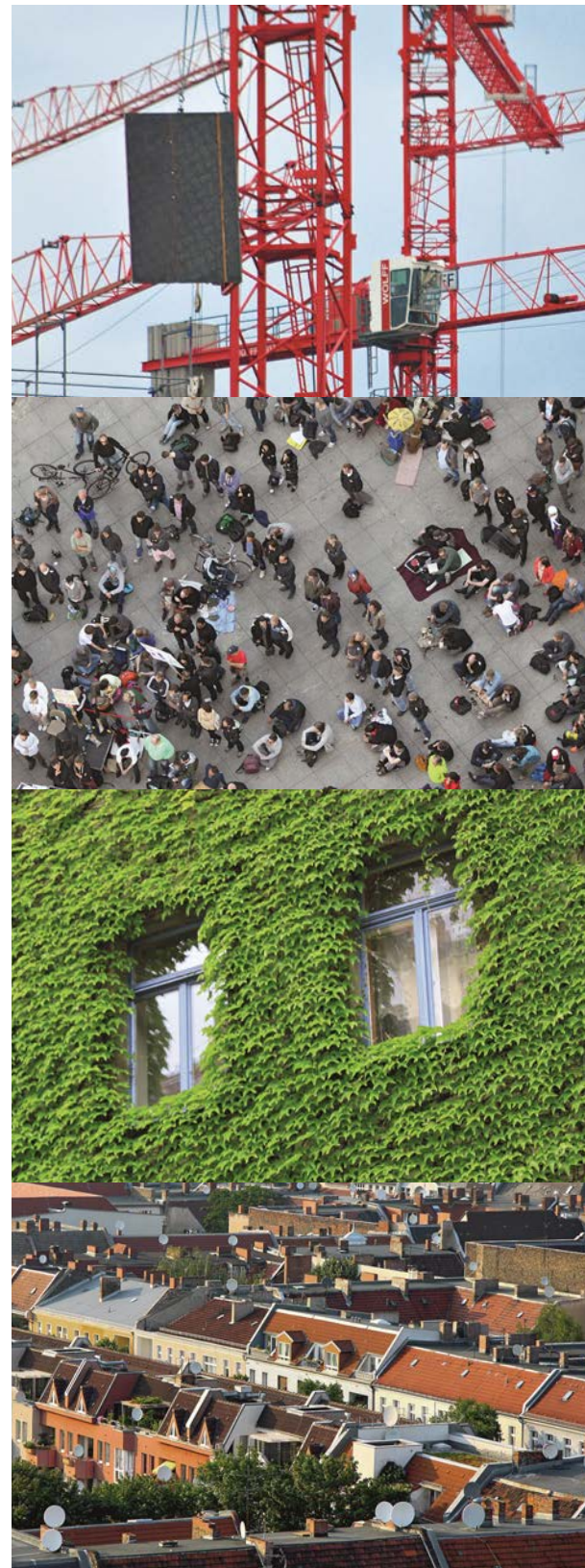


Wulf-Holger Arndt, Stefan Schneider

Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrs- system

Schwerpunkt kommunale Netze



Wulf-Holger Arndt
Stefan Schneider

Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem

Schwerpunkt kommunale Netze

Impressum

Herausgeber:

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Zimmerstraße 13–15 10969 Berlin
+49 30 39001-0 difu@difu.de <https://difu.de/>

Autoren:

Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin
Dr. Stefan Schneider, Deutsches Institut für Urbanistik, Berlin

Im Auftrag von:

Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. (HDB)
Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e. V. (VDV)
Allgemeiner Deutscher Automobil-Club e.V. (ADAC)

Redaktion:

Patrick Diekelmann

Layout:

Julia Krebs | Christina Bloedorn

Gestaltungskonzept Umschlag:

3pc GmbH Neue Kommunikation

Bildnachweis (Umschlag):

1. v. oben: Busso Grabow | 2., 3., 4. v. oben: Wolf-Christian Strauss

Erscheinungsjahr

2023

Schriftenreihe:

Difu Impulse 7/2023 ISSN 1863-7728

ISBN print 978-3-910624-23-8 | DOI 10.34744/difu-impulse_2023-7



Der Text dieser Publikation, bis auf Zitate, sowie selbst erstellte Abbildungen und Tabellen, wird unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0) veröffentlicht. Den vollständigen Lizenztext finden Sie unter: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>

Zitierempfehlung (APA7):

Arndt, W.-H. & Schneider, S. (2023). *Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem: Schwerpunkt kommunale Netze* (Difu Impulse 7/2023). Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). https://doi.org/10.34744/difu-impulse_2023-7

Inhalt

Zusammenfassung	7
1. Projektbeschreibung und Aufgabenstellung	11
2. Methodisches Vorgehen im Überblick	14
2.1 Erfassung Netzzumfang (AP1)	15
2.2 Untersuchung des baulichen Zustands des kommunalen Straßennetzes (AP2)	15
2.2.1 Erfassung und Auswertung von Datenquellen zum Ersatzbedarf Straßen	16
2.2.2 Umfrage zum Zustand der kommunalen Straßen	16
2.3 Untersuchung des baulichen Zustands des ÖPNV-Netzes (AP3)	17
2.3.1 Erfassung und Auswertung von Datenquellen zum baulichen Zustand der ÖPNV-Netze	17
2.3.2 Umfrage zum Zustand der kommunalen ÖPNV-Infrastruktur	18
2.4 Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf im Bereich des kommunalen Straßenverkehrs bis 2030 (AP4)	18
2.5 Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf ÖPNV-Netze bis 2030 (AP5)	19
2.6 Auswirkungen einer Verkehrswende auf die Investitionsbedarfe (AP6)	20
3. Umfang der Verkehrsinfrastrukturnetze (AP1)	21
3.1 Dokumentation der Arbeitsschritte der Auswertungen der Datenbanken	21
3.1.1 Datenbeschaffung	22
3.1.2 Datenaufbereitung	26
Datenaufbereitung der DLM-Daten	27
3.1.3 Datenaufbereitung der OSM-Daten	27
3.1.4 Datenanalyse	27
3.2 Ergebnisse der Datenanalyse	28
3.2.1 Straßen in kommunaler Baulast	28
3.2.2 Übersicht zu den Ländersteckbriefen	42
3.3 Umfang kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen	43
4. Untersuchung des baulichen Zustands des kommunalen Straßennetzes (AP2) und der ÖPNV-Netze (AP3)	44

4.1	Kommunalumfrage zum Zustand der kommunalen Verkehrsnetze	44
4.1.1	Rücklauf und Repräsentativität der Daten	45
4.1.2	Alter der verschiedenen Infrastrukturbestandteile	48
4.1.3	Exkurs Zustandsnotensystem	50
4.1.4	Zustand der kommunalen Verkehrsinfrastrukturen	55
4.1.5	Finanzsituation der Kommunen	56
4.2	Befragung Verkehrsunternehmen zum Zustand der ÖPNV-Netze	56
4.2.1	Rücklauf und Repräsentativität der Daten	56
4.2.2	Ergebnisse der Umfrage bei den Verkehrsunternehmen	57
4.3	Zustand kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen	60
5.	Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf kommunaler Straßenbau (AP 4) und der ÖPNV-Netze bis 2030 (AP5)	62
5.1	Gemeinsames Begriffsverständnis	62
5.1.1	Infrastruktur	62
5.1.2	Infrastruktur- und Investitionsbedarf	63
5.1.3	Nachholbedarf	63
5.1.4	Ersatzbedarf	64
5.1.5	Erweiterungsbedarf	64
5.2	Berechnungsmodell InfraBR	64
5.3	Eingangsparameter und Datengrundlage	67
5.3.1	Eingangsparameter der Bedarfsschätzung mit InfraBR	67
5.3.2	Zusammenführung der Daten aus vorherigen Arbeitsschritten	68
5.3.3	Weitere Annahmen	69
5.4	Normative Schätzung der Investitionsbedarfe in den ausgewählten Bereichen der Verkehrsinfrastruktur – Ergebnisse	70
5.4.1	Investitionsbedarfe bei kommunalen Straßen	70
5.4.2	Investitionsbedarfe beim ÖPNV	73
5.5	Investitionsbedarfe kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen	76
6.	Auswirkungen einer Verkehrswende auf die Investitionsbedarfe (AP6)	78

6.1	Verkehrswende und nachhaltige Mobilität	78
6.2	Methodik der Meta-Analyse	79
6.3	Wesentliche Transformationsbereiche	81
6.4	Verkehr und nachhaltige Mobilität im Meta-Szenario	82
6.5	Status quo, Veränderungstreiber und -indikatoren	84
6.5.1	Verkehrsanlässe	85
6.5.2	Verkehrsmittel	86
6.5.3	Individuelle Effizienz	88
6.5.4	Technologien	89
6.5.5	Bereitstellung Infrastruktur	92
6.6	Mögliche Auswirkungen auf Infrastruktur- und Investitionsbedarfe	94
6.7	Mögliche Klimaschutzeffekte im Meta-Szenario	99
6.8	Investitionsbedarfe einer Verkehrswende – Kernaussagen	101
	Literatur	103
7.	Anhang	107
A.1	Liste der ausgewerteten Szenariostudien	107
A.2	Ländersteckbriefe	113
A.3	Fragebögen der Kommunalumfrage und der Befragung der Verkehrsunternehmen	146

Zusammenfassung

Hintergrund, Auftrag(geber) und Ziel der Studie

Das KfW-Kommunalpanel 2022 stellt allein für die kommunale Straßeninfrastruktur einen Investitionsrückstand von ca. 39,3 Mrd. Euro fest, was mit knapp 25 % den zweitgrößten Posten (nach Schulen mit knapp 29 %) des gesamten, für 2021 ermittelten Investitionsrückstands der Kommunen ausmacht (Raffer & Scheller, 2022). Verschärfend kommt hinzu, dass der Rückstand in den letzten Jahren nicht abgebaut wurde, sondern in der Tendenz weiter zugenommen hat. Mehr als die Hälfte aller Kommunen kann die notwendige laufende Straßenunterhaltung nicht sicherstellen. Das betrifft vor allem die Kommunen, die bereits einen großen Investitionsstau bei den Straßen zu verzeichnen haben. Das bedeutet letztlich eine schnellere Abnutzung und Alterung der Straßeninfrastruktur und somit eine exponentiell wachsende Ausfallrate. Ähnliches gilt auch für die ÖPNV-Infrastruktur. So sind viele Tunnelstrecken der U-Bahnen und Stadtbahnen in einem schlechten Zustand. Die absehbar notwendig werdenden Erneuerungen dieser Anlagen sind mit einem sehr hohen finanziellen, stadtplanerischen und baulichen Aufwand verbunden. Überdies erfordert die Umgestaltung zu einem nachhaltigen Verkehrssystem enorme Investitionen vor allem in die Verkehrsinfrastruktur.

Vor diesem Hintergrund hat ein Konsortium aus dem Hauptverband der Deutschen Bauindustrie, dem Verband der Deutschen Verkehrsunternehmen und dem ADAC das Difu beauftragt, den Umfang, Zustand und die Investitionsbedarfe des Verkehrsnetzes (mit Schwerpunkt auf kommunale Netze) vertieft zu eruieren. Neben der seit Jahrzehnten erstmalig detailliert vorgenommenen Erfassung der Länge des kommunalen Straßennetzes wurden auch die anderen Verkehrsnetze – und hier insbesondere die kommunalen ÖPNV-Netze – erfasst. Darüber hinaus wurden in der Studie der bauliche Zustand dieser Verkehrsinfrastrukturen erhoben und deren Nachhol- und Ersatzbedarfe sowie die zukünftigen Investitionsbedarfe für den Erhalt der vorhandenen Infrastrukturausstattung abgeschätzt. Zusätzlich wurde, im Sinne einer Verkehrswende, der bis 2030 zu erwartende Umbaubedarf auf Basis vorliegender Schätzungen und Projektionen qualitativ abgeleitet und am Referenzszenario ohne transformative Elemente gespiegelt.

Umfang des kommunalen Straßennetzes sowie Angaben zum Umfang der weiteren wesentlichen Infrastruktureinrichtungen

Für die Erfassung des Netzumfanges der Verkehrsinfrastruktur-Netze erfolgte eine umfangreiche Auswertung der ATKIS-Datenbank und der Open Street Map. Für einige spezielle Teile der Verkehrsinfrastruktur wie die U-Bahn-Netze wurden weitere Datenbanken ausgewertet oder eigene Erhebungen durchgeführt. Die Datenauswertungen ergaben für die kommunalen Straßen einen Umfang von knapp 714.000 km. Die Länge der Straßenbrücken in kommunaler Baulast beträgt rund 3.600 km und die der Straßentunnel knapp 1.400 km. Für die U-Bahn- und Straßenbahn-Netze wurde die Länge der Gleise – nicht die der aufgrund mehrgleisiger Abschnitte entsprechend kürzeren Strecken – aus den Datenbanken ermittelt. Die Länge der U-Bahn-Gleise beträgt rund 900 km und die der Straßenbahnen 6.320 km, davon verlaufen 451 km Gleise unterirdisch.

Alter und Zustand der Straßen, Brücken, ÖPNV-Anlagen – Würdigung unterschiedlicher regionaler Ausgangslagen, einschl. finanzieller Gesamtsituation

In mehreren Befragungen von Kommunen und Verkehrsunternehmen wurde der Zustand der kommunalen Verkehrsinfrastruktur erfasst. Ein Drittel der Verkehrsstraßen ist nach Einschätzung der Kommunen in einem schlechten oder sehr schlechten Zustand. In kleineren Kommunen sind die Straßen den Befragungsdaten zufolge im Mittel in einem etwas schlechteren Zustand als in größeren Kommunen. Vor allem die Kommunen im Osten Deutschland und solche mit schlechterer finanzieller Ausstattung weisen schlechtere Zustandsnoten für die kommunalen Straßennetze auf.

Der Zustand der kommunalen Straßenbrücken hat sich seit der ersten Erhebung durch das Difu im Jahre 2013 nicht wesentlich verbessert. Fast jede zweite Straßenbrücke ist in keinem guten Zustand. Im Vergleich weisen die Brücken in Bundesbaulast (Bundesfernstraßen) weiterhin bessere mittlere Zustandsnoten auf. Der Zustand der kommunalen Straßentunnel ist dem der Brücken vergleichbar.

Bezüglich des Zustandes des ÖPNV-Netzes sind die Werte ähnlich wie beim Straßennetz. Etwa ein Drittel ist bei fast allen Verkehrsträgern in mindestens gutem Zustand. Die U-Bahn-Strecken weisen etwas bessere Werte auf mit gut der Hälfte in gutem oder sehr gutem Zustand. Oberirdische Straßenbahnstrecken haben den größten Streckenanteil in schlechtem oder ungenügendem Zustand mit 22 %. Die ÖPNV-Brücken und -Tunnel sind im Vergleich zu den Straßenbrücken und -tunnel in einem besseren baulichen Zustand. Der bauliche Zustand von etwa zwei Dritteln der ÖPNV-Ingenieurbauwerke ist neuwertig oder gut.

Im Rahmen der Studie wurde eine vom Difu ursprünglich für die Abschätzung von Investitionsbedarfen in Großstädten entwickelte Methodik angepasst und auf Deutschland insgesamt angewendet. Für die betrachteten Infrastrukturbereiche addieren sich die ermittelten Bedarfe bis zum Jahr 2030 auf insgesamt rund 372 Mrd. Euro. Dabei entfällt der mit rund 283 Mrd. Euro deutlich größte Teil auf den Nachhol- und Ersatzbedarf bei der Straßenverkehrsinfrastruktur, wobei insbesondere die Ingenieurbauwerke, wie beispielsweise Tunnel und Brücken, in der Region Osten sowie Hauptverkehrsstraßen in der Region Mitte-West im aktuellen Jahrzehnt ersetzt oder zumindest sehr umfassend saniert werden müssen.

Darüber hinaus ist bei den kommunalen Straßen und Wegen sowie den damit verbundenen Ingenieurbauwerken in den nächsten Jahren mit einem normativen Erweiterungs-Investitionsbedarf in Höhe von rund 20,5 Mrd. Euro zu rechnen. Der mit Abstand größte Teil entfällt auf die Region Süden, in der besonders viele Landkreise mit einer positiven Bevölkerungsprognose zu finden sind. Im Osten ist es insbesondere das Wachstum Berlins, das den Investitionsbedarf treibt.

Bei der ÖPNV-Infrastruktur lässt sich der Nachhol- und Ersatzbedarf mit der gleichen Methodik wie bei der Straßenverkehrsinfrastruktur auf 64 Mrd. Euro bis zum Jahr 2030 beziffern. Der größte Teil der voraussichtlich erforderlichen Investitionen entfällt dabei auf U-Bahn- sowie Stadt-/Straßenbahnstrecken in Tunnellage. Ausschlaggebend sind dabei vor allem die besonders hohen spezifischen Baukosten, die für den Ersatz oder zumindest eine grundlegende Sanierung beispielsweise eines U-Bahn-Tunnels anfallen würden. Ebenfalls von besonderer Bedeutung sind Investitionen bei straßenbündigen Straßen- und Stadtbahnstrecken (einschließlich Strecken mit besonderem Bahnkörper) sowie bei den Bus-/Straßen-/Stadtbahnhaltestellen.

Eine Erweiterung der ÖPNV-Infrastruktur führt im Zeitraum bis 2030 vor allem für U-Bahn- sowie Stadt-/Straßenbahnstrecken in Tunnellage zu größeren Investitionsbedarfen. Aber auch die in wachsenden Städten zusätzlich benötigten straßenbündigen Straßen-/Stadtbahnstrecken erfordern entsprechende Investitionen. Insgesamt ergibt das Modell einen Erweiterungsbedarf von rund 4,5 Mrd. Euro. Im Vergleich zum ermittelten Erweiterungsbedarf bei der Straßeninfrastruktur und zu den anderen Bedarfskategorien ist das ein kleiner Wert. Vor dem Hintergrund der Entwicklung eines nachhaltigen Verkehrssystems gewinnt die Erweiterung der ÖPNV-Infrastruktur jedoch an Relevanz.

Im Rahmen der als Teil des Vorhabens durchgeführten Meta-Studie zur nachhaltigen Mobilität und zur Verkehrswende wurden unter anderem der Ausbau des ÖPNV, die Schaffung von Einrichtungen zur Ermöglichung von Multimodalität sowie die Elektrifizierung des Verkehrs als zentrale Elemente identifiziert. Insgesamt werden bis 2030 nach Erkenntnissen aus der Meta-Studie in Abhängigkeit von den einbezogenen Ausgestaltungsoptionen zusätzliche Investitionen im Umfang von 39 bis 63 Mrd. Euro zur Realisierung der Verkehrswende erforderlich. Gleichzeitig scheinen Einsparungen bei Straßen und Stellplätzen (Ersatz, Erweiterung, Unterhaltung) in Höhe von 21 bis 63 Mrd. Euro denkbar. Bei konsequenter Umsetzung der im Verkehrswendediskurs besonders prominenten Maßnahmen könnten die Einsparungen die zusätzlichen Investitionen also zu einem großen Teil finanzieren.

Die Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger erfordert jedoch darüber hinaus Investitionen an anderer Stelle, z.B. in Fahrzeuge des ÖPNV oder in die für die aktive Mobilität benötigten Fahrzeuge (z.B. E-Bikes), die nicht Gegenstand der vorliegenden Studie waren. Wenn den jeweiligen Akteuren jedoch die Mittel für die erforderlichen Anschaffungen bzw. den Ausbau der eigenen Angebote fehlen, dürfte dies einer Realisierung der Verkehrswende im Meta-Szenario entgegenstehen – selbst wenn die beschriebenen Anpassungen der kommunalen Infrastruktur auf den Weg gebracht werden können.

Die Meta-Studie hat außerdem ergeben, dass zumindest bis 2030 voraussichtlich nur wenige Verkehrsvermeidungspotenziale umsetzbar sein werden. Die mit der Verkehrswende angestrebten Effekte, insbesondere die Reduzierung von Emissionen, sollen vor allem durch die Verlagerung auf den ÖPNV und die aktive Mobilität sowie durch die weitgehende Elektrifizierung des übrigen Verkehrs erreicht werden. Die durch das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) intendierte Absenkung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2030 auf 85 Mio. t CO₂-Äquivalente scheint jedoch durchaus erreichbar, selbst wenn nicht alle Potenziale rechtzeitig gehoben werden können. Selbst die vom Umweltbundesamt als Ziel formulierte Minderung der verkehrsinduzierten Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2030 um mindestens 70 % gegenüber 1990 scheint basierend auf den dargestellten Annahmen nicht ausgeschlossen. Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität geht dagegen selbst von einem vorwiegend auf Infrastrukturverbesserung, direkte Förderung und Angebotserweiterung ausgerichteten Instrumentenbündel aus, das zwar erhebliche CO₂-Minderungspotenziale heben würde, aber letztlich um ca. 16 bis 26 Mio. t CO₂-Äquivalente hinter dem Ziel zurückbliebe.

Die notwendigen Treibhausgasminderungen im Verkehrsbereich werden allerdings in jedem Fall nur zum Teil unmittelbar durch die im Meta-Szenario beschriebenen Infrastrukturmaßnahmen ermöglicht. Das nachhaltige Verkehrsinfrastruktursystem ist jedoch die Plattform, auf der die erforderlichen Veränderungen stattfinden. Insbesondere die Antriebswende, aber auch die verstärkte Nutzung der bereits heute elektrisch angetriebenen Fahrzeuge

des ÖPNV setzen voraus, dass die Verkehrswende mit der Energiewende, d.h. mit dem Ausbau der Energieerzeugung durch erneuerbare Quellen, einhergeht. Auch in diesem Bereich sind erhebliche Investitionsbedarfe vorhanden oder absehbar, die auch die kommunalen Akteure betreffen (werden).

1. Projektbeschreibung und Aufgabenstellung

Das Verkehrsnetz in Deutschland weist eine vergleichsweise hohe Dichte und Kapazitätsauslastung auf. Grundlage für den Ausbau ist der Verfassungssatz von der Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im gesamten Bundesgebiet (Art. 72 Abs. 2 GG). Die ubiquitäre Erschließung mit Straßeninfrastrukturen steht bei den föderalen Planungsträgern nach wie vor im Vordergrund. Dabei wird mit Blick auf die Erreichung der Pariser Klimaziele, auf die sich auch die Bundesrepublik verpflichtet hat, eine an Nachhaltigkeitszielen orientierte Transformation erforderlich sein, die in besonderer Weise auch im Verkehrsbereich eine grundlegende Neuausrichtung hin zu ökologisch nachhaltigeren Mobilitätsformen und -trägern forcieren wird. Ansätze für eine umfassende „Verkehrswende“ erfordern deshalb eine integrierte Perspektive, die – ausgehend vom Status quo – alle wichtigen Verkehrsträger einschließlich der entsprechenden Infrastrukturen vorausschauend in den Blick nimmt. Denn der Bau und Erhalt von Verkehrsinfrastrukturen ist kosten- und zeitintensiv. Mit Planungsentscheidungen von heute werden aufgrund der langen Abschreibungsdauern entsprechender Infrastrukturen und Technologien Entscheidungen gefällt, die weit in die Zukunft hinein Folgewirkungen entfalten werden. Neben Investitionen zur Errichtung neuer Straßen, Bahnstrecken oder Binnenwasserstraßen stellen der Unterhalt des Bestandes sowie der Ersatzneubau von Verkehrswegen und -anlagen, die die gesetzlichen Abschreibungsdauern zum Teil weit überschritten haben, besondere Herausforderungen dar. Wegen der angespannten Haushaltslage sowie der teilweise nach wie vor dramatischen Verschuldungslage vieler Landkreise, Städte und Gemeinden sind davon vor allem die Verkehrsinfrastrukturen in kommunaler Baulast betroffen. Deren Anteil ist jedoch erheblich, so liegen rund zwei Drittel des gesamten deutschen Straßennetzes in kommunaler Baulast. Aber auch bei den Verkehrsinfrastrukturen von Bund und Ländern bestehen erhebliche Instandsetzungs- und Nachholbedarfe.

Ein Großteil der Verkehrsinfrastrukturen wurde aufgrund kriegsbedingter Zerstörungen in den Nachkriegsjahren bis in die 1960er- und 1970er-Jahre (neu) errichtet oder wiederhergestellt. Dabei stammt ein Teil der Verkehrsbauten noch aus der Vorkriegszeit sowie aus der Periode gründerzeitlicher Stadterweiterungen (spätes 19. und frühes 20. Jahrhundert). Mit wachsendem Verkehrsaufkommen, das auch noch einmal nach der deutschen Wiedervereinigung deutlich zugenommen hat, haben Bund, Länder und Kommunen ihre Netze ausgebaut. Inzwischen haben jedoch viele Bauten und Anlagen ein Alter erreicht, bei dem die Instandsetzungskosten überproportional steigen und bei dem in den kommenden Jahren erhebliche Abgänge zu erwarten sind.

Der weitaus größte Teil des Verkehrswachstums der letzten Jahrzehnte entfiel auf die Straßen. Diese Zunahme – vor allem des Güterverkehrs – führt zu deutlich höheren Belastungen durch Schwerlastverkehr, als bei der Herstellung dieser Bauten in den 1960er- und 1970er-Jahren oder gar in den 1950er-Jahren angenommen wurde. Dabei belastet ein vierachsiger 24-Tonnen-Lkw eine Straße so stark wie 10.000 Pkw¹. Die heutige Höhe der In-

¹ Eigene Berechnungen auf Grundlage von: BAST 2006: Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes, <https://www.bast.de/DE/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Verkehrstechnik/Downloads/V-60-tonner-lang.pdf>

standhaltungskosten für Straßen lässt sich maßgeblich auf die starke Zunahme des Güterstraßenverkehrs zurückführen. Steigende Kosten ergeben sich darüber hinaus durch normale Alterungsvorgänge, durch belastende Betriebsformen (wie z.B. Streusalz) sowie durch eine unzureichende Unterhaltung des Straßenoberbaus in der Vergangenheit.

Das KfW-Kommunalpanel 2022 stellt allein für die kommunale Straßeninfrastruktur einen Investitionsrückstand von ca. 39,3 Mrd. Euro fest, was mit knapp 25 % den zweitgrößten Posten (nach Schulen: knapp 29 %) im gesamten, für 2021 ermittelten Investitionsrückstand der Kommunen ausmacht. Verschärfend kommt hinzu, dass der Rückstand in den letzten Jahren nicht abgebaut wurde, sondern in der Tendenz weiter zugenommen hat. Mehr als die Hälfte aller Kommunen kann die notwendige laufende Straßenunterhaltung nicht sicherstellen. Das betrifft vor allem die Kommunen, die bereits einen hohen Investitionsstau bei den Straßen zu verzeichnen haben. Das bedeutet letztlich eine schnellere Abnutzung und Alterung der Straßeninfrastruktur und somit eine exponentiell wachsende Ausfallrate. Ähnliches gilt auch für die ÖPNV-Infrastruktur. So sind viele Tunnelstrecken der U-Bahnen und Stadtbahnen in einem schlechten Zustand. Die absehbar notwendig werdenden Erneuerungen dieser Anlagen sind mit einem sehr hohen finanziellen, stadtplanerischen und baulichen Aufwand verbunden.

Die Fernverkehrsstraßen und überregionalen Schienennetze sind zwar in einem besseren Zustand. Allerdings bestehen auch hier erhebliche Instandsetzungs- bzw. Nachholbedarfe. Die Aufstockung der Investitionszuweisungen ab 2020 für das DB-Netz zeigt, dass dieses Problem erkannt wurde. Offen ist jedoch, ob die geplanten Maßnahmen tatsächlich ausreichen werden.

Neben den vorhandenen Nachhol- und Ersatzbedarfen besteht auch ein erheblicher Ausbau- bzw. Umbaubedarf mit Blick auf die politisch angestrebte Verkehrswende. Die Bundesregierung hat als Klimaschutzziel für den Verkehrssektor eine Senkung der CO₂-Emissionen bis 2030 um 48 % gegenüber dem Jahr 1990 gesetzt. Dieses Ziel wird von den maßgeblichen Akteuren als ambitioniert eingeschätzt und dürfte zur Erreichung auch einen Umbau der Verkehrsinfrastruktur erfordern. Aber auch ein schärferer Emissionsschutz bei lokal wirksamen Schadstoffen wie NO_x, Feinstaubpartikeln oder auch bezüglich des Verkehrslärms führt zu umfassenden Umbaubedarfen der Verkehrsnetze. Diese werden darüber hinaus durch weitere Verkehrsauswirkungen forciert, wie etwa Verkehrsunfälle auf Straßen (Verschiebungen bei der Zahl der Verkehrstoten, steigende Verletztanzahlen), Flächeninanspruchnahme durch neue Mobilitätsangebote, Trennwirkungen von Verkehrsstrecken oder Landschaftsbildbeeinträchtigungen. Insofern dürften im Zuge der angestrebten Verkehrswende u.a. folgende Maßnahmen erforderlich werden:

- Umbau kommunaler Straßen zur Förderung aktiver Mobilität (Aufenthaltsqualität, Ausbau der Rad- und Fußwege)
- Klimaanpassung: Be-/Entwässerung, Begrünung
- Ausbau der Schienen- und ÖPNV-Netze
- Förderung geteilter Mobilität, Multimodalität (Mobilitätsstationen, Straßenflächen für geteilte Fahrzeuge, z.B. Carsharing)
- Ausbau der Infrastrukturen für E-Mobilität
- Bessere Integration der städtischen Wirtschaftsverkehre (z.B. Schaffung von Ladezonen)
- Digitalisierung der Steuerungs- und Informationssysteme der Verkehrsinfrastruktur
- Anpassungen für autonomes Fahren

Aufgabenstellung

Vor diesem Hintergrund war es Ziel der vorliegenden Untersuchung, den Umfang des Verkehrsnetzes (mit Schwerpunkt auf kommunale Netze) und dessen baulichen Zustand vertieft und valide zu eruieren. Neben der seit Jahrzehnten erstmalig detailliert vorgenommen Erfassung der Länge des kommunalen Straßennetzes wurden auch die anderen Verkehrsnetze, und hier insbesondere die kommunalen ÖPNV-Netze, erfasst. Darüber hinaus wurden in der Studie der bauliche Zustand dieser Verkehrsinfrastrukturen erhoben und deren Nachhol- und Ersatzbedarfe sowie die zukünftigen Investitionsbedarfe für den Erhalt der vorhandenen Infrastrukturausstattung abgeschätzt. Zusätzlich wurde, im Sinne einer Verkehrswende, der bis 2030 zu erwartende Umbauebedarf auf Basis vorliegender Schätzungen und Projektionen qualitativ abgeleitet und am Referenzszenario ohne transformative Elemente gespiegelt.

Untersuchungsgegenstand sind die Infrastrukturbereiche der kommunalen Straßen und des ÖPNV. Die regionalen und Fernverkehrsnetze werden nur cursorisch auf Grundlage zugänglicher Datenbanken erhoben. Die Infrastrukturen der Binnenschifffahrt und des Flugverkehrs sowie weitere Infrastrukturen bleiben hingegen unberücksichtigt.

2. Methodisches Vorgehen im Überblick

In einem ersten Arbeitspaket (AP1) wurde der Umfang der Verkehrsinfrastrukturen durch die Auswertungen von vorhandenen Datenbanken valide erhoben, um so die Grundgesamtheiten der verschiedenen Verkehrsinfrastrukturen zu erfassen. In den Arbeitspaketen 2 und 3 stand die Ermittlung des baulichen Zustandes der verschiedenen Verkehrsinfrastrukturen durch Stichprobenerhebungen im Mittelpunkt. Diese Daten wurden auf die in AP1 erfassten Grundgesamtheiten hochgerechnet und für fünf Regionen (Zusammenfassung von Bundesländern) analysiert. In den anschließenden Arbeitspaketen 4 und 5 wurden, aufbauend auf AP 1 bis AP 3, die erforderlichen Investitionen für die Instandsetzungs- bzw. Nachhol- und Ersatzbedarfe sowie die notwendigen Erweiterungen der Verkehrsinfrastrukturen bis zum Jahr 2030 abgeschätzt. Im Arbeitspaket 6 wiederum wurden wesentliche Diskussionsstränge zur Verkehrswende und konkrete Erfahrungen aus Beispielprojekten als Meta-Analyse vorhandener Studien zur Verkehrswende analysiert und hinsichtlich möglicher Auswirkungen auf zukünftige Investitionsbedarfe in den Verkehrsinfrastrukturen eingeordnet.

Abb. 1: Darstellung der Arbeitspakete des Angebotes zum Projekt



Quelle: Eigene Darstellung

Die Arbeiten wurden in verschiedene Arbeitsschritte gegliedert (vgl. Abb. 2).

Abb. 2: Darstellung des methodischen Vorgehens im Projekt



Quelle: Eigene Darstellung

Das methodische Vorgehen bei den einzelnen Arbeitspaketen wird im Folgenden beschrieben.

2.1 Erfassung Netzzumfang (AP1)

Das erste Arbeitspaket diente der Schaffung einer fundierten Grundlage für die weiteren Arbeitspakete. Es zielte dabei insbesondere auf eine systematische Erfassung der Verkehrsinfrastrukturnetze. Es ermittelt damit die Grundgesamtheiten der Verkehrsinfrastrukturen und schafft gleichzeitig eine der notwendigen Voraussetzungen für die später auf den Ergebnissen aufsetzende analytische Auseinandersetzung mit aktuell diskutierten Zukunftsbildern (Visionen) der Verkehrswende.

Zunächst wurden in einem Auftaktgespräch mit Vertretern des Projektkonsortiums sowie Fachexpertinnen und -experten die Ziele des Vorhabens konkretisiert und abgestimmt und der strategische Rahmen abgesteckt. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurden auch bereits erste Hinweise auf Elemente und Teilbereiche der Verkehrsinfrastruktur erfasst, die im Hinblick auf die Verkehrswende besonders relevant sind.

Anschließend wurden jeweils, soweit entsprechende Datenbestände verfügbar und zugänglich waren, die Grundgesamtheit der Straßen aller Baulastträger, die Bahnstrecken nach BOStrab und EBO und die Bus-Infrastruktur aufbereitet. In einem ersten Schritt wurden dafür entsprechende Datenquellen recherchiert und mit Blick auf ihre analytische Verwertbarkeit bewertet, da für die verschiedenen Verkehrsinfrastrukturnetze Datenbestände in unterschiedlichem Umfang und Detaillierungsgrad sowie variierender Qualität und Güte verfügbar sind.

Zur Erfassung des Netzzumfangs der Straßennetze und soweit wie möglich auch der ÖPNV-Infrastruktur erfolgte eine Auswertung der ATKIS-Datenbank und, für einige ergänzende Parameter, der Open Street Map (OSM), die für alle Bundesländer umfangreiche Datenbestände vorhält. Für die Erfassung der Bahnstrecken wurden mangels entsprechender Datenbanken bei der Bundesnetzagentur ebenfalls die OSM ausgewertet, um so zumindest die öffentlichen Schienen- und Anlagenbestände erheben zu können. Zum Teil lieferten auch Auswertungen der ATKIS Informationen. Für die Quantifizierung der Infrastrukturen der vorwiegend städtischen ÖPNV-Anbieter, also insbesondere für Straßenbahn-, U-Bahn- und Bus-Verkehre, wurden zusätzlich Datenbestände von Verkehrsverbänden, Bahnbetreibern, kommunalen Verkehrsbetrieben und Verbänden angefragt.

Vertiefende methodische Beschreibungen für die Umfangsanalyse der Verkehrsinfrastruktur-Netze sind im Kap. 2.2.1. zu finden.

2.2 Untersuchung des baulichen Zustands des kommunalen Straßennetzes (AP2)

Bisher liegen zusammenfassende Abschätzungen des baulichen Zustandes nur für Bundesfernstraßen und für einige Landesstraßennetze vor. Für die Gesamtheit des kommunalen Straßennetzes existieren jedoch keine vergleichbaren Daten. In der Studie musste deshalb zunächst der Zustand der Straßennetze ermittelt werden. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurden anschließend der Nachhol- und der Ersatzbedarf (einschließlich Instandsetzungsbedarf) abgeschätzt. **Instandsetzung** beschreibt dabei die baulichen Maßnahmen zur Beseitigung von Schäden an der Fahrbahnoberfläche von Straßen. Als **Ersatzbedarf** sollen hier der teilweise oder vollständige Neubau,

aber auch wesentliche Änderungen im Zuge von Erneuerungen verstanden werden. Als **Nachholbedarf** wird der Bedarf berücksichtigt, der durch in der Vergangenheit unterlassene Instandsetzung oder nicht erfolgten Ersatz entstanden ist und somit Investitionen umfasst, die für einen standardgerechten Zustand der Straßenverkehrsanlagen zum Betrachtungszeitpunkt erforderlich wären.

Dazu wurden sekundäre Quellen wie Veröffentlichungen von kommunalen Spitzenverbänden sowie von Landes- und Bundesinstitutionen genutzt.

2.2.1 Erfassung und Auswertung von Datenquellen zum Ersatzbedarf Straßen

Der Literaturrecherche sowie der Material- und Datensammlung kommt im Rahmen dieses Arbeitsbausteins eine besondere Bedeutung zu. Für die Bestandsaufnahme des Straßeninstandsetzungs- und Ersatzbedarfs werden in einem ersten Schritt sekundäre Quellen, wie Veröffentlichungen und Datenbanken, genutzt. Für die Betrachtung des Gesamtkontextes „Kommunale Investitionsrückstände und -bedarfe“ wurde z.B. das KfW-Kommunalpanel ausgewertet. Es enthält Quantifizierungen der Investitionsvolumina für unterschiedliche Infrastrukturbereiche einschließlich der Straßen, allerdings nur zusammengefasst für Straßen- und übrige Verkehrsinfrastruktur und auch nicht regional disaggregiert. Eine weitere wesentliche Quelle für den Gesamtkontext waren die Ergebnisse der Difu-Studie „Investitionsrückstand und Investitionsbedarf der Kommunen“ (Reidenbach u.a. 2008).

In einer frühen Projektphase wurden mit den Auftraggebern Möglichkeiten der Optimierung der zu erstellenden Datenbasis diskutiert. Dazu wurden vorbereitend stichprobenartige Nachfragen bei Kommunen, Landesstraßenbauämtern und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) zu Ergebnissen der Straßenbegehungen der Baulastträger durchgeführt. Zudem wurden Sekundärdatenquellen, beispielsweise der amtlichen Statistik und Studien anderer Institutionen, recherchiert. Durch diese Auswertung von Sekundärdaten wurde eine Abbildung der baulichen Zustände des Straßennetzes in Baulastträgerschaft des Landes und Bundes möglich, nicht jedoch eine umfassende Sicht des Zustandes der Straßen in kommunaler Baulast.

2.2.2 Umfrage zum Zustand der kommunalen Straßen

Durch Recherchen in vorhandenen Datenquellen waren nicht alle Datenlücken zu schließen. Insbesondere der Nachhol- und der Ersatzbedarf im kommunalen Nebenstraßennetz sind ungenügend erfasst. Um den Erhebungsaufwand auch im Interesse der Kommunen in vertretbarem Rahmen zu halten, wurde eine geschichtete Zufallsstichprobe für 2.500 Gemeinden ab 5.000 Einwohner*innen gezogen. Die Schichtung erfolgt nach Bundesländern zur Gruppierung der Auswertung nach fünf Regionskategorien (siehe unten), Regioneinteilung (vgl. Kap. 4), nach der Gemeindegröße und nach topografischen Merkmalen. Hinweise zur Schichtung ergaben sich aus sondierenden Nachfragen bei Kommunen zu Ergebnissen von Straßenbegehungen auf Grundlage der Straßengesetze. Für die Landkreise und Großstädte über 50.000 Einwohner wird von einer Vollerhebung ausgegangen.

Folgende regionale Einteilung (grobe Disaggregation) wurde vorgenommen:

- **Osten:** Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen
- **Norden:** Schleswig-Holstein und Niedersachsen

- Nordrhein-Westfalen (als eigenständige Gruppe)
- Mitte-West: Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland
- Süden: Bayern und Baden-Württemberg

Hinweis: Stadtstaaten können aufgrund ihrer unterschiedlichen Struktur nicht so einfach mit anderen Regionen zusammengefasst werden.

Der Datensatz der Erhebungen ermöglicht belastbare Fallzahlen nach dieser Regionalisierung.

Für die Unterscheidung der Straßen nach Kategorien und die Ermittlung spezifischer Kosten wurden regionale, topografische, verkehrliche und bauliche Kriterien herangezogen. Variablen waren dabei:

- Gemeindetypen
- Straßentyp (verkehrlich, baulich, Material)
- Länge und Fläche
- Alter
- Bilanzieller Vermögenswert
- Zustandsklasse
- Einschätzung Instandhaltungs- versus Ersatzneubaukosten (zum Befragungszeitpunkt)
- Erweiterungs-, Ausbau- und Erschließungsbedarfe und Kostensätze

Für Brücken und Tunnel kommunaler Straßen wurden ähnliche Daten erhoben.

Außerdem wurden nach dem gleichen Schema in der Kommunalbefragung auch Daten zu den kommunalen ÖPNV-Netzen erhoben. Diese dienten zur ersten, groben Abschätzung des Zustandes und der Investitionsbedarfe der kommunalen ÖPNV-Netze. In der eigenständigen Befragung der Verkehrsunternehmen wurden umfangreichere Daten erhoben (vgl. Kap. III).

Das genaue Befragungsdesign ist in Kap. 4 beschrieben. Die Befragung erfolgte online, wobei die Gemeinden und Landkreise zunächst postalisch angeschrieben worden sind. Zur Erhöhung des Rücklaufes wurden vier Nachfassaktionen umgesetzt. Eine schriftliche Antwortmöglichkeit wurde den Befragten als Alternative bereitgestellt. Die Daten wurden in einer Excel-Datenbank erfasst und mit „Stata: Statistical software for data science“ statistisch ausgewertet.

2.3 Untersuchung des baulichen Zustands des ÖPNV-Netzes (AP3)

2.3.1 Erfassung und Auswertung von Datenquellen zum baulichen Zustand der ÖPNV-Netze

Die Erfassung der baulichen Zustände der ÖPNV-Netze wurde einerseits durch Erfassung von vorhandenen Datenquellen realisiert. Ergänzend dazu wurden Expert*innenbefragungen durchgeführt, um Datenlücken für die kommunalen ÖPNV-Netze zu füllen und Hinweise auf weitere Datenbestände zu erlangen. Hier wurden vor allem folgende Datenquellen einbezogen:

Straßenbahnen, U-Bahnen, Bus-Infrastruktur:

- Nahverkehrspläne der SPNV/ÖPNV-Aufgabenträger
- Berichte bzgl. der barrierefreien Gestaltung des ÖPNV-Angebots bis 2022 (PBefG)
- ÖPNV-Transparenzregister <https://www.oepnv-transparenzregister.de>
- VDV-Daten
- BDO-Daten

Eisenbahn:

- VDV-Erfassungen 2012
- Leistungs- und Finanzierungsvereinbarung Bundesregierung und DB-Netze 2019 „Infrastruktur und Entwicklung im Berichtsjahr, Kap. 2.3 ‚Zustand und Entwicklung im Berichtszeitraum‘“
- Brückenzustandsberichte
- Daten der Bundesnetzagentur

Die Daten wurden nach Art der Verkehrsinfrastruktur und nach Baulastträgern ausgewertet. Soweit die Daten kommunale Gebiete betreffen, wurden sie nach Gemeindegrößenklassen (entsprechend der Klassen in Kap. 2.2.2) aufbereitet.

2.3.2 Umfrage zum Zustand der kommunalen ÖPNV-Infrastruktur

Die Datenbasis auf Grundlage sekundärer Quellen stellte sich im Laufe des Projektes als nicht ausreichend für die Erfassung des Zustandes der ÖPNV-Infrastruktur heraus. Aus diesem Grund wurde ähnlich wie bei der Straßeninfrastruktur eine Umfrage durchgeführt. Dazu wurden mit Unterstützung des VDV alle ÖPNV-Betreiber des Verbandes angeschrieben. Außerdem wurde die Umfrage auch den BDO-Mitgliedern zugesandt. Darüber hinaus wurden alle U-Bahn- und S-Bahn-Betriebe angeschrieben.

