

Kurzfassung der Dissertation „Entwicklung und exemplarische Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Mobilitätsoptionen“ zur Einreichung für den Förderpreis „Carl Pirath“ der DVWG

1. Problemstellung

Mobilität ist mehr als nur Fortbewegung – sie entscheidet darüber, ob Menschen am gesellschaftlichen Leben teilhaben können. Wer nicht mobil sein kann, wird oft abgehängt. Denn Mobilität ist eine Grundvoraussetzung dafür, dass Menschen Aktivitäten außer Haus wie beispielsweise Arbeiten oder Einkaufen realisieren können. Dabei ist das Recht auf Mobilität in den von den Vereinten Nationen beschlossenen Menschenrechten verankert und auch in Deutschland eine gesetzliche Vorgabe: Die Gewährleistung der Daseinsvorsorge wird aus dem Sozialstaatsprinzip (Art. 20 GG) abgeleitet. Darauf basierend fordert das Raumordnungsgesetz (ROG) gleichwertige Lebensverhältnisse für alle, inklusive eines fairen Zugangs zu Verkehrssystemen.

Doch obwohl die Sicherstellung einer grundlegenden Versorgung in Deutschland für alle Bevölkerungsgruppen gesetzlich verankert ist, zeigen einige Studien, dass nicht alle Menschen die gleichen Möglichkeiten haben, sich fortzubewegen und wichtige Ziele zu erreichen. Sie werden dadurch in ihrer gesellschaftlichen Teilhabe eingeschränkt und sind mobilitätsbedingt sozial exkludiert. Soziale Exklusion bedeutet, vom gesellschaftlichen Leben ausgeschlossen zu sein – und das kann schwerwiegende Folgen für die betroffenen Menschen sowie für die Gesellschaft haben.

Soziale Exklusion schränkt den Zugang zu Bildung, Arbeit, medizinischer Versorgung und sozialen Netzwerken ein. Dies kann zu Einsamkeit, psychischen und physischen Gesundheitsproblemen sowie finanzieller Unsicherheit führen, wodurch ein Teufelskreis aus Armut und Isolation entsteht. Zudem verlieren Betroffene die Möglichkeit, ihre Stimme in politischen und gesellschaftlichen Entscheidungen einzubringen, was gesellschaftliche Spannungen sowie soziale Ungleichheiten in der Gesellschaft weiter verstärkt.

Doch wieso haben nicht alle Personen in Deutschland die Möglichkeit ausreichend mobil zu sein, obwohl dieses Recht gesetzlich verankert ist? In Deutschland sind insbesondere die Raum- und Verkehrsplanung dafür zuständig, die Gewährleistung der Daseinsvorsorge für alle Bevölkerungsgruppen sicherzustellen. In der Verkehrsplanung wird in der Regel die sogenannte Erreichbarkeit als Maß für gesellschaftliche Teilhabe genutzt. In der Regel wird der Begriff in der Verkehrsplanung dabei allerdings im Sinne „objektiver“ bzw. „standörtlicher“ Erreichbarkeit verstanden. Es wird geprüft, in welcher Zeit verschiedene Orte der Daseinsvorsorge wie Arbeitsplätze, Schulen und Ärzte von bestimmten Wohngebieten aus erreicht werden können. Persönliche Faktoren wie finanzielle Möglichkeiten oder körperliche Einschränkungen bleiben dabei unberücksichtigt. Doch genau diese persönlichen Aspekte tragen wesentlich dazu bei, ob Personen tatsächlich ihre Ziele erreichen können. Denn selbst wenn eine gute Busverbindung zwischen Wohnort und Ziel besteht, kann eine Person sie nicht nutzen, wenn sie sich das Busticket nicht leisten kann. Ebenso ist ein gut ausgebauter Fahrradweg keine Hilfe, wenn jemand kein Fahrrad fahren kann.

