
Entwicklung einer GIS-basierten Methode zur Analyse der Mobilitätsgerechtigkeit – Am Beispiel des Radverkehrs für die Kommune Langenhagen in der Region Hannover

Alena Fischer*, Carsten Sommer

Siehe AutorInnenangaben

Abstract

Dieser Beitrag zeigt eine Möglichkeit auf, Mobilitätsgerechtigkeit auf räumlicher Ebene GIS-basiert zu untersuchen. Die Verteilung ausgewählter Nutzen und Kosten des Verkehrs am Beispiel von Erreichbarkeiten, fahrradfreundlicher Infrastruktur und Verkehrslärm wird differenziert nach ökonomischem Status betrachtet. Ergebnisse sind, dass Personen mit geringerem ökonomischem Status einen geringeren Streckenanteil mit separater Radverkehrsführung zurücklegen können, höheren Stresslevels und höherem Verkehrslärm im Wohnumfeld ausgesetzt sind.

Schlagwörter / Keywords:

Mobilitätsgerechtigkeit, GIS, Verteilungsdisparitäten, Fahrradinfrastruktur, Radfahrqualität, ökonomische Unterschiede

1. Einleitung

Aspekte der räumlichen Verteilung der Nutzen und Kosten von Verkehrssystemen auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen (und damit Effekte der Verteilungsgerechtigkeit) fehlen als Bewertungskriterien häufig in Bewertungsverfahren der Verkehrsplanung wie bspw. Kosten-Nutzen-Analysen (Lucas et al. 2015: 474 f.). Eine Analyse dieser räumlichen Verteilung ist jedoch Voraussetzung, um von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion gefährdete Gruppen identifizieren und deren Mobilitätsoptionen verbessern zu können (Di Ciommo und Shiftan 2017: 142). Mobilitätsoptionen stellen eine Voraussetzung für soziale Teilhabe dar und deren Einschränkung kann zu sozialer Exklusion führen. Soziale Ungleichheiten, die zu sozialer Exklusion beitragen können, sollten also auf Ebene der Mobilitätsoptionen exemplarisch beispielsweise in Form des Verkehrsangebots und nicht auf der Ebene der realisierten Mobilität betrachtet werden. (FGSV 2015: 13)

Um diese Aspekte sozialer Gerechtigkeit mehr ins Bewusstsein zu rücken und in der Verkehrsplanung zu berücksichtigen, hat sich international – insbesondere im britischen und nordamerikanischen Raum – das Forschungsfeld rund um „transport equity“ entwickelt, was mit Mobilitätsgerechtigkeit übersetzt wer-

den kann (Di Ciommo und Shiftan 2017: 139). Unter Mobilitätsgerechtigkeit wird die faire Verteilung der Nutzen und Kosten des Verkehrs auf verschiedene Bevölkerungsgruppen verstanden: Dies umfasst erstens den Zugang zu Mobilität(soptionen), zweitens die Verteilung externer Effekte der Verkehrssysteme und drittens auch Verteilungswirkungen verkehrspolitischer Instrumente auf unterschiedliche gesellschaftliche Gruppen (Rammler et al. 2022: 7; Litman 2020: 2f.; Lucas et al. 2019: 13). Was als fair definiert wird, ist dabei immer abhängig von dem zugrundegelegten Gerechtigkeitsprinzip (Martens 2017: 215; Lucas et al. 2019: 13). Im Rahmen dieses Beitrags wird sich auf die ersten beiden Aspekte fokussiert. Forschungsbedarf besteht im Hinblick darauf, wie Mobilitätsgerechtigkeit empirisch untersucht und messbar gemacht werden kann (Di Ciommo und Shiftan 2017: 139). Deshalb widmet sich dieser Beitrag einer geoinformationsbasierten, quantitativen Analyse von Mobilitätsgerechtigkeit auf kommunaler Ebene beispielhaft für das Verkehrssystem Radverkehr. Der Radverkehr wurde exemplarisch gewählt, da sich bisher wenige Studien der Analyse der „transport equity“ im Radverkehr und ökonomisch bedingten Disparitäten im Zugang zu Radverkehrsinfrastruktur gewidmet und diese Studien

*Korrespondierende Autorin

Disparitäten zwischen unterschiedlichen Einkommensgruppen im Zugang zu radfreundlicher Infrastruktur in den betrachteten Untersuchungsgebieten festgestellt haben (Braun et al. 2019: 1; Kent und Kärner 2018: 1; Caggiani et al. 2019: 59; Wang und Lindsey 2017: 29; Prelog 2015: 16). Am Beispiel des Radverkehrs wird also die sogenannte „doppelte Gerechtigkeitslücke der Verkehrssysteme“ analysiert: Es wird ermittelt, inwiefern ökonomisch benachteiligte Bevölkerungsgruppen über einen vergleichsweise geringeren Zugang zu Verkehrssystemen und folglich Zielgelegenheiten verfügen und gleichzeitig überdurchschnittlichen verkehrsinduzierten Umweltbelastungen ausgesetzt sind (Rammler und Schwedes 2018: 10). Dafür wird eine GIS-basierte Methode entwickelt, mit dem Ziel, Mobilitätsgerechtigkeit am Beispiel des Radverkehrs auf räumlicher Ebene zu analysieren und operationalisieren. Diese neu entwickelte Methode wird exemplarisch auf die Kommune Langenhagen angewendet. Diese liegt in der Region Hannover, womit dieser Beitrag an das vom BMBF geförderte Forschungsprojekt Social2Mobility mit seinem räumlichen Fokus anknüpft (Rozynek et al. 2020: 22). Die Grundlage dieses Beitrages ist die Masterarbeit der Autorin (Fischer 2021).

Untersucht wird die Verteilung von Erreichbarkeiten mit dem Fahrrad – in Form von Reisezeiten, Streckenlängen, separaten Führungsformen des Radverkehrs und Straßen mit niedrigen Stresslevels (stellvertretend für Nutzen des Verkehrs) – sowie die Verteilung von Lärmbelastungen des Straßen- und Schienenverkehrs und hoher Stresslevels (stellvertretend für Kosten des Verkehrs) aus Perspektive der Mobilitätsgerechtigkeit. Die Verteilungsmuster werden differenziert für Haushalte aus Wohngebieten mit geringerem und aus Wohngebieten mit höherem ökonomischem Status betrachtet, da das Einkommen und der ökonomische Status, der Wohnstandort und die Mobilitätsoptionen häufig stark zusammenhängen (Lucas et al. 2019: 27). Es wird untersucht, ob Haushalte aus Wohngebieten mit geringerem ökonomischem Status von höheren Radreisezeiten zu den betrachteten Zielen, einer geringeren Anbindung über separate Führungsformen des Radverkehrs, größeren Streckenanteilen auf Straßen mit hohen Stresslevels sowie von höherem Verkehrslärm betroffen sind.

2. Entwicklung einer GIS-basierten Methode zur Analyse von Mobilitätsgerechtigkeit am Beispiel des Radverkehrs

2.1 Auswahl der Dimensionen und Bestimmung der Indikatoren für die Analysesystematik

Um Mobilitätsgerechtigkeit zu operationalisieren, bedarf es der Auswahl der betrachteten Dimensionen und geeigneter Indikatoren. Hier wird sich aufgrund der GIS-basierten Methodik auf räumlich messbare Di-

mensionen beschränkt, wenngleich für eine umfassendere Betrachtung weitere Dimensionen wie die prozessuale Gerechtigkeit, die sich der Frage der Repräsentation verschiedener Bevölkerungsgruppen in Planungsprozessen widmet, qualitativ untersucht werden müssten (McCahill und Ebeling 2015: 2). Basierend auf Lucas et al. (2019: 14) werden die drei Analysedimensionen *Erreichbarkeit*, *Verkehrssicherheit* und *verkehrsinduzierte Umweltbelastungen* ausgewählt. Exemplarisch für die *verkehrsinduzierten Umweltbelastungen* wird der Straßen- und Schienenverkehrslärm betrachtet. Für die Erreichbarkeitsanalysen werden Alltagsziele genutzt, die v. a. für Haushalte mit Kindern unter 18 Jahren relevant sind. Diese sind besonders von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion bedroht und sie beziehen im Untersuchungsgebiet zu einem überdurchschnittlichen Anteil Mindestsicherungsleistungen (Dezernat für Soziale Infrastruktur 2015: 51; Doran et al. 2021: 2; Stark 2017: 89). Zudem bilden sie die Zielgruppe des Forschungsprojekts Social2Mobility (Rozynek et al. 2020: 14). Als Zielkategorien dienen Lebensmittelgeschäfte, Hausärzte, Kindertagesstätten (KiTas), Grundschulen, weiterführende Schulen sowie Grün- und Erholungsflächen. Um die betrachteten Dimensionen der Mobilitätsgerechtigkeit am Beispiel des Radverkehrs zu operationalisieren, werden die Indikatoren in Abbildung 1 ausgewählt. Unterschieden wird zwischen ausschließlich wohnstandortbezogenen (rechts) und sowohl wohnstandort- als auch routenbezogenen Indikatoren (links).

Die Analysedimension *Erreichbarkeit* wird für die sechs Zielkategorien mit vier Indikatoren untersucht: (1) Radreisezeiten, (2) Streckenlängen, (3) Streckenanteile mit separater Radverkehrsführung (abgekürzt: RVA-Anteile) und (4) Streckenanteile hoher Stresslevel 3 und 4. Zu den betrachteten Führungsformen der RVA-Anteile zählen gemeinsame und getrennte Geh- und Radwege, straßenunabhängige Radwegführung sowie Radfahr- und Schutzstreifen. Diese Indikatoren werden für jede berechnete Route zu jeder Zielkategorie bestimmt. Es wird sich also für netzwerkbasierter Erreichbarkeitsanalysen entschieden (Schwarze 2015: 197, 214). Für die Erreichbarkeitsmessung in Form der vier Indikatoren werden Reiseaufwandsindikatoren genutzt: Es wird der Reiseaufwand summiert, der zum Erreichen einer festgelegten Anzahl von Zielgelegenheiten geleistet werden muss und dieser wird durch die Anzahl der Zielgelegenheiten dividiert, um den mittleren Reiseaufwand, z. B. die mittlere Reisezeit zu den nächsten drei Hausärzten, zu erhalten (Schwarze 2015: 55). Als weiterer Indikator für die Dimension *Erreichbarkeit* wird im Hinblick auf den Zugang zum Verkehrssystem Radverkehr die Entfernung vom Wohnstandort bis zur nächsten Radverkehrsanlage untersucht. Somit werden mehrere Indikatoren für

die Mobilitätsgerechtigkeit im Radverkehr herangezogen. Eindimensionale Kenngrößen wie der Bicycle Equity Index von Prelog (BEI) werden also ergänzt. Der BEI misst ausschließlich die Lage von Zensusquadraten inner- bzw. außerhalb von 400 m Pufferzonen um

Radverkehrsanlagen (Luftlinie); die Qualität und routenbasierte Erreichbarkeit der Radverkehrsanlagen vom Wohnstandort aus berücksichtigt er nicht (Prelog 2015: 8f.).