2.4 Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf im Bereich des kommunalen Straßenverkehrs bis 2030 (AP4)

In Arbeitspaket 4 wurden die Ergebnisse der Sekundäranalyse zum groben Umfang und zur Typisierung der Straßen (AP1) sowie die Befragung zur stichprobenartigen Erfassung von typisierten Erneuerungsbedarfen (AP2) zusammengeführt. Die Daten wurden nach den gewählten Kategorien (Baulastträger, Straßentyp, Baujahr/Baualter, Regionen, Gemeindegrößenklasse) aufgeschlüsselt. Die Zustandsklassen und baulichen Merkmale wurden für die Kategorien als Häufigkeiten ermittelt. Diese Daten bilden die Grundlage für eine Abschätzung des Investitionsbedarfs. Dazu sind der Bauzustand und die objektspezifischen Erneuerungs- bzw. Ersatzkosten wesentliche Parameter. Sofern aus den eigenen Erhebungen keine entsprechenden Informationen vorlagen, wurden typische Baukosten anhand von Erfahrungswerten literaturbasiert oder durch Abfrage bei Fachexpert*innen erfasst und in die Abschätzung einbezogen.

Die Daten wurden anhand der Stichprobe und der statistischen Merkmale der Grundgesamtheit auf die Gesamtheit der Straßen hochgerechnet (Kap. 4). So wird der Gesamtbedarf der Ersatz- und Erweiterungsneubauten und

des entsprechenden Investitionsvolumens bei den kommunalen Straßennetzen abgeschätzt.

Damit unterscheiden sich die ermittelten Ergebnisse sowohl in ihrer Differenziertheit als auch hinsichtlich ihrer inhaltlichen Abgrenzung von anderen im wissenschaftlichen und praktischen Diskurs thematisierten Investitionsbedarfen. Der seit 2009 jährlich im Rahmen des KfW-Kommunalpanels erhobene Investitionsrückstand der Kommunen betrachtet die Straßeninfrastruktur beispielsweise nur als Block.² Teilnetze, insbesondere für den Rad- und Fußverkehr, werden nicht separat abgebildet. Außerdem bezieht sich der ausgewiesene Investitionsrückstand dort retrospektiv auf in der Vergangenheit unterlassene Infrastrukturmaßnahmen. Als Nachholbedarf werden diese auch bei der in diesem Vorhaben erfolgten Schätzung berücksichtigt, bilden aber nur eine Teilmenge der Bedarfe insgesamt. Auch die von den Kommunen geplanten Investitionen sind inhaltlich und in ihrer methodischen Genese etwas Anderes als die im AP4 abgeschätzten Investitionsbedarfe. Die Investitionsplanung als Teil der kommunalen Haushaltsplanung hat zunächst einen engeren Betrachtungshorizont von maximal drei bis fünf Jahren. Die Abschätzungen in dieser Studie reichen dagegen bis ins Jahr 2030. Außerdem werden im Rahmen der Haushaltsplanung bereits finanzielle Rahmenbedingungen und andere Restriktionen mitgedacht, sodass die Planung häufig hinter den eigentlich zu erwartenden Bedarfen zurückbleibt (und so ein Investitionsrückstand entsteht). Zu guter Letzt setzt der hier zugrundeliegende, neu entwickelte Ansatz erstmals auf einer umfassend ermittelten Grundgesamtheit der Straßen- und Wegenetze auf und basiert nicht auf der Hochrechnung über hilfsweise verwendete Indikatoren wie z.B. Einwohnerzahlen. Weil die Datenverfügbarkeit der Ausdifferenzierung im Berechnungsmodell Grenzen setzt, bleibt es jedoch weiter nur eine Schätzung, die wichtige Orientierung bieten soll, aber keine Planung im Detail auf der Ebene der Kommunen selbst ersetzen kann.

2.5 Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf ÖPNV-Netze bis 2030 (AP5)

Bei der Hochrechnung der ÖPNV-Netze wurde ähnlich vorgegangen wie bei der Straßeninfrastruktur. Bei den Bestandteilen der Verkehrsinfrastruktur der ÖPNV-Netze, bei denen der bauliche Zustand mit Hilfe von Stichproben erhoben wurde, wurden die Ergebnisse anhand von statistischen Merkmalen in den Stichprobendaten und der Grundgesamtheit auf die Gesamtheit der Verkehrsinfrastruktur in Kap. 3 hochgerechnet. Bei den Daten zur Verkehrsinfrastruktur der ÖPNV-Netze wurden zum Teil Vollerhebungen (U-Bahn-Netze) vorgenommen. Die Erkenntnisse zum baulichen Zustand aus diesen Erhebungen beziehen sich insofern unmittelbar auf die Grundgesamtheit. Bei der Abschätzung des Investitionsbedarfs wurde methodisch genauso vorgegangen wie bei der Straßenverkehrsinfrastruktur. Die bereits vorgenommenen begrifflichen Einordnungen und Abgrenzungen gelten hier analog.

² KfW-Kommunalpanel 2019-2024: Umfrage-Reihe zu den Investitionstätigkeiten und Finanzierungsbedarfen der Kommunen <https://difu.de/projekte/kfw-kommunalpanel-2019-2024>

2.6 Auswirkungen einer Verkehrswende auf die Investitionsbedarfe (AP6)

Die im Rahmen von AP4 und 5 vorgenommenen Hochrechnungen schreiben den Status quo ohne wesentliche strukturelle, organisatorische oder technologische Änderungen der betrachteten Infrastruktursysteme fort. Sie bilden damit das Referenz- bzw. „Business-as-usual“-Szenario (BAU-Szenario).

Unter Berücksichtigung aktueller gesellschaftspolitischer Entwicklungen, z.B. der Forderung nach einer grundlegenden Verkehrswende, und anderer übergeordneter Trends (z.B. Klimawandel, demografischer Wandel, Digitalisierung etc.) ergeben sich darüber hinaus Erweiterungs- und Transformationsbedarfe, die ihrerseits zusätzliche Investitionen erforderlich machen. Erste Vorüberlegungen und Abstimmungen zu den relevanten Entwicklungstrends und weiteren in die Analyse einzubeziehenden Aspekten waren bereits Gegenstand des Auftaktgespräches für das Vorhaben insgesamt am 23. Juni 2021 zwischen den Bearbeitern im Difu und Vertreter*innen der auftraggebenden Organisationen unter Beteiligung weiterer Fachexperten.

Im Rahmen des Vorhabens wurden darauf aufbauend insbesondere die sich aus einer Verkehrswende ergebenden Auswirkungen auf den Infrastrukturbedarf und die damit zusammenhängenden Investitionen abgeleitet. Ziel war es dabei, verschiedene mögliche Entwicklungen in der Zukunft in ihrem Wechselspiel abzubilden und zu analysieren. Betrachtet wurden sowohl alternative Szenarien (Zukunftsbilder) als auch mögliche Wege, die zu diesen führen könnten. Neben der (hypothetischen) Beschreibung verschiedener Varianten und der Ableitung der zu erwartenden Auswirkungen auf die Investitionsbedarfe ging es insbesondere auch darum, die Einfluss- bzw. Steuerungsmöglichkeiten durch involvierte Akteure aufzuzeigen.

Wesentlicher methodischer Baustein war eine systematische Auswertung bereits vorliegender Studien zur Verkehrswende. Diese Studien beziehen sich häufig auf Teilbereiche der Verkehrswende und betrachten beispielsweise Themen wie Elektromobilität, Sharing-Economy oder Rad- und Fußverkehr isoliert und aus einer spezifischen Perspektive. Im Sinne einer Meta-Analyse wurden 105 Studien zusammengeführt, die im laufenden wissenschaftlichen und politischen Diskurs bereits zur Kenntnis genommen worden sind und eine akzeptable methodische Qualität aufweisen. Dadurch konnten eine übergreifende Perspektive und eine inhaltliche Integration über einzelne Infrastrukturbausteine hinweg erreicht werden. Eine Liste der betrachteten Studien ist im Anhang A.1 zu finden.

Für die Meta-Analyse wurden in einem halbtägigen Szenario-Workshop das Vorgehen und die einzubeziehenden Studien besprochen. Auch die Auftraggeber haben Studien für die Meta-Studie benannt, die aus ihrer Sicht besonders geeignet erschienen.

3. Umfang der Verkehrsinfrastrukturnetze (AP1)

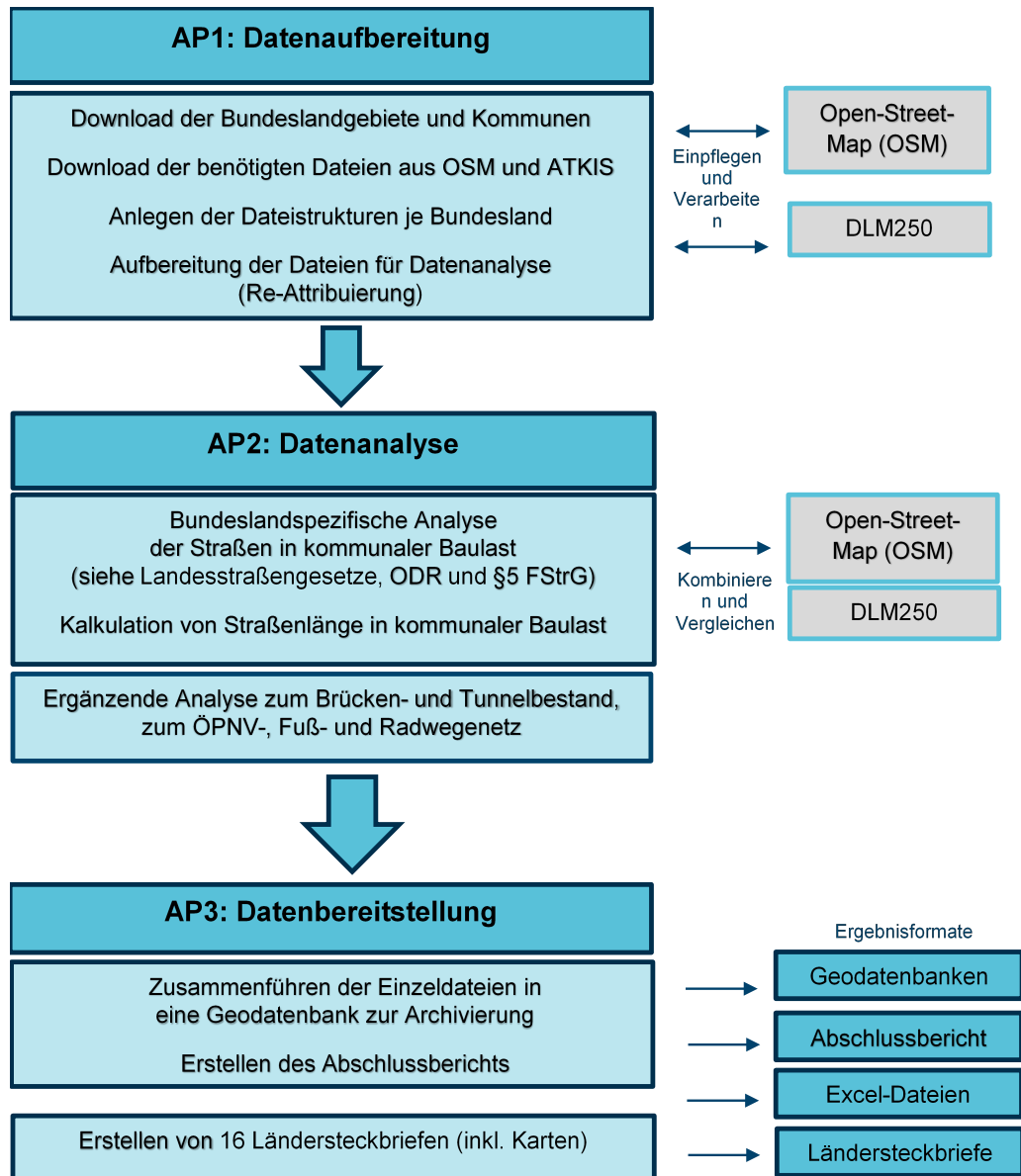
Für die Erfassung der Länge der Netze der Verkehrsinfrastruktur wurden verschiedene Quellen geprüft. Weil andere Datenquellen keine ausreichenden Daten für die Abbildung des Netzes der Verkehrsinfrastruktur boten, wurden GIS-Datenbanken ausgewertet. Das waren vor allem die ATKIS-Datenbank und, für einige ergänzende Parameter, die Open Street Map (OSM), die für alle Bundesländer umfangreiche Datenbestände vorhält. Bei einzelnen Aspekten gibt es Abweichungen in der methodischen Erfassung in den Datenbanken, die im Untersuchungsverlauf vereinheitlicht wurden. Für die Erfassung der Bahnstrecken wurden mangels entsprechender Datenbanken bei der Bundesnetzagentur ebenfalls die OSM ausgewertet, um so zumindest die öffentlichen Schienen- und Anlagenbestände erheben zu können. Leider waren auch die Datenbanken privater Bahnanbieter trotz Anfragen nicht zugänglich. Für die Quantifizierung der Infrastrukturen der vorwiegend städtischen ÖPNV-Anbieter, also insbesondere für Straßenbahn-, U-Bahn- und Bus-Verkehre, wurden zusätzlich Datenbestände von Verkehrsverbänden, Bahnbetreibern, kommunalen Verkehrsbetrieben und Verbänden angefragt. Für Datenlücken, die auf diese Weise nicht zu schließen waren, wurden diese durch fundierte Annahmen und Hochrechnungen kompensiert. Bei den vier U-Bahnnetz-Betreibern (Berlin, Hamburg, München, Nürnberg) wurde aufgrund der besonderen Eigenschaften der betreffenden Infrastrukturen im AP2 erfolgreich eine Vollerhebung durchgeführt, die so auch den Netzzumfang für AP1 erschloss. Die angestrebte Erhebung bei den S-Bahnen blieb trotz Unterstützung durch den VDV dagegen ergebnislos.

3.1 Dokumentation der Arbeitsschritte der Auswertungen der Datenbanken

In diesem Kapitel werden die methodische Herangehensweise bei der Beschaffung, Aufbereitung und Analyse der Geodaten beschrieben. Im Wesentlichen gliederte sich die Aufgabe in drei übergeordnete Arbeitspakete, die in der Abb. 3 visualisiert sind und in den folgenden Unterkapiteln weitergehend beschrieben werden.

Abb. 3: Ablaufschema der Geodaten-Analyse

(AP-Nummerierung des Unterprojektes)



Quelle: Eigene Darstellung

Die einzelnen Auswertungsschritte werden im Folgenden nur zusammenfassend beschrieben. Eine ausführliche Beschreibung wird in einem Methodenbericht zur GIS-Datenbankauswertung für den Umfang von Verkehrsnetzen veröffentlicht.

3.1.1 Datenbeschaffung

Ziel des Arbeitspakets „Datenaufbereitung“ ist das Zusammentragen und Aufbereiten relevanter Daten für die anschließende Analyse. Hier wird starkes Augenmerk auf die Qualität und bestmögliche Vollständigkeit gelegt. Die Daten zur Ortslage, zu Straßen und zur Eisenbahn inkl. Bahnhöfe werden über den Download von Daten aus dem Amtlichen Topographischen-Kartographischen Informationssystem (ATKIS) bereitgestellt. Die Einwohnerzahlen wurden aus den Daten der Verwaltungsgebiete (VG250-EW) vom Amt für Kartographie und Geodäsie übernommen (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie [BKG], 2021). Stichtag für die Erhebung der Einwohnerzahlen war der 31.12.2019. Im weiteren Schritt wurden Daten aus der Open-Street-Map

(OSM) beschafft. Zum einem ergänzten sie die Daten der DLM250 in den innerörtlichen Straßen, zum anderen wiesen die Open-Street-Map-Daten eine deutlich vollständigere Datengrundlage für die Bedarfspositionen auf. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Fuß- und Fahrradwege, aber auch für die Vollständigkeit von Haltestellen und Linien des ÖPNV. Daher wurde für die Analyse eine Kombination aus beiden Datenquellen (DLM250 und OSM) gewählt, um eine möglichst hohe Qualität der Daten für die Analyse erreichen zu können. Alle genutzten Daten sind open source und damit kostenfrei verfügbar.

3.1.1.1 Daten der DLM250

Der Datenbestand der DLM250 stellt neben der NAS³ ein alternatives Datenformat zu den ATKIS-Daten dar. Das Digitale Landschaftsmodell im Maßstab 1:250.000 beschreibt die topographischen Objekte der Landschaft im Vektorformat. Der DLM250-Datensatz basiert auf Daten zum Stichtag 31.12.2020. Vertrieben werden die Daten vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG). Der Datenbestand umfasst Objektarten inkl. beschreibende Attribute u.a. zu Straßen, Siedlungen und Gebietskörperschaften.⁴ Jedes Objekt besitzt einen deutschlandweit eindeutigen Objektidentifikator (OID), der über die gesamte Lebenszeit des Objektes gleich bleibt (BKG, 2023).

Die in Tab. 1 dargestellten Ebenen und Objekte wurden für die Auswertung gewählt.

Tab. 1: Übersicht der genutzten Ebenen und Objekte aus DLM250

Layer	Ebene	Objekt
Gebietskörperschaften Flächenpolygone zu den Bundesländern und kommunalen Gebieten (Gemeinden)	geb01_f	AX_Gebiet_Bundesland AX_Kommunales_Gebiet
Siedlungsflächen Flächenpolygone zu den geschlossenen Ortslagen	sie01_f	AX_Ortslage
(Überörtliche) Straßen ⁵ Linienpolygone mit den Straßen	ver01_l	AX_Strassenachse
Bahnstrecke Linienpolygone mit den Strecken des Bahnverkehrs	ver05_l	AX_Bahnstrecke
Bahnhöfe Punktpolygone zu den Bahnhöfen (Fern- und Nahverkehr)	ver06_p	AX_Bahnverkehrsanlage

Zu Beginn der Projektlaufzeit wurde der Kauf von Daten aus dem kostenpflichtigen Datensatz der DLM50 erwogen und ausgeschlossen. Eine Auswertung der Straßen entlang der Straßenbaulast ist mit beiden Datensätzen

³ NAS: Normbasierte Austausch-Schnittstelle – komplexes Regelwerk, das Formatstandards für u.a. ATKIS definiert.

⁴ Welche Objektarten der vollständige DLM250-Datensatz enthält, beschreibt der ATKIS®-Objektkartenkatalog (ATKIS®-OK250).

⁵ DLM deckt die überörtlichen Straßen ab. Siehe hierzu das nächste Kap. 1.1.2.

möglich. Außerdem reichen die vorhandenen Informationen zur Widmung, die im Objekt „AX_Strassenachse“ (ver01_l) hinterlegt sind, aus, um die Auswertung der Grundposition gewährleisten zu können. Es gibt zwei Aspekte, die in Hinblick auf die Qualität der DLM250-Daten berücksichtigt werden sollten. Unter anderem hält sich der Datensatz aufgrund des geringeren Maßstabs von 1:250.000 eine geringere Auflösung und eine Abweichung beispielsweise der Linienpolygone der Straße um bis zu 5 m vor.

Da die inhaltlichen Attribute der Datensätze AX_Bahnstrecke und AX_Bahnverkehrsanlage spezifischen Kategorisierungen unterliegen und mitunter nicht intuitiv sind, werden sie in den nachfolgenden Tabellen im Detail beschrieben. Hierbei gilt es hervorzuheben, dass die Datensätze auch Bahngleise bzw. Bahnverkehrsanlagen im privaten Raum, zum Beispiel auf Betriebsgeländen, beinhalten.

Tab. 2: Übersicht der inhaltlichen Attribute des Datensatzes AX_Bahnstrecke

Parameter	Ausprägungen
Bahnkategorie	„Eisenbahn“ (Güterverkehr und Personenverkehr), „Personenverkehr“, „Güterverkehr“, „S-Bahn“ etc.
Elektrifizierung	„Ja“ und „nein“
Anzahl der Gleise	„Eingleisig“ und „zweigleisig“ ⁶
Nummer der Bahnstrecke	-
Spurweite	„Normalspur“, „Schmalspur“, „Breitspur“ und „nicht zutreffend“
Verkehrsdienst	„Fernverkehr“
Zustand	„Außer Betrieb“, „stillgelegt“, „verlassen“ und „im Bau“

Quelle: nach Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland [Adv], 2018

Tab. 3: Übersicht der inhaltlichen Attribute des Datensatzes AX_Bahnverkehrsanlage

Parameter	Ausprägungen
Bahnhofskategorie	„Bahnhof“ und „Haltepunkt“ ⁷
Bahnkategorie	„Eisenbahn“ (Güterverkehr und Personenverkehr), „Personenverkehr“, „Güterverkehr“, „S-Bahn“ etc.
Zustand	„Außer Betrieb“, „stillgelegt“, „verlassen“ und „im Bau“

Quelle: nach Adv 2018

3.1.1.2 Daten der Open-Street-Map

Open-Street-Map (OSM) ist ein Geoinformationssystem, das nutzbare Geodaten sammelt, strukturiert und kostenfrei zur Verfügung stellt. Dabei können die Daten in ihrer Genauigkeit und Vollständigkeit regionale Unterschiede aufweisen, da die Datenerfassung und Aufbereitung durch aktive Mitglieder der Community getragen werden. Die Datenerfassung verläuft dabei (zum Großteil) nach festgesetzten Richtlinien. Im Rahmen der Studie wurden Geodaten von OSM durch zwei verschiedene Downloadalternativen beschafft. Es wurden Daten über das Geofabrik-Portal⁸ heruntergeladen. In diesem Portal werden ausgewählte OSM-Datensätze gesammelt als shapefiles zum Download bereitgestellt. Darüber hinaus wurden spezifische, für die Beauftragung

⁶ Es werden keine weiteren Werte aufgeführt, d.h. dass die genaue Gleisanzahl z.T. nicht aufgeführt ist.

⁷ „Die Kategorisierung erfolgt gemäß den Angaben des Betreibers“ (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2018), S. 119 ff.).

⁸ Geofabrik: down-load.geofabrik.de

notwendige Datensätze auch über die Overpass-API⁹ angefragt und heruntergeladen.

Im Zuge der Datenbeschaffung wurde festgestellt, dass die OSM-Daten eine größere Genauigkeit in der Lage und eine höhere Verfügbarkeit bei den Bedarfspunkten aufweisen (ÖPNV, Fuß- und Fahrradverkehr sowie Tunnel und Brücken). Daher wurde die Nutzung von DLM oder OSM pro Position abgewogen und entsprechend der Datenqualität eine der beiden Datenquellen ausgewählt. Die in Tab. 4 dargestellten Positionen werden durch Daten der Open-Street-Map aufbereitet und analysiert.

Tab. 4: Übersicht der OSM-Datensätze inklusive Abkürzung und Downloadart

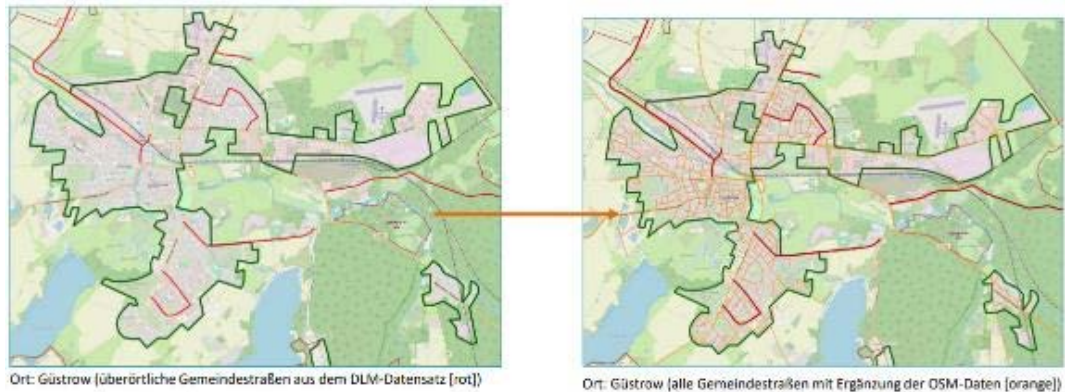
Layer	Abkürzung	OSM-Key ¹⁰	Downloadart
Bushaltestelle	BHS	Bus stop Bus station	Geofabrik
Busspur	BSP	Bus:'lanes' lanes:psv busway highway:'busway'	Overpass
Straßenbahnhaltestelle	SHS	Tram station	Geofabrik
Straßenbahngleise	SBG	Railway:'tram'	Geofabrik/Overpass
U-Bahnhof	UBH	Station:'subway'	Overpass
U-Bahngleis	UBG	Route:'subway'; railway:'subway'	Overpass
Fußweg	FUW	Highway:'footway'	Geofabrik
Fahradweg	RDW	Cycleway Route:'bicycle'	Geofabrik Overpass
Straßentunnel	STT	roads, tunnel:'T'	Geofabrik
Straßenbrücke	STB	roads, bridge:'T'	Geofabrik
Innerörtliche Straßen	STR_OSM	roads, fclass: 'residential' roads, fclass: 'living-street'	Geofabrik

Bezüglich der Vollständigkeit der Straßen konnte OSM den DLM-Datensatz erweitern. Diese werden hier, als einzige der oben genannten Positionen, durch eine Kombination aus beiden Datenquellen abgedeckt. Der DLM-Datensatz erfasst nur die Straßen mit einer Straßenbreite größer oder gleich 5 m, befestigt und ausgebaut mit mindestens zwei Fahrstreifen vollständig. Innerörtliche Straßen sind nur teilweise erfasst (BKG, 2023). Der Datensatz der Open-Street-Map `osm_roads_free` ergänzt mit den Attributen `fclass=residential` und `fclass=living_street` insbesondere die letztgenannte Kategorie. In der Abb. 4 ist dies am Beispiel des Ortes Güstrow in Mecklenburg-Vorpommern dargestellt. Zusätzlich zu dem Datensatz der DLM (rote Straßen) werden die Daten von OSM (orange Straßen) herangezogen. So werden schlussendlich alle Gemeindestraßen erfasst.

⁹ Overpass Turbo: overpass-turbo.eu

¹⁰ Weitere Informationen zu den OSM-Keys können der Enzyklopädie von OSM entnommen werden (siehe [OpenStreetMap Wiki contributors \(2021\)](https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key))

Abb. 4: Darstellung der Datensätze DLM (rot) und OSM (orange) als Ergänzung der innerörtlichen Straßen. Kartengrundlage: OSM



Quelle: Eigene Darstellung

Hinsichtlich des OSM-Datensatzes zu Bushaltestellen sei an dieser Stelle betont, dass die Daten, welche über das Geofabrik-Portal zur Verfügung gestellt werden, keine Informationen über das Vorhandensein eines Bushaltestellenhauses beinhalten. Grundsätzlich ist für den OSM-Key „Bus stop“ zwar ein Attribut „Shelter“ (dt. Unterstand) vorgesehen. Dieses ist i.d.R. allerdings nicht mit Angaben gefüllt (OpenStreetMap Wiki contributors, 2021).

Im Hinblick auf den OSM-Datensatz zu Straßenbahngleisen gilt es hinzuzufügen, dass dieser bei einigen Stadtbahnssystemen sowohl überirdische als auch unterirdische Gleise beinhaltet. Unterirdische Streckenführungen sind in dem OSM-Datensatz durch die Ausprägung „T“ des Attributs „Tunnel“ gekennzeichnet (OpenStreetMap Wiki contributors, 2021).

Schließlich ist an dieser Stelle auch anzumerken, dass der Layer des OSM-Keys „Route:bicycle“ mit Ausnahme von Mountainbike-Routen alle Fahrradrouten beinhaltet, „die durch eine durchgehende Markierung als Fahrradroute gekennzeichnet sind“ (OpenStreetMap Wiki contributors, 2021). Demgemäß enthält der Layer auch Linienpolygone, welche Fahrradwege auf Forst- und Waldwegen abbilden. Die Linienpolygone des Layers „Route:bicycle“ wurden bei der Analyse dennoch berücksichtigt, um die asphaltierten Fahrradwege in Kombination mit den Linienpolygonen des Layers „Cycleway“¹¹ in der Datenanalyse so weit wie möglich abzudecken.

3.1.2 Datenaufbereitung

In der Datenaufbereitung wurden die heruntergeladenen Daten zunächst überarbeitet. Dabei wurden Dateien, aber auch einzelne Attributspalten gelöscht und andere neu gebildet. Dazu waren diverse Arbeitsschritte nötig, die hier nur aufgezählt werden. Für die genauere Beschreibung sei auf den Methodenbericht zur GIS-Datenbankauswertung zum Umfang von Verkehrsnetzen verwiesen.

¹¹ Die Linienpolygone des Layers „Cycleway“ beschränken sich i.d.R. auf innerörtliche Fahrradwege.

Datenaufbereitung der DLM-Daten

Im Wesentlichen folgte die Datenaufbereitung der DLM-Daten für die Grundpositionen drei wesentlichen Schritten:

1. Löschung nicht benötigter Attribute
2. Fusion von Dateien zu den Gemeinden, Einwohnerzahlen und Ortslagen
3. Trennung der Datensätze nach Bundesland

3.1.3 Datenaufbereitung der OSM-Daten

Die Aufbereitung der OSM-Daten zur Analyse der Bedarfspositionen beinhaltete folgende Datenschritte:

- Herausfiltern notwendiger Keys aus aggregierten Datensätzen
- Fusionieren unterschiedlicher „OSM-Keys“ zu einem gemeinsamen Layer
- Zerschneiden von Linienpolygonen auf die entsprechende Analyseebene
- Löschen von Objekten, die sich außerhalb des jeweiligen Bundeslandes befinden

3.1.4 Datenanalyse

Die Datenanalyse hatte das Ziel, die Daten zu den Beständen im Verkehrssystem (Straßen, Straßen-Tunnel, -Brücken, Geh- und Fahrradwege, sowie ÖPNV-Netze) zu erfassen. Diese wurden als Grundgesamtheit für die Befragungen des Difu (vgl. Kap. 4) zum Zustand der Verkehrsnetze und die Abschätzungen zu den Investitionsbedarfen der Kommunen in der Verkehrsinfrastruktur genutzt. Für dieses Ziel war vor allem eine Analyse zur Länge des Verkehrsnetzes bezogen auf deren zuständigen Baulastträger erforderlich. Der Fokus lag hier auf den Straßen in kommunaler Straßenbaulast, d.h. Straßen, deren Bau, Unterhaltung und Betrieb in Trägerschaft der Kommunen (Gemeinden und Landkreise) liegen. Zusätzlich dazu wurden aber auch Verkehrsnetze des Bundes und Länder analysiert und in den Daten vermerkt. Der genaue Ablauf der Analyse ist im bereits erwähnten Methodenbericht zur GIS-Datenbankauswertung zum Umfang von Verkehrsnetzen dargestellt. Hier seien nur die wichtigsten Analyseschritte erwähnt.

Straßen

- Identifizierung der Straßenbaulast der Linienpolygone entsprechend des Bundesfernstraßengesetzes und der Landesstraßengesetze
- Zuordnung der Gemeinde zum jeweiligen Straßenabschnitt
- Berechnung der Länge jedes einzelnen Linienpolygons einer Straße
- Aufsummieren der Länge der Straßen in kommunaler Baulast pro Gemeinde und Kreise

Brücken und Tunnel

- Identifizierung der Attribute Brücke und Tunnel der Linienpolygone für die Erstellung entsprechender Übersichten
- Berechnung der Längen und die Zuordnung der Linienpolygone der Brücken und Tunnel zu den Kommunen und Baulasten
- Aufsummieren der Länge der Brücken und Tunnel in kommunaler Baulast pro Gemeinde und Kreis

Fuß- und Fahrradwege

- Identifizierung der Attribute Fuß- und Radwege der Linienpolygone für die Erstellung entsprechender Übersichten
- Berechnung der Längen und die Zuordnung der Linienpolygone der Fuß- und Radwege zu den Kommunen und Baulasten
- Aufsummieren der Länge der Fuß- und Radwege in kommunaler Baulast pro Gemeinde und Kreis

Linien und Punkte des öffentlichen Verkehrs

Punkte

- Hinzufügen ausgewählter Attribute jedes Flächenpolygons der Gebietskörperschaften zu den Punktdaten der Bushaltestellen, Straßenbahnhaltestellen, U-Bahnhöfen sowie der Eisenbahn-Bahnhöfe und -haltepunkte, in welchem die Punktobjekte gelegen sind
- Berechnung der Anzahl an Punktobjekten je Gebietskörperschaft

Linien

- Berechnung der Länge für jeden Layer mit Linienpolygonen des öffentlichen Verkehrs analog der durchgeführten Kalkulation für die Straßen (siehe oben)
- Verbindung ausgewählter Attribute jedes Flächenpolygons der Gebietskörperschaften mit den Linienpolygonen der Busspuren, Straßenbahngleise, U-Bahngleise und der Eisenbahn-Bahngleise, in welchem die Linienpolygone gelegen sind
- Analyse der Linienpolygone des öffentlichen Verkehrs für die Berechnung der Gesamtlänge aller Linienpolygone eines Linienlayers je Gebietskörperschaft

3.2 Ergebnisse der Datenanalyse

Nach der erfolgreichen Durchführung der Datenanalyse werden im Folgenden in Übersichtsdarstellungen die Ergebnisse der Datenanalyse im Tabellenformat bzgl. die Länge der Straßen in kommunaler Baulast, der Tunnel und Brücken, der Gleise und Busspuren im öffentlichen Verkehr sowie der Fuß- und Fahrradwege dargestellt.

3.2.1 Straßen in kommunaler Baulast

In den Flächenländern ließ sich so eine Länge von rund 561.000 km an Straßen in Baulast der Gemeinden und Kreise und rund 12.000 km in Baulast der Stadtstaaten analysieren. Insgesamt ergibt das bundesweite Straßennetz in kommunaler Baulast eine Länge von rund 573.000 km. Die Tabellen geben einen Überblick über die Straßen in kommunaler Straßenbaulast (letzte Spalte) und eine Übersicht der erfassten Straßentypen (Bundesfern-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen) insgesamt, unterschieden nach dem Träger der Straßenbaulast.

Tab. 5: Ergebnistabelle zu der Analyse der Straßen

Straßenlänge in km								
Bundesland	Bundesfernstraßen ¹	Bundesfernstraßen	Landesstraßen/Staatsstraßen ²	Landesstraßen/Staatsstraßen	Kreisstraßen ³	Kreisstraßen	Gemeindestraßen	Alle Straßen in kommunaler Straßenbaulast ⁴
Straßenbaulast	Bund	Gemeinde	Land	Gemeinde	Kreis	Gemeinde	Gemeinde	Kommune
Brandenburg	3.743	44	5.598	52	2.962	-	19.642	22.700
Mecklenburg-Vorpommern	2.677	60	3.350	70	4.184	27	16.301	20.641
Sachsen	3.954	189	6.270	198	7.182	172	22.149	29.890
Sachsen-Anhalt	3.613	84	5.313	48	5.518	35	14.020	19.703
Thüringen	2.163	30	4.032	54	3.159	64	12.845	16.153
Niedersachsen	9.215	260	10.820	316	17.698	486	59.179	77.938
Schleswig-Holstein	4.000	107	5.685	245	6.029	379	16.686	23.446
Hessen	5.886	197	9.306	389	6.018	293	26.767	33.665
Nordrhein-Westfalen	8.410	1.108	14.407	1.648	10.902	926	67.405	81.989
Rheinland-Pfalz	7.004	155	12.596	123	12.162	169	21.376	33.986
Saarland	777	48	1.062	29	795	17	5.726	6.615
Baden-Württemberg	8.195	320	13.682	642	16.555	529	53.006	71.052
Bayern	13.637	305	19.888	470	26.318	275	96.178	123.546
GESAMT Flächenländer	73.273	2.907	112.011	4.283	119.482	3.373	431.280	561.325
¹ Der Begriff Bundesfernstraße schließt Bundesautobahnen und Bundesstraßen ein. Eine Einzelaufistung ist über die gelieferten Excel-Dateien durch die Filterung möglich. ² Staatsstraßen in Bayern und Sachsen. ³ In Straßenbaulast (SBL). ⁴ Alle Straßen in kommunaler Straßenbaulast, d.h. die Summe der Straßen, bei denen der Träger der Straßenbaulast die Gemeinde ist (bei Gemeindestraßen sowie Kreis-, Landes- und Bundesfernstraßen [bei Ortsdurchfahrten]) plus Straßen, bei denen der Träger der Straßenbaulast der Kreis (bei Kreisstraßen) ist.								
Straßenlänge in km								
Stadtstaat	Bundesfernstraßen ¹		Gemeindestraßen	Alle Straßen in Baulast der Stadt ²				
	SBL=Bund	SBL=Gemeinde	SBL=Gemeinde	SBL=Kommune				
Berlin ³	144	179	5.757	5.936				
Hamburg	130	133	3.902	4.035				
Bremen	100	46	2.023	2.069				
GESAMT Stadtstaaten	374	357	11.682	12.040				
¹ Bundesautobahnen bleiben in den Stadtstaaten in Trägerschaft des Bundes. ² Alle Straßen in der Baulast der Stadt, d.h. unabhängig von der Klassifizierung. Eine Einzelaufistung ist über die gelieferten Excel-Dateien durch die Filterung möglich. ³ Berlin: inkl. Straßen in der Baulast der Stadtbezirke (=4.671km)!								

3.2.1.1 Ergebnisse der überörtlichen Straßen

Die Ergebnisse der Straßenlänge der überörtlichen Straßen, unabhängig von der Straßenbaulast, beschreiben eine Länge von insgesamt 315.329 km in den Flächenbundesländern und 732 km in den Stadtstaaten. Daraus ergibt sich eine Gesamtlänge des überörtlichen Straßennetzes von 316.061 km.

Tab. 6: Ergebnistabelle zu der Analyse der überörtlichen Straßen

Auswertung IKEM Angaben in km	Bundesfernstraßen ¹	Landesstraßen/ Staatsstraßen	Kreisstraßen	Straßen des überörtlichen Verkehrs ²
Flächenländer	76.180	116.295	122.855	315.329
Stadtstaaten	732	0	0	732
GESAMT Deutschland	76.912	116.295	122.855	316.061

¹ Der Begriff Bundesfernstraßen schließt Bundesautobahn und Bundesstraße ein.
² Summe aus Bundesfernstraßen, Landesstraßen/Staatsstraßen und Kreisstraßen (unabhängig von ihrer Straßenbaulast).

Bei der Betrachtung der Zahlen wird deutlich, dass es im Vergleich mit Zahlen anderer Auswertungen zu einer deutlichen Überschreitung der Zahlen bisheriger amtlicher Veröffentlichungen kommt. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gibt jährlich die Statistik zum Bestand des überörtlichen Straßennetzes heraus (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur [BMVI], 2021b). Die aktuelle Erhebung mit Stand vom 01.01.2021 wurde im September 2021 veröffentlicht. Diese gibt folgende Angaben zur Länge der überörtlichen Straßen an (BMVI, 2021a).

Tab. 7: Ergebnistabelle zu der Analyse des BMVI

Auswertung BMVI 2021b: ¹ Angaben in km	Bundesfernstraßen ¹	Landesstraßen/ Staatsstraßen	Kreisstraßen	Straßen des überörtlichen Verkehrs
GESAMT Deutschland	51.018	86.862	91.851	229.721

¹ Summe aus Bundesautobahnen und Bundesstraßen nach (BMVI, 2021a).

Quelle: Eigene Darstellung nach (BMVI, 2021a)

Die Zahlen für Bundesfernstraßen, Landesstraßen und Kreisstraßen liegen in der Analyse deutlich über den Zahlen des BMVI. Dies hängt insbesondere mit der Berechnung der Straßenlänge des BMVI mithilfe der ASB und dem Datenbestand der DLM250 zusammen.

Das BMVI macht in deren Berechnung eine wichtige Anmerkung: „nur Abschnittslängen nach ‚ASB‘, ohne Astlängen“ (BMVI, 2021a). Die „Anweisung Straßeninformationsbank“ (kurz ASB) ist ein Regelwerk des BMVI zur Qualitätssicherung der Erhebung von Straßendaten. Das Regelwerk umfasst verschiedene Teilbereiche, wie beispielsweise die Festsetzung von grundsätzlichen Fragestellungen zur Datensicherung im Segment „Kernsystem“ und insbesondere das Segment „Straßenverkehr“. Dieses betrifft die Einrichtungen der Straße, die den Verkehrsfluss erfassen, sowie die Ausstattung der Straße zur Leichtigkeit und Sicherheit des Verkehrs. Das Segment „Kernsystem“ beschreibt, was mit den Begrifflichkeiten der Abschnittslängen und Äste gemeint ist.

Die Berechnung der Abschnittslänge erfolgt über die Länge des Abschnitts zwischen zwei gesetzten Nullpunkten. Ein Abschnitt wird dabei durch die Festlegung zweier Nullpunkte definiert. Diese Nullpunkte werden nach bestimmten Kriterien gesetzt (BMVI, 2018). Kurz gefasst macht die ASB hier

eine sehr genaue Erfassung von Straßenstrukturen und -längen, die sich anhand der Bestandsachse einer Straße orientieren. Hier gilt wiederum ein starker Kriterienkatalog zur Festlegung dieser Achse (BMVI, 2018).

Der Begriff „Äste“ beschreibt insgesamt drei Straßenbestandteile: a) Einmündungen und Kreuzungen, b) Verbindungsarme von planfreien Knotenpunkten einschließlich Einfahr- und Ausfahrbereiche, c) Verbindungsarme, deren Fahrtrichtungen durch Begrenzungen oder bauliche Trennungen festgelegt werden.

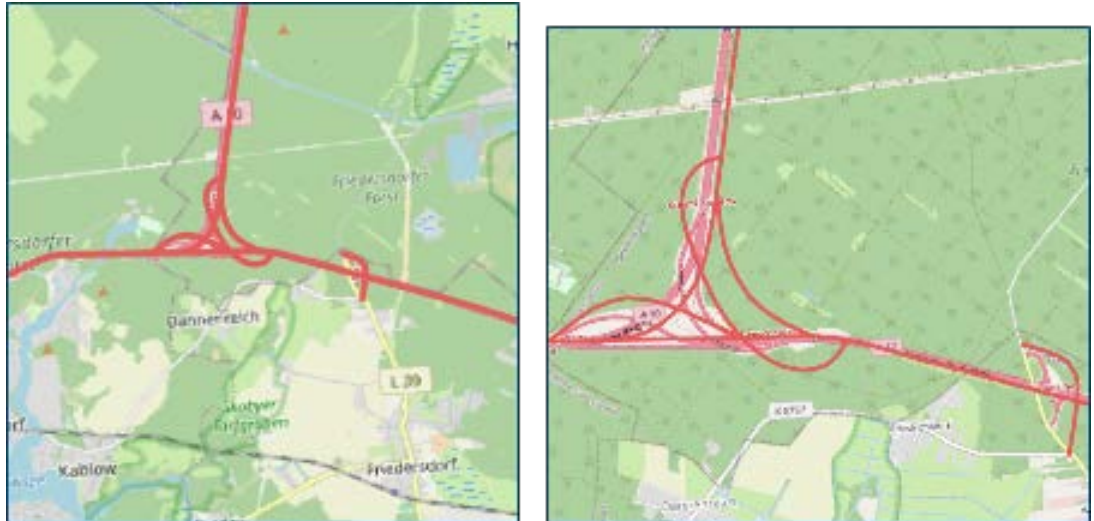
Der DLM250-Datensatz zeigt hier seine zwei Unterschiede. Der Datensatz bezieht seine Daten über die ATKIS. Diese besitzt ebenfalls Kriterien zur Erfassung der Straßen. Für den kostenpflichtigen Datensatz Basis-DLM, auf dem der DLM250 mitaufbaut, gibt es Modellierungsbeispiele (Informationstechnikzentrum Bund [ITZBund], 2008) für die Linienpolygone der Straßen, die auf dem gleichen Prinzip der ASB aufbauen.¹² Wie bereits im Kapitel zur Datenaufbereitung erwähnt, ist der kostenfreie Datensatz DLM250 aufgrund seines höheren Maßstabs nicht immer genau. Es entstehen Abweichungen, die zu Auswertungsergebnissen mit einem längeren überörtlichen Straßennetz führen können. Aufgrund des Projektbudgets war keine andere Lösung möglich. Die Ungenauigkeit ist allerdings gering.

Der zweite Unterschied, der zu einer größeren Angabe von Kilometern für die Bundesfernstraßen, Landesstraßen und Kreisstraßen führte, ist, dass die DLM Einfahrten und Ausfahrten im Datensatz darstellt. Die Angaben des BMVI sind „ohne Äste“, also ohne die Länge der oben genannten drei Aspekte (Einmündungen, Einfahr- und Ausfahrbereiche, Verbindungsarme). Gerade die Ein- und Ausfahrten wurden bei der Datenanalyse mit einbezogen und in die Länge von u.a. Bundesfernstraßen einbezogen. Daraus ergibt sich beispielsweise allein für die Bundesautobahnen in Brandenburg eine zusätzliche Länge von 235 km an Ein- und Ausfahrten von Autobahnen. Insofern sind die Daten in dieser Studie genauer als die Daten des Bundesverkehrsministeriums.