Genau bei diesem gesellschaftlichen, interdisziplinären Problem setzt die Dissertation „Entwicklung und exemplarische Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung von Mobilitätsoptionen“ an. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, welches die Mobilitätsoptionen – also die Möglichkeiten einer Person zur Ortsveränderung – quantifiziert. Dieses Verfahren berücksichtigt neben der „standörtlichen“ Erreichbarkeit auch individuelle Merkmale

von Personen (z. B. Führerscheinbesitz, Fahrradfahrfähigkeit) und bildet ab, welche mobilitätsbedingten Möglichkeiten zur sozialen Teilhabe Personen haben. Werden alle Schritte des Verfahrens durchlaufen, wird der sogenannte Mobilitätsoptionenindex (MOX) mit einem Wertebereich von 0 bis 10 berechnet. Dieser gibt an, wie viele Mobilitätsoptionen einer Person zur Verfügung stehen und inwieweit sie dadurch mobilitätsbedingt sozial teilhaben kann.

2. Praxisanwendung und Zielgruppen

Das in der Dissertation entwickelte Verfahren wurde so konzipiert, dass es mit (frei) verfügbaren Daten anwendbar ist. Grundsätzlich sind zur Anwendung des Verfahrens Strukturdaten sowie personenspezifische Daten notwendig. Strukturdaten, wie beispielsweise die Standorte von Zielgelegenheiten, können kostenlos über OpenStreetMap (OSM) genutzt werden. Die notwendigen personenspezifischen Daten werden in Deutschland über regelmäßig durchgeführte Mobilitätsbefragungen (Mobilität in Deutschland (MiD), Mobilität in Städten (SrV)) erhoben. Eine eigene Erhebung ist für die Anwendung des Verfahrens somit nicht erforderlich, was die Integration des Verfahrens in die Praxis unkompliziert ermöglicht.

Das Verfahren bietet **Mitarbeitenden der Raum-, Verkehrs- und Sozialplanung** die Möglichkeit, Problemlagen hinsichtlich mobilitätsbedingter sozialer Exklusion sichtbar zu machen und zu überwinden:

- In Untersuchungsgebieten (z. B. Städten) können im Status quo Aussagen darüber getroffen werden, welche Bezirke, Personengruppen oder Personen von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion betroffen sind.
- Maßnahmen zur Verringerung von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion können fundiert, zielgruppengerecht und zielgerichtet entwickelt werden.
- Es können Wirkungen von diversen Maßnahmen im Hinblick auf die Steigerung der gesellschaftlichen Teilhabe abgeschätzt und prognostiziert werden.
- Die Steigerung der mobilitätsbedingten Möglichkeiten zur gesellschaftlichen Teilhabe kann grundsätzlich durch die Quantifizierbarkeit mithilfe des Verfahrens in Zielsystemen der Fachplanungen (z. B. Verkehrsentwicklungsplanung) aufgenommen werden.

Verantwortliche aus der Politik können auf Basis der Bewertung von Maßnahmen im Hinblick mobilitätsbezogene soziale Exklusion fundierte Entscheidungen treffen und begründen.

Werden die auf Basis des Verfahrens entwickelte Maßnahmen umgesetzt, profitieren **sozial exkludierte Personen** durch die Erhöhung ihrer Mobilitätsoptionen enorm. Zu Bevölkerungsgruppen, die zu einem höheren Anteil (mobilitätsbedingt) sozial exkludiert sind, zählen

- **Personen mit wenig Einkommen,**
- **Personen mit Migrationshintergrund,**
- **Frauen (insbesondere mit Kindern, und hier vor allem Alleinerziehende) und**
- **ältere Menschen.**

Insgesamt profitieren zudem **Personen, die keinen Pkw nutzen (können)**. Denn durch die autogerechte Planung seit den 1950er Jahren in Deutschland haben Personen mit einem privaten Pkw deutlich mehr Mobilitätsoptionen als andere Personen. Etwa 10 Mio. Erwachsene in Deutschland besitzen jedoch keinen Führerschein und ca. 14 Mio. Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren sind zu jung für einen Führerschein. Etwa 15,5 Mio. Personen sind von Armut bedroht und können sich – wenn überhaupt – nur unter finanziellen Stress einen Pkw leisten.

Ein großer Anteil der Bevölkerung Deutschlands würde somit von Maßnahmen, die auf der Anwendung des entwickelten Verfahrens basieren, profitieren.