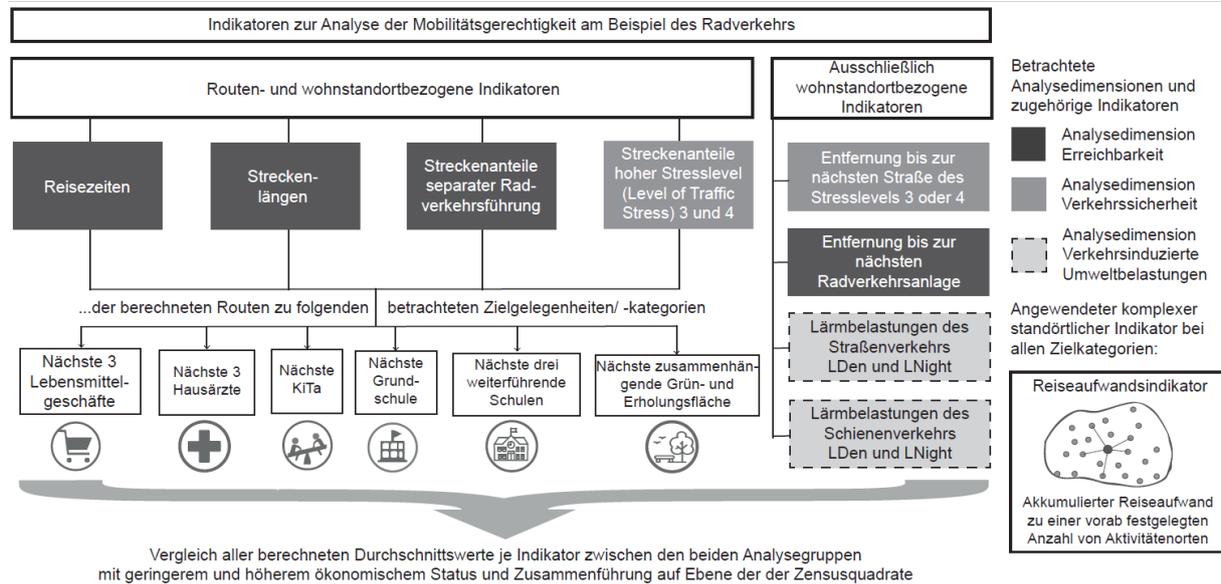


Abbildung 1: Betrachtete Indikatoren zur Operationalisierung der Analysedimensionen von Mobilitätsgerechtigkeit in Verknüpfung mit den betrachteten Zielkategorien (Eigene Darstellung 2022)

Die Analysedimension *Verkehrssicherheit* wird erstens über die Entfernung vom Wohnstandort bis zur nächsten Straße eines hohen Levels of Traffic Stress (LTS) 3 oder 4 sowie zweitens über den Streckenanteil hoher LTS 3 und 4 der Routen zu den Zielkategorien erfasst. Die Systematik der Levels of Traffic Stress beurteilt Straßenabschnitte nach deren Stressfaktor und der dadurch beeinflussten subjektiven Sicherheit für Radfahrende (Graf 2016: 86; Furth et al. 2012: 1; Furth et al. 2016: 43). Es gibt vier ansteigende Level, wobei die Einstufung eines Straßenabschnitts auf Basis von Parametern wie zulässiger Höchstge-

windigkeit, Führungsform des Radverkehrs oder Breite der Radverkehrsanlage erfolgt. Die LTS-Kategorien wurden dafür auf die Führungsformen in Deutschland angepasst (siehe Tabelle 1). Die Stresslevel werden zusammengefasst in 2 Gruppen: stressärmere Straßen (LTS 1 und 2) und Straßen höherer Stresslevel (LTS 3 und 4). Der Streckenanteil höherer Stresslevel (abgekürzt: LTS34-Anteil) wird als Indikator betrachtet. Die Dimension *verkehrsinduzierte Umweltbelastungen* wird anhand der Lärmbelastungen L_{Den} und L_{Night} des Straßen- und Schienenverkehrs untersucht.

Tabelle 1: Systematik der Einstufung der Straßenabschnitte in Levels of Traffic Stress (LTS); grau hervorgehoben sind die LTS-Kategorien, die für diese Untersuchung als Indikatoren herangezogen werden (Eigene Darstellung 2022)

LTS	V _{max} in km/h	Führungsform	Breite RVA in m	Kfz/h	Begründung	Aufbauend auf/ Quellen
1	≤ 10	Baulich angelegter Radweg	≥ 2,00		Separierung vom Kfz- Verkehr, verkehrsberuhigte Nebenstraßen, Fuß- und Radwegeverbindungen in Wohnvierteln	Graf 2016: 90; Furth et al. 2018: 816ff.; FGSV 2010: 28; FGSV 2006: 82
		Getrennter Geh- und Radweg	≥ 2,00			
		Gemeinsamer Geh-/ Radweg außerorts	≥ 2,00			
		Gemeinsamer Geh-/ Radweg innerorts im ERV	≥ 2,50			
		Gemeinsamer Geh-/ Radweg innerorts im ZRV	≥ 3,00			
		Gehweg Radfahrer frei im ERV/ ZRV	> 3,00			
2	> 10 – 30	Mischverkehr		≤ 800	Mischverkehr bei maximal Tempo 30, Radfahrstreifen	Graf 2016: 94; Furth et al. 2016: 43
	≤ 50	Radfahrstreifen	≥ 1,85			
3	> 30	Gemeinsamer Geh-/ Radweg innerorts im ZRV	< 3,00	≥ 1000	Unterschrittene Mindestbreiten separater Führungsformen, Schutzstreifen: hoher Interaktionsgrad mit MIV (häufig zu geringe Sicherheitsabstände)	ADFC 2018: 19; Graf 2016: 181
	> 30	Gehweg – Radfahrer frei	< 3,00			
	> 30	Radfahrstreifen	< 1,85			
	> 30	Schutzstreifen	> 1,25/1,50			
4	≥ 50	Mischverkehr		v. a. ≥ 400	Hohe Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Rad- & Kfz-Verkehr	Graf 2016: 90; FGSV 2010: 23
	≥ 50	Schutzstreifen	< 1,25			

Erläuterung der Abkürzungen: V_{max} = Zulässige Höchstgeschwindigkeit, RVA = Radverkehrsanlage, ERV = Einrichtungsverkehr, ZRV = Zweirichtungsverkehr

2.2 Datenaufbereitung und Verkehrsnetzwerkerstellung

Die verwendeten (Geo-)Daten lassen sich in Grundlagen-, Verkehrs-, Lärm- sowie Sozial- und Raumstrukturdaten differenzieren. Die Grundlagendaten setzen sich aus Daten von OpenstreetMap (OSM) zusammen, wozu das Straßennetz und die Points of Interest (POI) zählen. Zusätzlich werden administrative Verwaltungsgrenzen herangezogen. Die betrachteten Zielkategorien werden aus dem POI-Layer extrahiert, aufbereitet und aktualisiert. Verkehrs-, Lärm- und Sozialstrukturdaten werden darüber hinaus von der Untersuchungskommune bezogen.

Als Quellstandorte der Netzwerk- bzw. Erreichbarkeitsanalysen dienen die Wohnstandorte der Einwohnenden, die in zwei Analyseteilgruppen auf Basis des ökonomischen Status differenziert werden. Gebiete mit einem hohen Anteil von Menschen mit geringerem Einkommen bzw. von Menschen, die in Einkommensarmut leben und daher SGB II beziehen (fünftes Quintil der Verteilung der Leistungsempfängenden nach SGB II), werden hier als Gebiete mit geringerem ökonomischem Status definiert. Haushalte, die in diesen Gebieten leben, werden abgekürzt als Haushalte mit geringerem ökonomischem Status bezeichnet. Die Grundsicherung SGB II, umgangssprachlich „Hartz IV“, beschreibt die staatliche Transferleistung für erwerbsfähige Personen, die ihren Lebensunterhalt nicht selbst bestreiten können. Der SGB-II-Regelbedarf betrug zum Erhebungszeitpunkt (im Jahr 2017) 409 Euro für eine alleinlebende Person (Presse- und Informationsamt der Bundesregierung 2016).

Als Gebiete mit einem höheren ökonomischen Status hingegen werden Gebiete verstanden, in denen ein geringerer Anteil an Menschen von SGB II lebt (erstes bis viertes Quintil der Verteilung der Leistungsempfängenden nach SGB II). Haushalte, die in diesen

Gebieten leben, werden abgekürzt als Haushalte mit höherem ökonomischem Status bezeichnet. Vereinfachend wird folgend bei Haushalten mit geringerem ökonomischem Status von der **Zielgruppe** und bei Haushalten mit höherem ökonomischem Status von der **Vergleichsgruppe** gesprochen.

Für die Quellstandorte der Erreichbarkeitsanalysen werden stellvertretend für die Wohnstandorte die Zentroide (= Mittelpunkte) der Zensusquadrate (ZQ) des Zensus 2011 in 100 x 100 m Auflösung genutzt.

Das Straßennetz wird in GIS im Hinblick auf relevante Parameter für den Radverkehr aufbereitet. Hierzu zählt die Extraktion und Projektion des für den Radverkehr nutzbaren Straßennetzes, die Modellierung steigungsabhängiger Geschwindigkeiten und Reisezeiten mit dem Fahrrad (in Anlehnung an Schwarze 2015: 214, 311) und die Einstufung in für die Stresslevel relevante Attribute. Bei den Reisezeiten ist zu beachten, dass diese keine Zu- und Abgangszeiten beinhalten, sondern die reine Fahrzeit in Abhängigkeit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 16 km/h bei 0 % Steigung abbilden (Schwarze 2015: 215). Es wird ein routingfähiges Verkehrsnetzwerk erstellt, das im Rahmen der Netzwerkanalysen neben Radreisezeiten und Streckenlängen weitere Kostenattribute akkumulieren kann: die Länge unterschiedlicher Führungsformen und Levels of Traffic Stress und deren Anteil an der jeweiligen Gesamtstrecke.

