis- und merkmalspezifischen Parametern zusammen:

$$\begin{aligned} \psi_{phm} &= \theta_p + \zeta_{hm[p]} + \beta X_p \\ \zeta_{hm} &= \alpha^h + \alpha^{h,m} \end{aligned} \quad (3)$$

wobei θ_p Person p 's Schwierigkeit die Reise durchzuführen ist, mit $p = 1, \dots, P$ und $P = 817$. Höhere Werte bedeuten, dass die Wahrscheinlichkeit, dass die Person an einem Hindernis scheitert, also ihre Reise nicht antritt bzw. abbricht, steigt. Parameter ζ_{hm} ist der Grad der Hinderlichkeit von Hindernis h der mit Merkmal m assoziiert ist, wobei $h = 1, \dots, H$ und $H = 34$. Höhere Werte bedeuten, dass die Wahrscheinlichkeit an Hindernisse h für Personen mit Merkmal m zu scheitern steigt, wobei $m[p]$ die Zuordnung von Person p zum permanenten oder situativen Merkmal m anzeigt. Der Vektor X enthält neben Konstanten auch Variablen, die für potentielle Unterschiede bei der Wahrscheinlichkeit an der Befragung teilzunehmen kontrollieren, und zwar Siedlungsgröße, Einkommen und Alter.

Die Parameter der in den Gleichungen (1), (2) und (3) beschriebenen Likelihood-Funktion werden mit Hilfe des Bayesschen Schätzverfahrens geschätzt [9]. Die Bayessche Statistik ist durch die konsequente Verwendung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen beziehungs-

weise Randverteilungen charakterisiert, deren Form die Verlässlichkeit der Daten und des Verfahrens anzeigt. Den Modellparametern wird ein Raum möglicher Werte in Form von sogenannten A-priori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen zugewiesen. Diese werden dann unter der Verwendung der Bayes'-Regel, mit der Information aus den Daten in Form der Likelihood-Funktion kombiniert. Die daraus resultierende gesamte A-posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilung (joint posterior distribution) quantifiziert die Unsicherheit der Modellparameterwerte, nach Berücksichtigung der Daten. Die A-priori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind wie folgt spezifiziert

$$\begin{aligned}
\theta_p &\sim N(0, \sigma_p) \\
\sigma_p &\sim \text{Student-t}^+(3, 0, 1) \\
\alpha_h &\sim N(0, \sigma_h) \\
\sigma_h &\sim \text{Student-t}^+(3, 0, 1) \\
\alpha_{h,m} &\sim N(0, \sigma_m) \quad \forall m \in \{1, \dots, M\}, h \in \{1, \dots, H\} \\
\sigma_m &\sim \text{Student-t}^+(3, 0, 1) \quad \forall m \in \{1, \dots, M\} \\
\beta &\sim N(0, 5) \\
\tau_c &\sim N(0, 5) \quad \forall c \in \{1, \dots, C - 1\}
\end{aligned} \tag{4}$$

wobei es $M = 16$ Merkmale und $H = 34$ Hindernisse, wie in Tabelle 6.1 dargestellt, gibt. Die hindernis-spezifischen Effekte α_h und die merkmalspezifischen Effekte für jedes Hindernis $\alpha_{h,m}$, sind jeweils normalverteilt mit Standardabweichungsparametern σ_h und $\sigma_1, \dots, \sigma_M$. Die personenspezifischen Parameter θ_p sind a-priori normalverteilt mit Standardabweichungsparameter σ_p . Alle werden mit Hilfe der Daten geschätzt wobei ihre A-priori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen jeweils eine positiv trunkierte Student-t-Verteilung ist. Diese hat breitere Ausläufer (fatter tails) als die Normalverteilung und ist somit weniger restriktiv in Bezug auf extremere Werte als eine Normalverteilung. Diese hierarchische Spezifizierung der personenspezifischen Parameter θ_p , der hindernisspezifischen Effekte α_h und der merkmalspezifischen Effekte für jedes Hindernis $\alpha_{h,m}$ ist effizient, weil bei der Schätzung der jeweils individuellen Parameter (für Personen, Hindernisse und Merkmale) die Information aus den Daten über die jeweils anderen Einheiten berücksichtigt wird, dadurch, dass sie sich jeweils den Standardabweichungsparameter teilen. Dieser Prozess erhöht die Präzision der geschätzten gruppen-spezifischen Parameter und nennt sich in der Statistik shrinkage oder regularisation. Ein besonderer Vorteil der Bayesschen Statistik in diesem Fall ist, dass jeweils die Unsicherheiten über die Parametergröße des Standardabweichungsparameters bei der Schätzung der individuellen Parameter berücksichtigt wird. Für die Parameter β und die Schwellenwertparameter τ_c werden jeweils A-priori-Normalverteilungen mit großer Varianz angenommen, so dass bei der Schätzung der Parameter, die Information aus der Likelihood und damit aus den Daten überwiegt.

Das Simulieren der A-posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Parameter geschieht durch Markow-Ketten-Monte-Carlo-Methoden. Dabei handelt es sich um Methoden, die besonders gut geeignet sind, um Ziehungen aus komplizierten, mehrdimensionalen Verteilungen zu simulieren. Die probabilistische Programmiersprache Stan und das R-Paket brms [3] in der Version 2.18.0 werden hierzu verwendet. Jeder Parameter wird jeweils mit vier unabhängigen Markow-Ketten und 7.000 Iterationen geschätzt, wobei die ersten 4.000 Iterationen als „burn-in“ verworfen werden. Damit stehen für jeden Parameter die simulierten Werte von 4 Ketten mit jeweils 3.000 Iterationen, also insgesamt 12.000 Iterationen, zur Verfügung, um dessen A-posteriori-Verteilung zu beschreiben. Die Konvergenz der Markow-Ketten auf einen Gleichgewichtswert wird überprüft, indem der sogenannte potential scale reduction factor (Rhat) berechnet wird. Er berechnet sich aus dem Verhältnis der durchschnittlichen Varianz der simulierten Werte eines Parameters innerhalb einer Markow-Kette zur Varianz aller simulierten Werte über alle Ketten hinweg. Ein Faktor von 1 bedeutet, dass die vier Markow-Ketten konvergiert sind, da ihre simulierten Werte für einen gegebenen Parameter sich sehr ähnlich sind. Um zu prüfen, wie zuverlässig ein Parameter geschätzt wurde, wird die von Autokorrelation bereinigte Anzahl der simulierten Werte in der Hauptmasse (bulk effective sample size, Bulk-ESS) und in den Ausläufern (tail effective sample size, Tail-ESS) der A-posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Parameter berechnet, wobei hohe Werte eine hohe Zuverlässigkeit bedeuten. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Schätzung des oben beschriebenen Modells präsentiert.

6.3 Ergebnisse

Die Passung des in Kapitel 6.2 dargestellten Modells zu den Daten wird anhand eines Vergleichs der empirischen Größe, y mit der unter dem Modell erwarteten Verteilung dieser Größe y_{rep} bewertet. Das Ergebnis dieses sogenannten Posterior-Prediktiven-Checks ist in Abbildung 6.4 dargestellt. Sie zeigt, dass die erwarteten Werte den beobachteten Werten eng folgen, was ein Zeichen dafür ist, dass das Modell gut zu den Daten passt.

Die geschätzten hindernis- und merkmalspezifischen Effekte sind in den Abbildungen im Anhang A dargestellt. Die geschätzten Effekte quantifizieren den statistischen Zusammenhang zwischen jeweils einem Hindernis und den permanenten und situativen Merkmalen. Die Stärke des Zusammenhangs wird durch das Odds-Ratio (OR) gemessen. Odds-Ratio-Werte von über 1 sind von Interesse, weil sie anzeigen, welche Hindernisse für welche Merkmale relevant sind. Dabei ist zu beachten, dass ein statistisch signifikanter Effekt nur besteht, wenn das 90%-Unsicherheitsintervall (in orange) den Wert 1 (blaue vertikale Linie) nicht berührt. Nur dann gibt es genügend Hinweise dafür, dass ein Merkmal die Wahrscheinlichkeit dafür steigert, dass die Route nicht genutzt wird. Gleichzeitig ist zu beachten, dass ein si-

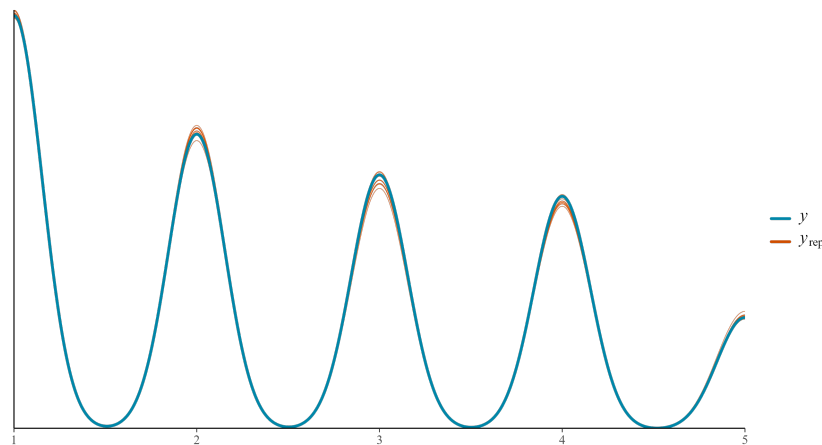


Abbildung 6.4: Posterior-Prediktiver-Check mit 10 Ziehungen aus den A-Posteriori-Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Parameter mit denen die erwarteten Werte y_{rep} (in orange) generiert und mit den Daten y (in blau) verglichen werden.

gnifikanter statistischer Zusammenhang nicht bedeutet, dass es sich im realen Leben um einen echten Zusammenhang zwischen Merkmalen und Hindernissen handelt. Es kann sich auch um eine zufällige Korrelation der beiden Variablen handeln. Umgekehrt bedeutet das fehlende Auffinden von statistisch signifikanten Zusammenhängen (Nulleffekten) in unseren Daten nicht, dass kein Zusammenhang im realen Leben besteht.

Die Zusammenhänge zwischen den situativen Merkmalen (Kinder/-wage, Hund, Gepäck, Fahrrad) und den Hindernissen sind schwach. Eine Erklärung hierfür ist, dass in der Erhebung nur das häufige oder sehr häufige Vorhandensein dieser Merkmale abgefragt wurde. Das heißt beim Beantworten der Fragen zu der Hinderlichkeit der Hindernisse berücksichtigen viele Teilnehmer:innen nicht, dass auch sie z.B. öfter mit Gepäck reisen, weil sie, anders als bei den permanenten Merkmalen, nur manchmal von den damit einhergehenden Einschränkungen betroffen sind.

Die in Abbildung 6.5 dargestellten Ergebnisse zeigen beispielhaft das Risiko (also das Odd-Ratio) dass Personen eine Route nicht nutzen, wenn auf dem Weg der Auto- und Radverkehr nicht klar voneinander getrennt sind. Die Anordnung der situativen und permanenten Merkmale auf der Y-Achse erfolgt nach der Effektgröße von groß nach klein. Um die Hinderlichkeit eines Merkmals einschätzen zu können, ist es wichtig, seine Größe im Vergleich zu allen anderen Merkmal-Hindernis-Kombinationen zu betrachten. Als Beispiel, für Personen mit Gehbehinderung ist das Risiko 1,7 mal größer, dass die Route nicht genutzt wird wenn dieses Hindernis vorliegt, als bei Personen, die keine Gehbehinderung haben.

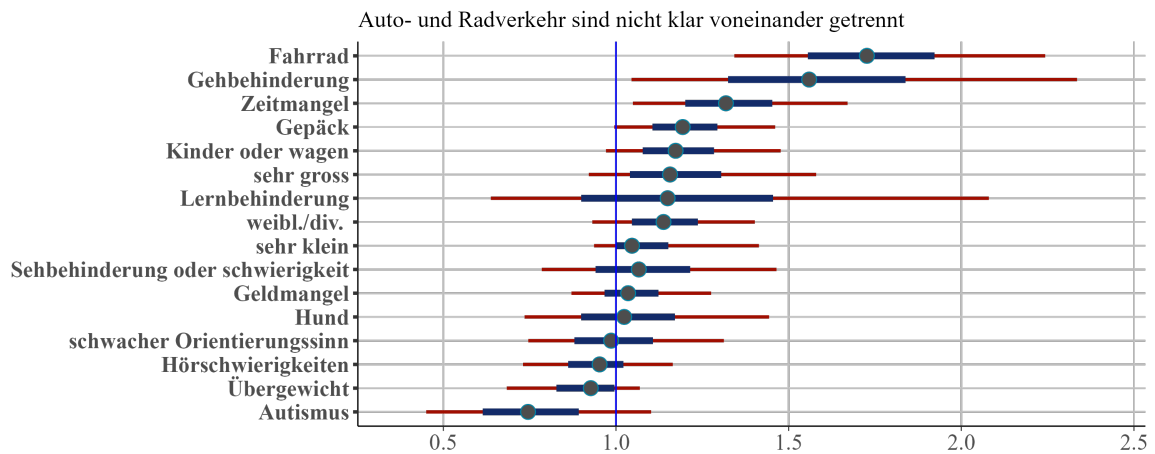


Abbildung 6.5: Beispiel-Abbildung der Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Auto- und Radverkehr nicht klar voneinander getrennt sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

Zusammenfassend sind in Abbildung 6.6 alle statistisch signifikanten Effektgrößen für alle Merkmals- und Hinderniskombinationen dargestellt. Die entsprechende kontextabhängige Einordnung der hier präsentierten Ergebnisse findet in Abschnitt 9 statt.

		Wohlbefinden	Sichtbehinderung	Autismus	schr. klein	Hörsehvermögen	Zahnangel	starkes Orientierungsm	Kinderwagen	Hund	Gepäck	Fahrrad
Umstiege/ Fahrzeit	kurze Umstiegs- und Wartezeiten						1.79				1.26	
	lange Umstiegs- und Wartezeiten						1.82	1.37			1.34	
Reisekomfort	Reise erfordert mehrmaliges Umsteigen											1.36
	fehlende Verfügbarkeit von anderen Verkehrsmitteln (Leihfahrräder, Carsharing, Taxi)											
	Keine Sitzmöglichkeiten in Fahrzeugen		2.76									
	Keine Sitzmöglichkeiten an Haltestellen		3.67									
Sicherheit	Fehlende Halte und Griffe in Zügen oder Bussen		2.48									
	Keine Toiletten im Verkehrsmittel oder an Haltestellen		1.8									
	Keine Möglichkeit zum Fahrkartkauf						1.28					
Kommunikation/ Orientierung	Das Preissystem muss sorgfältig studiert werden, um es zu verstehen.		1.64				1.31	1.74	1.4			
	Haltestellen sind beim Umsteigen schwer zu finden	1.94							1.52			
Erfahrung	Fehlende Information über Weiterfahrtmöglichkeiten	1.41							1.49			
	Unbekannte oder neue Verkehrsmittel (z.B. E-Scooter, Carsharing)	1.64										
Aufenthalts- und Umgebungs qualität	Überfüllte Wege, Haltestellen oder Verkehrsmittel		1.77									
	Die Luft auf Wegen oder an Haltestellen ist mit Abgasen belastet.								1.46			
Erreichbarkeit/ Barrierefreiheit (physisch und digital)	Es ist sehr laut auf Wegen an Haltestellen und in Verkehrsmitteln.								1.48			
	Verschmutzte Verkehrsmittel oder Haltestellen								1.38			
	Kein Schutz vor Sonne an Haltestellen oder auf Wegen								1.31			
	Kein Schutz vor Regen an Haltestellen oder auf Wegen								1.39			
Sicherheit	Treppen	1.15										
	Rolltreppen	1.28	2.86	4.07								
	Enge/schmale Gehwege		2.73									
	Toiletten sind nicht barrierefrei		5.65									
	Zugänge zu Bahnhöfen und Haltestellen/Rampen sind nicht barrierefrei		2.12	7.81								
	Keine Hilfe beim Ein- und Aussteigen	2.01	6.21									
	Keine taktischen Orientierungshilfen oder Leitsysteme	1.43	2.58	2.43								
Keine Sprachausgabe z. B. zu Abfahrten und Verspätungen	1.3	2.89	1.6									
Sicherheit	Durchführung von Online-Buchungen										1.41	
	Nutzung der Reiseauskunft auf dem Handy		2.92	1.63								
	Auto- und Fußverkehr sind nicht klar voneinander getrennt		1.61							1.33		
	kein Fußgängerüberweg um Straße zu überqueren	1.51	1.69							1.27		
	Schlecht beleuchtete Wege und Haltestellen	1.68	1.89							1.28		
Sicherheit	Bedrohlich wirkende Personen in Verkehrsmitteln und an Haltestellen	1.48								1.48		
	Keine/kaum Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln	1.45	1.57									

Abbildung 6.6: Effektgrößen für alle signifikanten Merkmals- und Hinderniskombinationen. Anmerkung: Aus praktischen Gründen wurden in der Befragung die situativen Merkmale Kinder/-wagen, Hund, Gepäck, Fahrrad nicht explizit im Zusammenhang mit den Hindernissen abgefragt.