Zudem hat das entwickelte Verfahren auch für **Personen aus der Wissenschaft** eine hohe Relevanz. Durch die Möglichkeit der Quantifizierbarkeit der Mobilitätsoptionen, also der Darstellung der Mobilitätsoptionen mithilfe einer stetigen Variable von 0 bis 10, sind statistische Auswertungen möglich. Im Forschungsfeld mobilitätsbedingte soziale Exklusion wurden bisher für Erkenntnisgewinne zum Großteil entweder Methoden der qualitativen Sozialforschung oder GIS-gestützte Datenanalysen verwendet. Da es sich bei dem Forschungsfeld Mobilität und soziale Teilhabe um ein sehr interdisziplinäres Themenfeld handelt, profitieren nicht nur Forschende aus den Ingenieurwissenschaften von dem entwickelten Verfahren, sondern auch andere Wissenschaftsdisziplinen wie beispielsweise die Sozial- und Geisteswissenschaften.

3. Forschungsergebnisse

3.1. Kurze Darstellung des Verfahrens zur Quantifizierung von Mobilitätsoptionen

Das in der Dissertation entwickelte Berechnungsverfahren zur Quantifizierung von Mobilitätsoptionen setzt sich im Wesentlichen aus fünf Berechnungsschritten zusammen und ist im Überblick in Abbildung 1 dargestellt. Zudem kann Abbildung 1 entnommen werden, welche Einflussgrößen in welchen Berechnungsschritt einfließen. Die zu berücksichtigten Einflussgrößen wurden auf Basis einer umfangreichen Literaturanalyse abgeleitet und werden untergliedert nach Merkmalen der objektiven Erreichbarkeit und nach Merkmalen des Individuums.

Werden alle Schritte des Verfahrens durchlaufen, wird der Mobilitätsoptionenindex (MOX) berechnet, der die Mobilitätsoptionen einer Person oder Personengruppe quantifiziert. Unter dem Begriff Index wird das Zusammenfassen mehrerer Einzelindikatoren verstanden, die gemeinsam eine neue Variable ergeben. Zudem können bereits Auswertungen einzelner Berechnungsschritte als Indikatoren für die Möglichkeiten zur gesellschaftlichen Teilhabe von Personen oder Personengruppen dienen.

Im ersten Berechnungsschritt wird der Bedarf an Zielgelegenheiten analysiert. Es wird bestimmt, welche Zielgelegenheiten (z. B. Arbeitsplätze, Schulen, Supermärkte) für die betrachtete Person von Bedeutung sind und wie diese im weiteren Verlauf gewichtet werden. Innerhalb des ersten Schrittes wird die soziale Rolle einer Person als individuelles Merkmal berücksichtigt, da diese insbesondere den Mobilitätsbedarf beeinflusst. Die soziale Rolle einer Person beschreibt die Rolle, die diese in der Gesellschaft einnimmt und beinhaltet Rollenzuschreibungen und -erwartungen. Die soziale Rolle hat einen maßgeblichen Einfluss auf den Mobilitätsbedarf der Person. Für eine Studentin ist es beispielsweise von hoher Relevanz, die Universität gut erreichen zu können. Für einen Vollzeitbeschäftigten hingegen hat der Arbeitsplatz eine höhere Relevanz.