2.3 Identifizierung von Mehrfachbelastungen

Durch Nutzung der Zensusquadrate als Bezugseinheit und das Übereinanderlegen der berechneten Werte ist es möglich, Gebiete mit Mehrfachbelastungen zu identifizieren, wie Abbildung 2 schematisch darstellt. Um Benachteiligungen festzustellen, werden die Verteilungen der Wirkungswerte in Quintile eingeteilt (Helbig und Jaehnen 2019: 11) und die unteren

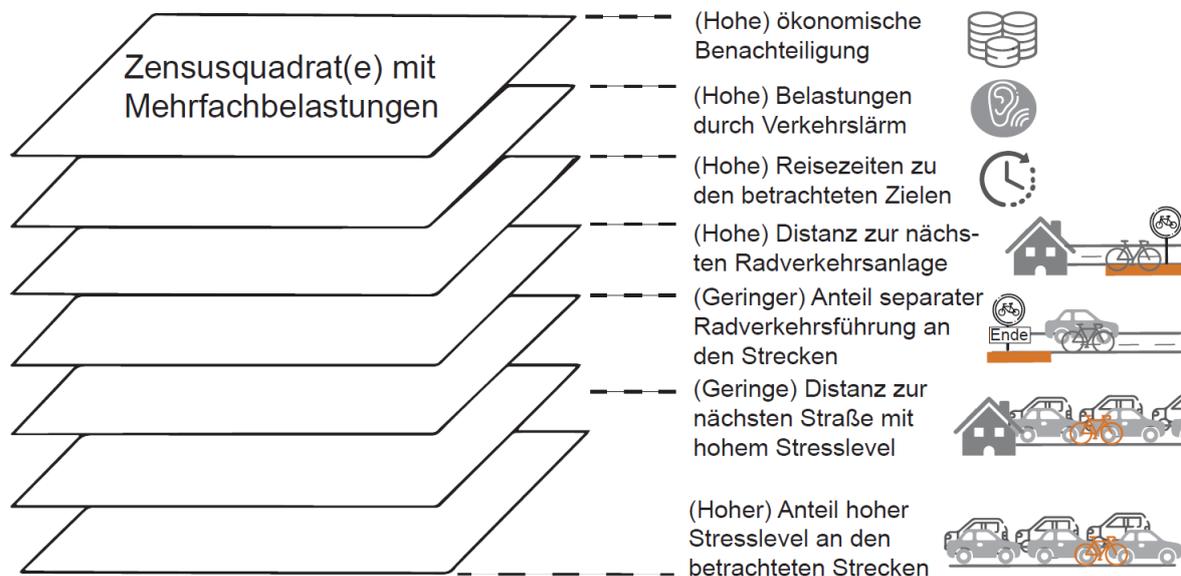


Abbildung 2: Schematische Darstellung von Zensusquadraten mit Mehrfachbelastungen (Eigene Darstellung 2022)

bzw. oberen beiden Quintile eines Indikators werden im stadtweiten Vergleich als benachteiligt eingestuft (Ausnahme: Identifizierung ökonomischer Benachteiligung wie unter 2.2 beschrieben). Bei den RVA-Anteilen zum Beispiel sind dies die niedrigsten zwei Quintile entsprechend den geringsten RVA-Anteilen, bei den Stresslevels werden das vierte und fünfte Quintil berücksichtigt.

Die Einstufung nach Quintilen erfolgt u.a. in Anlehnung an die „Accessibility Poverty Lines“, die sich an den beobachteten Werten des Untersuchungsgebiets orientieren und unterschiedliche Abweichungen vom Mittelwert der Erreichbarkeit darstellen (Martens und Bastiaansen 2019: 45f.). Anstelle der Berechnung eines Mobilitätsgerechtigkeitsindex, bei dem Defizite in einem Bereich durch Stärken in einem anderen ausgeglichen werden können – wie dies bei Kosten-Nutzen-Analysen vorkommen kann (Scheiner 2003: 4) –, werden im gesamtstädtischen Vergleich benachteiligte Gebiete durch die Bildung von Quintilen identifiziert. Die Durchschnittswerte und räumlichen Verteilungen einzelner Indikatoren werden gegenübergestellt und nach ökonomischem Status sowie Zielkategorie differenziert. Zudem werden die Indikatoren teilweise aggregiert, indem übergreifende Mittelwerte für die Radreisezeit, den RVA- und LTS34-Anteil berechnet werden.

3. Anwendung der entwickelten Analyse-methode auf das Untersuchungsgebiet Langenhagen

3.1 Ergebnisse im Überblick

Um Verteilungsdisparitäten in Bezug auf Mobilitätsgerechtigkeit aufzudecken, werden Hypothesen aufgestellt. Durch Anwendung der Analyse-methode auf Langenhagen können die in Abbildung 3 aufgeführten Hypothesen bestätigt oder verworfen werden. Die überprüften Hypothesen sollen zunächst einen Überblick über die gebietsspezifischen Ergebnisse geben. Sie werden teils differenziert nach Zielkategorien überprüft, die in Form von Symbolen veranschaulicht und in der Legende rechts erläutert sind. Ist die Hypothese für eine Zielkategorie zutreffend, ist das Symbol orange, anderenfalls grau und durchgestrichen.

Entgegen vorheriger Annahme sind die Radreisezeiten der Zielgruppe im Durchschnitt in Langenhagen bei vier von sechs Zielkategorien kürzer als diejenigen der Vergleichsgruppe (Hypothese 1 widerlegt). Hypothese 2 lässt sich ebenso nicht bestätigen, da die durchschnittliche Entfernung vom Wohnstandort aus bis zur nächsten Radverkehrs-anlage zwischen Zielgruppe mit 273 m und der Vergleichsgruppe mit 269 m sehr ähnlich ausfällt. Wird jedoch die Verteilung hoher Stresslevels und separater Führungsformen des Radverkehrs betrachtet, zeigt sich für die Mehrzahl der betrachteten Zielgelegenheiten

Hypothesen	Ergebnisse für Langenhagen	Legende
Haushalte mit geringerem ökonomischem Status...		
(1) ...verfügen aufgrund ihrer Wohnlage über Erreichbarkeitsdefizite, in Form höherer Radreisezeiten und Streckenlängen.		Lebensmittelgeschäfte Hausärzte KiTas
(2) ... haben einen geringeren Zugang zu Radverkehrs-anlagen (RVA), ausgehend von ihrem Wohnstandort.		Grundschulen Weiterführende Schulen
(3) ...verfügen über einen geringeren Zugang zu ihren Zielgelegenheiten über separate Führungsformen des Radverkehrs; höhere Streckenanteile müssen auf Straßen höherer Stresslevels zurückgelegt werden.		Hypothese zutreffend für diese Zielkategorie Hypothese nicht zutreffend für diese Zielkategorie
(4) ...haben ein Wohnumfeld, das vergleichsweise höher von Straßen hoher Verkehrs-stärken und hoher Stresslevel geprägt ist.	Hohe Verkehrsstärken Hohe Stresslevel	Hypothese zutreffend Hypothese nicht zutreffend
(5) ... sind höheren Lärmbelastungen des Straßen- und Schienenverkehrs ausgesetzt.		
(6) ... sind häufiger von Mehrfachbelastungen betroffen als die Vergleichsgruppe.		

Abbildung 3: Prüfung der Hypothesen basierend auf den gebietsspezifischen Ergebnissen bei Anwendung der entwickelten Analyse-methode auf Langenhagen (eigene Darstellung 2022)

ein konträres Bild (Hypothese 3): Tendenziell kann die Zielgruppe einen geringeren Anteil ihrer Wege auf separaten Radverkehrsanlagen zurücklegen und muss einen höheren Streckenanteil auf Stress induzierenden Straßen fahren.

Im Wohnumfeld der Zielgruppe (in maximal 75 m Entfernung von den Zentroiden) liegen höhere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken im MIV vor (551 Kfz/h bei der Zielgruppe und 458 Kfz/h bei der Vergleichsgruppe), sodass der erste Teil von Hypothese 4 zutreffend ist. Bei den Stresslevels der Straßen im Wohnumfeld gibt es jedoch keine nennenswerten Unterschiede, sodass der zweite Teil der Hypothese 4 widerlegt ist. Hypothese 5 mit den höheren Lärmbelastungen im Wohnumfeld der Zielgruppe ist zutreffend, ebenso wie Hypothese 6: Im Vergleich ist ein höherer Anteil der Zielgruppe mehrfachbelastet.

3.2 Differenzierung nach ökonomischem Status

Auf Basis zweier Indikatoren, die auf Viertelebene vorliegen, werden die Stadtviertel nach ökonomischem Status differenziert: (1) Anteil der Leistungsempfängenden nach dem SGB II und (2) Anteil von Personen in Bedarfsgemeinschaften im Sinne des SGB II. Bedarfsgemeinschaften bestehen aus einer oder mehreren Personen; mindestens eine Person muss erwerbsfähig und leistungsberechtigt nach SGB II sein. Zusätzlich können Kinder unter 25 Jahren und (Ehe-)Partner*innen dazu gehören (BMAS 2021). Wenn ein Stadtviertel mindestens bei einem der beiden Indikatoren im fünften Quintil der Verteilung liegt, wird es als Viertel mit geringerem ökonomischem Status eingestuft und somit der Zielgruppe zugeordnet (siehe Abbildungen 4 und 5).

Bei dieser Zuordnung muss berücksichtigt werden, dass aufgrund der Datenlage lediglich zwei Indikatoren herangezogen wurden, um die Gebiete mit hoher Armutsquote zu identifizieren. Auch in diesen Gebieten leben Personen mit mittleren und hohen Einkommen – wenn auch zu einem geringeren Anteil. Für eine umfassendere Bestimmung des ökonomischen Status wären nicht nur der SGB-II-Bezug, sondern auch weitere Indikatoren wie das Einkommen selbst und deren feingliedrige Auflösung möglichst auf Zensusquadrat-Ebene hilfreich.