7 Ziel 3: Grundlagen zur Integration des Wissens in bestehende Mobilitäts-Apps

Die Ergebnisse aus der Datenanalyse sollen für die Anwendung in bestehenden Mobilitäts-Apps unter Berücksichtigung von praktischen, technischen und ethischen Gesichtspunkten nutzbar gemacht werden. Daher haben wir uns in zwei Workshops mit Expert:innen und den Projektpraxispartner:innen mit den praktischen und technischen Voraussetzung einer Umsetzung in Mobilitäts-Apps auseinandergesetzt. Grundlage des Workshops bildeten die Ergebnisse der Befragung zu Hindernissen und permanenten und situativen Merkmalen. Leitfragen für die praktische und technische Umsetzung sind folgende:

- Wie praktikabel ist es, die identifizierten Hindernisse jeweils in bestehenden Apps zu berücksichtigen?
- Ist es erwünscht, Hindernisprofile zu erstellen, so dass eine Beziehung zwischen den Merkmalen der Nutzer:innen und Hindernissen hergestellt wird?
- Wie können Apps und verfügbare Verbindungsangebote verbessert werden, damit sie diverse Mobilitätsbedürfnisse erfüllen können?

Zur Adressierung der Fragestellung wurde zunächst eine Analyse der bestehenden Mobilitäts-Apps vorgenommen. Anschließend wurde ein Workshop mit Expert:innen im Bereich Mobilitäts-Apps durchgeführt sowie die Teilnehmer:innen der Abschlussveranstaltung dazu genutzt, diese Fragestellung zu untersuchen.

7.1 Analyse bestehender Mobilitäts-Apps

Allen größeren Verkehrsbetriebe von Städten und Regionen haben eigene Mobilitäts-Apps, die vorrangig regional genutzt werden. In den folgenden vier Tabellen wurden alle Apps nach bestehenden integrierten Einstellungen zur Anpassung der Routen- und Verbindungswahl nach individuellen Hindernissen verglichen. Es zeigt sich, dass keine der Apps alle Kriterien erfüllt. Zudem gibt es Kriterien wie z. B. die Einstellungen zur Barrierefreiheit (Sprachausgabe an Haltestellen sowie Orientierungshilfen), die in keiner der betrachteten Apps eingebunden sind.

Tabelle 7.1: Mobilitäts-Apps: Ostdeutschland: Berlin, Brandenburg, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen

Kriterien	BVG	Jelbi	MoovMe	VBB	INSA	VMT
Multimodal	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angabe/Einstellung zu Aufzug	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
Länge der gesamten Reise einstellbar	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben zur Fahrradmitnahme	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Treppenbereiche)	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Zugang zu Haltestellen/Fahrzeugen)	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Orientierungshilfen, Leitsysteme)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Sprachausgabe an Haltestellen)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Informationen zu Umstiegs- und Wartezeiten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsteigeanzahl einstellbar	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Angaben zur Auslastung der Verkehrsträger	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Routenbeschreibung von/zur Haltestelle	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angaben zur Verfügbarkeit alternativer Verkehrskonzepte (z.B. Carsharing)	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein
Fahrpreisauskunft	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Beleuchtung und Sicherheit (insb. nachts)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Tabelle 7.2: Mobilitäts-Apps: Norddeutschland: Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Hamburg, Bremen, Niedersachsen

Kriterien	NAH SH	HVV	HVV-Switch	FahrPlaner	MV fährt gut
Multimodal	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angabe/Einstellung zu Aufzug	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Länge der gesamten Reise einstellbar	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
Angaben zur Fahrradmitnahme	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Treppenbereiche)	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Zugang zu Haltestellen/Fahrzeugen)	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Orientierungshilfen, Leitsysteme)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Sprachausgabe an Haltestellen)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Informationen zu Umstiegs- und Wartezeiten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsteigeanzahl einstellbar	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Angaben zur Auslastung der Verkehrsträger	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Routenbeschreibung von/zur Haltestelle	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angaben zur Verfügbarkeit alternativer Verkehrskonzepte (z.B. Carsharing)	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
Fahrpreisauskunft	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
Beleuchtung und Sicherheit (insb. nachts)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Tabelle 7.3: Mobilitäts-Apps: Mittel- und Westdeutschland: NRW, Hessen, Rheinland-Pfalz, Saarland

Kriterien	Mobil.nrw	RMV	NVV-Mobil	VRR	Saarfahrplan
Multimodal	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angabe/Einstellung zu Aufzug	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Länge der gesamten Reise einstellbar	Ja	Ja	Nein	Ja	Nein
Angaben zur Fahrradmitnahme	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Treppenbereiche)	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Zugang zu Haltestellen/Fahrzeugen)	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Orientierungshilfen, Leitsysteme)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Sprachausgabe an Haltestellen)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Informationen zu Umstiegs- und Wartezeiten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsteigeanzahl einstellbar	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Angaben zur Auslastung der Verkehrsträger	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein
Routenbeschreibung von/zur Haltestelle	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Angaben zur Verfügbarkeit alternativer Verkehrskonzepte (z.B. Carsharing)	Ja	Nein	Nein	Ja	Nein
Fahrpreisauskunft	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Beleuchtung und Sicherheit (insb. nachts)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

Tabelle 7.4: Mobilitäts-Apps: Süddeutschland: Bayern, Baden-Württemberg, Deutschland gesamt

Kriterien	BWegt	BWeit	VVS	MVV	DB Navigator
Multimodal	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Angabe/Einstellung zu Aufzug	Nein	Nein	Ja	Ja	Nein
Länge der gesamten Reise einstellbar	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben zur Fahrradmitnahme	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Treppenbereiche)	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Zugang zu Haltestellen/Fahrzeugen)	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Orientierungshilfen, Leitsysteme)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Angaben/Einstellung zur Barrierefreiheit (Sprachausgabe an Haltestellen)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein
Informationen zu Umstiegs- und Wartezeiten	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Umsteigeanzahl einstellbar	Nein	Ja	Nein	Nein	Nein
Angaben zur Auslastung der Verkehrsträger	Nein	Nein	Ja	Nein	Ja
Routenbeschreibung von/zur Haltestelle	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja
Angaben zur Verfügbarkeit alternativer Verkehrskonzepte (z.B. Carsharing)	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein
Fahrpreisauskunft	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Beleuchtung und Sicherheit (insb. nachts)	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein

7.2 Grundlagen zur technischen Umsetzbarkeit der Hindernisprofile

Zu den technischen Anforderungen an die Integration der Studienergebnisse wurde ein Online-Workshop mit Expert:innen im Bereich Mobilitäts-Apps durchgeführt. Vertreten waren die MDV und NASA sowie ein Vertreter der Softwareentwicklung der Mobilitäts-App "Moovme". Anhand der Ergebnisse konnten vier Hindernisprofil-Schwerpunkte gebildet werden, die sich besonders für eine App-Integration eignen würden. Diese waren folgende:

Barrierefreiheit Konfigurationsoptionen z. B. zum Ausschluss von Treppen oder zur Angabe verlängerter Umsteigezeiten, oder Anzeige von defekten Aufzügen, wenn bereits vorhandene technische Möglichkeiten bestehen, weitere Hindernisse zu implementieren.

Umstiege/Fahrtzeit Umstiege und Wartezeiten sind bereits in Mobilitäts-Apps konfigurierbar, bisher aber wird die schnellste Verbindung nach Fahrtzeit zuerst angezeigt; d. h. Verbesserungspotenzial wird bei Priorisierung der Verbindung nach Kombination aus Umstiegen und schnellster Route gesehen.

Sicherheit Herausforderung, da es sich um eine subjektive Wahrnehmung handelt; zudem problematisch, Orte zu stigmatisieren, z. B. als "Bahnhof mit bedrohlichen Menschen"

Option: Sicherheitsrelevante Hindernisse werden in Form von Bewertungen berücksichtigt, die z. B. nach jeder Fahrt abgefragt werden, z. B. mit der Frage: "Wie sicher haben Sie sich gefühlt?". Die Antworten sind informativ für die Dienstleister und geben Fahrgästen die Möglichkeit, ihre Sorgen auszudrücken.

Reisekomfort und Aufenthalts- und Umgebungsqualität Prinzipiell sind Hindernisse in diesem Bereich integrierbar, aber Herausforderung bezüglich der Datenverfügbarkeit/-qualität, z. B. Erfassung und Darstellung der Fahrzeugauslastung oder Informationen.

In Bezug auf die Erstellung von Profilen, durch die eine Beziehung zwischen Nutzer:innenmerkmalen und Hindernissen hergestellt wird, bestehen aus datenschutzrechtlicher Sicht einige Herausforderungen. Apps können je nach Zustimmung der Nutzer:innen Nutzerdaten, Standortdaten, Zahlungsinformationen oder Verbindungen speichern, aber diese Daten werden bisher von Verkehrsunternehmen laut unserer Praxispartner, nicht zur Profilerstellung genutzt, sondern nur für die Verbindungsauskunft bzw. zu Abrechnungszwecken. Personenbezogene Daten bleiben demnach auf dem Smartphone und werden nicht zentral gespeichert.

7.3 Praktische, ethische und technische Überlegungen zur Implementierung von Hindernisprofilen

Aufbauend auf den im Workshop mit Praxispartner:innen und App-Entwickler:innen untersuchten Grundlagen für die technische Umsetzung der Studienergebnisse, wurden im Rahmen der Abschlussveranstaltung praktische, ethische und technische Überlegungen zur Implementierung von Hindernisprofilen angestellt. Vor dem Hintergrund der Vorstellung der bis dahin gewonnenen Ergebnisse erfolgte dies in zwei Arbeitsgruppen, einer zur Perspektive der Nutzer:innen und einer zur Perspektive der Mobilitätsanbieter. Die Leitfragen für die Arbeitsgruppen entsprechen im Wesentlichen den übergeordneten Leitfragen, die zu Beginn des Kapitels genannt wurden:

- Wie wird die Nützlichkeit eingeschätzt, weitere Hindernisse in Mobilitäts-Apps zu integrieren?
- Ist es erwünscht, Hindernisprofile zu erstellen, so dass eine Beziehung zwischen den Merkmalen der Nutzer:innen und Hindernissen hergestellt wird?
- Welche Schwierigkeiten/Nachteile hätte eine solche Lösung?
- Welche Voraussetzungen (z. B. Daten) müssten dafür geschaffen werden? (zusätzliche Frage für die Kleingruppe zur Perspektive der Mobilitätsanbieter)

Es nahmen 27 Personen an der Abschlussveranstaltung und damit an den Arbeitsgruppen teil, davon gehörten zwei Personen zum Moderationsteam (DialogWerke GmbH), drei gehörten zum Projektteam von VF. Das zuständige Ministerium (BMDV) sowie der Projektträger (VDI/VDE) waren jeweils vertreten. Die Teilnehmer:innen stammten aus den Bereichen Verkehrsunternehmen, Kommunen, Mobilitätsforschung und Politikberatung. Die Teilnehmer:innen wurden nach Präferenz den Kleingruppen zugeordnet. Wenn keine Präferenz vorlag, erfolgte die Zuordnung durch das Projektteam unter Berücksichtigung der Organisationszugehörigkeit (z. B. wurde eine Teilnehmerin aus dem DB-Konzern der Perspektive Mobilitätsanbieter zugeordnet).

Als Diskussionsgrundlage und zur Illustration, was mit den Ergebnissen aus dem Projekt MyWay möglich sein könnte, wurden im Rahmen der Präsentation im Plenum ein Anwendungsbeispiel sowie im Vergleich dazu eine beispielhafte Ist-Situation der User Experience mit einer aktuellen Mobilitäts-App vorgestellt.

Die Ergebnisse der beiden Perspektiven decken sich im Wesentlichen. Die Nützlichkeit der Berücksichtigung von Hindernissen in der Verbindungsauskunft sowie auch die Bildung von portablen Hindernisprofilen wird insgesamt positiv eingeschätzt. Es werden auch verschiedene Aspekte genannt, die bei der Entwicklung der Hindernisprofile beachtet werden müssten,

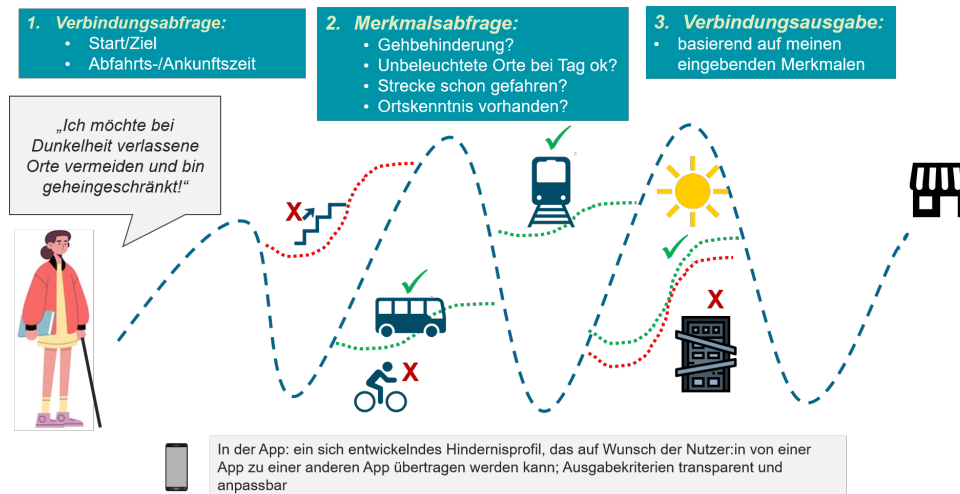


Abbildung 7.1: Beispiel-Anwendungsfall für die Einbindung der Hindernisprofile in eine Mobilitäts-App

einerseits aus technischer oder funktionaler Hinsicht, andererseits im Hinblick auf ethische Aspekte wie Datenschutz und Transparenz sowie Berücksichtigung der Auswirkungen der App auf die Nutzer:innen und die Gesellschaft. Als Herausforderung zu diesen ethischen Aspekten werden die Vermeidung von Stereotypen, Stigmatisierung und falschen Vorschlägen, die nicht korrigiert werden können, angesehen. Eine weitere Herausforderung wird in der Datengrundlage, d.h. der Datenverfügbarkeit, -pflege und -standardisierung gesehen.

