**Ministerium für Umwelt,
Naturschutz und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen
Der Minister**

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr NRW - 40190 Düsseldorf

Präsidenten des Landtags
Nordrhein-Westfalen
Herrn André Kuper MdL
Platz des Landtags 1
40221 Düsseldorf

LANDTAG
NORDRHEIN-WESTFALEN
18. WAHLPERIODE

VORLAGE
18/4454

A11

Oliver Krischer

04. November 2025

Aktenzeichen
58.27.00-000007
bei Antwort bitte angeben

ORR Jendruck
Telefon 0211 4566-189
Telefax 0211 4566-388
jan.jendruck@munv.nrw.de

Umsatzsteuer
ID-Nr.: DE 306 505 705

ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen

Sehr geehrter Herr Landtagspräsident,

hiermit übersende ich Ihnen das Gutachten des ILS zur ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen mit der Bitte um Weiterleitung an die Mitglieder des Verkehrsausschusses. Zu diesem Thema wurde bereits mündlich in der Sitzung am 19. März 2025 vorgetragen und die wesentlichen Inhalte präsentiert.

Mit freundlichen Grüßen

Oliver Krischer

Dienstgebäude und
Lieferanschrift:
Emilie-Preyer-Platz 1
40479 Düsseldorf
Telefon 0211 4566-0
Telefax 0211 4566-388
poststelle@munv.nrw.de
www.umwelt.nrw.de

Öffentliche Verkehrsmittel:
Rheinbahn Linien U78 und U79
oder Buslinie 722 (Messe)
Haltestelle Nordstraße

Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

Schriftlicher Bericht

ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen
-
Gutachten des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH

ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen

Autor*innen:
Dr. Christian Gerten, Dr. Thomas Klinger, Florian Ahlmeyer, Jan Trosin, Victoria Pissulla

JRF
MITGLIED DER Johannes-Rau-Forschungsgemeinschaft

ILS
Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung

Impressum

Herausgegeben vom
ILS – Institut für Landes- und
Stadtentwicklungsforschung gGmbH
Brüderweg 22–24
44135 Dortmund

Telefon +49 (0)231 90 51–0
Telefax +49 (0)231 90 51–155

www.ils-forschung.de
poststelle@ils-forschung.de

Dortmund, Deutschland, Februar 2025
© ILS 2025, alle Rechte vorbehalten.

Autor*innen
Dr. Christian Gerten
Dr. Thomas Klinger
Florian Ahlmeyer
Jan Trosin
Victoria Pissulla

Kartografie
Jutta Rönsch

Fotos
ILS/Jutta Rönsch/Roland Fechter (Titelseite)

Dieser Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekte „ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen“ und „ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen – Feinjustierung des Modellierungsansatzes“ im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Vertrag-Nr. IX-1-01.09.02-23/023 bzw. IX-1-01.09.02-24/038.

Zitierempfehlung:

Gerten, Christian; Klinger, Thomas; Ahlmeyer, Florian; Trosin, Jan; Pissulla, Victoria (2025): ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für das Land Nordrhein-Westfalen. Abschlussbericht im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Nordrhein-Westfalen. Dortmund.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung ... 3

1.1 Anlass und Problemstellung ... 3

1.2 Forschungsauftrag und Forschungsfragen ... 3

1.3 Untersuchungsraum ... 3

2 Aktueller Forschungsstand ... 4

2.1 Einordnung, Definition, Indikatoren und Messung von Erreichbarkeit ... 4

2.2 Konzepte der ÖPNV-Erreichbarkeit ... 7

2.3 Operationalisierungsansätze einer ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für NRW ... 13

2.4 Forschungsstand On-Demand-Systeme ... 15

2.5 Forschungsstand Mobilstationen – Vernetzte Mobilität ... 17

3 Datengrundlagen ... 18

3.1 Verwendete Datensätze ... 18

3.2 Berücksichtigung von On-Demand-Fahrten ... 19

4 Konzeption der ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für NRW ... 21

4.1 Berechnung der Haltestellenkategorien ... 21

4.2 Berechnung der ÖV-Güteklassen ... 22

5 ÖPNV-Erreichbarkeit in Nordrhein-Westfalen ... 23

5.1 Basisvariante: ÖPNV-Erreichbarkeit zur Tageszeit ... 23

5.2 Zusatzvarianten: ÖPNV-Erreichbarkeit zu den Randzeiten ... 29

5.3 Exkurs: Gewerbe- und Industriegebiete ... 31

5.4 Zwischenfazit I ... 34

6 Szenarien: Maßnahmen zur Verbesserung der ÖPNV-Qualität ... 35

6.1 Szenario I: On-Demand-Systeme ... 35

6.2 Szenario II: Vernetzte Mobilität ... 39

6.3 Zwischenfazit II ... 45

7 Zusammenfassung und Ausblick ... 45

8 Literatur ... 48

9 Abbildungsverzeichnis ... 53

10 Tabellenverzeichnis 54

11 Abkürzungsverzeichnis..... 54

12 Anhang..... 55

1 Einleitung

1.1 Anlass und Problemstellung

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist ein zentraler Baustein für eine nachhaltige und effiziente Mobilität in modernen Gesellschaften. Mit der zunehmenden Urbanisierung, steigenden Verkehrsbelastungen – unter anderem als Folge wachsender Pendeldistanzen – und der Notwendigkeit, nachhaltige und klimafreundliche Verkehrsmittel zu fördern, hat der ÖPNV in den vergangenen Jahren in der politischen Diskussion an Bedeutung gewonnen. Als Rückgrat der Verkehrswende trägt ein gut ausgebautes und leicht zugängliches ÖPNV-Netz entscheidend zur Reduktion von CO_2-Emissionen sowie zur Entlastung der Straßeninfrastruktur bei und bietet der Bevölkerung die Möglichkeit mobil zu sein, ohne auf das Auto angewiesen zu sein. Städte wie Wien, Freiburg im Breisgau oder Kopenhagen zeigen eindrucksvoll, dass durch eine integrierte Siedlungs- und Verkehrsentwicklung im Sinne eines *Transit Oriented Development* nicht nur die Fahrgastzahlen, sondern auch die Modal-Split-Anteile des ÖPNV erheblich gesteigert werden können. Diese Erfolge zeigen, wie entscheidend integrierte Planungsansätze für den Erfolg eines zukunftsorientierten Verkehrssystems sind.

1.2 Forschungsauftrag und Forschungsfragen

Neben den oben genannten Best-Practice-Beispielen stehen viele Regionen vor der Herausforderung, bisher unterversorgte und unzureichend erschlossene Teilbereiche zu identifizieren und ihre Erreichbarkeit gezielt zu verbessern. Hierfür ist die Weiterentwicklung bestehender Erreichbarkeitsmodelle notwendig, sodass sie neben Reisezeiten auch qualitative Merkmale wie Taktdichte und Verkehrsmittelangebot berücksichtigen. Diese Analysen bieten die Grundlage, um gezielte Maßnahmen für die Verbesserung des ÖPNV-Angebots zu entwickeln. In der vorliegenden Studie wird die (Weiter-) Entwicklung von ÖPNV-basierten Erreichbarkeitsanalysen angestrebt, um bestehende Erschließungsdefizite in Nordrhein-Westfalen systematisch zu identifizieren. Mit Hilfe einer GIS-gestützten Bestandsaufnahme wird die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW zu verschiedenen Tageszeiten berechnet, um Schwankungen im Angebot und potenzielle Defizite in der Versorgung sowohl in räumlicher als auch in zeitlicher Hinsicht aufzeigen zu können. Aufbauend auf diesen Analysen werden in zwei Szenarien die Potenziale von On-Demand-Systemen (ODS) und einer mit Hilfe von Mobilstationen vernetzten Mobilität untersucht. Dabei wird der Frage nachgegangen, wie solche innovativen Mobilitätslösungen die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW verbessern können. Auf Basis dessen können Handlungsempfehlungen für die Verkehrsplanung und Politik abgeleitet werden, um die Grundlage für ein zukunftsfähiges, integratives und klimafreundliches Verkehrssystem in NRW zu schaffen.

1.3 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum umfasst das Bundesland Nordrhein-Westfalen, das sich als bevölkerungsreichstes Bundesland Deutschlands durch seine vielfältigen Raumstrukturen auszeichnet (vgl. Abbildung 1). Neben zahlreichen Großstädten prägen auch ländliche Regionen das Landschaftsbild, was besondere Herausforderungen für die Planung und den Ausbau des ÖPNV mit sich bringt. Der Agglomerationsraum Rhein-Ruhr zählt zu den am dichtesten besiedelten Gebieten Deutschlands und verfügt daher über ein umfassendes ÖPNV-Netz mit hoher Taktfrequenz, das für viele Menschen eine wichtige Grundlage ihrer alltäglichen Mobilität darstellt. Im starken Kontrast dazu stehen ländliche Regionen, wie das Sauerland oder die Eifel, die durch geringe Bevölkerungsdichte, disperse Siedlungsstrukturen und weite Reisedistanzen zu Oberzentren gekennzeichnet sind. Hier beeinträchtigen unzureichende Anbindungen und Taktungen die Attraktivität des ÖPNV erheblich, was den motorisierten Individualverkehr (MIV) oft zur nahezu alternativlosen Verkehrsoption macht. Dieses Spannungsfeld zwischen gut

vernetzten urbanen Zentren und strukturell benachteiligten ländlichen Räumen verdeutlicht die Herausforderungen, aber auch die Notwendigkeit einer differenzierten und integrativen ÖPNV-Planung.

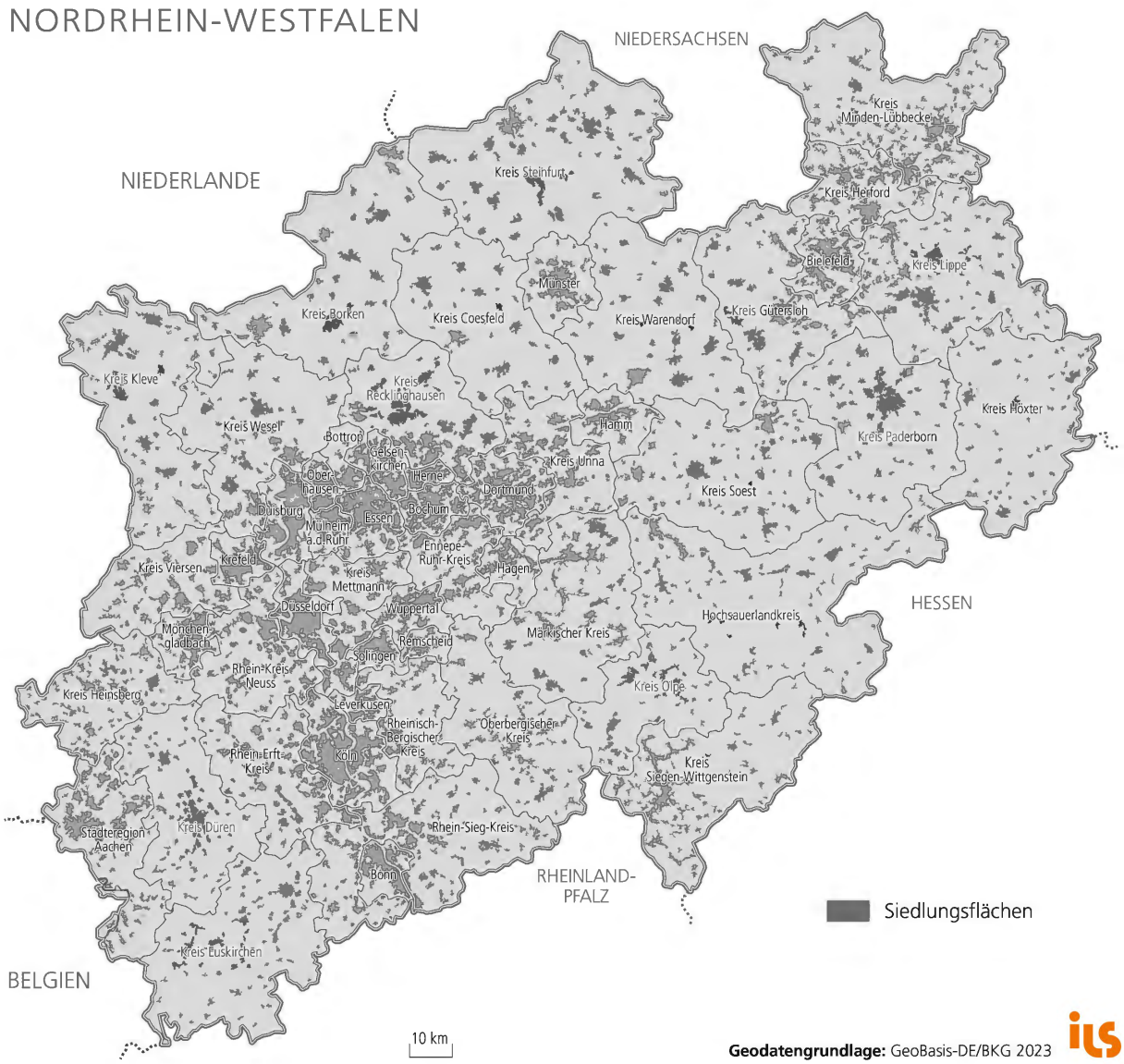


Abbildung 1: Siedlungsstruktur in Nordrhein-Westfalen

2 Aktueller Forschungsstand

2.1 Einordnung, Definition, Indikatoren und Messung von Erreichbarkeit

Grundlegende Begriffe und Konzepte der Erreichbarkeitsforschung

Zunächst soll das dieser Arbeit zugrundeliegende Erreichbarkeitsverständnis erläutert werden. Gather/Kagermeier et al. (2008) definieren Erreichbarkeit als ein zentrales Konzept der raumwissenschaftlichen Mobilitätsforschung, das die zeiträumlichen Gelegenheitsstrukturen des Siedlungssystems, die Verkehrsangebote sowie die Mobilitätsbedürfnisse der Individuen und Haushalte miteinander verbindet. Um die Beziehungen zwischen Aktivitätszielen, Verkehrsinfrastruktur und Mobilitätsbedürfnissen

abzubilden, werden zumeist Erreichbarkeitsindikatoren[1] herangezogen, die je nach Fragestellung unterschiedliche Komponenten erfassen können. Geurs/van Wee (2004) definieren als Komponenten die Siedlungsstruktur, das Verkehrssystem, die individuellen Möglichkeiten und die zeitlichen Zwänge. Die konkrete räumliche Darstellung und Analyse von Erreichbarkeit erfolgt in der Regel durch einen Modellierungsansatz, der aus den Komponenten Nachfrage, Infrastruktur und Aktivitätsgelegenheiten besteht. Im Folgenden wird ein Überblick zu den unterschiedlichen Analyse– und Modellierungsansätzen in der Erreichbarkeitsplanung gegeben, die nach aktuellem Stand in der Verkehrswissenschaft und Verkehrsplanung angewendet werden.

Es gibt zahlreiche Ansätze der Erreichbarkeitsanalyse und -modellierung. Die Wahl der Methodik hängt im Wesentlichen davon ab, welchem Zweck die entsprechende Untersuchung dient. Dabei kann die zur Anwendung kommende Modellierung von relativ einfachen Ausstattungsindikatoren bis hin zu komplexen Logit-Modellen reichen und muss nicht immer in eine räumlich-kartographische Darstellung münden. Neumeier (2014a) unterscheidet zwischen einfachen Erreichbarkeitsindikatoren, die Querschnittsinformationen liefern und die regionale Verkehrsinfrastruktur charakterisieren sowie komplexen Indikatoren, die Raumwiderstandseffekte über Distanzen, Reisezeiten oder Kosten messen. Schwarze (2005) unterscheidet ähnlich zwischen einfacher Erreichbarkeit, die die Erschließungsqualität des Verkehrssystems abbildet und der integrierten Erreichbarkeit, mit der die Aktivitätsziele im Raum über Widerstands- und Aktivitätsfunktionen mit den dort lebenden Menschen in Bezug gesetzt werden, etwa um räumliche Disparitäten in der Nahversorgung abzubilden.

Erreichbarkeitsanalysen auf räumlicher Ebene ermöglichen die Identifizierung potenzieller Mobilitätsdefizite. Eine darauf ausgerichtete Verkehrsplanung zielt darauf ab, diese Defizite gezielt zu adressieren und Strategien zur Verkehrsverlagerung und -reduktion mit Mobilitätssicherung sowie einer verbesserten gesellschaftlichen Teilhabe zu verknüpfen. Dies steht im Gegensatz zur klassischen, vorwiegend angebotsorientierten Verkehrsplanung, die in erster Linie das bestehende Verkehrsgeschehen analysiert und stark frequentierte Verkehrswege fokussiert. Eine solche Vorgehensweise führt häufig zum Ausbau von stark befahrener Verkehrsinfrastruktur und selten zu einer verbesserten Mobilität (Martens 2012). Die Indikatoren, die einer Erreichbarkeitsanalyse zugrunde liegen, sind je nach Fragestellung einfach oder komplex aufgebaut. Im Folgenden werden die wichtigsten Gruppen von Erreichbarkeitsindikatoren dargestellt.

Indikatoren und Messkonzepte in der Erreichbarkeitsforschung

Zur Bewertung der Erreichbarkeit existieren verschiedene Messkonzepte, die sich in ihrer Komplexität und Anwendungsweise unterscheiden. Schwarze (2005) klassifiziert Indikatoren in die Kategorien Ausstattung, Konnektivität, Reiseaufwand, Reisebudget und Potenzial. Scheurer/Curtis (2007) unterscheiden zwischen Indikatoren der räumlichen Trennung, Akkumulations-, Konkurrenz- und Zeitbudgetindikatoren, sowie gravitations-, netz- und nutzwertorientierten Indikatoren. Malekzadeh/Chung (2020) differenzieren hingegen zwischen distanz-, gravitations- und nutzungsbasierten Ansätzen, ähnlich wie Bertolini/Le Clercq et al. (2005), die eine Unterteilung zwischen Akkumulations- und Gravitationsindikatoren sowie nutzwertorientierten Indikatoren vornehmen. Im deutschsprachigen Raum werden Gravitationsindikatoren oft als Potenzialindikatoren bezeichnet (Neumeier 2014a; Schwarze 2005). Zur Vereinfachung wird im Folgenden ausschließlich der Begriff Potenzialindikator verwendet. Für den vorliegenden Forschungsbericht ist insbesondere die letztgenannte Klassifikation zielführend:

- Akkumulations- oder auch Kumulationsindikatoren messen, wie viele Ziele von einem bestimmten Startpunkt innerhalb einer fest definierten Distanz oder Zeit erreichbar sind (BBSR 2019). Kumulationsindikatoren sind einfach zu berechnen und zu interpretieren, weshalb die

[1] „Erreichbarkeitsindikatoren messen den Nutzen, den Haushalte und Unternehmen in einem Gebiet aus der Existenz und der Nutzung der für ihr Gebiet relevanten Verkehrsinfrastruktur ziehen“ (Spiekermann/Wegener (2012).

Darstellung in der Regel über Isochronen erfolgt, die auch als Linien gleicher (Reise-)Zeit bezeichnet werden können (Neumeier 2014a; Rauch/Rauh 2016; Levinson/Marshall et al. 2017). Der Vorteil dieser Gruppe von Indikatoren liegt in ihrer leichten Vermittelbarkeit, wohingegen komplexere Potenzialindikatoren schwieriger zu interpretieren sind (Santana Palacios/El-Geneidy 2022). Auf der anderen Seite sind Kumulationsindikatoren wenig theoretisch fundiert und durch die starren Grenzen wird die Erreichbarkeit unterkomplex abgebildet. Andererseits können Kumulationsindikatoren einen wertvollen Überblick zu bestimmten Fragestellungen liefern, z.B. zum Erschließungsgrad zentraler Orte oder der Reichweite eines Krankenhauses.

- Potenzialindikatoren beziehen sich auf die Anziehungskraft der zu erreichenden Ziele (gemessen über ein Maß der Attraktivität) und den zu überwindenden Raumwiderstand (gemessen in Distanz- oder Reisezeit) zu eben diesen Zielen (Hansen 1959; Schwarze 2005; BBSR 2019; Malekzadeh/Chung 2020). Im Gegensatz zum Reisezeitaufwandsindikator, der schlicht die Reisezeit von Quelle zum Ziel darstellt, wird die Erreichbarkeit über ein Attraktivitätsmaß und eine Widerstandsfunktion ermittelt (Malekzadeh/Chung 2020). Mit zunehmender Distanz zum Ziel nimmt die Anziehungskraft des Ziels ab, was sich durch einen geringeren Wert in der Widerstandsfunktion ausdrückt (El-Geneidy/Levinson 2006; BBSR 2019). Komplexe Erreichbarkeitsanalysen auf Basis von Potenzialindikatoren bestehen in der Regel aus zwei Funktionen. Das BBSR (2019) bezeichnet diese als Aktivitäts- und Widerstandsfunktionen. Die Aktivitätsfunktion beschreibt, welche im Raum zu erreichenden Gelegenheiten für die jeweilige Analyse relevant sind und wie diese zu gewichten sind. Die Widerstandsfunktion beschreibt im Allgemeinen die mit der Distanz steigenden Reisekosten (zumeist gemessen über Reisezeiten) (El-Geneidy/Levinson 2006). Für die Abbildung komplexer Erreichbarkeiten mittels eines Potenzialindikators bietet sich der Rasteransatz an. Durch diesen Ansatz können die durch einen Potenzialindikator entstehenden Indexwerte besser miteinander verrechnet werden (Neumeier 2014a).
- Nutzwertorientierte Indikatoren (auch „utility-based indicators“) basieren auf wirtschaftstheoretischen Grundlagen und messen anhand komplexer Funktionen, welchen Nutzen eine Person aus der Erreichbarkeit ziehen kann (Malekzadeh/Chung 2020). Um diese Methodik anwenden zu können, werden Annahmen über die Präferenzen der Verkehrsteilnehmenden getroffen (El-Geneidy/Levinson 2006). Dazu müssen im betroffenen Untersuchungsgebiet detaillierte sozioökonomische Daten zur Verfügung stehen, die über Logit-Modelle miteinander verbunden sind (Neumeier 2014a; Geurs/Zondag et al. 2010). Nutzwertbasierte Verfahren produzieren in der Regel keine kartographischen Ergebnisse, sondern statistische Werte, die über die Güte der Erreichbarkeit in einem Untersuchungsgebiet Aufschluss geben (siehe z.B. Geurs/Zondag et al. 2010). Aufgrund ihrer Komplexität und ihres synthetischen Charakters findet diese Gruppe von Indikatoren ihre Anwendung vornehmlich in der Wissenschaft und weniger in der Planungspraxis.

Neben den in den vorherigen Kapiteln vorgestellten Erreichbarkeitsindikatoren wird im Folgenden die Netzwerkebene näher beschrieben. Dies ist wichtig, um zu verstehen, welche Unterschiede zwischen der Analyse des Individualverkehrs (IV) und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) bestehen. Die Messung der Erreichbarkeit des IV erfolgt über ein aufbereitetes Verkehrsnetzmodell. Die dazugehörige Datenbasis kann entweder aus kommerziellen (z.B. Esri-StreetMap) oder frei verfügbaren (z.B. OpenStreetMap) Quellen bezogen werden (Neumeier 2014b). Für die Messung der Erreichbarkeit des ÖV werden zusätzlich Daten zu Haltestellen und Fahrplänen benötigt. Diese Informationen können über GTFS[2]-Daten bezogen werden. Somit setzen sich die für den ÖV gemessenen Reisezeiten aus Zugangs-, Warte-, Beförderungs-, eventueller Umstiegs- und der Abgangszeit zusammen (Schwarze 2005). Sollen Erreichbarkeitsanalysen des ÖV über die Erreichbarkeit der Haltestellen (Foda/Osman 2010), der Güte von Linienkorridoren (Polzin/Pendyala et al. 2002) oder der Güte von Verkehrssektoren (Alam/Thompson et al.

[2] *General Transit Feed Specification*, ein digitales Austauschformat für Fahrpläne des ÖV.

2010) hinausgehen, muss die Erreichbarkeit im ÖV über Wegeketten gemessen werden. Abbildung 2 veranschaulicht auf einfache Weise, welche Messmethoden der Erreichbarkeit des ÖV zugrunde liegen können.

Nachdem in diesem Kapitel ein Überblick über die Erreichbarkeitskonzepte, ihren Wert für die Mobilitätsplanung, die anwendbaren Indikatoren sowie die Messung von Erreichbarkeit gegeben wurde, wird in Kapitel 2.2 der Blick auf theoretische, planungspraktische und politische Konzepte zur Erreichbarkeit des ÖPNV geweitet.

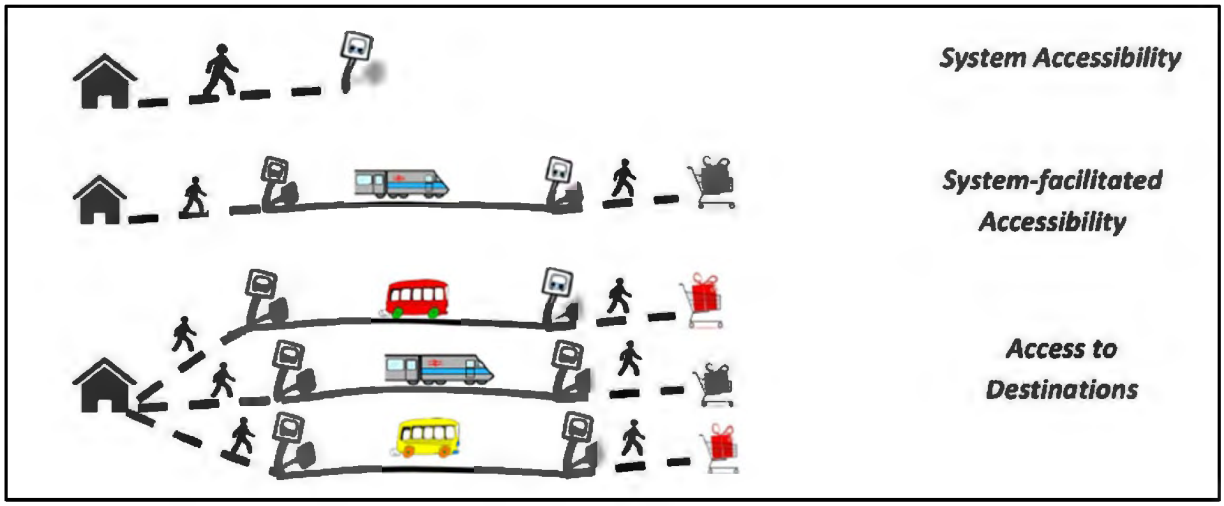


Abbildung 2: Messkategorien der Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs (adaptiert nach Malekzadeh & Chung, 2020).

2.2 Konzepte der ÖPNV-Erreichbarkeit

Das vorliegende Kapitel betrachtet die ÖPNV-Erreichbarkeit aus Perspektive der Forschung, Planungspraxis und Politik.

Erreichbarkeitskonzepte in Wissenschaft und Forschung: Level of Service, Transit Deserts und Mobilitätsarmut

Bereits seit den 1970er Jahren werden Konzepte und Standards zur Operationalisierung der Qualität und Erreichbarkeit öffentlicher Verkehrsangebote unter dem Begriff „Level of Service“(LoS) diskutiert. Allen/Di Cesare (1976) entwickelten erste Kriterien zur Bewertung des Nahverkehrsangebots. Als bedeutsame Komponenten der Angebotsqualität definierten sie Reisegeschwindigkeit, Pünktlichkeit, Komfort, Verfügbarkeit, Effizienz des Verkehrssystems, Parameter der Nachfrage (z.B. Auslastung, Anteil am Modal Split) und bereits Umweltfaktoren wie Luftverschmutzung und Lärm (Allen/Di Cesare 1976). Viele dieser Charakteristika, die insbesondere die Leistungsfähigkeit von ÖPNV-Systemen betreffen, können durch Erreichbarkeitsanalysen (räumlich) erfasst werden. Neuere Forschungen erweitern diesen Ansatz um siedlungsstrukturelle Merkmale wie Bevölkerungsdichte, Nutzungsmischung, Bodenrichtwerte oder die fußläufige Erreichbarkeit von ÖPNV-Knotenpunkten (Eichhorn/Gerten et al. 2021).

Währen das LoS-Konzept primär auf die Angebotsqualität und Effizienz von ÖPNV-Systemen fokussiert ist, rücken in neueren wissenschaftlichen Diskursen zunehmend räumliche Ungleichheiten in der Erreichbarkeit in den Vordergrund. Im internationalen Kontext wird häufig der Begriff „transit deserts“ verwendet, um Gebiete zu definieren, in denen das ÖPNV-Angebot unzureichend ist, um die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung angemessen zu decken. Hierbei geht es nicht nur um das Fehlen des ÖPNV, sondern auch um unzureichende Taktung und schlechte Anbindung. Der Begriff ist an „food deserts“ angelehnt und lenkt die Aufmerksamkeit der Verkehrs- und Mobilitätsplanung auf unterversorgte Bereiche, anstatt lediglich bestehende ÖPNV-Systeme zu analysieren (Jiao/Dillivan 2013). Eng hiermit verknüpft ist der Begriff „transport poverty“, der im internationalen Diskurs vor allem durch Karen Lucas geprägt wird.