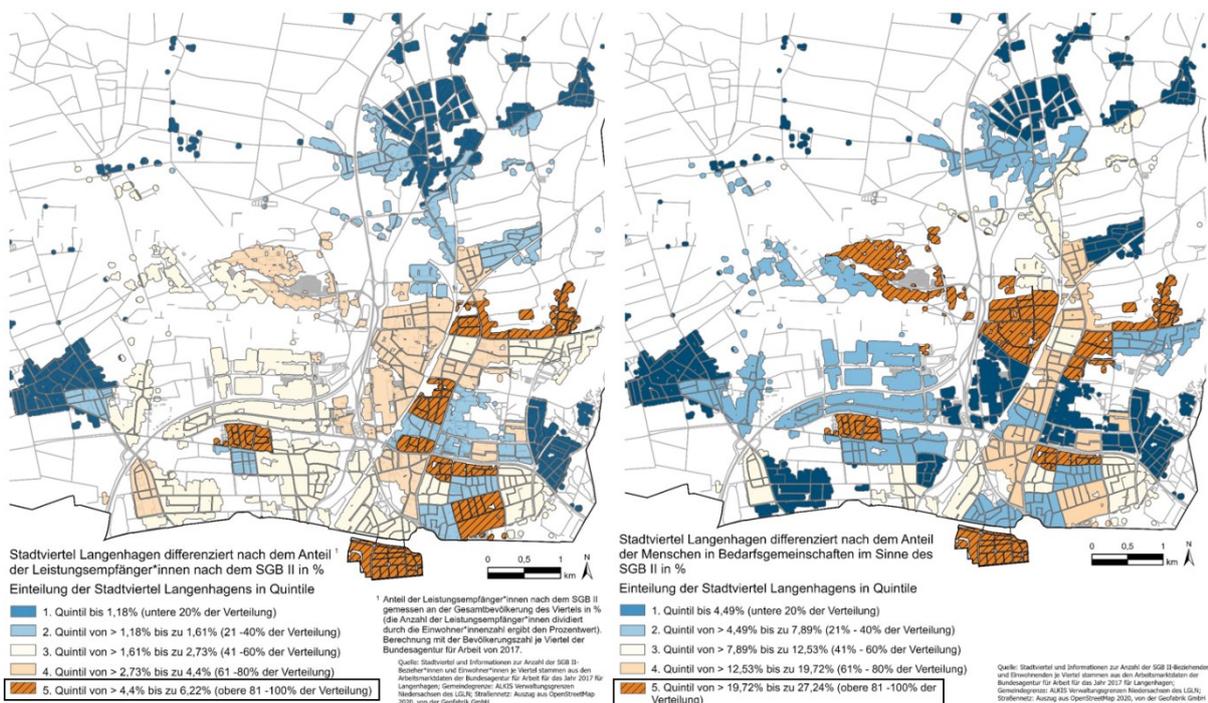


Abbildung 4: Genutzte Indikatoren zum SGB-II-Bezug im Hinblick auf die Differenzierung der bewohnten Zensusquadrate nach ökonomischem Status (Eigene Darstellung 2022)

Quelle: Arbeitsmarktdaten der Bundesagentur für Arbeit für die Stadt Langenhagen (Jahr: 2017)

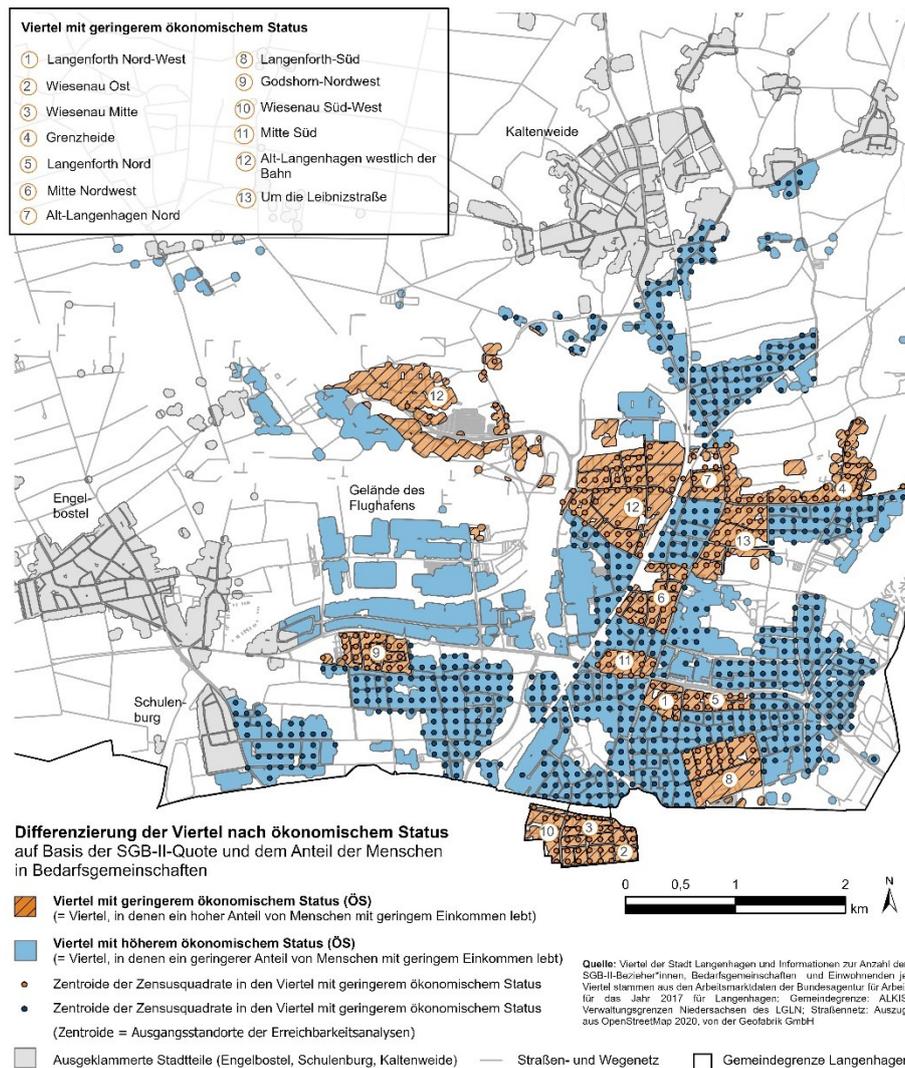


Abbildung 5: Differenzierung der Wohnstandorte nach ökonomischem Status (Eigene Darstellung 2022)
 Quelle: Arbeitsmarktdaten der Bundesagentur für Arbeit für die Stadt Langenhagen (Jahr: 2017)

3.3 Ausgewählte Ergebnisse: Dimensionen Erreichbarkeit & Verkehrssicherheit

Ausgewählte Indikatoren werden in Tabelle 2 in Form von Mittelwerten dargestellt, wobei nach Zielkategorien und ökonomischem Status differenziert wird. Während die durchschnittlichen Radreisezeiten zu vier von sechs Zielkategorien für die Zielgruppe im Vergleich geringer sind, ist der durchschnittliche LTS34-Anteil höher und der durchschnittliche RVA-Anteil der Routen zu vielen Zielkategorien geringer.

Es besteht jedoch kaum ein Unterschied im Zugang zu Radverkehrsanlagen vom Wohnstandort aus: Die mittlere Distanz bis zur nächsten Radverkehrsanlage von den Zentroiden aus ist bei der Zielgruppe mit 273 m nur geringfügig länger als bei der Vergleichsgruppe mit 269 m. Die Entfernung zur nächsten Radverkehrsanlage kann zwar ein Anhaltspunkt sein, sagt

jedoch nichts darüber aus, ob durchgängige sichere Radverbindungen zu den Zielorten vorhanden sind. Die Zielgruppe muss einen höheren Anteil ihrer Wege im Mischverkehr, auch auf Straßen mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h oder höher, zurücklegen.

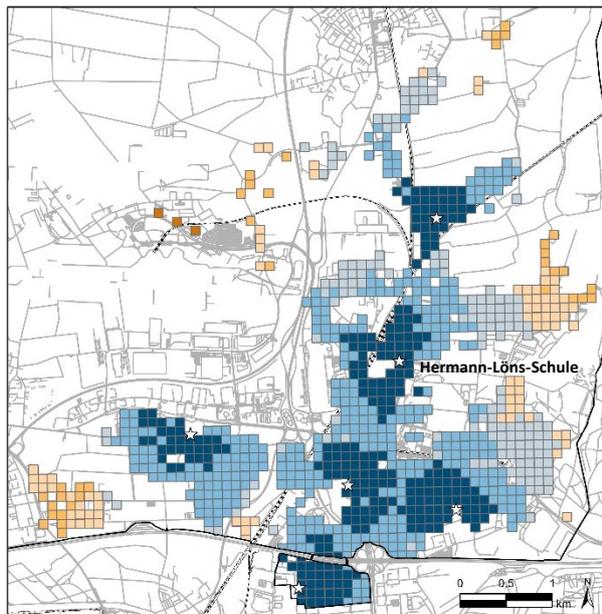
Die RVA-Anteile zeigen, dass die Zielgruppe durchschnittlich einen geringeren Streckenanteil zu den vier Zielkategorien KiTas, Grundschulen, weiterführende Schulen und Grün- und Erholungsflächen auf Radverkehrsanlagen zurücklegen kann. Am größten sind die Diskrepanzen in Bezug auf den RVA-Anteil bei den Grün- und Erholungsflächen und Grundschulen (jeweils etwa ein Unterschied von 6 %). Am geringsten ist der durchschnittliche RVA-Anteil bei der Zielgruppe mit 18 % auf dem Weg zur Grundschule. Zudem ist die Zielgruppe auf den Wegen zu fünf der sechs betrachteten Zielkategorien höheren Stresslevels ausgesetzt.