Perspektive Mobilitätsanbieter

Die Integration der im Projekt identifizierten Hindernisse sowie weiterer Features und Konfigurationsmöglichkeiten in Mobilitäts-Apps im Vergleich zum aktuellen Angebot wird als nützlich eingeschätzt. Aus Sicht der Mobilitätsanbieter könnte damit auch die Kapazitätssteuerung für Betreiber verbessert werden. Als weitere Ergänzungen werden Hindernisse im Umfeld der Bahnhöfe und Haltestellen genannt, sowie das darauf hingewiesen werden könnte, wenn Verbindungen oder Stationen für manche Personengruppen eine Begleitperson erforderlich machen, z. B. weil sie die Überquerung einer autoverkehrsreichen Straße umfassen oder besonders unübersichtlich sind. Ergänzt werden sollten auch Hindernisse, die relevant für die Wahl des Verkehrsmittels sein können, wie etwa fehlende Parkmöglichkeiten für das eigene Auto. Für die Erstellung der Hindernisprofile sollten das Hindernis „stark überlastete Züge“ mit dem Merkmal „Reisen mit Kleinkindern“ in der Art verknüpft werden, dass solche Verbindungen nachrangig angezeigt werden. Auch weitergehende Informationen werden angeregt: Eine Reisebegleitung mit Echtzeitinformationen, inklusive Wegeleitung zur Orientierung und Informationen, wo Nutzer:innen Hilfestellung oder Hilfeleistungen in Anspruch nehmen können. Die Erstellung von Hindernisprofilen wird als sinnvoll erachtet. Im Vordergrund steht die Erhöhung der Nutzer:innenfreundlichkeit, da diese nicht bei jeder Fahrt alle Angaben neu machen müssten. Positiv wird auch gesehen, dass auf Basis der

Hindernisprofile bei Unregelmäßigkeiten oder Ersatzverkehren von der App Vorschläge zu geeigneten Verbindungen gemacht werden können, die z. B. auch barrierefrei sind oder die Möglichkeit zur Fahrradmitnahme beinhalten. Zur Umsetzung sind noch einige Fragen offen, wie zum Beispiel zur Erstellung des Profils, ob dazu eigene Angaben oder die Historie der Verbindungsdaten genutzt werden sollen. Eine Anregung ist, die nicht über einen Algorithmus zu erstellen, um den Anwender:innen mehr Kontrolle über ihr Profil zu geben. Nachteile oder Herausforderungen werden in Abhängigkeit der Umsetzung gesehen, wenn etwa fehlerhafte oder stereotype Profile erstellt, falsche Annahmen über die Kriterien und Bedürfnisse getroffen würden und die Profile dann nicht oder nicht leicht durch die Nutzer:innen korrigiert werden könnten. Als Anforderung ergibt sich daraus, dass die Bedingungen der Profilbildung und die resultierende Konfiguration transparent sein müssen, um fehlerhafte oder unerwünschte Vorgaben zu beheben und das Profil jederzeit den Bedarfen nach anpassen zu können. Eine weitere Herausforderung ist, dass die Bedürfnisse und Anforderungen der Nutzer:innen teilweise sehr spezifisch und individuell sind, sodass das Adressieren aller möglichen Zielgruppen schwierig und generalisierte Annahmen über Zusammenhänge zwischen Merkmalen und Hindernissen dann nicht zutreffen könnten. Schließlich stellen Datenverfügbarkeit und -qualität eine Herausforderung für die Integration der Ergebnisse dar. Die technische Umsetzung wird weniger als der limitierende Faktor gesehen als vielmehr die Datenpflege und die laufende Aktualisierung der hinterlegten Daten (z.B. zur Infrastruktur oder Ausstattung). Es werden mehr Daten in guter Qualität erforderlich sein, um eine Zunahme fehlerhafter Auskünfte zu vermeiden. Auch die Nutzerfreundlichkeit muss sichergestellt sein. Die Kommunikation zwischen App und Nutzer:in muss derart gestaltet sein, dass die Profileinstellungen leicht vorgenommen und verändert werden können, wenn der Bedarf sich verändert hat. Insgesamt muss das Nutzer:innen-Interface der App auch möglichst einfach in der Bedienung sein, sodass verschiedenste Nutzer:innengruppen Zugang finden. Vom Praxispartner wurde auf DELFI verwiesen, das Kooperationsnetzwerk aller Bundesländer und Verkehrsunternehmen, das die Grundlagen für länderübergreifende Reiseinformationen schafft. Auf DELFI (<https://www.delfi.de/>) wird bereits für die Reiseauskunft der NASA GmbH zurückgegriffen. Daraus lässt sich die Anregung ableiten, dass diese Plattform und ihre Möglichkeiten für Folgearbeiten zum Projekt näher betrachtet werden sollen.

Perspektive Nutzer:innen

Auch aus Sicht der Nutzer:innen wird die Integration weiterer Hindernisse in Mobilitäts-Apps, um die Routensuche diversitätssensibler zu gestalten, positiv gesehen. Zur Integration von Hindernissen wurde von Nutzer:innen die Frage der Standardisierung der Hindernisse benannt. Diese wird zum einen als Grundlage betrachtet, Hindernisse auch in andere Apps übertragen zu können – Stichwort „Interoperabilität“. Andererseits werden mit Blick auf ethische Aspekte Bedenken geäußert, dass eine Standardisierung das subjektive Empfinden nicht spiegelt und damit ein Hindernis in der App gegebenenfalls nicht als individuell relevant

eingestuft wird. Darüber hinaus wird die Gefahr gesehen, dass eine Standardisierung eine Stereotypisierung unterstützen könnte. Die Befragten sehen den Nutzen der Mobilitäts-App neben der individuellen Wegeplanung auch zum Aufzeigen von Diskriminierung und fehlende Routenangebote für die ÖPNV-Betreiber und Kommunen. Eine App mit Hindernisprofilen muss einfach zu bedienen sein, wenig komplex und solle zudem alternative Routen nicht ausblenden. Die Nutzer:innen befürworten es, Hindernisprofile nutzen zu können. Diese sollte jedoch zur Vermeidung von Stereotypisierung selbst angelegt, angepasst und gelöscht werden können. Das individuelle Anlegen mehrerer Profile sollte möglich sein. Mögliche Alternativen zur Nutzung weiterer Filteroptionen anstatt der Hindernisprofile wurden ebenfalls genannt. Die Behandlung personenbezogener Daten wird von den Befragten hoch priorisiert, eine zentrale Speicherung wird abgelehnt und es wird als potentieller Grund eingeschätzt, die App nicht zu nutzen. Der Vorteil der Profile wird hauptsächlich in der Mitnahme in andere Apps – Stichwort „Interoperabilität“ gesehen, die die bereits oben formulierten Gefahren einer Verstärkung bestehender Stereotype birgt. Risiko einer solchen Lösung ist aus Sicht der Befragten einerseits, dass durch eine pragmatische und datenbasierte Einschränkung auf wenige Hindernisse die Diversität nicht ausreichend erfasst wird. Andererseits wird durch eine Verknüpfung der Hindernisse mit Anforderungen befürchtet, Stereotype und Diskriminierung zu befördern. Auch gibt es Bedenken, durch eine zu komplexe Bedienung einen wenig attraktiven Service zu erhalten.

Über diese Fragen hinaus wurden Anforderungen an eine App formuliert, die aus Nutzer:innensicht als wünschenswert eingeschätzt werden, wie zum Beispiel ein sprachbasiertes Wegeleitsystem. Generell wird das Thema der fehlenden Daten benannt, die eine solche App nicht ermöglichen, das Image des ÖPNV weiter verschlechtern und als Grund gesehen werden, dass eine solche App nicht zustanden kommen könnte. Ein Vorschlag der Nutzer:innen erfolgte hinsichtlich einer Priorisierung der Abfragen. Es ist gewünscht, eine solche App als „lernendes System“ nach dem „Prinzip Spotify“ nutzen zu können.

8 Schlussfolgerungen und Vergleich von geplanten und erzielten Ergebnissen

Unsere Studie bestand aus verschiedenen Stufen der Datenerhebung. Mittels Literaturanalyse und einem Workshop mit Expert:innen haben wir zunächst diversitätsrelevante Hindernisse und Merkmale von Personen identifiziert. Aufbauend darauf haben wir mittels einer deutschlandweiten Befragung die Zusammenhänge von Merkmalen und Hindernissen bei Verkehrsmitteln und Verkehrsinfrastruktur quantifiziert und relevante Kombinationen von Hindernissen und Merkmalen – so genannte Hindernisprofile – gebildet. In zwei weiteren Workshops haben wir die technischen und praktischen Voraussetzungen zur App-Integration

der Hindernisprofile sowie gesellschaftliche und datenschutzrechtliche Fragen untersucht.

Wir konnten zeigen, dass die Merkmale von Menschen sehr vielfältig sind und verschiedene Hindernisse beim Unterwegssein nicht nur eine kleine Gruppe betreffen. Um diese unterschiedlichen Nuancen abbilden zu können, haben wir einen methodischen Ansatz gewählt, mit dem wir die Wirkung und Stärke eines Hindernisses unterscheiden können, also in welchem Maße das Hindernis damit einhergeht, dass eine Route nicht genommen wird.

Im Folgenden gehen wir auf die Erkenntnisse in Bezug auf die Forschungsfragen und Projektziele ein. Zunächst werden die verbundenen Fragen nach der Adressierung der Wissenslücken sowie nach der Ermittlung von Hindernisprofilen beantwortet.

„Diversity data gap“ spielt als Begriff auf das Fehlen von Daten zu den Anforderungen und Bedürfnissen von verschiedenen Gruppen von Menschen an, die nicht der vermeintlichen Norm entsprechen. Wir wollten beleuchten, welche unterschiedlichen - diversen - Merkmale es gibt, die Menschen in ihren Anforderungen an Verkehrsmittel und Mobilitätsdienste beeinflussen können. In gängigen Mobilitäts-Apps sowie in den Verkehrsangeboten, über die diese Apps Auskunft geben sollen, wird diese Diversität noch wenig berücksichtigt.

In unserer Studie konnten wir einige Wissenslücken schließen. Einerseits durch die systematische Verknüpfung von verschiedenen entweder permanenten oder situativen Merkmalen mit verschiedenen Hindernissen, auf die Menschen auf dem Weg oder beim Um- und Zusteigen stoßen. Situationsbedingt ist etwa, ein Kind im Kinderwagen oder ein Fahrrad mitzuführen, ein permanentes Merkmal wäre im Rollstuhl zu sitzen oder nicht gut sehen zu können. Die Verknüpfung aus Merkmalen und Hindernissen haben wir Hindernisprofile genannt.

Andererseits wurde eine Wissenslücke durch die Priorisierung der Hindernisse geschlossen. Denn es gibt mehr und weniger gravierende Hindernis-Merkmal-Kombinationen. Einige Hindernisse können zum Abbruch oder zur Nichtdurchführbarkeit einer Reise führen und sind damit als schwerwiegend anzusehen. Beispiele für besonders gravierende Hindernisse sind Treppen und nicht-barrierefreie Zugänge zu Bahnhöfen (siehe Tabelle 6.6. Zusätzlich gibt es Hindernisse, die mehr oder weniger viele Merkmale tangieren. Zum Beispiel wird ein schwer verständliches Preissystem von Personen mit Autismus, Geldmangel, Zeitmangel und schwachem Orientierungssinn als potentiell hinderlich wahrgenommen. Hindernisse, die besonders gravierend und/oder besonders viele Merkmale betreffen, sollten prioritär von Mobilitätsanbietern und Aufgabenträgern in den Blick genommen und beseitigt werden. Es gibt aber auch die weniger gravierenden Hindernisse, die Aufmerksamkeit verdienen. Sie könnten auf lange Sicht die Attraktivität öffentlicher Verkehrsangebote und intermodaler

Mobilität mindern und dazu führen, dass sich Reisende unwohl fühlen und deshalb wenn möglich die Nutzung von Bussen und Bahnen zu Gunsten des Autos vermeiden.

Darüber hinaus haben wir Datenlücken identifiziert, die geschlossen werden müssen, damit die von uns erkannten Hindernisse bei der Verbindungsauskunft berücksichtigt werden können, insbesondere in Bezug auf Umgebungsinformationen wie der Beschaffenheit von Bushaltestellen oder die Beleuchtung von Wegen. Eine Auskunft zur Barrierefreiheit, bei der etwa der Ausschluss von Treppen oder die Anzeige von defekten Aufzügen erfolgt, ist bereits in vielen Apps möglich. Hier gibt es weniger einen Informationsmangel als einen Mangel an passenden barrierefreien Verbindungsangeboten.

Bezüglich der dritten Frage nach der Umsetzbarkeit der Hindernisprofile konnten wir zeigen, dass die Ergebnisse grundsätzlich geeignet sind, um in bestehende Apps integriert zu werden. Herausforderungen bestehen vor allem in der Datenverfügbarkeit sowie in der Angebotsverfügbarkeit – wenn also die bestehenden Verkehrsmittel oder Verbindungen den Anforderungen der Reisenden nicht gerecht werden können.

Wie wir bestätigen konnten, haben bestehende Mobilitäts-Apps Verbesserungspotenzial. Insbesondere könnten sie mehr Daten zu mehr Hindernissen berücksichtigen und diese Information mit Verbindungen und Verkehrsmitteln verknüpfen.

Was nicht durch eine Verbesserung der App bzw. der Verbindungsauskunft gelöst werden kann, ist allerdings das mangelnde hindernisfreie Verbindungsangebot. Schon mit den bereits verfügbaren Konfigurationsoptionen in Mobilitäts-Apps ergeben viele Abfragen keine Treffer oder nur wenig attraktive Verbindungsangebote (z. B. sehr lange Fahrtzeiten).

Nichtsdestotrotz gehen wir vor dem Hintergrund der Studienerkenntnisse davon aus, dass Mobilitäts-Apps verbessert werden würden, wenn sie portable Hindernisprofile von Nutzer:innen integrieren können. Portabel insofern, dass einmal angelegte Profile App-übergreifend genutzt werden können und damit in einem austauschbaren Datenformat vorliegen. Welche konkreten Anforderungen sich an Datenformat und -Schnittstellen ergeben, muss in einem Nachfolgeprojekt beantwortet werden.

In dieser explorativen Machbarkeitsstudie wurden dafür die Grundlagen geschaffen und eine grundsätzliche Machbarkeit sowie Nützlichkeit festgestellt. Bei der Entwicklung solcher Hindernisprofile sollte schwerpunktmäßig mit Blick auf ethische Aspekte vermieden werden, dass sie missbraucht werden können und es muss sichergestellt werden, dass sie die Mobilität von Menschen optimal unterstützen, ohne dabei die Prinzipien von Datenschutz und Datensouveränität zu verletzen. Es sollte vermieden werden, dass die für eine Person

ermittelten Hindernisprofile Stereotypen reproduzieren oder suboptimale Mobilitätsroutinen verstetigen. Die Nutzer:innen sollten transparent, schnell und einfach Einblick in die den Hindernisprofilen zugrundeliegenden Einstellungen nehmen sowie diese anpassen und ändern können. In dem Zusammenhang regen wir an, nicht von Personengruppen oder -profilen, sondern von Merkmalsgruppen und Merkmals-Hinderniskombinationen bzw. Hindernisprofilen zu sprechen. Dahinter steht die Überlegung, dass Personen zahlreiche Merkmale aufweisen, die je nach Reisezweck und Hindernis unterschiedlich relevant sind. Die Ermittlung, wie diese Anforderungen ethischer Aspekte im Spannungsfeld aus Nutzungsfreundlichkeit, Transparenz und umfassender Informationsbereitstellung bestmöglich umgesetzt werden können, war Gegenstand der Studie und soll in weiterführenden Studien vertieft werden.

Zum Ausblick lässt sich sagen, dass wir mit einigen der Praxispartner, mit denen wir in der Studie zusammengearbeitet haben, ein Anschlussprojekt planen, bei dem wir exemplarisch für eine Mobilitäts-App unsere Hindernisprofile integrieren und erproben wollen, inwieweit dies zu einer Verbesserung aus Sicht der Nutzer:innen führt und welche technischen oder datenbezogenen Anforderungen sich ergeben. Dabei werden wir prüfen, inwieweit wir dafür auf das Kooperationsnetzwerk für länderübergreifende Fahrgastinformationen der Bundesländer und Verkehrsunternehmen DELFI aufbauen können.

9 Hinderniskatalog: Hindernisse, Merkmale und Lösungsansätze

Im Folgenden stellen wir auf Grundlage der Ergebnisse der empirischen Datenanalyse eine Auswahl der wichtigsten Hindernisse in Verbindung mit den jeweils relevanten Merkmalen von Personen, der Handlungsrelevanz sowie mit möglichen Lösungen zur Minderung des Hindernisses dar. Die Wichtigkeit eines Hindernisses bestimmt sich dadurch, dass es entweder für eine Merkmalsgruppe schwerwiegend oder für mindestens zwei Merkmalsgruppen besteht. Die Hindernisse sind in Kategorien dargestellt, die im Unterschied zu denen, die wir oben genutzt haben, noch weiter zusammengefasst wurden. Demnach betrachten wir Erreichbarkeit, Umfeld und Haltestellengestaltung, Sicherheit sowie Orientierung und Informationen. Die Reihenfolge der Merkmalsgruppen je Hindernis spiegelt die Stärke der Betroffenheit wider.