Zusätzlich stellt die DLM die Ein- und Ausfahrten lediglich als „halbdirekte Verbindungsrampe“ nach ASB (BMVI, 2021a) dar und gibt daher auch nur eine ungefähre Größenangabe der tatsächlichen Länge und Anzahl an Auf- und Abfahrten an. Abb. 5 ist ein Beispiel für die Genauigkeit der Ein- und Ausfahrten. Im unterschiedlichen Maßstab wird dies zusätzlich noch verdeutlicht. Wie bereits in der Datenbeschaffung beschrieben, ist der DLM250-Datensatz auf den Maßstab 1:250.000 angelegt. Bei kleineren Maßstäben zeigt sich die Abweichung der Ein- und Ausfahrten zur tatsächlichen Spur. Diese Abweichung kann ebenfalls zu etwas höheren Längenangaben geführt haben.

¹² Weitere Modellierungsbeispiele siehe Informationstechnikzentrum Bund (2021)).

Abb. 5:
 Beispieldarstellung des
 Autobahndreiecks
 Spreeaue und der Auf-
 und Abfahrt
 Friedersdorf in
 Brandenburg. Links im
 Maßstab 1:90:000.
 Rechts im Maßstab
 1:25:000



Quelle: Eigene Darstellung

Die Diskrepanz der Daten in der Auswertung der überörtlichen Straßen kann daher von der unterschiedlichen Erfassung der Linienpolygone durch die Abschnittslänge herrühren und durch die Einbeziehung von Ein- und Ausfahrten bei Bundesfern-, Land- und Kreisstraßen in unserer Analyse, die zu etwas größeren Längen dieser Straßentypen geführt haben. Insgesamt sind die Auswertungen in dieser Studie wie oben dargestellt jedoch genauer als die BMVI/BMDV-Daten.

3.2.1.2 Ergebnisse für die Straßen in kommunaler Baulast

Die Gesamtlänge der Straßen in kommunaler Straßenbaulast liegt den aktuellen Auswertungen zufolge bundesweit bei rund 573.000 km. Anders als bei den überörtlichen Straßen ergibt die Validitätsprüfung der Ergebnisse anhand älterer Vergleichsquellen eine Abweichung. Aufbauend auf den Zahlen der letzten Erhebung aus dem Jahr 2013, in der 705.357 km Länge für das Straßennetz in kommunaler Straßenbaulast festgestellt wurden (Arndt et al., 2015), S. 53), ist man mittlerweile von einem inzwischen längeren Straßennetz in kommunaler Straßenbaulast ausgegangen.

Mit dem Ergebnis einer Straßenlänge von 573.000 km wird die alte Analyse um rund 130.000 km unterschritten. Dies führte zu einer erneuten Prüfung der Datenquellen. Als Schlussfolgerung kann ein wesentlicher Schritt in der Datenaufbereitung für die Begründung einer geringeren Gesamtlänge der Straßen in kommunaler Straßenbaulast herangezogen werden.

Nach der Aufbereitung der Daten der DLM250 wurde festgestellt, dass diese nur überörtliche Gemeindestraßen mit einer Straßenbreite größer als 5 m erfasst. Daraufhin erfolgte eine Ergänzung der Straßendaten mithilfe der Open-Street-Map. Um auch innerörtliche Straßen analysieren zu können, wurden aus dem Open-Street-Map-Datensatz alle Straßen mit fclass="residential" und fclass="living_street" herausgezogen. Bei dieser Klassifizierung handelt es sich eindeutig um Straßen, die in der Obhut der Gemeinde liegen.

Im Hinblick auf die Ergebnisse der Straßen in kommunaler Straßenbaulast zeigt sich hier jedoch eine Schwachstelle der herangezogenen Daten. Der Ursprungsdatensatz „roads“ aus OSM verfügt über insgesamt 27 keys. Zwei davon sind die verwendeten keys „living_street“ und „residential“. Es bleiben daraufhin noch 25 weitere keys.

Alle keys, die eindeutig in die Kategorie „Wege und Pfade“ fallen, wurden bei der Analyse von Beginn an ausgeschlossen. Diese keys sind eindeutig nicht Straßen zuzuordnen. Das sind unter anderem Fuß- und Fahrradwege, Pfade, Reit- und Wanderwege. Hinzu kommen hier auch die nicht weiter betrachteten Feld- und Forstwirtschaftswege („track“). Diese keys in unterschiedlicher Abstufung ihrer Bodenbeschaffenheit (1-5) beschreiben jegliche Feldwege, landwirtschaftlichen Wege, Waldwege und forstwirtschaftlich genutzten Wege. In ihnen könnten sich vermutlich auch Gemeindestraßen befinden, jedoch ist dies durch die Klassifizierung der OSM nicht eindeutig, da diese kein Attribut besitzt, das eine Zuordnung der Wege als Gemeindestraße, mit Widmung und Straßenbaulast verfügt. Die meisten Wege sind zudem nicht-asphaltierte Feldwege. Sie wurden daher bei der Analyse nicht berücksichtigt.

Alle keys, die sich auf das Straßennetz beziehen, wurden detaillierter betrachtet. Hierbei fiel auf, dass die Klassifizierung der Straßen in OSM nicht der festgesetzten bundesweiten Klassifizierung, sondern einer Klassifizierung nach Bedeutungsgrad der Straße folgt.

„Bei der Unterscheidung zwischen den Attributen highway=primary, highway=secondary und highway=tertiary insbesondere sind die Verwaltungsklassen Bundesstraße, Landes-/Staatsstraße und Kreisstraße nur eine Richtschnur! Hier geht es um die jeweilige Verkehrsbedeutung [...]. Die Verwaltungsklassen werden über Relationen referenziert.“
(OSM 2021)

Tab. 8: Auflistung der keys im OSM-Datensatz ‚roads‘

Keys	Übersetzung
bridleway	Reitweg
pedestrian	Fußgängerzone
footway	Fußweg
cycleway	Fahrradweg
Path	Pfad (Mehrzweck oder ohne spezifische Verwendung, nicht offen für motorisierte Fahrzeuge)
Track (1-5)	Feld- und Waldwege
motorway	Autobahn
Trunk	Schnellstraße
primary/primary link	In Relation: Bundesstraße
secondary/secondary link	In Relation: Landesstraße
tertiary/tertiary link	In Relation: Kreisstraße
residential	In Relation: Gemeindestraße
living street	In Relation: Gemeindestraße
service	Zufahrtswege (driveway), Straße durch Industriegebiete
unclassified	„Umklassifiziert“ bedeutet nicht eindeutig klassifiziert (Definition „umklassifiziert“: siehe unten!)
unknown	Unbekannter Weg/Unbekannte Straße
Die Klassifizierung in OSM verläuft nach Relation. Die Übersetzung in die deutsche Klassifizierung dient nur als Richtschnur.	

Da mit dem Datensatz der DLM schon überörtliche Straßen erfasst und die Daten der Bundesfernstraßen, Landesstraßen und Kreisstraßen in der DLM-Dokumentation als vollständig angegeben wurden, wurden die Kategorien

highway, trunk, secondary und tertiary aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen. Es kann jedoch vorkommen, dass sich in der Kategorie „tertiary“ aufgrund der schwammigen Definition nach Bedeutungsgrad der Straße nicht nur Kreisstraßen befinden, sondern auch Gemeindestraßen. Hier sind die Definition und Abstufung der Straßenklassen nicht eindeutig.

Eine besondere Kategorie, die höchstwahrscheinlich in die Kategorie einer „Gemeindestraße“ fällt, sind die „unclassified“. Dieser key wird definiert als „nicht unbedingt klassifiziert“ bzw. als „könnte eine sehr gering bedeutsame „tertiary“-Straße sein“ (OSM 2021:Key:highway). Das bedeutet, in unclassified könnten sowohl kleinere Gemeindestraßen als auch undefinierte Straßen enthalten sein. Zu Beginn der Analyse war diese Definition der keys zu unsicher, da eine Überzeichnung der Daten verhindert werden sollte, da es sein könnte, dass sich Privatstraßen in diesem key befinden.

Mit den Ergebnissen der Straßen in kommunaler Baulast könnte es jetzt jedoch zu einem „Unterzeichnen“ der Gemeindestraßen gekommen sein. Die Tab. 9 gibt einen Überblick über die Straßenlängen des keys „unclassified“ in km.

Tab. 9: Darstellung der Straßenlänge des keys „unclassified“ nach Bundesland.

Keys	Übersetzung
bridleway	Reitweg
pedestrian	Fußgängerzone
footway	Fußweg
cycleway	Fahrradweg
Path	Pfad (Mehrzweck oder ohne spezifische Verwendung, nicht offen für motorisierte Fahrzeuge)
Track (1-5)	Feld- und Waldwege
motorway	Autobahn
Trunk	Schnellstraße
primary/primary link	In Relation: Bundesstraße
secondary/secondary link	In Relation: Landesstraße
tertiary/tertiary link	In Relation: Kreisstraße
residential	In Relation: Gemeindestraße
living street	In Relation: Gemeindestraße
service	Zufahrtswege (driveway), Straße durch Industriegebiete
unclassified	„Umklassifiziert“ bedeutet nicht eindeutig klassifiziert (Definition „umklassifiziert“: siehe unten!)
unknown	Unbekannter Weg/Unbekannte Straße
Die Klassifizierung in OSM verläuft nach Relation. Die Übersetzung in die deutsche Klassifizierung dient nur als Richtschnur.	

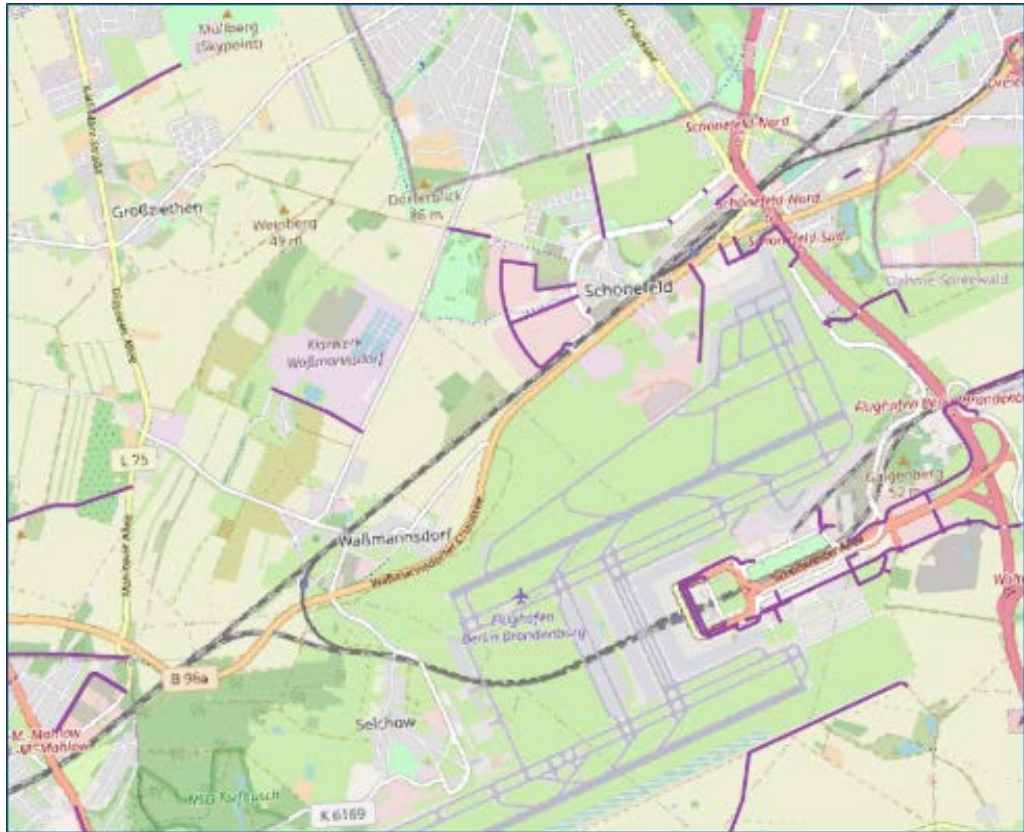
In Bundesländern wie Niedersachsen ist der key sehr umfangreich. Gerade in Niedersachsen lässt sich vermuten, dass die Klassifikation des keys „unclassified“ unklar ist, da gerade im Westen des Bundeslandes sehr viele Strecken in diesem key klassifiziert wurden, während es im Osten kaum „unclassified“-Straßen gibt.

Zudem ist die Trennung des keys zu „service“ als vermutliche Zufahrtsstraßen und Straßen in Industriegebieten nicht eindeutig. Hier könnten sich wie bei „unclassified“ Privatstraßen wie auch Gemeindestraßen verstecken. Da der Gesamtumfang dieses keys aber größer ist als die Länge der explizit erfassten Gemeindestraßen selbst, wurde „service“ nicht weiter betrachtet.

Um ein Beispiel zu geben: In Brandenburg sind Straßen „service“ in einer Länge von 11.987 km vorhanden. Im Vergleich: Die „unclassified“ machen in

Brandenburg 5.781 km aus. Beide keys bergen ein großes Risiko, Straßen als Gemeindestraßen zu klassifizieren, obwohl sie keine sind. Eine eindeutige Zuordnung einer Straße zur relevanten Klasse ließe sich lediglich über die Widmung erreichen.

Abb. 6: Screenshot der „unclassified“-Straßen (lila) im südlichen Berliner Umland. Einige Straßen verlaufen auf privaten oder halböffentlichen Gebieten (Klärwerk, Flughafen). Eine eindeutige Zuordnung der Baulast lässt sich nicht vornehmen



Quelle: Bildschirmfoto von QG

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass der zusätzliche key „unclassified“ vermutlich nur zu einer geringeren Überschreitung der tatsächlichen Netzlänge kommunaler Straßen führt als die Berücksichtigung der anderen keys wie „service“ und „tertiary“. Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Straßen in kommunaler Straßenbaulast müssen diese Aspekte der Datengrundlage, wie die Klassifikation von Straßen in der Open-Street-Map und die Argumentation, keys aufgrund einer zu hohen Unsicherheit nicht einzubinden, berücksichtigt werden. Ein Hinzufügen von weiteren keys hätte die Grundaussage der Zahlen stark geschwächt. Auf der Grundlage der verwendeten Daten lässt sich eine sicherere Analyse der kommunalen Straßenbaulast vornehmen. Im Ergebnis ergeben sich folgende Werte für die Straßen in kommunaler Baulast (vgl. Tab. 10).

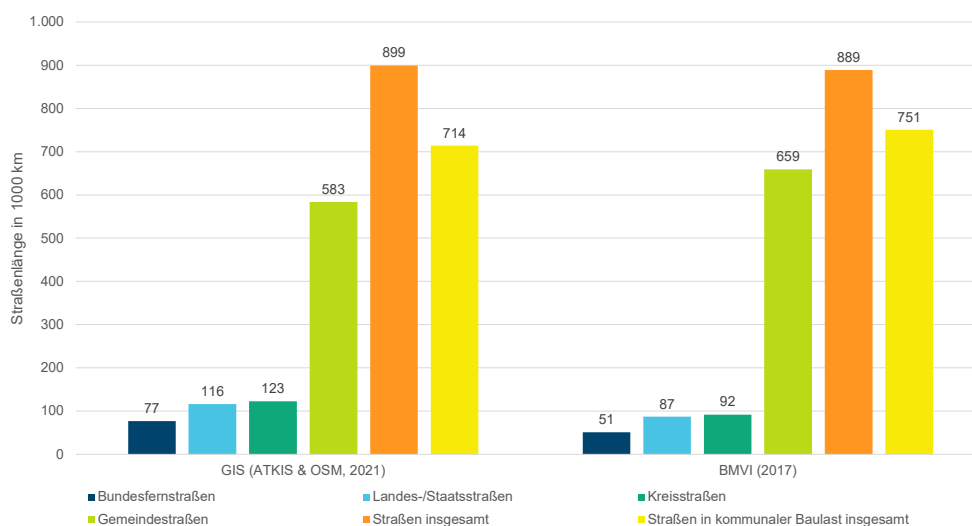
Tab. 10: Straßen in kommunaler Baulast

Flächenländer	Straßen in kommunaler Straßenbaulast im engeren Sinne	Länge der „unclassified“-Straßen (km)	Straßen in kommunaler Straßenbaulast gesamt
Brandenburg	22.700	5.797	28.497
Mecklenburg-Vorpommern	20.641	5.606	26.247
Sachsen	29.890	4.549	34.439
Sachsen-Anhalt	19.703	2.730	22.433
Thüringen	16.153	2.455	18.608
Niedersachsen	77.938	21.911	99.849
Schleswig-Holstein	23.446	9.987	33.433

Hessen	33.665	3.230	36.895
Nordrhein-Westfalen	81.989	25.656	107.645
Rheinland-Pfalz	33.986	2.890	36.876
Saarland	6.615	542	7.157
Baden-Württemberg	71.052	15.259	86.311
Bayern	123.546	38.861	162.407
GESAMT Flächenländer	561.325	139.473	700.798
Stadtstaaten			0
Berlin	5.936	156	6.092
Hamburg	4.035	409	4.444
Bremen	2.069	438	2.507
GESAMT Stadtstaaten	12.040	1.003	13.043
GESAMT Deutschland	573.365	140.476	713.841

In der Abb. 7 sind die Straßentypen nach Baulastträgern grafisch gegenübergestellt. Links stehen die Ergebnisse der vorliegenden Studie und rechts die Zahlen des Bundesverkehrsministeriums. (Das Jahr 2017 wurde für die Zahlen des Bundesverkehrsministeriums gewählt, da in jenem Jahr letztmalig eine grobe Abschätzung der Länge der Gemeindestraßen erfolgte) (Bundesministerium für Digitales und Verkehr [BMDV], 2022). Die in der Abb. 7 dargestellten Straßen in kommunaler Baulast ergeben sich aus Gemeindestraßen zzgl. der Teile der anderen Straßentypen, die in der Baulast von Kommunen liegen.

Abb. 7: Auswertungen der GIS-Datenbanken zu den Verkehrsnetzen und Vergleich mit Daten des BMDV



Quelle: Eigene Darstellung

Die Diskrepanz zwischen den Daten der Auswertung der überörtlichen Straßen des BMDV und der ATKIS ergibt sich aus der unterschiedlichen Erfassung der Linienpolygone durch die Abschnittslänge und durch die Einbeziehung von Ein- und Ausfahrten bei Bundesfern-, Land- und Kreisstraßen in

unserer Analyse, die zu einer größeren Länge dieser Straßentypen geführt haben.

Die Diskrepanz zwischen den Daten der Auswertung der Gemeindestraßen des BMDV und der ATKIS ergibt sich aus der Nutzung der Daten des Navigationsdienstes HERE, Stand 2. Quartal 2017. Enthalten sind Gemeindestraßen und sonstige für Pkw oder Lkw befahrbare Strecken, somit auch Privatstraßen, Wirtschaftswege usw., die nicht in öffentlicher Baulast liegen.

3.2.1.3 Tunnel und Brücken in kommunaler Straßenbaulast

Die Datenquellen der Tunnel und Brücken basieren auf den OSM-Daten. Die Zuweisung der Baulast wurde mithilfe der kommunalen Straßen durchgeführt. Aufgelistet sind die Straßentunnel und Straßenbrücken. Andere Brücken und Tunnel wie für Fußgänger*innen, Radfahrer*innen oder Wildwechsel wurden nicht erfasst (siehe hierzu das Kapitel zur Datenaufbereitung). Mögliche Verzerrungen sind im Kap. 3 3.1.4 erläutert.

Tab. 11: Ergebnisse für die Tunnel und Brücken in kommunaler Baulast

Bundesland	Länge der Straßentunnel (km)	Länge der Straßenbrücken (km)
Berlin ¹³	22	33
Brandenburg	16	80
Mecklenburg-Vorpommern	10	56
Sachsen	104	307
Sachsen-Anhalt	19	111
Thüringen	337	155
Niedersachsen	62	445
Hamburg	73	65
Bremen	13	26
Schleswig-Holstein	32	87
Hessen	56	244
Nordrhein-Westfalen	112	708
Rheinland-Pfalz	34	219
Saarland	9	83
Baden-Württemberg	206	396
Bayern	252	593
Deutschland	1.357	3.608

3.2.1.4 Fuß- und Fahrradwege

Die Datenquellen der Fuß- und Fahrradwege wurden im Kapitel zur Datenbeschaffung erläutert und basieren auf OSM-Daten. Die Zuweisung der Baulast wurde mithilfe der kommunalen Straßen durchgeführt. Aufgelistet in dieser Tabelle sind alle Fuß- und Fahrradwege, unabhängig von ihrer Straßenbaulast. Mögliche Verzerrungen sind im Kap. 3 3.1.4 erläutert.

Der teilweise signifikante Unterschied der Gesamtlänge zwischen Fuß- und Fahrradwegen zwischen den Bundesländern kann mit großer Wahrscheinlichkeit damit begründet werden, dass bei Berechnung der Gesamtlänge der Fahrradwege durch die Nutzung des OSM-Keys „Route_bicycle“ auch eine wesentliche Anzahl von Feld- und Waldwegen berücksichtigt wurden. Bei der

¹³ Berlin: Brücken und Tunnel in der Straßenbaulast des Stadtstaats (ohne Stadtbezirke).

Kalkulation der Länge von Fußwegen wurden vergleichbare Wander- und Lauftrouten sowie Spazierwege hingegen nicht betrachtet.

Tab. 12: Ergebnistabelle für die Fuß- und Fahrradwege in kommunaler Baulast

Bundesland	Länge der Fußwege (km)	Länge der Radwege (km)
Berlin ¹⁴	5.523	1.218
Brandenburg	5.001	23.120
Mecklenburg-Vorpommern	3.410	8.450
Sachsen	6.547	13.109
Sachsen-Anhalt	2.972	6.745
Thüringen	2.818	6.769
Niedersachsen	11.645	56.615
Hamburg*	3.753	1.168
Bremen	837	1.209
Schleswig-Holstein	4.009	15.671
Hessen	6.732	27.552
Nordrhein-Westfalen	21.651	82.214
Rheinland-Pfalz	3.866	24.991
Saarland	856	1.906
Baden-Württemberg	13.622	53.379
Bayern	15.952	73.177
Deutschland	109.1944	397.2933

3.2.1.5 Öffentlicher Personennahverkehr

Die Datenquellen für den öffentlichen Personennahverkehr sind im Kap. 3.1.1 erläutert. Sie basieren auf OSM-Daten. Aufgelistet in dieser Tabelle sind alle Bestandteile der Analyse: die Länge der Straßenbahn-, U-Bahn- und Bahngleise und die Anzahl der Haltepunkte. Zum Schluss kommen noch die Ergebnisse der Analyse der Bushaltestellen und die Länge der Busspuren. Mögliche Verzerrungen sind im Methodenbericht zur GIS-Datenbankauswertung für den Umfang von Verkehrsnetzen beschrieben.

U-Bahn-Netze

Die Längen der U-Bahn-Netze basieren auf der Auswertung der OSM-Datenbank. Die Ergebnisse für die Länge der U-Bahn-Gleise und die Anzahl der U-Bahn-Haltepunkte nach Bundesländern getrennt finden sich in Tab. 13. Anzumerken ist hier, dass die Werte für die Netzlänge die der Gleise nicht der Strecken darstellen. Da die U-Bahn-Strecken meist zweigleisig sind, ist die Streckenlänge mindestens halb so groß. Abzuziehen sind außerdem noch Bereiche von Abstellanlagen und Betriebshöfe, so dass die Angaben ca. das Zweifache bis Zweieinhalbfache der Streckennetzlängen darstellen. Als Beispiel sei die U-Bahn Berlin benannt: 374 km Gleislänge nach OSM; 155,4 km Streckenlänge.¹⁵

Daten zu den Strecken sind in den GIS-Datenbanken nicht enthalten. Dafür wurde in dieser Studie während der Befragung der Verkehrsunternehmen

¹⁴ Berlin: Fuß- und Fahrradwege insgesamt (Straßenbaulast bei den Stadtbezirken oder dem Stadtstaat).

¹⁵ BVG-Webseite: <https://unternehmen.bvg.de/profil>

eine zusätzliche Befragung der U-Bahn-Betreiber durchgeführt mit einer Vollerhebung der Streckenlänge ihrer Netze (vgl. dazu Kap. 4.2).

Tab. 13: Ergebnistabelle für die U-Bahnstationen und -gleise

Bundesland	Anzahl d. U-Bahn-Haltepunkte	Länge der U-Bahn-Gleise (km)
Berlin	182	374
Brandenburg	0	0
Mecklenburg-Vorpommern	0	0
Sachsen	0	0
Sachsen-Anhalt	0	0
Thüringen	0	0
Niedersachsen	0	0
Hamburg	89	237
Bremen	0	0
Schleswig-Holstein	8	21
Hessen	0	0
Nordrhein-Westfalen	0	0
Rheinland-Pfalz	0	0
Saarland	0	0
Baden-Württemberg	0	0
Bayern	143	272
Deutschland	422	904

Eisenbahngleise und -haltstellen

Ebenfalls aus der OSM-Datenbank wurden die Daten zum Eisenbahnnetz ausgewertet. Auch hier ist zu bemerken, dass die Gleislängen nicht den Streckenlängen entsprechen. Einige Strecken sind zweigleisig. Die amtliche Länge des Eisenbahn(strecken)netzes beträgt 38.400 km im Jahr 2022.¹⁶ Die Ergebnisse für die Länge der Eisenbahngleise und die Anzahl der Haltepunkte nach Bundesländern getrennt finden sich in Tab. 14.

¹⁶ <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/infrastruktur/schienennetz>

Tab. 14: Ergebnisse für die Eisenbahnhaltestellen und -gleise

Bundesland	Anzahl d. Eisenbahn- Haltepunkte	Haltepunkt- dichte je km ²	Länge der Eisenbahn- gleise (km)
Berlin	201	0,23	376
Brandenburg	539	0,02	3.270
Mecklenburg-Vorpommern	302	0,01	1.853
Sachsen	727	0,04	2.916
Sachsen-Anhalt	526	0,03	2.771
Thüringen	429	0,03	1.966
Niedersachsen	784	0,02	5.000
Hamburg	88	0,12	258
Bremen	34	0,08	188
Schleswig-Holstein	243	0,02	1.514
Hessen	611	0,03	2.707
Nordrhein-Westfalen	1.208	0,04	5.282
Rheinland-Pfalz	548	0,03	2.296
Saarland	125	0,05	424
Baden-Württemberg	1.216	0,03	4.273
Bayern	1.292	0,02	6.270
Deutschland	8.873	--	41.364

Straßenbahnhaltestellen und -gleise

Die Daten zum Straßenbahnnetz basieren auf der Auswertung der OSM-Datenbank. Die Ergebnisse für die Länge der Straßenbahngleise und die Anzahl der Haltestellen nach Bundesländern getrennt finden sich in Tab. 15. Außerdem wurden die unterirdischen Straßenbahngleise ausgewertet. Auch hier ist wieder zu bemerken, dass die Gleislängen nicht den Streckenlängen entsprechen. Einige Strecken sind zweigleisig. Die amtliche Länge des Straßenbahn(strecken)netzes beträgt 3.694 km (2003) (BMDV, 2022). Seit 2003 wurden keine amtlichen Daten mehr separat für Straßenbahnnetze erhoben.

Tab. 15: Ergebnisse für die Eisenbahnhaltestellen und -gleise

Bundesland	Anzahl der Straßenbahn- haltestellen	Straßenbahnhal- testellendichte je km ²	Länge der Straßen- bahngleise (km)	Davon „unterir- dische“ ¹⁷ Stra- ßenbahngleise (km)
Berlin	821	0,92	423	0,1
Brandenburg	442	0,01	228	1,2
Mecklenburg-Vorpommern	213	0,01	126	0,9
Sachsen	1.635	0,09	769	0,1
Sachsen-Anhalt	713	0,03	356	8,4
Thüringen	436	0,03	244	0,2
Niedersachsen	579	0,01	380	35,0
Hamburg	0	0,00	0	0

¹⁷ OSM gibt hier das Attribut „Tunnel“ an – das bedeutet nicht zwangsläufig eine unterirdische Streckenführung, sondern die Führung der Strecke durch einen Tunnel. Das kann damit auch ein oberirdischer Tunnel sein wie z.B. unter dem Bahnhof Friedrichstraße in Berlin.

Bremen	168	0,40	171	0,2
Schleswig-Holstein	0	0,00	0	0
Hessen	733	0,03	481	51,7
Nordrhein-Westfalen	2.325	0,06	1.728	279,7
Rheinland-Pfalz	210	0,01	121	4,0
Saarland	43	0,02	47	0,5
Baden-Württemberg	1.143	0,03	830	66,1
Bayern	625	0,01	416	2,8
Deutschland	10.086		6.3200	451,0

Busspuren und -haltestellen

Daten zu den Längen der Busspuren sind in der ATKIS nur rudimentär enthalten. Die Ergebnisse zeigt Tab. 16.

Tab. 16: Ergebnisse für die Busspuren und -haltestellen

Bundesland	Anzahl d. Bushaltestellen	Bushaltestellendichte je km ²	Länge der Busspuren (m)
Berlin	6.157	6,9	2.175
Brandenburg	12.285	0,4	0
Mecklenburg-Vorpommern	9.173	0,4	1.744
Sachsen	21.183	1,1	231
Sachsen-Anhalt	7.845	0,4	66
Thüringen	8.650	0,5	810
Niedersachsen	39.534	0,8	913
Hamburg	4.223	5,6	273
Bremen	1.467	2,6	0
Schleswig-Holstein	15.604	1,0	0
Hessen	23.980	1,1	3.195
Nordrhein-Westfalen	80.400	2,4	6.363
Rheinland-Pfalz	15.481	0,8	535
Saarland	6.104	2,4	205
Baden-Württemberg	41.416	1,2	1.563
Bayern	52.564	0,7	2.030
Deutschland	346.066	0,97	20.103

Oberleitungsbusse

In ATKIS wurden keine Daten zu Oberleitungsbussen erhoben. Die drei Oberleitungsbusnetze in Deutschland wurden deshalb direkt von den betreibenden Unternehmen erhoben.

Tab. 17: Ergebnisse für die Oberleitungsbus-spuren und -haltestellen.

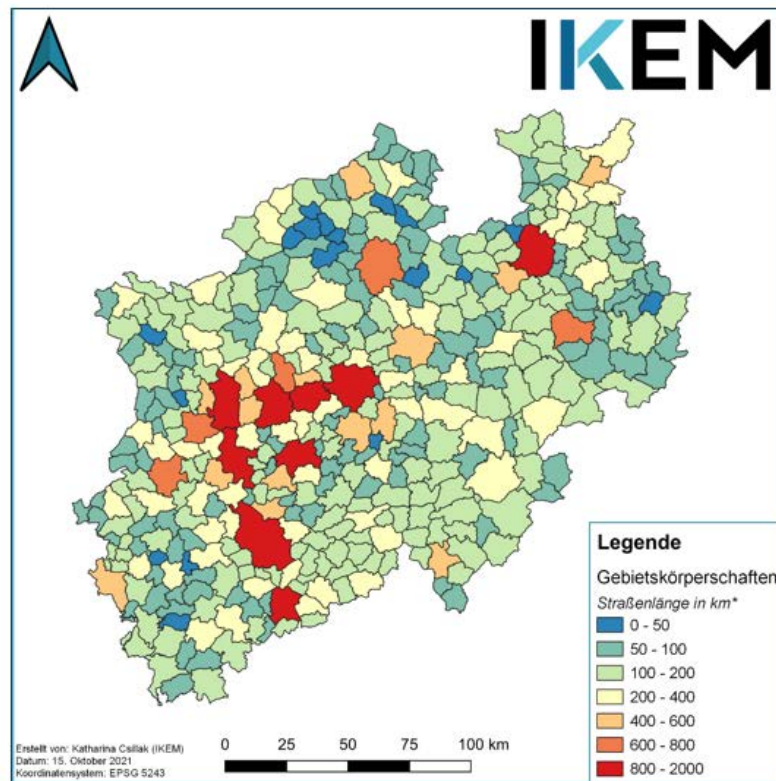
Bundesland	Anzahl der Oberleitungsbus-Haltestellen	Länge der Oberleitungsbus-Strecken (km)	Fahrleitungslänge (km)
Brandenburg	38	15,0	37,2
Nordrhein-Westfalen	508	56,6	98,7
Baden-Württemberg	33	15,2	29,0
Deutschland	579	86,8	164,9

3.2.2 Übersicht zu den Ländersteckbriefen

Ein wichtiges Element für die Übersicht der Ergebnisse pro Bundesland stellen die Ländersteckbriefe dar. Pro Bundesland sind vom Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. eine Karte und eine Ergebnistabelle erstellt worden.

Abb. 8: Beispiel Ländersteckbrief

Ländersteckbrief Nordrhein-Westfalen (Straßenlänge pro Einwohner)



Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
NRW		71.086	112	708	82.214	21.651
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
	5.282	1.728	0	6.363		
	Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS		
	1.208	2.325	0	80.400		

* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Quelle: Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V.

Die Karte im oberen Teil des Ländersteckbriefs verdeutlicht die Länge des Straßennetzes in der Baulast der Gemeinde in Relation zur Einwohnerzahl der Gemeinde. Je dunkler die Gemeinde dargestellt wird, desto höher ist die Straßendichte bezogen auf die Einwohnerinnen und Einwohner. Hierfür wurde die Straßenlänge der Gemeinde durch die Einwohnerzahl geteilt. Nur wenige Ausreißer sind größer als 35. Die Skalierung der Straßendichte für die Abbildung der Gemeinden wurde daher so gewählt, wie im Beispiel von Nordrhein-Westfalen (siehe Abb. 8) erkennbar. Es lassen sich nun schnelle Rückschlüsse auf die Länge des Straßennetzes in Bezug auf die Anzahl der Einwohner ziehen, die dann wiederum in einen Zusammenhang mit anderen Parametern, z.B. den Einnahmen aus Steuergeldern, gestellt werden könnten.

Die Ergebnistabelle in der zweiten Hälfte des Ländersteckbriefs ist eine Zusammenfassung der Ergebnistabellen für die Straßennetze und ÖPNV-Netze pro Bundesland. Hier werden in der ersten Zeile der Tabelle die Straßen, Straßentunnel und -brücken, Radwege und Fußwege nach Länge aufgeschlüsselt, in der zweiten Zeile die Länge der Bahn-, Straßenbahn- und U-Bahn-Gleise sowie die Länge der Busspuren. Alle Längenangaben der ersten zwei Spalten sind in Kilometern angegeben. Nur die Busspuren werden aufgrund ihrer geringeren Größe in Metern dargestellt. In der letzten Zeile werden noch die Anzahl der Bahnhöfe, Straßenbahn- und Bushaltestellen sowie der U-Bahn-Haltestellen aufgelistet. Beachtet werden sollten die Fußnoten der Tabelle, da sie erneut verdeutlichen, dass nur die Länge der Straßen in kommunaler Straßenbaulast sowie die Länge der Brücken und Tunnel in der Straßenbaulast der Gemeinde angegeben sind. Alle anderen Angaben beziehen sich auf die gesamten Werte des Bundeslandes. Alle 16 Ländersteckbriefe sind im Anhang A.2 hinterlegt.

3.3 Umfang kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen

In der Studie wurde der Umfang der Verkehrsinfrastruktur erfasst. Dabei lag der Fokus auf die kommunale Verkehrsinfrastruktur (Straßen- und ÖPNV-Netze). Für die Erfassung des Netzumfanges wurden vor allem die ATKIS-Datenbank und die Open Street Map ausgewertet. Ergänzend wurden weitere Datenbanken herangezogen und Erhebungen für einige spezielle Teile der Verkehrsinfrastruktur wie die U-Bahn-Netze durchgeführt. Die Datenauswertung ergaben folgenden Umfänge der wichtigsten Netzelemente der kommunalen Verkehrsinfrastruktur:

- Der Umfang für die kommunalen Straßen beträgt knapp 714.000 km.
- Die Länge der Straßenbrücken in kommunaler Baulast beträgt rund 3.600 km und die der Straßentunnel knapp 1.400 km.
- Für die U-Bahn- und Straßenbahn-Netze konnte nur die Länge der Gleise nicht der Strecken (mit teilweise mehrgleisigen Abschnitten) aus den Datenbanken erfasst werden.
- Die Länge der U-Bahn-Gleise beträgt rund 900 km
- Die Länge der Straßenbahnen beträgt 6.320 km, davon 451 km Gleise unterirdisch.

4. Untersuchung des baulichen Zustands des kommunalen Straßennetzes (AP2) und der ÖPNV-Netze (AP3)

Bisher gab es zusammenfassende Abschätzungen des baulichen Zustandes nur für Bundesfernstraßen und für einige Landesstraßennetze. Im AP2 wurde eine Kommunalbefragung von kommunalen Tiefbauämtern der kreisangehörigen und -freien Städte sowie der Kreise durchgeführt. Damit wurden Daten für Hochrechnung auf die Gesamtheit des kommunalen Straßennetzes (AP1, Kap. 3) erhoben.

Neben den Straßen selbst wurden in die Erhebung auch die weiteren Bestandteile des kommunalen Straßennetzes, insbesondere Rad- und Gehwege, einbezogen.

Besonderes Erkenntnisinteresse gilt darüber hinaus den Straßenbrücken und Straßentunneln. Deren Errichtung und gegebenenfalls späterer Ersatz ist im Vergleich zu anderen Netzbestandteilen, und bezogen auf einzelne Maßnahmen, mit in der Regel besonders hohen Investitionen verbunden. Die Brücken und Tunnel stellen die kommunalen Akteure damit beim Erhalt und bei der Sanierung vor große Herausforderungen.

Zu einem nachhaltigen Verkehrssystem gehören darüber hinaus die Einrichtungen des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Auch zu diesem Bereich wurden die Kommunen befragt.

Außerdem wurden Daten direkt bei den für das ÖPNV-Angebot zuständigen Verkehrsunternehmen erhoben (VU-Umfrage, AP3). Hierbei wurden alle Verkehrsunternehmen in Deutschland, die über ÖPNV-Infrastruktur verfügen, angeschrieben (VDV und BDO-Mitglieder). Es handelt sich so um eine Vollerhebung. Des Weiteren wurden insbesondere die U-Bahn-Unternehmen angeschrieben, um eine Rücklaufquote von 100 % zu erzielen, was gelang. Die Ergebnisse der Befragungen der Verkehrsunternehmen sind in Kap. 4.2 dargestellt.

Abb. 9: Inhaltsbereiche der Befragungen der Kommunen und der Verkehrsunternehmen

Kommunalbefragung	Befragung der Verkehrsunternehmen
<ul style="list-style-type: none"> • Straßennetze • Straßenbrücken und -tunnel • ÖPNV-Netze • Finanzsituation der Kommunen 	<ul style="list-style-type: none"> • ÖPNV-Strecken • Zugangsstellen, Depots • Energieversorgung, Signale, Ingenieurbauwerke • Finanzsituation der Verkehrsunternehmen

4.1 Kommunalumfrage zum Zustand der kommunalen Verkehrsnetze

In der Studie wurde durch eine stichprobenbasierte Befragung der Kommunen und einer Vollerhebung der Verkehrsunternehmen der bauliche Zustand der verschiedenen Verkehrsinfrastrukturen ermittelt. Die Ergebnisse der Kommunalbefragung sind im Weiteren hier dargestellt.

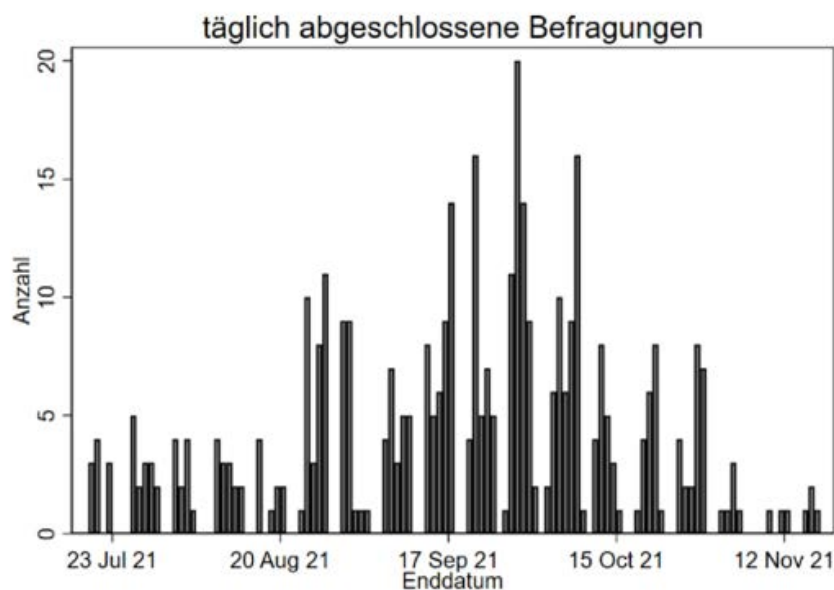
Der Fragebogen umfasste 15 Fragen in vier Bereichen (vgl. Anhang A.3). Die Befragung wurde als Online-Befragung durchgeführt mit Einladung per E-Mail an eine geschichtete Auswahlstichprobe über Gemeindegrößenklassen

und Regionen (vgl. Tab. 20). Die Befragung lief fünf Monate vom 7.7.2021 bis 7.12.2021 mit vier Erinnerungen per E-Mail.

4.1.1 Rücklauf und Repräsentativität der Daten

Insgesamt haben sich 398 Kommunen an der Befragung beteiligt – und damit deutlich weniger als für die Erhebung ursprünglich angestrebt. Die Anzahl der erfassten Kommunen entspricht einer Rücklaufquote von 16 %. Unter Berücksichtigung der besonderen Rahmenbedingungen des Jahres 2021 (COVID-Pandemie) sowie des hohen inhaltlichen Anspruchs der Befragung und des damit verbundenen Zeitaufwands ist dies ein akzeptables Ergebnis. Die Bearbeitung der Fragebögen durch die Kommunen erfolgte zum größten Teil im September und Oktober 2021 (vgl. Abb. 10).

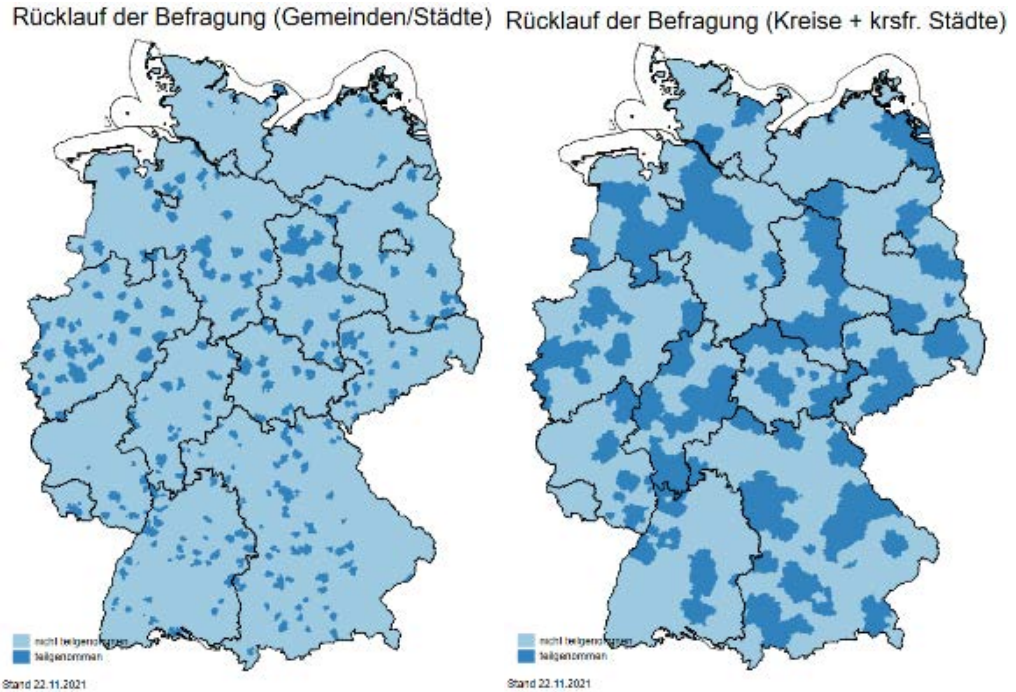
Abb. 10: Zeitlicher Verlauf der Antworten in der Kommunalumfrage zur Verkehrsinfrastruktur



Quelle: Eigene Darstellung

Das Gebiet Deutschlands wird recht gut mit den auswertbaren Fragebögen abgedeckt, wie in Abb. 11 zu sehen ist. Die ausgewerteten Fragebögen der Kommunalumfrage repräsentieren 15 % der Bevölkerung von Städten und Gemeinden und 31 % der Bevölkerung von (Land-)Kreisen. Bei der Fläche werden 7 % der Städte und Gemeinden und 30 % der (Land-)Kreise abgedeckt.