Während „transit deserts“ insbesondere die räumliche Dimension unzureichender ÖPNV-Versorgung in den Blick nimmt, erweitert das Konzept der „Mobilitätsarmut“ diese um wirtschaftliche und soziale Faktoren, die den Zugang zur Mobilität einschränken. Eng verbunden mit der Erreichbarkeitsplanung zielt die Analyse der Mobilitätsarmut darauf ab, bestehende Defizite für verschiedene gesellschaftliche Gruppen sichtbar zu machen (Lucas/Bates et al. 2016). Insbesondere der gezielte Ausbau der ÖPNV-Infrastruktur kann nicht nur die Mobilität vulnerabler Bevölkerungsgruppen verbessern, sondern durch Mitnahmeeffekte auch die der Gesamtbevölkerung (Lucas 2012). Zudem hat ein gut ausgebauter ÖPNV das Potenzial, als Rückgrat einer umweltgerechten und multimodalen Mobilität zu fungieren. Auch im deutschsprachigen Raum wird das Thema zunehmend aufgegriffen. So hebt Naumann (2023) hervor, dass die Perspektive der Mobilitätsarmut den Zugang zum Verkehrssystem mit Konzepten sozialer und räumlicher Ungleichheit verbindet. Wie bereits in Kapitel 2.1 dargestellt, eignen sich Erreichbarkeitsanalysen zur Identifikation räumlicher Mobilitätsdefizite – im Gegensatz zur klassischen, angebotsorientierten Verkehrsplanung (Martens 2012). Werden entsprechenden Modellen sozioökonomische Daten hinzugefügt, können zusätzlich soziale Defizite der Erreichbarkeit analysiert werden.

Erreichbarkeitskonzepte in der Planungspraxis: Transit Oriented Development, Daseinsvorsorge und ÖV-Güteklassen

Aus den theoretischen Diskursen lässt sich ableiten, dass Erreichbarkeitsanalysen konzeptionell vorrangig auf die räumliche Verteilung und Mobilität der Bevölkerung ausgerichtet sind. Im Hinblick auf die ÖPNV-Planung gewinnt in diesem Zusammenhang insbesondere der Ansatz des „Transit Oriented Development“(TOD) an Bedeutung (Ibraeva/Correia et al. 2020). TOD umfasst städtebauliche Konzepte, die eine gut ausgebaute lokale Infrastruktur, attraktive Mobilitätsalternativen zum privaten Pkw und eine gute Erreichbarkeit des ÖPNV umfassen (Ibraeva/Correia et al. 2020; Eichhorn/Gerten et al. 2021). Die Entwicklung von Siedlungsschwerpunkten und des ÖPNV-Angebots werden dabei gezielt aufeinander abgestimmt.

Klassische TOD-Ansätze in der Erreichbarkeitsplanung kombinieren die Analyse der Konnektivität – d.h. die Erreichbarkeit zu anderen Stationen im Nahverkehrsnetz – mit der Analyse der Lagegunst – d.h. die Dichte an Einwohner*innen und Arbeitsplätzen (Papa/Bertolini 2015). Neuere Modellierungsansätze umfassen weitere Parameter, wie Taktfrequenz, Nutzungsmischung, nahräumliche Erreichbarkeit oder entwickelbare Flächenpotenziale (Eichhorn/Gerten et al. 2021). TOD-Strategien können einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Siedlungs- und Verkehrsentwicklung leisten. Ibraeva/Correia et al. (2020) kritisieren jedoch, dass die Umsetzung von TOD in der Planungspraxis häufig auf zentrale Siedlungsgebiete ausgerichtet ist, während Arbeitsplatzschwerpunkte – wie beispielsweise Gewerbegebiete – meist unberücksichtigt bleiben. Auch in einem dicht besiedelten Bundesland wie NRW besteht noch ein erhebliches Potenzial für die integrierte Siedlungs- und Verkehrsentwicklung (Eichhorn/Gerten et al. 2021).Die Grundsätze einer ÖPNV-basierten Erreichbarkeitsplanung finden sich indirekt auch in den rechtlichen Grundlagen der Nahverkehrsplanung wieder. So wird im Regionalisierungsgesetz (*RegG*) und im Gesetz zum öffentlichen Nahverkehr NRW (*ÖPNVG NRW*) der ÖPNV als Bestandteil der Daseinsvorsorge definiert:

„Die Sicherstellung einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge.“ (§1 Abs. 1 RegG)

„Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge.“ (§1 Abs. 1 ÖPNVG NRW)

Gemäß *§1 Abs. 2 RegG* werden die für die Organisation des ÖPNV zuständigen Stellen durch Landesrecht bestimmt. In NRW obliegt diese Aufgabe den Kreisen und kreisfreien Städte (vgl. *§3 Abs. 1 ÖPNVG NRW*). Ziel ist es, eine angemessene Versorgung der Bevölkerung mit ÖPNV-Angeboten zu gewährleisten. Dazu zählen neben einer hohen Pünktlichkeit und Anschlusssicherheit auch verschiedene Servicekriterien sowie die Vernetzung mit anderen Mobilitätsangeboten (*§2 Abs. 3 ÖPNVG NRW*).

Allerdings bleiben zentrale Bestandteile der Erreichbarkeit wie Reisezeiten oder Taktfrequenzen in der Gesetzgebung unberücksichtigt. In der Praxis gibt es somit verschiedene qualitative Anforderungen an den ÖPNV, jedoch keine konkreten Mindeststandards für ein Versorgungsniveau. Zwar ergibt sich aus der Zuordnung des ÖPNV als Teil der Daseinsvorsorge eine Regelungspflicht, die sich im Personenbeförderungsgesetz (*PBefG*) sowie im *ÖPNVG NRW* widerspiegelt. Allerdings ist der Begriff der Daseinsvorsorge rechtlich unscharf definiert und eröffnet Gestaltungsspielräume in der Umsetzung (Milstein 2018). In der Folge ergibt sich weder eine rechtlich verbindliche Verpflichtung der Kommunen zur Sicherstellung von Mindeststandards noch in Bezug auf die Gewährung von Zuschüssen oder Fördermitteln durch Bund und Länder. Diese Rechtslage stellt eine Herausforderung für die Umsetzung von politischen Zielen wie der Verkehrswende und Sicherstellung sozialer Teilhabe dar (Schwedes/Ringwald 2021; Hendzlik/Lange et al. 2023). Das Ziel einer sozialen Teilhabe ist insbesondere für Bevölkerungsgruppen relevant, die in erhöhtem Maße von Erreichbarkeitsdefiziten betroffen sind. Hierzu zählen Personen mit niedrigem sozioökonomischem Status, Haushalte ohne Zugang zu einem Pkw, Bevölkerung in peripheren und strukturschwachen Regionen sowie Jugendliche oder Hochbetagte (BMVBS 2012).

Somit ist der ÖPNV zwar rechtlich als Teil der Daseinsvorsorge verankert, jedoch existieren weder verbindliche Vorgaben zum Ausbaugrad noch zu spezifischen Bedienungsstandards. Das führt zu erheblichen regionalen Unterschieden in der ÖPNV-Versorgung. Zwar sind die Kreise und kreisfreien Städte dazu verpflichtet, regelmäßig einen Nahverkehrsplan als strategisches Planungsinstrument aufzustellen, dieser ist jedoch ein strategisches Planungsinstrument und hat keinen rechtsverbindlichen Charakter (Sommer/Deutsch 2021). Mangels verbindlicher gesetzlicher Regelungen bietet die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) mit den *Empfehlungen für Planung und Betrieb des ÖPNV* einen Orientierungsrahmen, der zur einheitlichen Gestaltung des ÖPNV-Angebots in Deutschland beitragen kann (Brühning 2010). Die Empfehlungen umfassen zentrale Themenbereiche, wie die Erreichbarkeit zentraler Orte, Haltestellendichte, Bedienungsqualität, Beförderungsqualität sowie den Grad der Barrierefreiheit (Sommer/Deutsch 2021).

Ein bewährtes Modell zur Bewertung der Erreichbarkeitsqualität des ÖPNV stellt das in Österreich und der Schweiz etablierte Konzept der ÖV-Güteklassen dar. Die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) veröffentlichte im Jahr 2016 Vorgaben zu den ÖV-Güteklassen, die seither in verschiedenen Planungskontexten Anwendung finden. Grundlegende Parameter der ÖV-Güteklassen umfassen die Entfernung zu Haltestellen, die Taktfrequenz sowie die räumliche Erschließung des ÖPNV (ÖROK 2022). Mit dem Ansatz der ÖV-Güteklassen werden diese Erreichbarkeitsparameter mit weiteren Merkmalen kombiniert, wie der Reisegeschwindigkeit und der Qualität des jeweiligen Verkehrsangebots. So werden schienengebundene Verkehrsmittel hinsichtlich ihres Fahrkomforts und der Geschwindigkeit als attraktiver eingestuft als straßengebundene Verkehrsmittel (Dziekan 2011).

In der Schweiz werden die ÖV-Güteklassen vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) definiert. Die jeweilige Güteklasse ergibt sich aus der Art der Verkehrsmittel und der Taktung je Haltestelle. Diese Kategorien werden dann mit der durchschnittlichen Luftliniendistanz zur Haltestelle kombiniert (Bundesamt für Raumentwicklung ARE 2022). Abbildung 3 zeigt exemplarisch auf, wie diese ÖV-Güteklassen kartographisch visualisiert werden können.

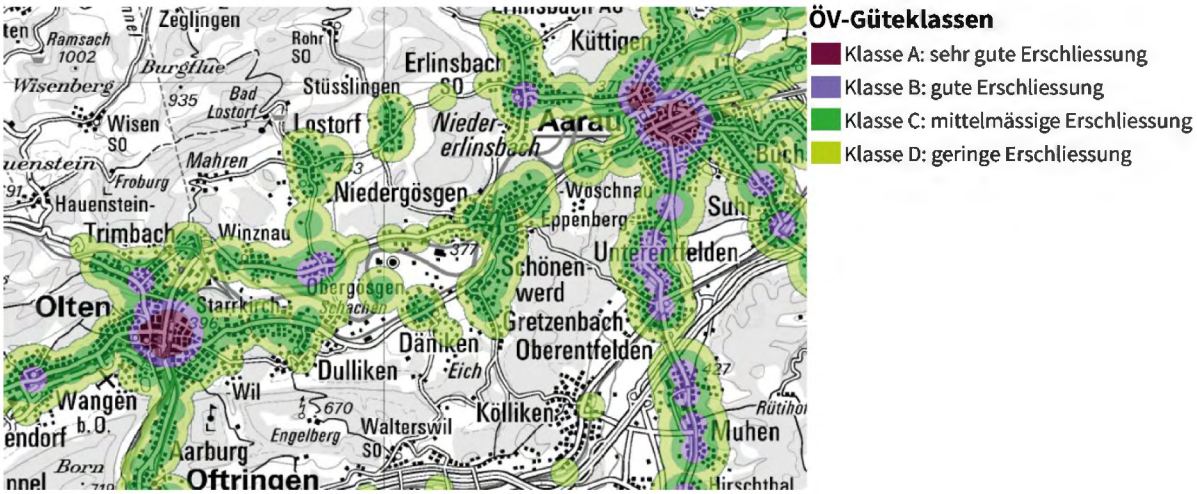


Abbildung 3: Kartographische Visualisierung der ÖV-Güteklassen anhand der Beispiele Aargau und Olten (adaptiert von Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2022)

In Deutschland wurde die Entwicklung von ÖPNV-basierten Erreichbarkeitskonzepten dagegen im Kontext der rechtlich nicht bindenden Raumbeobachtung sowie durch unterschiedliche Forschungsprojekte vorangetrieben. Eine bedeutsame Rolle haben dabei die Erreichbarkeitsanalysen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) inne, die seit den 1980er Jahren durchgeführt werden (BBSR 2019). Auf nationaler Ebene werden Indikatoren wie Haltestellendichte, Haltestelleneinzugsbereiche sowie Reisezeiten für ÖPNV und MIV dargestellt (BBSR 2018). Abbildung 4 zeigt hierzu beispielhaft einen Reisezeitvergleich zwischen MIV und ÖV für die Metropolregion Hamburg. Das Erreichbarkeitsmodell des BBSR wird fortlaufend geprüft und weiterentwickelt, etwa in Hinblick auf die Berechnung der Reisezeiten, die Routenwahl oder die Bestimmung zentraler Orte und wichtiger Ziele (BBSR 2019).

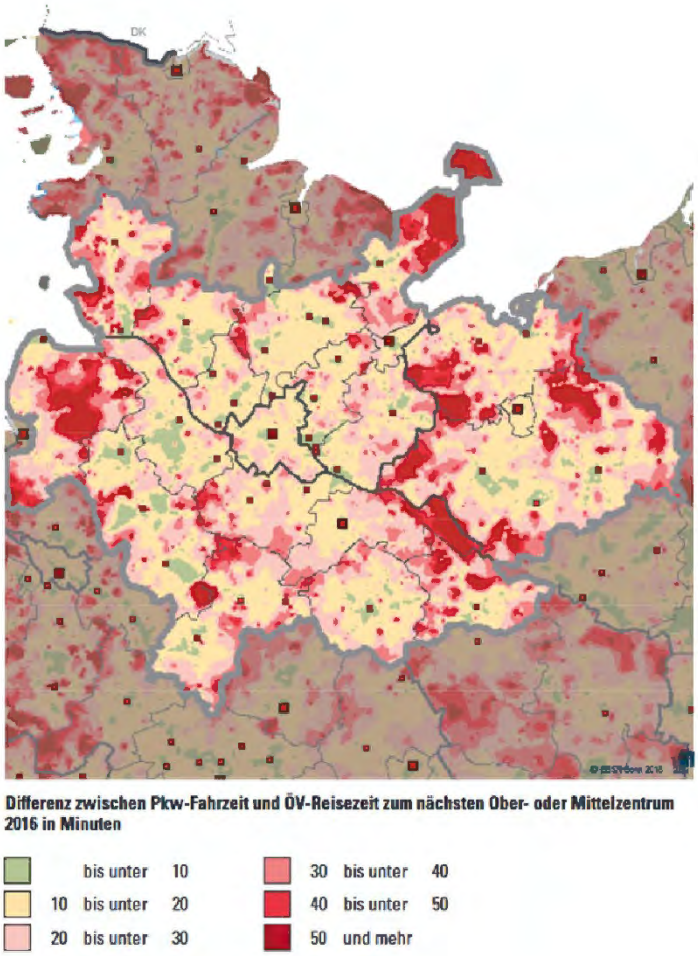


Abbildung 4: Reisezeitdifferenz zwischen MIV und ÖPNV für die Metropolregion Hamburg (BBSR, 2018)

Im Jahr 2009 wurde für die Metropolregion München der TUM-Erreichbarkeitsatlas entwickelt, um zur Unterstützung der Regional- und Verkehrsplanung räumliche und sozioökonomische Disparitäten der Erreichbarkeiten zu visualisieren (Büttner/Kinigadner et al. 2018). Bestandteil sind neben Strukturdaten – wie Einwohner– und Arbeitsplatzdichte, Einkommen und Einrichtungen der Daseinsvorsorge – auch für den Verkehr relevante Parameter wie Fahrplandaten des ÖPNV, Reisezeiten des MIV und Emissionen des privaten Verkehrs (Büttner/Kinigadner et al. 2018). Der Erreichbarkeitsatlas ermöglicht hiermit unter anderem die Identifikation von unterdurchschnittlich erschlossenen Gebieten, die Darstellung von Emissionen des privaten Verkehrs sowie Reisekostenvergleiche (Büttner/Kinigadner et al. 2018).

Erreichbarkeitsanalysen werden häufig getrennt für urbane und ländliche Raume durchgeführt. Dies ist insbesondere auf die unterschiedlichen Rahmenbedingungen zurückzuführen, da in städtischen Gebieten aufgrund höherer Bevölkerungsdichten andere Standards für den ÖPNV etabliert werden können als in ländlichen Regionen (Schwedes/Ringwald 2021). Dennoch sollten Erreichbarkeitsanalysen nicht an den jeweiligen administrativen Grenzen enden, da eine funktionale Beziehung zwischen Kernstadt und Umland für eine umfassende Daseinsvorsorge bedeutsam ist. Das Forschungsprojekt *Urban Rural SOLUTIONS* verfolgt in seinen Analysen zum Themenschwerpunkt des regionalen Daseinsvorsorgemanagements einen solchen interkommunalen Ansatz. Ein zentrale Ergebnis des Projekts ist der „Daseinsvorsorgeatlas“, in dem als wesentliches Element ein Erreichbarkeitsmodell integriert wurde (Matthes 2020). Dieses Modell zeichnet sich durch einen hohen Detaillierungsgrad aus, indem unterschiedliche Verkehrszeiten, topographische Begebenheiten sowie raumstrukturelle Unterschiede berücksichtigt wurden. Ein weiterer Vorteil besteht in der Möglichkeit, Einrichtungen der Daseinsvorsorge flexibel

hinzuzufügen oder zu entfernen, sodass verschiedene Planungssimulationen durchgeführt werden können (Peter/Pusch et al. 2020). Darüber hinaus können die Ergebnisse der Erreichbarkeitsanalyse mit altersspezifischen Bevölkerungsdaten auf Gemeindeebene verschnitten werden (Lange/Pusch 2019).

Politische Debatte zur Erreichbarkeit des ÖPNV im föderalen System Deutschlands

Abschließend soll zusammengefasst werden, wie die skizzierten Erkenntnisse aus Forschung und Planungspraxis auf der politischen Ebene diskutiert werden. So setzt etwa ein aktuelles Gutachten des wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) Erreichbarkeit im ÖPNV in Bezug zur Mobilitäts- und Verkehrswende. Darin wird die Verkehrsverlagerung vom motorisiertem Individualverkehr auf den ÖPNV sowie den nicht motorisierten Individualverkehr als eine wesentliche Säule der Verkehrswende hervorgehoben (BMDV 2023). Gleichzeitig wird darauf hingewiesen, dass die Klimaschutzziele im Verkehr bislang vor allem die Bevölkerung in urbanen Räumen begünstigen, während vulnerable Bevölkerungsgruppen in ländlichen Räumen weiterhin von Mobilitätsarmut betroffen sind (BMDV 2023). Um dieser Polarisierung entgegenzuwirken empfiehlt der Beirat in Anlehnung an die Richtlinien der integrierten Netzplanung (RIN) und die ÖV-Güteklassen des Schweizer Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) die Einführung verbindlicher Mindeststandards für den ÖPNV. Diese umfassen einen flächendeckenden Takt von 60 Minuten (vorzugsweise 30 Minuten), ein maximales Reisezeitverhältnis zum MIV von 2:1 sowie eine Haltestellenkategorisierung im Sinne der ÖV-Güteklassen (BMDV 2023).

Innerhalb des föderalen Systems Deutschlands wird Erreichbarkeit im ÖPNV insbesondere im Zusammenhang mit der Sicherstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse diskutiert. Im Koalitionsvertrag der gegenwärtigen Bundesregierung wird zwischen Bund, Ländern und Kommunen ein Ausbau- und Modernisierungspakt für ÖPNV angestrebt, der u.a. Angebots- und Erreichbarkeitsstandards beinhaltet (Brohm 2023). Laut Brohm (2023) liegt der ungedeckte zusätzliche Finanzbedarf für diesen Pakt bei rund 50 Mrd. Euro bis 2030. In diesem Zusammenhang verweist er auf einen stetig steigenden Eigenbeitrag der Kreise und Kommunen bei der Finanzierung des bestehenden ÖPNV-Angebots (von 3,07 Mrd. € im Jahr 2017 auf 4,17 Mrd. € im Jahr 2021), wodurch diese für den Ausbau und die Modernisierung des ÖPNV auf einen Aufwuchs der Zuschüsse durch Bund und Länder angewiesen seien, auch aufgrund einer strukturell bedingten kommunalen Unterfinanzierung (Brohm 2023).

Nach der Skizzierung der politischen Fachdebatten, die sich mit der Erreichbarkeit im ÖPNV befassen, wird nachfolgend exemplarisch auf die ÖPNV-Strategien der Länder Baden-Württemberg und Bayern eingegangen. Beide Bundesländer verfolgen bis zum Jahr 2030 ambitionierte Ziele, die sich aber w in ihrer konkreten Zielsetzung unterscheiden. Während in Bayern eher Leitbilder und Handlungsfelder angeführt werden (u.a. Ausbau der Infrastruktur, verbesserte Vernetzung der Angebote, einheitliche Tarife, Digitalisierung im ÖPNV oder eine verbesserte Finanzierungsgrundlage) (StMB 2022), sind für Baden-Württemberg konkrete Ziele formuliert, und zwar die Verdopplung der Fahrgastzahlen bis zum Jahr 2030 gegenüber 2010 und eine flächendeckende Taktung von mindestens 15 Minuten in städtischen und 30 Minuten in ländlichen Räumen (Hermann 2023). In Baden-Württemberg werden zudem in stärkerem Maße auch Push-Maßnahmen, etwa im Sinne einer Umverteilung von Flächen und Geldern vom MIV zum ÖPNV diskutiert (Gehlhaus 2023; Hermann 2023; Münz 2023). In Bayern sind Beispiele für Mindeststandards bzgl. Erreichbarkeit und Taktung dagegen eher in ÖPNV-Konzepten auf Kreisebene zu beobachten (Werner/Lelanz 2023).

Als Zwischenfazit kann festgehalten werden, dass Erreichbarkeitsanalysen eine wertvolle Grundlage dafür sind, dass der von der Politik angestrebte Ausbau des ÖPNV zielgerichtet und bedarfsgerecht umgesetzt werden kann. So können z.B. durch die Verortung von Räumen mit Erreichbarkeitsdefiziten Maßnahmen priorisiert und entsprechende Investitionen gerechtfertigt werden.

2.3 Operationalisierungsansätze einer ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für NRW

Im folgenden Kapitel werden die bisherigen Erkenntnisse zu Erreichbarkeitskonzepten in Wissenschaft, Planungspraxis und Politik auf ihr Anwendungspotenzial in diesem Projekt hin überprüft.

Der Detailgrad von Erreichbarkeitsanalysen hängt im Wesentlichen von den zeitlichen, personellen und monetären Ressourcen ab, die zur Verfügung stehen. Sofern eine Erreichbarkeitsanalyse nicht nur auf einfachen Indikatoren, wie z.B. der Anzahl an Einrichtungen pro Gemeinde oder der Luftliniendistanz zur nächsten Haltestelle, basieren soll, muss in der Regel ein Modell aufgebaut werden. Hierfür ist ein routingfähiges Verkehrsnetz erforderlich, um die Reisezeiten im motorisierten Individualverkehr (MIV) abbilden zu können. Gleiches gilt für den Fuß- und Radverkehr (NMIV – nicht motorisierter Individualverkehr). Für die Abbildung des ÖPNV werden dagegen zusätzlich Fahrplandaten benötigt (z.B. über die Schnittstelle GTFS), die mit dem Verkehrsnetz verknüpft werden, um die Reisezeiten abbilden zu können, da ÖPNV-Wege immer in Form von Wegeketten realisiert werden, die mindestens zwei Fußwege enthalten. Wie sich die Berechnung der Reisezeiten zwischen ÖPNV und MIV unterscheidet zeigt Abbildung 5.

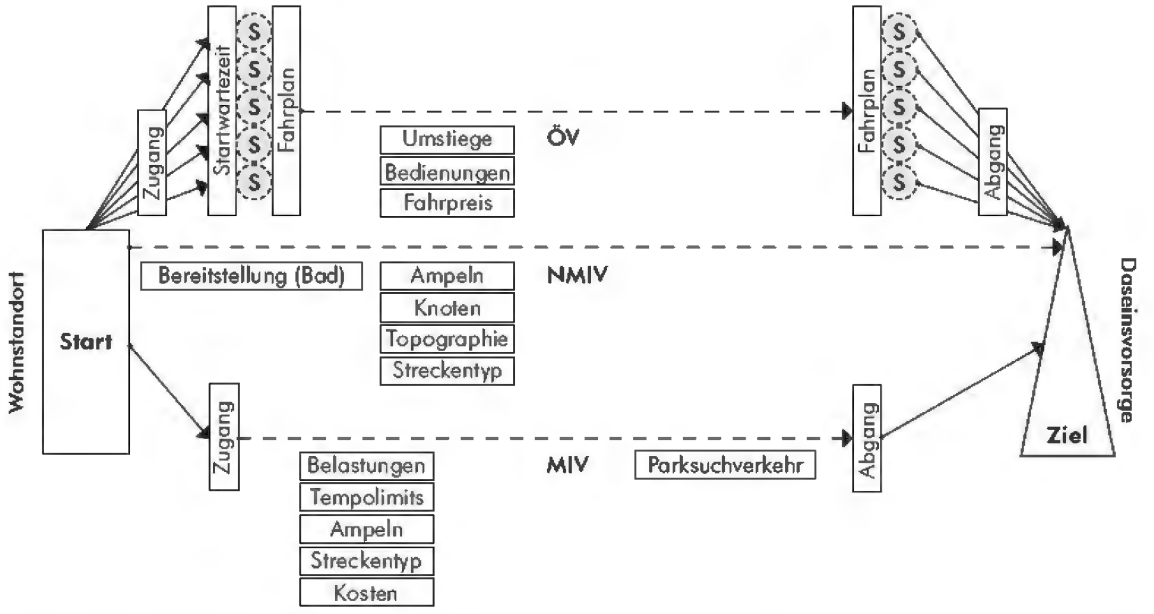


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Parameter, die bei der Berechnung der Reisezeit von ÖPNV und IV berücksichtigt werden können (Peter et al. 2020: 252).

Die Kombination von einem routingfähigen Verkehrsnetzwerk und Fahrplandaten des ÖPNV ermöglicht die Abbildung von Kumulationsindikatoren, die meist in Form von Isochronen dargestellt werden (siehe auch Kapitel 2.1). Weitere räumliche Daten, etwa zu Flächennutzung, Punktinfrastruktur (z.B. Einrichtungen der Daseinsvorsorge) oder Bevölkerungspotenzialen, können mit den aus den Isochronen entstandenen Polygonen verschnitten werden. Bei kleinräumigen und komplexen Erreichbarkeitsanalysen, die das flächendeckende Potenzial der Erreichbarkeit abbilden sollen, bietet sich als räumliche Auflösung die Rasterebene an. Den Rasterzellen können relevante Standorte, kleinräumige Bevölkerungsdaten (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2023) oder weitere sozioökonomische Merkmale zugeordnet werden. Abhängig vom Detailgrad der Analyse wird eine entsprechende Anzahl von Relationen zwischen den Rasterzellen gemessen, die dann die Erreichbarkeit anhand bestimmter Fragestellungen kleinräumig abbildet. Zusätzlich kann bei Analysen mit vielen Rasterzellen in Kombination mit vielen Merkmalsausprägungen die zur Verfügung stehende Rechenleistung ein limitierender Faktor sein.

Im Folgenden soll erläutert werden, welche Parameter relevant sind, um die generelle Güte der Erreichbarkeit des ÖPNV-Systems für ein ganzes Bundesland abzubilden. Dazu liefern die in Kapitel 2.2 vorgestellten Richtlinien der FGSV und die ÖV-Güteklassen aus Österreich und der Schweiz wertvolle Hinweise. Im Wesentlichen lassen sich unterschiedliche Merkmale herausarbeiten, die für eine Erreichbarkeitsanalyse eines ÖPNV-Systems relevant sind: Haltestellendichte, Taktfolge, verfügbare Verkehrsmittel und Reisezeit bzw. Reisegeschwindigkeit. Taktfolge und Erschließungsgrad der Haltestellen lassen sich gut miteinander kombinieren und beispielsweise anhand der ÖV-Güteklassen räumlich visualisieren. Um Reisezeiten abbilden zu können, müssen Ziele definiert werden, die in einer bestimmten Zeit erreicht werden sollen. Im Gegensatz zu den Haltestellen können viele Standorte (z.B. Arbeitsplatzschwerpunkte oder Einrichtungen der Daseinsvorsorge) nicht automatisiert erfasst werden.

Die Aufbereitung des Verkehrsnetzes und der Fahrplandaten erfordert einen erheblichen Aufwand, insbesondere im Hinblick auf die Strukturierung und Modellierung der ÖPNV-Daten. Ein wesentlicher Teil dieses Aufwands entfällt auf den Aufbau einer konsistenten und belastbaren Datenstruktur für den öffentlichen Verkehr. Für weiterführende Szenarien, die komplexere Erreichbarkeitsstrukturen abbilden – beispielsweise ÖPNV-Reisezeiten unter Berücksichtigung eines prognostizierten Ausbaus von On-Demand-Systemen oder Mobilstationen – müssen etwa entsprechende Annahmen hinsichtlich der jeweiligen infrastrukturellen und betrieblichen Ausbaugrade getroffen werden.

Auch die Aufbereitung des Verkehrsnetzes und der Fahrplandaten ist mit einem erheblichen Aufwand verbunden. Ein Großteil des Aufwands entfällt hierbei auf den Aufbau der Datenstruktur für den ÖPNV. Ein positiver Nebeneffekt ist, dass auch die für die Verkehrswende relevanten multimodalen Wege ohne besonderen Mehraufwand mit abgebildet werden können (z.B. Kombination aus Wegen mit E-Bike und ÖPNV). Auch der Reisezeitvergleich mit dem MIV, der einen wesentlichen Indikator für die Leistungsfähigkeit eines ÖPNV-Systems darstellt, ist ohne viel Mehraufwand abbildbar, da für die Berechnung der Reisezeiten für den MIV das Verkehrsnetz alleine ausreicht. Szenarien, die die Erreichbarkeit der Rasterzellen mit einer Größe von 0,25 km^2 in Bezug auf Reisezeitvergleiche zwischen dem MIV und ÖPNV oder multimodale Wegeketten abbilden sind für eine NRW-weite Analyse durchaus realisierbar. Für die Entwicklung von Szenarien, die komplexere Erreichbarkeiten abbilden, wie z.B. ÖPNV-Reisezeiten unter Berücksichtigung des angenommenen Ausbaus von On-Demand-Systemen und Mobilstationen, müssen entsprechende Annahmen zum jeweiligen Ausbaustandard getroffen werden.