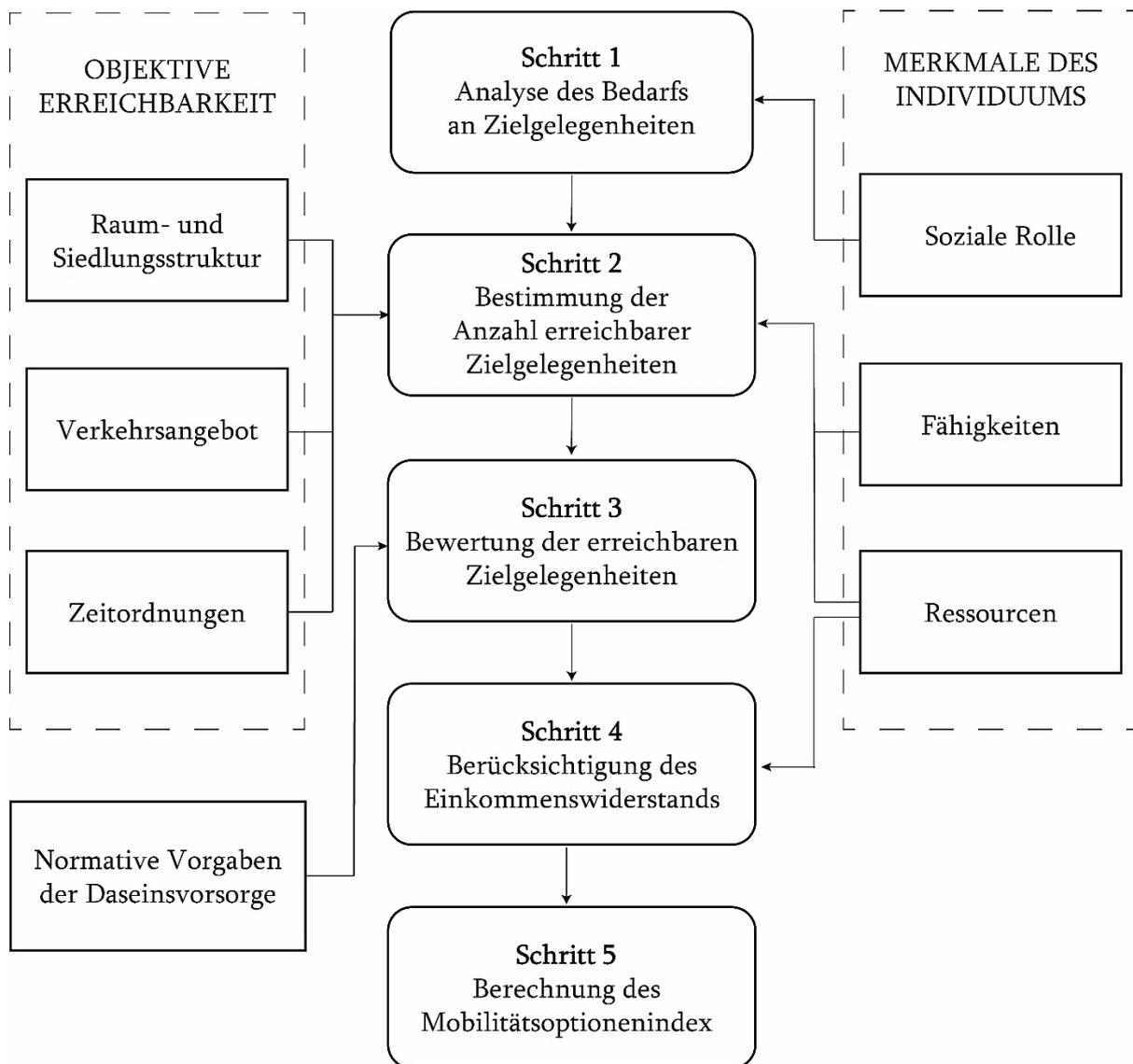


Abbildung 1: Überblick über das Berechnungsverfahren zur Quantifizierung von Mobilitätsoptionen

Im zweiten Schritt wird die Anzahl erreichbarer relevanter Zielgelegenheiten bestimmt. Grundlage dieses Schrittes ist die Reisezeit je Verkehrsmodus zu den unterschiedlichen relevanten Zielgelegenheiten. Als Verkehrsmodi wurden zu Fuß gehen, Rad, öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) und Pkw berücksichtigt. Die Basis für diesen Berechnungsschritt bilden die Raum- und Siedlungsstruktur, das Verkehrsangebot sowie die Zeitordnungen. Die Raum- und Siedlungsstruktur stellt die räumliche Verteilung der Bevölkerung und der Zielgelegenheiten (Arbeits-, Schul- und Studienplätze, Einkaufs- und Freizeitgelegenheiten u. ä.) dar. Das Verkehrsangebot umfasst die Verkehrsinfrastruktur und die angebotenen Verkehrsdienstleistungen. Die Zeitordnungen sind festgelegte Zeiten, auf die das Individuum keinen unmittelbaren Einfluss nehmen kann. Das können z. B. Öffnungszeiten von Zielgelegenheiten wie Arztpraxen oder (vom Arbeitgeber definierte) Arbeitszeiten sein. Zudem fließen in diesen Berechnungsschritt die Fähigkeiten und Ressourcen der Individuen ein, da die Reisezeit nur auf Basis nutzbarer Verkehrsmodi berücksichtigt wird. Ein Verkehrsmodus gilt als nutzbar, wenn sowohl die Ressource als auch die Fähigkeit bei der betrachteten Person vorhanden ist, diesen zu nutzen.