Tabelle 9.1: Anforderungskatalog: Erreichbarkeit

Hindernis	Merkmale	Kommentar	Technische Lösung
Treppen	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Fahrradmitnahme Kinderwagenmit-nahme 	Ein wichtiges Hindernis, das Personen mit dauerhaften und situativen Merkmalen betrifft.	Apps sollten alternative Verbindungen, die ohne Treppen gemacht werden können, ausgeben.
Rolltreppen	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Lernbehinderung Weiblich 	Rolltreppen stellen für Personen mit Rollstuhl oder anderen Mobilitätshilfen ein ähnliches Hindernis wie Treppen dar. Inwiefern Rolltreppen ein Hindernis für Personen mit den Merkmalen weiblich oder diverses Geschlecht und Lernbehinderung darstellen, bedarf weiterer Untersuchung. Möglicherweise existiert ein bisher nicht erfasstes Merkmal, das mit diesen erfassten Merkmalen korreliert. Entsprechend bleibt eine technische Lösung offen.	Apps sollten wie bei Treppen Rolltreppen anzeigen und sie bei der Verbindungsauskunft ausschließbar machen.
Enge/schmale Gehwege	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Kinderwagenmit-nahme Gepäckmitnahme Hundemitnahme 	Enge Gehwege sind ein Hindernis für Personen in verschiedenen Situationen, insb. wenn sie Gegenstände oder Mobilitätshilfen mitführen. Das Hindernis ist eher als unangenehm und störend, aber überwindbar, zu sehen und führt eher nicht zum Abbruch der Reise.	Genügend breite Gehwege, um auch Mobilitätshilfen und Transportgegenstände bequem mitführen zu können und die von weiteren Hindernissen wie z. B. parkende Autos freigehalten werden. In Mobilitätsapps sollten Informationen zur Qualität der Fußverkehrsinfrastruktur enthalten sein.
Toiletten sind nicht barrierefrei	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Sehbehinderung Lernbehinderung Weiblich 	Hindernis für verschiedene Behinderungen sowie für Frauen.	In verschiedenen Mobilitätsapps wird das Vorhandensein barrierefreier WCs bereits angezeigt. Es braucht zusätzlich aber eine Echtzeit-Anzeige der Betriebsbereitschaft der WCs. Insgesamt sollten Aufgabenträger und Verkehrsunternehmen das Angebot barrierefreier und nutzbarer WCs in Zügen und auf Bahnsteigen/an Haltestellen sicherstellen.
Zugänge zu Bahnhöfen und Haltestellen/Rampen sind nicht barrierefrei	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Sehbehinderung Lernbehinderung Weiblich Hundemitnahme 	Wichtiges Hindernis, das viele Personengruppen betrifft und je nach Merkmal auch nicht nur unangenehm ist, sondern auch nicht überwunden werden kann.	In verschiedenen Mobilitätsapps werden nicht barrierefreie Haltestellen bereits angezeigt. Die Anzeige alternativer Verbindungen über barrierefreie Haltestellen stellt eine technische Lösung dar, ebenso wie die Echtzeit-Anzeige intakter Aufzüge. Infrastrukturseitig müssen Verkehrsunternehmen und Aufgabenträger Anstrengungen unternehmen, alle Haltestellen und Umstiegspunkte barrierefrei zu gestalten und für intakte Aufzüge zu sorgen.

Tabelle 9.2: Anforderungskatalog: Erreichbarkeit, Fortsetzung

Hindernis	Merkmale	Kommentar	Technische Lösung
Keine Hilfe beim Ein- und Aussteigen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehbehinderung • Sehbehinderung • Lernbehinderung • Hundemitnahme 	Ähnliches Problem wie bei den nicht-barrierefreien Haltestellen, das in besonderem Maße Gehbehinderte, aber auch Seh- und Lernbehinderte sowie Personen mit Hund betrifft.	Einstiegs- und Ausstiegshilfen für Personen mit Gehbehinderung sollten an allen Bahnhöfen und Gleisen verfügbar sein und einfach sowie kurzfristig über eine App buchbar sein. Darüber hinaus sollten die Zustiege zu Verkehrsmitteln stufenlos sowie ebenerdig, d.h. mit geringem Unterschied zwischen Gleis/Bordsteinkante und Fahrzeug gestaltet sein (Niederflurtechnik). Die Höhendifferenz der Zustiege der einzelnen Fahrzeuge am jeweiligen Gleis/Haltepunkt sollte in Mobilitätsapps angezeigt werden.
Keine taktilen Orientierungshilfen oder Leitsysteme	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Gehbehinderung • Hundemitnahme • Weiblich 	In besonderem Maße sind Personen mit Sehbehinderung betroffen, aber auch Gehbehinderte, Personen mit Hunden sowie Frauen würden stark von Orientierungshilfen und Leitsystemen an Haltestellen und Bahnhöfen oder beim Umstieg profitieren.	An allen Haltestellen, Bahnhöfen und im Umfeld von Umstiegspunkten sollten taktile Orientierungshilfen und Leitsysteme integriert werden. Apps sollten darauf zugreifen können und zusätzlich zu den analogen Systemen z. B. durch Navigation oder Elemente der Augmented Reality unterstützen.
Keine Sprachausgabe z.B. zu Abfahrten und Verspätungen	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Gehbehinderung • Hundemitnahme • Weiblich 	In besonderem Maße sind Personen mit Sehbehinderung betroffen, aber auch Gehbehinderte, Personen mit Hunden sowie Frauen würden von einer Sprachausgabe zu Verspätungen u.ä. profitieren.	Zusätzlich zur Anzeige in Apps und auf Tafeln sollte es z. B. an eigens vorgesehene Infopunkten Sprachmittlungen mit Informationen zu Fahrzeiten, Gleiswechseln u.ä. geben. Der Standort der Infopunkte sollten in Apps einsehbar sein.
Durchführung von Fahrkartenbuchungen oder Nutzung der Reiseauskunft auf dem Handy	<ul style="list-style-type: none"> • Lernbehinderung 	Die Nutzung von Mobilitätsapps kann Personen überfordern, z. B. weil Bedienelemente auf Englisch sind oder die Nutzerführung kompliziert ist.	Apps zur Fahrkartenbuchung und Verbindungsauskunft sollten eine intuitive Nutzerführung aufweisen und in einfacher Sprache gehalten sein. Zur Sicherstellung der Verständlichkeit sollten Nutzer-tests mit Personen mit Lernbehinderung durchgeführt werden.

Tabelle 9.3: Anforderungskatalog: Umfeld- und Haltestellengestaltung

Hindernis	Merkmale	Kommentar	Technische Lösung
Keine Sitzmöglichkeiten in Zügen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehbehinderung 	Für Gehbehinderte ein gravierendes Hindernis.	Mehr Sitzgelegenheiten in Zügen schaffen.
Keine Sitzmöglichkeiten an Haltestellen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehbehinderung 	Für Gehbehinderte ein gravierendes Hindernis. Es gibt immer noch viele Bushaltestellen ohne Häusschen und Bänke.	Sitzgelegenheiten an Haltestellen schaffen.
Fehlende Halte und Griffe in Zügen oder Bussen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehbehinderung • Sehbehinderung 	Für Geh- und Sehbehinderte ein Hindernis, das aber weniger gravierend ist.	Mehr Halte und Griffe in Verkehrsmitteln schaffen, die auch von kleineren Personen gut erreicht werden können.
Keine Toiletten im Verkehrsmittel oder Haltestellen	<ul style="list-style-type: none"> • Gehbehinderung • Kinderwagenmitnahme 	Ein weniger gravierendes Hindernis, das aber das Wohlbefinden beim Reisen einschränken kann, z. B. für Personen, die mit kleinen Kindern unterwegs sind und diese ggf. wickeln oder stillen wollen.	Toiletten an allen Umstiegspunkten und nutzbare Toiletten in Zügen.
Viele Menschen auf Wegen, an Haltestellen oder in Verkehrsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> • Neurodiversität • Zeitmangel 	Ein Hindernis, das für verschiedene Merkmale aus unterschiedlichen Gründen besteht. Neurodiverse sehen womöglich die Reize und körperliche Nähe als Hindernis, Personen mit Zeitmangel das erschwerende und verlangsamte Durchkommen durch Menschenmengen.	Leitsysteme und richtungsweise markierte Wege zur besseren Lenkung von Menschenmengen z. B. beim Umstieg.
Es ist sehr laut auf Wegen, an Haltestellen und in Verkehrsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Zeitmangel 	Ein weniger gravierendes Hindernis. Sehbehinderte werden möglicherweise durch die laute Umgebung bei der Orientierung beeinträchtigt, dazu bedarf es weiterer Untersuchungen.	Je nachdem, worin das Hindernis genau besteht, müssten Lösungen identifiziert werden. Ggf. würden Maßnahmen zur besseren Orientierung helfen, die nicht auditiv funktionieren.

Tabelle 9.4: Anforderungskatalog: Sicherheit

Hindernis	Merkmale	Kommentar	technische Lösung
Auto- und Fußverkehr sind nicht klar voneinander getrennt	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Fahrradmitnahme Kinderwagenmitnahme Gepäckmitnahme 	Das Hindernis betrifft insbesondere Personen mit Gehbehinderung, aber auch Personen mit Fahrrad, Kinderwagen oder Gepäck. Erklären lässt sich dies mit der teilweise geringeren Geschwindigkeit, mit der diese Personen Straßen überqueren oder auf Autos reagieren können oder mit den schlechteren Sichtbeziehungen infolge einer niedrigen Körperhöhe z. B. wenn die Person im Rollstuhl sitzt.	Infrastrukturseitig sollte auf sichere Fußwege und Übergänge in ausreichender Anzahl geachtet werden. In Apps sollte die Qualität der Fußverkehrsinfrastruktur angezeigt werden.
kein Fußgängerüberweg um Straße zu überqueren	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Sehbehinderung Gepäckmitnahme 	Das Hindernis betrifft Personen mit Geh- und Sehbehinderung.	Infrastrukturseitig sollte auf sichere Übergänge in ausreichender Anzahl und mit barrierefreien Ampeln geachtet werden. In Apps sollte die Qualität der Fußverkehrsinfrastruktur angezeigt werden.
Schlecht beleuchtete Wege und Haltestellen	<ul style="list-style-type: none"> Gehbehinderung Weiblich Sehbehinderung Gepäckmitnahme 	Das Hindernis ist weniger gravierend. Es steht sowohl in Verbindung mit Sicherheitsempfinden als auch mit Orientierung und den Weg finden bei Dunkelheit.	Es sollte von den Gemeinden bzw. Aufgabenträgern und Verkehrsbetrieben geprüft werden, welche Wege und Haltestellen noch nicht beleuchtet sind und es sollten diese Daten erfasst und für die Darstellung in Apps zur Verfügung gestellt werden.
Bedrohlich wirkende Personen in Verkehrsmitteln und an Haltestellen	<ul style="list-style-type: none"> Weiblich Zeitmangel 	Ein weniger gravierendes Hindernis, das aber das Wohlbefinden einschränken kann. Inwiefern das Hindernis in Verbindung mit Zeitmangel steht, müsste weiter untersucht werden.	Die Anwesenheit von Personen, die auf manche bedrohlich wirken könnten, lässt sich eher nicht beeinflussen, aber das Umfeld kann so gestaltet werden, dass es z. B. möglichst gute Sicht und wenige dunkle Ecken oder Unterführungen enthält. Notrufsäulen u.ä. können zudem das Sicherheitsempfinden verbessern.
Wenig belebte Umgebung/kaum Menschen im Umfeld von Haltestellen, Bahnhöfen oder in Verkehrsmitteln	<ul style="list-style-type: none"> Sehbehinderung Weiblich 	Das Hindernis ist weniger gravierend. Es bezieht sich vermutlich sowohl auf Sicherheitsempfinden als auch darauf, sich zurechtzufinden. Letzteres könnte insofern bedeuten, dass belebte Orte auch weniger Ansprechpersonen für Auskünfte aufweisen.	Gestaltung des Umfelds und der Verkehrsmittelzüge so, dass sich auch Sehbehinderte zurechtfinden.

Tabelle 9.5: Anforderungskatalog: Orientierung und Informationen

Hindernis	Merkmale	Kommentar	Technische Lösung
Das Preissystem muss sorgfältig studiert werden, um es zu verstehen	<ul style="list-style-type: none"> • Neurodiversität • Zeitmangel • Schwacher Orientierungssinn 	Preis- bzw. Tarifsysteme öffentlicher Verkehrsmittel sind insb. für neue oder ortsfremde Fahrgäste kompliziert und zeitraubend. Das Hindernis betrifft in besonderem Maße Personen, die sich vor Ort nicht auskennen und die es eilig haben. Inwiefern neurodiverse Personen betroffen sind, müsste weiter untersucht werden.	Das Deutschlandticket hat bereits zu einer Vereinfachung und Vereinfachung der Nutzungsbedingungen des Öffentlichen Verkehrs geführt. Zudem sollte angestrebt werden, die bisherigen Sonderkonditionen einzelner Bundesländer z. B. zur Fahrradmitnahme oder zu Rabatten ebenfalls zu vereinfachen.
Lage der Haltestellen beim Umstieg sind schwer zu finden	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Schwacher Orientierungssinn • Weiblich • Gepäckmitnahme 	Bei Umstiegen von einem in ein anderes Verkehrsmittel, etwa von der Bahn in den Bus, ist der Weg oft nicht ausgeschildert und es sind Ortskenntnisse erforderlich. Das Hindernis betrifft daher insb. Ortsfremde und Personen, die sich schlecht zurechtfinden.	Analoge und digitale Orientierungshilfen und Leitsysteme.
Fehlende Information über Weiterfahrtmöglichkeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Zeitmangel 	Informationen zu Weiterfahrtmöglichkeiten werden bereits in vielen Zügen über Displays sowie an größeren Bahnhöfen über Lautsprecheransagen gegeben, und sie werden in Mobilitätsapps angezeigt. Die Informationen sind allerdings nicht immer aktuell (bei kurzfristigen Änderungen z. B.) oder gut verständlich.	Auch kurzfristige Änderungen sollten zuverlässig in Apps angezeigt werden, die Lautsprecherdurchsagen sollten verständlich sein und es sollte eine Sprachausgabe der Fahrgastinformationen in Zügen verfügbar sein.
Unbekannte oder neue Verkehrsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Sehbehinderung • Schwacher Orientierungssinn • Weiblich 	Verkehrsangebote wie Carsharing, Ridesharing oder E-Scooter sind vielen ÖPNV-Fahrgästen noch nicht vertraut und werden bei der Reiseplanung noch nicht ausreichend berücksichtigt, auch wenn sie Vorteile haben könnten.	Angebote zum Ausprobieren neuer Verkehrsmittel über die Verkehrsbetriebe und nutzergruppengerechte Hinweise zur Bedienung und Nutzung neuer Verkehrsmittel in Mobilitätsapps.

10 Literatur

- [1] Irad Ben-Gal, Shahar Weinstock, Gonen Singer, and Nicholas Bambos. Clustering users by their mobility behavioral patterns. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 13(4):1–28, 2019.
- [2] Ann-Kathrin Bersch and Lena Osswald. An alle gedacht?! frauen, gender, mobilität - wie kommen wir aus der debatte in die umsetzung?
- [3] P Buerkner. brms: An R package for Bayesian multilevel models using Stan. *Journal of Statistical Software*, 80(1):1–28, 2017.
- [4] Yung-Hsiang Cheng and Ssu-Yun Chen. Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77:386–403, 2015.
- [5] Caroline Criado-Perez. *Unsichtbare Frauen: Wie eine von Daten beherrschte Welt die Hälfte der Bevölkerung ignoriert*, volume 71887 of *btb*. btb, München, deutsche erstausgabe edition, März 2020.
- [6] European Commission. Gendered innovations 2: How inclusive analysis contributes to research and innovation.
- [7] R. Fincher and K. Iveson. *Planning and Diversity in the City: Redistribution, Recognition and Encounter*. Planning, Environment, Cities. Macmillan Education UK, 2008.
- [8] Laetitia Gauvin, Michele Tizzoni, Simone Piaggese, Andrew Young, Natalia Adler, Stefaan Verhulst, Leo Ferres, and Ciro Cattuto. Gender gaps in urban mobility. *Humanities and Social Sciences Communications*, 7(1), 2020.
- [9] A. Gelman, J.B. Carlin, H.S. Stern, D.B. Dunson, A. Vehtari, and D.B. Rubin. *Bayesian Data Analysis (3rd ed.)*. Chapman and Hall/CRC, 2013.
- [10] Sandra Huning, Tanja Mölders, and Barbara Zibell. Gender-perspektiven in der raumentwicklung: Konzepte und positionen. In ARL – Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft, editor, *Space, Gender, Diversity*, Nachrichten der ARL, pages 9–13. ARL, 2022.
- [11] IndoorAssist. mfund gefördert: Fkz 19f2016a, 2017-2018.
- [12] International Transport Forum. Transport innovation for sustainable development: A gender perspective.
- [13] Miki. mfund gefördert: Fkz 19f2153a, 2021.

- [14] OPENER next. mfund gefördert: Fkz 19f2147a, 2021-2024.
- [15] SIM3S. mfund gefördert: Fkz 19f2058a, 2018-2021.
- [16] Etienne Thuillier, Laurent Moalic, Sid Lamrous, and Alexandre Caminada. Clustering weekly patterns of human mobility through mobile phone data. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 17(4):817–830, 2018.
- [17] VCÖ. Gender gap im verkehrs- und mobilitätsbereich: Hintergrundbericht.