Auf Basis der vorangegangenen Ausführungen und den zur Verfügung stehenden Ressourcen können folgende Bewertungskriterien für die Erreichbarkeitsanalyse in diesem Projekt realisiert werden:

- NRW-weite Bestandsaufnahme der ÖPNV-Erreichbarkeit auf Grundlage von Rasterzellen und ÖV-Güteklassen für alle Haltestellen auf Basis der Taktung, der verfügbaren Verkehrsmittel sowie der Erreichbarkeit der Haltestellen zu Fuß und mit dem Fahrrad,
- Szenario zum landesweiten Ausbau von On-Demand-Systemen auf Grundlage von Rasterzellen und ÖV-Güteklassen,
- Szenario zum landesweiten Ausbau von Mobilstationen auf Grundlage von Rasterzellen und ÖV-Güteklassen.

Komplexere Analysen sind möglich. Dazu müssten jedoch zusätzlich sozioökonomische und standortspezifische Daten erhoben, validiert und integriert werden. Darüber hinaus müssen bei längerer Nutzung regelmäßig die Fahrplan- und Verkehrsnetzdaten angepasst werden. Dabei gilt, je komplexer die Annahmen für die Modellierung bestimmter Erreichbarkeitsanalysen und Szenarien, desto komplexer die Algorithmik, die hinter der Berechnung steht. Einerseits kann davon ausgegangen werden, dass komplexere Analysen schwieriger zu kommunizieren sind, andererseits ermöglichen sie die Offenlegung von Mobilitätsdefiziten im Raum und die zielgerichtete Ausrichtung der ÖPNV-Planung auf besonders betroffene Bevölkerungsgruppen.

2.4 Forschungsstand On-Demand-Systeme

In Vorbereitung auf die Entwicklung eines erreichbarkeitsbasierten Szenarios zum Ausbau von On-Demand-Systemen in Nordrhein-Westfalen (vgl. Kapitel 6.1) wird nachfolgend der Forschungsstand kompakt zusammengefasst.

Zur Sicherung der ÖPNV-Mindestversorgung nehmen On-Demand-Systeme (ODS) – besonders im ländlichen Raum – eine immer größere Bedeutung ein. Der liniengebundene ÖPNV kann in der Fläche aufgrund umwegiger Relationen und den daraus resultierenden langen Fahrzeiten die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung oftmals nur unzureichend abbilden. In diesen Fällen können mit Hilfe von flexiblen und sektoral organisierten Angeboten Fahrtwünsche gebündelt, und basierend auf Algorithmen sinnvolle Routenverläufe ermittelt werden (Löffler/Becker et al. 2023). ODS werden deswegen auch als Chance für einen effizienten und flächendeckenden ländlichen ÖPNV begriffen (Agora Verkehrswende 2022a). Darüber hinaus können ODS auch eine Chance für einen attraktiveren ÖPNV im suburbanen Raum sein. Insgesamt haben ODS das Potenzial Angebotslücken zu schließen, die Attraktivität des ÖV zu erhöhen und Emissionen zu reduzieren; gleichzeitig besteht die Herausforderung ein kosteneffizientes, nutzerfreundliches und integratives Angebot vorzuhalten (Kagerbauer 2024).

ODS können als Bedienangebote begriffen werden, die vom Nutzer per Smartphone-App angefordert werden, linienunabhängig virtuelle Haltepunkte ansteuern und Fahrtanfragen nach Möglichkeit bündeln (pooling) (Schneider/Koska et al. 2024). Durch die digitale Buchung und ein enges Netz an virtuellen Haltestellen unterscheiden sich ODS neuerer Generation von bestehenden, früher entwickelten Formen des flexiblen ÖPNV, die in Deutschland erstmals in den 1970er Jahren eingesetzt wurden (Kirchhoff/Tsakarestos 2007).

Eine Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie (WI) zum On-Demand-Ridepooling in Deutschland identifiziert ca. 60 bis 80 ODS neuerer Generation, von denen 12 % im ländlich und kleinstädtisch geprägten Raum, 45 % im städtisch geprägten Raum und 43 % in großstädtischen und Metropolräumen aktiv sind (Stand: 2023). Bei diesen Systemen kommen 1,3 bis 1,9 Fahrgastkilometer auf einen gefahrenen Kilometer und im Schnitt registrieren sich 8,5 % der Einwohner in den jeweiligen Einzugsgebieten. Die Wegezwecke sind je nach ODS sehr unterschiedlich. Im Vergleich zum städtischen Raum werden in ländlichen Regionen ODS tendenziell mehr für Arbeitswege genutzt. Interessanterweise wird das Fehlen von anderen ÖPNV-Angeboten selten als Nutzungsgrund angeführt. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass diese eher als Direktverbindung und weniger als Zubringer verstanden werden. Insgesamt stellt die Studie fest, dass durch ODS mehr Wege induziert werden und weniger eine Substitution von Pkw-Fahrten stattfindet. Aus ökologischer Sicht werden somit gemäß dieser Studie nur geringe Effekte erzielt. Allerdings sind die zusätzlich induzierten Wege ein Hinweis darauf, dass die gesellschaftliche Teilhabe gestärkt werden kann (Schneider/Koska et al. 2024).

Die Novellierung des *PBefG* vom 1. August 2021 erleichtert es den Aufgabenträgern erheblich, ODS in das lokale ÖPNV-Angebot aufzunehmen. Die entwickelte Novellierung beinhaltet neu eingeführte Regelungen zu plattformbasierten Mobilitätsdiensten, um neuen digitalen Geschäftsmodellen Rechnung zu tragen (Nitze/Wang et al. 2023). Wesentliche Grundlage ist der neu eingeführte § 44 des *PBefG* zum Linienbedarfsverkehr, der es ermöglicht, ohne die vorher üblichen Experimentierklauseln, ÖPNV auf Bestellung und ohne festen Linienweg anzubieten (Agora Verkehrswende 2022a).

Im Vergleich zum konventionellen ÖPNV bleiben die Aufgabenträger und Leistungserbringer identisch, in Kombination mit den entsprechenden Regelungen zu Betrieb, Ausgleich und Finanzierung (bezuschusst von Bund und Ländern) (Nitze/Wang et al. 2023). Entsprechendes Wissen zu On-Demand-Verkehren muss dann entweder innerhalb der Verkehrsverbünde und Unternehmen aufgebaut oder durch externe Dienstleister bereitgestellt werden. Insbesondere für Aufgabenträger und Leistungserbringer in ländlichen Räumen, in denen ODS als Chance begriffen werden, sind hohe Lizenzgebühren für die

Software zur Steuerung der Routing-Algorithmen häufig ein Grund dafür, kein ODS einzuführen (Löffler/Becker et al. 2023). Über ein gebündeltes Vorgehen lokaler Verkehrsunternehmen auf Kreis- oder Regionsebene könnten diese Kosten minimiert werden. Zudem stellen potenzielle Kooperationen von öffentlichen Verkehrsbetrieben und privaten Anbietern eine Chance dar, um zusätzliche Kosten zu decken, die durch die Einführung von ODS entstehen (Kagerbauer 2024).

Für die Einsatz- und Funktionsweise von ODS sind die räumlichen Gegebenheiten vor Ort und das vorhandene ÖPNV-Angebot maßgeblich. Im Folgenden wird dargestellt, warum ODS nicht isoliert vom konventionellen ÖPNV funktionieren, sondern diesen integrativ dort ergänzen, wo Bündelungspotenziale fehlen. Zudem zeigen wir anhand aktueller Studien, wie räumliche und zeitliche Unterschiede Potenziale und mögliche Einsatzformen von ODS bestimmen. Damit die Verkehrswende gelingen kann, muss für den ÖPNV ein flächendeckender Fahrgastzuwachs generiert werden. In entsprechenden Szenarien wird daher vorgeschlagen, dass im klassischen ÖPNV ein dichtes Angebot mit kompetitiven Reisezeiten zum MIV und einem hohen Anteil an schienengebunden Verkehrsmitteln geschaffen wird. Damit der ÖPNV gleichzeitig auch in dünn besiedelten Räumen und in Randzeiten empfohlen, hierfür entsprechende Lösungen zu entwickeln, um die Fläche zu erschließen (Civity Management Consultants 2022).

Civity Management Consultants (2022) hat in diesem Kontext, je nach räumlicher Lage und vorherrschendem Angebot, drei Archetypen von ODS identifiziert, die auch in der aktuellen Studie des WI aufgegriffen werden (Schneider/Koska et al. 2024). Der Typ 1 „Grundmobilität“ soll in der Fläche die Daseinsvorsorge sichern. Damit einher geht ein Basisangebot mit einer Wartezeit von 30 bis 60 Minuten. Der Typ 2 „Lückenschlussmobilität“ soll die Attraktivität bei räumlich und zeitlich lückenhafter Bedienung erhöhen. Es wird ein dichteres Angebot mit 15 bis 30 Minuten Wartezeit empfohlen. Der Typ 3 „Bequemlichkeitsmobilität“ dient als Erweiterung von gut ausgebauten ÖPNV-Systemen. Für diesen Typ wird die Einrichtung eines hochwertigen Angebots mit ca. 10 Minuten Wartezeit empfohlen. Die unterschiedlichen Typen zeigen auf, dass es sinnvoll ist, mehrere Szenarien mit unterschiedlichen Wartezeiten zu modellieren.

Das Wuppertal Institut (WI) hat die bestehenden ODS in Deutschland hinsichtlich ihrer jeweiligen Bedienzeit analysiert und insgesamt sechs Typencluster herausgearbeitet. 32 % der Systeme sind von früh morgens bis nach Mitternacht im Dauereinsatz, 23 % haben einen Bedienzeitraum von morgens bis spät in den Abend, 22 % bedienen nur die Abend- und Nachtstunden, 13 % bieten ein Basisangebot von ca. 8 bis 19 Uhr an (häufig mit Mittagspausen) und 10 % werden als Arbeitsshuttle bezeichnet, mit einem Bedienzeitraum von 5–6 Uhr bis 19–21 Uhr (Schneider/Koska et al. 2024). Das WI hat zudem eine weitreichende Systemtypologie entwickelt, die räumliche, zeitliche, tarifliche und verknüpfende Aspekte berücksichtigt. Die ausführliche Beschreibung dazu findet sich unter Schneider et al. 2024.

In einer weiteren Studie wurde der Betrieb von ODS in ländlichen Räumen simuliert (Agora Verkehrswende 2023a). Dabei wurden unterschiedliche Szenarien für den Betrieb von ODS entworfen. Wesentliche Kernergebnisse sind folgende:

- In zentralen und mittelstädtischen Räumen ländlicher Regionen würde der flächendeckende Einsatz von ODS einen hohen Fahrzeugbedarf erzeugen. Konventionelle ÖPNV-Systeme sind dort nicht verzichtbar. ODS haben jedoch dort das Potenzial, als Zubringer zu fungieren, was deren Integration in das regionale ÖPNV-System erforderlich macht.
- In kleinstädtischen und dörflichen Räumen hat der flächendeckende Einsatz von ODS ein besonders hohes Potenzial im Hinblick auf die Abdeckung unterversorgter Bereiche. Allerdings wäre der flächendeckende Einsatz nur mit zusätzlichen Ressourcen möglich.
- Eine hohe Erschließungswirkung und geringe Reisezeiten werden vor allem durch die Errichtung eines engmaschigen virtuellen Haltestellennetztes erreicht.
- In Bezug auf Fahrtenbündelung und Umwegzeiten besteht ein Zielkonflikt.

- Die zu erwartenden Umwelteffekte sind marginal. Durch den Umstieg auf ODS in ländlichen Räumen wird die motorisierte Gesamtfahrleistung kaum verringert. Es sind jedoch erhebliche Effekte in Bezug auf die Daseinsvorsorge zu erwarten. Unterversorgte Regionen wären flächendeckend versorgt, die Mobilitätsoptionen würden steigen und für Personen ohne Zugang zu einem Pkw würde die gesellschaftliche Teilhabe verbessert.

Civity Management Consultants (2022) führt aus, dass die Einführung von ODS vor allem räumliche Effekte nach sich zieht, da die Erschließungs- und Verbindungsqualität des ÖPNV verbessert wird; die Angebotsdichte in den ÖPNV-Systemen erhöht sich jedoch kaum. Bei einer Potenzialanalyse für das Gebiet des RVR (KCD/civity 2022) wird der umfassende Einsatz von ODS empfohlen, obwohl es sich in weiten Teilen um einen hochverdichteten Agglomerationsraum handelt. Es wird empfohlen, ODS zwischen 6 und 20 Uhr in weniger dicht besiedelten Bereiche einzusetzen, um zeitliche und räumliche Lücken zu schließen. In dieser Zeit könnten davon potenziell rund 300.000 Einwohner profitieren, die laut Studie momentan nicht an den ÖPNV angebunden sind. Zwischen 20 und 6 Uhr sollten ODS eingesetzt werden, um die Grundmobilität zu sichern, das zu erschließende Bevölkerungspotenzial liegt dann sogar bei 1,5 Mio. Menschen. Der Zuschussbedarf pro Jahr wird auf 32 bis 39 Mio. Euro geschätzt.

2.5 Forschungsstand Mobilstationen – Vernetzte Mobilität

In Vorbereitung auf die Entwicklung eines erreichbarkeitsbasierten Szenarios zum Ausbau von Mobilstationen und zur Förderung von vernetzter Mobilität in Nordrhein-Westfalen (vgl. Kapitel 6.2) wird nachfolgend der Forschungsstand zu Mobilstationen kompakt zusammengefasst.

Neben Qualitätsmerkmalen wie der Bedienfrequenz, der Geschwindigkeit des Verkehrsmittels und der Zuverlässigkeit ist die Erreichbarkeit von Haltestellen ein wesentlicher Faktor für die Attraktivität eines ÖPNV-Systems. Durch die Einrichtung von Mobilstationen an strategisch bedeutsamen Knotenpunkten im Verkehrsnetz kann die Erreichbarkeit zu Fuß und durch Verkehrsmittel wie Fahrrad, E-Bike oder E-Scooter erheblich verbessert werden. Mobilstationen erleichtern multimodales Verkehrsverhalten und helfen bei der Verkehrsverlagerung vom privaten Pkw auf die Verkehrsmittel des Umweltverbunds (Thelen/Reutter et al. 2023) und haben das Potential den Pkw-Besitz zu reduzieren (Czarnetzki/Freude et al. 2024).

Im Gegensatz zum Ausbau des konventionellen ÖPNV oder der Implementierung von ODS zur Erschließung der Fläche ist die Errichtung von Mobilstationen mit deutlich geringeren Betriebskosten verbunden. Auf Landesebene hat das „Zukunftsnetz Mobilität NRW“ im Jahr 2022 das Handbuch zur Einrichtung von Mobilstationen herausgegeben. Demnach ist es das erklärte Ziel „[…] ein flächendeckendes System von Mobilstationen in städtischen und ländlichen Gebieten zu schaffen“ (Unger-Azadi/Overs et al. 2022: 7). Eine Schlüsselfunktion kommt Mobilstationen im urbanen und suburbanen Raum zu, da hier bereits ein hohes Potenzial an multimodalen Verkehrsoptionen vorhanden ist (Unger-Azadi/Overs et al. 2022).

Durch die flächendeckende Einrichtung von Mobilstationen würde vor allem der Übergang der unterschiedlichen Verkehrsmittel innerhalb des Umweltverbunds erleichtert werden. Je nach Lage und Ausstattung können Mobilstationen aber auch Anreize für Pkw-Nutzende schaffen, zumindest Teilstrecken mit dem ÖPNV zurückzulegen, was nicht nur positive Effekte auf die Umwelt nach sich zieht, sondern auch die Verkehrsbelastung der Innenstadtbereiche verringern kann. Do liefert z.B. das Projekt „MoSt – Mobilstationen in der Stadtregion Köln“ interessante Hinweise darauf, dass die Einrichtung von Mobilstationen die Nutzung des Pkw reduzieren kann und die Nutzung der Verkehrsmittel des Umweltverbunds potenziell erhöht. Dies wurde an vier neu eingerichteten Mobilstationen im Großraum Köln mittels einer Vorher-Nachher-Befragung festgestellt (Koska 2022). Jung/Koldert (2019) führen dazu ergänzend an, dass positive Effekte vor allem durch Park & Ride-Anlagen an ländlichen Bahnhöfen mit

schlechten Zubringern zu erwarten sind und nicht durch deren Einrichtung an zentralen Bahnhöfen in verdichteten Zentren. Allerdings ist es aus unserer Sicht im Sinne einer Push & Pull-Strategie wichtig, dass der Ausbau von Park & Ride-Anlagen an suburbanen und ländlichen Standorten begleitet wird von einer Reduzierung und Bepreisung von Parkplätzen in den Innenstädten.

Neben der Lage können auch verschiedene Ausstattungsmerkmale entscheidend für die Attraktivität von Mobilstationen sein. Eine Nicht-Nutzenden-Befragung aus dem Projekt MoSt liefert hier wertvolle Hinweise. Als wesentliche Hinderungsgründe für die Nutzung von Mobilstationen wurden dort ein unzuverlässiger, langsamer und zu teurer ÖPNV genannt. Als nicht zu unterschätzende Qualitätsmerkmale wurden dagegen eine gute Aufenthaltsqualität und der barrierefreie Zugang herausgearbeitet. Die wichtigsten Serviceangebote sind laut der Studie digitale Fahrgastinformationen, gesicherte Fahrradabstellmöglichkeiten und Park & Ride-Anlagen. Ein hohes Auslastungspotenzial wird zudem für solche Mobilstationen prognostiziert, die in Bezug auf die Ausstattung mit Fahrradabstellmöglichkeiten hohe Qualitätsstandards erfüllen und gleichzeitig an den SPNV angebunden sind (Krome/Hellmund et al. 2023). Die hohe Bedeutung von Barrierefreiheit und Zugänglichkeit im Spiegel der Befragungsergebnisse verdeutlicht, dass nicht alle Personengruppen in gleichem Maße von der Einrichtung von Mobilstationen profitieren. Bevölkerungsgruppen, die in ihrer Bewegungsfähigkeit oder Mobilität eingeschränkt sind, werden Mobilstationen erwartungsgemäß kaum nutzen.

Die Ergebnisse aus dem Projekt MoSt deuten auf die zentrale Bedeutung diebstahlsicherer Fahrradabstellanlagen in Kombination mit einer guten Fahrradwegeinfrastruktur und einem zuverlässigen, beschleunigten und möglichst schienengebundenen ÖV hin. Zudem zeigen Ergebnisse aus dem Projekt „KoGoMo – Stärkung der kommunalen Governance für die Umsetzung von neuen Mobilitätsangeboten“, dass neben der Verknüpfung vom privaten Fahrrad/Pkw mit einem zuverlässigen ÖPNV, die Integration von Car- und Bikesharing-Angeboten möglicherweise einen wichtigen Einfluss auf den Nutzungsgrad von Mobilstationen hat, gerade in Stadtrandlagen (Czarnetzki/Freude et al. 2024). Genau dies greift z.B. das Projekt „Multi-Mo-DUS“ auf, in dessen Rahmen bis 2026 achtzehn multifunktionale Mobilstationen in bisher unterversorgten Stadtteilen Düsseldorfs errichtet werden, jede ausgestattet mit Sharing-Angeboten für Pkw, Fahrräder und E-Scooter (Kersting/Baisch 2024).

3 Datengrundlagen

3.1 Verwendete Datensätze

Die Analyse der Erreichbarkeit des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) basiert auf den deutschlandweiten General Transit Feed Specification (GTFS)-Daten des DELFI e. V. (Stand: Juni 2024), die für den Untersuchungsraum zugeschnitten wurden. Diese Datengrundlage umfasst Informationen zu Linienverläufen, einzelnen Fahrten, bedienten Haltestellen sowie den zugehörigen Ankunfts- und Abfahrtszeiten (gtfs.org 2024). Diese Kernvariablen ermöglichen die Berechnung verschiedener Indikatoren zur Qualität und Erreichbarkeit des ÖPNV. Ein zentraler Referenzpunkt für die Bewertung der ÖPNV-Qualität ist die räumliche Bevölkerungsverteilung. Hierfür werden aktuelle Daten des Zensus 2022 genutzt und auf eine geeignete geographische Ebene aggregiert, um eine differenzierte Analyse der Erreichbarkeit zu ermöglichen. Zusätzlich wird das Datenrepositorium von OpenStreetMap (OSM) als weitere wesentliche Quelle herangezogen. Es erlaubt unter anderem die Extraktion von Landnutzungsdaten und Points of Interest (POI), die für den Exkurs der Gewerbe- und Industrieflächenerreichbarkeit notwendig sind (overpass-turbo.eu 2024). Zur Berechnung von Reisezeiten und Fahrzeitisochronen wird die Routing-Software *OpenRouteService* (ORS) verwendet. Anhand von Straßennetz-Daten aus OSM erstellt der ORS ein routingfähiges Netzwerk, welches die Erreichbarkeiten von Haltestellen mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln erlaubt.

3.2 Berücksichtigung von On-Demand-Fahrten

Im Gegensatz zum klassischen Linienverkehr enthalten die verwendeten GTFS-Daten keine vollständigen Informationen zu den im Untersuchungsraum betriebenen On-Demand-Systemen (ODS). Die daraus resultierenden Datenlücken beeinflussen die berechneten Betriebsfrequenzen sowie die Bewertung der ÖPNV-Qualität. Besonders in den ländlichen Regionen NRWs, in denen On-Demand-Verkehre eine zentrale Rolle für die öffentliche Verkehrsanbindung übernehmen, führt die unzureichende Datenverfügbarkeit zu methodischen Herausforderungen. In vielen Fällen ersetzen oder ergänzen diese Systeme den liniengebundenen ÖPNV, werden jedoch in der Datengrundlage nicht adäquat abgebildet. Dies führt zu einer systematischen Benachteiligung der betroffenen Regionen in der Erreichbarkeitsbewertung. Neben der Datenverfügbarkeit gibt es auch methodische Herausforderungen bei der Integration eines flexiblen und bedarfsorientierten Verkehrssystems in ein statisches, fahrplanbasiertes Analysekonzept.

Um diese Abweichungen zu minimieren, wurden für die in NRW operierenden ODS-Mindestrufzeiten angenommen, um durchschnittliche Betriebsfrequenzen zu bestimmen. Diese Annahmen basieren auf einer Desktoprecherche sowie Befragungen von Verkehrsunternehmen. Ziel war es, fehlende Informationen zu Bediengebieten, Haltestellen und Taktungen bzw. Wartezeiten zu identifizieren und die Datengrundlage entsprechend zu ergänzen. Im Rahmen der Untersuchung wurden 17 On-Demand-Dienste gezielt kontaktiert, um detaillierte Informationen zu Betriebskonzepten zu erheben. Hierfür wurde ein Fragenkatalog verwendet, der zentrale Aspekte wie die Abgrenzung der Bediengebiete, die konzeptionelle Ausrichtung der Mobilitätsangebote (haltestellenbasiert oder flächenbasiert) sowie Angaben zu Taktung, Vorlauf- und Wartezeit erfasste. Die Auswahl der On-Demand-Dienste erfolgte aus einer Gruppe von Pilotprojekten, die durch das Land NRW gefördert wurden. Zusätzlich zu den schriftlich übermittelten Informationen wurden von zehn Anbietern präzise Haltestellenpositionen in Form georeferenzierter Geodaten bereitgestellt. Diese Daten wurden entsprechend aufbereitet und in die bestehende Erreichbarkeitsanalyse integriert. Für Bediengebiete, für die keine exakten Haltestellenpositionen vorlagen, wurde ein vereinfachtes Implementierungsverfahren angewendet. An den Mittelpunkten der Rasterzellen (500 × 500 m) wurden virtuelle Haltestellen hinzugefügt. Hierbei wurden nur solche Rasterzellen ausgewählt, die entweder selbst eine Mindestbevölkerung von 50 Personen aufweisen oder an eine Rasterzelle mit dieser Mindestbevölkerung angrenzen. Dieses Verfahren orientiert sich hinsichtlich Verteilung und Dichte der Haltestellen an den Angaben der zehn Anbieter zu ihrem jeweiligen Haltestellennetz. Eine detaillierte Beschreibung zu diesem methodischen Vorgehen folgt in Kapitel 6.1. Eine zusammenfassende Übersicht über die Rückmeldungen und Informationen, die von den kontaktierten On-Demand-Anbietern übermittelt wurden, ist in Tabelle 1 dargestellt. Zusätzlich zu den kontaktierten On-Demand-Diensten konnten 13 weitere nicht oder anderweitig geförderte Anbieter über Desktoprecherche ermittelt werden. Für die Bediengebiete dieser Anbieter wurden Annahmen getroffen, die eine durchschnittliche Versorgung basierend auf den getätigten Rückmeldungen widerspiegeln. Ausgehend von dem zuvor genannten Verteilungsverfahren der virtuellen Haltestellen wurde für diese eine durchschnittlichen Frequenz (in Form von Warte- und Rufzeiten) von 30 Minuten angenommen. Eine visuelle Übersicht der Gemeinden, in denen ein On-Demand-System operiert, bietet Abbildung 6.

Anzahl	Anteil	Bediengebiete	Haltestellen	Taktung/Wartezeit
2	11,8 %	☒	☒	☒
8	47,0 %	☒	☒	☐
2	11,8 %	☒	☐	☐
5	29,4 %	☐	☐	☐
Σ 17	100,0 %			

Tabelle 1: Aufschlüsselung der Rückmeldungen der On-Demand-Anbieter

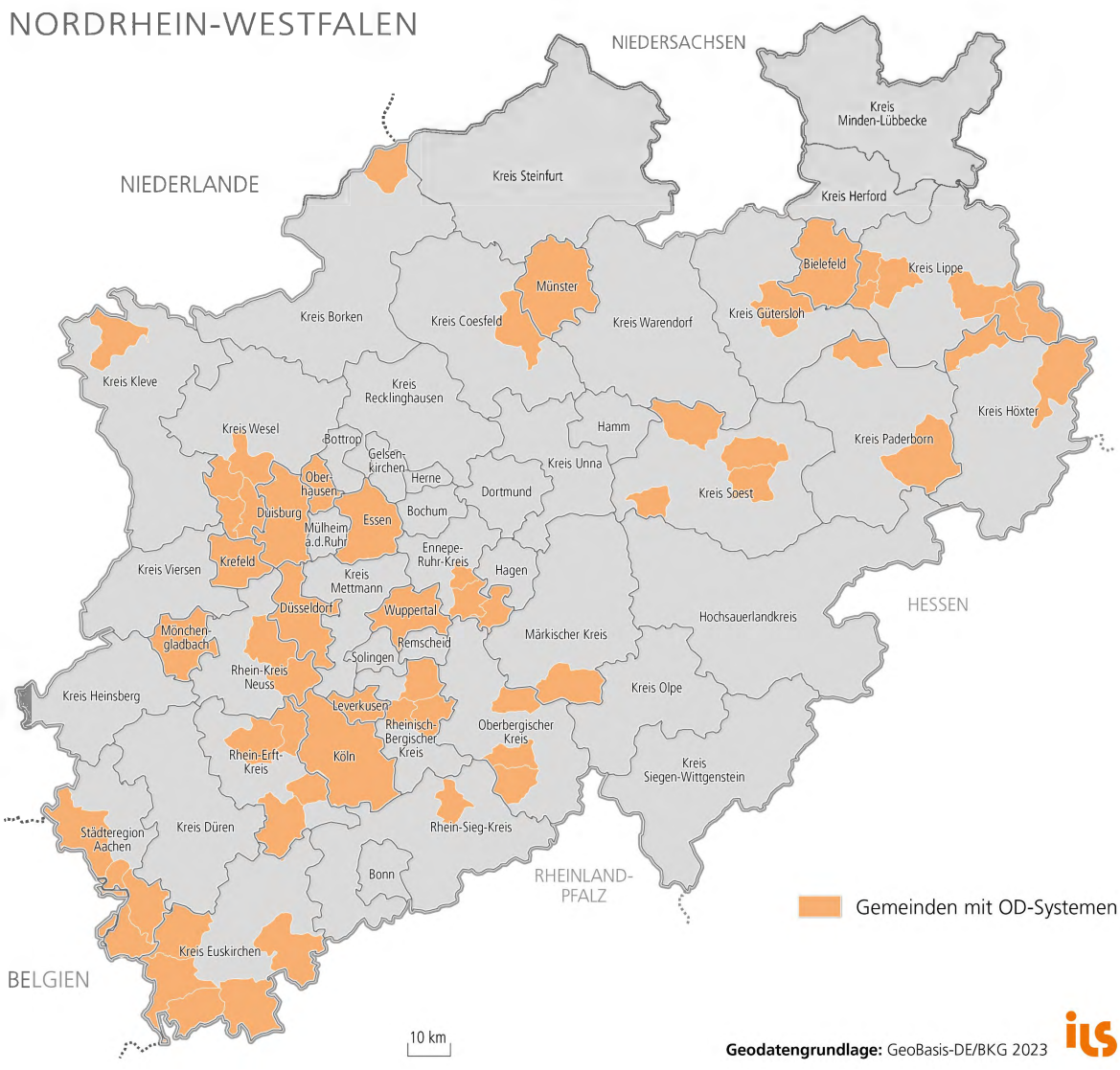


Abbildung 6: Übersicht über die operierenden On-Demand-Systeme auf Gemeindeebene

4 Konzeption der ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für NRW

Auf Grundlage des aktuellen Forschungsstands aus Kapitel 2 bietet das Konzept der ÖV-Güteklassen eine valide Basis für die Konzeption der ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse. Abbildung 7 zeigt in einer schematischen Darstellung die methodische Vorgehensweise. In den folgenden Unterkapiteln wird mit den NRW-spezifischen Güteklassen eine adaptierte Variante vorgestellt, die auf Grundlage der Fallstudie einige methodische und inhaltliche Anpassungen vornimmt und deren Konzeption auf der in Deutschland bereits angewendeten GOAT-Variante basiert (Agora Verkehrswende 2023b; Plan4Better 2024).