Tabelle 2: Berechnete Indikatoren differenziert nach ökonomischem Status für Langenhagen (Eigene Berechnungen 2021)

Zielkategorie	Ausgewählte betrachtete Indikatoren	Gesamtgruppe	Zielgruppe	Vergleichsgruppe
Lebensmittelgeschäfte (nächste 3)	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	4,2	4,1	4,3
	∅ Streckenanteil LTS34	8,2%	13,5%	6,2%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	33,2%	34,0%	32,9%
Hausärzte (nächste 3)	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	4,5	5,0	4,4
	∅ Streckenanteil LTS34	8,2%	13,5%	6,2%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	35,0%	35,9%	34,7%
KiTas (nächste 3)	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	3,7	3,6	3,7
	∅ Streckenanteil LTS34	5,4%	8,3%	4,3%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	24,3%	19,6%	26,0%
Nächste Grundschule	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	4,3	3,8	5,1
	∅ Streckenanteil LTS34	4,6%	2,0%	4,8%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	21,8%	18,0%	24,0%
Weiterführende Schulen (nächste 3)	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	8,4	7,8	8,6
	∅ Streckenanteil LTS34	5,4%	6,4%	5,0%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	39,7%	38,2%	40,2%
Nächste Grün- und Erholungsfläche	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	3,7	3,6	3,7
	∅ Streckenanteil LTS34	3,6%	6,0%	2,7%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	28,7%	24,3%	30,3%
Zielkategorienübergreifende Mittelwerte	∅ Reisezeit mit dem Fahrrad (in Minuten)	4,9	4,9	4,9
	∅ Streckenanteil LTS34	5,4%	7,6%	4,6%
	∅ Streckenanteil separater Radverkehrsführung (RVA)	30,4%	28,7%	31,0%
	Distanz bis zur nächsten RVA (in Meter)	270,0	273,1	269,1
	Distanz bis zur nächsten Straße mit LTS 3 oder 4 (in Meter)	657,0	618,4	671,2
Verkehrslärm	∅ Gesamter verkehrsbedingter Lärm in dB(A)	53,9	55,1	53,4
	∅ Straßenverkehrslärm L _{Den} in dB(A)	57,7	58,8	57,2
	∅ Straßenverkehrslärm L _{Night} in dB(A)	49,4	50,6	49,0
	∅ Schienenverkehrslärm L _{Den} in dB(A)	57,1	58,5	56,7
	∅ Schienenverkehrslärm L _{Night} in dB(A)	51,2	52,6	50,7

Exemplarisch werden kartografische Analyseergebnisse der Indikatoren Reisezeit, RVA-Anteil und LTS34-Anteil anhand der Zielkategorie Grundschule in den Abbildungen 6, 7 und 8 dargestellt, da eine sichere Radverkehrsführung für Kinder besonders wichtig ist und hier vergleichsweise geringe RVA-Anteile vorliegen. Bei den Erreichbarkeitsanalysen wurden die Grundschulbezirke berücksichtigt (Stadt Langenhagen 2009). Es zählt also nicht zwangsläufig die nächstgelegene Grundschule, sondern die per Bezirk zugeordnete.

Beim Schulbezirk der Hermann-Löns-Schule etwa zeigt sich in der Versorgung mit separaten Radverkehrsanlagen ein klarer Ost-West-Unterschied: Schulkinder aus dem östlichen Schulbezirk verfügen über eine bessere Anbindung über separate Radverkehrsanlagen. Gerade der westliche Grundschulbezirk ist aber von einem geringeren ökonomischem Status geprägt (Viertel: Alt-Langenhagen westlich der Bahn, Alt-Langenhagen Nord, Mitte Nordwest).

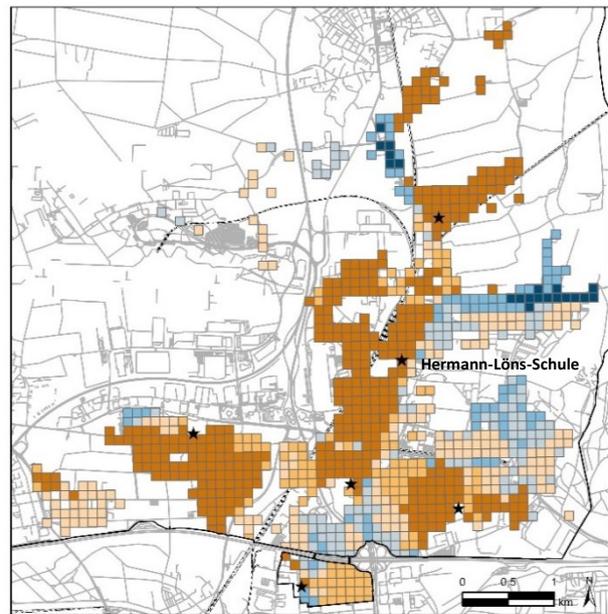


Radreisezeit in Minuten zur Grundschule ausgehend vom jeweiligen Zensusquadrat (differenziert nach Grundschulbezirken) - Legende

■ ≤2,5 Minuten	■ ≤10 Minuten	☆ Grundschulen	□ Stadtgrenze
■ ≤5 Minuten	■ ≤12,5 Minuten	— Straßen- und Wegenetz	
■ ≤7,5 Minuten	■ ≤15 Minuten	--- Bahnstrecke	

Quelle: Zensusquadrat des Zensus 2011 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Gemeindegrenze: ALKS Verursachungsregion Niedersachsen des LCLN, Auszug aus OpenStreetMap 2020, von der GeoFabrik GmbH (Grundschulen, Straßennetz, Bahnstrecke), Grundschulen ergänzt und aktualisiert auf Basis der Website der Stadt Langenhagen, Streckenanteile separater Radverkehrsführung: eigene Berechnungen 2022 auf Basis einer Bestandsaufnahme

Abbildung 6: Erreichbarkeitsanalysen mit dem Fahrrad zur Grundschule in Form von Radreisezeiten (Eigene Darstellung 2022)

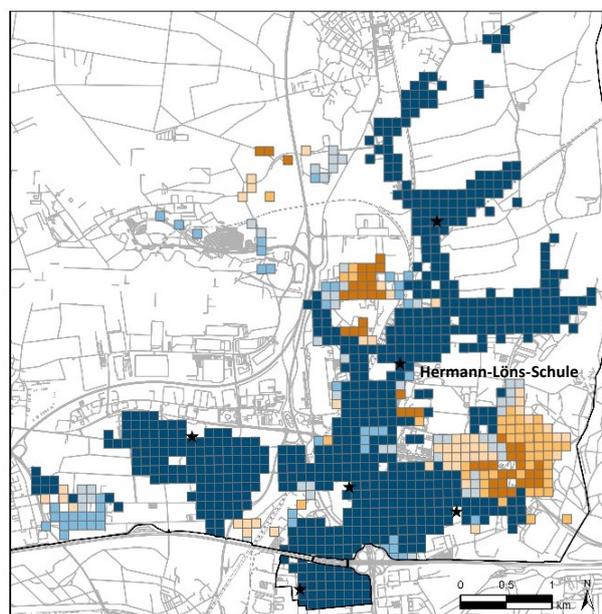


Streckenanteil separater Radverkehrsführung auf dem Weg zur Grundschule ausgehend vom jeweiligen Zensusquadrat (differenziert nach Grundschulbezirken) - Legende

■ 0%	■ ≤60%	☆ Grundschulen	□ Stadtgrenze
■ ≤20%	■ ≤80%	— Straßen- und Wegenetz	
■ ≤40%	■ ≤100%	--- Bahnstrecke	

Quelle: Zensusquadrat des Zensus 2011 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Gemeindegrenze: ALKS Verursachungsregion Niedersachsen des LCLN, Auszug aus OpenStreetMap 2020, von der GeoFabrik GmbH (Grundschulen, Straßennetz, Bahnstrecke), Grundschulen ergänzt und aktualisiert auf Basis der Website der Stadt Langenhagen, Streckenanteile separater Radverkehrsführung: eigene Berechnungen 2022 auf Basis einer Bestandsaufnahme

Abbildung 7: Erreichbarkeitsanalysen mit dem Fahrrad zur Grundschule in Form von Anteilen separater Radverkehrsführung an der Route (Eigene Darstellung 2022)



Streckenanteil hoher Levels of Traffic Stress 3 oder 4 auf dem Weg zur nächsten Grundschule ausgehend vom jeweiligen Zensusquadrat differenziert nach Grundschulbezirken (unterteilt nach Quantilen) - Legende

■ 0 %	■ 16,9 % - 27,3 %	☆ Grundschulen	□ Stadtgrenze
■ ≤ 8,1 %	■ 27,3 % - 34,6 %	— Straßen- und Wegenetz	
■ 8,1 % - 16,9 %	■ 34,6 % - 69,2 %	--- Bahnstrecke	

Quelle: Zensusquadrat des Zensus 2011 der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Gemeindegrenze: ALKS Verursachungsregion Niedersachsen des LCLN, Auszug aus OpenStreetMap 2020, von der GeoFabrik GmbH (Grundschulen, Straßennetz, Bahnstrecke), Grundschulen ergänzt und aktualisiert auf Basis der Website der Stadt Langenhagen, Streckenanteile hoher Stresslevel: eigene Berechnungen 2022 auf Basis einer Bestandsaufnahme

Abbildung 8: Erreichbarkeitsanalysen mit dem Fahrrad zur Grundschule in Form von Anteilen hoher Levels of Traffic Stress 3 und 4 (LTS34-Anteilen) an der Route (Eigene Darstellung 2022)

3.4 Ausgewählte Ergebnisse: Dimension verkehrsinduzierte Umweltbelastungen am Beispiel Verkehrslärm

Eine Quantifizierung der besonders durch Verkehrslärm betroffenen Personen erfolgt durch die Differenzierung nach Betroffenheit 1. und 2. Grades. Erstere orientiert sich an Auslöseschwellen des Lärmaktionsplans Langenhagen sowie an der Empfehlung des Umweltbundesamts (UBA), zum Schutz der Gesundheit einen Mittelungspegel von 65 dB(A) gantags und 55 dB(A) nachts nicht zu überschreiten (Stadt Langenhagen 2010: 7f.; UBA 2020b). Die Betroffenheit 2. Grades orientiert sich im Hinblick auf den Schienenverkehrslärm erstens an den niedrigsten Pegelklassen des Eisenbahnbundesamts (Eisenbahnbundesamt 2018: 11). Zweitens werden die Schwellenwerte des vom UBA genutzten Indikators für die Verkehrslärmbelastung der Bevölkerung (55 dB(A) gantags und 50 dB(A) nachts) zugrunde gelegt (UBA 2020a). Die genaue Differenzierung der Betroffenheiten 1. und 2. Grades ist in der Kartenlegende in Abbildung 9 dargelegt.