Im dritten Schritt des Verfahrens werden die erreichbaren Zielgelegenheiten je Zielgelegenheits-Typ bewertet und aggregiert. Um die Anzahl der erreichbaren sehr unterschiedlichen

Zielgelegenheiten aggregieren zu können, werden diese je Zielgelegenheits-Typ zunächst normiert.

Im vierten Berechnungsschritt wird der Einfluss des Einkommens mithilfe einer Einkommenswiderstandsfunktion berücksichtigt. Hier wird der Zusammenhang berücksichtigt, dass Personen mit wenig Einkommen einen höheren Widerstand haben, einen Weg zurückzulegen, da Wege in der Regel mit Kosten verbunden sind.

Im fünften Schritt mündet das Verfahren in der Berechnung eines Mobilitätsoptionenindex (MOX) mit dem Wertebereich von 0 bis 10. Je höher der berechnete Wert ist, umso mehr Möglichkeiten hat eine Person mobilitätsbedingt sozial teilhaben zu können. Der MOX kann sowohl verkehrsmodusspezifisch für eine bestimmte Personengruppe ($MOX_{PG,m}$) oder auch personenbezogen (MOX_P) unter Berücksichtigung aller individuellen Merkmale einer Person berechnet werden.

3.2. Exemplarische Anwendung des Verfahrens

Zur Veranschaulichung des Verfahrens wurde dieses im Rahmen der Dissertation exemplarisch für die Kleinstadt Ronnenberg in der Region Hannover angewendet. Es wurde sowohl der verkehrsmodusspezifische MOX unterschiedlicher Personengruppen ($MOX_{PG,m}$) als auch der personenbezogene MOX_P berechnet. Mithilfe des $MOX_{PG,m}$ können insbesondere vergleichende Analysen zwischen unterschiedlichen Verkehrsmodi, Bezirken und Personengruppen durchgeführt werden. Als Kennwert in der Planungspraxis kann beispielsweise der mittlere MOX eines Untersuchungsgebietes betrachtet werden. Eine beispielhafte Auswertung für Ronnenberg ist Abbildung 2 zu entnehmen. Ronnenberg wurde in 19 Auswertebzirke unterteilt und der MOX_{PG} je Verkehrsmodus berechnet. In Abbildung 2 dargestellt ist jeweils der Mittelwert für den entsprechenden Auswertebzirk. Im Norden grenzt Ronnenberg direkt an die Landeshauptstadt Hannover. Während die nördlichen Stadtbezirke eher urban geprägt sind, werden die Auswertebzirke Richtung Süden zunehmend ländlicher.

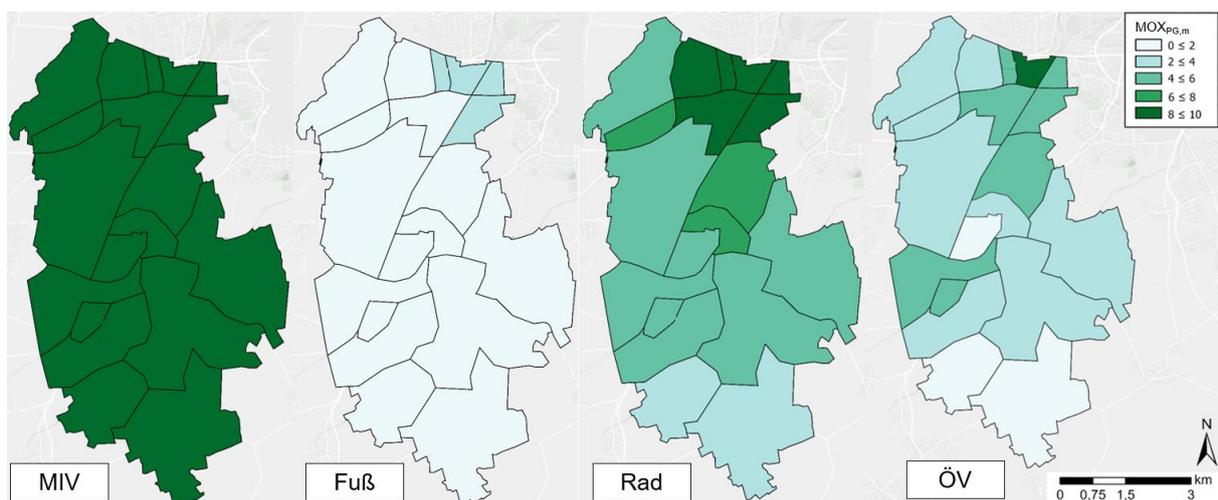


Abbildung 2: Exemplarische Anwendung des verkehrsmodusspezifische $MOX_{PG,m}$ in der Stadt Ronnenberg