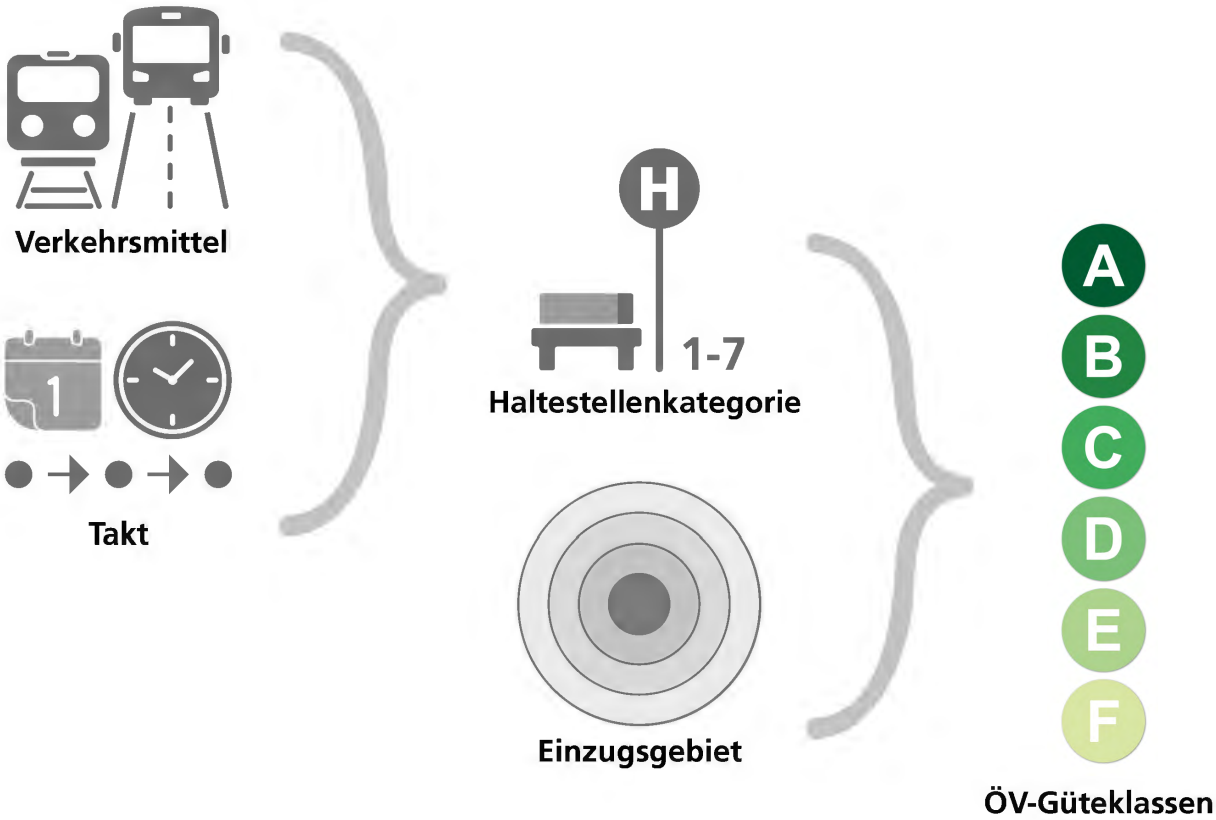


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Berechnungsmethodik der ÖV-Güteklassen (Quelle: adaptiert nach Plan4Better, 2024)

4.1 Berechnung der Haltestellenkategorien

Im Vergleich zu den bestehenden Modellen der ÖV-Güteklassen (vgl. Kapitel 2.2) wurden für die Konzeption der ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW verschiedene Anpassungen vorgenommen. Einerseits wurden die Frequenzen an die in NRW und Deutschland üblichen Taktungen des Nahverkehrs angepasst. Zudem erfolgte eine weitergehende Differenzierung der Verkehrsmittelarten. Insbesondere im straßengebundenen Verkehr zeigen sich deutliche Unterschiede, die in den bestehenden Konzepten nicht berücksichtigt werden. So weisen die in NRW vielerorts vorhandenen Schnell- oder Expressbuslinien durch ihre geringere Haltestellendichte und die Möglichkeit, größere Entfernungen in kürzerer Zeit zurückzulegen, eine höhere Qualität als reguläre Buslinien auf. Im Gegensatz dazu sind On-Demand-Systeme oder bedarfsorientierte Verkehre – wie Anruf-Sammel-Taxi (AST) oder Anruf-Linien-Fahrt (ALF) - aufgrund der erforderlichen Vorlaufzeiten weniger flexibel in der zeitlichen Verfügbarkeit. Um dieser Vielfalt gerecht zu werden erfolgt hinsichtlich der Ableitung von Haltestellenkategorien die in Tabelle 2 dargestellte Differenzierung des Busverkehrs. Ferner werden Fernverkehrszüge aus der Analyse ausgeschlossen, da sie

für die alltägliche Mobilität der Bevölkerung in NRW nur eine untergeordnete Rolle spielen. Die Anzahl der Haltestellen in der jeweiligen Haltestellenkategorie sind zusammenfassend im Anhang 1 dargestellt.

Frequenz in Minuten	RE, RB, S-Bahn	U-Bahn, Tram	Bus		
			Schnellbus, Expressbus	Linienverkehr	Bedarfsorientiert, On-Demand
Bis 5	1	1	2	2	3
Mehr als 5 bis 15	1	2	2	3	4
Mehr als 15 bis 30	2	3	3	4	5
Mehr als 30 bis 45	3	4	4	5	6
Mehr als 45 bis 60	4	5	5	6	7
Mehr als 60 bis 120	5	6	6	7	-

Tabelle 2: Haltestellenkategorien der NRW-spezifischen ÖV-Güteklassen

4.2 Berechnung der ÖV-Güteklassen

Auf Grundlage der in Kapitel 4.1 vorgestellten Kategorisierung der Haltestellen werden die ÖV-Güteklassen bestimmt. Tabelle 3 zeigt, wie die Zuordnung anhand der Erreichbarkeit unterschiedlicher Haltestellenkategorien erfolgt. Berechnet werden die Güteklassen für 500 × 500 m große, INSPIRE[3]-konforme Rasterzellen, welche den Güteklassen A bis F bzw. keiner Güteklasse zugeordnet werden. Hierzu werden um jede Haltestelle Isochrone mit 3, 5, 7 und 9 Minuten Gehzeit zu Fuß und Fahrzeit mit dem Fahrrad ermittelt. Anschließend wird geprüft, inwieweit die Mittelpunkte der Rasterzellen von den Isochronen berührt werden. Wird ein Mittelpunkt von mehreren Isochronen geschnitten, ist die jeweils beste Güteklasse für die Rasterzelle zu übernehmen. Agora Verkehrswende (2023b) beschreibt die Güteklassen A und B als (sehr) gute Angebotsqualität, die Güteklassen C und D als Mindestangebotsqualität sowie die Güteklassen E und F als unattraktive Angebotsqualität. Rasterzellen ohne Güteklasse (-) verfügen demnach über keinen Zugang zum ÖPNV und weisen dementsprechend auch keine Angebotsqualität auf. Darauf basierend lassen sich zwei wichtige Indikatoren berechnen, mit denen sich die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW vereinfacht abbilden lässt:

- **Mindestversorgung:** Dieser Indikator gibt den Anteil der Bevölkerung an, der Zugang zur Güteklasse D oder besser hat und somit über eine Mindestversorgung verfügt (Agora Verkehrswende 2023b; Kraft/Fister 2023).

- **Qualitätsversorgung:** Dieser Indikator beschreibt den Anteil der Bevölkerung, der Zugang zu den Güteklassen A und B hat und für den damit eine sehr gute ÖPNV-Versorgung gewährleistet ist (Agora Verkehrswende 2023b).

[3] „Harmonisiertes Gittersystem mit Mehrfachauflösung, gemeinsamem Ursprungspunkt und standardisierter Lokalisierung und Größe der Gitterzellen“ (https://inspire.ec.europa.eu/theme/gg).

Haltestellenkategorie	Bis 3 Minuten	3 bis 5 Minuten	5 bis 7 Minuten	7 bis 9 Minuten
1	A	A	B	C
2	A	B	C	D
3	B	C	D	E
4	C	D	E	F
5	D	E	F	-
6	E	F	-	-
7	F	-	-	-

Tabelle 3: Ermittlung der NRW-spezifische ÖV-Güteklassen basierend auf Gehzeiten (Fuß) und Fahrzeiten (Fahrrad)

5 ÖPNV-Erreichbarkeit in Nordrhein-Westfalen

Die Ermittlung der ÖPNV-Erreichbarkeit auf Grundlage der für NRW angepassten ÖV-Güteklassen erfolgt in unterschiedlichen Varianten. Hierzu wird eine sogenannte Basisvariante erstellt, die die ÖPNV-Erreichbarkeit an einem Wochentag zur Tageszeit ermittelt. Die Erreichbarkeit von Haltestellen zur Tageszeit ist aufgrund regelmäßiger Arbeitszeiten und den täglichen Routinen der Bevölkerung von besonders hoher Bedeutung. Dennoch gibt es auch Lebensstile und Lebensumstände, die es erforderlich machen, auch außerhalb der hochfrequentierten Zeiten mobil zu sein. Daher werden in Ergänzung der Basisvariante zwei Zusatzvarianten erstellt, die die Qualität zu Randzeiten des ÖPNV abbilden. Die Zusatzvariante ermittelt die ÖPNV-Erreichbarkeit zur Abendzeit an Wochentagen sowie die ÖPNV-Erreichbarkeit an Sonn- und Feiertagen zur Tageszeit. Insgesamt umfassen die folgenden Analysen daher drei unterschiedliche Varianten:

- Basisvariante „Tageszeit“: ÖV-Güteklassen an Wochentagen zur Tageszeit zwischen 9 und 16 Uhr.
- Zusatzvariante „Abendzeit“: ÖV- Güteklassen an Wochentagen zur Abendzeit zwischen 20 und 24 Uhr.
- Zusatzvariante „Sonn- und Feiertag“: ÖV- Güteklassen an Sonn- und Feiertagen zur Tageszeit zwischen 10 und 17 Uhr.

Neben der originären Variante der ÖV-Güteklassen, die auf fußläufigen Erreichbarkeiten beruhen, wurde zusätzlich eine Erreichbarkeitsmodellierung der Haltestellen mit dem Fahrrad durchgeführt. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass an jeder Haltestelle eine sichere Abstellmöglichkeit für das Fahrrad vorhanden ist.

5.1 Basisvariante: ÖPNV-Erreichbarkeit zur Tageszeit

Abbildung 8 präsentiert die Ergebnisse der ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse für Wochentage zwischen 9 Uhr und 16 Uhr auf dem 500 × 500-Meter-Raster. Die Analyse zeigt eine gute Versorgung mit hochqualitativem ÖPNV, insbesondere in den hochverdichteten Agglomerationsräumen sowie in den weiteren größeren, solitären Städten wie Münster, Bielefeld oder Aachen. In den zuvor genannten Bereichen sind die meisten Rasterzellen den besseren Güteklassen zugeordnet. Demzufolge lebt ein hoher Anteil der Bevölkerung in kurzer fußläufiger Distanz zu Haltestellen des hochfrequentierten Bus- und Schienennetzes. Eine ähnliche Situation ist in den urban geprägten Kreisen und kreisfreien Städten in den Randzonen der Agglomerationsräume zu beobachten. Abseits der urbanen Gebiete – in den eher ländlichen Regionen des Landes – zeigt sich jedoch ein deutlich ausgedünntes ÖPNV-Angebot. In diesen Teilbereichen weisen meist nur die Zentren der Klein- und Mittelstädte eine erhöhte ÖPNV-Qualität auf. Die NRW-weite Auswertung zeigt, dass 23,7 % der Landesbevölkerung in der Güteklasse A und 29,3 % in der

Güteklasse B leben, womit mehr als die Hälfte der Bevölkerung von einer hochqualitativen Versorgung profitieren. Mit rund 86 % erhält ein Großteil der Bevölkerung eine ÖV-Mindestversorgung. Demgegenüber stehen Bevölkerungsanteile von 6,4 % in der Güteklasse E und 2,2 % in der Güteklasse F, die dem unteren Bewertungsspektrum zugeordnet sind. Mit den 5,3 % der Bevölkerung, die keiner Güteklasse zugeordnet sind, haben in Summe fast 14 % der Bevölkerung in NRW einen schlechten bzw. keinen Zugang zum ÖPNV.

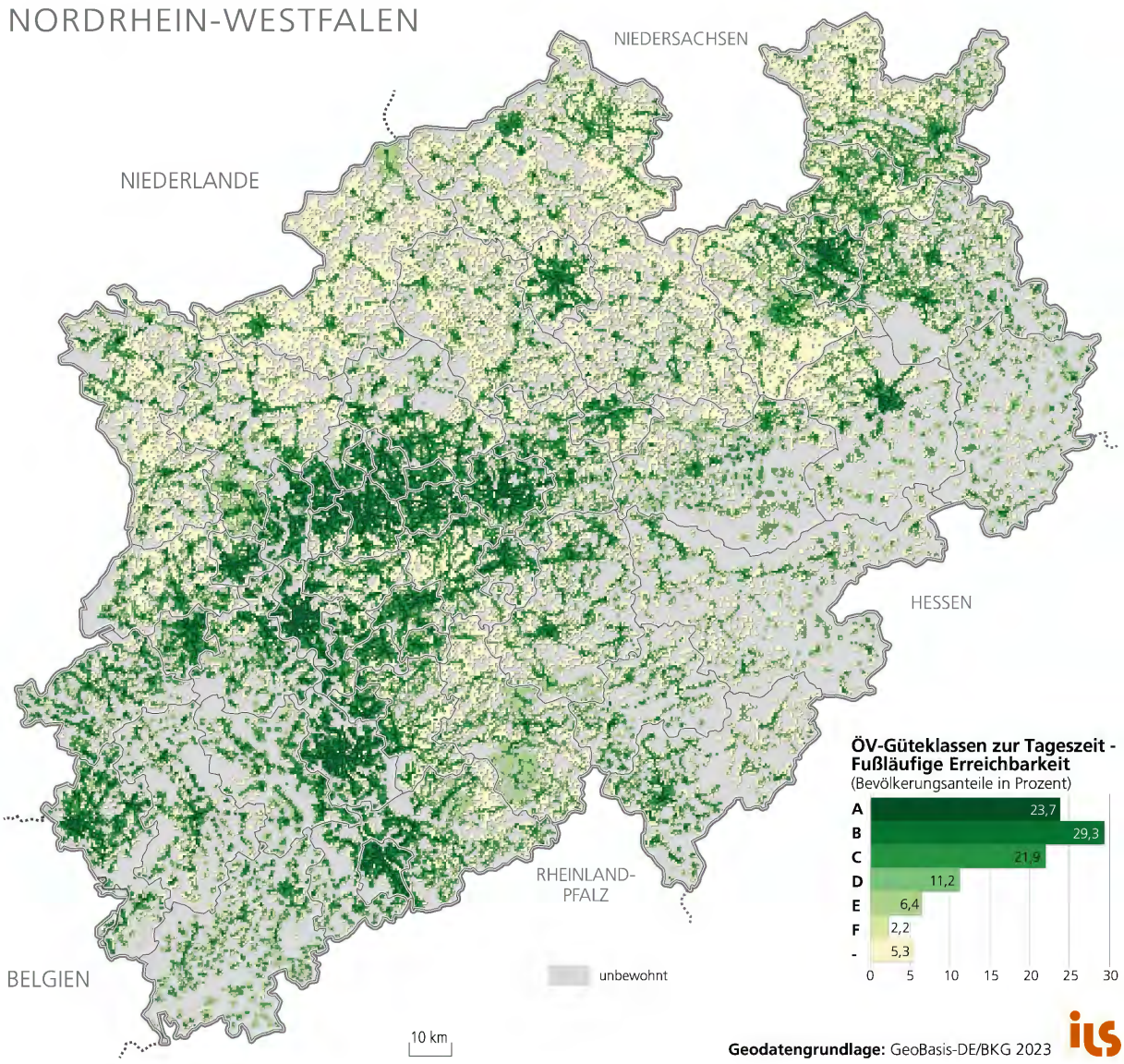


Abbildung 8: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit – Fußläufige Erreichbarkeit

Die ersten visuellen Ergebnisse verdeutlichen eine heterogene Verteilung der Güteklassen über das Landesgebiet. Während dicht besiedelte urbane Räume von einem erhöhten Angebot profitieren, werden in ländlich geprägten Gebieten deutliche Defizite sichtbar. Zur detaillierten Untersuchung dieser räumlichen Polarisierung wurden die Güteklassen bevölkerungsgewichtet auf die Ebene der 53 Kreise und kreisfreien Städte aggregiert (vgl. Abbildung 9). Die Analyse zeigt, dass in urbanen Zentren des Ruhrgebiets wie Dortmund, Essen und Bochum sowie im Rheinland, beispielsweise in Köln, Düsseldorf und Bonn, der überwiegende Teil der Bevölkerung den höheren Güteklassen A und B zugeordnet werden kann. In städtisch geprägten Kreisen wie dem Kreis Recklinghausen, dem Rhein-Sieg-Kreis oder dem Kreis Mettmann, dominieren vorwiegend die mittleren Güteklassen B und C. In den eher ländlichen Kreisen, darunter der Kreis Borken, der Kreis Kleve oder der Kreis Höxter, zeigt sich hingegen eine Verteilung der Bevölkerung über alle Güteklassen hinweg. In diesen Regionen lebt nur ein kleiner Teil der

Bevölkerung in den oberen Güteklassen, während ein hoher Anteil den niedrigeren Güteklassen C, D und E zugeordnet wird. Auffällig ist zudem, dass der Anteil der Bevölkerung ohne Zugang zum ÖPNV in diesen Kreisen mit bis zu 18 % vergleichsweise hoch ausfällt. Um dieses Stadt-Land-Gefälle genauer zu beleuchten, kombiniert Abbildung 10 die in Kapitel 4.2 vorgestellten Indikatoren der Mindest- und

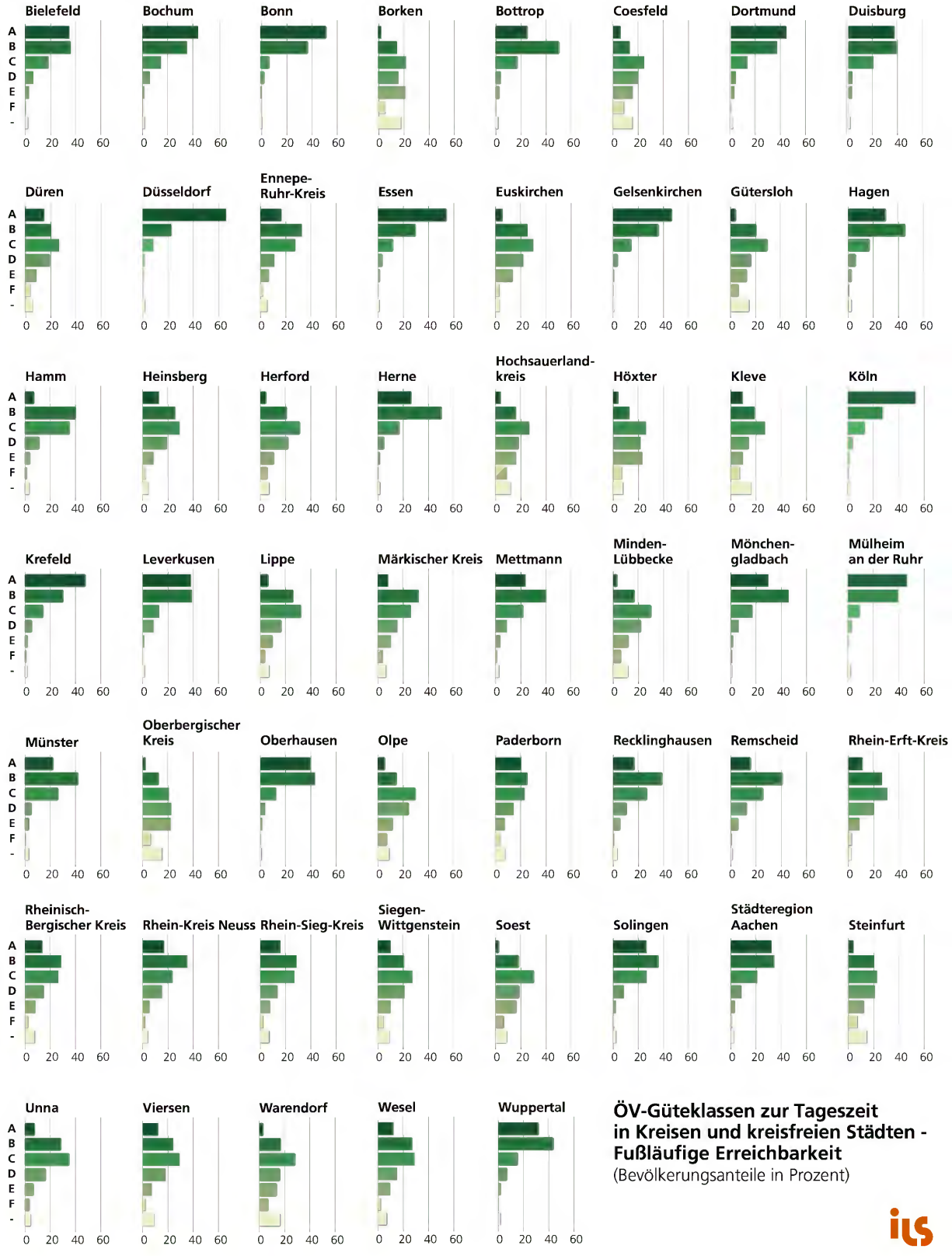


Abbildung 9: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit in den Kreisen und kreisfreien Städten – Fußläufige Erreichbarkeit

Qualitätsversorgung in einer gemeinsamen Darstellung auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte. Diese wurden hierbei nach dem Anteil der Bevölkerung sortiert, der in den Güteklassen A bis D lebt und somit über eine Mindestversorgung verfügt. In der oberen Hälfte des Rankings dominieren insbesondere große kreisfreie Städte wie Gelsenkirchen, Bonn oder Düsseldorf, bei denen nahezu die gesamte Bevölkerung in den Güteklassen der Mindestversorgung liegt. In den ländlich geprägten Regionen NRWs, etwa dem Kreis Borken, dem Oberbergischen Kreis oder dem Kreis Coesfeld, erreicht hingegen nur etwas mehr als die Hälfte der Bevölkerung eine derartige Grundversorgung durch den ÖPNV. Ein ähnliches Verteilungsmuster zeigt sich bei der Betrachtung der Qualitätsversorgung, d. h. dem Anteil der Bevölkerung, der den Güteklassen A oder B zugeordnet werden kann. Hier weisen Großstädte wie Bonn (88,9 %), Düsseldorf (88,3 %) und Mülheim an der Ruhr (86,2 %) die höchsten Werte auf. Auffallend ist hier, dass nicht alle Kreise und kreisfreien Städte im Ranking bei den beiden ermittelten Kennziffern gleichermaßen gut abschneiden. Beispielsweise liegt Remscheid bei der Mindestversorgung im oberen Viertel des Rankings, erreicht jedoch bei der Qualitätsversorgung mit rund 56 % lediglich einen mittleren Rang im NRW-Vergleich. Im Gegensatz dazu belegt der Kreis Paderborn, der bei der Mindestversorgung mit 81,4 % im unteren Drittel liegt, bei der Qualitätsversorgung mit etwa 45,0 % einen ebenfalls schwachen Wert. Während die Spannweite der Werte bei der Mindestversorgung relativ gering ausfällt (44,2 Prozentpunkte), zeigt sich bei der Qualitätsversorgung mit einer Spannweite von 75,5 Prozentpunkten eine deutlich größere Variation. Diese Differenz verdeutlicht die starke Ausprägung des Stadt-Land-Gefälles hinsichtlich der ÖPNV-Qualität in NRW. Eine kartographische Visualisierung der Mindestversorgung (vgl. Anhang 2) und Qualitätsversorgung (vgl. Anhang 3) auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte ist dem Anhang zu entnehmen.

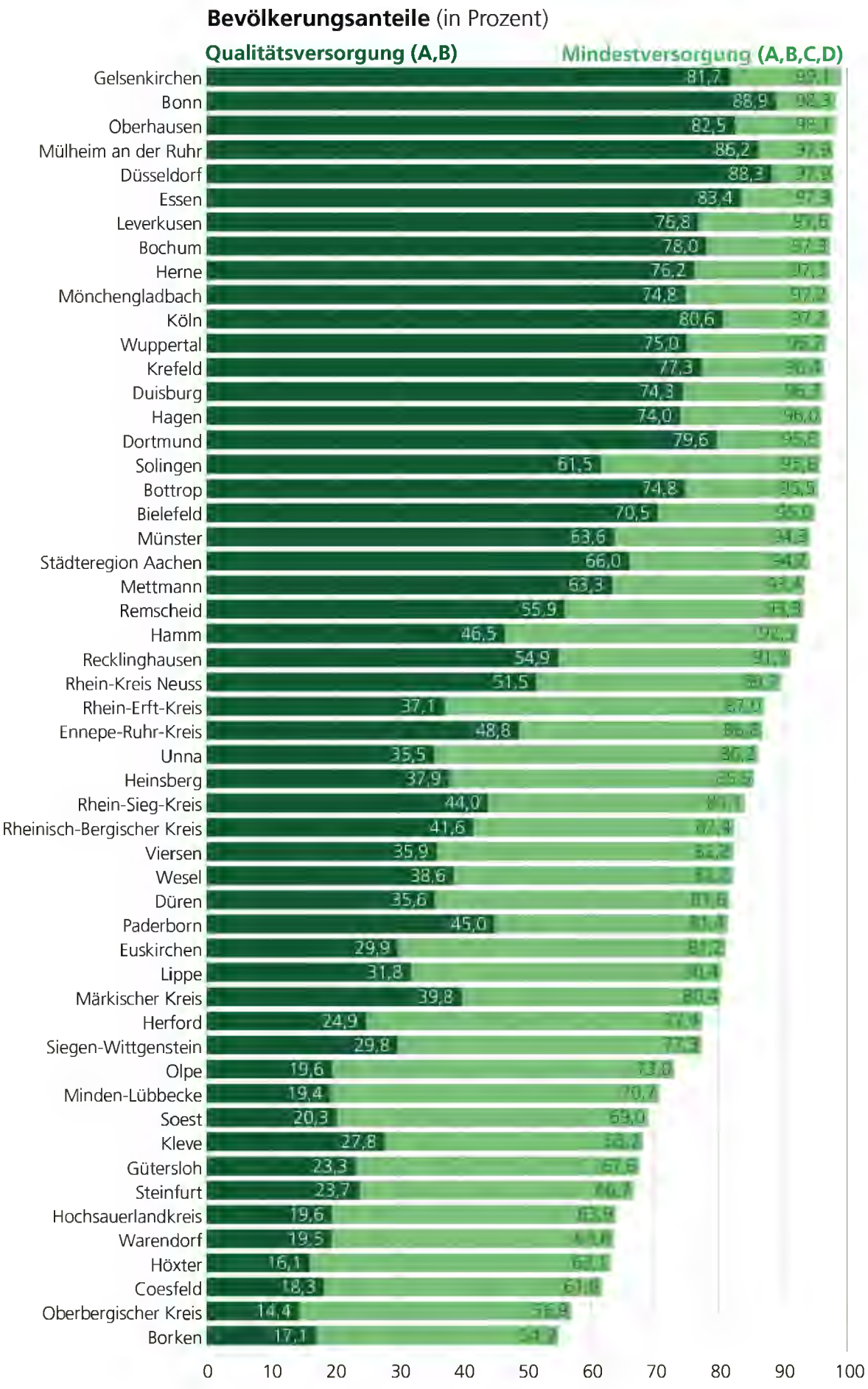


Abbildung 10: Grund- und Qualitätsversorgung zur Tageszeit in den Kreisen und kreisfreien Städten

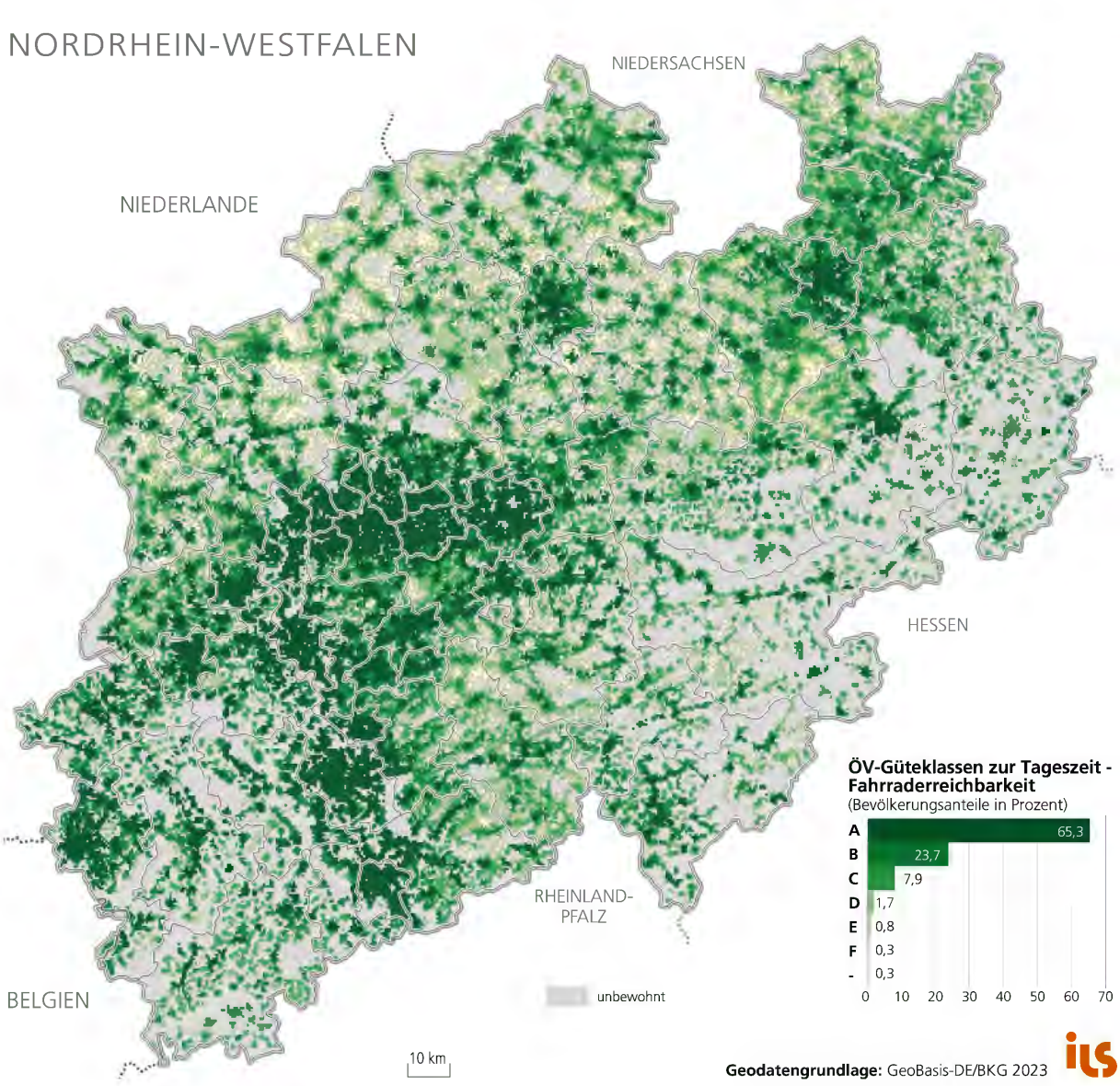


Abbildung 11: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit - Fahrraderreichbarkeit

In einer ergänzenden Analyse wurde neben der fußläufigen Erreichbarkeit der Haltestellen auch ihre Erreichbarkeit mit dem Fahrrad modelliert. Die hierzu benötigten Berechnungen wurden mit dem ORS durchgeführt und basieren auf einer angenommenen Durchschnittsgeschwindigkeit von 15 km/h (OpenRouteService 2024). Durch die Erweiterung der Einzugsbereiche ergeben sich signifikante Veränderungen in der räumlichen Verteilung der Güteklassen, wie in Abbildung 11 dargestellt. Während die großräumigen Verteilungsmuster weiterhin denjenigen der fußläufigen Erreichbarkeit (vgl. Abbildung 8) entsprechen, zeigt sich insbesondere im Agglomerationsraum Rhein-Ruhr eine hohe Dichte an Rasterzellen der Güteklassen A und B.