Wie Tabelle 3 und Abbildung 9 zeigen, sind Zensusquadrante und – was Betroffenheitsgrad 1 betrifft, auch die Wohnbevölkerung – in Gebieten mit geringerem ökonomischem Status im Vergleich anteilig von höherem Verkehrslärm betroffen und können zu einem größeren Anteil beiden Betroffenheitsgraden zugeordnet werden.

So lassen sich 17,7 % der Zensusquadrate mit geringerem ökonomischem Status der Betroffenheit 1. Grades zuordnen, auf Seiten der Zensusquadrate mit höherem ökonomischem Status sind es lediglich 5,9 %. Und während 36,9 % der Zensusquadrate mit

geringerem ökonomischem Status der Betroffenheit 2. Grades zugeordnet werden können, sind es bei den Zensusquadraten mit höherem ökonomischem Status nur 24,4 %.

Tabelle 3: Von Verkehrslärm betroffene Zensusquadrate (ZQ) und Einwohnende (EW) in Langenhagen differenziert nach ökonomischem Status (ÖS); geringer ÖS = Zielgruppe, höherer ÖS = Vergleichsgruppe (Eigene Berechnungen 2021)

	Anzahl ZQ gesamt	Anteil ZQ gesamt	Anzahl ZQ geringer ÖS	Anteil betroffener ZQ geringer ÖS an allen ZQ geringer ÖS	Anzahl EW mit geringerem ÖS	Anteil EW geringer ÖS	Anzahl ZQ mit höherem ÖS	Anteil betroffener ZQ höherer ÖS an allen ZQ höherer ÖS	Anzahl EW höherer ÖS	Anteil EW höherer ÖS
Betroffenheit 1. Grades	84	9,1%	44	17,7%	1071	8,9%	40	5,9%	1001	3,6%
Betroffenheit 2. Grades (inkl. 1. Grad)	257	27,8%	92	36,9%	3.238	14,0%	165	24,4%	5.311	19,2%

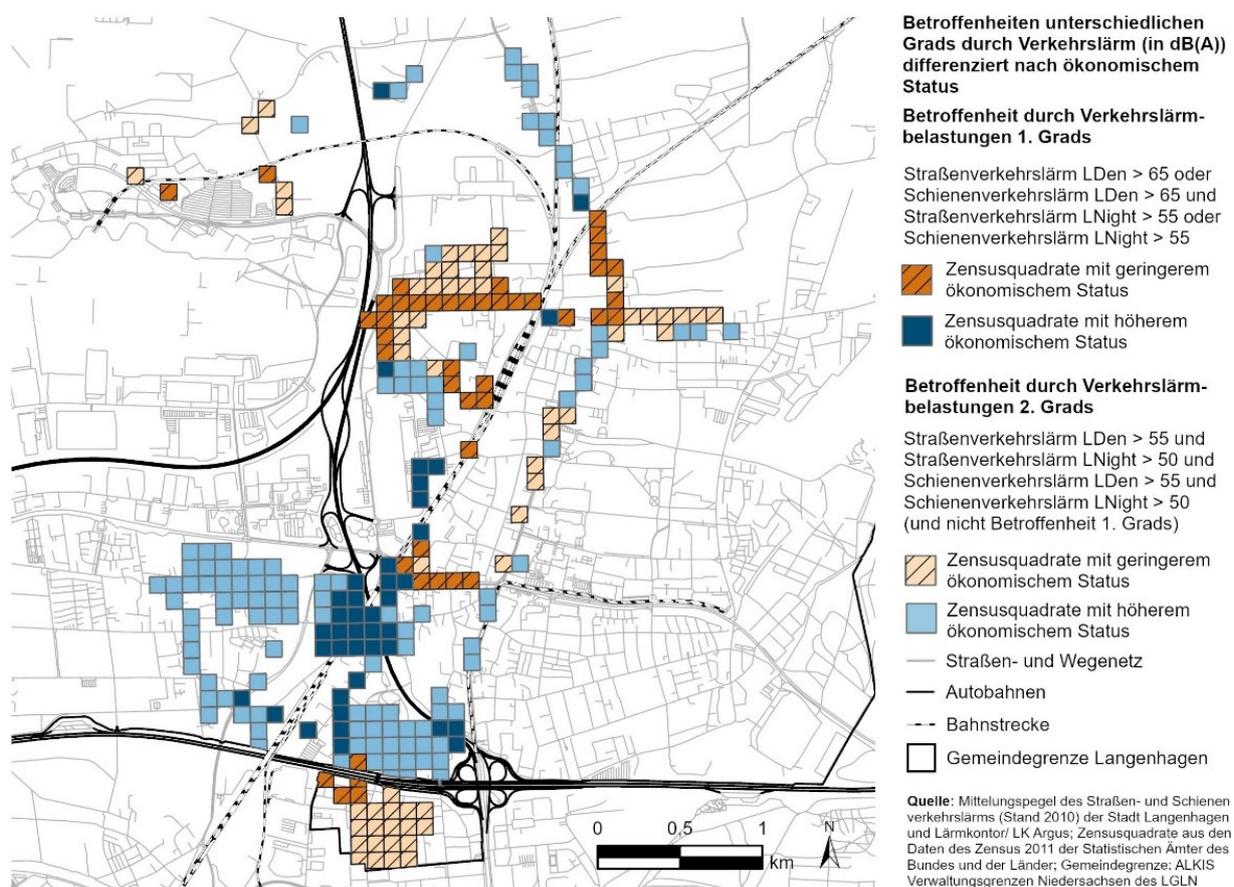


Abbildung 9: Von Verkehrslärm betroffene Zensusquadrate differenziert nach ökonomischem Status oberhalb festgelegter Belastungsschwellen in Langenhagen (Eigene Darstellung 2022)

3.5 Identifizierung von Mehrfachbelastungen

Es wurden drei Kategorien von Mehrfachbelastungen gebildet und bei allen zeigt sich anteilig eine höhere Betroffenheit der Zensusquadrate mit geringerem ökonomischem Status. Bei Kategorie 1 ist der Unterschied am größten. Die „doppelte Gerechtigkeitslücke“ der Verkehrssysteme wird deutlich: Es bestehen ungleiche Zugangschancen zu radfreundlicher Infrastruktur und ungleiche negative Verkehrsbelastungen durch Verkehrslärm (Rammler und Schwedes 2018:10). Da manche Zensusquadrate,

v. a. im industrieprägten Alt-Langenhagen westlich der Bahn, nicht so dicht besiedelt sind, sind absolut weniger Personen betroffen als es der Anteil der Zensusquadrate vermuten lässt. Die Mehrfachbelastungen sind in Abbildung 10 dargestellt, die Anteile mehrfachbelasteter Zensusquadrate (ZQ) und Personen (EW) differenziert nach ökonomischem Status in Tabelle 4. V. a. Haushalte in Alt-Langenhagen westlich der Bahn und Alt-Langenhagen-Nord (hohe SGB-II-Quote) sind von Mehrfachbelastungen betroffen.

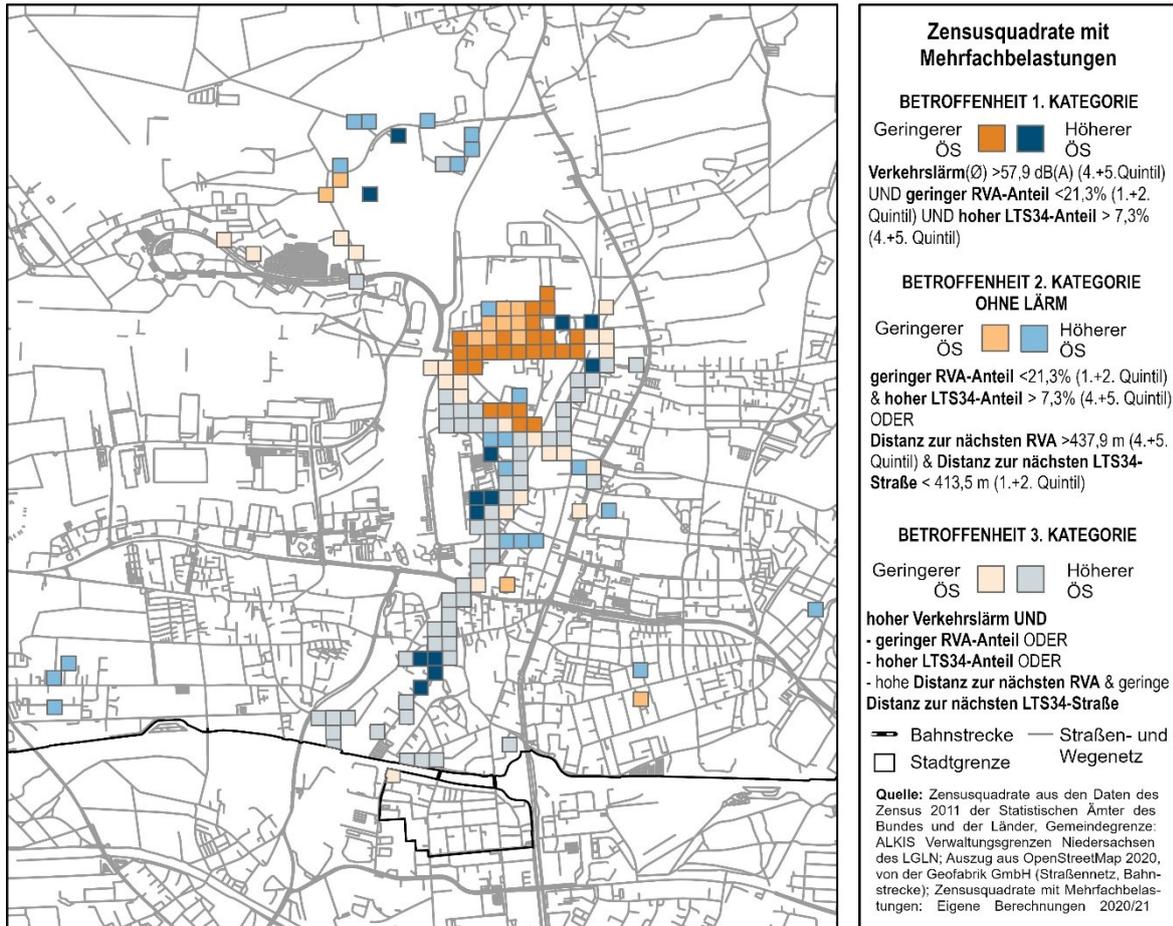


Abbildung 10: Zensusquadrate Langenhagens mit Mehrfachbelastungen (Eigene Darstellung 2022)