Abb. 11: Flächenmäßige Abdeckung des Rücklaufs in der Kommunalbefragung



Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 18: Stichproben und Rücklauf pro Gemeindegrößenklassen

Gemeindegrößenklassen	Städte und Gemeinden in der Bruttostichprobe	Teilnehmende Städte und Gemeinden (Nettostichprobe)	Rücklaufquote
Unter 5.000 Einwohner	0	39	---
5.000 bis unter 20.000 Ew.	1.497	160	11%
20.000 bis unter 50.000 Ew.	504	59	12%
Mehr als 50.000 Einwohner	185	47	25%
Landkreise	294	93	32%
Stadtstaaten	3	0	0
Insgesamt	2.484	398	16%

Wie bei Kommunalbefragungen üblich, ist die Rücklaufquote bei größeren Kommunen höher als bei kleinen. Zudem wurde eine geschichtete Stichprobe angeschrieben (Vollerhebung bei > 50.000 EW, Stichprobe bei den kleineren Städten und Gemeinden). Große Kommunen sind daher überproportional oft in den ausgewerteten Daten enthalten.

Innerhalb der einzelnen Größenklassen (die später bspw. zur Differenzierung der Ergebnisse verwendet werden) weichen die teilnehmenden Kommunen jedoch in Bezug auf wichtige Strukturmerkmale auf dem 5 %-Signifikanzniveau nicht signifikant von der Grundgesamtheit der jeweiligen Größenklasse ab (d.h. p-Wert ist > 0.05). Die überprüften Strukturmerkmale sind:

- Einwohnerzahl
- Straßenlänge in eigener Baulast je Einwohner
- Steuerkraft (Steuereinnahmen je Einwohner)

Tab. 19: t-Test für die überprüften Strukturmerkmale pro Gemeindegrößenklasse

Gemeinden	p-Wert (t-Test beidseitig)		
	Bevölkerung	Straßenlänge je EW	Steuerkraft
Unter 2.000 EW	0.534	0.648	0.596
2.000 bis unter 5.000 EW	0.127	0.208	0.269
5.000 bis unter 20.000 EW	0.504	0.967	0.716
20.000 bis unter 50.000 EW	0.099	0.995	0.301
Mehr als 50.000 EW	0.868	0.645	0.445
(Land-)Kreise	0.909	0.729	0.697

Die teilnehmenden Kommunen einer Größenklasse können als repräsentativ für die jeweilige Grundgesamtheit der Größenklasse angesehen werden. Die jeweiligen Fallzahlen in den Größenklassen sind ausreichend, um belastbare Ergebnisse zu generieren.

Die Bundesländer wurden in fünf Regionen zusammengefasst, um so Datensätze mit belastbaren Fallzahlen zu erhalten. Folgende regionale Einteilung (grobe Disaggregation) wurde vorgenommen:

1. **Osten:** Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen
2. **Norden:** Schleswig-Holstein und Niedersachsen
3. **Nordrhein-Westfalen** (als eigenständige Gruppe)
4. **Mitte-West:** Hessen, Rheinland-Pfalz und das Saarland
5. **Süden:** Bayern und Baden-Württemberg

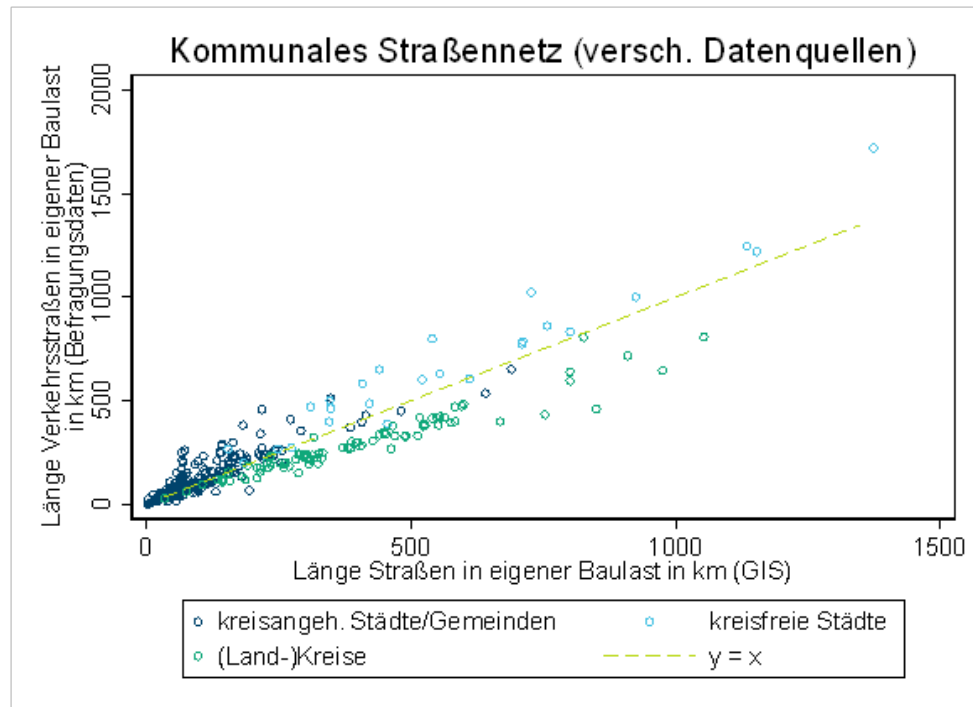
Die Rücklaufquote in der Kommunalumfrage zeigt eine relativ gleichmäßige Verteilung über die Regionen. Es besteht eine für valide statistische Auswertungen ausreichend hohe auswertbare Nettostichprobe pro Region.

Tab. 20: Stichproben und Rücklauf pro Region

Regionen	Städte und Gemeinden in Bruttostichprobe	Teilnehmende Städte und Gemeinden (Nettostichprobe)	Rücklaufquote
Osten	453	104	23%
Norden	379	55	15%
NRW	358	46	13%
Mitte-West	412	53	13%
Süden	878	140	16%
Stadtstaaten	3	0	0%
Insgesamt	2.484	398	16%

Ein weiterer Test der Genauigkeit der Daten ist der Vergleich der Längenangaben zum Straßennetz aus der Befragung mit den Längendaten der teilnehmenden Städte und Gemeinden aus den ausgewerteten GIS-Datenbanken. Dabei ist eine sehr hohe Korrelation zwischen den in der Befragung erhobenen Verkehrsstraßen und den Straßenlängen in den GIS-Datenbanken festzustellen.

Abb. 12: Länge der in der Befragung erhobenen Verkehrsstraßen und Straßenlängen in GIS-Datenbanken der gleichen Städte und Gemeinden (SG) bzw. Kreise (K)



Quelle: Eigene Darstellung

Abweichungen nach unten (insb. bei den Kreisstraßen in Kreisbaulast) ergeben sich dadurch, dass die in der Erhebung als „Sonstige Straßen“ erfassten Straßen hier nicht enthalten sind (sondern nur Verkehrsstraßen). Es liegt damit keine systematische Überschätzung in der Befragung vor.

Die Repräsentativität der Befragungsdaten der Kommunalumfrage ist somit gegeben, so dass übergreifende Aussagen zum kommunalen Verkehrssystem insgesamt möglich sind. Darüber hinaus sind die Daten geeignet, differenziertere Auswertungen für die vorgesehenen Analyseregionen sowie beispielsweise nach Größenklassen der Kommunen vorzunehmen.

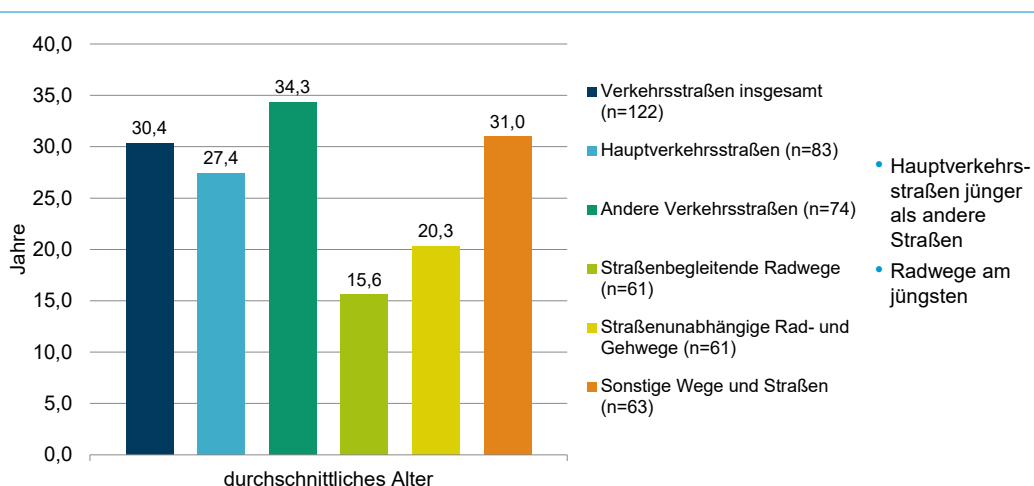
Bei der Umfrage zur ÖPNV-Infrastruktur unter den Verkehrsunternehmen (VU-Umfrage) liegt die Rücklaufquote mit 14 % ähnlich hoch wie bei der Kommunalumfrage, allerdings entspricht dies aufgrund der sehr viel geringeren Grundgesamtheit von 382 Verkehrsunternehmen nur 54 auswertbaren Fragebögen.

4.1.2 Alter der verschiedenen Infrastrukturbestandteile

Das kommunale Straßennetz ist in großen Teilen als überaltert anzusehen. Die zeitliche Nutzungsdauer von Straßen, Wegen und den weiteren Bestandteilen des Verkehrssystems hängt zwar von vielen Faktoren (z.B. bauliche Gestaltung, verwendete Materialien, Nutzungsintensität) ab. Die Vorgaben für die im Rahmen des kommunalen Haushalts- und Rechnungswesens vorzunehmende Bilanzierung geben jedoch eine gute Orientierung. Je nach Bundesland liegen die Annahmen zur wirtschaftlichen Nutzungsdauer von Straßen zwischen 30 und 60 Jahren (vgl. beispielsweise (Nordrhein-Westfalen, 2005)). Mit einem durchschnittlichen Alter der Verkehrsstraßen von insgesamt 30 Jahren ist die untere Grenze dieser Lebensdauer bereits erreicht (vgl. Abb. 13). Das jüngste Alter im Durchschnitt weisen Rad- und Gehwege auf. Bei diesen Teilen des Verkehrssystems wird jedoch auch von einer kürzeren Nutzungsdauer von zehn bis 30 Jahren ausgegangen, aufgrund der

weniger beständigen Oberflächenmaterialien, häufigeren Leitungsarbeiten, Baumwurzelbeschädigungen etc.

Abb. 13:
Durchschnittliches Alter der Bestandteile des kommunalen Straßennetzes



Für die Bedarfsschätzung angenommene übliche Nutzungsdauer bei Straßen/Plätzen: 50 Jahre

Quelle: Eigene Darstellung

Auch nach dem Überschreiten der wirtschaftlichen Nutzungsdauer werden Straßen und Wege in der Regel weiter genutzt. Dies ist solange möglich, wie diese durch Reparaturen und Instandsetzungen in einem vertretbaren Zustand gehalten werden können. Irgendwann ist jedoch eine grundlegende Sanierung erforderlich, die dann zu einer bilanziellen Neubewertung mit entsprechender Nutzungsdauer führt. Bei den kommunalen Straßen ist nach den Ergebnissen der Befragung etwa die Hälfte bereits älter, als es die wirtschaftliche Nutzungsdauer vorgibt (vgl. Tab. 21).

Tab. 21: Mittlerer Anteil der abgeschriebenen Straßenkilometer am Straßennetz

Kategorie	Mittlerer Anteil der abgeschriebenen Straßen (Median)	Fallzahl
Hauptverkehrsstraßen	47 %	(n=59)
Andere Verkehrsstraßen	44 %	(n=50)
Straßenbegleitende Radwege	26 %	(n=41)
Straßenunabhängige Rad- und Gehwege	21 %	(n=28)
Sonstige Wege und Straßen	30 %	(n=39)

Ein hohes durchschnittliches Alter der Infrastrukturbestandteile und ein großer Anteil bereits abgeschriebener, aber weiter genutzter Anlagen weist bereits auf einen erheblichen Erneuerungsbedarf hin.

4.1.3 Exkurs Zustandsnotensystem

Brücken

Die Brückenprüfungen werden nach einem einheitlichen Schema der DIN 1076 jährlich als Sichtprüfung, alle 3 Jahre (kleine Brückenprüfung) und alle 6 Jahre (große Brückenprüfung) vorgenommen. Die Prüfungen dienen zur Feststellung von Schäden, d.h. von Veränderungen des Bauwerks- oder Bauteilzustandes, die zu einer Beeinträchtigung der Standsicherheit (S), der Verkehrssicherheit (V) und/oder der Dauerhaftigkeit (D) führen. Dabei werden 6 Zustandsnotenbereiche unterschieden: 1,0 – 1,4 (sehr guter Zustand), 1,5 – 1,9 (guter Zustand), 2,0 – 2,4 (befriedigender Zustand), 2,5 – 2,9 (ausreichender Zustand), 3,0 – 3,4 (nicht ausreichender Zustand) und 3,5 – 4,0 (ungenügender Zustand). Ein guter Zustand (1,5 – 1,9) heißt z.B.: Die Standsicherheit und Verkehrssicherheit des Bauwerks sind gegeben. Die Dauerhaftigkeit mindestens einer Bauteilgruppe kann beeinträchtigt sein. Die Dauerhaftigkeit des Bauwerks kann langfristig geringfügig beeinträchtigt werden. Eine laufende Unterhaltung ist erforderlich. Die ausführliche Beschreibung der Bewertung ist der RI-EBW-PRÜF¹⁸ zu entnehmen.

Straßen

Für die Bewertung des Zustandes der Straßen existiert keine DIN-Norm. Es wurde aber ein System der Zustandserfassung und -bewertung (ZEB) entwickelt als ein amtlich festgelegtes Untersuchungsverfahren von öffentlichen Straßen zur Ermittlung der Qualität des Straßennetzes und den damit verbundenen Unterhaltskosten. Es wird vom Straßenbaulastträger angewendet und liefert den Gebrauchswert einer Straße. Mittels visueller oder messtechnischer Zustandserfassung werden unter anderem Zustandsmerkmale wie Fahrbahnschäden, Längs- und Querunebenheiten, Griffigkeit und Straßenentwässerung untersucht. Mit den Messdaten wird eine Zustandsbewertung der Straße vorgenommen. Zu diesem Zweck wird ein Bewertungsschlüssel angewendet, der vom Zustandswert 1 (sehr guter Zustand) bis zum Zustandswert 5 (sehr schlechter Zustand) reicht. Innerhalb dieser Einteilung werden folgende Zustandswerte unterschieden:

- Zielwert bzw. Abnahmewert (Zustandswert 1,5)
- Warnwert (Zustandswert 3,5)
- Schwellenwert (Zustandswert 4,5)

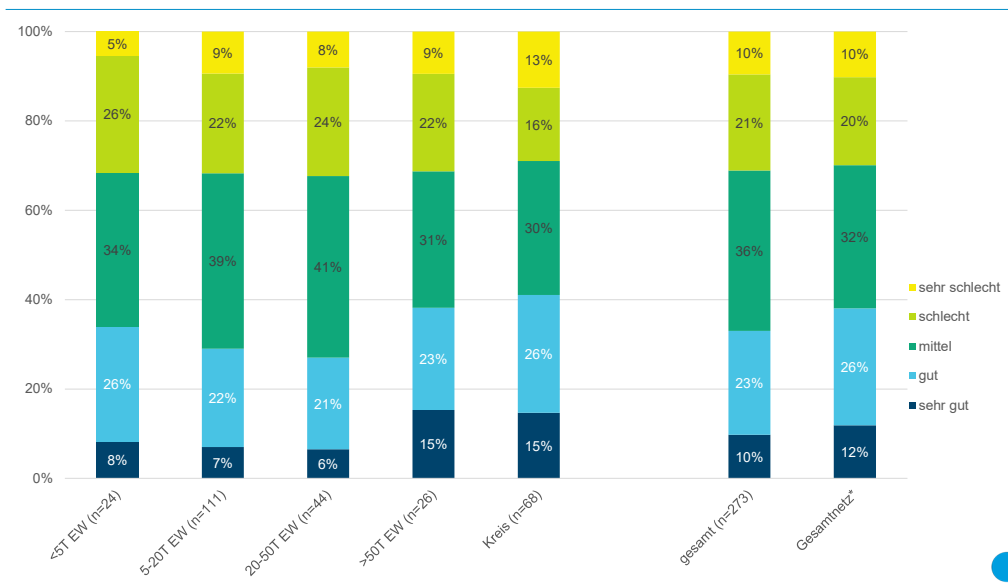
In der Befragung wurden die Zustandswerte noch verbal beschrieben, um die Vergleichbarkeit der Angaben zu gewährleisten:

- Zustandswert 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).
- Zustandswert 2 gut: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung auf den Betrieb darstellen.
- Zustandswert 3 ausreichend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb potenziell beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben Folgekosten verursachen.

¹⁸ Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), www.bast.de.

- Zustandswert 4 schlecht: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben hohe Folgekosten verursachen werden.
- Zustandswert 5 ungenügend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den Betrieb unmittelbar beeinflussen können und Maßnahmen zur Folge haben müssen, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten.

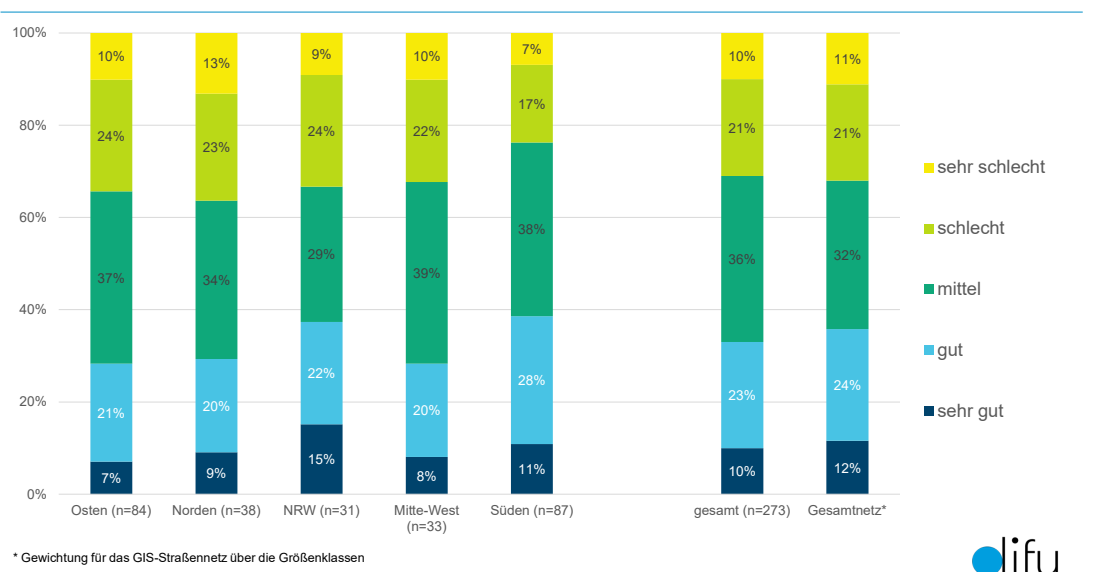
Abb. 14: Zustand der Verkehrsstraßen nach Gemeindegrößenklassen



Quelle: Eigene Darstellung

Eine Auswertung der Angaben zum Straßenzustand nach Regionen lässt gewisse Unterschiede zwischen NRW und dem Süden Deutschlands einerseits und den Regionen Ost, Mitte-West und Norden andererseits erkennen (vgl. Abb. 15). Besonders interessant ist dabei die Situation in Ostdeutschland. In den Jahren nach der Wiedervereinigung wurde in großem Umfang in die Verkehrs- und insbesondere Straßeninfrastruktur investiert. Die damals errichteten Straßen befinden sich heute in der zweiten Hälfte ihrer Nutzungsdauer oder nähern sich deren Ende, was den im Durchschnitt etwas schlechteren Zustand erklären könnte. Die im Vergleich etwas bessere Infrastruktur in NRW und im Süden könnte eine Folge der wirtschaftlichen Prosperität in den letzten Jahren einerseits und der aktiven Gestaltung des Strukturwandels in bestimmten Teilregionen andererseits darstellen. Zusätzliche Auswertungen im weiteren Projektverlauf könnten diese Thesen stützen oder ggf. falsifizieren.

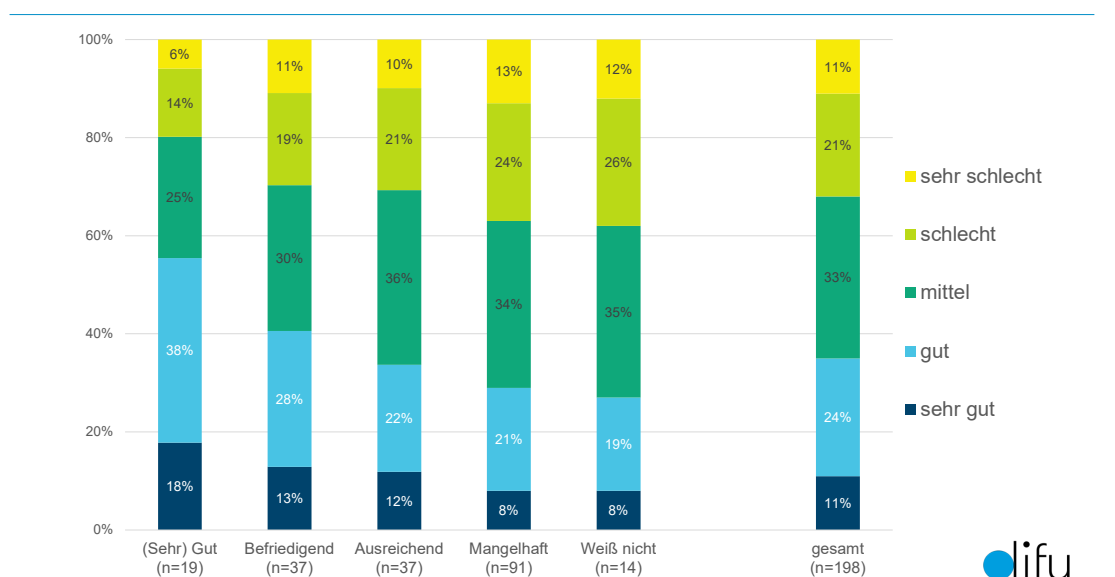
Abb. 15: Zustand der Verkehrsstraßen nach Regionen



Quelle: Eigene Darstellung

Eine differenzierte Betrachtung des Zustands der Straßenverkehrsinfrastruktur unter Berücksichtigung der finanziellen Gesamtsituation der Kommunen bestätigt die Annahme, dass eine gute finanzielle Ausstattung offenbar die Erhaltung der Verkehrsinfrastruktur begünstigt (Abb. 16).

Abb. 16: Zustand der Verkehrsstraßen nach Gesamtfinanzsituation der Kommunen

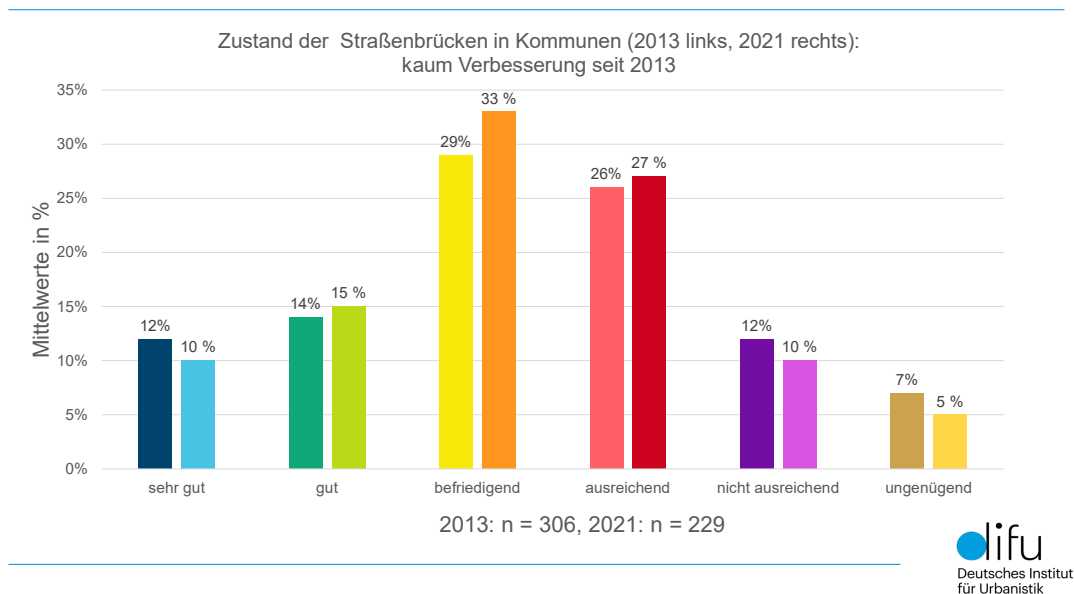


Quelle: Eigene Darstellung

Die Befragungsdaten zeigen, dass fast jede zweite Straßenbrücke in keinem guten Zustand ist. Daran hat sich seit der letzten großen Erhebung im Jahr 2013 (vgl. (Arndt, 2013) kaum etwas geändert. Positiv daran ist, dass die Lage insgesamt zumindest stabil zu sein scheint (vgl. Abb. 17). Straßenbrücken sind jedoch häufig ein Bottleneck im Verkehrssystem. Bei Ausfällen führt dies oft zu erheblichen Behinderungen und Umwegen für die Nutzenden und damit zu Zeitverlusten und individuellen Kosten. Außerdem geht mit Schäden an Brückenbauwerken auch ein höheres Sicherheitsrisiko einher. Es kann vor diesem Hintergrund nicht zufriedenstellend sein, dass es den Kommunen

also offenbar nur gerade so gelingt, eine weitere Zustandsverschlechterung zu verhindern.

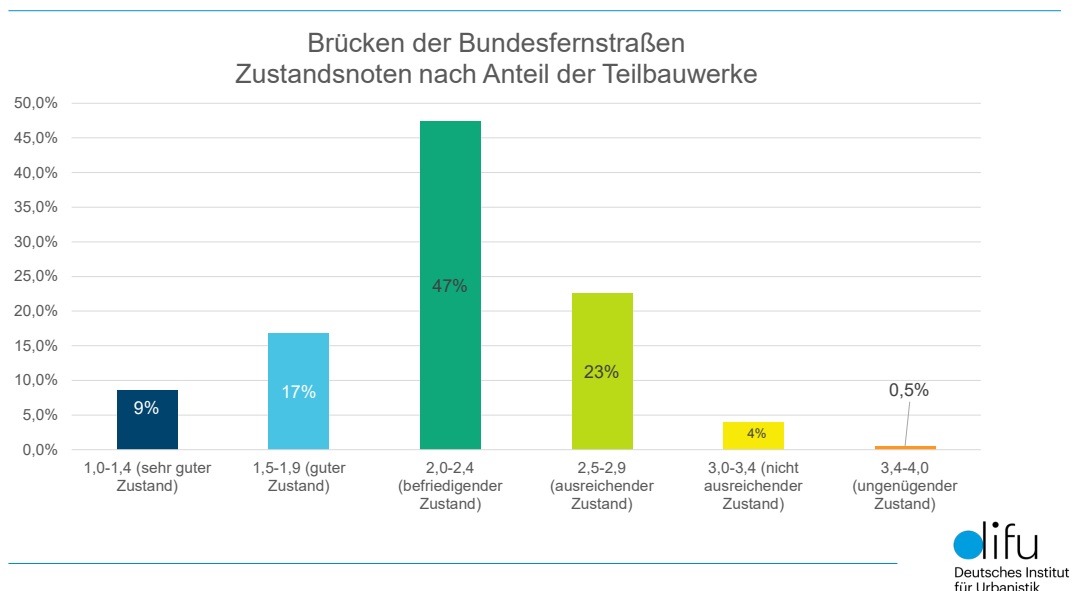
Abb. 17: Zustand der Straßenbrücken in kommunaler Baulast nach Zustandsnoten



Quelle: Eigene Darstellung

Im Jahr 2021 wurde von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) Daten zum Zustand der Brücken in Bundesbaulast veröffentlicht.¹⁹ Der Vergleich der Daten (Abb. 17 und Abb. 18) zeigt, dass die Straßenbrücken der Kommunen in einem etwas schlechteren Zustand sind als die Straßenbrücken in der Baulast des Bundes. Die durchschnittliche Zustandsnote der Bundesbrücken beträgt 2,2 (4,0 ist hier die schlechteste Note), die der kommunalen Straßenbrücken beträgt 2,5.

Abb. 18: Zustand Brücken der Bundesfernstraßen, nach Anteil der Teilbauwerke, 2021



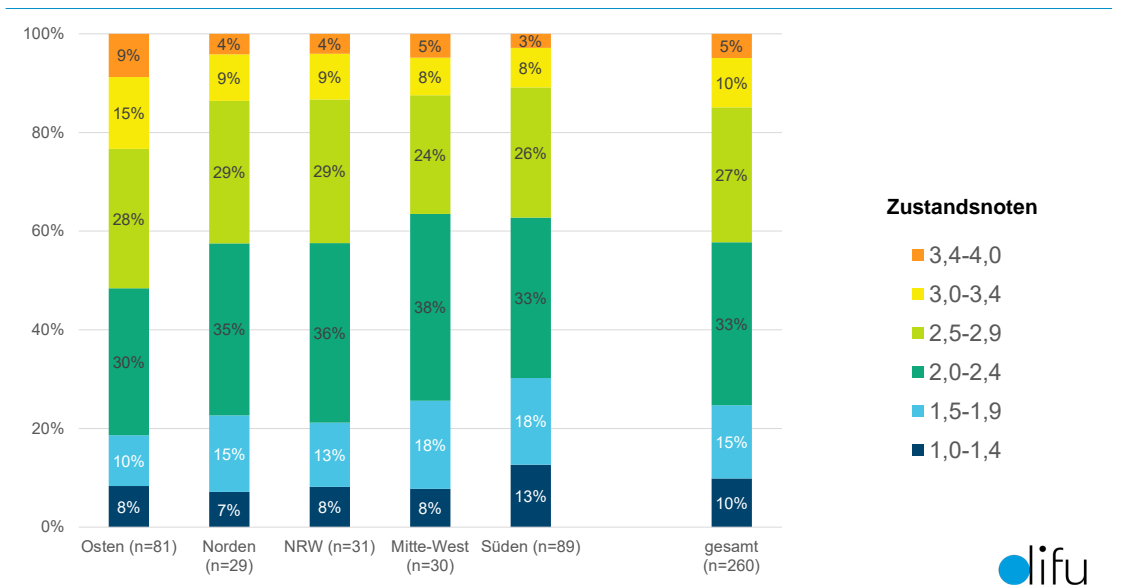
Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen (<https://www.bast.de/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.html>)

Die Betrachtung des Zustands der Straßenbrücken nach Regionen zeigt, ähnlich wie bei den Straßen, eine besondere Situation in Ostdeutschland an

¹⁹ <https://www.bast.de/DE/Statistik/Bruecken/Brueckenstatistik.html>, Zugriff 9.2.2022.

(vgl. Abb. 19). Die wirtschaftliche Nutzungsdauer ist bei Brücken allerdings mit 50 bis 100 Jahren deutlich länger als bei Straßen. Der im Vergleich höhere Anteil schlechter erhaltener Brückenbauwerke kann also nicht auf das Alter der nach der Wiedervereinigung errichteten Brücken zurückgeführt werden. Hier scheinen eher die im Durchschnitt geringere Finanzkraft und damit die fehlenden Mittel für die erforderlichen Erhaltungsmaßnahmen das Problem zu sein.

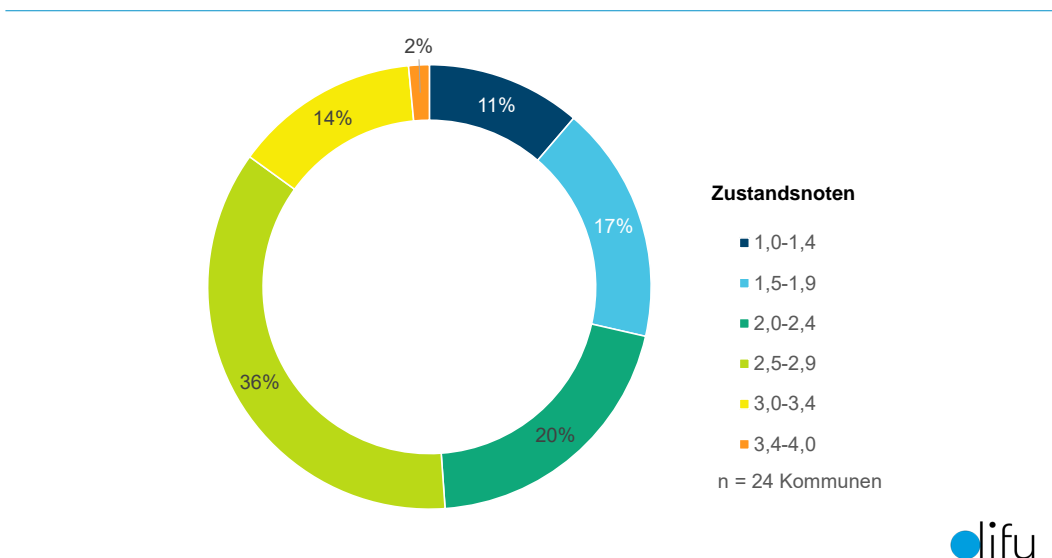
Abb. 19: Zustand der Straßenbrücken in kommunaler Baulast nach Regionen



Quelle: Eigene Darstellung

Die Anzahl der durch die Befragung erfassten Straßentunnel ist relativ gering, so dass hier keine nach Regionen differenzierenden Aussagen möglich sind (vgl. Abb. 20).

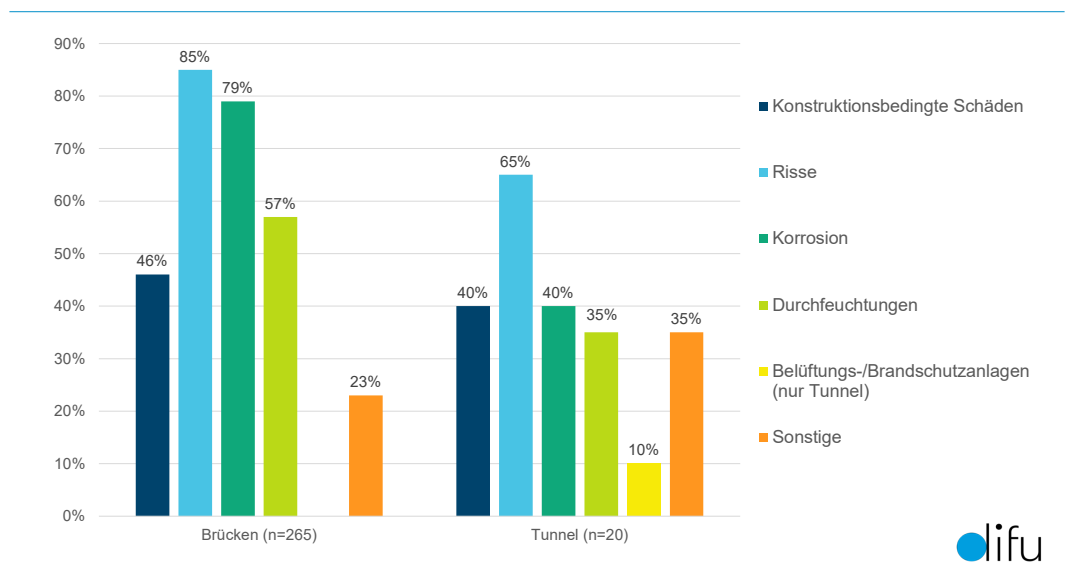
Abb. 20: Zustand der Straßentunnel in kommunaler Baulast nach Zustandsnoten



Quelle: Eigene Darstellung

Sowohl bei den Brücken als auch bei den Tunneln stellen Risse das häufigste Schadbild dar. Bei den Brücken ist mehr als jede zweite zusätzlich von Korrosion und Durchfeuchtungen betroffen (vgl. Abb. 21).

Abb. 21: Häufigste Schäden an Straßenbrücken und -tunneln in kommunaler Baulast

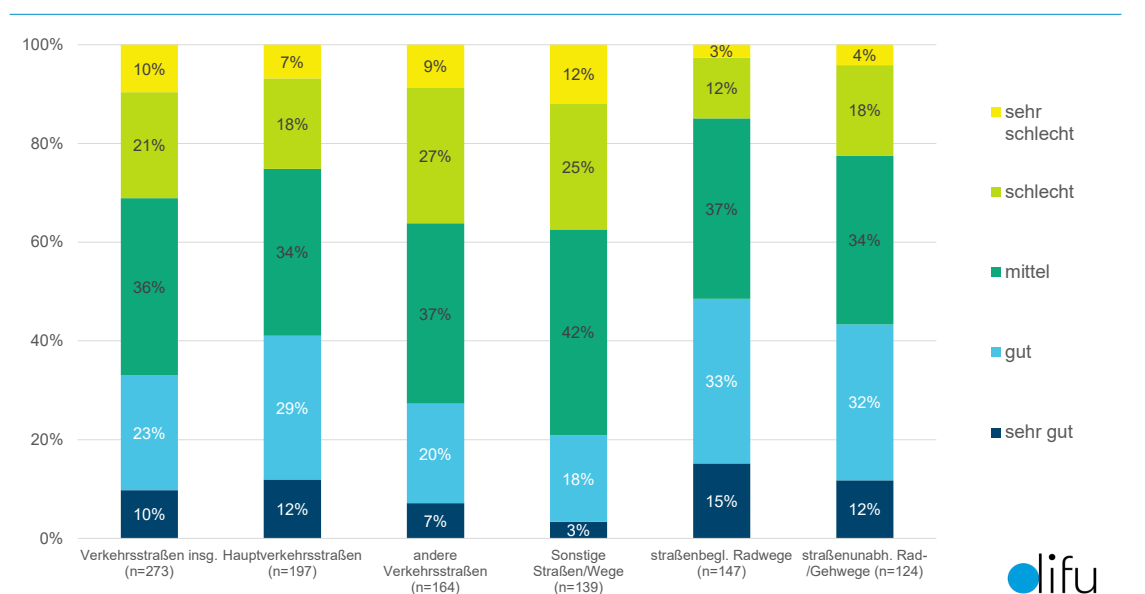


Quelle: Eigene Darstellung

4.1.4 Zustand der kommunalen Verkehrsinfrastrukturen

Ein Drittel der Verkehrsstraßen ist nach Einschätzung der Kommunen in einem schlechten oder sehr schlechten Zustand (vgl. Abb. 22 sowie Exkurs Zustandsnotensystem). Bei diesen besteht akuter Handlungsbedarf. Im Umkehrschluss bedeutet das aber auch, dass zwei Drittel der Straßen eine mittlere oder noch bessere Bewertung erhalten. Hauptstraßen haben im Schnitt einen etwas besseren Zustand als andere untergeordnete Straßen. Bei den Geh- und Radwegen sieht das Gesamtbild etwas besser aus. Es gelingt den Kommunen offenbar auch bei vielen älteren Verkehrsanlagen, diese in einem nutzbaren Zustand zu halten.

Abb. 22: Zustand der Verkehrsstraßen nach Straßenkategorie



Quelle: Eigene Darstellung

In kleineren Kommunen sind die Straßen den Befragungsdaten zufolge etwas seltener in einem sehr guten Zustand (vgl. Abb. 14). Die Unterschiede

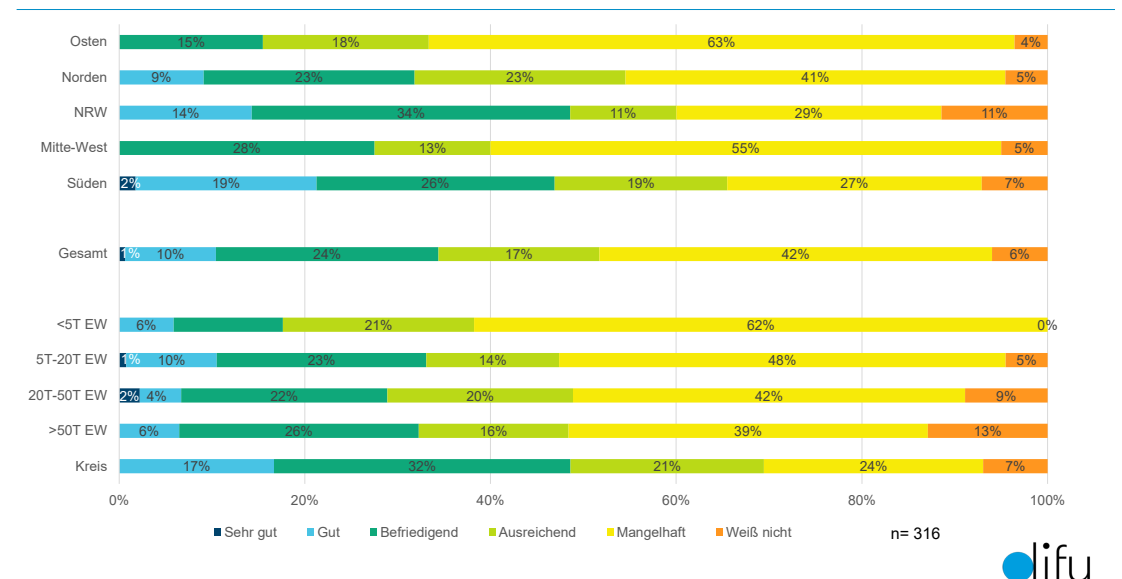
zwischen den Einschätzungen für die verschiedenen Größenklassen sind jedoch nicht signifikant. Im ländlichen Raum haben die Gemeinden im Durchschnitt pro Einwohner zwar mehr Straßenmeter zu bewirtschaften. Diese relativ höhere Belastung wird aber möglicherweise durch andere Faktoren, z.B. eine im Durchschnitt geringere Nutzungsintensität, ausgeglichen.

4.1.5 Finanzsituation der Kommunen

Der Abb. 23 sind die Antworten bzgl. der Gesamtfinzsituation der Kommunen zu entnehmen. Eine vergleichsweise schlechte Finanzsituation besteht in den Kommunen im Osten. Die (Land-)Kreise scheinen generell finanziell besser gestellt zu sein als die Gemeinden.

Interessant sind die Ergebnisse zur Finanzsituation, weil diese Einfluss auf das Investitionsverhalten der Kommunen haben dürften und somit als Erklärungsfaktor herangezogen werden können.

Abb. 23:
Gesamtfinzsituation
nach Regionen und
Gemeindegrößen-
klassen



Quelle: Eigene Darstellung

4.2 Befragung Verkehrsunternehmen zum Zustand der ÖPNV-Netze

4.2.1 Rücklauf und Repräsentativität der Daten

Für die Befragung wurden alle 382 im VDV angeschlossenen Verkehrsunternehmen, die über Infrastrukturnetze verfügen, angeschrieben. Außerdem wurde die Befragung auch bei den BDO-Busunternehmen und den S-Bahn-Betreibern bekannt gegeben. Die Grundgesamtheit der Verkehrsunternehmen mit eigener oder mit dem Betrieb beauftragter Infrastruktur im Nahverkehr in Deutschland wurde damit in einer Vollerhebung befragt.

Die Rücklaufquote liegt bei 14 %. In absoluten Zahlen sind das 54 Unternehmen. Diese haben den Fragebogen jedoch wegen fehlender Daten zum Teil nur unvollständig ausgefüllt. Um möglichst viele Antworten mit in die Auswertung einzubeziehen, wurden daher alle eingegangenen Rückmeldungen ausgewertet, sobald zwei Teilfragen beantwortet waren. Trotz mehrfacher

Erinnerungen auch von Seiten des VDV konnte kein höherer Rücklauf realisiert werden. Von den S-Bahn-Unternehmen gab es keine verwertbaren Antworten. Nach mündlicher Auskunft haben einige Verkehrsunternehmen zu geringe Personalkapazitäten als Grund für die Nichtteilnahme angegeben.