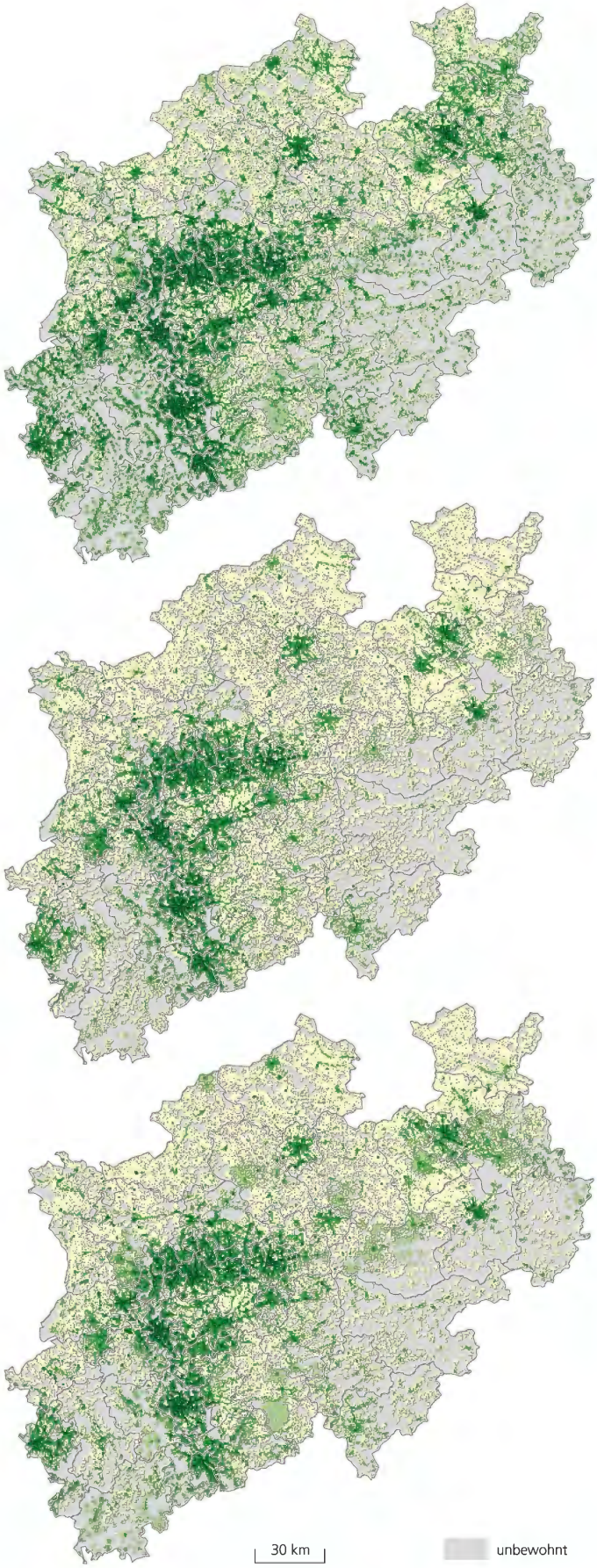
Auch ländliche Regionen profitieren von der erweiterten Erreichbarkeit der Haltestellen. Besonders kleinere Grund- und Mittelzentren sowie die sie verbindenden Hauptverkehrsachsen werden aufgrund der verbesserten Güteklasse deutlich aufgewertet. Diese Veränderungen spiegeln sich auch in der Verteilung der Bevölkerung auf die jeweiligen Güteklassen wider: Durch die Einbeziehung der Erreichbarkeit mit dem Fahrrad leben in dieser Variante nahezu zwei Drittel der Bevölkerung in Rasterzellen der höchsten Güteklasse A, was einem Anstieg von 41,6 Prozentpunkten gegenüber der fußläufigen Erreichbarkeit entspricht. Insgesamt sind nun fast 90 % der Bevölkerung einer hochwertigen ÖPNV-Versorgung – im Sinne einer Qualitätsversorgung - zugeordnet.

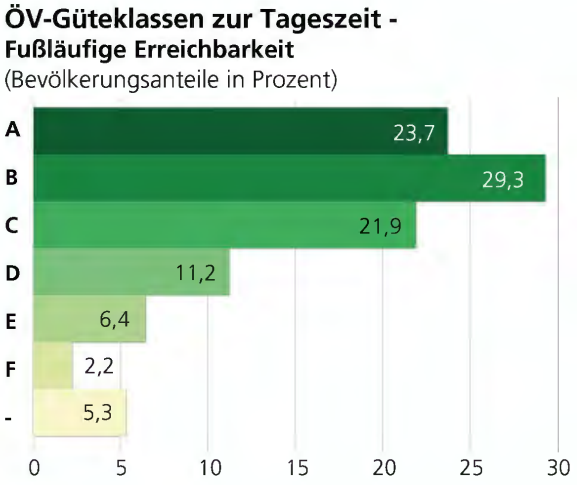
Parallel dazu reduziert sich der Anteil der Bevölkerung, der außerhalb der Grundversorgung (mindestens Güteklasse D) lebt, auf lediglich 1,4 %. Dies entspricht einer Verbesserung um fast 13 Prozentpunkte im Vergleich zur ausschließlich fußläufigen Erreichbarkeit. Die Ergebnisse verdeutlichen die erhebliche Wirkung der Fahrradnutzung auf die Zugänglichkeit des ÖPNV-Angebots, insbesondere in suburbanen und ländlichen Räumen.

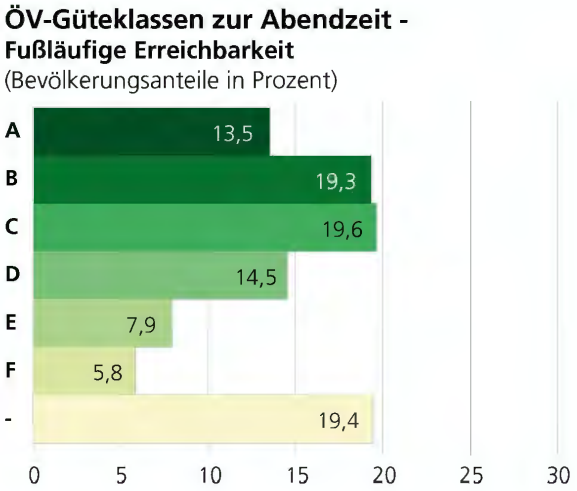
5.2 Zusatzvarianten: ÖPNV-Erreichbarkeit zu den Randzeiten

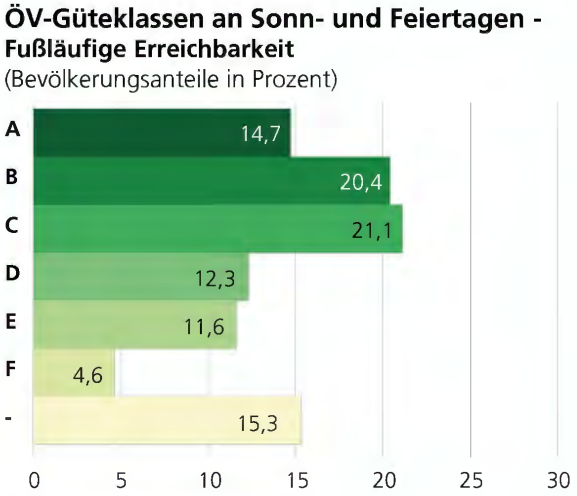
Zusätzlich zur Basisvariante, die die ÖPNV-Erreichbarkeit an einem Wochentag zur Tageszeit analysiert, wurden ergänzende Varianten zur Verteilung der ÖV-Güteklassen berechnet, um die Erreichbarkeit in Zeiträumen mit deutlich reduziertem Fahrplanangebot abzubilden. Diese umfassen die Abendzeit an Wochentage (20:00–24:00 Uhr) sowie Sonn- und Feiertage zur Tageszeit (10:00–17:00 Uhr).

Die Ergebnisse dieser Analyse sind in Abbildung 12 dargestellt. Die räumliche Verteilung der Güteklassen verdeutlicht eine Reduzierung des ÖPNV-Angebots in den Abendstunden. Während in urbanen Gebieten Nordrhein-Westfalens weiterhin ein vergleichsweise hoher Versorgungsgrad mit Angeboten der Güteklassen A und B besteht, sind insbesondere die suburbanen und ländlichen Regionen stark von der Angebotsreduktion betroffen. In diesen Bereichen konzentriert sich das verbleibende ÖPNV-Angebot häufig auf zentrale Stadt- und Gemeindegebiete, während die umliegenden Regionen weitgehend von der Versorgung ausgeschlossen sind. Die Ergebnisse zur Verteilung der ÖV-Güteklassen an Sonn- und Feiertagen zeigen hingegen visuell keine großflächigen Veränderungen im Vergleich zur Abendzeit. Ein detaillierter Blick auf die suburbanen und ländlichen Regionen offenbart jedoch lokale Verbesserungen, die auf unterschiedliche Fahrplantaktungen in den Randzeiten hinweisen. Auf landesweiter Ebene zeigt sich ein deutlicher Qualitätsverlust des ÖPNV. Während zur Tageszeit noch über die Hälfte der Bevölkerung (rund 53 %) auf eine Qualitätsversorgung (Güteklasse A oder B) zurückgreifen kann, sinkt dieser Anteil um bis zu 20 Prozentpunkte auf lediglich 33 % in der Abendzeit bzw. auf 35 % an Sonn- und Feiertagen. Parallel dazu steigt der Bevölkerungsanteil, der dann nicht mehr auf eine Mindestversorgung zurückgreifen kann. Betrifft dies in der Tageszeit nur 13,9 %, ist es zu den betrachteten Randzeiten rund ein Drittel der Bevölkerung, dem keine Mindestversorgung zur Verfügung steht. Besonders auffallend ist hierbei der Anstieg der Bevölkerungsanteile ohne Güteklasse, der zur Abendzeit auf 19,4 % und an Sonn- und Feiertagen auf 15,3 % ansteigt.









Geodatengrundlage: GeoBasis-DE/BKG 2023

Abbildung 12: ÖV-Güteklassen zu den Randzeiten des ÖPNV

Durch die Annahme einer erweiterten Erreichbarkeit der Haltestellen durch das Fahrrad ergibt sich für die ÖV-Güteklassen zu den Randzeiten ein differenzierteres Bild (vgl. Abbildung 13). In dieser Variante steigt der Anteil der Bevölkerung in den Qualitätsversorgung der Güteklassen A und B auf etwa 73 %, was einem Zuwachs von rund 40 Prozentpunkten im Vergleich zur fußläufigen Variante entspricht. Gleichzeitig zeigt sich eine deutliche Reduktion des Anteils der Bevölkerung ohne Zugang zum ÖPNV. Während in der fußläufigen Basisvariante noch 19,4 % der Bevölkerung am Abend und 15,3 % an Sonn- und Feiertagen keiner Güteklasse zugeordnet werden konnten, sinkt dieser Anteil durch die zusätzliche Erreichbarkeit mit dem Fahrrad erheblich auf 5,2 % bzw. 4,2 %. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass eine erhöhte Erreichbarkeit der Haltestellen durch zusätzliche Verkehrsoptionen, wie etwa die Nutzung des Fahrrads, zu einer signifikanten Steigerung des Versorgungsgrades führen kann.

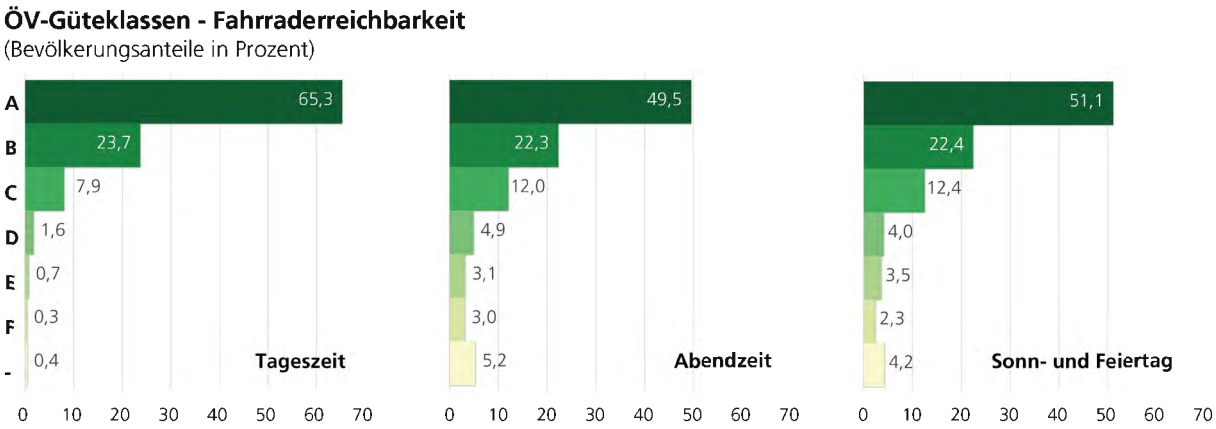


Abbildung 13: Bevölkerungsanteile der ÖV-Güteklassen - Fahrraderreichbarkeit

5.3 Exkurs: Gewerbe- und Industriegebiete

Neben einer wohnstandortnahen ÖPNV-Versorgung ist auch die Erreichbarkeit von Arbeitsorten ein entscheidender Faktor für einen Fortschritt in der Verkehrswende. Besonders Gewerbe- und Industriegebiete stehen dabei im Fokus, da sie häufig in peripheren Lagen mit unzureichender ÖPNV-Anbindung angesiedelt sind. Dieser Exkurs untersucht daher die Verteilung der ÖV-Güteklassen in den Gewerbe- und Industriegebieten NRWs.

Erreichbarkeitsmodellierung der Gewerbe- und Industriegebiete

Im Gegensatz zu den bisher vorgestellten Erreichbarkeitsanalysen, die sich auf die Bevölkerung als Bezugsgröße konzentrierten, wird hier die Fläche der Gewerbe- und Industriegebiete als Referenzwert herangezogen. Die Flächendaten stammen aus OSM und wurden hinsichtlich ihrer Größe gefiltert. Zur Identifikation raumbedeutsamer Flächen wurde die Definition gemäß § 35 Abs. 2 *LPlG DVO* angewandt. Demnach gelten Planungen mit einem Flächenbedarf von mehr als 10 Hektar als raumbedeutsam (RVR 2024). Flächen unterhalb dieser Schwelle wurden ausgeschlossen, sodass die Analyse insgesamt 2.053 Gewerbe- und Industrieflächen mit einer Gesamtfläche von rund 61.000 ha umfasst.

Die Modellierung der ÖPNV-Erreichbarkeit für Gewerbe- und Industriegebiete geht mit spezifischen methodischen Herausforderungen einher. Während Wohngebiete in der Regel ohne größere Einschränkungen fußläufig oder mit dem Fahrrad erreichbar sind, unterliegen zahlreiche Gewerbe- und Industrieflächen Zugangsbeschränkungen. Werkstore, Schranken und andere physische Barrieren regeln den Zugang zu Betriebsgeländen, sodass berechnete Reisezeitisochrone aufgrund privater Straßen an den jeweiligen Zugangsstellen enden. Dies führt dazu, dass Rasterzellen innerhalb dieser zugangsbeschränkten Gebiete in der Erreichbarkeitsbewertung benachteiligt werden. Innerhalb größerer Werksgelände operieren häufig interne Verkehrssysteme wie beispielsweise Werksbusse und die Zuständigkeit der ÖPNV-Planung endet daher am Werkstor. Um dies in dem methodischen Ansatz zu berücksichtigen,

wird bei zugangsbeschränkten Flächen das Werkstor als Referenzpunkt der ÖV-Güteklassen für die gesamte Fläche verwendet. Zur Identifizierung der zugangsbeschränkten Gewerbe- und Industrieflächen wurde ein dreistufiges Verfahren entwickelt:

(1) Identifizierung der Werkstore: Das Vorhandensein eines Werkstores oder einer vergleichbaren Zugangsbeschränkung ist ein Indikator für einen eingeschränkten öffentlichen Zugang. Um dies zu überprüfen, wurden aus OSM jegliche Punktdaten extrahiert, die Werkstore repräsentieren (*barrier=gate, lift-gate* und *swing_gate)*. Beinhaltet eine Gewerbe- und Industriefläche einen dieser extrahierten Punkte, deutet dies auf eine nicht öffentlich zugängliche Fläche hin.
(2) Anteil privater Straßen: Zur Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Straßen wurde das OSM-Straßennetz analysiert. Straßen mit spezieller Attributierung (*access=private*) wurden als privat klassifiziert. Anschließend wurde die Länge privater und öffentlicher Straßen innerhalb der jeweiligen Flächen berechnet, um den prozentualen Anteil nicht öffentlich zugänglicher Verkehrsflächen zu bestimmen. Ein hoher Anteil privater Straßen erhöht auch die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um eine nicht öffentlich zugängliche Fläche handelt.
(3) Überlagerung der Einzugsbereiche: Zusätzlich wurde überprüft, wie hoch die Erreichbarkeit der Fläche über das Straßen- und Fußwegenetz ist. Hierzu wurde für jedes Gewerbe- und Industriegebiet ein fußläufiger Einzugsbereich von 10 Minuten aus dem Mittelpunkt erstellt und anschließend der Überlappungsgrad mit der Fläche gemessen. Ein geringer Überlappungsgrad des Einzugsbereiches mit der untersuchten Fläche deutet darauf hin, dass diese nicht gut an das öffentliche Verkehrsnetz angebunden ist.

Die Identifizierung von zugangsbeschränkten Gewerbe- und Industrieflächen erfolgt anhand folgender Kriterien: (1) das Vorhandensein eines Werkstores, (2) ein hoher Anteil privater Straßen (> 50 %) sowie ein (3) geringer Überlappungsgrad (< 50 %). Insgesamt trafen diese Kriterien auf 41 Gewerbe- und Industriegebiete mit einer Gesamtfläche von 3.600 ha zu. Diese machen knapp 6 % der gesamten Gewerbe- und Industrieflächen in NRW aus.

Für die identifizierten Flächen wurde ein gesondertes Verfahren zur Erfassung der ÖV-Güteklasse vorgenommen. Statt wie bisher den Mittelpunkt der Rasterzelle als Referenzpunkt für die Erreichbarkeit zu nutzen, wurde das Werkstor als Zugangspunkt für die gesamte Fläche herangezogen. Für die nicht zugangsbeschränkten Flächen bleibt das bisherige Modellierungsverfahren bestehen. Um die Genauigkeit der Ergebnisse weiter zu erhöhen, wird die Analyseebene zudem von einem 500 × 500-Meter-Raster auf ein 100 × 100-Meter-Raster verfeinert. Weiterhin wurde für diesen Exkurs die Basisvariante gewählt, d. h. es wird die fußläufige Erreichbarkeit zur Tageszeit an einem Wochentag modelliert.

Ergebnisse der Gewerbe- und Industrieflächenerreichbarkeit

Die Ergebnisse dieses erweiterten methodischen Ansatzes zur ÖPNV-Erreichbarkeitsbewertung aller Gewerbe- und Industriegebiete sind in Tabelle 4 zusammengefasst. Dabei zeigt sich, dass ein erheblicher Anteil der untersuchten Flächen nur unzureichend an das ÖPNV-Netz angebunden ist. Knapp ein Drittel aller Gewerbe- und Industrieflächen (rund 20.000 ha) ist keiner Güteklasse zugeordnet, sodass keine Anbindung an den ÖPNV besteht. Etwas mehr als die Hälfte der Flächen erreicht zumindest eine Mindestversorgung (mindestens Güteklasse D), während lediglich 22 % der Flächen über eine hochqualitative ÖPNV-Anbindung (mindestens Güteklasse B) verfügen. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass trotz punktuell guter Anbindungen insbesondere großflächige Gewerbe- und Industriegebiete oft nur unzureichend durch den ÖPNV erschlossen sind.

Güteklasse	Fläche in ha	Flächenanteile (in Prozent)
A	5.000	8,1
B	8.697	14,1
C	10.827	17,6
D	8.413	13,7
E	5.996	9,7
F	3.231	5,3
-	19.352	31,5

Tabelle 4: Absoluter und relativer Anteil der Gewerbe- und Industrieflächen an den jeweiligen Güteklassen

Zur Verdeutlichung der räumlichen Unterschiede in der ÖPNV-Erreichbarkeit zeigt Abbildung 14 Ausschnitt des Übergangsbereichs zwischen dem urbanen nördlichen Ruhrgebiet und den eher ländlich geprägten Regionen des südlichen Münsterlands sowie des nördlichen Niederrheins. Neben der ÖV-Güteklassenbewertung werden hier auch die Bereiche mit Zugangsbeschränkungen dargestellt, die aufgrund der in der Methodik beschriebenen Anpassungen gesondert betrachtet wurden. Die Analyse verdeutlicht die heterogene ÖPNV-Versorgung von Gewerbe- und Industriegebieten in unterschiedlichen Raumlagen. Im Gegensatz zu den in den vorherigen Kapiteln untersuchten Erreichbarkeiten für die Wohnbevölkerung zeigt sich hier auch in urbanen Regionen eine defizitäre Versorgung. Ein markantes Beispiel ist das Hafenareal in Duisburg, das aufgrund seiner Lage keiner Güteklasse zugeordnet werden kann. Auch in weiteren Großstädten des Ruhrgebiets – wie Oberhausen, Herne und Gelsenkirchen – gibt es größere Gewerbe- und Industrieflächen ohne direkten Zugang zum ÖPNV-Netz. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit gezielter Maßnahmen zur Verbesserung der ÖPNV-Erreichbarkeit von Gewerbe- und Industriegebieten, sowohl in den urbanen als auch den ländlichen Räumen.

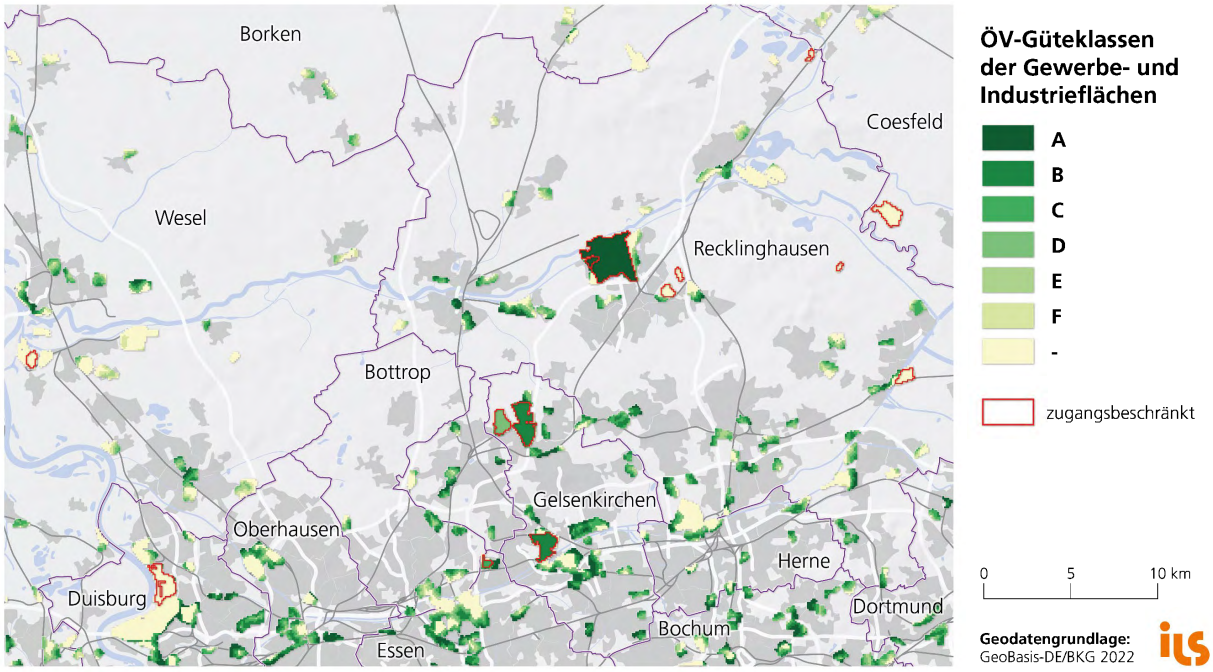


Abbildung 14: Bewertung der Gewerbe- und Industriegebiete im Übergangsbereich vom nördlichen Ruhrgebiet zum ländlichen Raum

5.4 Zwischenfazit I

Die Analyse der Erreichbarkeitsstrukturen des ÖPNV in Nordrhein-Westfalen offenbart ausgeprägte räumliche und zeitliche Disparitäten. Während in urbanen Gebieten insgesamt eine hohe Qualität des ÖPNV-Angebots festgestellt werden kann, weisen insbesondere ländliche Regionen des Bundeslandes erhebliche Defizite auf. Diese äußern sich in einer geringeren Dichte an Haltestellen sowie einer eingeschränkten Taktung, wodurch die Erreichbarkeit für die Bevölkerung in diesen Gebieten erheblich reduziert ist. Zusätzlich zeigt sich auch, dass die Siedlungsstruktur und die Kompaktheit der betrachteten Räume einen starken Einfluss auf die ÖPNV-Erreichbarkeit zu nehmen scheinen, da die ländlichen Kreise unterschiedlich stark betroffen sind. In den Abendstunden verschlechtert sich die Qualität des ÖPNV-Angebots deutlich. Der Anteil der Bevölkerung, der in Räumen außerhalb einer (guten) Mindestversorgung lebt, steigt in diesem Zeitraum auf rund 33 %. Während sich die infrastrukturellen Defizite tagsüber primär auf ländliche Gebiete konzentrieren, sind in den Abendstunden zunehmend auch suburbane Räume betroffen. Dies deutet auf eine generelle Reduktion des Verkehrsangebots über den Tagesverlauf hinweg hin, die sich nicht nur auf peripher gelegene Gebiete auswirkt, sondern auch in stadtnahen Regionen die Mobilitätsoptionen einschränkt. Ähnliche Tendenzen lassen sich an Sonn- und Feiertagen beobachten. Zwar sind die Einschränkungen im Verkehrsangebot an diesen Tagen nicht in der gleichen Intensität ausgeprägt wie in den Abendstunden, jedoch ist auch hier eine deutliche Reduktion der Erreichbarkeit insbesondere in weniger dicht besiedelten Regionen erkennbar.