A

A.1 Evaluation der Studie: Nutzen und Mittelverwendung

Wissenschaftliche und datenbezogene Verwertung

Die wissenschaftliche Verwertung fand bereits projektbegleitend und fortlaufend im Austausch mit Kolleg:innen sowie Praxispartnern aus dem Verkehrsbereich statt. Der Abschlussbericht wird in gekürzter Form auf unserer DLR-Website veröffentlicht und damit Methodik und Erkenntnisse zugänglich gemacht. Darüber hinaus ist eine Publikation in einer internationalen Fachzeitschrift für 2024 angestrebt, sowie eine darauf basierende Teilnahme auf einer wissenschaftlichen Konferenz. Aus einem Interview zu den dargestellten Ergebnissen entstand ein Beitrag im Fachmagazin Orthopädie Technik. Die Daten aus der quantitativen Befragung werden nach erfolgter wissenschaftlicher Publikation in der Mobilithek des BMDV bereitgestellt werden.

Übertragbarkeit, Ergebnistransfer und unternehmerische Verwertung

Zum Zweck der Übertragbarkeit wurde eine öffentliche Abschlussveranstaltung abgehalten, bei dem es auch zu einem Austausch mit themenverwandten mFUND Projekten kam. Projektbegleitend kam es zudem zu mehreren Austauschtreffen mit den Praxispartnern, durch die einerseits die Praxisrelevanz unserer Arbeiten sichergestellt wurde, z. B. auch bei der Erstellung des Fragebogens. Andererseits wurden die Erkenntnisse so der Praxis zugänglich gemacht und vermittelt. Im Austausch wurde auch der Bedarf an einer Übersicht zu den Merkmals- und Hindernis-Zusammenhängen geäußert, auf den wir mit dem Hinderniskatalog reagieren. Die Projektergebnisse sind als Grundlage für die Entwicklung portabler Hindernisprofile und entsprechender Schnittstellen (API) erarbeitet worden, was exemplarisch für eine App in einem Nachfolgeprojekt realisiert werden soll. Im Fall einer Anschlussprojektförderung wird damit ein Schwerpunkt auf der unternehmerischen und praktischen Verwertbarkeit liegen.

Erläuterung der Ausgaben und Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Der größte Posten umfasst die Personalkosten mit 96.247,49 EUR. Das Projekt erforderte vor allem Analyse- und Konzeptionsarbeit sowie verschiedene wissenschaftliche Expertise, die durch ein Team aus vier und später drei Personen gedeckt wurde. Darüber hinaus erforderte der phasenweise intensive Austausch mit den Praxispartnern hohen Personaleinsatz. Dieser war nötig, um in allen Projektphasen sicherzustellen, dass Wissen und Erfahrungen aus der Praxis adäquat einfließen können, z. B. beim Fragebogendesign, der Ansprache der Multiplikatoren für die Befragung sowie der Datenauswertung. Zudem erforderte die

Entscheidung, selbst zu rekrutieren und dies nicht über ein kommerzielles Online-Panel abzuwickeln, viel Personaleinsatz. Dies geschah vor dem Hintergrund, dass wir teilweise sehr spezielle Gruppen erreichen wollten und keine bemessen an soziodemografischen Merkmalen repräsentative Stichprobe. Vor diesem Hintergrund ist der hohe Personaleinsatz begründet. Dieser wurde bereits bei der Antragstellung antizipiert und entsprechend kalkuliert. Die gesteckten Ziele wurden alle erreicht, sodass der Personaleinsatz sich gelohnt hat. Der zweite Posten betrifft sonstige unmittelbare Vorhabenkosten in Höhe von 1.860,00 EUR. Darunter fällt die Beauftragung von zwei zur wissenschaftlichen Kommunikation geeigneten Projektgrafiken sowie die externe Moderation der Abschlussveranstaltung. Die Grafiken schafften einen Wiedererkennungswert und werden sich auch nach Projektabschluss nutzen lassen, um Diversität im Kontext von Mobilität zu illustrieren. Die professionelle Moderation bei der Abschlussveranstaltung unterstützte uns als Projektteam, insofern wir uns auf die Vermittlung und Erzeugung inhaltlicher Ergebnisse konzentrieren konnten, während sie den reibungslosen Ablauf sicherstellte. Es wurden insgesamt weniger Sachmittel benötigt als zunächst kalkuliert. Reisekosten sind keine angefallen, da Projekttreffen und öffentliche Veranstaltungen online abgehalten werden konnten. Für die Durchführung der Online-Befragung konnte zudem auf eine bestehende Software-Lizenz zurückgegriffen werden.

A.2 Geschätzte Effekte für alle Merkmal-Hindernis-Kombinationen

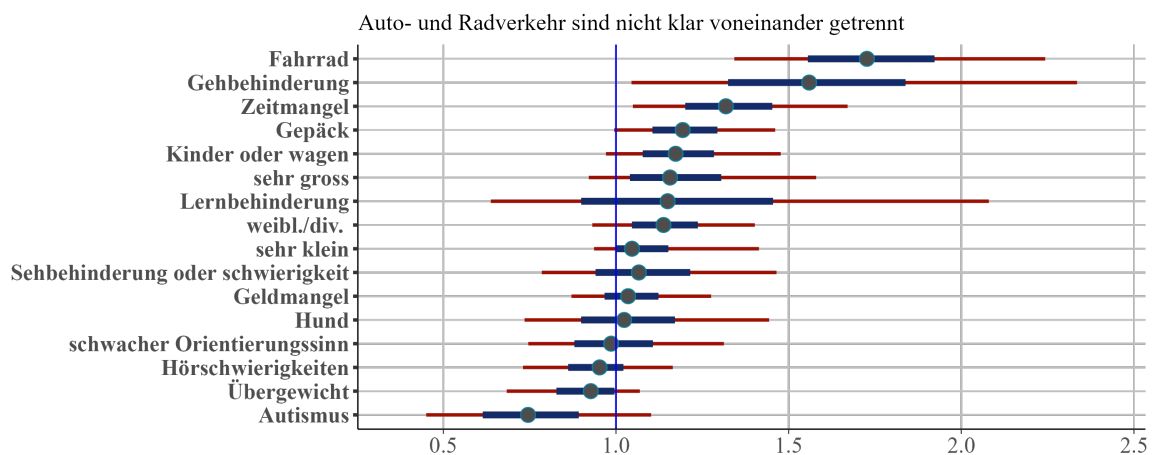


Abbildung A1: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Auto- und Radverkehr nicht klar voneinander getrennt sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

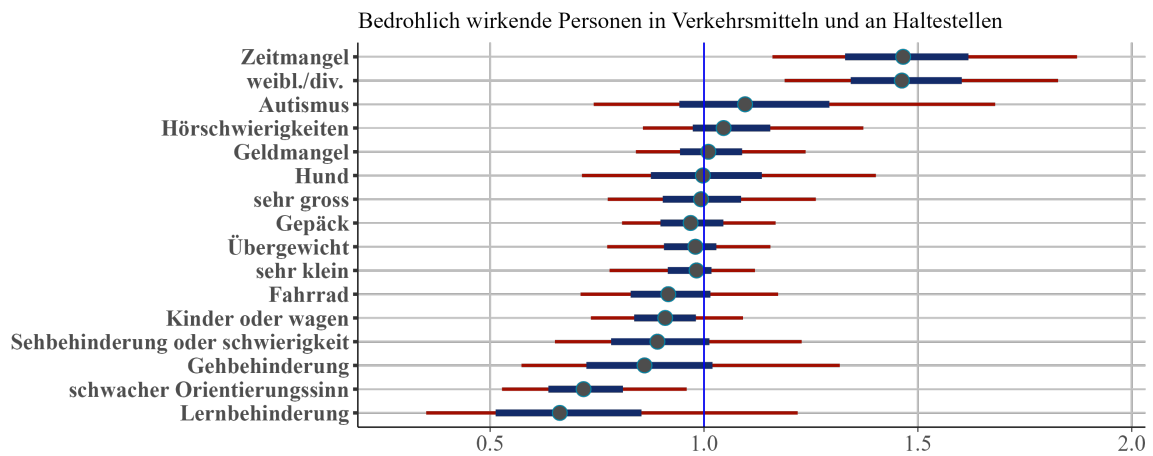


Abbildung A2: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn bedrohlich wirkende Personen in Verkehrsmitteln und an Haltestellen sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

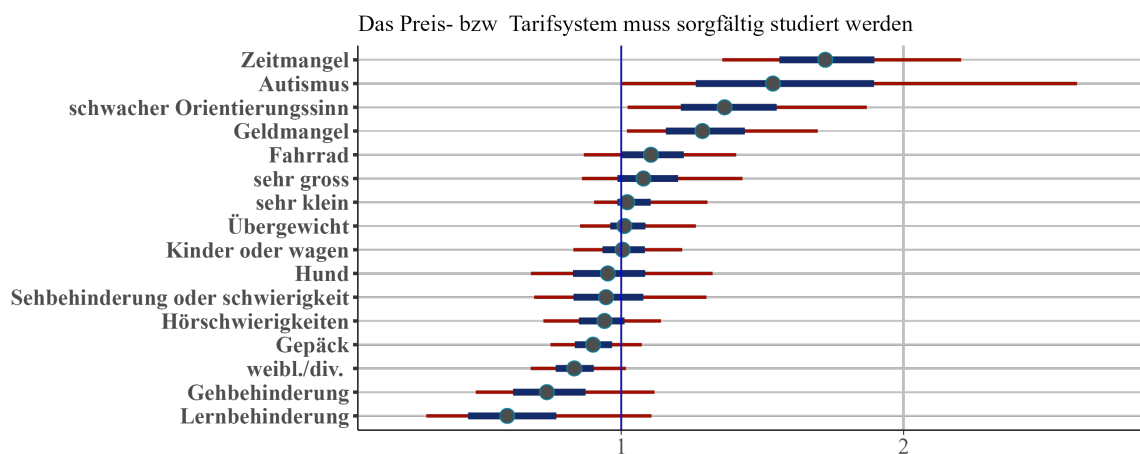


Abbildung A3: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn das Preis- bzw. Tarifsystem sorgfältig studiert werden muss, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

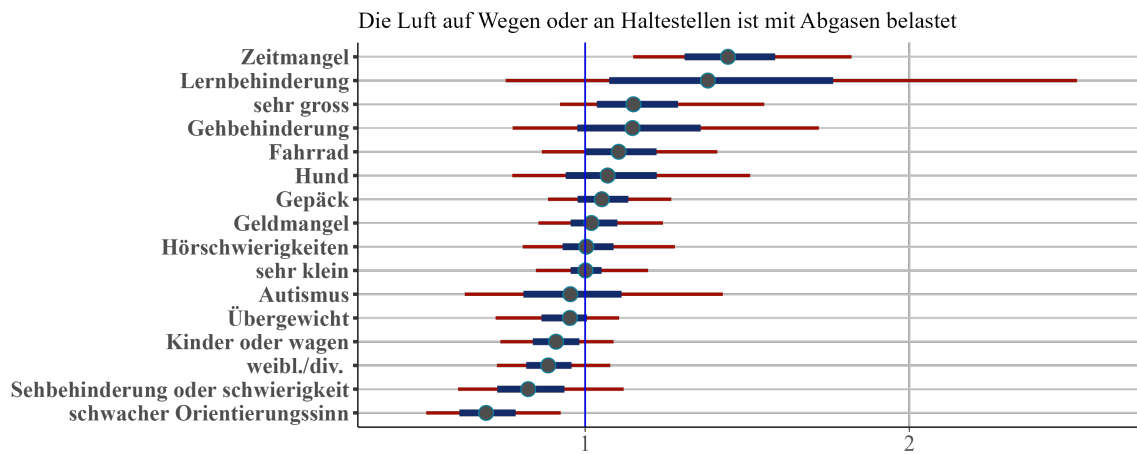


Abbildung A4: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Luft auf Wegen oder an Haltestellen mit Abgasen belastet ist, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

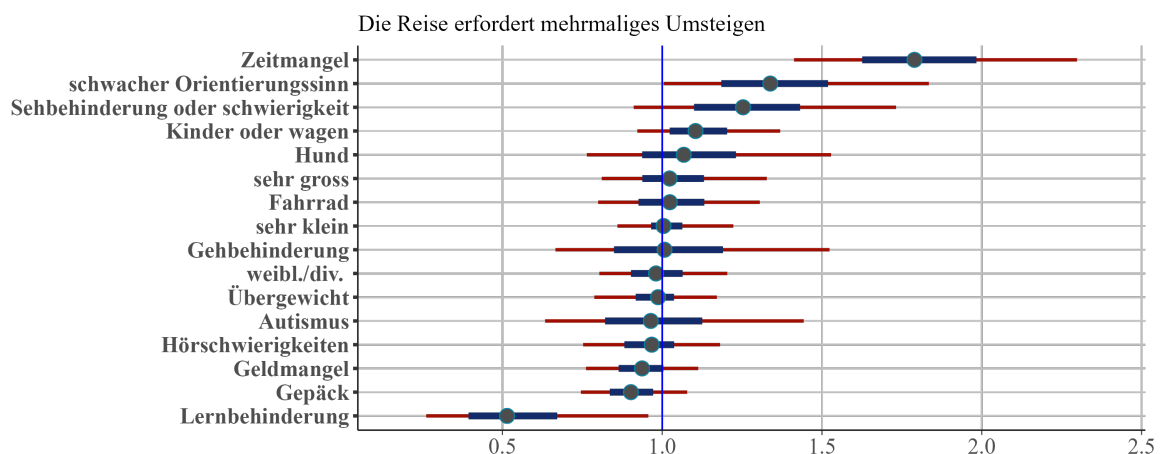


Abbildung A5: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Reise mehrmaliges Umsteigen erfordert, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

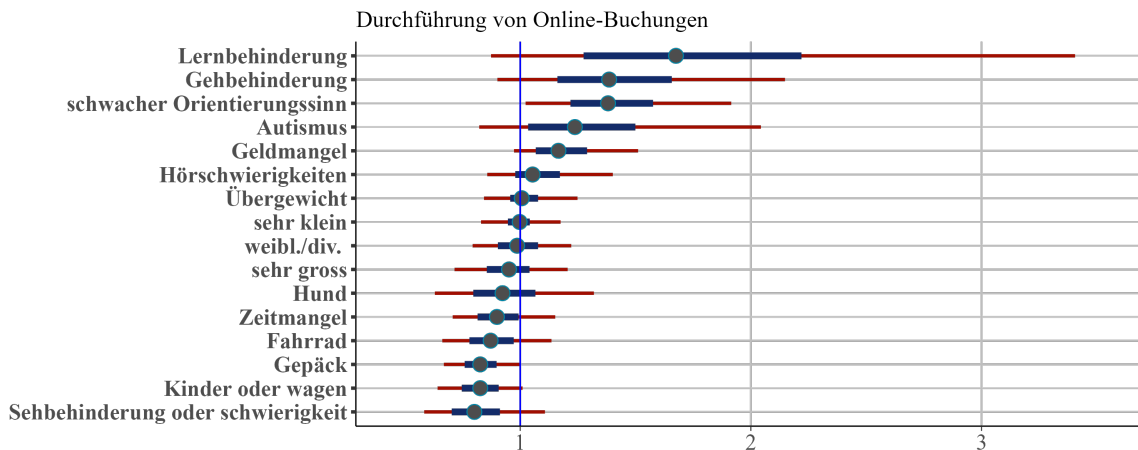


Abbildung A6: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Durchführung einer Online-Buchung erforderlich ist, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