Tab. 22: Rücklauf Verkehrsunternehmensbefragung nach Bundesländern und Regionen

Bundesland	Teilnehmende Unternehmen
Brandenburg	4
Berlin	1
Baden-Württemberg	7
Bayern	6
Bremen	0
Hessen	2
Hamburg	1
Mecklenburg-Vorpommern	1
Niedersachsen	4
Nordrhein-Westfalen	15
Rheinland-Pfalz	2
Schleswig-Holstein	1
Saarland	0
Sachsen	3
Sachsen-Anhalt	2
Thüringen	5
Insgesamt	54
Region	Teilnehmende Unternehmen
Osten	16
Norden	6
NRW	15
Mitte-West	4
Süden	13
Insgesamt	54

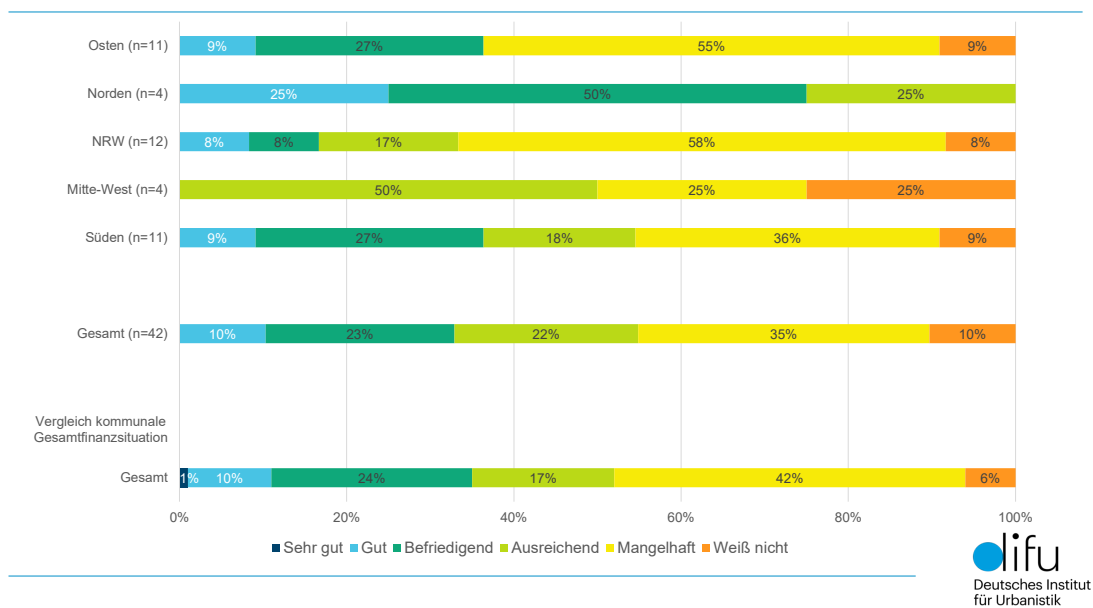
Die meisten Rückmeldungen gab es aus NRW. Allerdings haben nicht aus allen Bundesländern Unternehmen teilgenommen. Das Land Bremen und das Saarland sind nicht vertreten.

Aufgrund der relativ kleinen Zahl an verwertbaren Fragebögen (54) kommt es bei der disaggregierten Auswertung bei einigen spezifischen Teilfragen zu statistischen Repräsentativitätsproblemen. Aus diesem Grund beschränken sich die Darstellungen im Folgenden auf Fragen mit ausreichendem Rücklauf.

4.2.2 Ergebnisse der Umfrage bei den Verkehrsunternehmen

Bei der Einschätzung der Gesamtfinanzsituation bestätigen die Ergebnisse die Erkenntnisse aus der Kommunalbefragung (vgl. Abb. 23). Der Osten ist im Fall der Infrastruktur der Verkehrsunternehmen offenbar etwas besser finanziell aufgestellt als bei den Straßennetzen.

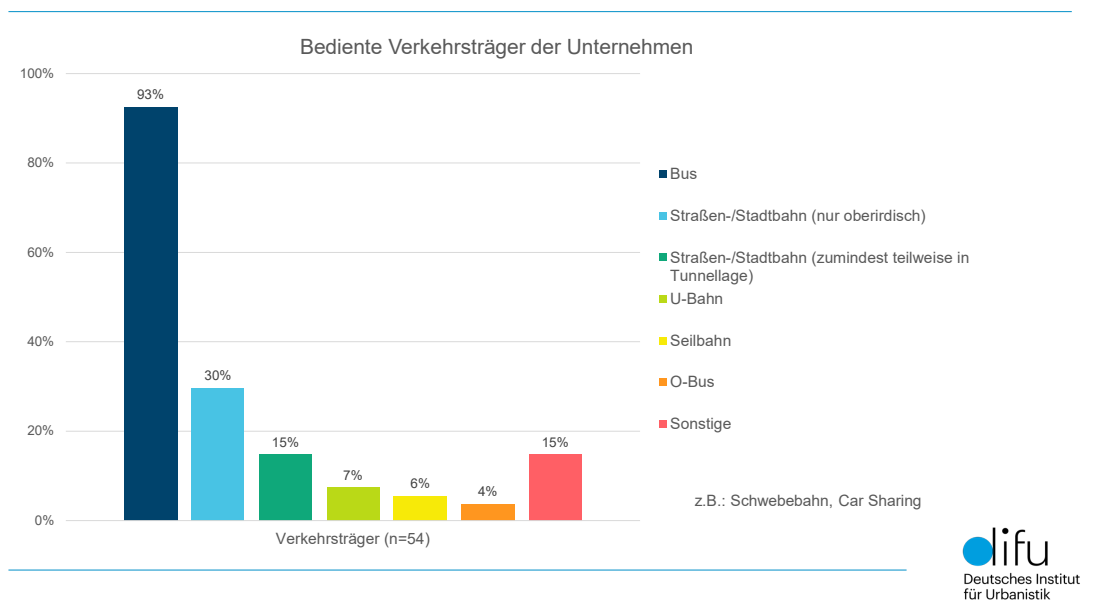
Abb. 24: Einschätzung der Gesamtfinanzsituation durch die Verkehrsunternehmen



Quelle: Eigene Darstellung

Gut 90 % der antwortenden Verkehrsunternehmen gaben an, über Bus-Infrastruktur zu verfügen. Knapp ein Drittel betreibt Straßenbahn- bzw. Stadtbahnnetze und 15 % auch zumindest abschnittsweise unterirdische Stadtbahnstrecken. U-Bahnstrecken bestehen bei vier der antwortenden Unternehmen. Damit sind alle U-Bahn-Betreiber in der Erhebung enthalten. Auch ein Seilbahn- und ein O-Bus-Betreiber haben an der Umfrage teilgenommen.

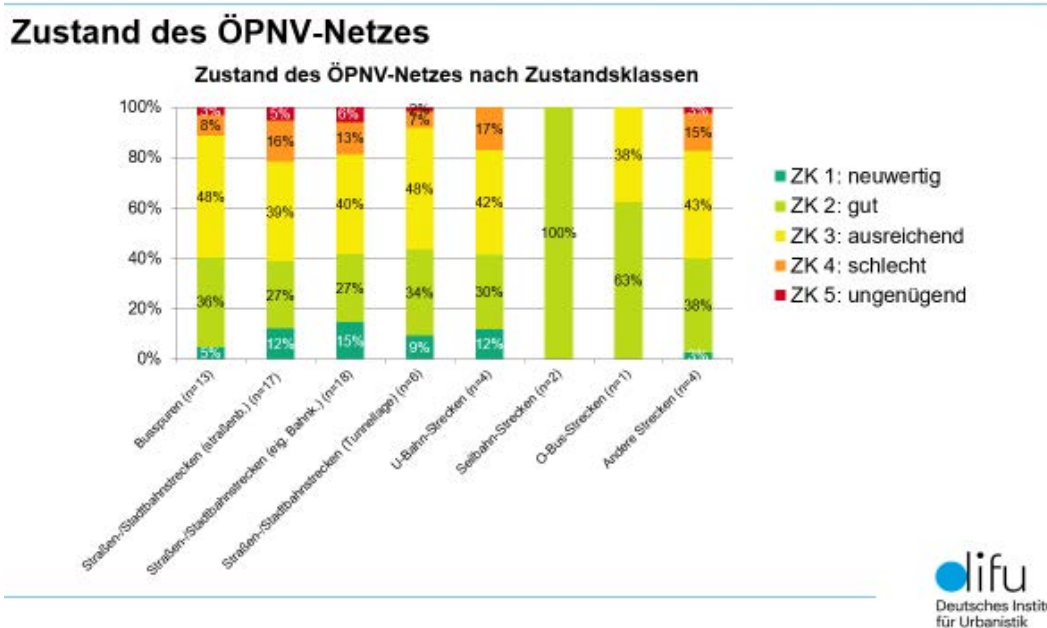
Abb. 25: Bediente Verkehrsträger durch die Verkehrsunternehmen (Mehrfachnennungen möglich)



Quelle: Eigene Darstellung

Bezügliches des Zustandes des ÖPNV-Netzes sind die Werte ähnlich wie beim Straßennetz. Etwa ein Drittel ist bei fast allen Verkehrsträgern in mindestens gutem Zustand. Die U-Bahn-Strecken weisen etwas bessere Werte auf mit gut der Hälfte in gutem oder sehr gutem Zustand. Oberirdischen Straßenbahnstrecken haben den größten Streckenanteil in schlechtem und ungenügendem Zustand mit 22 %.

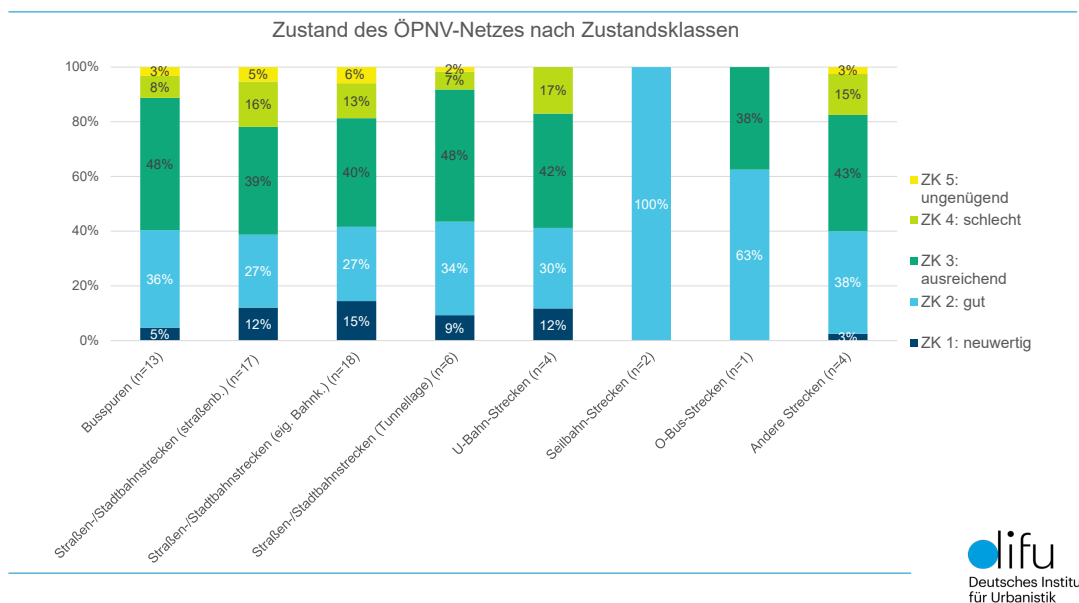
Abb. 26: Zustand des ÖPNV-Netzes nach Verkehrsträger



Quelle: Eigene Darstellung

Bei den ÖPNV-Zugangsstellen scheint der Zustand etwas besser zu sein. Allerdings wird der Zustand der Bushaltestellen schlechter eingeschätzt als der der Busspuren.

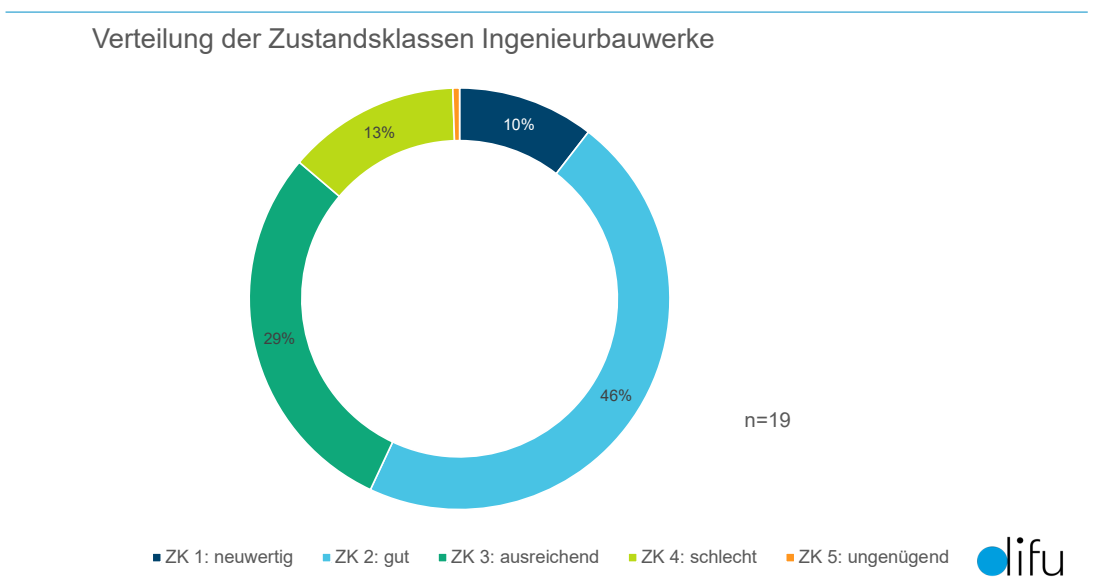
Abb. 27: Zustand des ÖPNV-Zugangsstellen nach Verkehrsträger



Quelle: Eigene Darstellung

Die ÖPNV-Brücken und -tunnel sind im Vergleich zu den Straßenbrücken und -tunnel in einem besseren baulichen Zustand (vgl. Abb. 19 und Abb. 20). Der bauliche Zustand von etwa zwei Dritteln der ÖPNV-Ingenieurbauwerke ist neuwertig (Zustandsklasse 1) oder gut (Zustandsklasse 2). Allerdings wurde diese Frage nur von elf (Brücken) bzw. acht (Tunnel) Verkehrsunternehmen beantwortet. Dadurch sind diese Zahlen nur eingeschränkt repräsentativ.

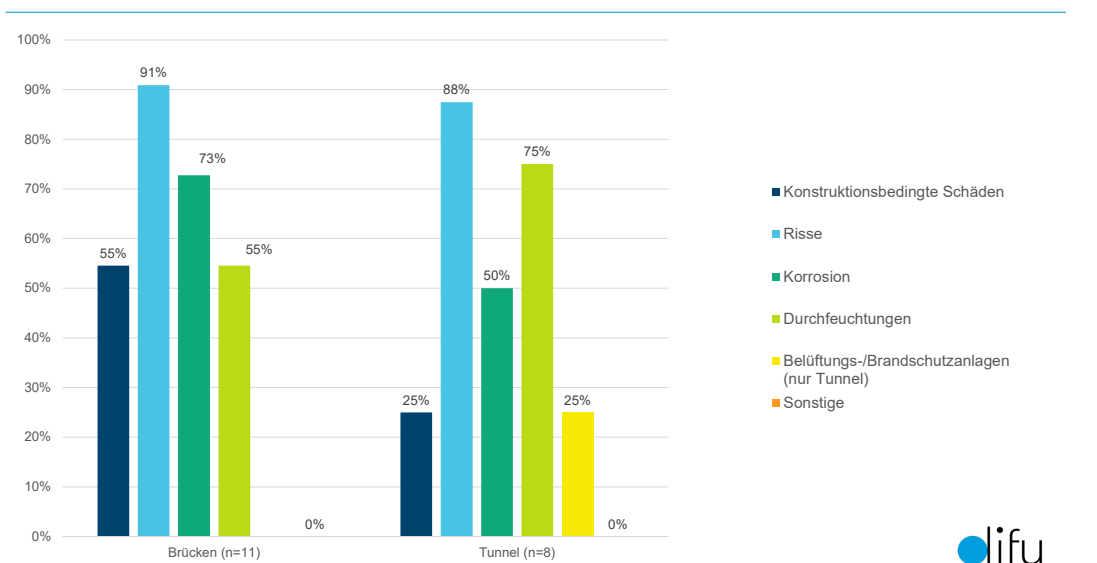
Abb. 28: Zustand der ÖPNV-Brücken und Tunnel



Quelle: Eigene Darstellung

Die häufigsten Schäden an ÖPNV-Brücken und -Tunnel sind Risse – ähnlich wie bei den Straßenbrücken in der Kommunalbefragung (vgl. Abb. 21). Allerdings wurde diese Frage nur von elf bzw. acht Verkehrsunternehmen beantwortet. Dadurch sind diese Zahlen ebenfalls nur eingeschränkt verallgemeinerbar.

Abb. 29: Häufigste bauliche Schäden an ÖPNV-Brücken und Tunnel



Quelle: Eigene Darstellung

4.3 Zustand kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen

Für die Erfassung des Zustandes der kommunalen Verkehrsinfrastruktur wurden Befragungen von Kommunen und Verkehrsunternehmen vorgenommen. Die repräsentative Kommunalumfrage wurde von knapp 400 Kommunen beantwortet (Rücklaufquote 16 %), so dass Auswertungen in den fünf

Regionen und in allen in allen Ortsgrößenklassen möglich waren. Die Befragung der Verkehrsunternehmen wurde von 54 Unternehmen vollständig beantwortet. Die Rücklaufquote beträgt 14 %. Die Daten der vier deutschen U-Bahn-Verkehrsunternehmen wurden in einer Vollerhebungen erfasst.

Die wichtigsten Ergebnisse der Erhebungen zum Zustand der kommunalen Straßennetze:

- Ein Drittel der Verkehrsstraßen ist nach Einschätzung der Kommunen in einem schlechten oder sehr schlechten Zustand.
- In kleineren Kommunen sind die Straßen den Befragungsdaten zufolge im Mittel in einem etwas schlechteren Zustand als in größeren Kommunen.
- Hauptstraßen haben im Schnitt einen etwas besseren Zustand als andere untergeordnete Straßen.
- Auch Geh- und Radwege sind in einem etwas besseren Zustand als der Straßendurchschnitt.
- Vor allem die Kommunen im Osten Deutschland und solche mit schlechterer finanzieller Ausstattung weisen schlechtere Zustandsnoten für die kommunalen Straßennetze auf.
- Der Zustand der kommunalen Straßenbrücken hat sich seit der ersten Erhebung durch das Difu im Jahre 2013 nicht wesentlich verbessert. Fast jede zweite Straßenbrücke ist in keinem guten Zustand.
- Im Vergleich weisen die Brücken in Bundesbaulast (Bundesfernstraßen) weiterhin bessere mittlere Zustandsnoten auf.
- Der Zustand der kommunalen Straßentunnel ist dem der kommunalen Straßenbrücken vergleichbar.
- Sowohl bei den Brücken als auch bei den Tunneln stellen Risse das häufigste Schadbild dar.

Die wichtigsten Ergebnisse der Erhebungen zum Zustand der kommunalen ÖPNV-Netze:

- Etwa ein Drittel des kommunalen ÖPNV-Netzes ist bei fast allen Verkehrsträgern in mindestens gutem Zustand.
- Die U-Bahn-Strecken weisen etwas bessere Werte auf mit gut der Hälfte in gutem oder sehr gutem Zustand.
- Oberirdischen Straßenbahnstrecken haben den größten Streckenanteil in schlechtem und ungenügendem Zustand mit 22 %.
- Die ÖPNV-Brücken und -tunnel sind im Vergleich zu den Straßenbrücken und -tunnel in einem besseren baulichen Zustand.
- Der bauliche Zustand von etwa zwei Dritteln der ÖPNV-Ingenieurbauwerke ist neuwertig oder gut.

5. Hochrechnung und Abschätzung Investitionsbedarf kommunaler Straßenbau (AP 4) und der ÖPNV-Netze bis 2030 (AP5)

Die in den AP4 und AP5 vorgenommene normative Abschätzung der Infrastruktur- und Investitionsbedarfe für die kommunale Straßeninfrastruktur und die ÖPNV-Netze geht von dem in der GIS-Datenanalyse zum Umfang der Verkehrsnetze vollständig erfassten Mengengerüst aus und nutzt die per Umfrage ermittelten Parameter zur monetären Bewertung des betrachteten Anlagevermögens unter Berücksichtigung des Alters und Zustandes.

Das ursprünglich im Auftrag der Stadt Köln entwickelte Berechnungstool (InfraBR) eignet sich in seiner Struktur und Berechnungslogik auch für übergreifende Betrachtungen und wurde an die Anforderungen einer Bedarfs-schätzung für das kommunale Verkehrssystem bundesweit angepasst. Details zur Methodik und zum Tool wurden veröffentlicht und werden deshalb hier nur kurz umrissen (vgl. (Schneider et al., 2018)).

5.1 Gemeinsames Begriffsverständnis

Voraussetzung für die Nachvollziehbarkeit der methodischen Grundlagen ist ein gemeinsames Begriffsverständnis. Aus diesem Grund werden im Folgenden die wesentlichen Grundbegriffe noch einmal dargestellt, auch wenn diese in früheren Zwischenberichten bereits verwendet worden sind.

5.1.1 Infrastruktur

Als Infrastruktur²⁰ werden Anlagen bezeichnet, die einen Vermögenswert darstellen und über Jahre genutzt werden.²¹ Beispiele für wichtige Infrastrukturen sind Verwaltungsgebäude, Schulgebäude, Gebäude der Kulturinstitutionen, Wohnungen, das Kanalisationsnetz, IT-Ausrüstungen, Software und Möbel. Im Bereich der Verkehrsinfrastruktur sind insbesondere Straßen, Brücken, Tunnel, ÖPNV-Netze und ggf. Nebeneinrichtungen gemeint.

Die aktuelle Ist-Situation der Infrastruktur wird in quantitativer Hinsicht durch den „Infrastrukturbestand“ (Anzahl der Anlagen) und in qualitativer Hinsicht durch den „Infrastrukturzustand“ (Qualität/Zustand der Anlagen) beschrieben. Auch bei Infrastrukturbedarfen kann zwischen quantitativen und qualitativen Bedarfen unterschieden werden.

²⁰ Vgl. gemäß DIN EN ISO 9001:2015, P. 7.1.3 Infrastruktur: Zur Infrastruktur kann Folgendes zählen: a) Gebäude und zugehörige Gebäudetechnik; b) technische Ausrüstung, einschließlich Hardware und Software; c) Transporteinrichtungen; d) Informations- und Kommunikationstechnik.

²¹ Nicht dazu gehören die geringwertigen Güter (Wert unter 410 Euro).

5.1.2 Infrastruktur- und Investitionsbedarf

Beim Begriff Infrastrukturbedarf handelt es sich um eine normative Darstellung (Soll-Wert) des Umfangs (Menge) und der Eigenschaften physischer Infrastruktur. Der Umfang der Investitionen, mit denen dieser Infrastrukturbedarf gedeckt werden kann, wird als Investitionsbedarf verstanden.

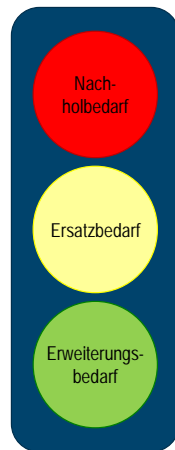
Der Investitionsbedarf ist von bereits konkret geplanten investiven Einzelmaßnahmen etwa im Haushaltplan einer Stadt und in den Wirtschaftsplänen kommunaler Beteiligungen abzugrenzen. Diese können in ihrer Summe kleiner ausfallen, dann wird der Infrastrukturbedarf nur in Teilen gedeckt. Denkbar wäre auch, dass die geplanten Investitionen höher sind als der normative Bedarf. Dann wäre mehr eingeplant, als sich unter den getroffenen Annahmen begründen ließe. Zudem zeigt sich in der kommunalen Praxis, dass zwischen geplanten und tatsächlich getätigten Investitionen meist eine nicht unerhebliche Diskrepanz besteht, da sich in einem Haushaltsjahr Investitionen oft nicht in dem Umfang realisieren lassen wie budgetär veranschlagt. Die Gründe dafür sind vielfältig (Brand et al., 2022).

Für die Bemessung eines Bedarfs im Rahmen einer Schätzung ist der Bezug auf einen Betrachtungszeitraum erforderlich.

Infrastruktur- und die daraus abgeleiteten Investitionsbedarfe lassen sich in drei Typen unterscheiden: Nachholbedarf, Ersatzbedarf und Erweiterungsbedarf (vgl. Abb. 30).

Abb. 30: Infrastruktur- und Investitionsbedarfe

Bedarfskategorien



- in der Vergangenheit nicht erfolgte Investitionen
- Abweichung vom „Soll“ in Zustand (Qualität) oder Umfang (Quantität)
- Investitionen zwingend erforderlich

- Bestandserhaltung bestehender Infrastrukturen
- Ersatz von Anlagevermögen nach Ablauf der Nutzungsdauer
- größter Block, verteilt sich über langen Zeitraum

- Ausbau, Umbau, Rückbau von Infrastrukturen
- Berücksichtigung von Bedarfstreibern (demografische Entwicklung, Wirtschaftswachstum, Klimawandel usw.)
- strategischer Gestaltungsspielraum von Stadt und Beteiligungen

Quelle: Eigene Darstellung

5.1.3 Nachholbedarf

Ein Nachholbedarf entsteht immer dann, wenn in der Vergangenheit entstandener Ersatzbedarf nicht ausreichend durch Investitionen befriedigt wurde. Erkennbar wird dies, wenn der aktuell vorgefundene qualitative Zustand einer Infrastruktureinrichtung schlechter ist, als es der gesetzliche normierte Soll-

Zustand vorsieht.²² Nachholbedarf entsteht auch dann, wenn die als konsumtive Ausgaben betrachteten Maßnahmen²³ der laufenden (baulichen) Unterhaltung und Bewirtschaftung nicht in ausreichendem Umfang getätigt wurden und sich deshalb die Gesamtnutzungsdauer der Anlage verkürzt. Wenn moderne Versorgungsstandards/Bedarfsnormen (z.B. Brandschutzvorschriften, Barrierearmut) durch aktuelle Infrastruktureinrichtungen nicht erfüllt werden, begründet auch dies einen Nachholbedarf sowohl in qualitativer (Versorgungsqualität) als auch in quantitativer Hinsicht.

5.1.4 Ersatzbedarf

Ersatzbedarf bezieht sich auf den notwendigen Ersatz vorhandener Anlagen, die am Ende ihrer Lebensdauer stehen. Es geht dabei um die Erneuerung der Anlagen (Kauf neuwertiger Anlagen bei gleichzeitiger Entsorgung der alten Anlagen) oder um die Aufwertung der alten Anlagen durch eine grundlegende (General-) Sanierung. In der Analyse von Infrastruktur- und Investitionsbedarfen hat diese Bedarfskategorie den größten Umfang.

5.1.5 Erweiterungsbedarf

Die Bedarfe an Infrastrukturen können sich im Laufe der Zeit verändern. Beim Erweiterungsbedarf geht es um zusätzlich notwendige Infrastrukturkapazitäten in der Zukunft (z.B. mehr Räumlichkeiten, mehr Straßen, mehr IT-Ausrüstung oder ein optimalerer Umweltstandard). Die Abschätzung erfordert Annahmen zu wesentlichen Bedarfstreibern und ist mit Unsicherheit behaftet. Gleichzeitig bietet diese Bedarfskategorie auch den größten Gestaltungsspielraum für strategische Schwerpunktsetzungen durch eine Stadt.

Die dargestellten Bedarfskategorien bilden das methodische Grundgerüst der Infrastruktur- und Investitionsbedarfsschätzung. Es handelt sich dabei um einen Bottom-up-Ansatz²⁴, bei dem – ausgehend von Daten zum Alter, zur Nutzungsdauer und ggf. zum Zustand einzelner Anlagen – die zukünftigen Bedarfe für Infrastrukturen quantifiziert und unter Berücksichtigung heutiger Wiederbeschaffungswerte bewertet werden können.

Damit unterscheidet sich der Ansatz deutlich von anderen Analysen zu kommunalen Investitionsbedarfen, bei denen entweder nur Teilbereiche betrachtet werden (z.B. der im Rahmen des KfW-Kommunalpanels ermittelte Investitionsrückstand) und/oder die in erster Linie auf der einwohnerbezogenen Hochrechnung von Einzelschätzungen durch die kommunalen Akteure beruhen (Raffer et al., 2020).

5.2 Berechnungsmodell InfraBR

Technisch wurde das notwendige Instrumentarium in einer Datenbank unter Verwendung von MS Access realisiert. Als Datenquellen dienen die im Arbeitspaket 1 erfassten und aufbereiteten GIS-Daten zur kommunalen Ver-

²² Vgl. Reidenbach et al. (2008), S. 111.

²³ Dazu zählen Maßnahmen der laufenden Unterhaltung – technische Wartung und Inspektion (Instandhaltung), Kleinreparaturen wie z.B. Auswechseln von Lampen, Fixierung von Pflasterplatten u.Ä. – und Maßnahmen der Bewirtschaftung: Heizung, Reinigung, Hausmeisterservice, Gartenpflege, Winterdienst, Versicherung usw.

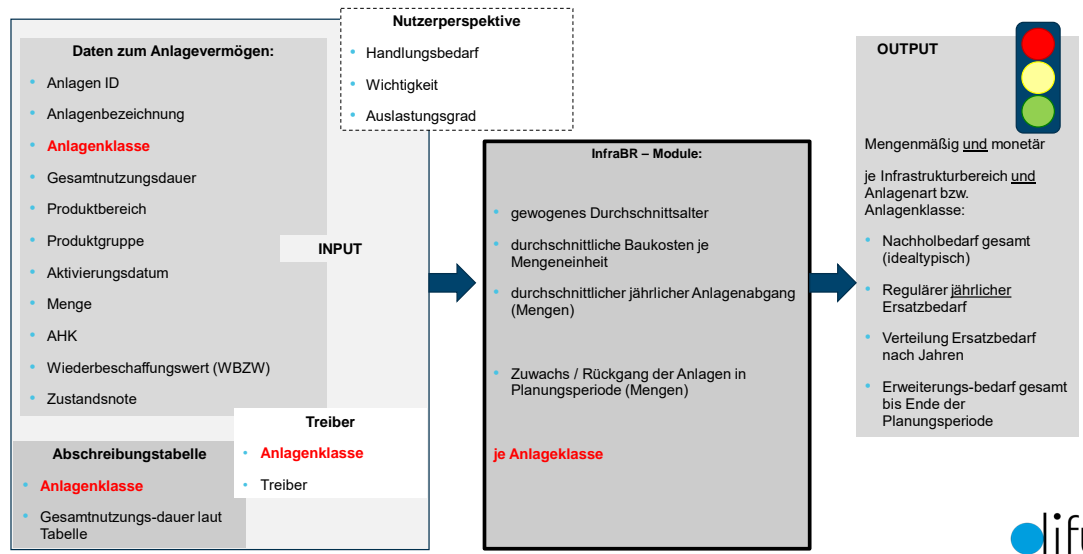
²⁴ In Unterschied zu dem sog. Top-down-Ansatz, der auf einer aggregierten Schätzung mit anschließender Modellaufteilung auf einzelne Anlagengruppen basiert (vgl. Kunert und Link (2001), S. 21).

kehrsinfrastruktur sowie die in den Arbeitspaketen 2 und 3 in den Befragungen erhobenen Informationen zum Alter, Vermögenswert und Zustand der wesentlichen Komponenten des Verkehrsinfrastruktursystems in der Baulast der Kommunen.

Die Logik der Modellrechnung auf Basis der einbezogenen Daten mit den einzelnen Modulen – Infrastruktur-Bedarfs-Rechnung (InfraBR) – zeigt Abb. 31.

Abb. 31: Modell der Infrastruktur-Bedarfs-Rechnung (InfraBR)

Modell im Überblick



Quelle: Eigene Darstellung

Anstelle der im Modell eigentlich verwendeten Daten der Anlagenbuchhaltung zu einzelnen Anlagen werden für die übergreifende Betrachtung der kommunalen Verkehrsinfrastruktur aggregierte Durchschnittswerte für die einzelnen Komponenten genutzt, die insbesondere aus den Ergebnissen der Arbeitspakete eins bis drei generiert wurden.

Die erfassten Infrastrukturbestandteile werden nach Anlagenklassen je Produktgruppe (hier Gemeindegroßenklasse) differenziert. Auf diesem Aggregationsniveau (Anlagenkategorie)²⁵ werden dann die erforderlichen Gesamt- und Durchschnittswerte gebildet. Je Anlagenklasse wird eine standardisierte Gesamtnutzungsdauer – basierend auf den für den Bund und einzelne Bundesländer vorliegenden Vorgaben für das (kommunale) Rechnungswesen – festgelegt.²⁶ Die Restnutzungsdauer ist ein Parameter, der unter Einbeziehung der Gesamtnutzungsdauer das Alter der Anlagen beschreibt. Dieser ermöglicht die Bildung eines Durchschnittswertes je Anlagenkategorie.

²⁵ Eine Anlagenklasse umfasst in der Regel mehrere Anlagen mit bestimmten gleichen Merkmalen. Bei uns werden die Anlagenklassen durch Infrastrukturbestandteil und Region gebildet. Wir verwenden keine einzelnen Anlagen im Modell, sondern zusammengefasste Gruppen, die wir Anlagenkategorien nennen. Diese unterteilen die Anlagenklassen weiter nach Gemeindegroßenklassen.

²⁶ Zur Orientierung wurden die AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter (AfA-Tabelle „AV“) (Stand 15.12.2000) sowie die AfA-Tabelle für den Wirtschaftszweig „Personen- und Güterbeförderung (im Straßen- und Schienenverkehr)“ (Stand 26.01.1998) des Bundesministeriums der Finanzen, die Abschreibungssätze in der Kommunalverwaltung in Baden-Württemberg, die NKF-Rahmentabelle der Gesamtnutzungsdauer für kommunale Vermögensstände des Landes Nordrhein-Westfalen

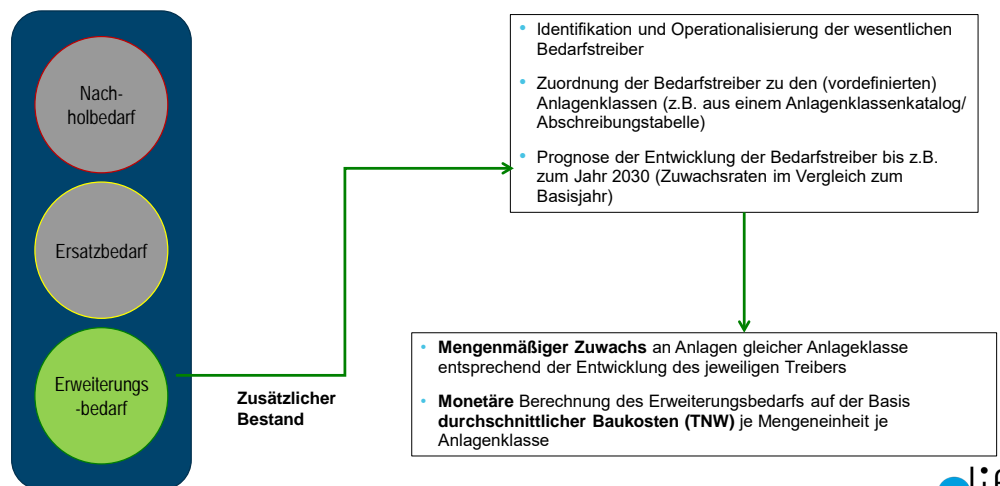
Für die Abschätzung der normativen Investitionsbedarfe für das kommunale Verkehrssystem gilt zusätzlich die folgende Modellannahme: Die Restnutzungsdauer ist anders als bei einer Einbeziehung aller Einzelanlagen bei der vorliegenden Betrachtung als Durchschnittswert nicht geeignet, den tatsächlichen Zustand der Infrastruktur vollständig abzubilden. Aus diesem Grund werden die ebenfalls in den Befragungen erfassten durchschnittlichen Zustandsnoten genutzt, um die Restnutzungsdauer der jeweiligen Komponenten zu korrigieren. Je Anlagenklasse der jeweiligen Produktgruppe wird ein durchschnittlicher Bau-/Sanierungskostensatz gebildet. Zwischen Neubau und Sanierung wird vereinfachend nicht unterschieden.

Die Bewertung der Bau-/Sanierungskosten geht zunächst von den erhobenen Buchwerten der noch nicht abgeschriebenen Infrastrukturbestandteile aus. Mit Hilfe der Angaben zum Alter und zur Nutzungsdauer lassen sich die historischen Anschaffungs- und Herstellungskosten (AHK) rekonstruieren. Mit Hilfe eines Preisindex können daraus die theoretischen AHK zum Analysezeitpunkt abgeleitet werden. Dieses Vorgehen ermöglicht allerdings nur eine grobe Schätzung der Bau-/Sanierungskosten und setzt voraus, dass sich an den jeweiligen Infrastrukturbestandteilen technologisch nichts wesentlich verändert hat.

Eine genauere Schätzung der Investitionsbedarfe wird möglich, wenn die heute maßgeblichen Kostensätze bekannt sind. Liegen entsprechende Angaben vor, werden diese vom Berechnungsmodell prioritär verwendet. Zur Schätzung des Erweiterungsbedarfs wird mehrstufig vorgegangen (vgl. Abb. 32).

Abb. 32:
Vorgehensweise zur
Schätzung des
Erweiterungsbedarfs

Schätzung des Erweiterungsbedarfs



Quelle: Eigene Darstellung

Zunächst werden die relevanten Bedarfstreiber ermittelt und anschließend in ihrer voraussichtlichen Entwicklung bewertet. Bei Bedarfstreibern handelt es sich um messbare Indikatoren aus den verschiedenen Bereichen der Stadtentwicklung, die die Inanspruchnahme der Infrastrukturen bestimmen, bei-

spielsweise demografische Entwicklungen (Schülerzahlen, Zahl älterer Menschen usw.), Verkehrsentwicklung und Veränderungen beim Verkehrsverhalten, politische Vorgaben (z.B. zum Klimaschutz). Methodisch wurde vereinfachend festgelegt, dass jeder Anlagenklasse nur ein relevanter Indikator als Treiber zugeordnet werden soll. Prinzipiell wäre es auch möglich, aus mehreren Einflussfaktoren einen synthetischen Treiber für die Berechnung zu generieren. Dies beeinträchtigt allerdings die leichte Nachvollziehbarkeit der Schätzergebnisse.

Für die Bedarfsschätzung wird außerdem angenommen, dass die Infrastruktur mengenmäßig in allen betrachteten Bereichen den heutigen Anforderungen entspricht. Es gibt entsprechend keinen quantitativen Nachholbedarf. Außerdem gibt es dieser Annahme folgend auch keine relevanten Überkapazitäten, die bei der Ermittlung des Erweiterungsbedarfs berücksichtigt werden müssten.

Die getroffenen Annahmen können in zukünftigen Schätzungen variiert werden und damit beispielsweise auch einen Ausgangspunkt für Modellrechnungen im Zusammenhang mit der im AP6 durchgeführten Meta-Analyse bilden.

5.3 Eingangsp Parameter und Datengrundlage

Das in Kap. 5 5.2 beschriebene Berechnungsmodell wurde für die Schätzung der normativen Investitionsbedarfe für die kommunalen Verkehrsnetze in geeigneter Weise angepasst. Dies betrifft beispielsweise den Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2030 und die Strukturen für die Aggregation der Berechnungsergebnisse. Außerdem musste zunächst eine geeignete Datengrundlage aus den im Projekt bereits erschlossenen Quellen entwickelt werden.

5.3.1 Eingangsp Parameter der Bedarfsschätzung mit InfraBR

Die Schätzungen sollten differenziert für verschiedene Infrastrukturbestandteile, nach Regionen und mit Bezug zur Gemeindegröße (separat auch für Landkreise) erfolgen. Deshalb haben sich aus der Kombination dieser Parameter die verschiedenen zu berücksichtigenden Anlagenkategorien, beispielsweise „Hauptverkehrsstraßen in der Region Osten in Gemeinden mit weniger als 5.000 Einwohnern“, ergeben.

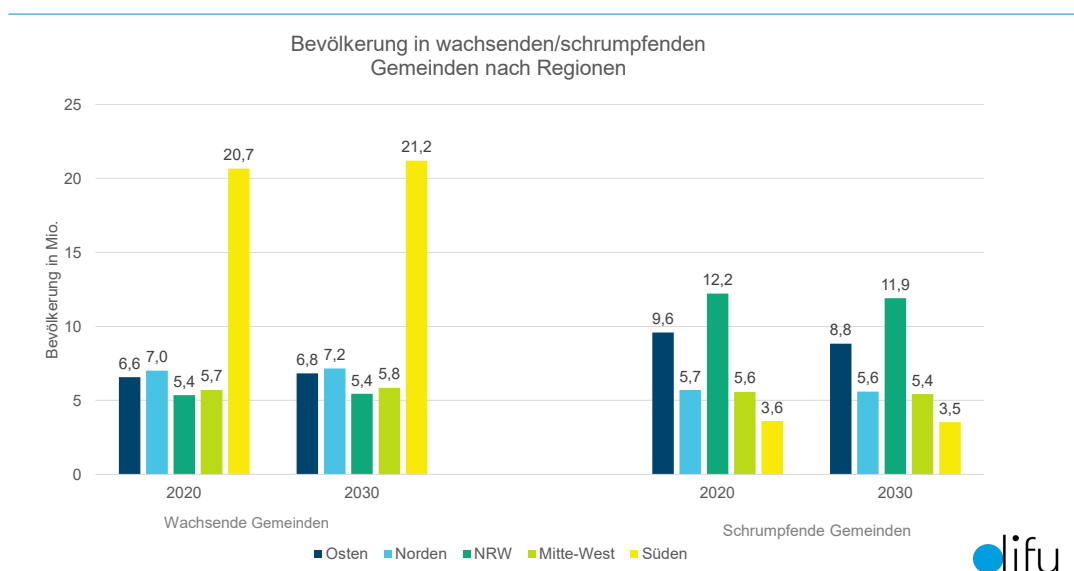
Für diese insgesamt 330 Anlagenkategorien werden Durchschnittswerte für den Buchwert, die Menge (als Länge oder Anzahl), den Zustand und die Bauwerkskosten (Kostensatz pro Mengeneinheit) benötigt. Außerdem müssen in gleicher Differenzierung Angaben zur Gesamtnutzungsdauer sowie zur Restnutzungsdauer im Berechnungsmodell erfasst werden.

Für die Schätzung des Erweiterungsbedarfs wurde die Bevölkerungsentwicklung als wesentlicher Bedarfstreiber angenommen. Der Zusammenhang zwischen den Anforderungen an die Infrastrukturausstattung und der Bevölkerungszahl ist zwar nicht bei allen Infrastrukturbestandteilen gleich stark und wird von anderen Entwicklungen, z.B. Veränderungen der Siedlungsdichte oder des Wirtschaftswachstums, beeinflusst. Dafür sind aber vergleichbar gute Projektionen für diesen Parameter verfügbar²⁷. Um regional

²⁷ Verwendet wurden hier die Ergebnisse der 14. Koordinierten Bevölkerungsvorausbe-rechnung (Basis: 31.12.2018).

unterschiedliche Bevölkerungsentwicklungen in der Bedarfsschätzung berücksichtigen zu können, wurde für jede betrachtete Region ein spezifischer Bedarfstreiber definiert. Insbesondere für die Abschätzung von Erweiterungsbedarfen ist es dabei erforderlich, auch unterschiedliche Entwicklungen innerhalb der betrachteten Regionen zu berücksichtigen. Aus diesem Grund wurden basierend auf den Daten der amtlichen Bevölkerungsprognose wachsende und schrumpfende Städte und Gemeinden ermittelt (vgl. Abb. 33), denen die Infrastrukturbestandteile anschließend anteilig zugeordnet werden konnten.