Eine Kompensation der schlechten Ergebnisse kann durch eine räumliche Erweiterung der Einzugsbereiche erreicht werden. Die in Kapitel 5.1 und 5.2 vorgestellten Analysen beinhalteten zusätzlich zur fußläufigen Erreichbarkeit auch eine Variante, mit der die Erreichbarkeit der Haltestellen mit dem Fahrrad ermittelt wird. Zu allen betrachteten Zeiträumen verbesserte die Erreichbarkeit der Haltestellen mit dem Fahrrad die Ergebnisse deutlich. Allerdings wird hier die Annahme getroffen, dass an jeder Haltestelle eine geeignete Abstellmöglichkeit vorhanden ist. Darüber hinaus stellt diese Variante für mobilitätseingeschränkte Personen keine praktikable Option dar, da sie auf die zusätzliche Nutzung eines Fahrrads angewiesen wären. Dennoch bietet diese Modellannahme wertvolle Einblicke in das Potenzial einer verbesserten intermodalen Vernetzung des ÖPNV. Die Hypothese, dass eine stärkere Vernetzung der Haltestellen zu einer optimierten Verteilung der ÖV-Güteklassen führen könnte, wird in dem nachfolgenden Szenario zur vernetzten Mobilität vertiefend untersucht (Kapitel 6.2).

Neben der allgemeinen ÖPNV-Erreichbarkeit für die Bevölkerung wurde in einem Exkurs auch die Erreichbarkeit von Gewerbe- und Industrieflächen analysiert. Die Ergebnisse dieser Analyse zeigen hinsichtlich der betrachteten Flächen eine Heterogenität der ÖPNV-Erreichbarkeit. Während einige dieser Flächen eine gute Anbindung an den ÖPNV aufweisen, sind andere aufgrund von Zugangsbeschränkungen wie Werkstoren, Schranken oder privatisierten Straßenzügen nur eingeschränkt oder gar nicht erreichbar. Die Ergebnisse zeigen, dass ein erheblicher Anteil dieser Flächen nur unzureichend an den ÖPNV angebunden ist, was insbesondere für das Projekt einer „Wende im Pendelverkehr“ (Agora Verkehrswende 2022b) als Herausforderung zu bewerten ist. Die Klassifizierung verdeutlicht, dass nahezu ein Drittel der untersuchten Gewerbe- und Industrieflächen über keine ÖPNV-Anbindung verfügt. Welchen Effekt dies auf das tatsächliche Pendelverhalten der Beschäftigten hat, lässt sich mit dieser Analyse nicht beantworten. Hierzu fehlen wichtige Informationen zu Beschäftigtenzahlen in den jeweiligen Gewerbegebieten sowie weitergehende Informationen zu Wohn- und Arbeitsorten.

6 Szenarien: Maßnahmen zur Verbesserung der ÖPNV-Qualität

Dieses Kapitel widmet sich den eingangs erwähnten Szenarien zur Verbesserung der ÖPNV-Qualität. Anhand der beiden ausgewählten Szenarien (1) *On-Demand-Systeme* und (2) *Vernetzte Mobilität* wird untersucht, inwieweit diese Angebotsausweitungen einen Einfluss auf die Verteilung der ÖV-Güteklassen und dahingehend auf die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW nehmen.

6.1 Szenario I: On-Demand-Systeme

Die Bedeutung von On-Demand-Systemen zur Sicherstellung der Mindestversorgung in vom ÖPNV schlecht erschlossenen Regionen wurde bereits in Kapitel 2.4 hervorgehoben. Im Rahmen dieses Szenarios soll untersucht werden, welche Auswirkungen ein Maßnahmenpaket zur Implementierung von ODS hat. Dabei steht folgende Forschungsfrage im Vordergrund: *Wie verändert ein flexibles und landesweit implementiertes On-Demand-Angebot die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW?*

Modellierung von On-Demand-Systemen

Um dieser Forschungsfrage nachzugehen, wird auf Grundlage der bestehenden Ergebnisse aus Kapitel 5 ein zusätzlicher Modellierungsansatz implementiert. Hierbei wird die Annahme getroffen, dass neben dem bereits bestehenden ÖPNV-Netz, das aus den GTFS-Daten und der manuellen Erhebung generiert wurde, auch ein flächendeckendes On-Demand-Angebot existiert. Zusätzlich zu den infrastrukturell vorhandenen Haltestellen werden dabei auch neue virtuellen Haltestellen in die Berechnung der ÖV-Güteklassen mit einbezogen. Die Verortung dieser Haltestellen erfolgt identisch zur Verteilung der Mittelpunkte des 500 × 500-Meter-Rasters, unterliegt aber zwei Bedingungen:

(1) Die Rasterzelle hat eine Mindestbevölkerungszahl von 50 Einwohnenden.
(2) Die Rasterzelle liegt angrenzend an eine Zelle mit der Mindestanzahl von 50 Einwohnenden.

Der Implementierungsansatz orientiert sich stark an Haltestellenverteilung und Bedienungsgebieten von bestehenden On-Demand-Anbietern (vgl. Kapitel 3.2). Abbildung 15 zeigt an einem beispielhaften Ausschnitt, wie die Verteilung erfolgt und welche Effekte die virtuellen Haltestellen auf die Verteilung der Güteklassen haben. Dieses Beispiel unterliegt der Annahme, dass das gebuchte On-Demand-Fahrzeug in einem Zeitraum von 30 bis 45 Minuten nach Bestellung an der virtuellen Haltestelle eintrifft, was der Haltestellenkategorie 6 entspricht (vgl. Tabelle 2). Vorteile durch die ODS ergeben sich hierbei vor allem in den südlichen (Teil-) Bereichen des Ausschnitts, in denen die zuvor nicht vom ÖPNV erschlossenen Rasterzellen aufgrund der virtuellen Haltestellen jetzt der Güteklasse E zugeordnet werden.

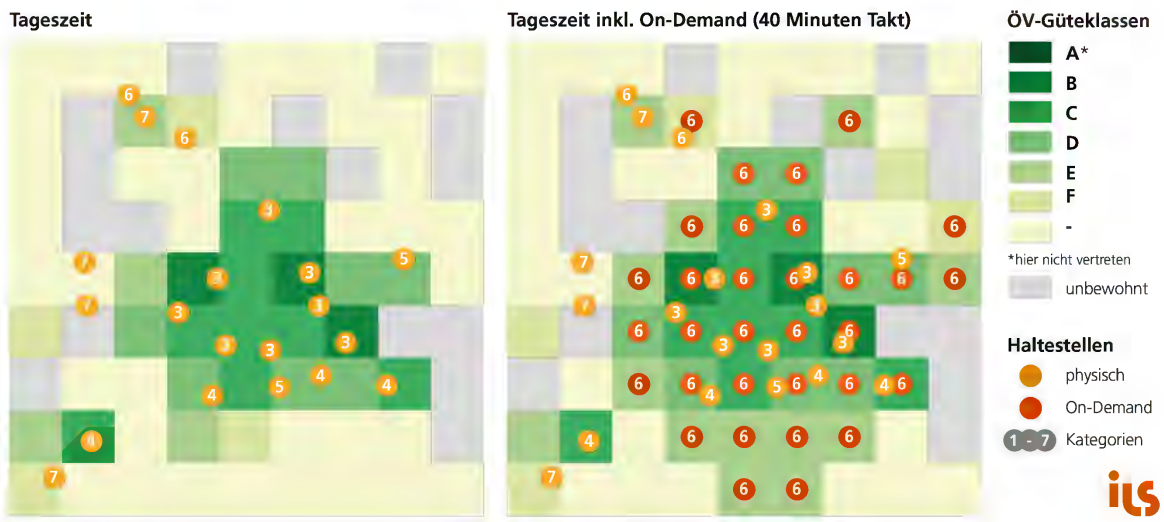


Abbildung 15: Methodische Vorgehensweise zur Implementierung virtueller On-Demand-Systeme

Varianten zur Implementierung von On-Demand-Systemen

Wie in den Kapiteln 2.4 und 5 bereits erwähnt, nutzen die On-Demand-Anbieter verschiedene Betriebsmodelle. Dies betrifft neben der Verteilung der Haltestellen auch die Ruf- und Vorlaufzeiten, mit denen ein Fahrzeug bestellt werden muss. Um dieses dynamische System in das statische Bewertungskonzept der ÖV-Güteklassen zu überführen, werden für die Frequenzen unterschiedliche Ruf- und Vorlaufzeiten angenommen, die in vier unterschiedlichen Varianten abgebildet werden:

- Variante 1: Eine On-Demand-Abfahrt im Zeitrahmen von 45 bis 60 Minuten nach Bestellung (ODS7 – Haltestellenkategorie 7)
- Variante 2: Eine On-Demand-Abfahrt im Zeitrahmen von 30 bis 45 Minuten nach Bestellung (ODS6 – Haltestellenkategorie 6)
- Variante 3: Eine On-Demand-Abfahrt im Zeitrahmen von 15 bis 30 Minuten nach Bestellung (ODS5 – Haltestellenkategorie 5)
- Variante 4: Eine On-Demand-Abfahrt im Zeitrahmen von 5 bis 15 Minuten nach Bestellung (ODS4 – Haltestellenkategorie 4)

Diese vier Varianten sind hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit unterschiedlich zu bewerten. Die in Kapitel 3.2 dargestellten und manuell erfassten On-Demand-Systeme weisen je nach räumlicher Lage unterschiedliche Frequenzen hinsichtlich der Abfahrtszeit auf. Während ein Großteil der erhobenen Systeme zwischen 20 und 40 Minuten operiert, sind kürzere Warte- und Rufzeiten, wie in Variante 4 abgebildet, eine Ausnahme. Um die Effekte eines möglichst breiten Spektrums von ODS abzubilden, werden alle vier Varianten für die drei ausgewählten Zeiträume (vgl. Kapitel 5) geprüft.

Ergebnisse des Szenarios On-Demand-Systeme

Tabelle 5 zeigt, welchen Einfluss die unterschiedlichen Varianten auf die Bewertung der ÖV-Güteklassen zur Tageszeit nehmen. Mit der eher konservativen Variante 1 – einer Abfahrt im Zeitspektrum von 45 bis 60 Minuten nach Bestellung – sind aufgrund der in Tabelle 3 dargestellten Bewertungsmatrix der Haltestellenkategorie nur Änderungen bis zur Güteklasse F möglich. Dahingehend profitieren nur 2,5 % der Bevölkerung in NRW von einem flächendeckenden On-Demand-System der Variante 1. Gleichzeitig reduziert sich der Anteil der Personen ohne Zugang zum ÖPNV auf 2,8 %. Bei den nachfolgenden Varianten ergeben sich durch eine Aufwertung der Haltestellenkategorie auch Möglichkeiten für eine höhere

Güteklassenbewertung. So verzeichnet die Güteklasse E in der Variante 2 einen Zuwachs von 4 Prozentpunkten auf nun 10,4 %, während sich der Anteil der Personen in Güteklasse F (-1 Prozentpunkt) und ohne Güteklasse (-3 Prozentpunkte) stark reduziert. Mit der Variante 3, die eine Implementierung von On-Demand-Angeboten an Haltestellen der Kategorie 5 vorsieht, erfährt die Güteklasse D einen Zuwachs von 8,9 Prozentpunkten, einhergehend mit einer Reduzierung der Bevölkerungsanteile in den Güteklassen E (2,4 %) und F (0,9 %) sowie ohne Güteklasse (3,5 %). Hierdurch verfügen nun rund 95 % der Bevölkerung NRWs über eine Mindestversorgung, d.h. ihr Wohnort kann den ÖV-Güteklassen A, B, C oder D zugeordnet werden. Variante 4 erzielt hinsichtlich der Veränderung der Güteklassen die besten Ergebnisse: 17,9 % der Bevölkerung profitierten von einem Aufstieg in die Güteklasse C. Der Anteil an Personen ohne Zugang zum ÖPNV reduziert sich hierdurch nochmals und liegt nur noch bei 1,4 %.

Güteklasse	Tageszeit	Variante 1 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 2 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 3 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 4 (Veränderung in Prozentpunkten)
A	23,7	23,7 (±0,0)	23,7 (±0,0)	23,7 (±0,0)	23,7 (±0,0)
B	29,3	29,3 (±0,0)	29,3 (±0,0)	29,3 (±0,0)	29,3 (±0,0)
C	21,8	21,8 (±0,0)	21,8 (±0,0)	21,8 (±0,0)	39,7 (+17,9)
D	11,2	11,2 (±0,0)	11,2 (±0,0)	20,1 (+8,9)	3,7 (-7,5)
E	6,4	6,4 (±0,0)	10,4 (+4,0)	2,4 (-4,0)	1,5 (-4,9)
F	2,2	4,7 (+2,5)	1,2 (-1,0)	0,9 (-1,3)	0,7 (-1,5)
-	5,3	2,8 (-2,5)	2,3 (-3,0)	1,8 (-3,5)	1,4 (-3,9)

Tabelle 5: Veränderungsmatrix der ÖV-Güteklassen (Tageszeit) nach Implementierung der On-Demand-Systeme für die Varianten 1–4

Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die Implementierung von On-Demand-Systemen zu einer Verbesserung der Erreichbarkeit des ÖPNV führt. Zudem wird untersucht, inwieweit sich der Anteil der Bevölkerung mit ÖPNV-Mindestversorgung auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte durch die Einführung von ODS verändert. Abbildung 16 zeigt den Anteil der Bevölkerung in der Mindestversorgung (mindestens ÖV-Güteklasse D) vor und nach der Implementierung von ODS. Als Referenzwert dient hierbei Variante 3, die eine Frequenz von On-Demand-Fahrten im Zeitintervall von 15 bis 30 Minuten vorsieht. Die Analyse ermöglicht eine Identifikation der Kreise und kreisfreien Städte, die besonders stark von der Implementierung profitieren. Hier zeigt sich, dass besonders ländlich geprägte Kreise im unteren Bereich des Rankings, wie der Kreis Borken oder der Oberbergische Kreis, eine Erhöhung des Mindestversorgungsanteils um mehr als 30 Prozentpunkte verzeichnen. In stärker urbanisierten Kreisen und kreisfreien Städten fallen die Zugewinne hingegen vergleichsweise gering aus, da hier bereits ein hoher Versorgungsgrad vorliegt. Die Ergebnisse verdeutlichen, dass ODS eine wirksame Strategie zur Verbesserung der ÖPNV-Mindestversorgung in ländlichen Regionen bieten. Ihre Wirksamkeit steigt dabei mit zunehmender Bedienfrequenz. Zusätzlich zur Basisvariante wurden auch die Effekte der On-Demand-Systeme auf die ÖPNV-Erreichbarkeit zur Abendzeit (vgl. Anhang 4) und an Sonn- und Feiertagen (vgl. Anhang 5) gemessen. Die generellen Verteilungsmuster finden sich aufgrund der gleichbleibenden Methodik auch in den beiden zusätzlichen Analyseergebnissen wieder, allerdings sind die Ausprägungen hier deutlich stärker. So profitieren beispielsweise 14 % der Bevölkerung in der Abendzeit oder 10,8 % der Bevölkerung sonn- und feiertags von einer flächendeckenden Implementierung von On-Demand-Systemen der Haltestellenkategorie 7 (Variante 1), während es zur Tageszeit lediglich 2,5 % sind.

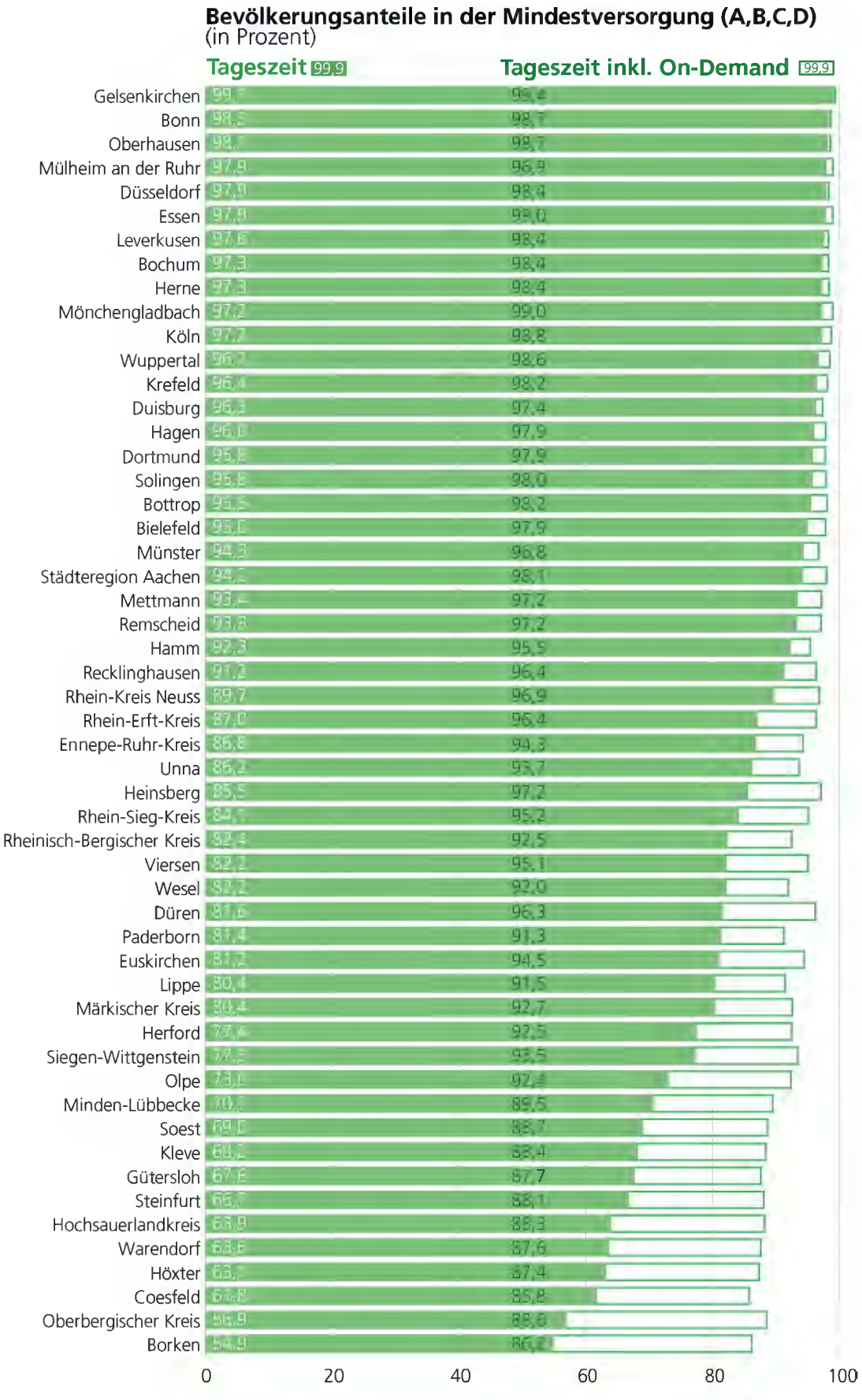


Abbildung 16: Ranking Mindestversorgung (Güteklasse A-D) vor und nach der Implementierung von On-Demand-Systemen (ODS5)

6.2 Szenario II: Vernetzte Mobilität

Die theoretischen Grundlagen zur vernetzten Mobilität in Kapitel 2.5 haben verdeutlicht, dass mit der Implementierung von Mobilstationen eine Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Nahverkehrs einhergeht. Grundlage ist dabei die Bündelung und Vernetzung verschiedener Mobilitätsangebote an einem zentralen Ort. Umstiege und die intermodale Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel sollen so erleichtert werden. Dieses Szenario orientiert sich an den Arbeiten des Zukunftsnetz Mobilität NRW (Zukunftsnetz Mobilität NRW 2022), die Mobilstationen in sechs unterschiedliche Typen einteilen: (1) städtisch zentral, (2) städtisch peripher, (3) regional zentral, (4) regional peripher, (5) lokal, (6) Quartier. Dabei steht folgende Forschungsfrage im Vordergrund: *Wie verändert eine landesweit erhöhte Vernetzung der Haltestellen durch Mobilstationen die ÖPNV-Erreichbarkeit in NRW?*

Modellierung der Einzugsbereiche mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln

Die vom Zukunftsnetz Mobilität NRW (2022) definierten Typen von Mobilstationen beziehen sich auf unterschiedliche Ausstattungsmerkmale, die u. a. Fahrradabstellmöglichkeiten, Sharing-Angebote und Mikromobilitätsdienstleistungen oder auch Infrastruktur- und Serviceangebote wie etwa Kioske, Schließfächer oder Reparaturstationen umfassen. Da nur ein geringer Teil dieser Komponenten in den hier durchgeführten Analysen berücksichtigt werden können, bleibt die Studie auf drei Typen sowie auf Ausstattungsmerkmale, die sich auf die Vernetzung von Verkehrsmitteln beziehen, begrenzt. Die Implementierung der Mobilstationen orientiert sich hierbei an den in Tabelle 2 dargestellten Haltestellenkategorien

1. Typ 1 (städtische Mobilstation): Implementierung an Haltestellen mit sehr hoher Frequenz, insbesondere Schienenpersonennahverkehr (SPNV), sowie U-Bahn- und oder Tramverbindungen, mit einer Frequenz von unter 15 Minuten (entspricht der Haltestellenkategorie 1, 1.732 Haltestellen).
2. Typ 2 (regionale Mobilstation): Implementierung an Haltestellen mit mittlerer bis hoher Frequenz bei allen Verkehrsmitteln (entspricht der Haltestellenkategorie 2. 4.735 Haltestellen).
3. Typ 3 (lokale Mobilstation): Implementierung an Haltestellen mit Anbindung an Schnell-/Expressbuslinien und Linienverkehr mit höherer Taktdichte (entspricht den Haltestellenkategorien 3 und 4, 25.996 Haltestellen).

Um die Vernetzungsqualität an den unterschiedlichen Mobilstationstypen abzubilden, werden zusätzliche Einzugsbereiche für unterschiedliche Verkehrsmittel berechnet. Vergleichbar mit den in Kapitel 5 vorgestellten Analysen, die die Erreichbarkeit der Haltestellen sowohl zu Fuß als auch mit dem Fahrrad betrachteten, werden in diesem Szenario mit dem E-Scooter, E-Bike und dem (E-)Auto weitere Verkehrsmittelalternativen einbezogen. Im Anhang 6 sind die Berechnungsgrundlagen der Einzugsbereiche und Isochronen für die untersuchten Verkehrsmittel dargestellt. Zur Vereinfachung der Isochronen-Berechnungen mit dem ORS werden die Reisezeiten anhand der durchschnittlichen Geschwindigkeiten in Wegedistanzen umgewandelt. So erhöht sich beispielsweise der Einzugsbereich eines Bahnhofs von 3.000 auf 4.000 Meter, wenn statt des Fahrrades die Nutzung des E-Bikes und entsprechend höhere Geschwindigkeiten angenommen werden. Wie sich die maximalen Einzugsbereiche der Haltestellen hierdurch verändern, zeigt die beispielhafte Darstellung anhand eines Bahnhofs (BF) in einer Kleinstadt (vgl. Abbildung 17). Während der fußläufige Einzugsbereich nur das unmittelbare Umfeld abdeckt, sind durch die Nutzung von Fahrrad, E-Scooter und E-Bike auch die Außenbereiche abgedeckt. Die Nutzung des Autos weitet die Einzugsbereiche nochmal deutlich auf angrenzende Siedlungskörper aus.

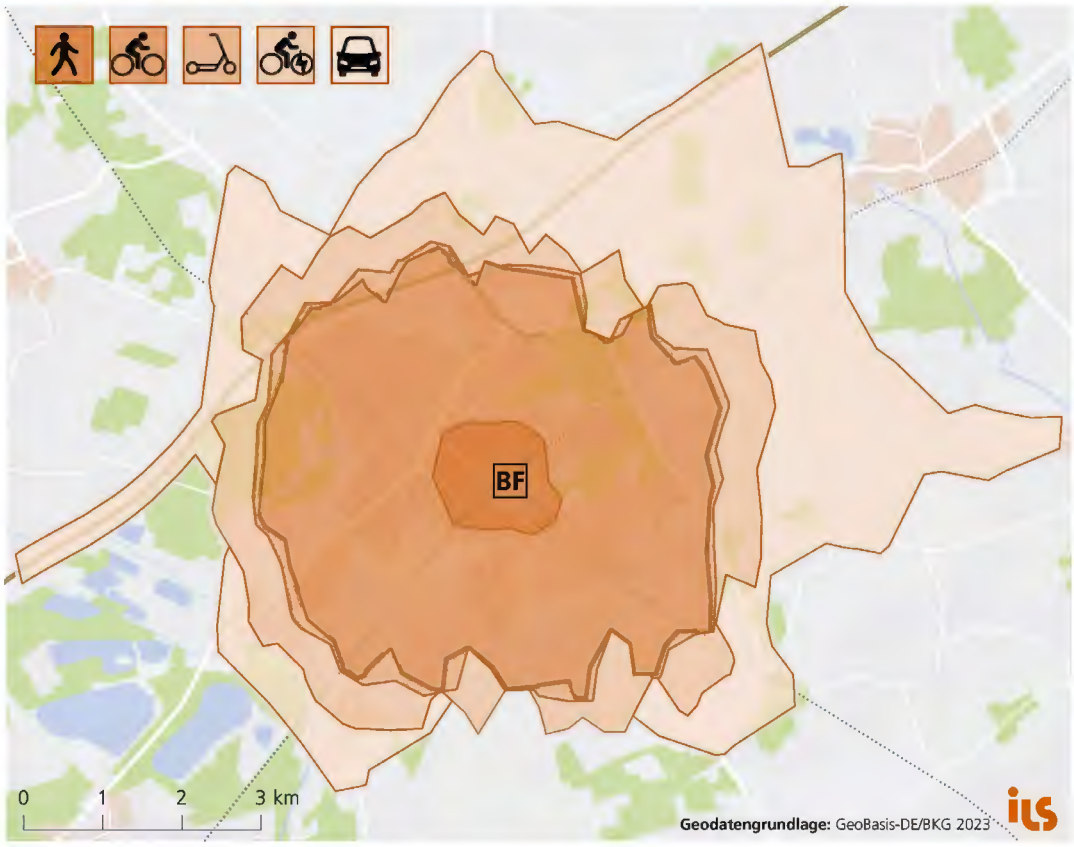


Abbildung 17: Beispiel für den Einzugsbereich von Haltestellen mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln

Varianten der Vernetzen Mobilität

Um die Effekte der veränderten Einzugsbereiche von Haltestellen aufgrund eines erweiterten Verkehrsangebots zu modellieren, wurden vier unterschiedliche Varianten berechnet. Diese Varianten der Vernetzungsqualität werden nachfolgend als VQ1 bis VQ4 bezeichnet, unterscheiden sich hinsichtlich der Zusammensetzung der jeweils zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel und sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 dargestellt.

	Variante 1 (VQ1)			Variante 2 (VQ2)		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3
(E-)Auto						
E-Bike	X			X		
E-Scooter	X	X		X	X	
Fahrrad	X	X		X	X	X

Tabelle 6: Berechnete Einzugsbereiche der Verkehrsmittel für Varianten VQ1 und VQ2

	Variante 3 (VQ3)			Variante 4 (VQ4)		
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 1	Typ 2	Typ 3
(E-)Auto				X		
E-Bike	X	X		X	X	
E-Scooter	X	X	X	X	X	X
Fahrrad	X	X	X	X	X	X

Tabelle 7: Berechnete Einzugsbereiche der Verkehrsmittel für Varianten VQ3 und VQ4

Ergebnisse einer erhöhten Vernetzung durch Mobilstationen

Die Auswirkungen der verbesserten Vernetzungsqualität werden exemplarisch für die Varianten VQ1 und VQ2 in Abbildung 18 kartographisch dargestellt. Im Vergleich zur Basisvariante für die Tageszeit zeigt sich in Variante VQ1 eine deutliche Erhöhung der ÖPNV-Qualität, die insbesondere auf die durch den Einsatz von E-Bikes und E-Scootern gesteigerte Erreichbarkeit der Mobilstationstypen 1 und 2 zurückzuführen ist. In nahezu allen Teilen des Landes lässt sich eine gesteigerte ÖPNV-Versorgung beobachten, wobei insbesondere urbane Teilräume nahezu flächendeckend zu Gebieten der höheren Güteklassen A und B aufgewertet werden. Gleichzeitig verringert sich der Anteil der Bevölkerung mit einer unzureichenden ÖPNV-Anbindung (Güteklasse E: -4,5 Prozentpunkte; Güteklasse F: -1,4 Prozentpunkte) oder ohne Zugang (-3,3 Prozentpunkte), wobei verbleibende Defizite vor allem in ländlichen Regionen bestehen. Insgesamt profitieren rund 43 % der Bevölkerung von einer verbesserten ÖPNV-Erreichbarkeit in Folge der Maßnahmen.

Ein noch stärkerer Effekt zeigt die Variante VQ2, in der zusätzlich den vorrangig in ländlichen Gebieten gelegenen Mobilstationstypen 3 eine verbesserte Erreichbarkeit mit dem Fahrrad zugeschrieben wird. Dies führt dazu, dass nur noch vereinzelte Rasterzellen den Güteklassen E oder schlechter zugeordnet werden. Der Anteil der Bevölkerung mit einer unzureichenden ÖPNV-Anbindung sinkt auf lediglich 0,5 %, was einem Rückgang von 13,4 Prozentpunkten im Vergleich zur Basisvariante sowie von 4,2 Prozentpunkten im Vergleich zur Variante VQ1 entspricht. Gleichzeitig steigt der Anteil der Bevölkerung in der höchsten Güteklasse A auf rund 95 %, sodass nahezu die gesamte Bevölkerung Nordrhein-Westfalens von einer hochqualitativen ÖPNV-Versorgung profitiert.

Die Ergebnisse der Variante VQ2 verdeutlichen, dass die Einbeziehung der Mobilstationstypen 3 (entsprechend den Haltestellenkategorien 3 und 4) eine signifikante Qualitätssteigerung der ÖPNV-Erreichbarkeit bewirkt. Diese Verbesserung resultiert nicht nur aus der erhöhten Anzahl an Haltestellen, sondern auch aus deren räumlicher Verteilung. Insbesondere in ländlichen Regionen, in denen die Typen 1 und 2 weniger stark vertreten sind, führt eine erhöhte Vernetzung an den Haltestellen zu erheblichen Verbesserungen der Erreichbarkeit und der Gesamtqualität des ÖPNV-Netzes.