Tabelle 4: Kategorisierung der Mehrfachbelastungen und Zuordnung der Zensusquadrate sowie Einwohnenden differenziert nach ökonomischem Status (EW-Zahlen aus den Zensusdaten 2011) (Eigene Berechnungen 2021)

		Gesamtgruppe		Zielgruppe		Vergleichsgruppe	
		ZQ	EW	ZQ	EW	ZQ	EW
Mehrfachbelastungen Kategorie 1: Verkehrslärm gesamt (\emptyset) im 4./5. Quintil (> 57,89 dB(A)) UND RVA1-Anteil im 1./2. Quintil (< 21,28%) UND LTS34-Anteil im 4./5. Quintil (> 7,28%)	Anzahl	38	424	25	295	13	130
	Anteil	4,1%	1,1%	10,1%	2,5%	1,9%	0,5%
Mehrfachbelastungen Kategorie 2: Fokus Radverkehr RVA1-Anteil im 1./2. Quintil UND LTS34-Anteil im 4./5. Quintil (und nicht Kategorie 1) ODER Distanz zur nächsten RVA im 4./5. Quintil (> 437,9 m) UND Distanz zur nächsten LTS34-Straße im 1./2. Quintil (< 413,5 m) (und nicht Kategorie 1)	Anzahl	34	1241	12	579	22	662
	Anteil	3,7%	3,1%	4,8%	4,8%	3,4%	2,4%
Mehrfachbelastungen Kategorie 3: Verkehrslärm gesamt (\emptyset) > 57,89 dB(A) UND RVA1-Anteil im 1./2. Quintil ODER Verkehrslärm gesamt (\emptyset) > 57,89 dB(A) UND LTS34-Anteil im 4./5. Quintil ODER Verkehrslärm gesamt (\emptyset) > 57,89 dB(A) UND Distanz zur nächsten RVA im 4./5. Quintil UND Distanz zur nächsten LTS34-Straße im 1./2. Quintil (und nicht Kategorie 1/2)	Anzahl	78	1784	23	476	55	1308
	Anteil	8,5%	4,5%	9,3%	4,0%	8,2%	4,7%

4. Fazit und Ausblick

Ein zentrales Ergebnis der Anwendung der Analyse-methode auf das Untersuchungsgebiet ist, dass die Zielgruppe und somit die Haushalte mit geringerem ökonomischem Status in Langenhagen im Vergleich kürzere Reisezeiten zu den betrachteten Zielen haben. Der durchschnittliche Streckenanteil separater Radverkehrsführung auf ihren Wegen ist jedoch geringer als für Haushalte mit höherem ökonomischem Status. Zudem müssen von den meisten Haushalten mit geringerem ökonomischem Status längere Strecken auf Straßen höherer Stresslevels zurückgelegt werden. Auch besteht eine überdurchschnittliche Lärmbelastung der Wohngebiete der Zielgruppe: Im Vergleich zu Zensusquadraten der Vergleichsgruppe sind dreimal so viele Zensusquadrate mit geringerem ökonomischem Status von einer Verkehrslärmbelastung ersten Grades betroffen, sodass die Verkehrslärmbelastung der Menschen in Armut um den Faktor drei größer ist. Ein höherer Anteil der Zielgruppe ist zudem von Mehrfachbelastungen betroffen.

Wie die Erreichbarkeitsanalyse aufzeigt, sind Menschen in Armut größeren Widerständen und Stresssituationen ausgesetzt, wenn sie mit dem Fahrrad die betrachteten Zielgelegenheiten erreichen möchten. Denn sie können hierfür seltener separate Führungsformen des Radverkehrs nutzen und begegnen auf ihren Wegen häufiger Straßenabschnitten mit höheren Stresslevels. Dies kann als Zeichen dafür interpretiert werden, dass Zugänge zu fahrradfreundlicher Infrastruktur ungleich zwischen Gebieten mit geringerem und höherem ökonomischem Status verteilt sind. Dieses Resultat bestätigt empirische Forschungsergebnisse aus den USA und Kanada, dass einkommensschwache Gruppen einen vergleichsweise geringeren Zugang zu fahrradfreundlicher Infrastruktur haben und von umgesetzten Radwegenetzen insbesondere Personengruppen mit höherem ökonomischem Status profitieren (Braun et al. 2019: 2, 9; Doran et al. 2020: 1; Wang & Lindsey 2017: 29). Diese Studienergebnisse lassen sich durch diese empirische Untersuchung in der Region Hannover bestätigen, wenngleich die ökonomisch bedingten Diskrepanzen im Zugang zur Radverkehrsinfrastruktur vom Wohnstandort aus in Langenhagen geringer sind.

Eine abschließende Bewertung des Status Quo der Mobilitätsgerechtigkeit in Form eines einzigen Index ist nicht erfolgt, jedoch werden Durchschnittswerte und räumliche Verteilungen einzelner Indikatoren nach ökonomischem Status differenziert und gegenübergestellt. Es wurde ein vergleichender Ansatz gewählt, mit dem im städtischen Vergleich mobilitätsbenachteiligte Gebiete identifiziert wurden.

In Bezug auf den Gegenstand der Mobilitätsgerechtigkeit am Beispiel des Radverkehrs sowie Verkehrslärms weisen die Ergebnisse somit auf ein strukturelles Defizit hin. Die „doppelte Gerechtigkeitslücke der Verkehrssysteme“ (Rammner und Schwedes 2018: 10)

ist damit im Untersuchungsgebiet empirisch nachgewiesen.

In methodischer Hinsicht zeigen die Ergebnisse, dass eine ausschließlich auf Reisezeiten und Reiseweite basierende Erreichbarkeitsanalyse nicht ausreicht, um Sicherheit und subjektives Sicherheitsempfinden im Radverkehr zu bewerten. Die vorgestellte Methode schließt diese Lücke, indem sie Empirie über Verkehrsführung und Stresslevels beisteuert. Ein Mehrwert dieser Analyse-methode bspw. im Vergleich zum Bicycle Equity Index ist, dass nicht nur die Luftliniendistanz vom Wohnstandort bis zur nächsten Radverkehrsanlage betrachtet wird (Prelog 2015: 8f.). Viel wichtiger ist die Existenz möglichst durchgängiger separater Führungsformen und kontinuierlich geringer Stresslevels, die zum subjektiven Sicherheitsempfinden beitragen (Graf 2016: 93f.). Im Rahmen der hier entwickelten Methode kann der Streckenanteil separater Radverkehrsführung und darüber hinaus unterschiedlicher Levels of Traffic Stress zu beliebigen Zielkategorien bestimmt werden. Somit können routen-, aber auch wohnstandortbezogene Defizite festgestellt und auf dieser Basis Verbesserungen bspw. in Form von Lückenschlüssen initiiert werden.

Darüber hinaus leistet die entwickelte Methode einen Beitrag zur Operationalisierung von Mobilitätsgerechtigkeit. Durch die vergleichende Darstellung der Einzelergebnisse kann eine Aussage über die unterschiedlichen betrachteten Analysedimensionen von Mobilitätsgerechtigkeit in Bezug auf den Radverkehr, aber auch im Hinblick auf verkehrsinduzierte Umweltbelastungen getroffen werden. Die Einzelergebnisse sind dabei vielschichtiger als ein einziger Zahlenwert in Form eines Index (Scheiner 2003: 4; Schwarze 2015: 165): Sie umfassen lokalspezifische Benachteiligungen differenziert nach Stresslevels, Radverkehrsführung, Reisezeiten sowie Verkehrslärmbelastungen und können durch die Verkehrsplanung und -politik konkret raumspezifisch adressiert werden. Besonders belastete Gebiete und somit von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion gefährdete Bevölkerungsgruppen werden durch die Identifizierung von Mehrfachbelastungen erkennbar. Eine Weiterentwicklung zu einem Mobilitätsgerechtigkeitsindex ist denkbar, sofern die Ergebnisse auf Indikatorebene weiterhin auch einzeln betrachtet werden (können).

Aufgrund der methodischen Grenze der verwendeten Analyse-methode können nicht räumlich analysierbare Dimensionen von Mobilitätsgerechtigkeit wie die prozessuale Gerechtigkeit nicht untersucht werden. Zudem liefert die Betrachtung von Stresslevels sowie separater Radverkehrsführung zwar einen guten Anhaltspunkt für die Verkehrssicherheit, kann aber die Erhebung subjektiver Wahrnehmungen von der Radverkehrsfreundlichkeit von Straßen und Kreuzungen bspw. mit Methoden der qualitativen Sozialforschung oder des Community Mappings nicht ersetzen.

Für den Streckenanteil separater Radverkehrsführung und geringer Stresslevel wurde kein normativer Grenzwert festgelegt, ab welchem Anteil eine bestimmte Suffizienzschwelle bzw. ein Mindeststandard unterschritten wird und ab wann konkret von mobilitätsbedingter sozialer Exklusion gesprochen werden kann. Oder, andersherum betrachtet, ab wann eine faire Verteilung von Nutzen und Kosten des Verkehrs vorliegt. Dahingehend könnte die Methode erweitert werden, indem ggf. in Kooperation mit Kommunalverwaltungen Suffizienzschwellen bzw. Mindeststandards für Mobilitätsoptionen in Bezug auf den Radverkehr festgelegt werden. Jedoch ist dies eine schwierige Entscheidung, die von normativen Festlegungen abhängt und die je nach zugrunde gelegtem Gerechtigkeitsprinzip unterschiedlich ausfällt (FGSV 2015: 13, 33; Lucas et al. 2019: 29).

Abschließend zeigen die Ergebnisse, dass sich Muster ökonomischer Benachteiligung großteils räumlich in Mobilitätsbenachteiligungen – am Beispiel von Radverkehrsinfrastruktur und Verkehrslärm – widerspiegeln. Im Rahmen der Bestandsaufnahme sowie Maßnahmenentwicklung sollten ökonomisch benachteiligte Wohnquartiere daher bei der Planung von Radverkehrsanlagen, aber auch bei der Lärmaktionsplanung besondere Berücksichtigung finden. Die (Radverkehrs-)Anbindung, aber auch der Schutz vor Verkehrslärm ökonomisch benachteiligter Personengruppen sollte in den Fokus rücken, um die „doppelte Gerechtigkeitslücke der Verkehrssysteme“ (Rammler und Schwedes 2018: 10; Rammler et al. 2022: 7) zu schließen bzw. zumindest zu verringern und einen Schritt in Richtung mehr Mobilitätsgerechtigkeit zu erzielen. Menschen mit geringerem ökonomischem Status und geringem Einkommen in benachteiligten Wohnquartieren verfügen häufig über geringere Mobilitätsoptionen (Lucas et al. 2019: 27), weshalb die Förderung sicherer Radverkehrsanbindungen und damit von Mobilitätsoptionen mit dem Fahrrad verkehrspolitisch und –planerisch in den Blick genommen werden sollte.