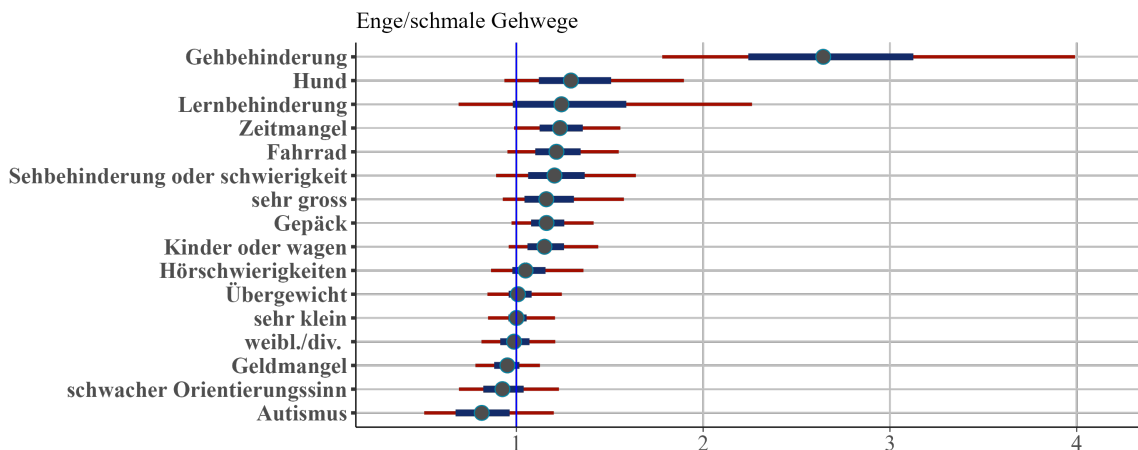


Abbildung A7: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Gehwege eng und schmal sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

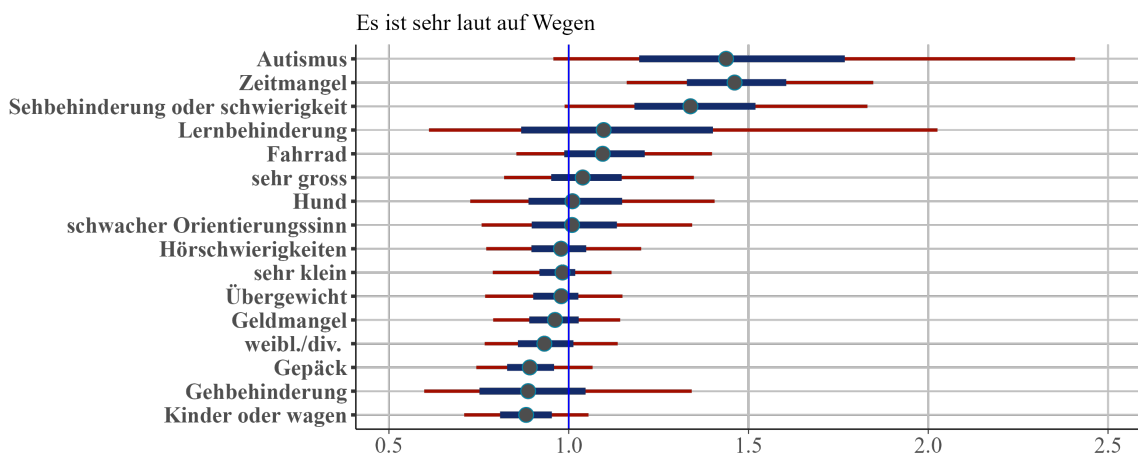


Abbildung A8: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es sehr laut auf Wegen ist, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

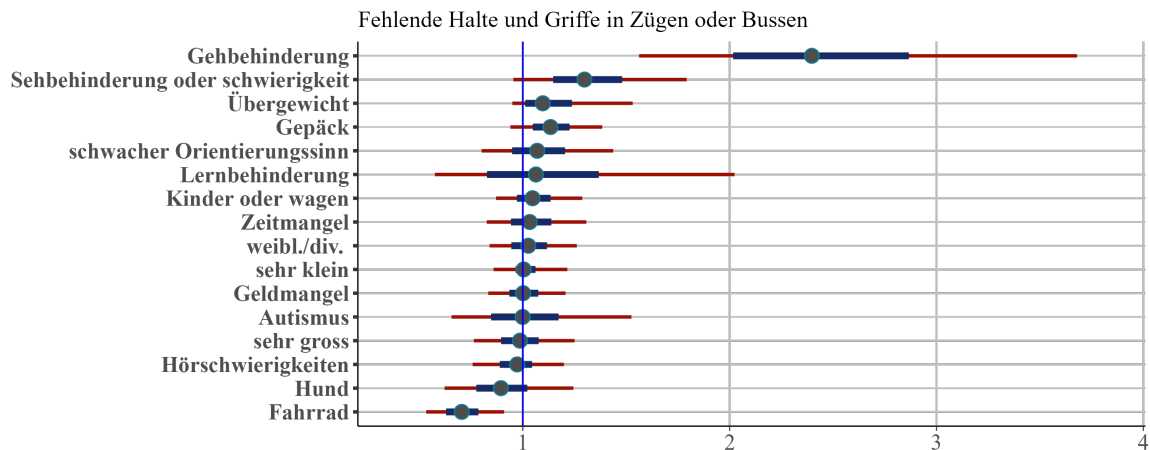


Abbildung A9: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Halte und Griffe in Fahrzeugen fehlen, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

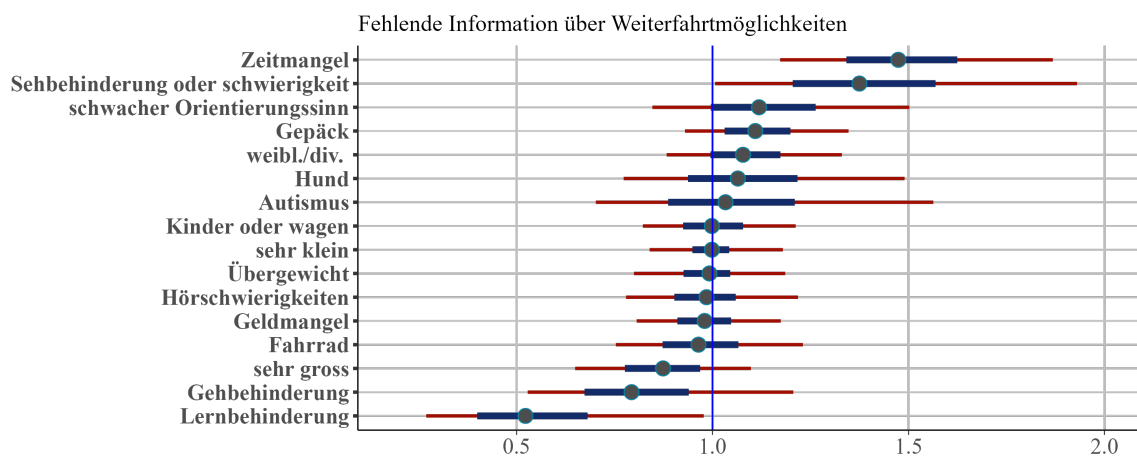


Abbildung A10: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Information über Weiterfahrtmöglichkeiten fehlt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

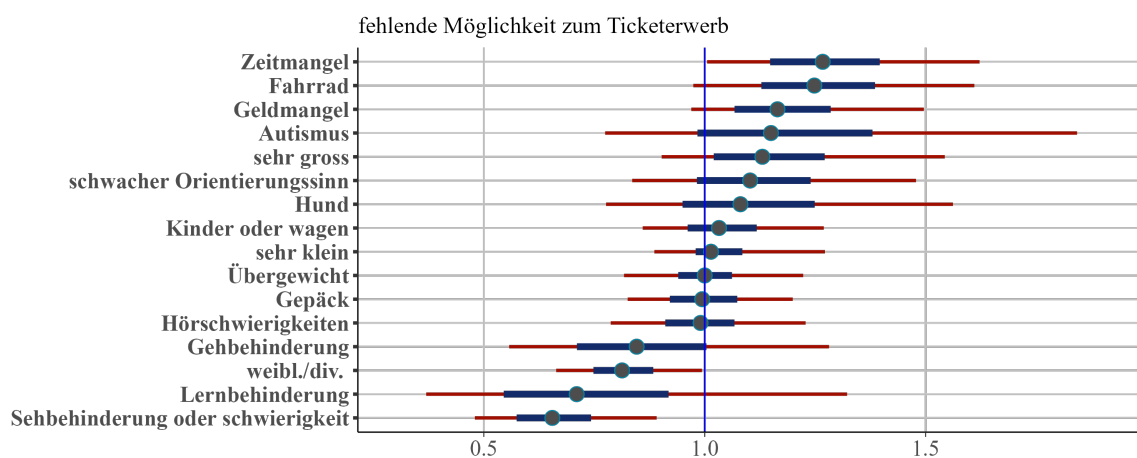


Abbildung A11: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Möglichkeiten zum Ticketerwerb fehlen, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

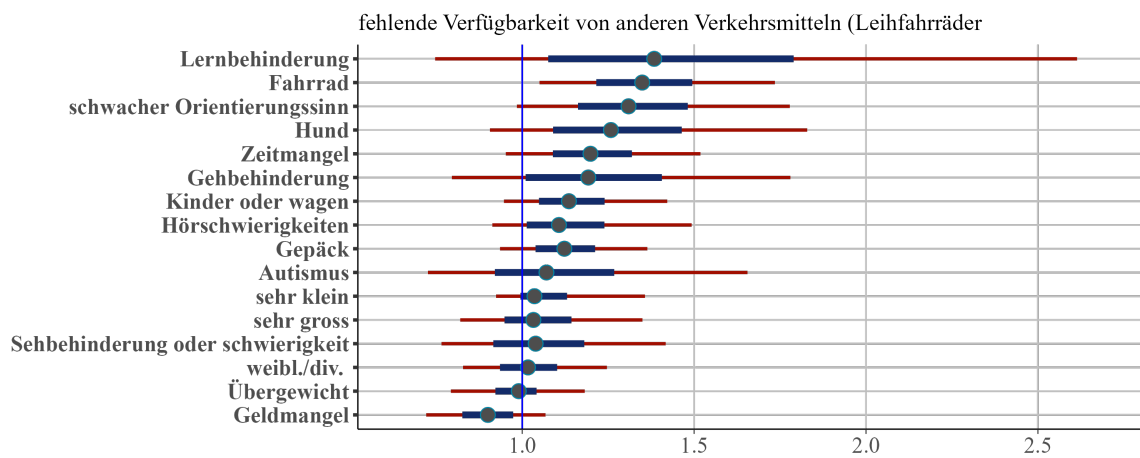


Abbildung A12: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass bei fehlender Verfügbarkeit von anderen Verkehrsmitteln die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

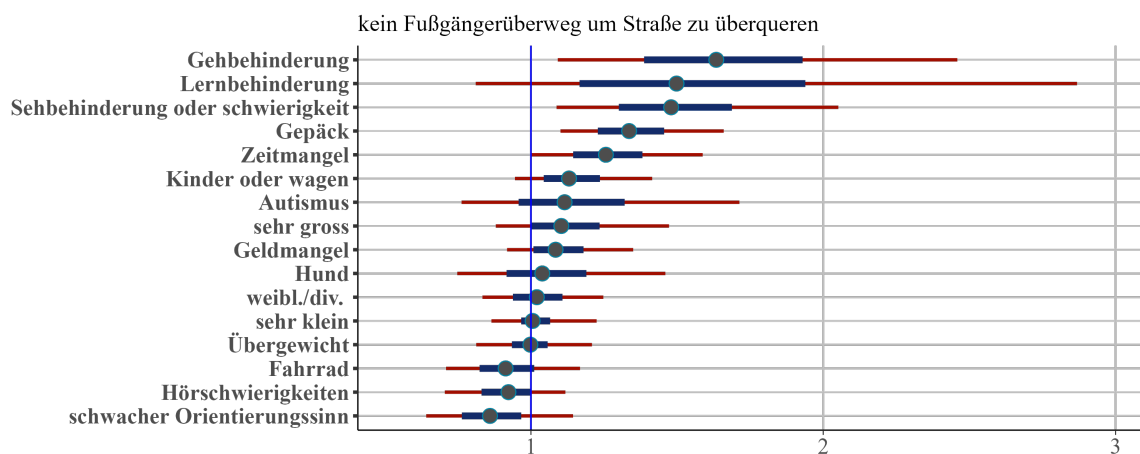


Abbildung A13: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass bei fehlenden Fussgängerüberwegen um die Strasse zu überqueren die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

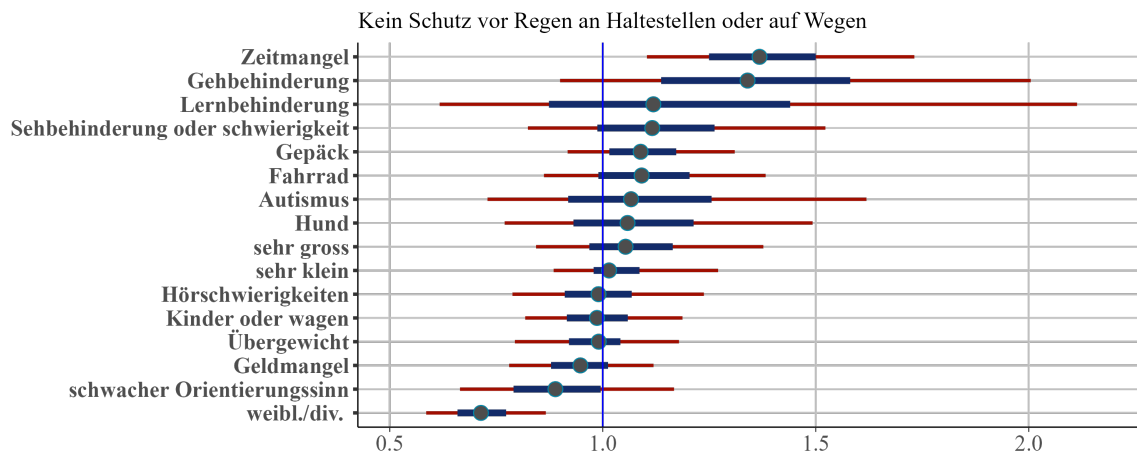


Abbildung A14: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keinen Regenschutz an Haltestellen oder auf Wegen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

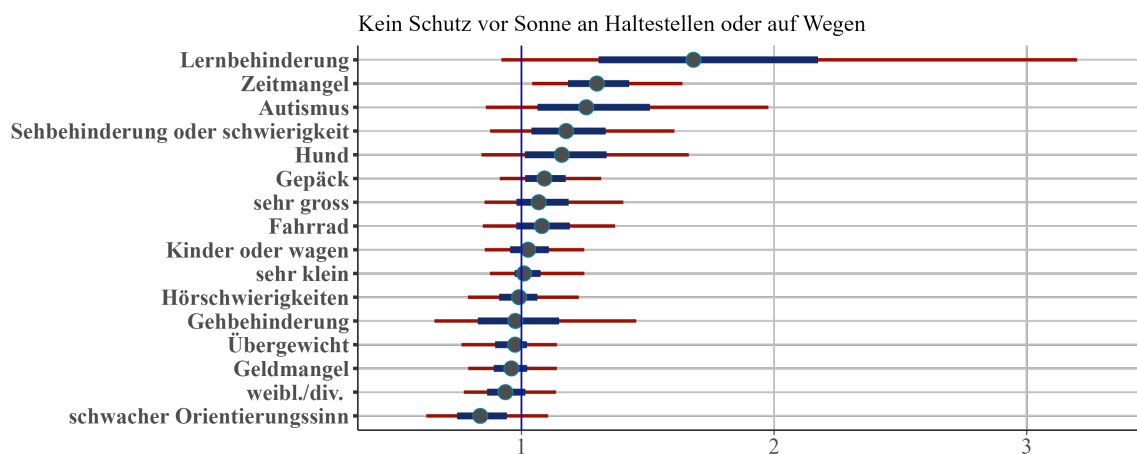


Abbildung A15: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keinen Sonnenschutz and Haltestellen oder auf Wegen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

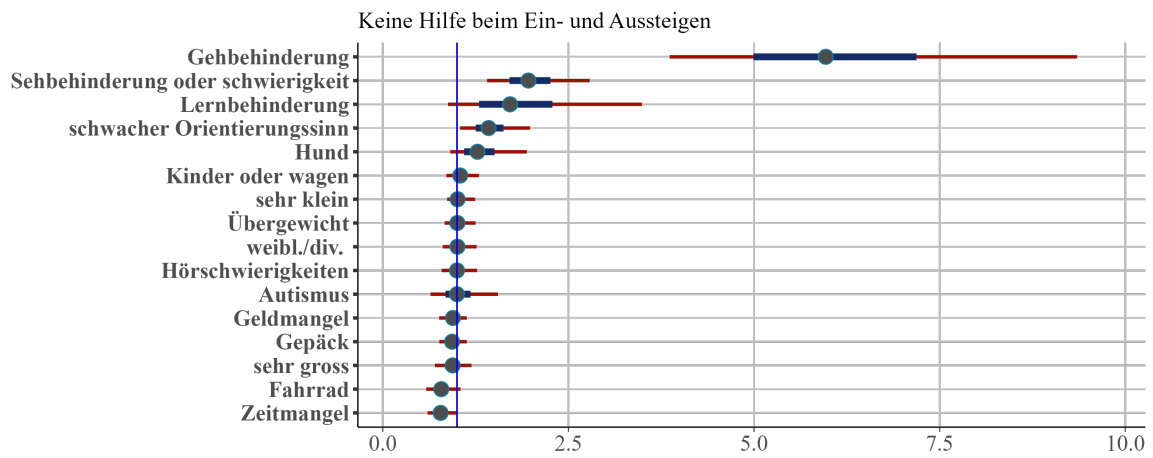


Abbildung A16: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keine Hilfe beim Ein- und Aussteigen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