Wie Abbildung 2 entnommen werden kann, wird mit dem Pkw (MIV – Motorisierter Individualverkehr) in allen Auswertebzirken ein maximaler MOX von 10 Punkten erreicht. Zu Fuß wird hingegen in den meisten Auswertebereichen nur ein $MOX_{PG,m}$ von unter 2 Punkten erreicht. Personen, die in diesen Auswertebzirken hauptsächlich zu Fuß unterwegs sind, haben ein hohes Risiko, von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion betroffen zu sein. Beim ÖV zeigen

sich Defizite in den Mobilitätsoptionen hauptsächlich in den südlichen (ländlichen) Auswertebezirken.

Des Weiteren kann der $MOX_{PG,m}$ wie beschrieben zudem nach unterschiedlichen Personengruppen und Verkehrsmodi ausgewertet werden. In Tabelle 1 ist eine solche Auswertung exemplarisch für einen suburbanen Auswertebezirk in Ronnenberg für ausgewählte Personengruppen veranschaulicht.

Tabelle 1: $MOX_{PG,m}$ ausgewählter Personengruppen für einen suburbanen Auswertebezirk in Ronnenberg

Personengruppe	Pkw	zu Fuß	Rad	ÖV
Vollzeit berufstätig (25-44 J.)	10,00	0,92	5,96	3,74
In Ausbildung	10,00	0,63	4,84	3,71
In der Schule (SEKII) (>17 J.)	10,00	0,92	3,72	2,37
Hausfrau/-mann (<= 44 J.)	10,00	2,03	8,83	3,73
Im Ruhestand	10,00	1,56	8,66	3,73
....				

Wie die Auswertung anhand exemplarischer Personengruppen zeigt, unterscheidet sich der $MOX_{PG,m}$ nach den Personengruppen zum Teil deutlich. Insbesondere beim Verkehrsmittel Rad haben Personen im Ruhestand mit 8,66 Punkten beispielsweise einen vergleichsweise hohen $MOX_{PG,m}$, wohingegen dieser bei Personen in der Schule (Sekundarstufe II) mit 3,72 Punkten deutlich geringer ausfällt. Diese exemplarische Auswertung verdeutlicht, dass die Berücksichtigung unterschiedlicher Personengruppen für eine bedarfsgerechte Planung von entscheidender Bedeutung ist.

Im Rahmen der Arbeit wurde zudem ein relativer Grenzwert hergeleitet, der angibt, wie hoch der MOX mindestens sein muss, damit die Personen ausreichend sozial teilhaben können. Personen, deren MOX unter diesen Grenzwert fällt, haben ein sehr hohes Risiko mobilitätsbedingt sozial exkludiert zu sein und deren Sicherung der Daseinsvorsorge ist gefährdet. Der MOX macht dieses Problem sichtbar, sodass Fachplanungen bedarfsgerecht und gezielt mit wirksamen Maßnahmen eingreifen können. Der Grenzwert kann theoretisch für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen separat berechnet werden. Haushalte mit Kindern gelten beispielsweise als hochmobile Gruppe und legen mehr Wege sowie komplexere Wegeketten zurück als andere Bevölkerungsgruppen. Für diese hochmobile Gruppe könnte beispielsweise ein anderer Grenzwert hinsichtlich des MOX angesetzt werden als für andere Bevölkerungsgruppen. In Ronnenberg liegt der Grenzwert für die Haushalte mit Kindern beispielsweise bei 3,82 Punkten. Auswertungen zeigen, dass der MOX von etwa 2.000 Personen aus Haushalten mit Kindern unter diesen Grenzwert fällt, was bedeutet, dass diese ein hohes Risiko für soziale Exklusion haben. Dies entspricht etwa 20 % aller Personen in Haushalten mit Kindern in Ronnenberg.