Literatur- und Quellenverzeichnis

ADFC (2018), So geht Verkehrswende: Infrastrukturelemente für den Radverkehr. Berlin.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) (2020), Bedarfsgemeinschaft und Haushaltsgemeinschaft. <https://www.bmas.de/DE/Arbeit/Grundsicherung-Arbeitslosengeld-II/Arbeitslosengeld-II/bedarfsgemeinschaft-haushaltsgemeinschaft.html>. Zugegriffen: 20.04.2022.

Braun, Lindsay M.; Rodriguez, Daniel A.; Gordon-Larsen, Penny (2019), Social (in)equity in access to cycling infrastructure: Cross-sectional associations between bike lanes and area-level sociodemographic characteristics in 22 large U.S. cities. *Journal of Transport Geography* 80:102544. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2019.102544.

Caggiani, Leonardo; Camporeale, Rosalia; Binetti, Mario; Ottomanelli, Michele (2019), An urban bike-way network design model for inclusive and equitable transport policies. *Transportation Research Procedia* 37:59–66. doi: 10.1016/j.trpro.2018.12.166.

Dezernat für Soziale Infrastruktur (2015), Sozialbericht: Soziale Lagen in der Region Hannover.

Di Ciommo, Floridea; Shiftan, Yoram (2017), Transport equity analysis. *Transport Reviews* 37 (2): 139–151. doi: 10.1080/01441647.2017.1278647.

Doran, Alexandra; El-Geneidy, Ahmed; Manaugh, Kevin (2021), The pursuit of cycling equity: A review of Canadian transport plans. *Journal of Transport Geography* (90C).

Eisenbahnbundesamt (EBA) (2018), Lärmaktionsplan Teil A an Haupteisenbahnstrecken des Bundes.

Fischer, Alena (2021), Entwicklung einer GIS-basierenden Methode zur Analyse von Mobilitätsgerechtigkeit – Am Beispiel des Radverkehrs für die Kommunen Ronnenberg und Langenhagen. Fachbereich Architektur – Stadtplanung – Landschaftsplanung. Universität Kassel. [Nicht veröffentlicht, kann aber auf Anfrage zu Verfügung gestellt werden]

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2015), Hinweise zu Mobilität und sozialer Exklusion: Forschungsstand zum Zusammenhang von Mobilitäts- und Teilhabechancen. Köln: FGSV Verlag GmbH.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2010), Empfehlungen für Radverkehrsanlagen. Köln: FGSV Verlag GmbH.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2006), Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen: RAS 06. Köln: FGSV Verlag GmbH.

Furth, Peter G.; Mekuria, Maaza; Nixon, Hilary (2012), Low-Stress Bicycling and Network Connectivity. MIT Report 11-19. <https://transweb.sjsu.edu/sites/default/files/1005-low-stress-bicycling-network-connectivity.pdf>. Zugegriffen: 17.03.2022.

Furth, Peter G.; Mekuria, Maaza; Nixon, Hilary (2016), Network Connectivity for Low-Stress Bicycling. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2587 (1): 41–49. doi: 10.3141/2587-06.

Furth, Peter G.; Putta, Theja; Moser, Paul (2018), Measuring low-stress connectivity in terms of bike-accessible jobs and potential bike-to-work trips: A case study evaluating alternative bike route alignments in northern Delaware. *Journal of Transport and Land Use* 11 (1). doi: 10.5198/jtlu.2018.1159.

Graf, Thimo (2016), Handbuch. Radverkehr in der Kommune. Nutzertypen, Infrastruktur, Stadtplanung, Marketing. Das Hygge-Modell. Ergänzungen zur ERA. Bremen: Thimo Graf Verlag.

Helbig, Marcel; Jaehnen, Stefanie (2019), Wo findet „Integration“ statt? Die sozialräumliche Verteilung von Zuwanderern in den deutschen Städten zwischen

2014 und 2017. <https://bibliothek.wzb.eu/pdf/2019/p19-003.pdf>. Zugegriffen: 15.03.2022.

Kent, Margaret; Karner, Alexander (2018), Prioritizing low-stress and equitable bicycle networks using neighborhood-based accessibility measures. *International Journal of Sustainable Transportation* 13 (2): 100–110. doi: 10.1080/15568318.2018.1443177.

Litman, T. (2020): Evaluating Transport Equity. Guidance For Incorporating Distributional Impacts in Transportation Planning. <https://trid.trb.org/view/1755608>

Lucas, Karen; Martens, Karel; Di Ciommo, Florida; Dupont-Kieffer, Ariane (Hrsg.) (2019), *Measuring Transport Equity*. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.

Lucas, Karen; van Wee, Bert; Maat, Kees (2015), A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. *Transportation* 43 (3): 473–490. doi: 10.1007/s11116-015-9585-2.

Martens, Karen; Bastiaansen, Jeroen (2019), An index to measure accessibility poverty risk. In: Lucas, Karen; Martens, Karel; Di Ciommo, Florida; Dupont-Kieffer, Ariane (Hrsg.), *Measuring Transport Equity*. 39–55. Amsterdam, Oxford, Cambridge: Elsevier.

Martens, Karel (2017), *Transport Justice. Designing Fair Transportation Systems*, New York.

McCahill, Chris; Ebeling, Mary (2015), Tools for measuring accessibility in an equity framework. https://www.cnu.org/sites/default/files/ssti_transpo_equity.pdf. Zugegriffen: 15.03.2022.

Prelog, R. (2015): Equity of access to bicycle infrastructure. GIS methods for investigating the equity of access to bike infrastructure. URL: http://bikeleague.org/sites/default/files/bike_equity_index_final_web.pdf.

Presse- und Informationsamt der Bundesregierung (2016), Regelsätze steigen ab 2017. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/regelsaetze-steigen-ab-2017-346418>. Zugegriffen: 20.04.2022.

Rammler, Stephan; Thomas, Dirk; Kollasche, Ingo; Flores, Sabine (2022), *Mobilitätsgerechtigkeit als Leitkonzept der Verkehrspolitik. Die sozialökologische Transformation der Mobilität gerecht und inklusiv gestalten*, Hg. v. IZT – Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gemeinnützige GmbH. Berlin.

Rammler, Stephan; Schwedes, Oliver (2018), *MOBILITÄT FÜR ALLE! Gedanken zur Gerechtigkeitslücke in der Mobilitätspolitik*. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.

Rozynek, Caroline; Schwerdtfeger, Stefanie; Lanzendorf, Martin (2020), *Über den Zusammenhang von sozialer Exklusion und Mobilität. Konzeptionelle Überlegungen zur Einrichtung eines Reallabors in der Region Hannover*. Frankfurt am Main: Arbeitspapiere der Mobilitätsforschung.

Scheiner, Joachim (2003): *Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung. Raum und Mobilität - Arbeitspapiere des Fachgebiets Verkehrswesen und Verkehrsplanung 9. Fachgebiet Verkehrswesen und Verkehrsplanung*, Universität Dortmund.

Schwarze, Björn (2015), *Eine Methode zum Messen von Naherreichbarkeit in Kommunen*. <https://eldorado.tu-dortmund.de/bitstream/2003/34458/1/Dissertation.pdf>.

Stadt Langenhagen (2010), *Lärmaktionsplanung der Stadt Langenhagen. Abschlussbericht. September 2010*. <https://www.langenhagen.de/downloads/datei/OTAwMDAwMjlxOy07L3Vzci9sb2NhbC9odHRwZC92aHRkb2NzL2xhbmdlbmhhZ2VuL2xhbmdlbmhhZ2VuL21lZGllbi9kb2t1bWVudGUvYWJzY2hsdXNzYmVyaWNodF9sYWVybWFrGlbnN-wbGFuLnBkZg%3D%3D>. Zugegriffen: 15.03.2022.

Stadt Langenhagen (2009), *Satzung zur Festlegung der Schulbezirke vom 15.06.2009*. <https://www.langenhagen.de/downloads/datei/OTAwMDAwOTA-xOy07L3Vzci9sb2NhbC9odHRwZC92aHRkb2NzL2xhbmdlbmhhZ2VuL2xhbmdlbmhhZ2VuL21lZGllbi9kb2t1bWVudGUvY3JfNDBfMDJfc2NodWxiXZppcmtilX2FixZ2lYi5fMjAyMSwZGY%3D>. Zugegriffen: 15.03.2022.

Stark, Kerstin (2017), *Mobilitätsarmut in der sozialwissenschaftlichen Debatte*. In: Großmann, Katrin; Schaffrin, André; Smigiel, Christian (Hrsg.), *Energie und soziale Ungleichheit: Zur gesellschaftlichen Dimension in der Energiewende in Deutschland und Europa*. 79–100. Wiesbaden: Springer VS.

Umweltbundesamt (UBA) (2020a), *Indikator: Belastung der Bevölkerung durch Verkehrslärm*. <https://www.umweltbundesamt.de/indikator-belastung-der-bevoelkerung-durch#die-wichtigsten-fakten>. Zugegriffen: 15.03.2022.

Umweltbundesamt (UBA) (2020b), *Straßenverkehrslärm*. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrslaerm/strassenverkehrslaerm#gerauschbelastung-im-strassenverkehr>. Zugegriffen: 15.03.2022.

Wang, Jueyu; Lindsey, Greg (2017), *Equity of Bike-way Distribution in Minneapolis, Minnesota*. In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2605. 18–31.

AutorInnenangaben

Alena Fischer

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrssysteme
Universität Kassel
Mönchebergstraße 7
34125 Kassel
alena.fischer@uni-kassel.de

Carsten Sommer

Fachgebietsleitung
Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrssysteme
Universität Kassel
Mönchebergstraße 7
34125 Kassel
carsten.sommer@uni-kassel.de