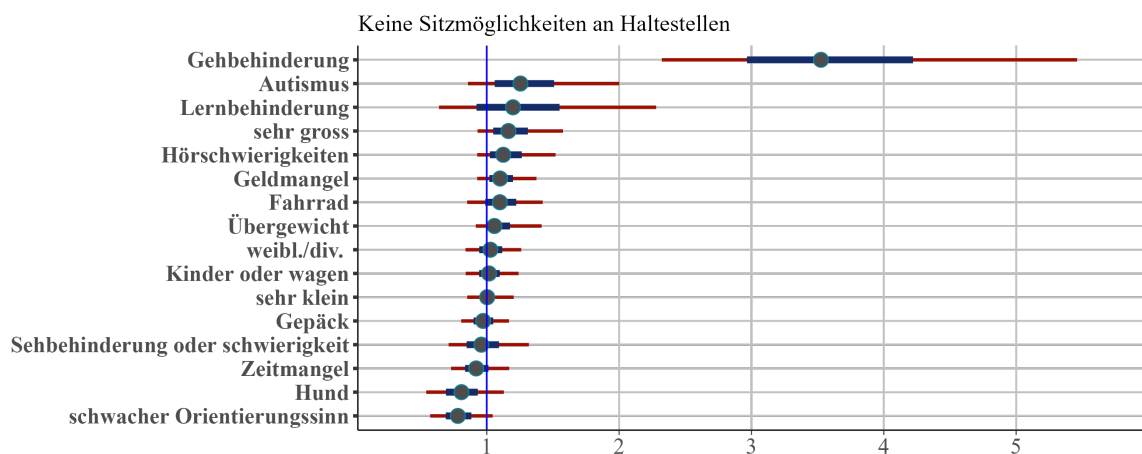


Abbildung A17: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keine Sitzmöglichkeiten an Haltestellen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

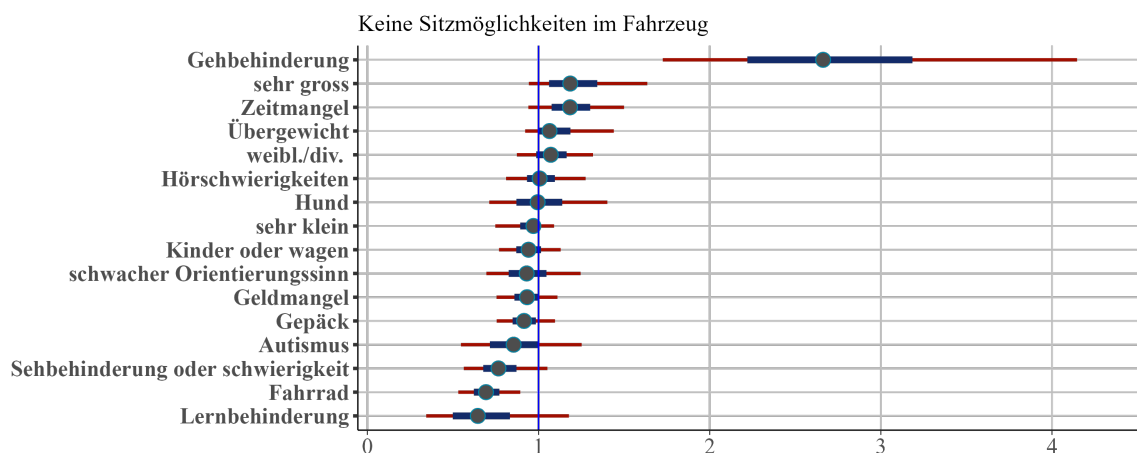


Abbildung A18: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keine Sitzmöglichkeiten im Fahrzeug gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

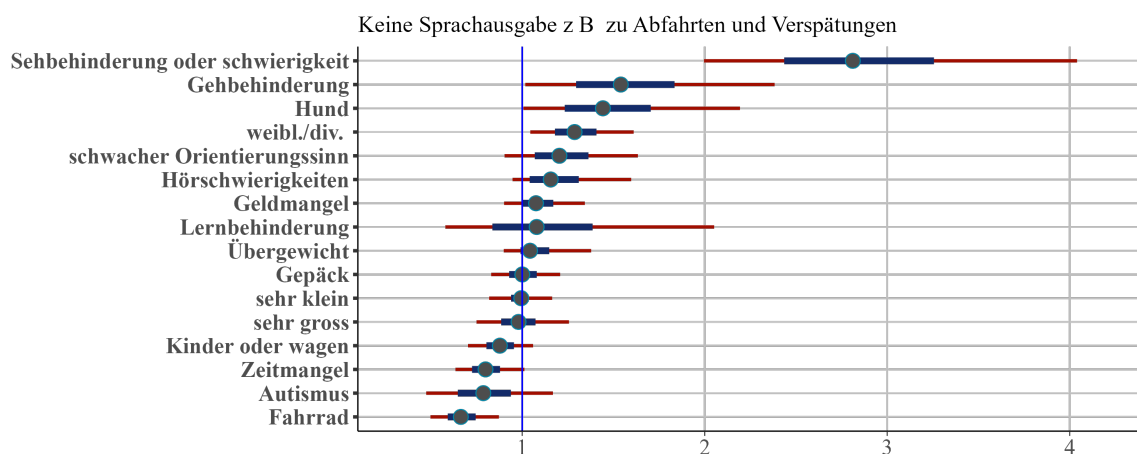


Abbildung A19: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Sprachausgaben zu z.B. Abfahrten und Verspätungen fehlen, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

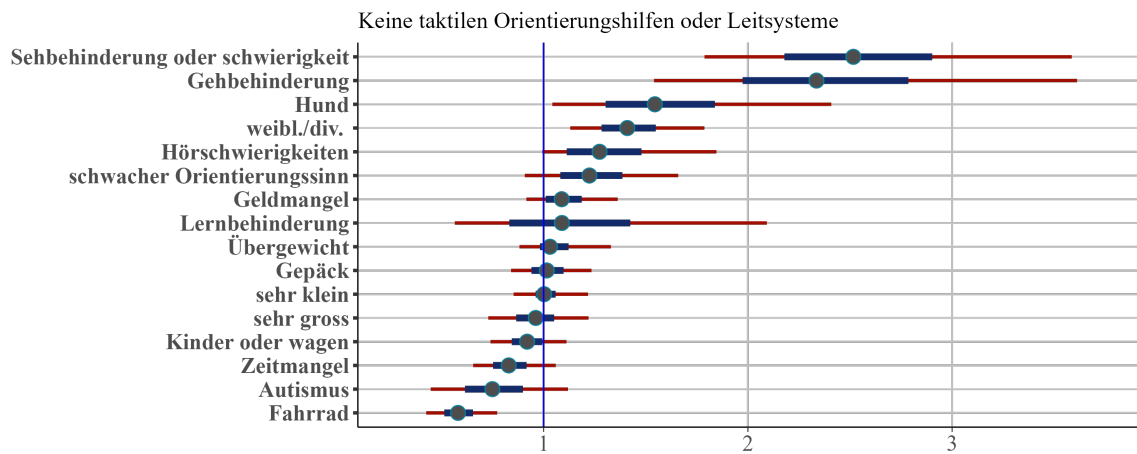


Abbildung A20: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn taktile Orientierungshilfen oder Leitsysteme fehlen, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

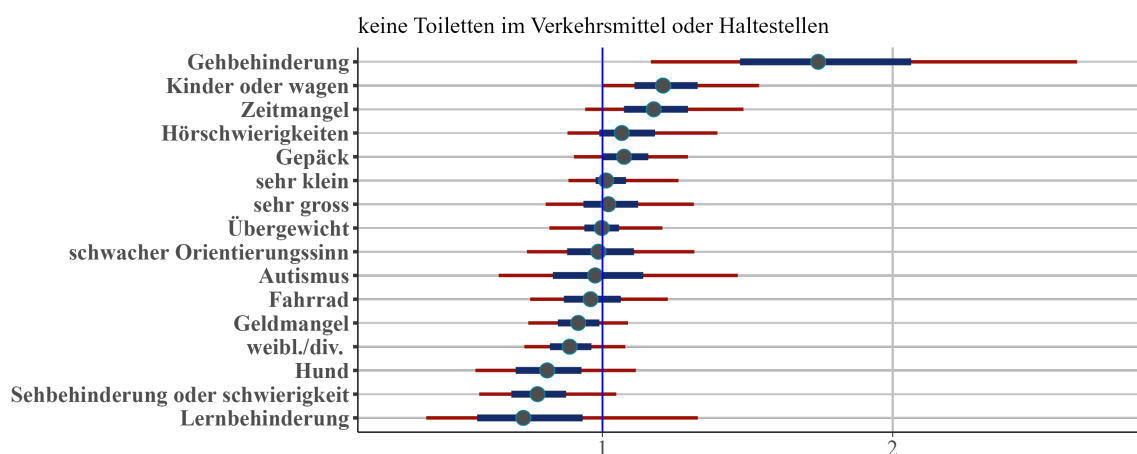


Abbildung A21: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es keine Toiletten in Verkehrsmitteln oder an Haltestellen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

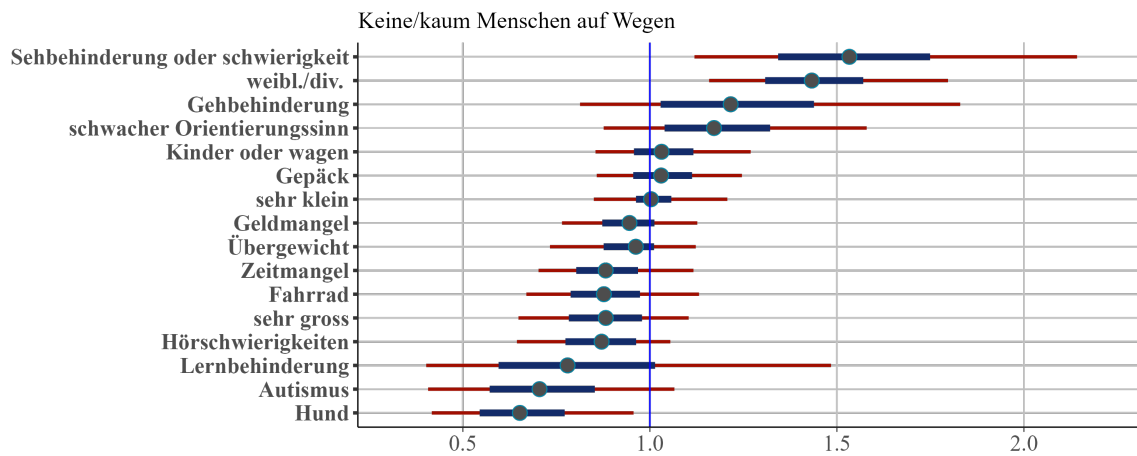


Abbildung A22: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn keine oder kaum Menschen auf Wegen sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

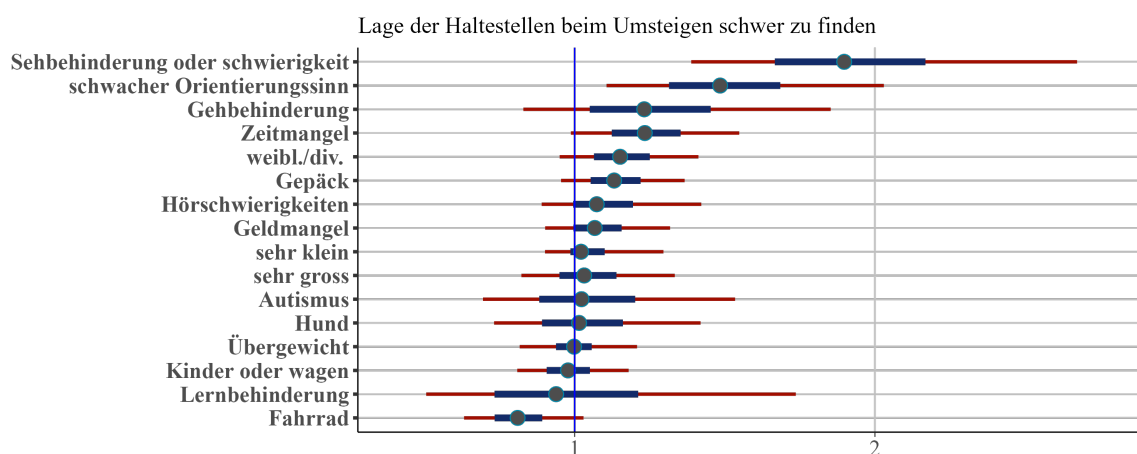


Abbildung A23: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Haltestelle beim Umsteigen schwer zu finde ist, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

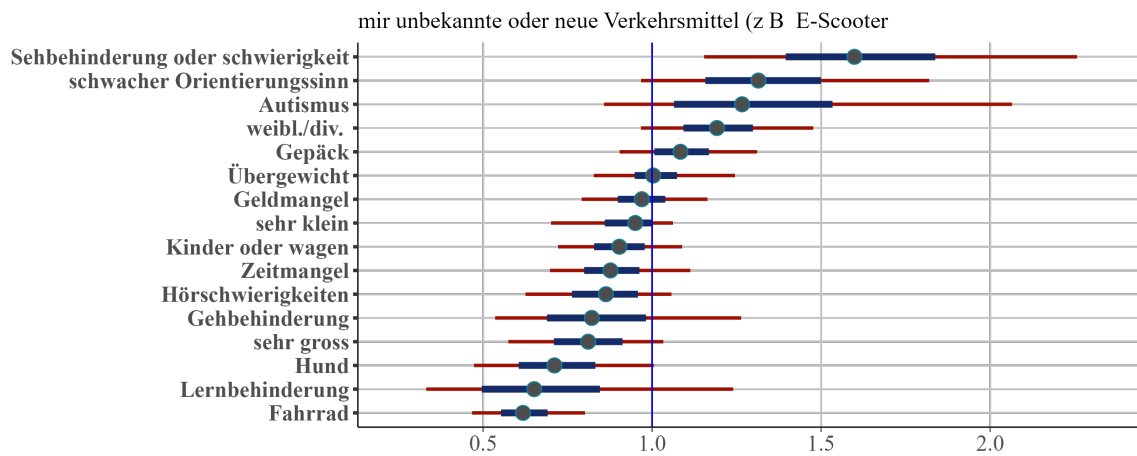


Abbildung A24: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn unbekannte oder neue Verkehrsmittel verwendet werden, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

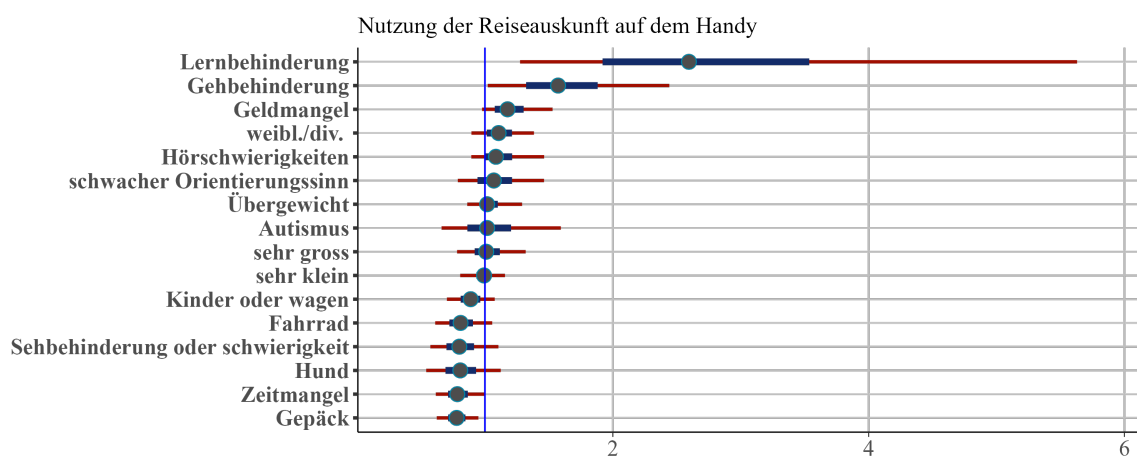


Abbildung A25: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Reiseauskunft auf dem Handy genutzt werden muss, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