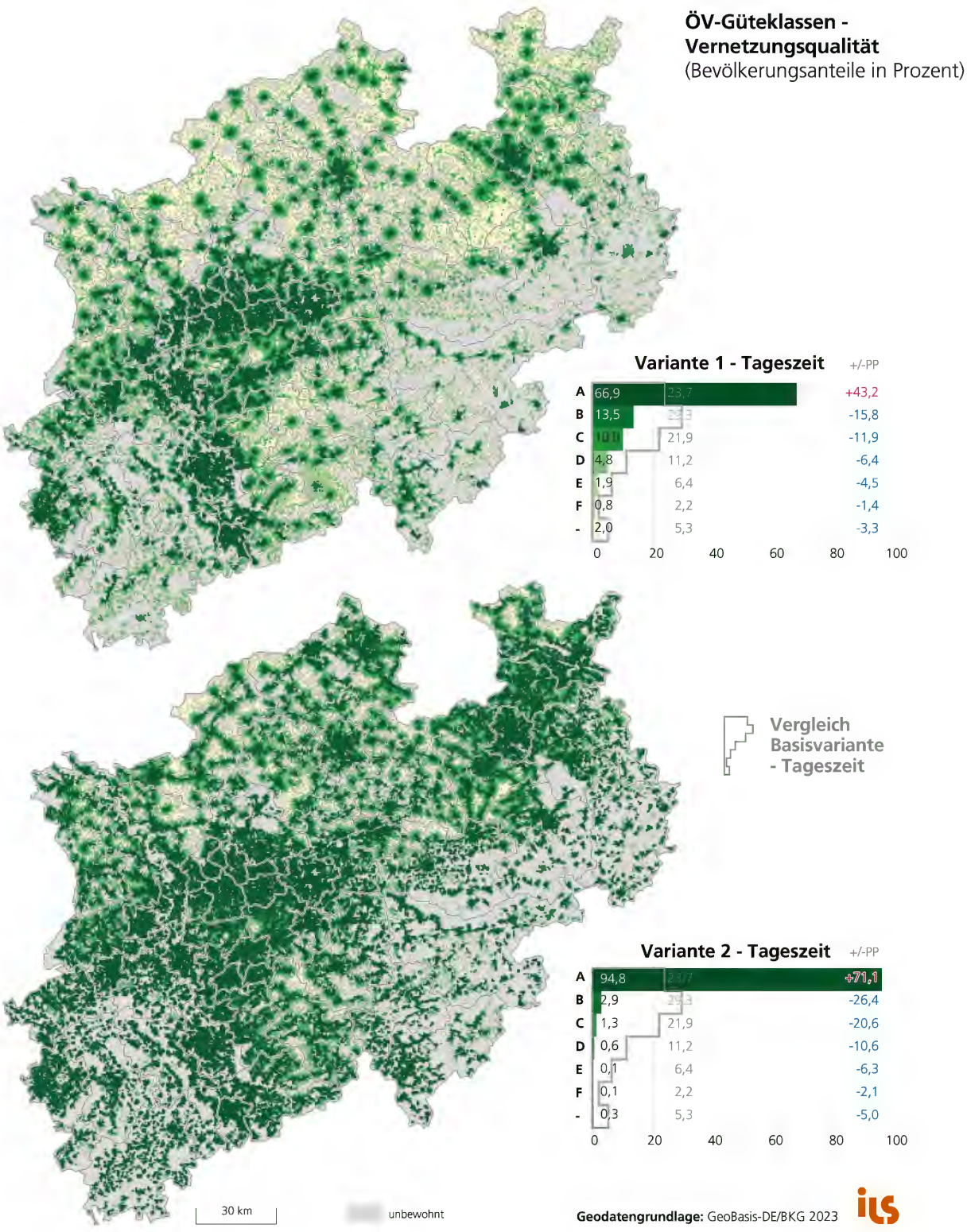


Abbildung 18: ÖV-Güteklassen mit erhöhter Vernetzungsqualität der Varianten VQ1 und VQ2

Tabelle 8 fasst die Ergebnisse der Varianten VQ1 und VQ2 in tabellarischer Form zusammen und ergänzt diese um die Varianten VQ3 und VQ4. Trotz der zusätzlichen Verkehrsoptionen durch E-Scooter (Typ 3) und (E-) Autos (Typ 1) zeigen die Varianten VQ3 und VQ4 nur minimale Auswirkungen auf die Verteilung der Güteklassen. Weniger als 2 % der Bevölkerung profitieren von den erweiterten Angeboten, was darauf hindeutet, dass bereits in Variante VQ2 Sättigungseffekte durch die erhöhte Vernetzung eingetreten

sind. Die marginale Veränderung des Anteils der Bevölkerung ohne Zugehörigkeit zu einer Güteklasse verdeutlicht zudem, dass in diesen Regionen nicht primär die fehlende Vernetzung das zentrale Problem darstellt, sondern vielmehr das generelle Fehlen von Haltestellen. Dies unterstreicht die Notwendigkeit infrastruktureller Maßnahmen zur Schaffung neuer Haltestellenstandorte, sei es physisch oder virtuell (vgl. Kapitel 6.1), um die ÖPNV-Versorgung in diesen Gebieten nachhaltig zu verbessern. Zu den Randzeiten wirken sich die Effekte aufgrund der geringeren Ausgangsqualität deutlich positiver auf die Verteilung der Güteklassen aus. Die Ergebnisse hierfür sind den Tabellen im Anhang zu entnehmen (vgl. Anhang 7 & Anhang 8).

Güteklasse	Tageszeit	VQ1	VQ2	VQ3	VQ4
A	23,7	66,9	94,8	96,3	96,4
B	29,3	13,5	2,9	1,8	1,9
C	21,8	10,0	1,3	1,0	1,0
D	11,2	4,8	0,6	0,5	0,5
E	6,4	1,9	0,1	0,1	0,0
F	2,2	0,8	0,1	0,0	0,0
-	5,3	2,0	0,3	0,2	0,2

Tabelle 8: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit inklusive Vernetzungsqualität Variante 1 bis 4

Die in Tabelle 8 dargestellten Ergebnisse verdeutlichen, dass insbesondere die Güteklasse A aufgrund der erhöhten Vernetzung einen enormen Aufwuchs erfährt. Wie sich diese Maßnahme in den Kreisen und kreisfreien Städten NRWs auswirkt, zeigt Abbildung 19. In dieser Darstellung werden – basierend auf dem Ranking aus Abbildung 10 – die Anteile der Bevölkerung dargestellt, die innerhalb der Kreise und kreisfreien Städte von einer hochwertigen ÖPNV-Versorgung (mindestens Güteklasse B) profitieren. Zusätzlich sind die Werte nach der Umsetzung einer verbesserten Vernetzungsqualität an den Haltestellen dargestellt. Für diese Berechnung wurde die Variante 2 (VQ2) zu Grunde gelegt, die eine Verbesserung der Erreichbarkeit für alle drei Mobilstationstypen vorsieht (vgl. Tabelle 6). Die Analyse zeigt, dass die kreisfreien Städte NRWs durch die erhöhte Vernetzung nahezu flächendeckend eine hochwertige ÖPNV-Versorgung erreichen. Auch in urbaneren Kreisen, insbesondere im Umfeld des Agglomerationsraums Rhein-Ruhr (z.B. Rhein-Kreis Neuss oder Kreis Recklinghausen), verdoppelt sich der Anteil der Bevölkerung mit Zugang zu den Güteklassen A und B. Ländlich geprägte Kreise, die zuvor mit einem sehr niedrigen Versorgungsgrad von unter 20 % am unteren Ende des Rankings lagen, profitieren am stärksten: Hier steigt der Anteil auf 85–95 %, sodass vormals strukturell benachteiligte Regionen in diesem Szenario ein mit den urbanen Ballungsräumen vergleichbares Versorgungsniveau erreichen. Diese Ergebnisse unterstreichen, dass eine gezielte Verbesserung der Vernetzungsqualität nicht nur die Erreichbarkeit in Städten, sondern insbesondere in ländlichen Räumen erheblich steigern kann.

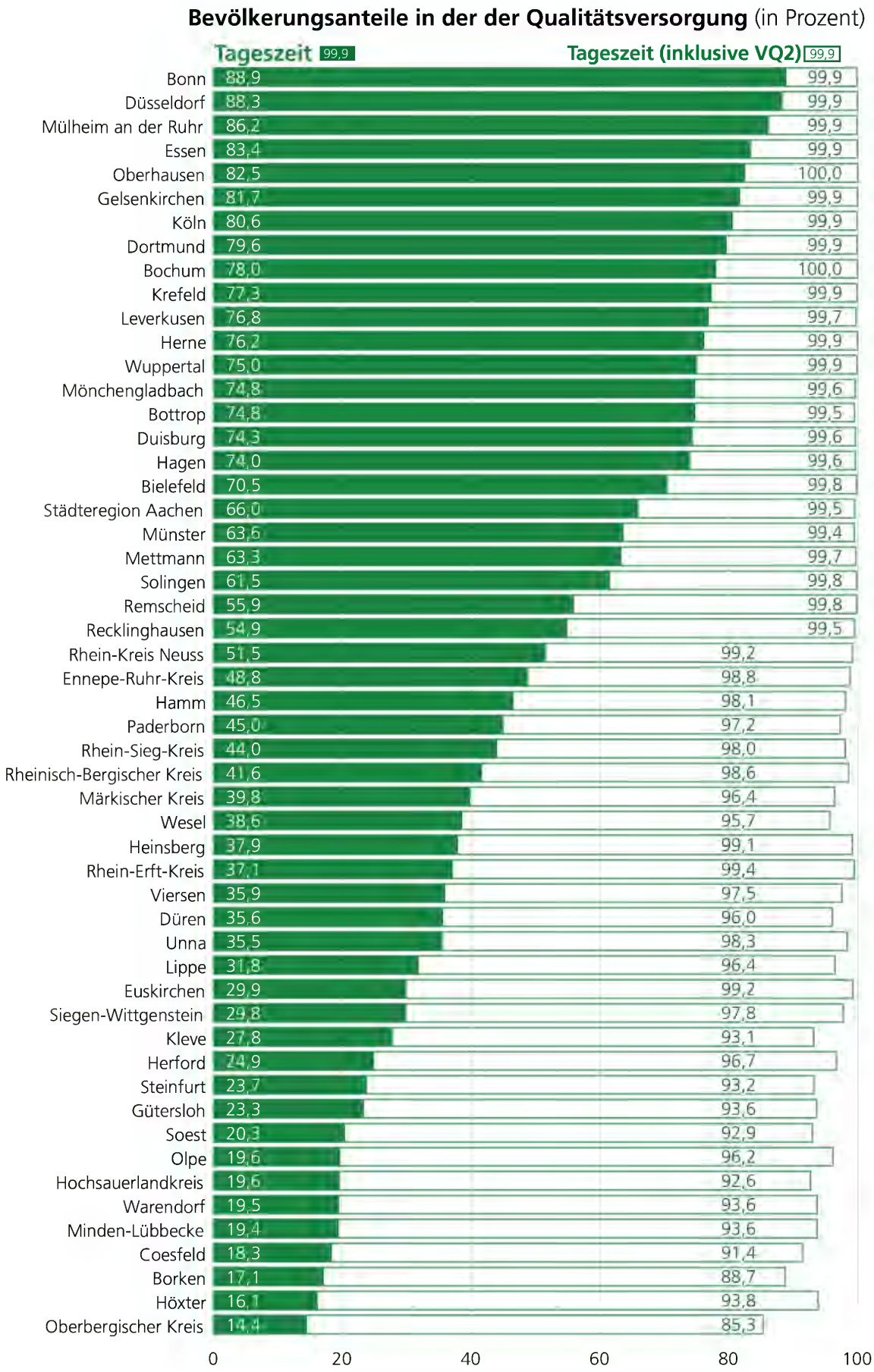


Abbildung 19: Ranking Qualitätsversorgung (Güteklasse A&B) inklusive Veränderung durch eine erhöhte Vernetzungsqualität (Variante VQ2)

6.3 Zwischenfazit II

Die vorgestellten Szenarien in diesem Kapitel zeigen, wie unterschiedliche Maßnahmen eine Verbesserung in der Verteilung der Güteklassen und dahingehend auch eine Erhöhung der ÖPNV-Erreichbarkeit mit sich bringen. Hierbei setzen die beiden Szenarien *On-Demand-Systeme* und *Vernetzte Mobilität* in unterschiedlichen Teilbereichen der ÖPNV-Versorgung an.

Die Ergebnisse aus Kapitel 6.1 zeigen, dass sich eine Implementierung von On-Demand-Systemen vor allem positiv auf die Mindestversorgung in den ländlichen Gebieten des Landes auswirkt. Abhängig von der jeweils angenommenen Angebotsqualität und den entsprechenden Ruf- und Wartezeiten erhöht sich in ländlich geprägten Kreisen der Anteil der Bevölkerung, der auf eine Mindestversorgung zurückgreifen kann, um bis zu 30 Prozentpunkte. Somit entsprechen die Ergebnisse den in Kapitel 2.4 dargestellten Funktionen von ODS, insbesondere zur Sicherung einer bestimmten Grundmobilität (Civity Management Consultants 2022) . Im urbanen Raum sind die positiven Effekte von On-Demand-Systemen dagegen begrenzt. Hier profitieren meist nur vereinzelte Teilräume in den Außenbereichen der Städte, die keine konventionelle ÖPNV-Anbindung haben. Anders sieht es zu den Randzeiten des ÖPNV aus, in denen ODS das, besonders in den Abendzeiten oder an Sonn- und Feiertagen ausgedünnte, Angebot ergänzen können. Sinnvoll ist es daher, die On-Demand-Systeme zeitlich (vorrangig in den ÖPNV-Randzeiten) und räumlich (vorrangig im ländlichen Raum) so einzusetzen, dass sie den größtmöglichen positiven Effekt auf die ÖPNV-Erreichbarkeit im Sinne der ÖV-Güteklassen erzielen.

Mobilstationen – im Sinne einer besseren Vernetzung verschiedener Verkehrsmittel an Haltestellen – tragen entscheidend zur Steigerung der Erreichbarkeitsqualität in ganz NRW bei. Die hier analysierten Varianten VQ1 bis VQ4 (Kapitel 6.2) setzen dabei an unterschiedlichen räumlichen Schwerpunkten an. Variante VQ1 setzt einen Fokus auf die Agglomerationsräume und größere Zentren, sodass insbesondere urbane Gebiete profitieren. Variante VQ2 erweitert die Maßnahmen um eine verbesserte Fahrraderreichbarkeit für Haltestellen im ländlichen Raum, was deutliche Auswirkungen auf die Verteilung der Güteklassen hat. Die Integration von zusätzlichen Mobilstationen des Typs 3 führt landesweit zu einer deutlichen Verbesserung der Qualitätsversorgung (+17 Prozentpunkte der Bevölkerungsanteile in den Güteklassen A und B) – wodurch vor allem der ländliche Raum profitiert – und zeigt schon erste Sättigungstendenzen hinsichtlich der Versorgung auf. Die Varianten VQ3 und VQ4 weisen hingegen nur noch minimale Verbesserungen auf, was darauf hindeutet, dass mit Variante VQ2 bereits eine weitgehende Ausschöpfung der Vernetzungspotenziale erreicht ist. Dadurch zeigt sich, dass eine Ausweitung der Einzugsbereiche von Haltestellen nicht nur die Grundversorgung, sondern auch die Versorgungssituation hinsichtlich hochwertiger ÖPNV-Anbindungen in NRW insgesamt verbessert. Allerdings ist zu beachten, dass das Szenario der vernetzten Mobilität in erster Linie Potenziale einer erhöhten Erreichbarkeit aufzeigt. Eine Umsetzung der modellierten Mobilstationen stellen hinsichtlich der absoluten Anzahl eine große Herausforderung dar. Hier sollte strategisch geprüft werden, welche Bereiche NRWs am stärksten von dieser Maßnahme profitieren. Zudem können in der Praxis Kapazitätsengpässe bei Abstellmöglichkeiten sowie körperliche Einschränkungen dazu führen, dass nicht alle Fahrgäste in gleichem Maße von der verbesserten Anbindung profitieren.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Projektergebnis I: Bestandsaufnahme zur ÖPNV-Erreichbarkeit in Nordrhein-Westfalen

Kernbestandteil des Forschungsprojekts ist eine Bestandsaufnahme der ÖPNV-Erreichbarkeit in Nordrhein-Westfalen, basierend auf dem Konzept der ÖV-Güteklassen (vgl. Kapitel 2.2). Dieses Konzept bewertet nicht nur Fahrzeiten und Distanzen, sondern auch die Qualität des ÖPNV-Angebots, etwa im Hinblick auf die an einer Haltestelle zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel. Im Rahmen des Projekts wurde das Konzept der ÖV-Güteklassen auf die Gegebenheiten in NRW angepasst, etwa indem für das

Bundesland typische Mobilitätsangebote wie Expressbusse berücksichtigt wurden (vgl. Kapitel 4.1). Im Ergebnis zeigt sich hinsichtlich der ÖPNV-Erreichbarkeit ein deutliches Stadt-Land-Gefälle. Dieser Befund ist zwar einerseits erwartbar, kann andererseits aber mit Hilfe der Projektergebnisse hinsichtlich seines Ausmaßes für NRW erstmals quantifiziert werden. So reicht etwa die Bandbreite des Bevölkerungsanteils, der auf ein ÖPNV-Angebot der Güteklassen A und B („Qualitätsversorgung") zurückgreifen kann von 14,4 % im Oberbergischen Kreis bis 88,9 % in Bonn (vgl. Kapitel 5.1). Gleichzeitig wird deutlich, dass auch innerhalb einer Raumkategorie, also zwischen verschiedenen Städten oder ländlich geprägten Kreisen, teils beträchtliche Unterschiede in der ÖPNV-Versorgung zu verzeichnen sind. Weiterhin variiert die Versorgungsqualität je nach Tageszeit oder Wochentag. Während etwa an einem Werktag tagsüber 5,3 % der in Nordrhein-Westfalen lebenden Menschen über keinen Zugang zum ÖPNV verfügen, steigt dieser Anteil auf 15,3 % an Sonn- und Feiertagen und 19,4 % am Abend eines Wochentags.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden zudem in Abstimmung mit dem Auftraggeber zwei Szenarien zur möglichen Weiterentwicklung des ÖPNV-Angebots in Nordrhein-Westfalen erstellt. Das erste Szenario geht von einem landesweiten Ausbau von On-Demand-Angeboten (Szenario OD) aus, das zweite Szenario basiert auf der Annahme, dass zahlreiche Haltestellen des ÖPNV mit Mobilstationen aufgewertet werden. Ziel ist dabei die Förderung von intermodaler und vernetzter Mobilität (Szenario VM). Dabei wird angenommen, dass der Einzugsbereich der aufgewerteten Haltestellen erweitert und ein größerer Bevölkerungsanteil erreicht wird.

Projektergebnis II: Szenario „On-Demand-Systeme" (ODS)

Die Ergebnisse des On-Demand-Szenarios zeigen – differenziert nach verschiedenen Ausbaustufen –, dass Qualitätsverbesserungen insbesondere im Spektrum der unteren ÖV-Güteklassen verzeichnet werden können. Da diese Güteklassen insbesondere ländlich geprägten Teilräumen zugeordnet werden können, verdeutlicht das Szenario, dass der Ausbau von On-Demand-Angeboten maßgeblich zu einer Sicherung der Grundversorgung mit öffentlichen Mobilitätsangeboten in den peripheren und weniger dicht besiedelten Landesteilen beiträgt. So kann etwa bei der Variante 3 des On-Demand-Szenarios, die eine Abfahrt in maximal 30 Minuten nach Bestellung vorsieht, der Anteil der Güteklasse D landesweit um 8,9 Prozentpunkte gesteigert werden. Diese Güteklasse gilt als Untergrenze für eine Mindest- oder Grundversorgung mit öffentlichen Mobilitätsangeboten (vgl. Kapitel 4.2).

Projektergebnis III: Szenario „Vernetzte Mobilität" (VM)

Die Analysen in Kapitel 6.2 zum Szenario „Vernetzte Mobilität" veranschaulichen dagegen, dass der Ausbau von Mobilstationen landesweit zu einem Anstieg des Anteils der Bevölkerung in ÖV-Güteklasse A führt. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn – wie in der Variante VQ2 – auch sogenannte lokale Mobilstationen des Typs 3 einbezogen werden ((Zukunftsnetz Mobilität NRW 2022). Da diese auch an Haltestellen in ländlichen Teilräumen implementiert werden, ergibt sich eine nahezu flächendeckende und hochwertige Versorgung mit öffentlichen und gut vernetzten Mobilitätsangeboten. So beträgt der Bevölkerungsanteil der ÖV-Güteklasse A in der Variante VQ2 des Szenarios VM bereits 94,8 %.

Planungspraktische Handlungsansätze und weiterer Forschungsbedarf

Der Vorteil der hier vorgestellten ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse auf Basis von ÖV-Güteklassen liegt darin, dass Erreichbarkeit hier im Gegensatz etwa zum ‚Level of Service'-Ansatz (vgl. Kapitel 2.2) nicht nur als Ausdruck von Fahrzeiten, Geschwindigkeiten und betrieblichen Parametern verstanden wird, sondern stärker auch auf Teilräume, Bevölkerungsanteile sowie demographische und soziale Begebenheiten bezogen werden kann. Dieses Grundverständnis macht es leichter, die empirischen Ergebnisse als Ausgangspunkt zur Formulierung von raumplanerischen und verkehrspolitischen Zielen zu verwenden. Konkret kann die in diesem Projekt erarbeitete Datenbasis etwa als Grundlage zur Bearbeitung der folgenden planungspraktischen Fragestellungen und Folgeprojekte herangezogen werden:

- Erarbeitung von Mindeststandards zur ÖPNV-Versorgung in Nordrhein-Westfalen. Die Standards können dabei differenziert nach Teilräumen und Qualitätsstufen (z.B. Mindest- und Qualitätsversorgung) definiert werden. Die Frage danach, welches Maß an ÖPNV-Erreichbarkeit als ausreichend und angemessen erachtet wird, ist im Rahmen von politischen Aushandlungsprozessen zu beantworten. Die hier erarbeitete Datengrundlage kann dabei als Ausgangspunkt für die Entscheidungsfindung herangezogen werden.

- Die bisherigen Auswertungen der Erreichbarkeitsanalysen fokussieren sich auf die Landes- und die Kreisebene. Um einen abgestuften Vorschlag für die Ableitung von Mindeststandards zu erarbeiten, empfiehlt es sich, die Ergebnisse noch stärker nach Raumstrukturmerkmalen wie Bevölkerungsdichte, Zentralität oder Kompaktheit zu differenzieren. Es existieren verschiedene Raumstrukturtypologien, die hinsichtlich ihrer Eignung für eine solche Differenzierung geprüft werden können.

- Die erarbeitete Datengrundlage kann zudem herangezogen werden, um den Personal- und Finanzierungsaufwand, der mit der Festlegung von Mindeststandards und dem entsprechenden Ausbau des ÖPNV-Angebots einhergeht, abzuschätzen. In diesem Zusammenhang ist zu empfehlen, die raum- und verkehrswissenschaftliche Perspektive der Erreichbarkeitsanalysen mit volkswirtschaftlichen Analysen zu kombinieren.

- In den bisherigen Analysen wird pauschal von Bevölkerungsanteilen ausgegangen, die von einem bestimmten ÖPNV-Angebot profitieren. Die soziodemographische Situation in NRW ist jedoch – auch im Hinblick auf die Auswirkungen des demographischen Wandels – von Ort zu Ort unterschiedlich. Eine Verschneidung der bisherigen Ergebnisse der ÖPNV-Erreichbarkeitsanalyse mit sozioökonomischen und -demographischen Kennziffern würde es ermöglichen, spezifische Standards und Ziele für bestimmte Bevölkerungsgruppen, z.B. ältere Menschen oder Personen mit einer Mobilitätseinschränkung, zu formulieren.

- In den bisherigen Analysen wird das ÖPNV-Angebot isoliert, d.h. nicht im Verhältnis zum motorisierten Individualverkehr (MIV), betrachtet. Eine Berücksichtigung von Reisezeitverhältnissen von ÖPNV und MIV wäre sinnvoll, um abschätzen zu können, ob der Ausbau von ÖPNV-Angeboten wettbewerbsfähig sein wird und von einer entsprechenden Akzeptanz und Nutzungswahrscheinlichkeit ausgegangen werden kann.

Die skizzierten planungspraktischen Handlungsansätze veranschaulichen, dass der hier vorgestellte Analysesatz zur Bewertung der ÖPNV-Erreichbarkeit in besonderem Maße dazu geeignet ist, um räumlich differenzierte Ziele und Standards abzuleiten und gleichzeitig die hierfür notwendigen Finanzierungs- und Personalbedarfe abzuschätzen.

8 Literatur

Agora Verkehrswende (2022a): Linienbedarfsverkehr auf dem Land. Perspektiven für den öffentlichen Verkehr im ländlichen Raum durch flexible Kleinbussysteme.

Agora Verkehrswende (2022b): Wende im Pendelverkehr. Wie Bund und Kommunen den Weg zur Arbeit fairer und klimagerechter gestalten können.

Agora Verkehrswende (2023a): Mobilitätsoffensive für das Land. Wie Kommunen mit flexiblen Kleinbussen den ÖPNV von morgen gestalten können.

Agora Verkehrswende (2023b): Mobilitätsgarantie für Deutschland – Teil II. Erreichbarkeitsanalyse und Empfehlungen für eine bundesweit garantierte Grundversorgung mit Bus und Bahn.

Alam, Bhuiyan Monwar; Thompson, Gregory L.; Brown, Jeffrey R. (2010): Estimating Transit Accessibility with an Alternative Method: Evidence from Broward County, Florida. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 2144, 1, 62–71. https://doi.org/10.3141/2144-08.

Allen, William; Di Cesare, Frank (1976): Transit Service Evaluation. Preliminary Identification of Variables Characterizing Level of Service. o.O.

Arellano, Juan Francisco; Fang, Kevin (2019): Sunday Drivers, or Too Fast and Too Furious? In: Findings. https://doi.org/10.32866/001c.11210.

Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr - StMB (Hrsg.) (2022): ÖPNV-Strategie 2030 für den Freistaat Bayern.

Bertolini, Luca; Le Clercq, Frank; Kapoen, Loek (2005): Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. In: Transport Policy 12, 3, 207–220. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2005.01.006.

Brohm, Markus (2023): ÖPNV-Finanzierung am Scheideweg. In: Deutscher Landkreistag (Hrsg.): Der Landkreis - Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung. ÖPNV in der Fläche. Weichenstellungen und Perspektiven. 93. Jahrgang. Berlin: W. Kohlhammer GmbH (5/2023), 186–188.

Brühning, Ekkehard (2010): Empfehlungen für Planung und Betrieb des öffentlichen Personennahverkehrs. Forschungsprojekt des Forschungsprogramms Stadtverkehr (FoPS). Köln.

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (Hrsg.) (2022): ÖV-Güteklassen- Berechnungsmethodik ARE. Grundlagenbericht.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung - BBSR (Hrsg.) (2018): Angebotsqualitäten und Erreichbarkeiten im öffentlichen Verkehr.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung - BBSR (Hrsg.) (2019): Methodische Weiterentwicklungen der Erreichbarkeitsanalysen des BBSR.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung - BMVBS (Hrsg.) (2012): Mobilität, Erreichbarkeit und soziale Exklusion. Fähigkeiten und Ressourcen einer ländlichen Bevölkerung für eine angemessene Versorgung und Teilhabe am öffentlichen Leben.

Büttner, Benjamin; Kinigadner, Julia; Ji, Chenyi; Wright, Benjamin; Wulfhorst, Gebhard (2018): The TUM Accessibility Atlas: Visualizing Spatial and Socioeconomic Disparities in Accessibility to Support Regional Land-Use and Transport Planning. In: Networks and Spatial Economics 18, 2, 385–414. https://doi.org/10.1007/s11067-017-9378-6.

Civity Management Consultants (Hrsg.) (2022): Zielgerichteter Einsatz von On-demand-Ridepooling zur Verbesserung der ÖPNV-Qualität. Hamburg.

Czarnetzki, Felix; Freude, Maximilian; Gertz, Carsten (2024): Welche Angebote sollten Mobilitätsstationen in Stadtrandlagen bieten? Ergebnisse einer Fokusgruppen-Studie in Hamburg. In: Canzler, Weert; Haus, Juliane; Kellermann, Robin; Schröder, Sabine & Thomsen, Carlo (Hrsg.) (2024): Gemeinsam in Bewegung: Forschung und Praxis für die Mobilitätswende. Beispiele und Erkenntnisse aus den Projekten der BMBF-Fördermaßnahmen MobilitätsWerkStadt 2025 und MobilitätsZukunftsLabor 2050. Sammelband. nexus Institut & WZB. Berlin.

Dziekan, Katrin (2011): Öffentlicher Verkehr. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.): Verkehrspolitik. Wiesbaden, 317–340. https://doi.org/10.1007/978-3-531-92843-2_16.

Eichhorn, Sebastian; Gerten, Christian; Diller, Christian (2021): Bewertung und Klassifizierung von Bahnhaltepunkten in Nordrhein-Westfalen. Ein methodischer Ansatz zur Operationalisierung von „Transit-Oriented Development“. In: Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning 79, 1, 21–38. https://doi.org/10.14512/rur.28.

El-Geneidy, Ahmed; Levinson, David (2006): Access to Destinations: Development of Accessibility Measures. Minneapolis.