Im Rahmen der Dissertation wurden zudem weitere Auswertungen und Analysen durchgeführt, die wissenschaftliche Fragenstellungen adressieren. Beispielsweise wurde geprüft, inwieweit sich die Mobilitätsoptionen zwischen verschiedenen Bevölkerungsgruppen unterscheiden. Hierzu wurde der mittlere MOX_P für unterschiedliche vulnerable Bevölkerungsgruppen berechnet und dieser mit dem einer entsprechenden Vergleichsgruppe gegenübergestellt (siehe Abbildung 3).

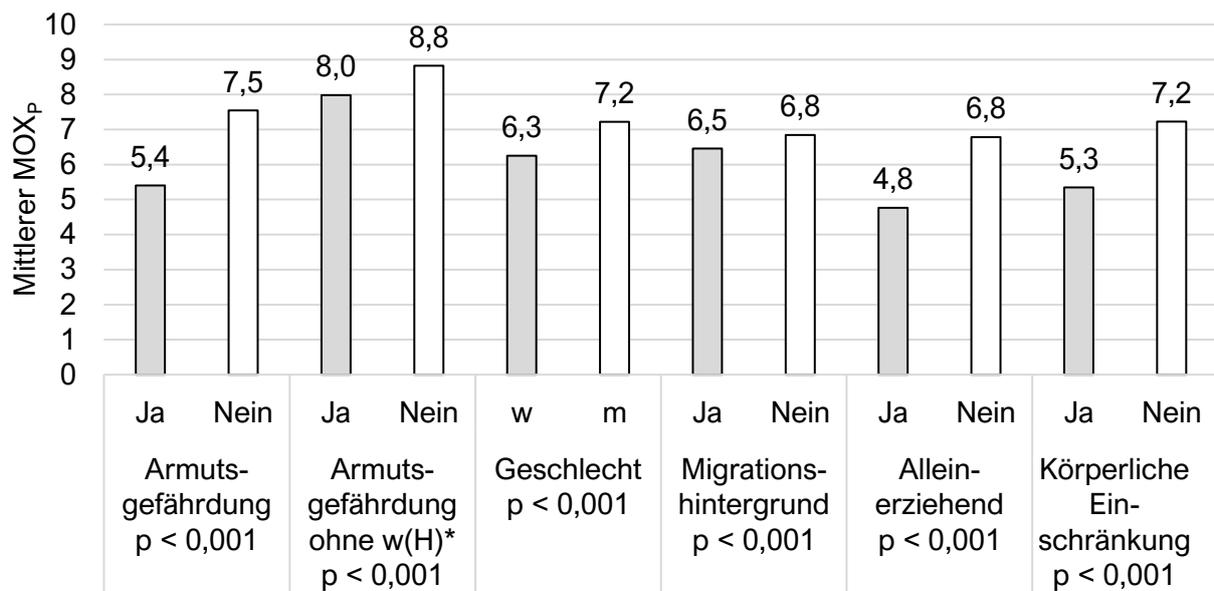


Abbildung 3: Mittlerer MOXP für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen am Beispiel der Stadt Ronnenberg

Im Mittel hat eine Person, die armutsgefährdet ist, einen MOXP von 5,4 und eine Person, die nicht armutsgefährdet ist, einen MOXP von 7,5 Punkten. Mithilfe eines statistischen Tests (Mann-Whitney-U-Test) wurde nachgewiesen, dass sich diese beiden Mittelwerte signifikant voneinander unterscheiden. Dies gilt auch für die anderen Bevölkerungsgruppen, die in Abbildung 3 dargestellt sind.

Insgesamt kann Abbildung 3 entnommen werden, dass armutsgefährdete Personen, Frauen, Personen mit Migrationshintergrund, Alleinerziehende sowie Personen mit körperlichen Einschränkungen signifikant weniger Mobilitätsoptionen haben als andere Bevölkerungsgruppen. Sie haben somit generell ein höheres Risiko für mobilitätsbedingte soziale Exklusion.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass eine zielgruppenspezifische Planung, die auch vulnerable Bevölkerungsgruppen miteinschließt, notwendig ist, um eine soziale Teilhabe für die gesamte Bevölkerung zu erreichen. Das in der Dissertation entwickelte Verfahren liefert dafür ein zentrales Instrument.