Abb. 33: Bedarfstreiber Bevölkerungsentwicklung



Quelle: Eigene Darstellung

5.3.2 Zusammenführung der Daten aus vorherigen Arbeitsschritten

Die Infrastrukturbestandteile wurden in den Arbeitspaketen 1 und 2 unterschiedlich stark differenziert. Für eine Zusammenführung der Daten wurden die beiden Strukturen vergleichbar gemacht. Dadurch muss in einzelnen Bereichen auf Detailschärfe verzichtet werden (z.B. keine separate Betrachtung von Hauptverkehrsstraßen und anderen Verkehrsstraßen).

Die nach Anlagenkategorien differenzierten Mengenangaben wurden auf der Grundlage der im AP1 ausgewerteten GIS-Daten zum Umfang der Verkehrsinfrastruktur zusammengestellt. Als Buchwert wurde der bei den Kommunen in AP2 abgefragte bilanzielle Vermögenswert zum 31.12.2020 verwendet und auf eine Mengeneinheit bezogen. Anschließend wurde auf dieser Grundlage der Buchwert für die in der jeweiligen Anlagenkategorie insgesamt erfasste Infrastrukturmenge ermittelt. Mit Hilfe der Angaben zum Alter und den Annahmen zur Gesamtnutzungsdauer wurden auch die historischen Anschaffungs- und Herstellungskosten (AHK) rekonstruiert. Das Berechnungsmodell verwendet diese Werte zur Abschätzung der Baukosten, sofern keine spezifischen Baukostensätze erfasst werden.

Ausgehend von den Befragungsdaten zum Alter der Infrastrukturbestandteile und unter Nutzung von Annahmen über die spezifischen Gesamtnutzungsdauern wurden auch die für das Berechnungsmodell benötigten Restnutzungsdauern ermittelt, wobei sich letztere als Differenz aus den beiden anderen Parametern ergeben.

Der Zustand der Infrastruktur wurde ebenfalls bei den Kommunen abgefragt. Allerdings wurden dabei die jeweiligen Anlagen anteilmäßig auf verschiedene Zustandsklassen verteilt. Für das Berechnungsmodell musste deshalb noch die durchschnittliche Zustandsnote bezogen auf die Anlagenkategorien generiert werden. Die dafür ermittelten Durchschnittswerte gehen von der jeweiligen Klassenmitte aus und berücksichtigen Mengenangaben als Gewichtung, sofern entsprechende Daten vorlagen.

Bei Straßen und Wegen konnten aus den Befragungsdaten auch die durchschnittlichen Bauwerkskosten bezogen auf eine Mengeneinheit abgeleitet werden. Bei den anderen Infrastrukturbestandteilen wurden entsprechende Angaben nicht erfasst. Zum Teil konnten jedoch Werte für durchschnittliche Baukostensätze recherchiert und im Modell ergänzt werden. Das Berechnungsmodell nutzt in den verbleibenden Fällen die AHK als Berechnungsgrundlage. Die Option, die spezifischen Bauwerkskosten aus anderen Quellen in das Modell einzuspeisen, würde insbesondere für die Betrachtung unterschiedlicher Szenarien relevant werden, weil sich die jeweiligen Infrastrukturqualitäten insbesondere durch variierte Kostensätze ausdrücken lassen.

Eine Besonderheit stellt die U-Bahn-Infrastruktur (Strecken und Haltestellen) dar. Aufgrund der im Vergleich mit anderen Bestandteilen der Verkehrsinfrastruktur besonders hohen Bauwerkskosten und der zum Teil sehr langen Nutzungsdauern verbunden mit einer starken räumlichen Konzentration der Anlagen in vier Großstädten erschien die Vorgehensweise zur Generierung der Modelldaten (vgl. Kap. 5 5.2) zu undifferenziert. Aus diesem Grund erfolgte im Zeitraum von Juli bis November 2022 eine zusätzliche Datenerhebung bei den vier Verkehrsunternehmen, die U-Bahn-Netze in Deutschland betreiben. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf einer nach dem Errichtungszeitpunkt differenzierenden Erfassung der Strecken und Haltestellen sowie der Erhebung spezifischer Bauwerkskosten.

5.3.3 Weitere Annahmen

Zu einigen Infrastrukturbestandteilen lieferten die Befragungen der Kommunen und der Verkehrsunternehmen leider nicht hinreichend detaillierte Informationen. Insbesondere zum Alter der betrachteten Anlagen gab es nicht in allen Kategorien Angaben. Um diese Lücken zu schließen, mussten verschiedene Annahmen getroffen werden.

Wenn beispielsweise das durchschnittliche Alter der Anlagen für einen Infrastrukturbereich einer bestimmten Gemeindegrößenklasse nicht vorlag, wurde ein Durchschnittswert (arithmetisches Mittel) aus den verfügbaren Angaben der anderen Größenklassen verwendet.

Bei den Straßenbrücken und -tunneln musste das Alter synthetisch aus den Zustandsnoten abgeleitet werden. Bei allen entsprechenden Infrastrukturbestandteilen mit einer durchschnittlichen Zustandsnote besser als 2,5 wurde davon ausgegangen, dass das Alter bei der Hälfte der regelmäßigen Nutzungsdauer liegt, und pauschal auf 50 Jahre festgesetzt. Bei einem schlechteren Zustand wurde das Alter so eingestellt, dass ein Ersatz der Anlage innerhalb des Betrachtungszeitraums bis zum Jahr 2030 erfolgen müsste.

Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass die Modellbetrachtungen nicht auf einzelne konkrete Bauwerke abstellen, sondern auf der Basis eines Mengengerüsts und empirisch erfasster Durchschnittswerte erfolgen.

5.4 Normative Schätzung der Investitionsbedarfe in den ausgewählten Bereichen der Verkehrsinfrastruktur – Ergebnisse

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse wurden mit Hilfe der beschriebenen Methodik und mit der zum Berichtszeitpunkt vorliegenden Datenbasis ermittelt. Darüber hinaus mussten verschiedene Annahmen getroffen werden (vgl. Kap. 5.3). Sowohl die Eingangsdaten als auch die getroffenen Annahmen wurden im Projektverlauf mehrfach geprüft und verifiziert. Daraus haben sich ggf. Anpassungen ergeben, die der Grund für die Abweichungen zu früheren Zwischenberichten sind.

Die im Folgenden differenziert für die betrachteten Infrastrukturbereiche dargestellten Investitionsbedarfe addieren sich bis zum Jahr 2030 auf insgesamt 372 Mrd. Euro.

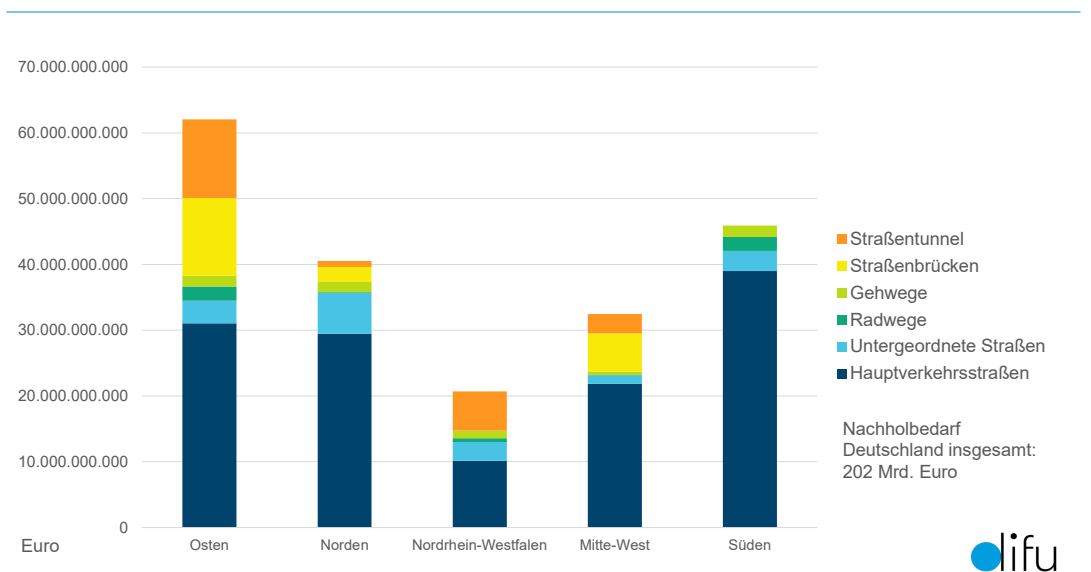
5.4.1 Investitionsbedarfe bei kommunalen Straßen

Die normative Bedarfsschätzung ergibt für den Bereich der kommunalen Straßen einen Nachholbedarf von insgesamt rund 202 Mrd. Euro. Investitionen in dieser Größenordnung wären nötig, um zum jetzigen Zeitpunkt in diesem Teilbereich ein Verkehrssystem zu schaffen, das bei einer Durchschnittsbetrachtung eine ausgewogene Altersstruktur aufweist und damit insgesamt langfristig in einem den heutigen Anforderungen entsprechenden Maße betrieben werden kann. Der Investitionsbedarf verteilt sich dabei regional unterschiedlich, auch was das jeweilige Gewicht der einzelnen Infrastrukturbestandteile betrifft (vgl. Abb. 34). Der Schwerpunkt des Nachholbedarfs liegt in allen Regionen vornehmlich bei den Hauptverkehrsstraßen.

Ein hoher Nachholbedarf ist vor allem ein Zeichen dafür, dass die Altersstruktur in der Infrastruktur so verschoben ist, dass der Anteil der Anlagen in der zweiten Hälfte der üblichen Nutzungsdauer größer ist als der Teil der jüngeren Anlagen (erste Hälfte der Nutzungsdauer). Es ist also im Bereich der kommunalen Straßen davon auszugehen, dass in den nächsten Jahrzehnten überdurchschnittlich viele Straßen das Ende ihrer formalen Nutzungsdauer erreichen und umfassend saniert werden müssen.

Der Nachholbedarf könnte prinzipiell durch ein entsprechend umfangreiches Sofort-Investitionsprogramm abgebaut werden. Dies ist aber in der Regel nur dann sinnvoll, wenn ausschließlich alte Anlagen ersetzt werden, die keine verbleibende Restnutzungsdauer haben. Insbesondere im Bereich der kommunalen Straßen sind außerdem technische und finanzielle Grenzen sowie die notwendige Verkehrsorganisation zu berücksichtigen. Ein Abbau des Nachholbedarfs erfolgt darüber hinaus aber auch dann, wenn die sukzessive ans Ende ihrer Nutzungsdauer gelangenden Infrastrukturbestandteile ersetzt werden, wodurch eine „Verjüngung“ des Verkehrsinfrastrukturbestandes erreicht wird.

Abb. 34: Nachholbedarf bei kommunalen Straßen nach Bestandteilen und Regionen



Quelle: Eigene Darstellung

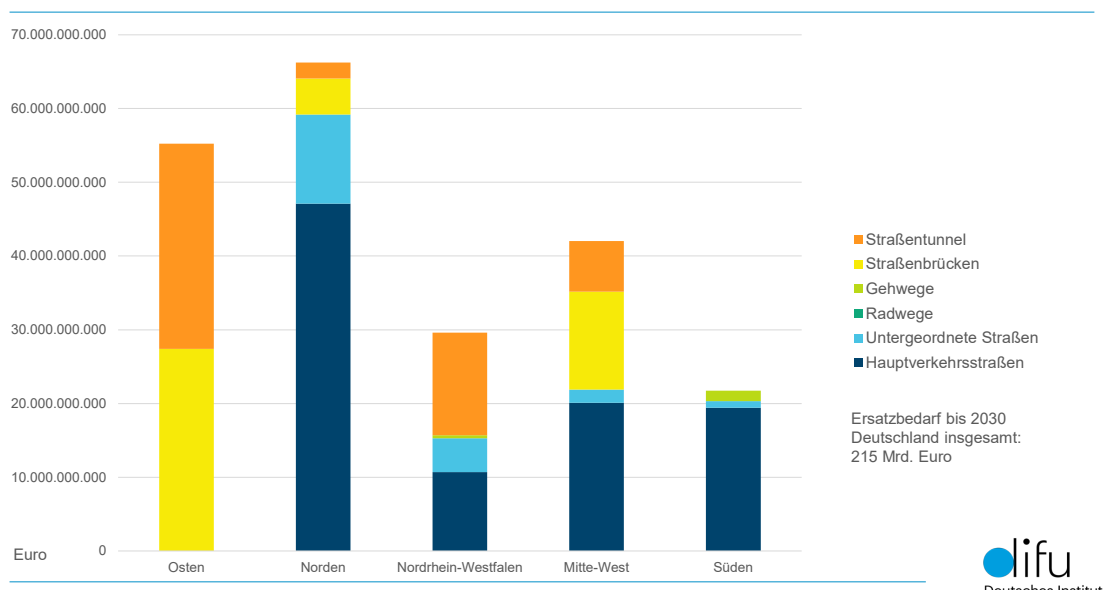
Vor diesem Hintergrund ist ein Blick auf den Ersatzbedarf bei den kommunalen Straßen und Wegen bis zum Jahr 2030 sinnvoll.

Das Modell zur Schätzung der normativen Infrastruktur- und Investitionsbedarfe beziffert den Ersatzbedarf in diesem Bereich auf rund 215 Mrd. Euro. Deutliche Schwerpunkte werden bei den Ingenieurbauwerken, wie beispielsweise Tunneln und Brücken, in der Region Osten sowie bei den Hauptverkehrsstraßen in der Region Mitte-West erkennbar (vgl. Abb. 35).

Durch eine zeitgerechte Realisierung der entsprechenden Ersatzinvestitionen könnte auch ein deutlicher Teil des Nachholbedarfs abgebaut werden. Es wird an dieser Stelle deutlich, dass die beiden Bedarfskategorien bei der hier erfolgten stark aggregierten Betrachtung nicht additiv gesehen werden können. Vielmehr handelt es sich um zwei sich ergänzende Perspektiven auf den jeweiligen Infrastrukturbereich.

Dass diese beiden Bedarfskategorien nicht klarer voneinander abzugrenzen sind, liegt auch an der vergleichsweise langen Nutzungsdauer der meisten hier betrachteten Anlagenkategorien (bis zu 100 Jahre) und am dagegen relativ kurzen Betrachtungshorizont von zehn Jahren. So bestehen nach den Befragungsergebnissen z.B. nur für einen geringen Anteil der Hauptverkehrsstraßen im Osten und Norden Ersatzbedarfe. Auch Ersatzinvestitionen, die erst in 15 oder 20 Jahren anstehen, können in einzelnen Bereichen noch zu einem Abbau des Nachholbedarfs beitragen.

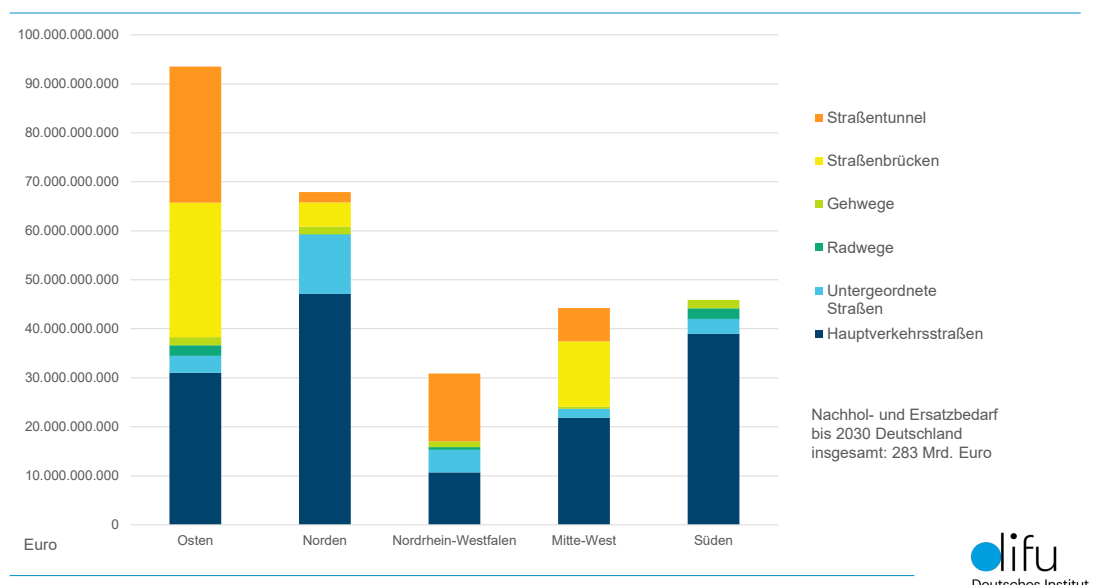
Abb. 35: Ersatzbedarf bei kommunalen Straßen nach Bestandteilen und Regionen



Quelle: Eigene Darstellung

Unter zwei Voraussetzungen lassen sich die beiden Bedarfskategorien trotzdem zusammenführen. Zum einen muss die Annahme gelten, dass Ersatzbedarf bedient wird, indem die ältesten Anlagen zuerst ersetzt werden. Das würde auch den Nachholbedarf reduzieren. Außerdem wird angenommen, dass wenn Nachholbedarf abgebaut wird, dies dann immer durch den Ersatz der jeweils ältesten Anlagen geschieht. Unter diesen Bedingungen kann jeweils der größere Wert aus den beiden Bedarfskategorien für eine Gesamtbetrachtung übernommen werden. Der **zusammengefasste Nachhol- und Ersatzbedarf bei der Straßenverkehrsinfrastruktur beträgt dann mit Blick auf das Jahr 2030 rund 283 Mrd. Euro** (vgl. Abb. 36).

Abb. 36: Zusammengefasster Nachhol- und Ersatzbedarf Straßenverkehrsinfrastruktur



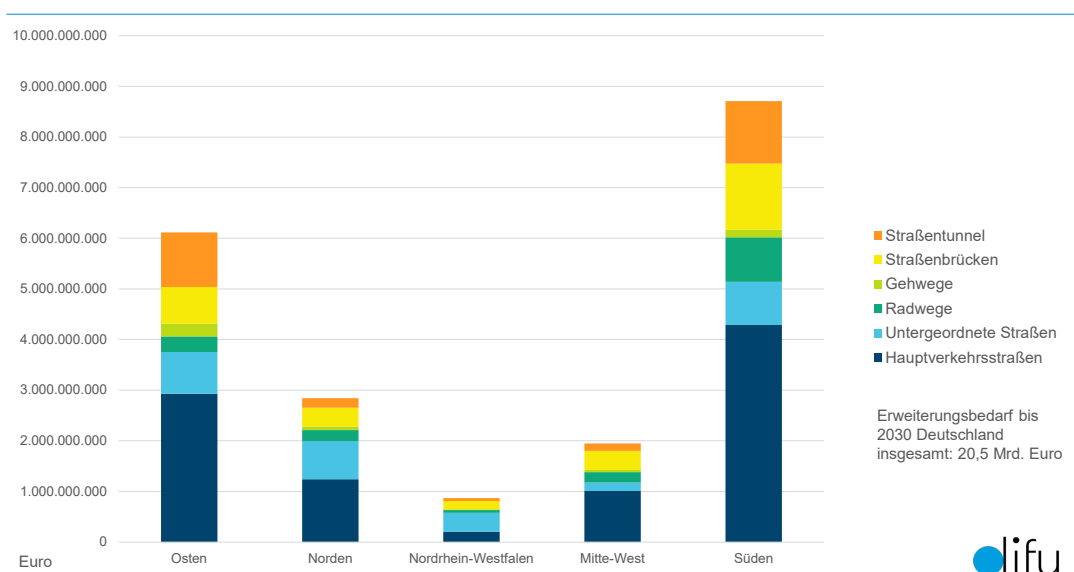
Quelle: Eigene Darstellung

Als dritte Bedarfskategorie liefert die Modellrechnung Erkenntnisse zu den zu erwartenden Erweiterungsbedarfen. Es wurde bereits dargestellt, dass dabei die demografische Entwicklung in den Regionen als Bedarfstreiber zugrunde

gelegt wurde. Um die auch in insgesamt eher schrumpfenden Regionen erkennbaren Wachstumsprozesse mit den dadurch verbundenen Erweiterungsbedarfen abbilden zu können, wurden die im AP1 erfassten Infrastrukturmengen anteilig auf die schrumpfenden und wachsenden Landkreise innerhalb der Regionen nach Angaben der vom BBSR entwickelte Typologie²⁸ aufgeteilt. Der Erweiterungsbedarf basiert auf der anschließend durchgeführten Modellrechnung für die wachsenden Teile der Regionen.

Bei den kommunalen Straßen und Wegen sowie den damit verbundenen Ingenieurbauwerken ist in den nächsten zehn Jahren mit einem normativen Erweiterungs-Investitionsbedarf in Höhe von rund 20,5 Mrd. Euro zu rechnen. Der mit Abstand größte Teil entfällt auf die Region Süden, in der besonders viele Landkreise mit einer positiven Bevölkerungsprognose zu finden sind (vgl. Abb. 37). Im Osten ist es insbesondere das Wachstum Berlins, das den Investitionsbedarf treibt.

Abb. 37:
Erweiterungsbedarf bei kommunalen Straßen nach Bestandteilen und Regionen



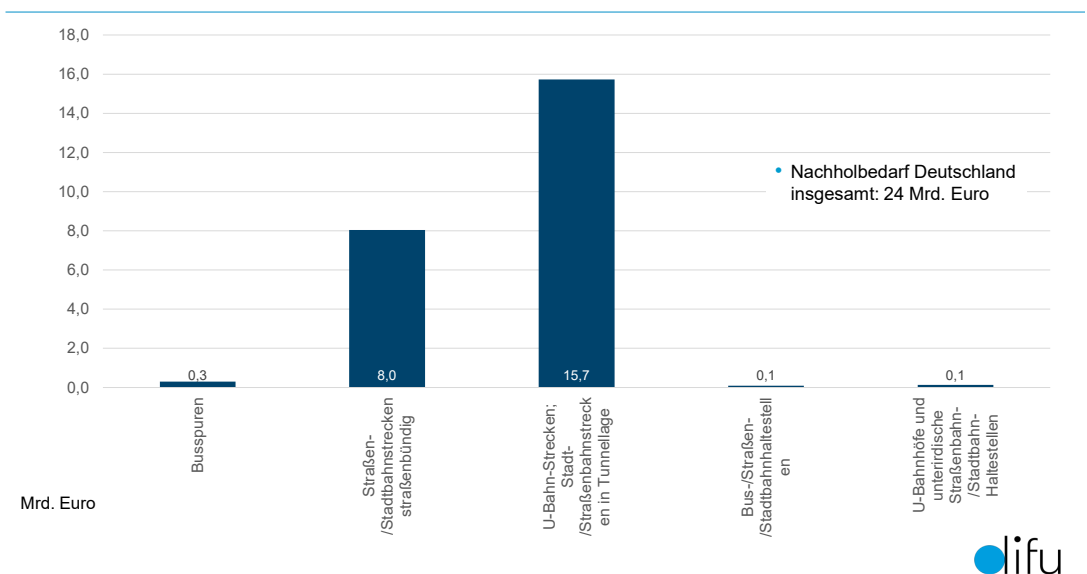
Quelle: Eigene Darstellung

5.4.2 Investitionsbedarfe beim ÖPNV

Analog zur Bedarfsschätzung im Bereich der kommunalen Straßenverkehrsinfrastruktur erfolgte auch eine Betrachtung des öffentlichen Personennahverkehrs in kommunaler Aufgabenhoheit. Neben dem ebenfalls im AP1 entwickelten Mengengerüst wurden dabei Angaben aus einer Befragung der kommunalen Verkehrsunternehmen (AP3) verwendet.

²⁸ <https://gis.uba.de/maps/resources/apps/bbsr/index.html>, Zugriff 10.5.2022.

Abb. 38: Nachholbedarf beim kommunalen ÖPNV nach Bestandteilen

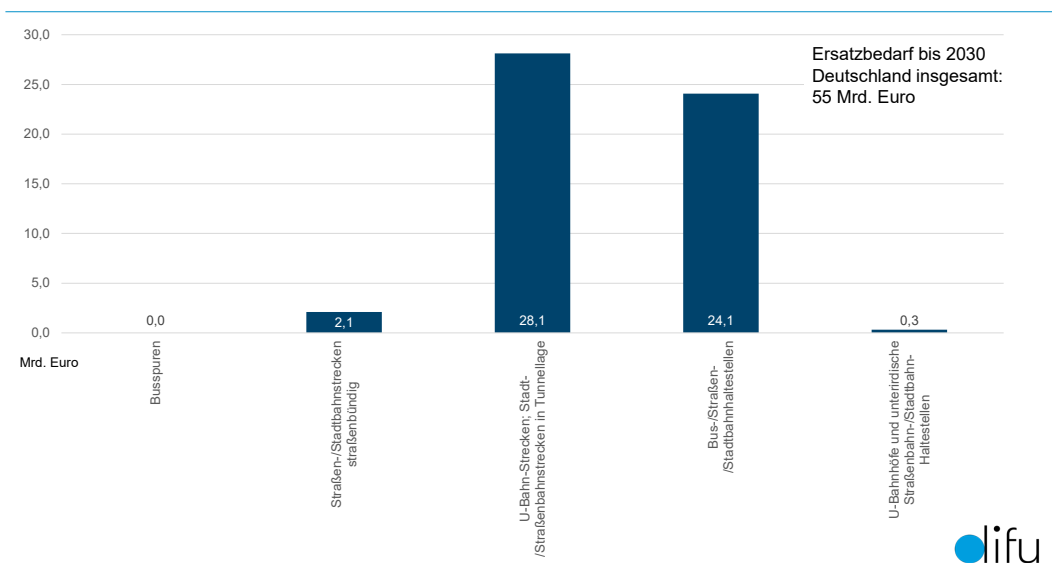


Quelle: Eigene Darstellung

Aus der Modellrechnung ergibt sich ein normativer Nachholbedarf bei der kommunalen ÖPNV-Infrastruktur in Höhe von etwas mehr als 24 Mrd. Euro (vgl. Abb. 38). Der größte Teil entfällt dabei auf U-Bahn- sowie Stadt-/Straßenbahnstrecken in Tunnellage. Ausschlaggebend sind dabei vor allem die besonders hohen spezifischen Baukosten, die für den Ersatz oder zumindest eine grundhafte Sanierung beispielsweise eines U-Bahn-Tunnels anfallen würden. Ebenfalls von besonderer Bedeutung ist der Nachholbedarf bei straßenbündigen Straßen- und Stadtbahnstrecken (einschließlich Strecken mit besonderem Bahnkörper). In diesem Bereich sind die spezifischen Baukosten zwar deutlich geringer. Dafür ist der Umfang der bereits in der zweiten Hälfte der üblichen Nutzungsdauer befindlichen Anlagen entsprechend groß.

Ersatzbedarf zeigt das Berechnungsmodell im Betrachtungszeitraum in allen Regionen im Umfang von insgesamt 55 Mrd. Euro erneut vor allem bei den U-Bahn- sowie Stadt-/Straßenbahnstrecken in Tunnellage, ansonsten vor allem bei den Bus-/Straßen-/Stadtbahnhaltestellen (vgl. Abb. 39). Für die übrigen Anlagen wird aufgrund der langen Nutzungsdauern und der nur grob abgebildeten Altersstrukturen ein relativ geringer Ersatzbedarf innerhalb des Betrachtungszeitraums ausgewiesen.

Abb. 39: Ersatzbedarf beim kommunalen ÖPNV nach Bestandteilen

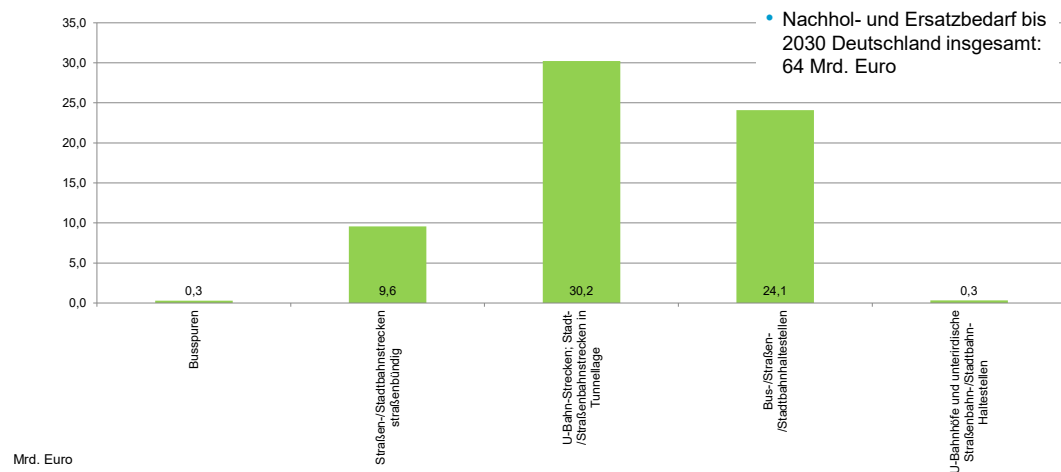


Quelle: Eigene Darstellung

Auch bei der ÖPNV-Infrastruktur dürfen Nachhol- und Ersatzbedarf nicht einfach addiert werden (vgl. Kap. V 5.4.1.). Unter den gleichen Voraussetzungen wie bei der Straßenverkehrsinfrastruktur kann der **zusammengefasste Nachhol- und Ersatzbedarf** in diesem Bereich bis 2030 auf 64 Mrd. Euro beziffert werden (vgl. Abb. 40).

Abb. 40: Zusammengefasster Nachhol- und Ersatzbedarf ÖPNV-Infrastruktur

Nachhol- und Ersatzbedarf ÖPNV-Infrastruktur bis 2030

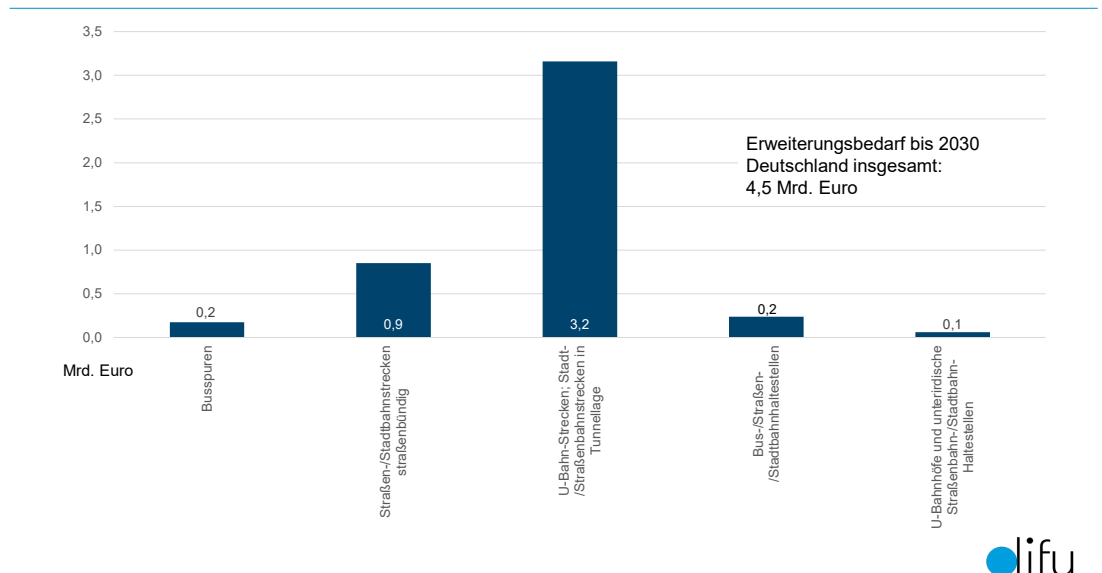


Quelle: Eigene Darstellung

Eine Erweiterung der ÖPNV-Infrastruktur führt im Zeitraum bis 2030 vor allem für U-Bahn- sowie Stadt-/Straßenbahnstrecken in Tunnellage zu größeren Investitionsbedarfen. Hier spielen erneut die hohen spezifischen Bauwerkskosten eine Rolle. Aber auch die in wachsenden Städten zusätzlich benötigten straßenbündigen Straßen-/Stadtbahnstrecken erfordern entsprechende Investitionen. Insgesamt liefert das Modell auf der Basis der vorhandenen Infrastruktur und unter Berücksichtigung der Bevölkerungsprognosen einen **Erweiterungsbedarf von rund 4,5 Mrd. Euro** (vgl. Abb. 41).

Im Vergleich zum ermittelten Erweiterungsbedarf bei der Straßeninfrastruktur und zu den anderen Bedarfskategorien ist das ein kleiner Wert. Vor dem Hintergrund der Entwicklung eines nachhaltigen Verkehrssystems wird das Thema Erweiterung der ÖPNV-Infrastruktur aber sehr wahrscheinlich in Zukunft eine deutlich größere Rolle spielen. Diese These weiter auszudifferenzieren und mit konkreten Erkenntnissen zu untersetzen, war Gegenstand im AP6.

Abb. 41:
Erweiterungsbedarf
beim kommunalen
ÖPNV nach
Bestandteilen und
Regionen



Quelle: Eigene Darstellung

5.5 Investitionsbedarfe kommunaler Verkehrsinfrastruktur – Kernaussagen

Aus der Abschätzung der zur Erfüllung der heutigen Anforderungen an das kommunale Verkehrssystem erforderlichen Investitionsbedarfe ergeben sich insbesondere die folgenden Erkenntnisse:

- Im laufenden Jahrzehnt werden schätzungsweise Investitionen in die kommunale Verkehrsinfrastruktur im Umfang von 372 Mrd. Euro erforderlich – der größte Teil für den Ersatz maroder Anlagen und Bauwerke.
- Basierend auf dem Alter und dem erfassten Zustand der betrachteten Elemente der Verkehrsinfrastruktur ergibt sich ein erheblicher Nachholbedarf, der auf einen erheblichen Substanzverzehr in der Vergangenheit hinweist.
- Große Teile der heute genutzten Infrastruktur werden bis zum Jahr 2030 das Ende ihrer Nutzungsdauer erreichen und ersetzt werden müssen.
- Wenn Sanierungen und Ersatzbauten zunächst für die ältesten Anlagen realisiert werden, können Nachhol- und Ersatzbedarf gleichermaßen reduziert werden.
- Erfolgt der im Betrachtungszeitraum anstehende Ersatz nicht rechtzeitig, führt dies zu neuem Nachholbedarf.
- Der überwiegende Teil der Investitionsbedarfe (303,5 Mrd. Euro) betrifft den Straßenverkehr. Den Schwerpunkt für die erforderlichen Investitionen bilden Maßnahmen im Bereich der Hauptverkehrsstraßen.

- Nur etwas weniger als ein Fünftel der Investitionsbedarfe entfällt auf die Fortschreibung des Status quo beim ÖPNV (68,5 Mrd. Euro).
- Die Investitionsbedarfe für den ÖPNV werden einerseits durch den Ausbau der U-Bahn-Strecken mit sehr hohen spezifischen Baukosten und andererseits durch eine große Anzahl im Einzelnen vergleichsweise günstiger Bus-, Straßen- und Stadtbahnhaltestellen dominiert.
- Auf die Erweiterung der Verkehrsnetze entfällt in der Gesamtbetrachtung nicht einmal jeder fünfzehnte benötigte Euro.

6. Auswirkungen einer Verkehrswende auf die Investitionsbedarfe (AP6)

Die im Rahmen von AP4 und 5 vorgenommenen Hochrechnungen schreiben den Status quo ohne wesentliche strukturelle, organisatorische oder technologische Änderungen der betrachteten Infrastruktursysteme fort. Sie bilden damit das Referenz- bzw. „Business-as-usual“-Szenario (BAU-Szenario).

Unter Berücksichtigung aktueller gesellschaftspolitischer Entwicklungen, z.B. der Forderung nach einer grundlegenden Verkehrswende, und anderer übergeordneter Trends (z.B. Klimawandel, demografischer Wandel, Digitalisierung etc.) ergeben sich darüber hinaus Erweiterungs- und Transformationsbedarfe, die ihrerseits zusätzliche Investitionen oder zumindest eine andere Schwerpunktsetzung bei den Investitionen erforderlich machen könnten. Erste Vorüberlegungen und Abstimmungen zu den relevanten Entwicklungstrends und weiteren in die Analyse einzubeziehenden Aspekten waren deshalb bereits Gegenstand im Rahmen des Auftaktgespräches im AP1.

Ausgehend von diesen Vorüberlegungen und aufbauend auf den für das BAU-Szenario vorgenommenen Schätzungen wurden im Rahmen des Vorhabens insbesondere die sich aus einer Verkehrswende ergebenden Auswirkungen auf den Infrastrukturbedarf und die damit zusammenhängenden Investitionen betrachtet.

6.1 Verkehrswende und nachhaltige Mobilität

Der Begriff Verkehrswende ist als Analogie zur bereits vor rund 40 Jahren angestoßenen Diskussion um die Energiewende entstanden. Diese umriss einen sehr systematischen Ansatz zum Umbau des Energiesektors (Hesse, 2018). Es sollte dabei nicht nur an Symptomen einer aus dem Ruder laufenden Entwicklung angesetzt werden, sondern es ging um einen sehr umfassenden sozialen, ökonomischen und ökologischen Wandel. Diesem Vorbild folgend, wurden die konzeptionellen Eckpunkte der Verkehrswende als Dreiklang aus Verkehrsvermeidung, -verlagerung und -verbesserung, im Sinne einer verträglichen Organisation, verstanden. Im Vordergrund sollen dabei die Mobilitätsbedürfnisse und deren Befriedigung stehen. Die Verkehrsmittel und ihre Infrastrukturen werden erst in zweiter Linie betrachtet. Allerdings sind vor allem Letztere ein wichtiges Element im erforderlichen Transformationsprozess. Zum Teil werden Veränderungen erst durch einen Umbau der Infrastruktur möglich. Zum Teil macht der Wandel Anpassungen erforderlich oder lässt diese erst sinnvoll erscheinen.

Während es beim Begriff Verkehr vor allem um die räumliche Fortbewegung von Personen, Gütern und Nachrichten geht, ist der Mobilitätsbegriff vielschichtiger (Schopf, 2001). Zunächst wurde er vor allem im Zusammenhang mit sozialen Phänomenen insbesondere beim Wohnsitzwechsel sowie bei sozialen Auf- und Abstiegen, d.h. also für Bewegungen, Veränderungen und Vorgänge innerhalb der Bevölkerung, verwendet. Neben dieser sozialen Mobilität wird heute das möglichkeitserweiternde Moment von Mobilität betont. Sie bietet das Potenzial zur Beweglichkeit und damit die Chance zu einer gewissen Unabhängigkeit von räumlichen Beschränkungen und zur Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen. D.h. Mobilität ist nicht zwangsläufig mit Verkehr verbunden, sondern definiert die Möglichkeit der Aktivitätenausübung zur Bedürfnisbefriedigung. Eine engere verkehrsbezogene Bedeutung erhält der

Mobilitätsbegriff, wenn damit der Prozess einer räumlichen Bewegung von Personen und Gütern in Form einer täglich wiederkehrenden (außerhäuslichen) Aktivität abgebildet wird. Diese räumliche Mobilität wird dann als Häufigkeit von Ortsveränderungen einer Person in einem bestimmten Zeitrahmen als Verkehr messbar. Sie ist in diesem Sinne Bedürfnis, Ursache, Zweck oder Aufgabe, während der Verkehr letztlich nur ein Instrument zur Umsetzung von Mobilität darstellt (Becker, 2015). Für Gütermobilität gilt das analog. Letztlich wird damit der extrinsische Charakter von Verkehr beschrieben.

Mit der Verwendung des Mobilitäts- anstelle des Verkehrsbegriffs soll betont werden, dass der Gegenstand umfassender zu denken ist. Neben der empirisch beobachtbaren physischen Bewegung von Menschen und Gütern im Straßenraum sind auch die damit verknüpften Bedeutungen und gesellschaftlichen Sinnhorizonte gemeint (Manderscheid, 2020).

Von einer nachhaltigen Mobilität kann vor diesem Hintergrund gesprochen werden, wenn veränderte Bedürfnisse insbesondere die Verkehrsvermeidung und -verlagerung ermöglichen bzw. zum Gegenstand haben und die Potenziale einer (gesellschaftlich) verträglichen Verkehrsorganisation gehoben werden. Nachhaltigkeit meint im Kontext Mobilität vor allem die Reduzierung von negativen Auswirkungen des Verkehrs auf die Umwelt (z.B. hinsichtlich der CO₂-Emissionen) und die Raumnutzung, aber ohne eine Beschränkung der Mobilität an sich (Becker, 2015). Aufgrund des extrinsischen Charakters des Verkehrs wäre die „verkehrslose“ Mobilität die nachhaltigste, weil so Mobilität möglich wäre ohne Ressourcenverbrauch. Diesem Ideal kommen Webkonferenzen und Homeoffice sehr nah. Insbesondere bei der Gütermobilität ist das nur sehr eingeschränkt möglich, weil Produkte meist nicht am Herstellungsort gebraucht werden. Das Ziel einer nachhaltigen Mobilitätsgestaltung muss deshalb die möglichst geringe Generierung von Verkehrsdistanzen sein (z.B. durch städtebauliche Ansätze wie die Mischnutzung, 15-Min-Stadt oder regionale Wirtschaftskreisläufe).

Die Ausgestaltung einer solchen nachhaltigen Mobilität und damit insbesondere der zur Umsetzung erforderlichen Verkehrsinfrastruktur verfügt über viele Freiheitsgrade. Ziel der durchgeführten Meta-Analyse war es deshalb zunächst, die verschiedenen derzeit diskutierten zukünftigen Entwicklungsmöglichkeiten abzubilden und entlang erkennbarer Schwerpunkte zu einem Meta-Szenario zu verdichten. Betrachtet wurden sowohl alternative Szenarien (Zukunftsbilder) als auch mögliche Wege, die dazu führen könnten. Die (hypothetische) Beschreibung verschiedener Umsetzungsvarianten und die Ableitung der zu erwartenden Auswirkungen auf die Investitionsbedarfe für die Verkehrsinfrastruktur sollen insbesondere die Einfluss- bzw. Steuerungsmöglichkeiten durch involvierte Akteure aufzeigen.

6.2 Methodik der Meta-Analyse

Wesentlicher methodischer Baustein war eine systematische Auswertung bereits vorliegender Studien zur Verkehrswende bzw. nachhaltigen Mobilität. Diese Studien beziehen sich häufig auf Teilbereiche der Verkehrswende und betrachten beispielsweise Gestaltungsfelder wie Elektromobilität, Sharing Economy oder Rad- und Fußverkehr isoliert und aus einer spezifischen Perspektive. Im Sinne einer Meta-Analyse wurden Studien zusammengeführt, die im laufenden wissenschaftlichen und politischen Diskurs bereits zur Kenntnis genommen worden sind, einen Fokus auf Infrastruktur richten und eine akzeptable methodische Qualität aufweisen. Dadurch konnten eine übergreifende Perspektive und eine inhaltliche Integration über einzelne Infrastrukturbausteine hinweg erreicht werden.

Zu Beginn des Vorhabens wurden bereits im Rahmen des Auftaktgesprächs das Vorgehen und die einzubeziehenden Studien besprochen. Auch die Auftraggeber wurden gebeten, Studien für die Meta-Analyse zu benennen, die aus ihrer Sicht besonders geeignet scheinen. Darüber hinaus wurden die Literaturdatenbank ORLIS genutzt sowie eine Online-Recherche nach digital verfügbaren Dokumenten durchgeführt. Insgesamt wurden 105 Einzelveröffentlichungen und Sammelbände (vgl. Anhang A.1) mit jeweils mehreren relevanten Beiträgen in die Analyse einbezogen (vgl. Abb. 42).