Foda, Mohamed; Osman, Ahmed (2010): Using GIS for Measuring Transit Stop Accessibility Considering Actual Pedestrian Road Network. In: Journal of Public Transportation 13, 4, 23–40. https://doi.org/10.5038/2375-0901.13.4.2.

Gather, Matthias; Kagermeier, Andreas; Lanzendorf, Martin (2008): Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Stuttgart, Berlin.

Gehlhaus, Ingo-Benedikt (2023): Ist eine Verdopplung der Fahrgastzahlen bis 2030 erreichbar? Überlegungen aus dem Ostalbkreis. In: Deutscher Landkreistag (Hrsg.): Der Landkreis - Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung. ÖPNV in der Fläche. Weichenstellungen und Perspektiven. 93. Jahrgang. Berlin: W. Kohlhammer GmbH (5/2023), 200–201.

Geurs, Karst; Zondag, Barry; Jong, Gerard de; Bok, Michiel de (2010): Accessibility appraisal of land-use/transport policy strategies: More than just adding up travel-time savings. In: Transportation Research Part D: Transport and Environment 15, 7, 382–393. https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.04.006.

Geurs, Karst T.; van Wee, Bert (2004): Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. In: Journal of Transport Geography 12, 2, 127–140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005.

gtfs.org (Hrsg.) (2024): General Transit Feed Specification Reference. https://gtfs.org/documentation/schedule/reference/ (05.02.2025).

Hansen, Walter (1959): How Accessibility Shapes Land Use. In: Journal of the American Institute of Planners 25, 2, 73–76. https://doi.org/10.1080/01944365908978307.

Hendzlik, Manuel; Lange, Martin; Hölting, Philipp; Lambrecht, Martin; Frey, Kilian; Schmied, Martin (2023): Klimaschutzinstrumente im Verkehr. Bausteine für einen klimagerechten Verkehr.

Hermann, Winfried (2023): ÖPNV-Strategie 2030 des Landes Baden-Württemberg. Umbruch im ÖPNV - Herausforderungen und Chancen. In: Deutscher Landkreistag (Hrsg.): Der Landkreis - Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung. ÖPNV in der Fläche. Weichenstellungen und Perspektiven. 93. Jahrgang. Berlin: W. Kohlhammer GmbH (5/2023), 190–192.

Ibraeva, Anna; Correia, Gonçalo Homem de Almeida; Silva, Cecília; Antunes, António Pais (2020): Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 132, 110–130. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.10.018.

Jiao, Junfeng; Dillivan, Maxwell (2013): Transit Deserts: The Gap between Demand and Supply. In: Journal of Public Transportation 16, 3, 23–39. https://doi.org/10.5038/2375-0901.16.3.2.

Jung, Anna; Koldert, Bernhard (2019): Mobilstationen im Stadt.Umland.Netzwerk: Ein Versuch einer Begriffseinordnung. FiFo Discussion Paper, No. 19-02.

Kagerbauer, Martin (2024): On-Demand-Mobilität: Chancen für einen verstetigten Einsatz im öffentlichen Verkehr. In: Mobility Impacts 02.2024, 32–33.

Kersting, Ariane; Baisch, Nora (2024): 18 neue Mobilitätsstationen für lebenswerte Quartiere. In: Internationales Verkehrswesen 76, 4. https://doi.org/10.24053/IV-2024-0061.

Kirchhoff, Peter; Tsakarestos, Antonios (2007): Planung des ÖPNV in ländlichen Räumen. Ziele - Entwurf - Realisierung. Wiesbaden.

Kompetenzcenter Digitalisierung NRW - KCD; civity Management Consultants - civity (Hrsg.) (2022): Potenzialanalyse On-Demand Ridepooling Ruhrgebiet – Abschlussbericht, Gelsenkirchen und Berlin.

Koska, Thorsten (2022): Evaluationsergebnisse: Vergleich der Vorher- & Nachher-Befragungen und Bewertung der Kampagne. Vortrag im Rahmen des Projektes MOST – Mobilstationen Regio Köln am 14.03.2022.

Kraft, Christian; Fister, Leonard (2023): Nachhaltige Immobilien Teil 3/3: Ergebnisse eines einfachen Indikatorensets. o.O.

Krome, Caroline; Hellmund, Marius; Thelen, Charlotte; Klinger, Thomas; Reutter, Ulrike (2023): Mobilstationen als Baustein der Verkehrswende. In: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) (Hrsg.): Der Nahverkehr. Öffentlicher Personenverkehr in Stadt und Region (1+2/2023), 50–55.

Lange, Jens; Pusch, Charlotte (2019): Der Daseinsvorsorgeatlas Niedersachsen. Kurzinformation zum digitalen Planungstool.

Levinson, David M.; Marshall, Wes; Axhausen, Kay W. (2017): Elements of access. Transport planning for engineers, transport engineering for planners.

Löffler, Sven; Becker, Ilja; Hofstedt, Petra; Nitze, André; Hennig, Silvia; Klinge, Alexander (2023): Planung des Ländlichen On-Demand-Verkehr - Probleme, Analyse und Algorithmen. In: INFORMATIK 2023 - Designing Futures: Zukünfte gestalten, 1739–1750. https://doi.org/10.18420/inf2023_177.

Lucas, Karen (2012): Transport and social exclusion: Where are we now? In: Transport Policy 20, 105–113. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.01.013.

Lucas, Karen; Bates, John; Moore, José; Carrasco, Juan Antonio (2016): Modelling the relationship between travel behaviours and social disadvantage. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 85, 157–173. https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.01.008.

Malekzadeh, Ali; Chung, Edward (2020): A review of transit accessibility models: Challenges in developing transit accessibility models. In: International Journal of Sustainable Transportation 14, 10, 733–748. https://doi.org/10.1080/15568318.2019.1625087.

Martens, Karel (2012): Justice in transport as justice in accessibility: applying Walzer's 'Spheres of Justice' to the transport sector. In: Transportation 39, 6, 1035–1053. https://doi.org/10.1007/s11116-012-9388-7.

Matthes, Gesa (2020): I-1: Problemstellung und Projektansatz der Innovationsgruppe UrbanRural SOLUTIONS. In: Matthes, Gesa (Hrsg.): Urban Rural SOLUTIONS : Innovationen im regionalen Daseinsvorsorgemanagement durch Unterstützung von interkommunalen Kooperationen Endbericht, 23–39.

Milstein, Alexander (2018): Daseinsvorsorge. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover, 361–373.

Münz, Nathalie (2023): Umsetzung der ÖPNV-Strategie ist Ressourcenfrage. In: Deutscher Landkreistag (Hrsg.): Der Landkreis - Zeitschrift für kommunale Selbstverwaltung. ÖPNV in der Fläche. Weichenstellungen und Perspektiven. 93. Jahrgang. Berlin: W. Kohlhammer GmbH (5/2023), 192–194.

Naumann, Matthias (2023): Mobilitätsarmut – ein Thema für die bundesdeutsche Raumentwicklung? In: Standort. https://doi.org/10.1007/s00548-023-00888-5.

Neumeier, Stefan (2014a): Modellierung der Erreichbarkeit von Supermärkten und Discountern : Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung. Thünen Working Paper 16. Braunschweig. https://doi.org/10.3220/WP_16_2014.

Neumeier, Stefan (2014b): Open Source in accessibility analyses - Modeling of street petrol station accessibility in Germany. In: OSGEO Journal Volume 13 vom 2014b. https://doi.org/10.7275/R5V69GSW.

Nitze, André; Wang, Tingting; Hofstedt, Petra; Löffler, Sven; Henning, Silva; Klinge, Alexander (2023): Wissenschaftlicher Schlussbericht: Open-Source-Software für ländlichen On-Demand-Verkehr. OSLO Machbarkeitsstudie.

OpenRouteService (Hrsg.) (2024): Documentation. Travel Speeds. https://giscience.github.io/openrouteservice/technical-details/travel-speeds/ (05.02.2025).

Österreichische Raumordnungskonferenz - ÖROK (Hrsg.) (2022): Die österreichweiten ÖV-Güteklassen. Rahmen, Struktur & Beispiele.

overpass-turbo.eu (Hrsg.) (2024): Overpass Turbo Data Export. https://overpass-turbo.eu/ (05.02.2025).

Papa, Enrica; Bertolini, Luca (2015): Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. In: Journal of Transport Geography 47, 70–83. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003.

Peter, Markus; Pusch, Charlotte; Matthes, Gesa; Röntgen, Ole; Weiner, Thomas (2020): II-4: Das Daseinsvorsorgemodell für den Erreichbarkeitsvorsorgeatlas. In: Matthes, Gesa (Hrsg.): Urban Rural SOLUTIONS : Innovationen im regionalen Daseinsvorsorgemanagement durch Unterstützung von interkommunalen Kooperationen Endbericht, 249–275.

Plan4Better (Hrsg.) (2024): Deutschlandweite Bewertung der ÖPNV-Erschließung mit den ÖV-Güteklassen 2024. Whitepaper. https://www.plan4better.de/de/whitepapers/ov-erschliessung (05.02.2025).

Polzin, Steven E.; Pendyala, Ram M.; Navari, Sachin (2002): Development of Time-of-Day–Based Transit Accessibility Analysis Tool. In: Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1799, 1, 35–41. https://doi.org/10.3141/1799-05.

Rauch, Sebastian; Rauh, Jürgen (2016): Verfahren der GIS-Modellierung von Erreichbarkeiten für Schlaganfallversorgungszentren. In: Raumforschung und Raumordnung | Spatial Research and Planning 74, 5. https://doi.org/10.1007/s13147-016-0432-5.

Regionalverband Ruhr - RVR (Hrsg.) (2024): Regionalplan Ruhr. Textliche Festlegungen und Erläuterungen. https://www.rvr.ruhr/fileadmin/user_upload/01_RVR_Home/02_Themen/Regionalplanung_Entwicklung/Regionalplan_Ruhr/01_Planentwurf/03_Textliche_Festlegung/2024_10_25_RP_Ruhr_Textliche_Festlegungen.pdf (05.02.2025).

Santana Palacios, Manuel; El-Geneidy, Ahmed (2022): Cumulative versus Gravity-based Accessibility Measures: Which One to Use? In: Findings. https://doi.org/10.32866/001c.32444.

Scheurer, Jan; Curtis, Carey (2007): Accessibility Measures: Overview and Practical Applications. Working Paper No 4: Accessibility Measures.

Schneider, Paul; Koska, Thorsten; Schäfer-Sparenberg, Carolin (2024): On-Demand-Ridepooling als Beitrag zu Mobilitätswende und Daseinsvorsorge : Erkenntnisse zum Status quo in Deutschland und Entwurf einer Systemtypologie. Wuppertal Paper Nr. 202. Wuppertal Institut. https://doi.org/10.48506/opus-8611.

Schwarze, Björn (2005): Erreichbarkeitsindikatoren in der Nahverkehrsplanung. Dortmund.

Schwedes, Oliver; Ringwald, Roman (2021): Daseinsvorsorge und Öffentliche Mobilität: Die Rolle des Gewährleistungsstaats. In: Schwedes, Oliver (Hrsg.): Öffentliche Mobilität. Voraussetzungen für eine menschengerechte Verkehrsplanung. Wiesbaden, Heidelberg, 23–51. https://doi.org/10.1007/978-3-658-32106-2_2.

Sommer, Carsten; Deutsch, Volker (2021): Nahverkehrsplanung und Netzgestaltung des ÖPNV. In: Vallée, Dirk; Engel, Barbara; Vogt, Walter (Hrsg.): Stadtverkehrsplanung Band 3. Berlin, Heidelberg, 255–285. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59697-5_6.

Spiekermann, Klaus; Wegener, Michael (2012): Dimensionen der Erreichbarkeit. – von global bis lokal. In: RaumPlanung 165, 6, 8–14.

Statistische Ämter des Bundes und der Länder (Hrsg.) (2023): Georeferenzierte Bevölkerungszahlen. Open Data Angebot - Stand: 31.12.2021. https://www.statistikportal.de/de/veroeffentlichungen/georeferenzierte-bevoelkerungszahlen (09.02.25).

Thelen, Charlotte; Reutter, Ulrike; Koska, Thorsten; Reutter, Oscar; Schäfer-Sparenberg, Carolin; Paul, Schneider; Klinger, Thomas; Krome, Caroline; Sauer, Andrea; Schulte, Laura; Singer, Niklas (2023): MoSt – Mobilstationen in der Stadtregion Köln – Handlungsempfehlungen zur Übertragbarkeit auf andere Pendelnden-Regionen. Bergischen Universität Wuppertal; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH; ILS - Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH; go.Rheinland GmbH.

Unger-Azadi, Evelin; Overs, Christoph; Jaquet, Dennis; Othengrafen, Meike; Denzer, Alexander; Pachan, Kai (2022): ZNM-Handbuch-Mobilstationen. Geschäftsstelle Zukunftsnetz Mobilität NRW. Köln.

Werner, Robert; Lelanz, Stephanie (2023): ÖPNV-Offensive in Freyung-Grafenau (Bayerischer Wald). Wissenschaftliche Befragung zur Unterstützung der praktischen Umsetzung des ÖPNV-Modellprojekts DiMoFRG. In: Internationales Verkehrswesen 75, 3, 66–69.

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Digitales und Verkehr - BMDV (Hrsg.) (2023): Mobilitätswende in Stadt und Land. Klimaschutz und räumliche Gerechtigkeit als Transformationsziele des Verkehrs. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesminister für Digitales und Verkehr.

Zukunftsnetz Mobilität NRW (Hrsg.) (2022): Handbuch Mobilstationen Nordrhein-Westfahlen. 3. aktualisierte und überarbeitete Auflage.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Siedlungsstruktur in Nordrhein-Westfalen 4

Abbildung 2: Messkategorien der Erreichbarkeit des öffentlichen Verkehrs (adaptiert nach Malekzadeh & Chung, 2020). 7

Abbildung 3: Kartographische Visualisierung der ÖV-Güteklassen anhand der Beispiele Aargau und Olten (adaptiert von Bundesamt für Raumentwicklung ARE, 2022) 10

Abbildung 4: Reisezeitdifferenz zwischen MIV und ÖPNV für die Metropolregion Hamburg (BBSR, 2018) 11

Abbildung 5: Schematische Darstellung der Parameter, die bei der Berechnung der Reisezeit von ÖPNV und IV berücksichtigt werden können (Peter et al. 2020: 252). 13

Abbildung 6: Übersicht über die operierenden On-Demand-Systeme auf Gemeindeebene 20

Abbildung 7: Schematische Darstellung der Berechnungsmethodik der ÖV-Güteklassen (Quelle: adaptiert nach Plan4Better, 2024) 21

Abbildung 8: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit – Fußläufige Erreichbarkeit 24

Abbildung 9: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit in den Kreisen und kreisfreien Städten – Fußläufige Erreichbarkeit 25

Abbildung 10: Grund- und Qualitätsversorgung in den Kreisen und kreisfreien Städten 27

Abbildung 11: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit - Fahrraderreichbarkeit 28

Abbildung 12: ÖV-Güteklassen zu den Randzeiten des ÖPNV 30

Abbildung 13: Bevölkerungsanteile der ÖV-Güteklassen - Fahrraderreichbarkeit 31

Abbildung 14: Bewertung der Gewerbe- und Industriegebiete im Übergangsbereich vom nördlichen Ruhrgebiet zum ländlichen Raum 33

Abbildung 15: Methodische Vorgehensweise zur Implementierung virtueller On-Demand-Systeme 36

Abbildung 16: Ranking Mindestversorgung (Güteklasse A-D) vor und nach der Implementierung von On-Demand-Systemen (ODS5) 38

Abbildung 17: Beispiel für den Einzugsbereich von Haltestellen mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln 40

Abbildung 18: ÖV-Güteklassen mit erhöhter Vernetzungsqualität der Varianten VQ1 und VQ2 42

Abbildung 19: Ranking Qualitätsversorgung (Güteklasse A&B) inklusive Veränderung durch eine erhöhte Vernetzungsqualität (Variante VQ2) 44

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufschlüsselung der Rückmeldungen der On-Demand-Anbieter 20

Tabelle 2: Haltestellenkategorien der NRW-spezifischen ÖV-Güteklassen 22

Tabelle 3: Ermittlung der NRW-spezifische ÖV-Güteklassen basierend auf Gehzeiten (Fuß) und Fahrzeiten (Fahrrad) 23

Tabelle 4: Absoluter und relativer Anteil der Gewerbe- und Industrieflächen an den jeweiligen Güteklassen 33

Tabelle 5: Veränderungsmatrix der ÖV-Güteklassen (Tageszeit) nach Implementierung der On-Demand-Systeme für die Varianten 1–4 37

Tabelle 6: Berechnete Einzugsbereiche der Verkehrsmittel für Varianten VQ1 und VQ2 40

Tabelle 7: Berechnete Einzugsbereiche der Verkehrsmittel für Varianten VQ3 und VQ4 41

Tabelle 8: ÖV-Güteklassen zur Tageszeit inklusive Vernetzungsqualität Variante 1 bis 4 43

11 Abkürzungsverzeichnis

ALF Anruf-Linien-Fahrt

ARE Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung

AST Anruf-Sammel-Taxi

BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung

BMDV Bundesministerium für Digitales und Verkehr

FGSV Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

GTFS General Transit Feed Specification

IV Individualverkehr

MIV Motorisierter Individualverkehr

ODS On-Demand-Systeme

ÖPNV Öffentlicher Personennahverkehr

ÖV Öffentlicher Verkehr

OSM OpenStreetMap

POI Points of Interest

SPNV Schienenpersonennahverkehr

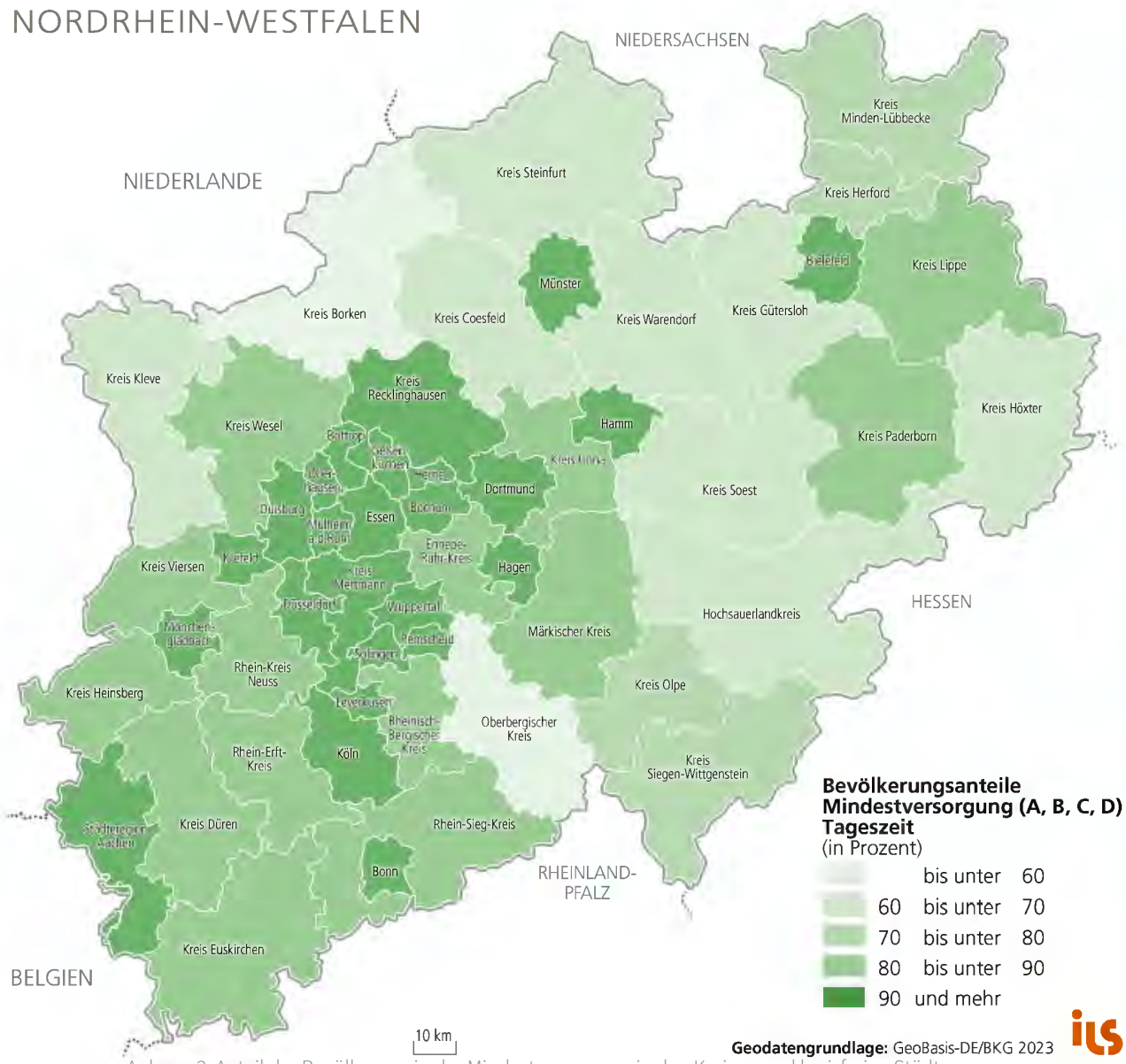
VM Vernetzte Mobilität

VQ Vernetzungsqualität

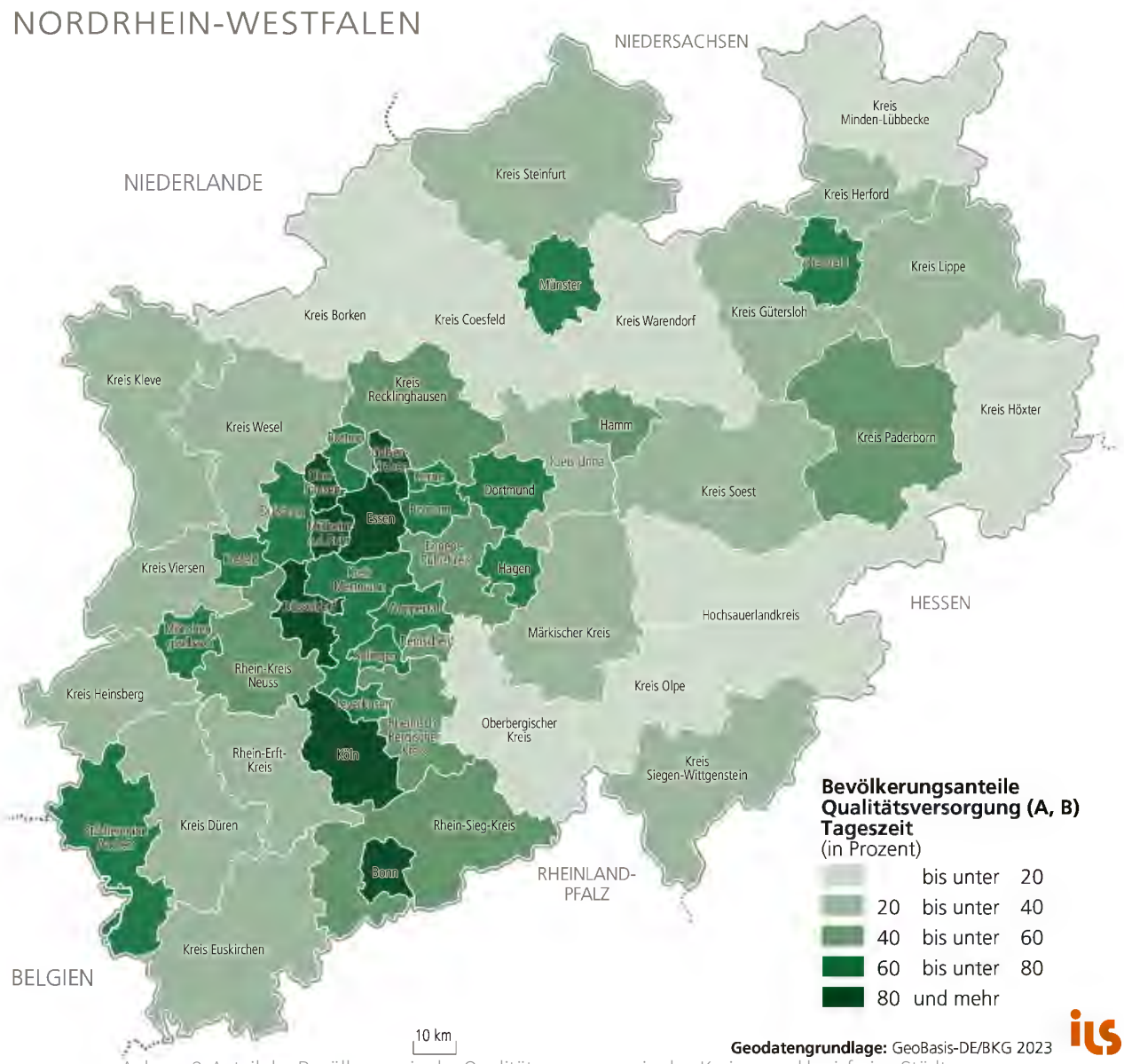
12 Anhang

Haltestellenkategorie	Anzahl Haltestellen
1	1.732
2	4.735
3	14.169
4	11.827
5	2.985
6	3.197
7	4.780
keine	4.938
Insgesamt	48.363

Anhang 1: Anzahl der Haltestellen in den Haltestellenkategorien



Anhang 2: Anteil der Bevölkerung in der Mindestversorgung in den Kreisen und kreisfreien Städten



Anhang 3: Anteil der Bevölkerung in der Qualitätsversorgung in den Kreisen und kreisfreien Städten

Güteklasse	Abendzeit	Variante 1 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 2 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 3 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 4 (Veränderung in Prozentpunkten)
A	13,5	13,5 (±0,0)	13,5 (±0,0)	13,5 (±0,0)	13,5 (±0,0)
B	19,3	19,3 (±0,0)	19,3 (±0,0)	19,3 (±0,0)	19,3 (±0,0)
C	19,6	19,6 (±0,0)	19,6 (±0,0)	19,6 (±0,0)	57,9 (+38,3)
D	14,5	14,5 (±0,0)	14,5 (±0,0)	39,9 (+25,4)	4,6 (-9,9)
E	7,9	7,9 (±0,0)	26,7 (+18,8)	3,7 (-4,2)	1,9 (-6,0)
F	5,8	19,8 (+14,0)	2,7 (-3,1)	1,5 (-4,3)	1,1 (-4,7)
-	19,4	5,4 (-14,0)	3,6 (-15,8)	2,5 (-16,9)	1,7 (-17,7)

Anhang 4: Veränderungsmatrix der ÖV-Güteklassen (Abendzeit) nach Implementierung der On-Demand-Systeme für die Varianten 1–4

Güteklasse	Sonn- und Feiertag	Variante 1 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 2 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 3 (Veränderung in Prozentpunkten)	Variante 4 (Veränderung in Prozentpunkten)
A	14,7	14,7 (±0,0)	14,7 (±0,0)	14,7 (±0,0)	14,7 (±0,0)
B	20,4	20,4 (±0,0)	20,4 (±0,0)	20,4 (±0,0)	20,4 (±0,0)
C	21,1	21,1 (±0,0)	21,1 (±0,0)	21,1 (±0,0)	56 (+34,9)
D	12,3	12,3 (±0,0)	12,3 (±0,0)	36,5 (+24,2)	4,5 (-7,8)
E	11,6	11,6 (±0,0)	26,2 (+14,6)	3,8 (-7,8)	2 (-9,6)
F	4,6	15,4 (+10,8)	2,2 (-2,4)	1,3 (-3,3)	0,9 (-3,7)
-	15,3	4,6 (-10,7)	3,1 (-12,2)	2,3 (-13,0)	1,6 (-13,7)

Anhang 5: Veränderungsmatrix der ÖV-Güteklassen (Sonn- und Feiertag) nach Implementierung der On-Demand-Systeme für die Varianten 1–4

Isochrone	Zufuß		Fahrrad		E-Scooter		E-Bike		(E-)Auto
	[m]	[km/h][4]	[m]	[km/h][4]	[m]	[km/h][5]	[m]	[km/h][4]	[Min.]
1	300	5,0	900	15,0	1.026	17,1	1.200	20,0	3
2	500		1.500		1.710		2.000		5
3	750		2.250		2.565		3.000		7
4	1.000		3.000		3.420		4.000		9

Anhang 6: Berechnungsgrundlagen der Einzugsbereiche mit den unterschiedlichen Verkehrsmitteln

Güteklasse	Abendzeit	VQ1	VQ2	VQ3	VQ4
A	13,5	66,9	94,8	96,3	96,4
B	19,3	10,5	2,9	1,8	1,9
C	19,6	8,5	1,3	1,0	1,0
D	14,5	5,1	0,6	0,5	0,4
E	7,9	1,2	0,0	0,0	0,0
F	5,8	1,3	0,0	0,0	0,0
-	19,4	6,5	0,5	0,3	0,3

Anhang 7: Vernetzungsqualität in der Abendzeit

[4] Open Route Service (2024): Documentation – Travel Speeds. https://giscience.github.io/openrouteservice/technical-details/travel-speeds/ [05.02.2025]

[5] Arellano/Fang (2019)): Sunday Drivers, or Too Fast and Too Furious? In: Findings.

Güteklasse	Sonn- und Feiertag	VQ1	VQ2	VQ3	VQ4
A	13,5	66,9	94,8	96,3	96,4
B	19,3	10,6	2,9	1,8	1,9
C	19,6	8,8	1,3	1,0	1,0
D	14,5	4,8	0,6	0,5	0,4
E	7,9	2,3	-	0,0	0,0
F	5,8	1,2	0,0	0,0	0,0
-	19,4	5,2	0,4	0,3	0,2

Anhang 8: Vernetzungsqualität am Sonn- und Feiertag