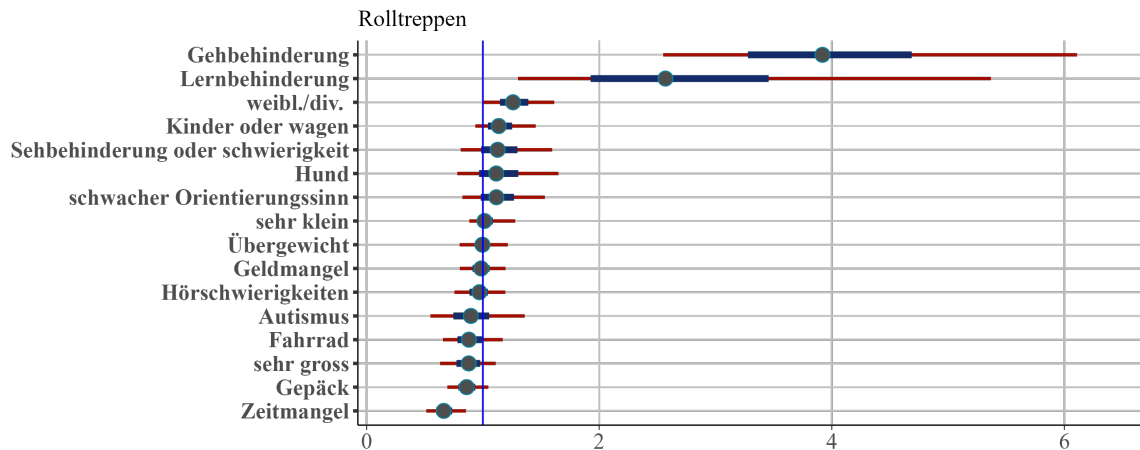


Abbildung A26: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es Rolltreppen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

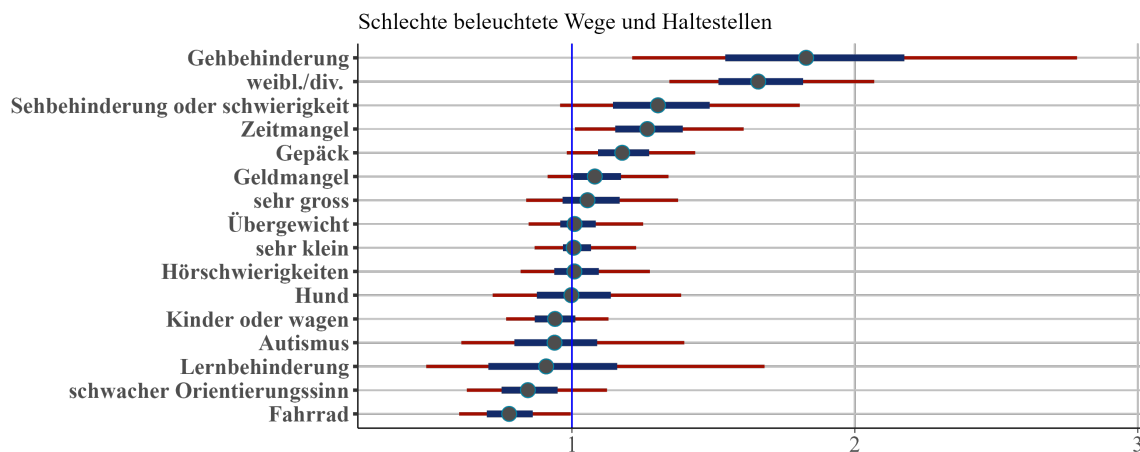


Abbildung A27: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Wege und Haltestellen schlecht beleuchtet sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

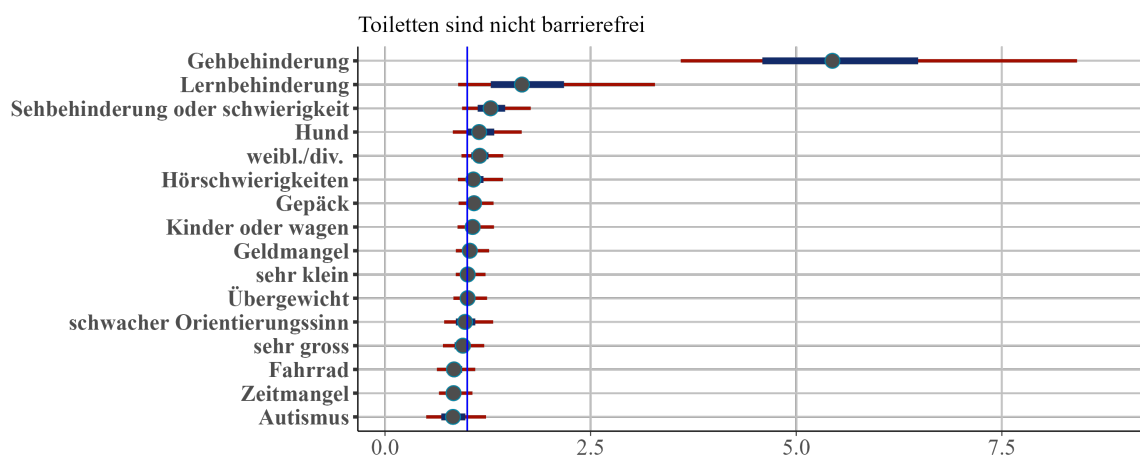


Abbildung A28: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Toiletten nicht barrierefrei sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

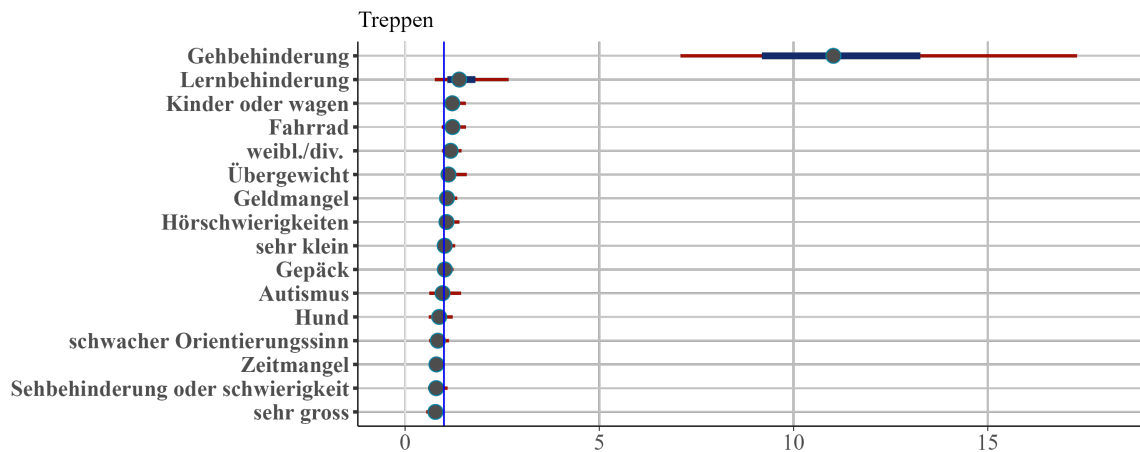


Abbildung A29: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn es Treppen gibt, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

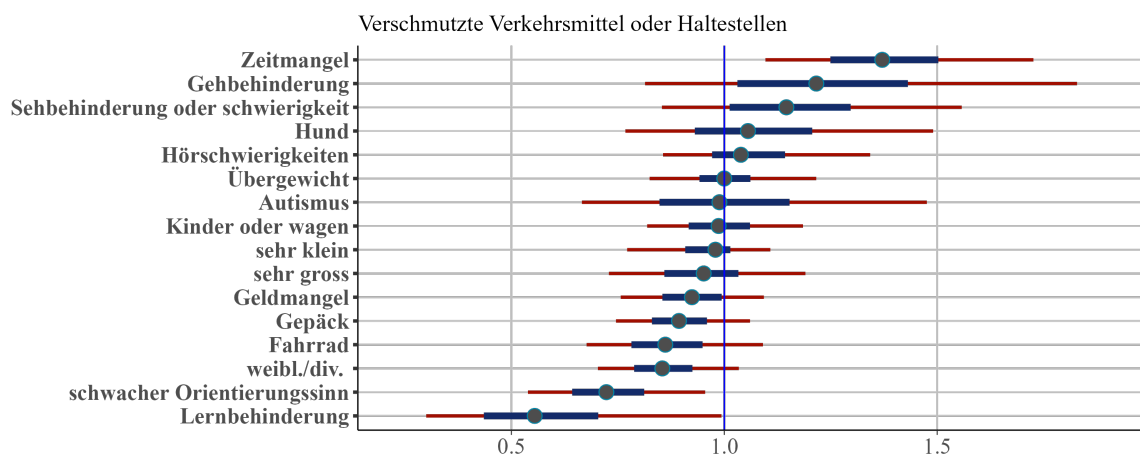


Abbildung A30: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Verkehrsmittel oder Haltestellen verschmutzt sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

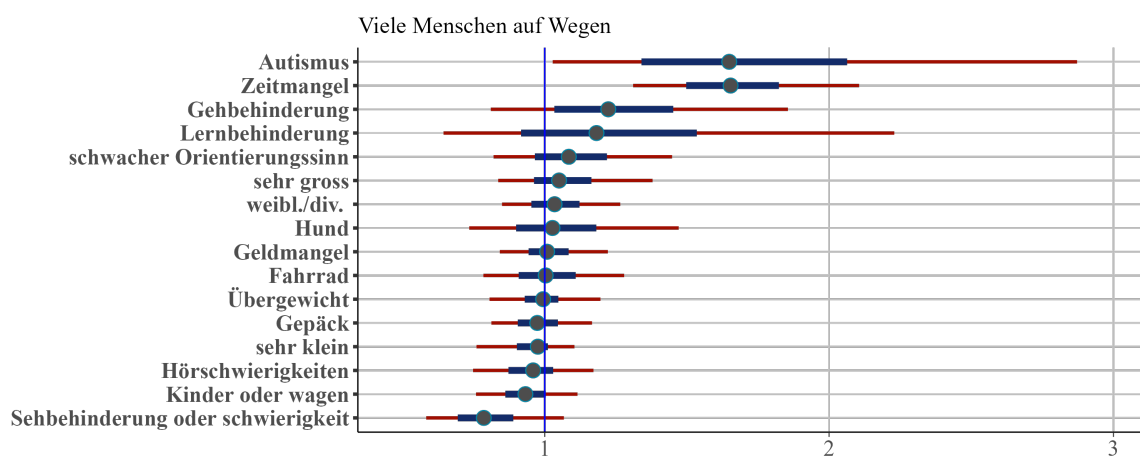


Abbildung A31: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn viele Menschen auf Wegen sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

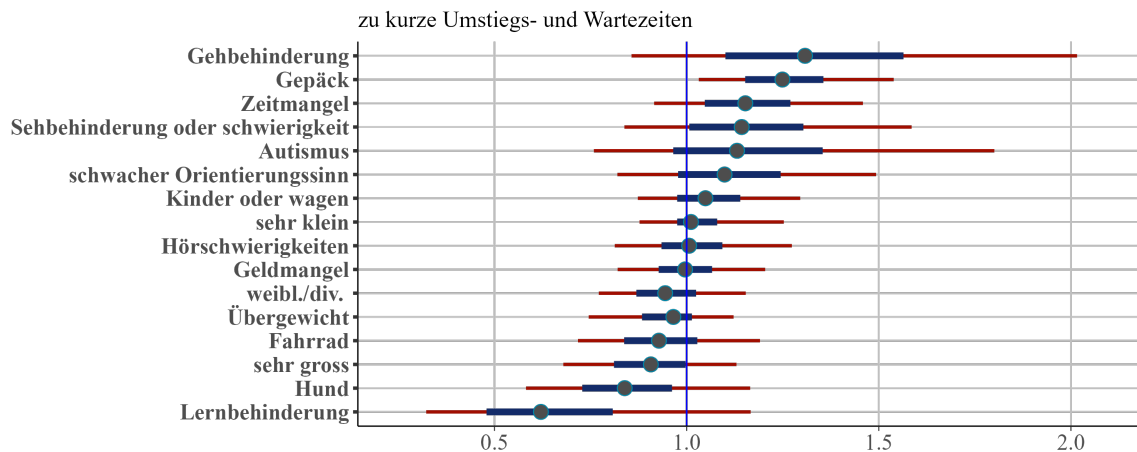


Abbildung A32: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Umstiegs- und Wartezeiten zu kurz sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

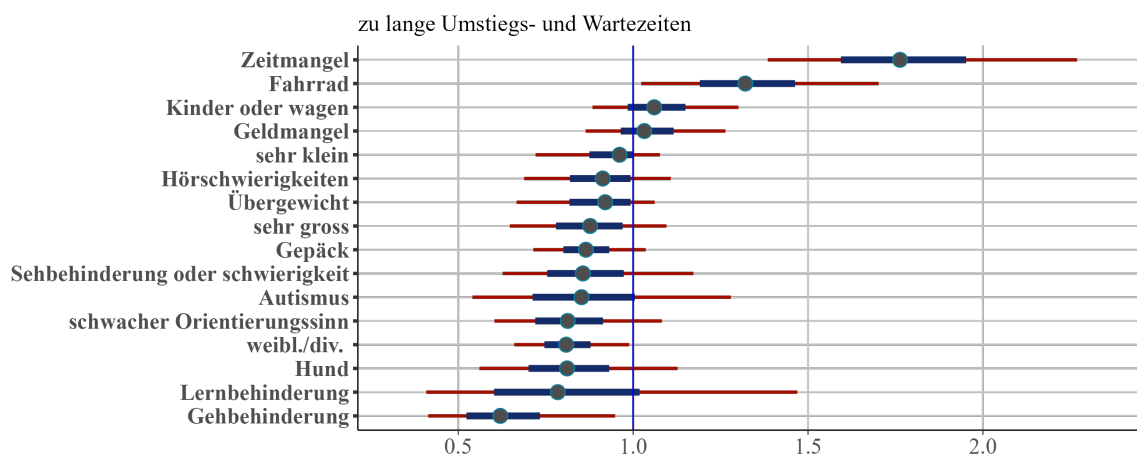


Abbildung A33: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn die Umstiegs- und Wartezeiten zu lang sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.

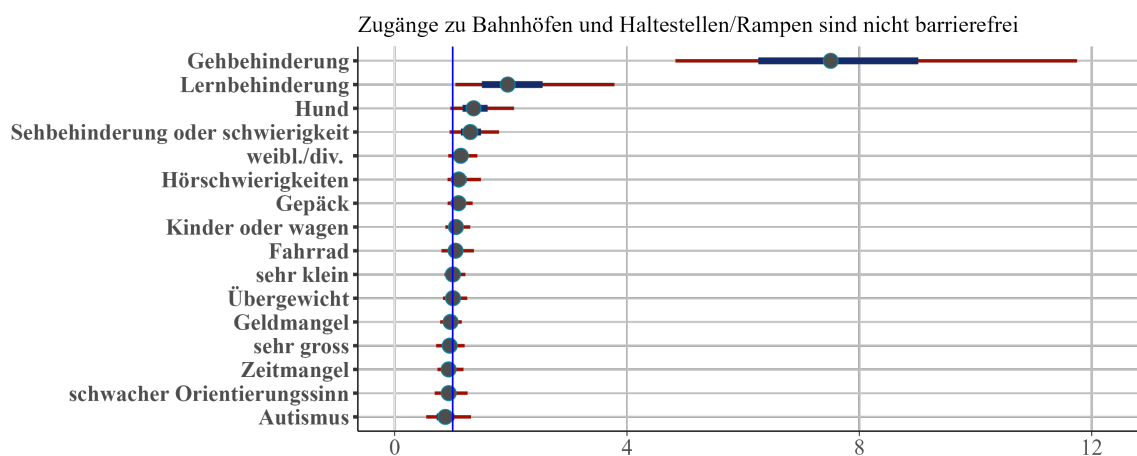


Abbildung A34: Median-Odds-Ratios mit 50%- und 90%-Glaubwürdigkeitsintervallen (jeweils in blau und orange). Sie zeigen die relative Chance, dass wenn Zugänge zu Bahnhöfen und Haltestellen nicht barrierefrei sind, die Route von Personen mit den angegebenen Merkmalen nicht gewählt wird.