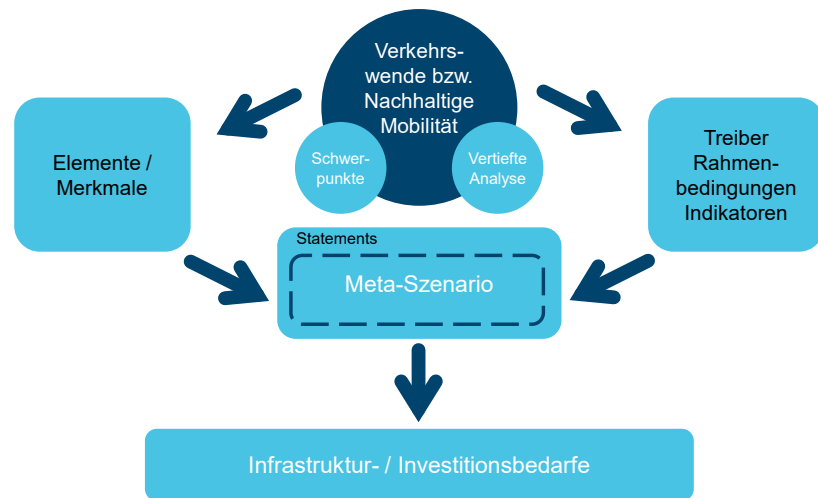
Abb. 42: Überblick Literaturrecherche



Quelle: Eigene Darstellung

In einer ersten Analysephase wurden die gesammelten Materialien hinsichtlich ihrer inhaltlichen Ausrichtung mit Schlagworten versehen, so dass ein Überblick über die thematischen Schwerpunkte entstehen konnte. Für die identifizierten Schwerpunkte erfolgten dann in einem zweiten Analyseschritt eine vertiefende Auswertung der Literatur und eine systematisierte Aufbereitung der Inhalte insbesondere hinsichtlich der Merkmale bzw. prägenden Elemente eines nachhaltigen Verkehrssystems (vgl. Abb. 43). Den Rahmen für das auf dieser Grundlage in einem dritten Schritt entwickelte Meta-Szenario bilden insgesamt dreizehn Statements, die jeweils für einen zentralen Aspekt des Szenarios stehen. Diese Statements wurden untersetzt mit den wesentlichen im Diskurs thematisierten Aspekten zur Beschreibung des Status quo sowie mit Hinweisen auf erkennbare Veränderungstreiber, Rahmenbedingungen und Wirkungsindikatoren. Im letzten Schritt wurden die in der Literatur diskutierten Auswirkungen auf die Infrastrukturbedarfe mit eigenen Schlussfolgerungen aus der Meta-Analyse zusammengeführt und in den Kontext des Vorhabens insgesamt gestellt.

Abb. 43: Methodische Bausteine



Quelle: Eigene Darstellung

Inwiefern das Meta-Szenario einer erfolgreichen Umsetzung nachhaltiger Mobilität entsprechen würde und ob damit beispielsweise ein angemessener Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung geleistet werden würde, war nicht primär Forschungsziel der Analyse. Gleichwohl lieferte die Recherche auch dazu einige Erkenntnisse, die zur besseren Einordnung der infrastrukturbezogenen Ergebnisse genutzt wurden.

6.3 Wesentliche Transformationsbereiche

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden zunächst erkennbare Transformationsbereiche abgegrenzt und hinsichtlich einzelner prägender Merkmale konkretisiert. Ausgehend von der aktuellen Literatur setzt der Diskurs zur Verkehrswende bzw. zur nachhaltigen Mobilität bei den Nutzenden von Verkehrsangeboten und deren Verhalten, bei den eingesetzten Technologien, bei den Verkehrsmitteln und deren Anbietern, bei verschiedenen Formen der Bereitstellung von Verkehrsmitteln, beim Ortswechsel als zentralem Gegenstand bzw. Ziel von Verkehr und zu guter Letzt bei der benötigten Infrastruktur an (vgl. Abb. 44).

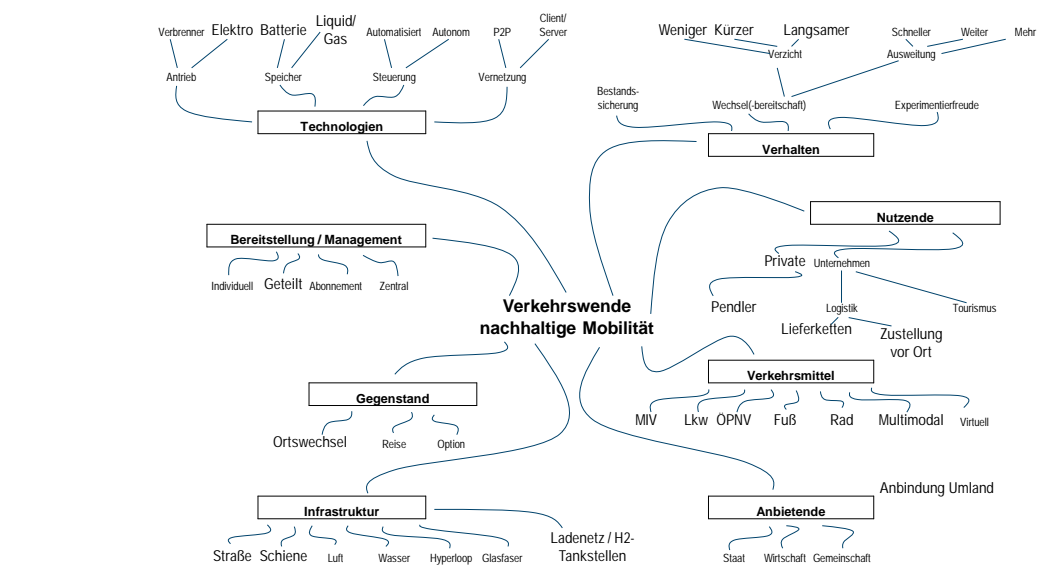
Unterhalb dieser Ebene konnten jeweils weitere wesentliche Diskussionsthemen abgegrenzt werden. Entsprechend der Anzahl der Publikationen, in denen diese Aspekte thematisiert wurden, lassen sich dabei einige Schwerpunkte ausmachen. So wird im Transformationsbereich Verhalten beispielsweise die erforderliche Veränderung bzw. Wechsel(bereitschaft) betrachtet und dabei in der Mehrheit der einbezogenen Literaturquellen im Sinne einer Reduzierung bzw. eines Verzichts interpretiert. Bei den Technologien fokussiert der Diskurs in besonderer Weise auf elektrische Fahrzeugantriebe und die dafür notwendigen Energiespeicher. Im Transformationsbereich Bereitstellung wird am aktuellen Rand der Diskussion insbesondere auf geteilte Angebote (Sharing) geschaut.

Die ermittelten Schwerpunkte des aktuellen Diskurses bilden den Rahmen für die Beschreibung eines Meta-Szenarios, das die verschiedenen Teilaspekte der Verkehrswende in einem übergreifenden Zukunftsbild zusammenführt.

Bereits bei diesem ersten strukturierenden Analyseschritt wird erkennbar, dass auf die Ausgestaltung der Verkehrswende bzw. einer nachhaltigen Mobilität verschiedene Rahmenbedingungen ihren Einfluss ausüben. So ist der Diskurs über neue Antriebstechnologien insbesondere deshalb möglich, weil es einen übergeordneten technologischen Wandel gibt, der mit einem Bedeutungsgewinn u.a. von lokalen Klimaschutzmaßnahmen einhergeht. Veränderungen der Mobilitätsbedürfnisse und des Verkehrsverhaltens werden durch Veränderungen in der Arbeitswelt und insbesondere durch die Digitalisierung als Megatrend angestoßen bzw. ermöglicht. Die Wahl des Verkehrsmittels wird unter anderem durch die damit verbundenen Kosten beeinflusst und stellt so auch eine soziale Frage im Rahmen eines gesellschaftlichen Wertewandels dar.

Abb. 44: Schwerpunkte eines nachhaltigen Verkehrssystems

Schwerpunkte eines nachhaltigen Verkehrssystems



Quelle: Eigene Darstellung

6.4 Verkehr und nachhaltige Mobilität im Meta-Szenario

Die Verdichtung der Erkenntnisse aus den ausgewerteten Diskussionsbeiträgen lässt erkennen, dass der Diskurs rund um die Verkehrswende und eine nachhaltige Mobilität mit besonderem Blick auf die Überwindung des Raums im Sinne eines physischen Ortswechsels geführt wird.

Dabei werden vorrangig die Individual- und Pendlerverkehre, d.h. die durch individuelle Akteure bewältigten Wege thematisiert. Einen weiteren Schwerpunkt bilden die Betrachtung von Lieferketten insbesondere auf der Kundenseite und dabei insbesondere die Zustellung beim Endkunden. Andere Verkehre, beispielsweise auf der Produzentenseite von Lieferketten, Fahrten zum Selbstzweck und Reisen im touristischen Bereich bilden im Ergebnis der Analyse keinen zentralen Baustein der Verkehrswende im Meta-Szenario, obwohl beispielsweise der Urlaubs- und Freizeitverkehr im Jahr 2019 laut Umweltbundesamt mit rund 40,7 % den größten Anteil an der Personenverkehrsleistung hatte (Umweltbundesamt [UBA], 2023). Auch das möglicherweise erweiternde Moment von Mobilität und das als Mobilität verstandene Potenzial für Beweglichkeit im räumlichen wie auch im gesellschaftlichen

Sinne bleiben im Diskurs außen vor bzw. stehen zumindest nicht im Vordergrund.

Auch wenn die Verkehrswende im Grundsatz vom Dreiklang aus Verkehre vermeiden, verlagern und besser organisieren ausgeht, dominiert im Diskurs die Verlagerung insbesondere vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den Umweltverbund sowie vom Lkw-Verkehr auf den Bahnverkehr. Im Mittelpunkt stehen also die Verkehrsbereiche MIV, ÖV/Bahnverkehr, Radverkehr und Lkw-Verkehr (Straßengüterverkehr).

Abb. 45: Verkehrswende im Meta-Szenario

Die prägenden Aspekte der Verkehrswende im Meta-Szenario



Quelle: Eigene Darstellung

Die bessere Organisation des Verkehrs kommt insbesondere bei multimodalen Verkehrsleistungen ins Spiel. Dabei geht es um eine möglichst reibungslose und komfortable Kombination der verschiedenen Verkehrsträger mit dem Ziel, den Anteil des ÖV an den Wegen und zurückgelegten Strecken zu erhöhen. Insbesondere in diesem Zusammenhang kommt auch dem Fuß- und Radverkehr eine besondere Rolle zu, die deshalb auch im Meta-Szenario zu berücksichtigen ist.

Weil der Fokus bei der angestrebten Verkehrswende dem aktuellen Diskurs zufolge nicht so sehr auf der Vermeidung von Verkehren liegt und Beschränkungen eine nachhaltige Mobilität infrage stellen würden, bleibt gewohntes Verhalten im Meta-Szenario weiter möglich. Individueller Verzicht wird jedoch aufgrund veränderter Kostenstrukturen und beispielsweise durch Komfortverluste bei den verstärkt in Anspruch genommenen Verkehrsangeboten im Meta-Szenario ebenfalls eine Rolle spielen.

Die bessere Organisation wird häufig mit einer stärkeren geteilten Nutzung von Fahrzeugen (Sharing-Angebote) verbunden. Im Idealfall wird dadurch ein effizienterer Ressourceneinsatz möglich. Weil dafür zumindest zum Teil Verhaltensänderungen notwendig sind und unter Umständen auch Nachteile in Kauf genommen werden müssen (längere Fahrzeiten, weniger persönlicher Platz im mehrfach besetzten Fahrzeug, höherer Planungsaufwand), verstärkt dieser Aspekt den im vorherigen Absatz schon angedeuteten Konflikt zwischen dem Wunsch bzw. Anspruch, gewohntes Verhalten weiter zu ermöglichen und negativ wahrgenommene Veränderungen möglichst zu vermeiden.

Ein vollständiger Verzicht auf MIV und die Verlagerung sämtlicher Verkehre auf Verkehrsträger mit geringeren negativen Auswirkungen auf Umwelt und Klima erscheint selbst in radikaler gedachten Lösungsansätzen für die Verkehrswende nicht möglich. Dafür sind der Anteil der Bevölkerung mit stark begrenztem Zugang zu öffentlichen Verkehrsmitteln zu groß und viele Wegstrecken zu lang, um sie zu Fuß oder per Rad zurückzulegen. Aus der Notwendigkeit eines (lokal) emissionsfreien MIV ergibt sich für Verkehrswende und nachhaltige Mobilität ein Schwerpunkt bei elektrischen Antrieben mit Batterien als Speicher.

Der bei entsprechenden Herstellungsverfahren ebenfalls emissionsfrei zu nutzende Wasserstoff sowie die zumindest in der Gesamtbetrachtung emissionsfreien E-Fuels werden weniger als alternative Antriebsoption im individuellen Personenverkehr gesehen, als dass sie für schwerere Lasten und damit vor allem im Wirtschaftsverkehr zu Einsatz kommen könnten.

Trotz der beschriebenen und im Meta-Szenario zu berücksichtigenden Veränderungen werden auch in bzw. nach der Verkehrswende Straßen und Schienennetze das Rückgrat einer nachhaltigen Mobilität bilden.

Als Ergänzung bzw. später auch als Ersatz der heutigen Tankstelleninfrastruktur werden E-/H₂-Tankstellen die Versorgung der Fahrzeuge mit Antriebsenergie sicherstellen. Die technologischen Entwicklungen lassen bereits heute erkennen, dass sich auch aus dieser Umstellung kaum negative Auswirkungen hinsichtlich gewohnter Verhaltensweisen ergeben dürften. Vergleichsweise lange Ladezeiten und ein noch dünnes Versorgungsnetz sind lediglich temporäre Einschränkungen, die im Meta-Szenario vernachlässigt werden können.

Nicht zuletzt beim Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur, aber auch bei der Erweiterung und Anpassung von Anlagen zur Verkehrssteuerung sowie insbesondere bei der Anpassung des Rechtsrahmens an die veränderten Anforderungen an Verkehrsangebote kann bzw. muss der Staat die Rahmenbedingungen (wieder) stärker gestalten. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch auch, dass Aspekte im Meta-Szenario, die heute nicht ohne Weiteres umsetzbar wären, zukünftig durch entsprechende Regelungen auf den Weg gebracht bzw. unterstützt werden könnten.

Ein Aspekt, der auch im Meta-Szenario ein noch zu klärendes Problem bleibt, ist die Anbindung des (weiteren) Umlandes an nachhaltige Verkehrsangebote (z.B. Pendlerverkehr), insbesondere beim ÖPNV. Die ausgewerteten Materialien lassen in diesem Bereich einen wesentlichen Schwerpunkt erkennen, und es gibt eine Vielzahl von Ansätzen, die im kleinen Maßstab und häufig eher experimentell nach Lösungen suchen. Insbesondere im Betrachtungszeitraum bis 2030 sind jedoch noch keine übertragbaren bzw. skalierbaren Verkehrsangebote in Sicht, die ohne die individuelle Pkw-Nutzung auskommen.

6.5 Status quo, Veränderungstreiber und -indikatoren

Entlang der für die Beschreibung des Meta-Szenarios genutzten Statements liefern die ausgewerteten Materialien einen Überblick über den Status quo bzw. erste bereits erkennbare Entwicklungen als Ausgangspunkt für eine Verkehrswende, wie sie sich aus der Kombination der diskutierten Einzelaspekte ergeben könnte.

6.5.1 Verkehrsanlässe

Die Notwendigkeit und Häufigkeit von Ortswechseln werden beispielsweise mit demografischen Entwicklungen in Zusammenhang gebracht. Schon bei einer ganz allgemeinen Betrachtung wird bei einer wachsenden Gesamtbevölkerung von einer Zunahme der Zahl der täglich absolvierten Wege ausgegangen. Mit Blick auf die Individual- und insbesondere die Pendlerverkehre werden die Anzahl der Erwerbstätigen und der Anteil der Pendler*innen als wesentliche Einflussgrößen für die berufsbedingt entstehenden Verkehre erkennbar. Im Jahr 2017 war jeder sechste Weg (16 %) auf das Pendeln zwischen Wohn- und Arbeitsort zurückzuführen. Und obwohl 37 % aller Arbeitswege kürzer als fünf Kilometer sind und 77 % unter 20 Kilometern bleiben, entfällt jeder fünfte zurückgelegte Kilometer (21 %) auf einen Arbeitsweg (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Dass die Notwendigkeit für häufige (berufsbedingte) Ortswechsel auch zukünftig gesehen wird, lässt sich aus der Entwicklung der Führerscheinquoten bei jungen Erwachsenen schließen. Die Führerscheinverfügbarkeit der 18- bis 24-Jährigen blieb mit zwei Dritteln in den vergangenen zehn Jahren recht stabil (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Die mit dem Führerscheinwerb vermittelten Kompetenzen werden offenbar weiterhin für so wichtig erachtet, dass die damit verbundenen Kosten in Kauf genommen werden. Und das obwohl die jüngere Generation zunehmend die emotionale Bindung zum Auto verliert und das Verhältnis zu diesem Verkehrsmittel pragmatischer wird (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Der Anteil der Nutzung des MIV ist in diesen Altersgruppen seit ca. 2000 rückläufig, der Verkehrsaufwand (in Personen-km) jedoch nicht (Gerike et al., 2020; Nobis & Kuhnimhof, 2018). D.h. die Verkehrsdistanzen (der einzelnen Verkehrswege) steigen weiterhin.

Nicht nur allgemeines Bevölkerungswachstum, sondern auch die Veränderung der Bevölkerungsstruktur kann sich hinsichtlich der Häufigkeit und der Länge von Wegen auswirken. Für die alternde Gesellschaft in Deutschland lohnt deshalb ein Blick auf die Menschen auf der Schwelle von der Berufstätigkeit zum Ruhestand. Sowohl bei den berufstätigen 60- bis 69-Jährigen als auch bei den gleichaltrigen Rentnerinnen und Rentnern ist seit 2002 im Kohortenvergleich ein Anstieg der täglich zurückgelegten Entfernungen zu verzeichnen (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Im Betrachtungszeitraum bis 2030 spielt diese Altersgruppe eine besonders große Rolle (Boomer-Generation), weshalb deren Mobilitätsverhalten sich auch im Meta-Szenario niederschlägt.

Insgesamt betrachtet ist die Anzahl der Wege trotz der demografischen Veränderungen von 2002 bis 2017 zurückgegangen (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Der Verkehrsaufwand (in Personen-km) insgesamt hat jedoch zugenommen (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Der einzelne Weg ist also im Durchschnitt länger geworden. Obwohl der Anteil des ÖPNV an den Wegen und Kilometern unverändert blieb, stieg die Anzahl der transportierten Personen. Der Grund hierfür: Deutschlands Städte wachsen, gleichbleibende Wegeanteile bedeuten daher ein Plus an Fahrgästen (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Der analysierte Diskurs zur Verkehrswende liefert aber auch Hinweise für mögliche zukünftige Veränderungen, durch die insbesondere die Pendelwege seltener und/oder kürzer werden könnten. So wird im Meta-Szenario berücksichtigt, dass viele Arbeitswege im Zuge von Homeoffice-Regelungen ersetzt werden könnten. Durch das verstärkte Nutzen von Videokonferenzen lassen sich darüber hinaus auch Dienstreisen vermeiden oder reduzieren (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Es wird außerdem erwartet, dass Arbeitnehmer künftig mit dem Nahverkehr zum nächstgelegenen Bahnhof mit angeschlossenen Coworking Space fahren könnten, um von dort aus zu arbeiten. Sofern

diese flexiblen Büros außerhalb der Kernstädte liegen und auch in den Hauptverkehrszeiten genutzt werden, könnte dies den Pendelverkehr in Innenstädte und damit vor allem die Pendelstrecke und -zeit für Arbeitnehmer*innen reduzieren (Etezadzadeh, 2020). Darüber hinaus sind für Pendelstrecken auch zusätzliche Gelegenheiten für die Kombination von Rad und ÖV (bike and ride) sowie Auto und ÖV (park and ride) besonders erfolgversprechend – zumindest wenn es gleichzeitig gelingt, die ÖV-Linien dichter zu takten (Canzler, 2021).

Die beschriebenen Faktoren wirken ggf. in unterschiedlicher Richtung auf den voraussichtlich zu bewältigenden Verkehrsaufwand. Diese Kenngröße berücksichtigt die Anzahl der in einem Betrachtungszeitraum zurückgelegten Wege, deren Streckenlänge und die Anzahl der jeweils transportierten Personen und liefert deshalb auch einen Hinweis auf die erforderlichen Kapazitäten im Verkehrssystem. Die demografischen Veränderungen und deren voraussichtliche weitere Entwicklung lassen zukünftig eher einen wachsenden Verkehrsaufwand erwarten. Neue Ansätze der Arbeitsorganisation und die verstärkt genutzten technischen Möglichkeiten wirken reduzierend bzw. zumindest bremsend auf die Entwicklung der Pendlerverkehre.

Insgesamt wird der Umfang der erforderlichen Kapazitäten im Verkehrssystem aber nicht sinken. Selbst mit ambitionierten (städtebaulichen) Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung vor allem in neu entstehenden Quartieren wird auch eine Verkehrswende den Erhalt bestehender Infrastruktureinrichtungen nicht obsolet machen. Diese werden auch deshalb weiter benötigt, weil sich die Verkehrswende realistisch betrachtet nicht überall gleichzeitig und auch nicht überall im vollen Umfang wird politisch umsetzen lassen. Darüber hinaus werden zukünftig durch lokales Bevölkerungswachstum und die damit verbundene Entwicklung von Siedlungsflächen weiterhin eine verkehrliche Erschließung und damit sogar ein Ausbau der Verkehrsinfrastruktur auf kommunaler Ebene erforderlich sein.

6.5.2 Verkehrsmittel

Für das Meta-Szenario ist deshalb die Verkehrsverlagerung von besonderer Bedeutung. Im Fokus stehen dabei insbesondere die öffentlichen Verkehre. Dass deren Anteil zukünftig weiterwachsen muss, kann als allgemeiner Konsens im Diskurs betrachtet werden. Aber auch Fuß- und Radverkehr werden wichtiger und sollen insbesondere den ÖPNV im Rahmen multimodaler Ansätze ergänzen und begünstigen. Als besonders relevante Veränderungstreiber wurden im Rahmen der Analyse vor allem neue Verkehrsmittel, die Angebotsdichte etablierter und neuer umwelt- und ressourcenschonender Transportmöglichkeiten, die Entfernung zum nächsten Zugangspunkt sowie nicht zuletzt die Verlässlichkeit und Pünktlichkeit des ÖPNV identifiziert.

So gehört beispielsweise ein Fahrradverleihsystem in die moderne, smarte Stadt der Zukunft, die damit ihren Bewohner*innen und Besucher*innen zu jeder Zeit ein umweltfreundliches, schnelles sowie hochflexibles Fortbewegungsmittel anbietet (Niedbal, 2020).

In anderen Ansätzen steckt noch viel Zukunftsmusik. Dies betrifft beispielsweise Flugtaxiservices oder den „Smart City Loop“ (SCL), mit dem der Güterverkehr der „vorletzten Meile“ unter die Erde verlegt werden soll. Als Verkehrssystem wären Flugtaxiservices vergleichsweise günstig, weil die Infrastrukturkosten im Vergleich zu Straßen oder einem S-Bahn-Netz deutlich geringer sind. Ob es im Betrachtungszeitraum des Meta-Szenarios schon die für ausgewählte Städte angekündigten ersten kommerziellen Routen geben wird, ist derzeit jedoch noch nicht absehbar (Etezadzadeh, 2020). Die Vorteile

des SCL werden dagegen weniger in den Infrastrukturkosten gesehen, als vielmehr in der Beschleunigung des Güterverkehrs und der Entlastung von Städten durch weniger Lkw auf der Straße. Für dieses neuartige Logistikkonzept müssten jedoch Röhren mit rund 2,80 m Durchmesser in den Untergrund gebaut werden, damit dort Güter auf Ladungsträgern (Paletten und Transportbehälter für beispielsweise Stückgut oder Pakete) vollautomatisch transportiert werden können (Etezadzadeh, 2020). Die hohen Baukosten und langen Bauzeiten sprechen gegen eine Berücksichtigung im Meta-Szenario bis 2030.

Allerdings lassen die diskutierten Möglichkeiten und Ideen eine weitere Differenzierung des Verkehrs auf der Angebots- und auf der Nachfrageseite erwarten (Canzler & Knie, 2020). Dabei wird es insbesondere um ein funktionierendes Zusammenspiel der verschiedenen Optionen gehen.

In intermodalen Dienstleistungen ist ein moderner Bahnverkehr mit anderen Verkehrsmitteln verbunden, auch mit dem Auto. Die Transaktionskosten eines Wechsels der Verkehrsmittel werden dadurch gesenkt. Das bedeutet vor allem auch, dass der individuelle Aufwand sinkt und eine Kombination verschiedener Verkehrsmittel ohne umfangreiche Vorabplanung zur Routine werden kann. Dabei werden besondere Chancen in der Digitalisierung gesehen, die eine bequeme Verknüpfung eigentlich aller Optionen als möglich erscheinen lässt (Canzler, 2021).

Vor allem der ÖPNV ist auf solche intermodalen Verknüpfungen – angefangen von bequemen Umsteigepunkten über Leihräder und Leihroller bis zum Carsharing – angewiesen. Das gilt sogar dann, wenn diese tatsächlich nur wenig genutzt werden, sondern lediglich als Option vorhanden sind (Canzler, 2021).

Auf die Bedeutung des Fahrrads im zukünftigen Verkehrssystem wurde bereits hingewiesen. Diese ist aber auch rückblickend in den letzten beiden Jahrzehnten deutlich und gegenüber anderen Verkehrsmitteln am meisten gestiegen. Mit dem Fahrrad werden jetzt mehr Wege und größere Distanzen zurückgelegt (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Deshalb wird zunehmend über die Errichtung von Fahrradschnellwegen nachgedacht. Diese sind nicht nur für trainierte Radfahrer*innen, sondern auch für Pedelec-Nutzer*innen attraktiv. Strecken von 8 bis 15 Kilometer sind damit selbst bei Steigungen oder Gegenwind ohne Probleme zu bewältigen. Für diesen neuen Infrastrukturbaukasten wird zwar auch eine längere Planungs- und Bauzeit erforderlich sein. Sie wären jedoch deutlich schneller als neue Bahntrassen oder Bahnhöfe zu realisieren (Canzler, 2021). Solche Fahrradinfrastrukturangebote können gerade für Pendelnde attraktive Alternativen zum MIV darstellen.

Eine noch größere Bedeutung als Fahrradfahren hat für die alltägliche Mobilität das Zufußgehen. Genau genommen gehören mindestens eine Etappe zu Fuß zu jedem Weg dazu, egal ob für den Weg zur Bushaltestelle oder wenn es nur ein paar Schritte von der Haustür zum Auto sind (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Vor allem in großen und dichten Städten ist der öffentliche Verkehr mit Bus und Bahn auf den Fußverkehr als Ergänzung angewiesen. Der Fußverkehr ermöglicht das Erreichen der Haltestellen und Bahnhöfe, und die öffentlichen Verkehrsmittel erlauben auch lange Wege. Der Fußverkehr ist außerdem die umweltfreundlichste und auch gesündeste Fortbewegungsart.

Die Erhebung des „Modal Split“ führt jedoch mit 22 % (im Jahr 2017) zu einer systematischen Untererfassung des Fußverkehrs. Fußwege von und zu Haltestellen, Bahnhöfen oder Parkplätzen und fußläufige Umsteigewege werden

hier nicht gezählt. Basierend auf Analysen in zehn repräsentativen Stadtgebieten in Europa und Kanada lässt sich jedoch abschätzen, dass sich bei Einbeziehung aller Etappen von und zu Haltestellen und Parkplätzen ein Fußverkehrsanteil von 57 % ergeben würde (Stimpel, 2020).

Die im Zuge der Urbanisierung zunehmende Verdichtung städtischer Räume verstärkt die Relevanz des Fußverkehrs, weil viele alltägliche Ziele leichter erreichbar werden. Wenn dabei auch ein Rückbau von Autofahrbahnen und Parkflächen erfolgt, profitiert der Fußverkehr außerdem davon, dass der städtische Raum weniger von Autos blockiert wird (Canzler, 2021). Gleichzeitig ist diese Form der Fortbewegung prinzipiell nicht auf besondere Infrastrukturen angewiesen. „Trampelpfade“ ignorieren die vorhandenen Einrichtungen sogar bewusst. Im Sinne der Sicherheit und Barrierefreiheit erfordert aber auch das Zufußgehen bedarfsgerecht ausgebaute Wege.

Darüber hinaus erlebt der Rad- und Fußverkehr, die so genannte aktive Mobilität, vielerorts eine Renaissance. Vor allem große Städte wie Wien, Paris, London und nicht nur die Vorreiter Kopenhagen und Amsterdam investieren in die Fahrradinfrastruktur. Errichtet werden unter anderem neue Fahrradwege, Abstellanlagen und Radschnellwege (Canzler & Knie, 2020). Auch Fußgängerinnen und Fußgänger brauchen breite und durchgängige Wegenetze mit hoher Aufenthaltsqualität, großzügigen Ampelschaltungen und geringen Risiken durch andere Verkehrsmittel, zum Beispiel durch Geschwindigkeitsbegrenzung für den Straßenverkehr (Bauer et al., 2020).

Vor diesem Hintergrund dürfte die Verkehrswende im Meta-Szenario insbesondere den Ausbau des ÖPNV und dabei insbesondere eine Verdichtung der Takte, die Erweiterung des Verkehrssystems um neue Angebote, eine noch umfassendere digitale Vernetzung als bisher und den Ausbau von Zugangspunkten zu multimodalen Verkehrsangeboten erforderlich machen.

Ein solches Szenario benötigt durch die Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr weniger Autos und lässt dadurch vor allem in der Stadt mehr Platz für das ergänzend notwendige Zufußgehen und Radfahren. Frei werdende Flächen können für Fuß- und Radwege genutzt werden und durch entsprechende Einrichtungen die Verbindung verschiedener Verkehrsmittel erleichtern (Canzler & Knie, 2020).

6.5.3 Individuelle Effizienz

Die ausgewerteten Dokumente weisen darauf hin, dass der moderne Mensch gerade im Alltagsverkehr ein habitualisiertes Verhalten zeigt. Störungen werden nach Möglichkeit vermieden, und die Nutzung von Verkehrsmitteln soll kein großes Nachdenken erfordern. Das private Auto hilft dabei, diese Bedürfnisse zu befriedigen (Canzler & Knie, 2020). Die Pkw-Flotte in Deutschland wächst um rund 500.000 bis 700.000 Fahrzeuge pro Jahr (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Alternativen haben es dagegen schwer (Canzler & Knie, 2020). Vor allem wenn sie als unzuverlässig wahrgenommen werden oder ihre Nutzung nicht intuitiv erfolgen kann.

Eine Verkehrswende hin zu einem Verkehr innerhalb der ökologischen Belastungsgrenzen, aber ohne die Beschränkung der Mobilität an sich erfordert Verhaltensänderungen, andere Verkehrsangebote und eine Änderung der Raum- und Siedlungsstrukturen (Canzler, 2021).

Als aussichtsreichste Strategie, um die Dominanz privater Pkw zu beenden, ohne die Mobilität einzuschränken, gilt derzeit die Verzahnung eines leistungsfähigen Umweltverbunds mit Sharing-Angeboten mit Hilfe digitaler

Technik (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Eine nachhaltige Mobilität würde demzufolge verstärkt geteilte Ressourcen nutzen und wegkommen vom individuellen Eigentum an Verkehrsmitteln.

Auch wenn damit gewohntes Verhalten im Sinne der Nutzung eines Pkw im Grundsatz weiter möglich bleibt, wird die Verkehrswende nur durch individuellen Verzicht auf ein eigenes Fahrzeug, bei der Häufigkeit von Wegen/Wege-distanzen, bei der Geschwindigkeit oder auch beim subjektiv wahrgenommenen Komfort in der angestrebten Weise wirksam. Gleichzeitig führt die hohe Flexibilität von Shared Mobility teils zu einem Mangel an Planbarkeit und Sicherheit (Mitteregger et al., 2020).

Trotzdem erfreut sich Carsharing wachsender Beliebtheit. Gerade von Jüngeren wird das fehlende eigene Auto kaum als Verzicht wahrgenommen (Canzler, 2021). Besonders stark ist der Rückgang des Pkw-Besitzes in Haushalten mit ausschließlich jungen Personen zwischen 18 und 34 Jahren. In dieser Altersgruppe stieg der Anteil der autofreien Haushalte in Deutschland von 29 % im Jahr 2002 auf 42 % im Jahr 2017 (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Insgesamt gibt es in Deutschland ca. 30.200 Carsharing-Fahrzeuge, wovon rund 23,3 % elektrisch (einschließlich Hybride) angetrieben werden (Statista Research Department, 2022). Der Anteil der E-Fahrzeuge ist hier deutlich höher als im privaten Bereich (Manderscheid, 2020).

Durch die Erhöhung der Auslastung von Fahrten und Fahrzeugen gilt Shared Mobility als ein wesentlicher Hoffnungsträger in Hinblick auf eine klima- und ressourcenschonende Mobilität (Mitteregger et al., 2020). Wer die Angebote nutzt, verhält sich außerdem zunehmend multimodal. Positive Umweltwirkungen sind bereits messbar (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Der Auf- und Ausbau von Sharing-Angeboten beispielsweise für Fahrräder, Elektroroller usw. ist deshalb ein wichtiger Baustein des Meta-Szenarios und muss nahtlos in die ÖPNV-Angebote integriert werden.

Die konventionelle Verkehrsinfrastruktur wird aber auch für diesen Aspekt der Verkehrswende im Meta-Szenario weiter benötigt, weshalb deren Erhalt weiter gewährleistet bleiben muss. Das veränderte Verhalten und die Nutzung geteilter Ressourcen stehen in einem engen Zusammenhang zur Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsmittel (vgl. Kap. 6.5.2). Aus diesem Grund ergäben sich daraus keine neuen zusätzlichen Infrastrukturbedarfe. Besonders hingewiesen sei an dieser Stelle jedoch auf die insbesondere für die Shared Mobility erforderlichen Abstellanlagen, für die der Verkehrswendediskurs Flächenpotenziale insbesondere durch Um- und ggf. Rückbau von Pkw-Stellflächen im öffentlichen Raum sieht.

6.5.4 Technologien

In einem zentralen Diskussionsstrang des Verkehrswendediskurses stehen vor allem das E-Auto sowie diverse Hybridantriebssysteme im Vordergrund (Manderscheid, 2020). Allerdings geht es bei der sogenannten Antriebswende nicht primär darum, den privaten Autoverkehr durch andere Modi zu reduzieren oder sogar zu ersetzen. Der Fokus liegt vielmehr auf den lokalen Emissionen, die durch neue Antriebstechnologien vermieden werden sollen, ohne dass größere Veränderungen im Nutzungsverhalten erforderlich wären.

Allerdings gab es bis vor Kurzem aus Sicht privater Nutzender eine Reihe rationaler Gründe, sich gegen die Anschaffung eines E-Fahrzeugs zu entscheiden. Dazu zählen vor allem die nach wie vor vergleichsweise hohen Anschaffungskosten elektrisch betriebener Fahrzeuge, deren gegenüber konventio-

nell angetriebenen Fahrzeugen geringe Reichweite, die geringe Ladestationsdichte, noch bestehende Sicherheitsprobleme mit Blick auf die verfügbare Batterietechnologie, eine begrenzte Angebotspalette sowie komparative Nachteile bezogen auf die Lebenszykluskosten von E-Fahrzeugen, solange sich das Preisniveau für Benzin und Diesel nicht signifikant verändert (Döring & Aigner-Walder, 2020) und politische Lenkungsmaßnahmen wie beispielsweise steuerliche Anreize nicht greifen oder noch nicht angepasst worden sind (zu möglichen Ansätzen vgl. (Koska et al., 2021).

Es wurde jedoch auch schon im Zusammenhang mit der geteilten Mobilität auf die Bedeutung elektrischer Antriebe hingewiesen. Anbieter von Mobilitätsdienstleistungen können die derzeit noch bestehenden Nachteile besser kompensieren, weil ihre Geschäftsmodelle zumindest in der Wachstumsphase noch nicht auf einen operativen Gewinn ausgerichtet sind. Außerdem relativiert sich das ökonomische Gewicht der elektrisch angetriebenen Fahrzeuge in einem großen, gemischten Fuhrpark. Die positiven Image-Wirkungen für den auf Innovation setzenden Anbieter werden aber trotzdem erreicht.

In den kommenden Jahren wird mit einer weiteren inkrementellen Verbesserung der verfügbaren Batterietechnologie gerechnet, und laut den einbezogenen Studien zeichnen sich mittelfristig mit dem Einsatz neuer Batterietechnologien (z.B. Festkörperbatterien) weitere Technologiesprünge ab. Aufgrund der weltweiten Investitionen in den Aufbau großer Batteriefertigungskapazitäten wird mittelfristig eine weitere Degression der Batterieproduktionskosten erwartet (Grimm et al., 2020).

Vor diesem Hintergrund erscheinen Antriebs- und Verkehrswende im engeren Sinne nicht als entweder oder, sondern als nebeneinander verlaufende Veränderungsprozesse, die sich im Idealfall gegenseitig positiv beeinflussen.

Im Wirtschafts- und Güterverkehr spielt der ökonomische Abstand zwischen Verbrennungsmotor und dem E-Antrieb eine deutlich größere Rolle. Aufgrund der höheren Anforderungen an den Antriebsstrang und nicht zuletzt den Energiespeicher und den mit der Entwicklung von Akkukosten und einer flächendeckenden Ladeinfrastruktur verbundenen erheblichen Unsicherheiten wird bei der Entwicklung von Lkw für den Fernverkehr derzeit auf eine neue Generation von Verbrennungsmotoren gesetzt. Diese sollen einen neuen Rekordwirkungsgrad erreichen und werden von vornherein auch auf den Betrieb mit verschiedenen alternativen Kraftstoffen ausgelegt, deren Einsatz zu erheblichen CO₂-Einsparungen führen soll (Renschler, 2021). Solche E-Fuels sowie der im Automobilbereich seit langem (bisher jedoch ohne kommerziellen Erfolg) erprobte Einsatz der Wasserstofftechnologie bieten sich auch im Schienenverkehr an (Balleis, 2020b).

Die besonderen technischen Herausforderungen beim Wirtschafts- und Güterverkehr lassen die Antriebe in diesem Bereich jedoch etwas in den Hintergrund treten. Wegen der besonders großen negativen Umweltwirkungen schwerer Lkw (insbesondere Lärm, Feinstaub- und andere Emissionen, überdurchschnittlich hohe Belastung der Fahrbahn) werden Ansätze für eine Verkehrswende bei Unternehmen bzw. deren Verkehren stattdessen insbesondere mit Blick auf Lieferketten und bei der Zustellung beim Endkunden gesucht. So wird beispielsweise die Entwicklung neuer flexibler und nachhaltiger Logistiklösungen (bspw. intelligente Schließfächer) und Transportnetzwerke bereits als ein integraler Bestandteil von Smart Cities angesehen (Niedbal, 2020).

Veränderungstreiber sind dabei neue Vertriebsformen ohne den Weg über das Ladengeschäft (insbesondere Online-Handel), die neue Verkehrsbeziehungen hervorgerufen haben. Stärker als früher findet Straßengüterverkehr heute auch in Wohngebieten statt, in dem Kurier-, Express- und Paketdienste (KEP) mehr Sendungen mit mehr Fahrzeugen transportieren (Leerkamp et al., 2020).

Der Projektionsbericht 2019 der Bundesregierung sieht für die Gesamtfahrleistung von leichten Nutzfahrzeugen zwischen 2016 und 2030 einen Anstieg um 44 % voraus, bei schweren Nutzfahrzeugen im selben Zeitraum um 23 % (Leerkamp et al., 2020). Die gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr Sommer 2022 beziffert den Anstieg bei den leichten Nutzfahrzeugen von 2019 bis 2024 auf insgesamt fast 17 % (Kluth et al., 2022).

Dabei könnten bereits wenige Lastenfahrräder ein ganzes Lieferfahrzeug ersetzen. Lastenfahrräder dürfen in der Regel auf Radwegen fahren und sind deutlich platzsparender als herkömmliche Lieferfahrzeuge. Die vollständige Integration in zukünftige städtische Logistikkonzepte verbunden mit einem gegebenenfalls erforderlichen Ausbau der Radwege sind daher wesentliche Bestandteile zur Lieferkettenoptimierung und Emissionsreduzierung im Rahmen einer (Wirtschafts-)Verkehrswende (Bippus, 2020). Der Warenverkehr ließe sich beispielsweise durch den Einsatz von elektrischen Lastenrädern in Verbindung mit modernen Hub-Lösungen kleinteiliger und flexibler gestalten (Bippus, 2020).

Nicht nur der Güter-, sondern auch der Personenverkehr könnte, zumindest auf der Straße, künftig kleinteiliger und damit leichter werden. Voraussetzung ist dabei allerdings ein weiterer Technologiesprung. Durch den Wegfall der (Fix-)Kosten für den Fahrer bei voll automatisiertem Fahren würden kleinere Gefäße attraktiver werden und die Kleinteiligkeit insgesamt zunehmen. Der Trend zu kleineren und spezifischeren Gefäßen könnte jedoch auch noch ganz andere Perspektiven bieten. In Verbindung mit der ohnehin erforderlichen digitalen Vernetzung ließe sich in ihnen leichter individualisierte Werbung schalten (Suter et al., 2020).

Ein Wechsel des Antriebssystems oder der normalen Größe der Fahrzeuge erfordert vergleichsweise geringe Anpassungen im Straßennetz. Durch den kleinteiligeren und damit leichteren Verkehr könnten sogar die Kosten pro Infrastruktureinheit (z.B. pro Kilometer Straße) sinken, weil die Infrastruktur weniger stark abgenutzt werden würde. Anpassungsbedarf besteht im Bereich der Ladeinfrastruktur, die das Netz der gegenwärtig bestehenden Tankstellen ergänzen oder ablösen könnte (Manderscheid, 2020). Dies umfasst auch den Ausbau des Tankstellennetzes für Wasserstoff und E-Fuels.

Auch bei den in diesem Abschnitt dargestellten Aspekten des Meta-Szenarios wird erkennbar, dass der Erhalt der bestehenden Infrastruktur im Grundsatz notwendig bleibt. Allerdings könnten sich aufgrund der geringeren Spitzenbelastungen Ersatzzyklen verlängern, Anforderungen an die baulichen Ausführungen reduzieren und dadurch die Kosten, aber beispielsweise auch die negativen Auswirkungen von Baumaßnahmen am Straßennetz geringer ausfallen.

Gleichzeitig ergeben sich höhere und neue Anforderungen an die Ausrüstung der Infrastruktur, beispielsweise durch die nötige Vehicle-to-Infrastructure-Kommunikation und insbesondere durch die für automatisierte Fahrzeuge wichtigen Markierungen. Auch die Auswirkungen des Klimawandels sowie die erforderliche Klimaanpassung können die Anforderungen und damit die Kosten der Infrastruktur erhöhen, weil beispielsweise wegen erhöhter

Gefahr von Erdbeben oder Steinschlag im Gebirge zusätzliche Schutzmaßnahmen notwendig werden (Suter et al., 2020).

6.5.5 Bereitstellung Infrastruktur

Die bereits angesprochene Habitualisierung des Verkehrsverhaltens begründet zusammen mit den langfristigen infrastrukturellen Festlegungen und den etablierten Siedlungs- und Raumnutzungsstrukturen eine Pfadabhängigkeit im Verkehr (Canzler, 2021). Sowohl die Straßen als auch die Schienennetze (mit den jeweiligen Bauwerken) bleiben deshalb die dominierenden Infrastrukturelemente. Veränderungen ergeben sich in deren konkreter Ausgestaltung und in ergänzenden Einrichtungen. Dabei kommt insbesondere den E-/H2-Tankstellen als neue Infrastrukturbauwerke eine besondere Bedeutung zu.

Ein funktionierendes Ladeinfrastrukturnetz wird in der ausgewerteten Literatur als eine Kernvoraussetzung für die Kund*innenakzeptanz und deren Vertrauen in die Fahrzeugreichweite angesehen. Es gibt zwar Hinweise, dass Lademöglichkeiten am Wohnort für viele Nutzende ausreichend sein würden, hohe Marktanteile von E-Fahrzeugen werden jedoch nur in Märkten erreicht, in denen auch ein dichtes öffentliches bzw. halböffentliches Ladenetz besteht (Grimm et al., 2020).

Der Aufbau der für E-Fahrzeuge erforderlichen Ladeinfrastruktur konzentriert sich jedoch bislang schwerpunktmäßig auf die größeren Städte und auf Rastanlagen entlang der Autobahnen. Mobilstationen mit ihrer Verknüpfungsfunktion von verschiedenen Verkehrsangeboten werden als Ansatzpunkte für den Ausbau der Ladeinfrastruktur diskutiert, aber vorrangig mit Blick auf die verträgliche Abwicklung des Verkehrs in Städten (Larisch et al., 2022). Damit werden die ohnehin vorhandenen Unterschiede zwischen urbanen und ländlichen Räumen noch einmal besonders deutlich (Döring & Aigner-Walder, 2020).

Die Politik, d.h. der Staat, hat im Grundsatz die Gestaltungsmacht, den Wandel der Automobilität und der Verkehrsinfrastruktur insgesamt zu steuern. In Norwegen beispielsweise machen E-Autos seit Juni 2017 einen Anteil von über 50 % aller Neuzulassungen aus. Der Weg dorthin wurde durch diverse Besteuerungs- beziehungsweise Steuervergünstigungsmaßnahmen, eine steuernde Parkraumbewirtschaftung in den Städten sowie die Subventionierung der Aufladung der Autos geebnet (Manderscheid, 2020). Auch in weiteren führenden Märkten für Elektrofahrzeuge wird der Umstieg hin zu E-Fahrzeugen maßgeblich durch die politische Rahmensetzung getrieben, was diese zu einem zentralen Faktor für die Markteinführung von Elektrofahrzeugen macht (Grimm et al., 2020).

Aufgrund neuer Regelungsbedarfe kann bzw. muss auch in Deutschland der Staat die Rahmenbedingungen (wieder) stärker gestalten. In Zukunft werden neben den Nutzenden und Endkund*innen zunehmend Städte die Anforderungen an Mobilität und letztlich auch an daraus resultierende Fahrzeugkonzepte definieren und damit auch die erforderliche Infrastruktur bestimmen (Hasenfuß & Galbarz, 2020).

Vorgeschlagen werden insbesondere Maßnahmen zur Verkehrssteuerung in Form des Aufbaus und der Nutzung von Verkehrsbeeinflussungsanlagen, des Aufbaus von Parkleitsystemen im Rahmen eines integrierten Parkraummanagements, von Angeboten eines intelligenten Lkw-Routing oder der Bündelung und Steuerung der innerstädtischen Verkehre und der Lieferlogistik (Balleis, 2020a).

Weitere Veränderungen in der politischen Regulierung und des Rechtsrahmens werden im Abbau von steuerlichen Vergünstigungen wie dem Dieselpauschale, der Entfernungspauschale und der Dienstwagen-Regelung sowie in der Reform des Straßenverkehrsrechts und der Gebührenordnung für Ordnungswidrigkeiten wie Falschparken oder auch in einem verteuerten Bewohnerparken in parkraumbewirtschafteten Zonen gesehen (Canzler, 2021).

Idealerweise kommen künftig die Elektrifizierung und die geteilte Nutzung von verschiedenen Verkehrsmitteln zusammen. Die Integration zielt dann auf die elektrisch betriebene Fernbahn ebenso wie auf die Tram, die U- oder S-Bahn und das Pedelec sowie das E-Auto. Das gilt zumindest für die Stadt, außerhalb von Verdichtungsräumen gibt es oftmals wenig zu verknüpfen (Canzler & Knie, 2020).

Beim ÖPNV fallen die Nutzungsunterschiede zwischen Stadt und Land besonders groß aus. 50 % der Stadtbevölkerung nutzen den ÖPNV mindestens einmal pro Woche. In den ländlichen Gebieten trifft dies lediglich auf 8 % zu. In Städten gehören 45 % zur Gruppe multimodaler Personen, in den sehr ländlichen Regionen sind es nur 32 %. Weil allerdings nur geringe Anteile der Personenkilometer mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, ist auch multimodales Verhalten auf dem Land stark vom Auto geprägt. Passend dazu stieg die Ausstattung der Haushalte mit Pkw hier während der vergangenen 15 Jahre um knapp ein Viertel an und liegt bei mehr als 600 Pkw pro 1.000 EW (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Elektroautos würden hier großes Potenzial zur (lokalen) Umweltentlastung bieten, zumal dank eines höheren Immobilienbesitzes auf dem Land private Ladeinfrastruktur einfacher zu organisieren wäre (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020). Während allerdings E-Fahrzeuge im städtischen Raum zumindest noch den Zusatz- oder Andersnutzen hätten, Bestandteil einer umfassenderen Energieinfrastruktur (vehicle-to-grid) sowie Element eines verkehrsmittelübergreifenden Mobilitätssystems (Carsharing, Multimodalität etc.) zu sein, ist dieser Zusatznutzen im ländlichen Raum nicht im gleichen Maße ersichtlich (Döring & Aigner-Walder, 2020).

In ländlichen Regionen muss deshalb die Nutzung des ÖPNV einfacher und komfortabler und flexibel auch mit privaten Angeboten verbunden werden. Dazu müssten Tarifsysteme verständlicher sein, Haltestellen bei schlechtem Wetter Schutz bieten und die Taktzeiten von Bus- und Schienenverkehr flächendeckend aufeinander abgestimmt sein.

Park-and-Ride-Systeme können den ÖPNV unterstützen, wenn durch einen entsprechenden Ausbau private Pkw nicht mehr für Fahrten bis in die Innenstädte genutzt werden müssen. Voraussetzung hierfür ist die Schaffung von mehr Möglichkeiten zum Umstieg in den öffentlichen Verkehr mit einer gut ausgebauten, kostengünstigen ÖPNV-Anbindung. Auf etwas längere Sicht könnten autonome Shuttlebusse die Verbindungen zum nächsten Bahnhof kostengünstig übernehmen (Nobis & Klein-Hitpaß, 2020).

Trotz der Vielzahl an Vorschlägen bleibt die Anbindung des (weiteren) Umlandes an Angebote der nachhaltigen Mobilität insbesondere beim ÖPNV ein noch zu klärendes Problem. Der erforderliche Ausbau der Ladeinfrastruktur und des Tankstellennetzes sowie der Aus-/Umbau von Anlagen zur Verkehrssteuerung erscheinen in den Städten vergleichsweise überschaubar. Diesen Maßnahmen stünde außerdem auf engem Raum eine große Anzahl (potenzieller) Nutzender gegen.

Der Ausbau des ÖPNV auf dem Land (insbesondere die Takt-Verdichtung), der Ausbau von Zugangspunkten mit den erforderlichen Einrichtungen für multimodale Verkehrsroutinen und die digitale Vernetzung in zum Teil bis

heute noch nicht ausreichend mit Mobilfunk und Breitbandinternet versorgten Regionen erscheinen dabei als wesentlich größere Herausforderungen. Dass eine auf nachhaltige Mobilität ausgerichtete Verkehrswende auch auf solche Maßnahmen angewiesen ist, lässt sich zum Teil kaum mit der Anzahl der im Einzelnen tatsächlich erreichten Nutzenden begründen. Im Meta-Szenario wird deshalb ein weiter Blick auf das Verkehrssystem insgesamt angenommen, um zu gewährleisten, dass die Verkehrswende nicht zu einer Abkopplung der heute ohnehin schon infrastrukturell benachteiligten ländlichen Räume beiträgt.

6.6 Mögliche Auswirkungen auf Infrastruktur- und Investitionsbedarfe

Das beschriebene Meta-Szenario bzw. Verkehrswendeszenario verdichtet den aktuellen Diskurs zur Verkehrswende und nachhaltigen Mobilität und extrahiert insbesondere die Merkmale, die sich als allgemeiner Konsens begreifen lassen. Das Szenario verfolgt dabei nicht den Anspruch, einen eigenen Weg in Richtung eines klimaneutralen Verkehrs aufzuzeigen. Es weist vielmehr einen Pfad, der sich vor dem Hintergrund einer Vielzahl an wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnissen schon heute beschreiten ließe bzw. der die bereits in Teilen begonnenen Transformationsschritte zusammenführen würde.

Hinsichtlich des zukünftigen Verkehrsaufwandes im Betrachtungszeitraum bis 2030 wird angenommen, dass sich die in unterschiedliche Richtungen wirkenden Veränderungen gegenseitig weitgehend aufheben. Aus diesem Grund wird der Umfang der erforderlichen Kapazitäten im Verkehrssystem insgesamt nicht sinken.

Wenn das mit der Verkehrswende eigentlich angestrebte Ziel der Verkehrsvermeidung nicht umfassend realisiert werden kann, werden auch die heute bereits bestehenden Infrastruktureinrichtungen weiter eine wichtige Rolle spielen. Deren Erhalt wird deshalb weiter gewährleistet bleiben müssen. Lokales Bevölkerungswachstum und die damit verbundene Entwicklung von Siedlungsflächen werden auch zukünftig eine verkehrliche Erschließung und damit sogar einen Ausbau der Verkehrsinfrastruktur auf kommunaler Ebene erforderlich machen. In diesem Punkt unterscheidet sich das Meta-Szenario kaum vom BAU-Szenario.

Für die Abschätzung der Investitionsbedarfe kann allerdings für die innerörtliche Straßeninfrastruktur von etwas längeren Nutzungsdauern ausgegangen werden. Dadurch würden sich Ersatzzyklen zeitlich strecken und der Ersatzbedarf gegenüber dem BAU-Szenario geringer ausfallen. Zum Umfang dieses Effekts lieferte die Meta-Analyse keine Anhaltspunkte. Es ist allerdings bekannt, dass schwere Fahrzeuge wie z.B. Lkw für die Straßen eine erheblich größere Belastung darstellen als Pkw oder andere leichte Fahrzeuge²⁹. Um

²⁹ Besonders starke Auswirkungen haben die von schweren Lkw ausgehenden Schwingungen. Diese gelten als Hauptverursacher für eine beschleunigte Abnutzung von Fahrbahndecken, denn die Straßenabnutzung steigt mit der vierten Potenz der Achslast. Ein Lastwagen mit 10 Tonnen Achslast beansprucht die Verkehrswege damit pro Entfernungseinheit 160.000-mal stärker als ein Pkw mit einer Achslast von 0,5 Tonnen. Damit ist der Lkw-Verkehr der entscheidende Faktor für die Beanspruchung des Straßenkörpers. Ohne diesen Faktor würden Straßen eher durch Umwelteinflüsse als durch Verkehr beansprucht werden. Der Pkw spielt nur eine untergeordnete Rolle. Wachsender Lkw-Verkehr führt deshalb zu einem überproportionalen Anstieg von Straßenschäden. <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/39816/> Stand des Wissens: 27.10.2022

für das Verkehrswendesenario zumindest einen Orientierungswert zu bieten, wird im Folgenden von einem pauschal um 10 % niedrigeren Ersatzbedarf bei den kommunalen Straßen im Bestand ausgegangen. Aufgrund des exponentiellen Zusammenhangs zwischen Fahrzeuggewicht und Fahrbahnbelastung kann dieser Ansatz als sehr konservativ angesehen werden, so dass hier eher die Untergrenze der möglichen Effekte abgebildet wird.

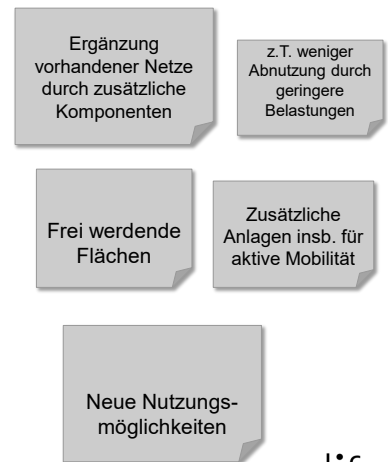
Bei neuen Straßen, beispielsweise zur Erschließung neuer Wohngebiete, können die technischen Anforderungen und damit die Kosten reduziert werden, wenn schwere Fahrzeuge (z.B. Liefer-Lkw) zukünftig durch kleinere und leichtere Fahrzeuge ersetzt werden oder der Verkehrsaufwand insgesamt (Distanzintensität) gesenkt wird. Die im Rahmen der Meta-Analyse einbezogenen Quellen lassen jedoch offen, wie viel dadurch tatsächlich gespart werden kann. Für den Erweiterungsbedarf bei kommunalen Straßen wird deshalb ebenfalls pauschal von einem um ein Zehntel niedrigeren Ansatz ausgegangen.

Als Finanzierungspotenzial für Verkehrswendemaßnahmen könnten die so ermittelten 13 Mrd. Euro schon ein erster Baustein sein. Insgesamt bleiben die Effekte auf die Infrastruktur- und Investitionsbedarfe jedoch mit einer Reduzierung um weniger als ein halbes Prozent gemessen an der Gesamtsumme im BAU-Szenario vergleichsweise gering

Abb. 46: Infrastruktur- und Investitionsbedarfe im Meta-Szenario

Auswirkungen auf Infrastruktur und Investitionsbedarfe im Meta-Szenario

Erhalt und ggf. Ausbau bestehender Infrastruktur	Längere Nutzungsdauern, niedrigere technische Anforderungen
Ausbau ÖPNV (Verdichtung)	Anlagen zur Verkehrssteuerung, ansonsten vor allem Fahrzeuge
Ausbau neuer Angebote	Zugangspunkte bzw. Abstellrichtungen, ansonsten vor allem Fahrzeuge
Digitale Vernetzung	Markierungen, Sensoren, ansonsten vor allem Ausbau der Mobilfunksysteme und der digitalen Technik in Fahrzeugen
Ausbau Zugangspunkte	Zusätzliche Haltestellen
Gestaltung Fahrzeuge und Haltestellen (ÖPNV)	Wetterschutz, Barrierefreiheit
Abstellanlagen (Um- und ggf. Rückbau)	Rückbau bzw. Umnutzung von Stellplätzen im öffentlichen Raum
Ausbau Ladeinfrastruktur	Öffentlich zugängliche Ladesäulen
Ausbau Tankstellennetz (H2/E-Fuels)	Ergänzung und Umbau bestehender Tankstellen (keine öffentliche Infrastruktur)



Im Meta-Szenario rückt deshalb die Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger in den Vordergrund. Als notwendige Maßnahmen wurden der Ausbau des ÖPNV und dabei insbesondere eine Verdichtung der Takte, die Erweiterung des Verkehrssystems um neue Angebote (z.B. Lastenfahrräder, Elektroroller), eine noch umfassendere digitale Vernetzung als bisher und der Ausbau von Zugangspunkten in Verbindung mit multimodalen Verkehrsangeboten identifiziert. Laut einer KCW-Studie im Auftrag des UBA aus dem Jahr 2019 müssten für den Ausbau des ÖPNV je nach Szenario zwischen 3 und 9 Mrd. Euro zusätzlich in Infrastruktur und innovative Antriebe investiert werden (Naumann et al., 2019). Der Zeithorizont ist dabei eher weit gezogen. Für das Verkehrswendesenario wird jedoch vor dem Hintergrund der notwendigen THG-Einsparungen im Verkehrssektor unterstellt, dass die Ansätze bis 2030 realisiert werden könnten.

Für die digitale Vernetzung insbesondere als Grundlage für multimodale Angebote sind der Ausbau von Breitband-Datenleitungen und die flächendeckende Einführung von 5G-Netzen relevant. Die Forscher*innen von IMK und IW beziffern den staatlichen Anteil dabei auf 20 Mrd. Euro in den nächsten zehn Jahren (Bardt et al., 2019). Allerdings wird die digitale Infrastruktur nicht nur im Verkehrssektor, sondern auch von anderen Bereichen benötigt. Eine Bewertung allein für das Verkehrswendeszenario ist dadurch schwierig, zumal auch der von den Kommunen zu tragende Anteil noch unbekannt ist. Für eine erste monetäre Bewertung der Investitionsbedarfe für nachhaltige Mobilität soll dieser Orientierungswert jedoch trotzdem verwendet werden.

Die schon heute bestehende, zum Teil aber noch unterschätzte Bedeutung des Fuß- und Radverkehrs wird weiter zunehmen und sich auch im Ausbaubedarf für Fuß- und Radwege sowie ausreichend viele und sichere Abstellanlagen niederschlagen.

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität geht davon aus, dass der Verkehrsaufwand beim Fußverkehr auch ohne Verkehrswende bis zum Jahr 2030 auf 35 Mrd. Personenkilometer (pkm) steigen wird (von 34 Mrd. pkm im Jahr 2017) (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019). Die obere Grenze des Zielkorridors für die Verkehrswende wird bei 37,7 pkm definiert. Der Erweiterungsbedarf laut BAU-Szenario für Fußwege beträgt etwa 0,5 Mrd. Euro. Unter der vereinfachenden Annahme, dass für mehr entsprechenden Verkehrsaufwand auch mehr Fußwege benötigt werden, ergibt sich für den mit der Verkehrswende um weitere 2,7 Mrd. pkm steigenden Verkehrsaufwand ein zusätzlicher Erweiterungsbedarf von 1,3 Mrd. Euro.

Das BMVI veröffentlichte 2014 basierend auf einem Kurzgutachten der Planungsgemeinschaft Verkehr eine Abschätzung des kommunalen Finanzbedarfs für den Erhalt, Um- und Neubau von Radwegen in Deutschland (Bracher & Hertel, 2014). Angesetzt wurden abhängig von lokalen Merkmalen Werte zwischen 5 und 12 Euro pro Einwohner*in und Jahr. Bei rund 80 Mio. Einwohnerinnen und Einwohnern Deutschlands und zehn Jahren Betrachtungszeitraum lässt sich der Bedarf für Investitionen in Radwege damit auf 4 bis 10 Mrd. Euro beziffern. Auf der gleichen Grundlage können bei spezifischen Investitionen von 0,5 bis 2,5 Euro pro Einwohner*in und Jahr die Investitionen für zusätzliche Abstellanlagen auf 1 bis 2 Mrd. Euro geschätzt werden.

Die benötigten Flächen werden vor allem dadurch verfügbar, dass die Verlagerung auf den öffentlichen und den aktiven Verkehr den Bedarf an Autos sinken lässt und deshalb auch der Platz, den diese bisher zum Fahren und Parken benötigten, in Teilen anders genutzt werden kann.

Das UBA formuliert beispielsweise das Ziel, den Flächenverbrauch für ruhenden motorisierten Verkehr in Großstädten bis 2030 von 4,5 qm (2018) auf nur noch 3 qm jeweils pro Einwohner*in zu reduzieren (Bauer et al., 2018). Für das Verkehrswendeszenario wird angenommen, dass eine solche Reduzierung beispielsweise durch effizienteres Parkraummanagement auch in Deutschland insgesamt möglich wäre. Die Anzahl der Pkw-Stellplätze in Deutschland wird auf rund 160 Mio. geschätzt, von denen sich rund 70 % am Straßenrand, d.h. im öffentlichen Raum befinden (Suthold & Scherer, 2020). Bis 2030 könnten vor diesem Hintergrund 37 Mio. Stellplätze für andere Nutzungen verfügbar gemacht werden.

Auf die Großstädte mit mehr als 50.000 EW entfällt ein Anteil von rund 15 % des Straßennetzes aus Hauptverkehrsstraßen und untergeordneten Straßen.

Angenommen, die Pkw-Stellplätze am Straßenrand verteilen sich gleichmäßig über alle Straßen und eine Umnutzung entsprechend der UBA-Zielstellung würde sich auf die Großstädte beschränken, dann stünden immerhin noch fast 6 Mio. Stellplätze zur Disposition.

Die laufende Unterhaltung eines Stellplatzes bzw. Parkstandes verursacht jährliche Kosten von mindestens 60 Euro im Jahr. Es gibt auch Studien, die die jährlichen Unterhaltskosten deutlich höher bei 300 bis 500 Euro ansetzen (Bauer et al., 2022). Doch selbst mit dem niedrigeren Wert ergibt sich im Durchschnitt ein jährliches Einsparpotenzial von über 2 Mrd. Euro. In einem Betrachtungszeitraum von zehn Jahren kommen so 22 Mrd. Euro zusammen, die stattdessen für Verkehrswendemaßnahmen genutzt werden könnten. Weil die laufende Unterhaltung schon aus Gründen der Verkehrssicherheit nicht überall sofort eingestellt werden kann, würden die finanziellen Mittel erst mit einer zeitlichen Verzögerung frei werden, stünden dann aber im Prinzip dauerhaft zur Verfügung. Es wäre deshalb denkbar, die Mittelum-schichtung zunächst mit Hilfe geeigneter Finanzierungsinstrumente vorzufinanzieren. Bei dem auf die Großstädte beschränkten Ansatz wäre die mögliche Einsparung niedriger und würde bei sonst gleichen Annahmen insgesamt bei etwas mehr als 3 Mrd. Euro liegen. Allerdings erscheint es nicht unwahrscheinlich, dass die Unterhaltskosten von Pkw-Stellplätzen in Großstädten aufgrund intensiverer Nutzung im Durchschnitt höher sind als im ländlichen Raum.

Noch größer scheint das Einsparpotenzial zu sein, wenn auf Ersatzinvestitionen bei den Stellplätzen verzichtet werden würde. Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 50 Jahren (entspricht dem für Straßen im BAU-Szenario angesetzten Wert) müssen rechnerisch jedes Jahr 2 % der Stellplätze ersetzt werden. Bei den bereits beschriebenen Rahmendaten entspricht das jährlich 2,24 Mio. Stellplätzen bzw. 0,34 Mio. nur in den Großstädten. Bei sehr niedrig angesetzten Baukosten von 1.500 Euro (ebenerdig, offen) ergeben sich jährliche Einsparungen von 3,4 Mrd. Euro durch unterlassenen Ersatz (in Großstädten rund 0,5 Mrd. Euro). Nach zehn Jahren wären dann 22 Mio. Stellplätze (Großstädte 3,4 Mio. Stellplätze) nicht mehr als solche verfügbar (das UBA-Ziel wäre damit noch längst nicht erreicht), und stattdessen wären 34 Mrd. Euro oder zumindest 5 Mrd. Euro in den Großstädten eingespart worden. Analog zu den Unterhaltskosten wäre es auch plausibel, in den Großstädten von vergleichsweise höheren Baukosten für Stellplätze auszugehen, so dass sich ein entsprechend höheres Einsparpotenzial zeigen würde.

Die veränderte Flächeninanspruchnahme begünstigt auch die geteilte Nutzung von Fahrzeugen unterschiedlicher Kategorien, die in einem engen Zusammenhang mit der Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsmittel gesehen werden. Zusätzliche Infrastrukturbedarfe entstehen durch Shared Mobility nicht, wenn der ohnehin erforderliche Ausbau von Abstellanlagen deren spezifischen Anforderungen berücksichtigt.

Für die Abschätzung von Investitionsbedarfen sind vor diesem Hintergrund zusätzliche und vor allem digital vernetzte Anlagen zur Verkehrssteuerung zu berücksichtigen. Fahrbahnen und Gleisanlagen erfordern zusätzliche Markierungen, Beschilderungen und Sensoren. Dadurch könnten die für eine Bedarfsschätzung relevanten spezifischen Baukosten etwas steigen. Allerdings konnte dieser Effekt selbst nach intensiver Recherche nicht beziffert werden. Die genutzten Technologien sind zum Teil noch vergleichsweise neu. Die in Pilotprojekten beobachteten Kosten werden bei einer umfassenden Anwendung deutlich niedriger ausfallen und können deshalb nicht angesetzt werden. Den größten zusätzlichen Investitionsbedarf dürften zusätzliche Zu-

gangspunkte und Abstellrichtungen verursachen, vor allem weil bei Haltestellen höhere Anforderungen an Wetterschutz und Barrierefreiheit zu erwarten sind. Indem die benötigten Flächen durch Rückbau bzw. Umnutzung von Stellplätzen im öffentlichen Raum gewonnen werden, entsteht nur im Ausnahmefall die Notwendigkeit für zusätzlichen Flächenerwerb.

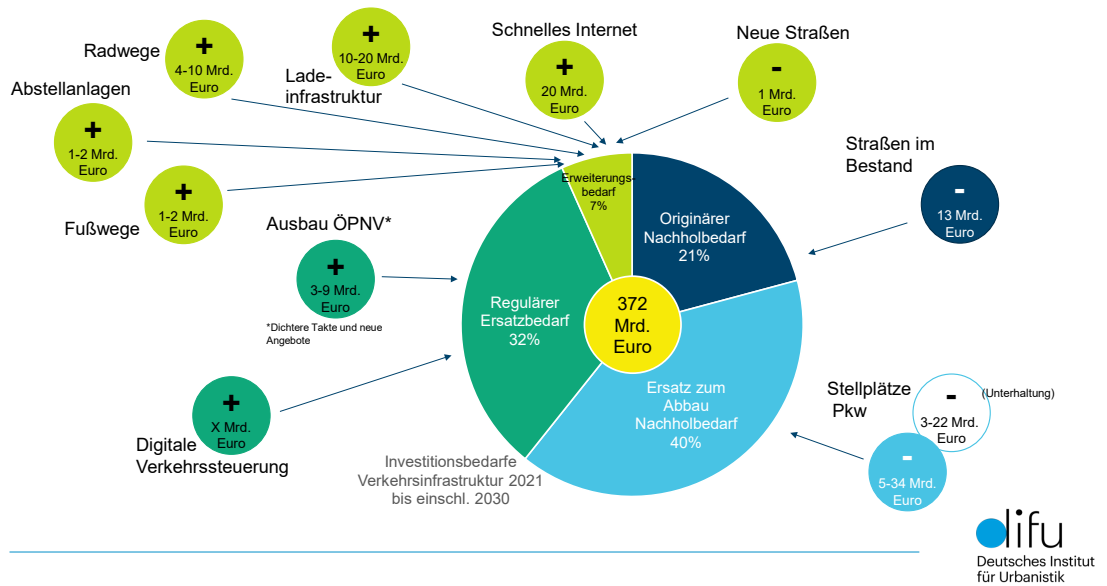
Neben der Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger wird im Meta-Szenario auf die verstärkte Elektrifizierung des Verkehrssystems gesetzt. Diese betrifft auch den Wirtschafts- und Güterverkehr sowie den ÖPNV. Im Vordergrund steht jedoch die individuelle Mobilität. Anpassungsbedarf als Auslöser für Investitionen besteht deshalb insbesondere im Bereich der Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum. Der Bundesverband E-Mobilität sieht in den kommenden zehn Jahren einen zusätzlichen Bedarf von insgesamt 400.000 Ladepunkten und beziffert die dafür erforderlichen Investitionen auf etwas mehr als 9 Mrd. Euro (Bundesverband eMobilität, 2020). Laut Bundesregierung sollen bis zum Jahr 2030 in Deutschland sogar eine Million öffentliche Ladepunkte für E-Mobilität verfügbar sein, womit sich auch die für den Ausbau erforderlichen Investitionen mehr als verdoppeln würden.

Um- und Ausbau des Tankstellennetzes für den Vertrieb von Wasserstoff und E-Fuels bleiben dagegen auch im Meta-Szenario Aufgabe der bisherigen Akteure. Für die Kommunen ergeben sich daraus keine unmittelbaren Investitionsbedarfe.

Sowohl bei den Investitionen für den Ausbau des ÖPNV, für Einrichtungen zur Ermöglichung von Multimodalität sowie für die Elektrifizierung des Verkehrs werden im Meta-Szenario auch ländliche Regionen angemessen berücksichtigt. Bei der Abschätzung von Investitionsbedarfen werden deshalb für diesen Aspekt der Verkehrswende keine zusätzlichen Beträge angesetzt.

Insgesamt werden bis 2030 gemäß den Szenario-Betrachtungen zusätzliche Investitionen im Umfang von 39 bis 63 Mrd. Euro zur Realisierung der Verkehrswende erforderlich (vgl. Abb. 47). Gleichzeitig scheinen Einsparungen bei Straßen und Stellplätzen (Ersatz, Erweiterung, Unterhaltung) in Höhe von 21 bis 63 Mrd. Euro denkbar. Bei konsequenter Umsetzung der beschriebenen Maßnahmen könnten die Einsparungen die zusätzlichen Investitionen zu einem großen Teil finanzieren.

Abb. 47:
Investitionsbedarfe der
Verkehrswende im
Meta-Szenario



Quelle: Eigene Darstellung

Die Verlagerung des Verkehrs auf andere Verkehrsträger erfordert jedoch darüber hinaus Investitionen an anderer Stelle, insbesondere in Fahrzeuge des ÖPNV, in den Ausbau der Mobilfunksysteme und der digitalen Technik in Fahrzeugen sowie in die für die aktive Mobilität benötigten Fahrzeuge (z.B. E-Bikes). Solche Investitionen sind zwar nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Wenn den jeweiligen Akteuren jedoch die Mittel für die erforderlichen Anschaffungen bzw. den Ausbau der eigenen Angebote fehlen, dürfte dies einer Realisierung der Verkehrswende im Meta-Szenario entgegenstehen – selbst wenn die beschriebenen Anpassungen der kommunalen Infrastruktur auf den Weg gebracht werden können.

6.7 Mögliche Klimaschutzeffekte im Meta-Szenario

Die Analysen im Meta-Szenario zeigen, dass zumindest bis zum Zeithorizont 2030 nur wenige Verkehrsvermeidungspotenziale umsetzbar sind. Die mit der Verkehrswende angestrebten Effekte, insbesondere die Reduzierung von Emissionen, sollen vor allem durch die Verlagerung auf den ÖPNV und die aktive Mobilität sowie durch die weitgehende Elektrifizierung des übrigen Verkehrs erreicht werden.

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) definiert als Ziel für 2030 einen Anteil am Verkehrsaufwand in Personenkilometern von bis zu 12 % für den Schienenpersonenverkehr sowie von bis zu 8 % für Busse, U-Bahnen und Straßenbahnen. Auf den Rad- und Fußverkehr sollen demzufolge 9 % entfallen. Gegenüber dem Stand im Jahr 2015 würde die damit einhergehende Verkehrsverlagerung für 2030 ein Einsparpotenzial von mehr als 10 Mio. t CO₂ erschließen (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019).

Schätzungen zufolge wäre es darüber hinaus ambitioniert, aber möglich, bis zum Jahr 2030 etwa 7 bis 10 Mio. Fahrzeuge im Bestand durch elektrifizierte Pkw zu ersetzen. Daraus ergäbe sich für 2030 eine THG-Reduktion im Pkw-Bereich von circa 15 Mio. t CO₂ (bei 7 Mio. Pkw) bis 23 Mio. t CO₂ jeweils gegenüber 2015 (bei 10 Mio. Fahrzeugen) (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019).

Bei Lkw und Bussen erscheinen Einsparungen von insgesamt mehr als 25 Mio. t CO₂ gegenüber 2015 durch Elektrifizierung und Umstellung auf alternative Kraftstoffe möglich. Wobei dies beispielsweise auch den Um- bzw. Ausbau der überörtlichen Verkehrsinfrastruktur, beispielsweise durch Oberleitungen auf Autobahnen, voraussetzen würde. Solche Elemente sind im beschriebenen Meta-Szenario allerdings nicht berücksichtigt (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019).

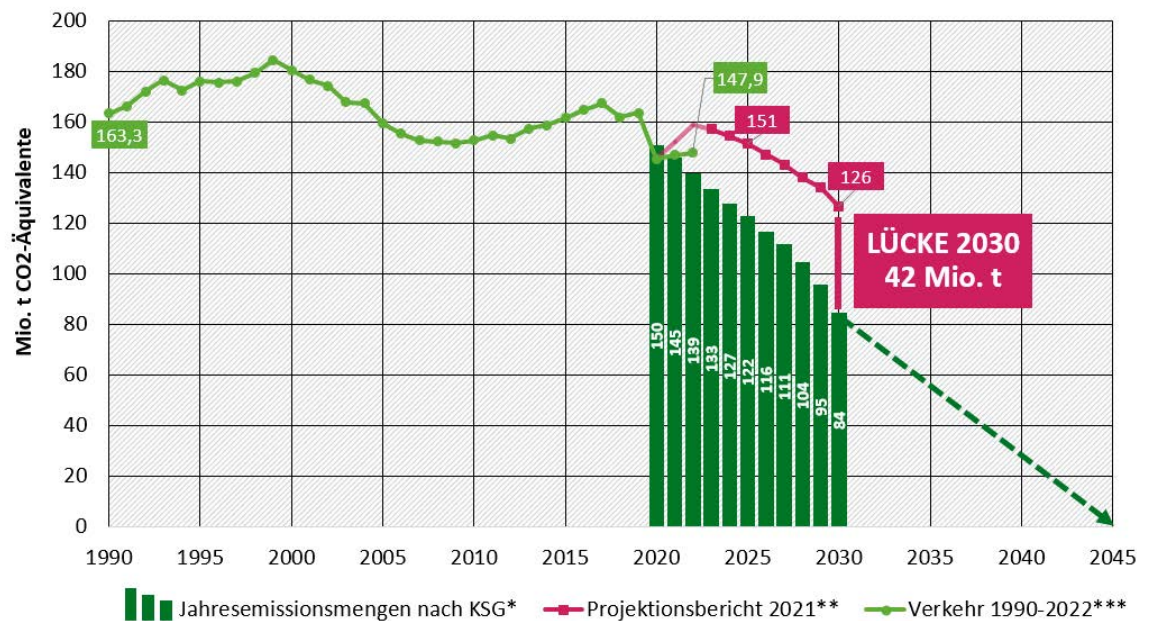
Durch effizientere Motoren (Fahrzeugeffizienz) und eine bessere Auslastung von Fahrzeugen (Systemeffizienz) könnten sich im Jahr 2030 bis zu 22 Mio. t CO₂ bei Pkw und bis zu 12 Mio. t CO₂ bei Lkw gegenüber 2015 einsparen lassen. Diese Effekte hängen jedoch nicht unmittelbar mit der Verkehrsinfrastruktur zusammen (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019). Weitere CO₂-Reduzierungen sind durch regenerative Kraftstoffe möglich. Die NPM geht von bis zu 21 Mio. t gegenüber 2015 aus (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 "Klimaschutz im Verkehr", 2019).

In der Summe dieser Potenziale ergibt sich für den Verkehrssektor für 2030 eine mögliche CO₂-Reduzierung um bis zu 113 Mio. t gegenüber 2015. Gemäß Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) müssen die Treibhausgasemissionen des Verkehrs bis zum Jahr 2030 auf 84 Mio. t CO₂-Äquivalente sinken, ausgehend von rund 160 Mio. t im Jahr 2015 (vgl. Abb. 48) (Hendzlik et al., 2023). Diese Vorgabe scheint erreichbar, selbst wenn nicht alle Potenziale rechtzeitig gehoben werden können. Um bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral zu werden, sollte aus Sicht des Umweltbundesamtes bis 2030 eine Minderung der Treibhausgasemissionen in Deutschland um mindestens 70 % gegenüber 1990 erreicht werden. Auch das scheint, basierend auf den dargestellten Annahmen, nicht ausgeschlossen. Es sei allerdings angemerkt, dass die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität selbst von einem vorwiegend auf Infrastrukturverbesserung, direkte Förderung und Angebotserweiterung ausgerichteten Instrumentenbündel ausgeht, welches zusammen mit den bereits beschlossenen EU-Standards lediglich ein CO₂-Minderungspotenzial von 29 bis 39 Mio. t CO₂-Äquivalenten erschließen würde. Es bliebe eine signifikante Lücke in Höhe von 16 bis 26 Mio. t CO₂-Äquivalenten.

Die notwendigen Treibhausgas-minderungen werden zudem nur zum Teil unmittelbar durch die im Meta-Szenario beschriebenen Infrastrukturmaßnahmen ermöglicht. Das nachhaltige Verkehrsinfrastruktursystem ist jedoch die Plattform, auf der die erforderlichen Veränderungen stattfinden.

Abb. 48:
Klimaschutzziele
Verkehr

Entwicklung und Zielerreichung der Treibhausgasemissionen in Deutschland im Sektor Verkehr des Klimaschutzgesetzes (KSG)



* Angepasste Ziele aufgrund von Zielüberschreitung ** Berechnete Werte des „Projektionsbericht 2021“ weichen teilweise von später veröffentlichten offiziellen IST-Werten ab. *** Für 2022 nur vorläufige Emissionsdaten.

Quelle: UBA
15.03.2023

Insbesondere die Antriebswende, aber auch die verstärkte Nutzung der bereits heute elektrisch angetriebenen Fahrzeuge des ÖPNV setzen voraus, dass die Verkehrswende mit der Energiewende, d.h. mit dem Ausbau der Energieerzeugung durch erneuerbare Quellen, einhergeht. Auch in diesem Bereich sind erhebliche Investitionsbedarfe vorhanden oder absehbar, die auch die kommunalen Akteure betreffen (werden).

6.8 Investitionsbedarfe einer Verkehrswende – Kernaussagen

Aus der Meta-Analyse zu den Auswirkungen einer Verkehrswende auf die Investitionsbedarfe für kommunale Verkehrsinfrastruktur ergeben sich insbesondere die folgenden Erkenntnisse:

- Die für das BAU-Szenario ermittelten Investitionsbedarfe bei der kommunalen Verkehrsinfrastruktur im Umfang von 372 Mrd. Euro entfallen zum größten Teil auf den Ersatz maroder Anlagen und Bauwerke.
- Die erfassten Investitionsbedarfe für Maßnahmen der Verkehrswende sind mit bis zu 63 Mrd. Euro bis 2030 nicht zu ignorieren, entsprechen jedoch nur etwa einem Sechstel der Summe zum Erhalt des Status quo.
- Die Verkehrswende macht die vorhandene Infrastruktur jedoch nicht obsolet, sondern nutzt diese in angepasster Weise.
- Investitionen in die bestehende Infrastruktur bleiben deshalb weiter erforderlich. Allerdings ergeben sich Einsparpotenziale, deren Hebung eine wichtige finanzielle Grundlage für Verkehrswendemaßnahmen bilden könnte.

- Voraussetzung dafür ist jedoch eine klare Richtungsentscheidung für den Umbau des Verkehrssystems als Basis einer nachhaltigen Mobilität.
- Konsequenterweise würden die betrachteten Maßnahmen eine Reduzierung der THG-Emissionen im Verkehrssektor ermöglichen.

Literatur

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland. (2018). Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok): Hauptdokument. Version 7.1. <https://www.adv-online.de/icc/extdeu/nav/a63/binarywriterservlet?imgUid=1501016e-7efa-8461-e336-b6951fa2e0c9&uBasVariant=11111111-1111-1111-1111-111111111111>
- Arndt, W.-H. (2013). Ersatzneubau kommunale Straßenbrücken: Endbericht. Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). <https://repository.difu.de/handle/difu/255098>
- Arndt, W.-H., Dröge, N., Fathejalali, A. & Kämpfer, R. (2015). Erstellung einer Geodatenbank aller Brücken und Straßen Deutschlands in kommunaler Bau- last auf Basis von Open-Street-Map-Daten: Dokumentation der Arbeitsschritte und Beschreibung des Ergebnisses (Sonderveröffentlichung). Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). <https://repository.difu.de/handle/difu/223666>
- Balleis, S. (2020a). Die Dieseldebatte als Auslöser der Verkehrswende. In C. Etezadzadeh (Hrsg.), Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation (S. 515–524). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_53
- Balleis, S. (2020b). Wasserstoff – Bindeglied zwischen Energiewende und Verkehrswende. In C. Etezadzadeh (Hrsg.), Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation (S. 563–570). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_58
- Bardt, H., Dullien, S., Hüther, M. & Rietzler, K. (2019). Für eine solide Finanzpolitik: Investitionen ermöglichen! (IMK Report Nr. 152). Düsseldorf. Hans-Böckler-Stiftung, Institut für Makroökonomie und Konjunkturforschung (IMK). <https://www.econsortor.eu/handle/10419/213410>
- Bauer, U., Bracher, T. & Gies, J. (2020). Ein anderer Stadtverkehr ist möglich: neue Chancen für eine krisenfeste und klimagerechte Mobilität. Studie. Berlin. Agora Verkehrswende. <https://repository.difu.de/handle/difu/578055>
- Bauer, U., Gies, J., Schneider, S., Bunzel, A. & Walte, J. (2022). Mobilitätskonzepte in neuen Wohnquartieren. Mobilität sichern, Flächen und Emissionen sparen, Wohnqualität schaffen: Mobilität sichern, Flächen und Emissionen sparen, Wohnqualität schaffen. Broschüre. München. Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. <https://repository.difu.de/handle/difu/583576>
- Bauer, U., Hertel, M. & Buchmann, L. (2018). Geht doch! Grundzüge einer bundesweiten Fußverkehrsstrategie (Texte Nr. 75). Umweltbundesamt (UBA). <https://repository.difu.de/handle/difu/251526>
- Becker, U. (2015, 24. April). Mobilität vs. Verkehr - für einen neuen Mobilitätsbegriff. TU Dresden. „Neue Mobilität - Baden-Württemberg bewegt nachhaltig“. https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/voeko/ressourcen/dateien/vortraege_prof_becker/NeueMobilitaet_BaWue_UB_finai_20150424_neu.pdf?lang=de
- Bippus, H. (2020). Eine Alternative im öffentlichen Warennahverkehr: elektronische Lastenräder und Hub-Lösungen. In C. Etezadzadeh (Hrsg.), Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation (S. 593–603). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_62
- Bracher, T. & Hertel, M. (2014). Radverkehr in Deutschland: Zahlen, Daten, Fakten. Berlin. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu); Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). <https://repository.difu.de/handle/difu/232336>
- Brand, S., Raffner, C., Salzgeber, J. & Scheller, H. (2022). Kommunen spüren steigende Energiepreise und reagieren vielfältig darauf (KfW Research - Fokus Volkswirtschaft Nr. 381). Frankfurt a.M. KfW Bankengruppe. <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/583559>
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2021). Dokumentation Verwaltungsgebiete 1 : 250 000: VG250 und VG250-EW. Leipzig. https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/vg250_12-31.pdf
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (2023). Dokumentation zum Datensatz des Digitalen Landschaftsmodell 1:250.000: DLM250. Produktstand 31.12.2022. Leipzig. https://sg.geodatenzentrum.de/web_public/gdz/dokumentation/deu/dlm250.pdf
- Bundesministerium für Digitales und Verkehr. (2022). Verkehr in Zahlen 2022/2023. Flensburg. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-inzahlen-2022-2023-pdf.html>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2018). ASB: Anwei-

- sung StraßeninformationsBank: Segment: Kernsystem Version 2.04. https://www.bast.de/DE/Publikationen/Regelwerke/Verkehrstechnik/Downloads/V-asb-kernsystem.pdf?__blob=publicationFile&v=5
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2021a). Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 1. Januar 2021. Berlin. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/laengenstatistik-2021.pdf?__blob=publicationFile
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2021b). Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs, Stand: 1. Januar 2021. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/StB/laengenstatistik-2021.pdf?__blob=publicationFile
- Bundesverband eMobilität. (2020, 14. Juli). BEM-Pressemitteilung: Regulierung öffentlicher Ladeinfrastruktur: BEM schlägt stärkere Verantwortung der Netzbetreiber vor [Pressemitteilung]. <https://www.bem-ev.de/bem-pressemitteilung-regulierung-oeffentlicher-ladeinfrastruktur/>
- Canzler, W. (2021). Abschied vom Auto? Verkehrshandeln zwischen Disruption und Pfadabhängigkeit. In SONA - Netzwerk Soziologie der Nachhaltigkeit (Hrsg.), *Soziologie der Nachhaltigkeit: Bd. 1. Soziologie der Nachhaltigkeit* (S. 403–416). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839451991-021>
- Canzler, W. & Knie, A. (2020). Neues Spiel, neues Glück? Mobilität im Wandel. In A. Brunnengräber & T. Haas (Hrsg.), *Edition Politik: Bd. 95. Baustelle Elektromobilität: Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-) Mobilität* (S. 139–160). transcript. <https://doi.org/10.14361/9783839451656-007>
- Döring, T. & Aigner-Walder, B. (2020). Neue Antriebstechnologien in Form von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens. In U. Reutter, C. Holz-Rau, J. Albrecht & M. Hülz (Hrsg.), *Forschungsberichte der ARL: Bd. 14. Wechselwirkungen von Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels* (S. 219–243). <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-0990098>
- Etezadzadeh, C. (Hrsg.). (2020). *Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation*. Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6>
- Gerike, R., Hubrich, S., Ließke, F., Wittig, S. & Wittwer, R. (2020). Was sich zeigt: Präsentation und Diskussion der Ergebnisse des SrV 2018. Ergebnisdarstellung zum 11. Erhebungsdurchgang „Mobilität in Städten - SrV 2018“. Technische Universität Dresden. <https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ivs/srv/srv-2018>
- Grimm, A., Doll, C., Hacker, F. & Minnich, L. (2020). *Nachhaltige Automobilwirtschaft: Strategien für eine erfolgreiche Transformation* (Working Paper Sustainability and Innovation S19/2020). Karlsruhe. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0011-n-6154090>
- Hasenfuß, J. & Galbarz, F. (2020). Herausforderungen und Lösungsansätze urbaner Logistikanforderungen. In C. Etezadzadeh (Hrsg.), *Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation* (S. 579–586). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_60
- Hendzlik, M., Lange, M., Hölting, P., Lambrecht, M., Frey, K., Schmied, M., Dziekan, K. & Dross, M. (2023). Klimaschutzinstrumente im Verkehr: Bausteine für einen klimagerechten Verkehr. Umweltbundesamt (UBA). https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/2023-03_kliv_uebersicht_bausteine_klimavertraeglicher_verkehr.pdf
- Hesse, M. (2018). Ein Rückblick auf die Zukunft. 25 Jahre Verkehrswende. *Ökologisches Wirtschaften*, 33(2), 16–18. <https://doi.org/10.14512/OEW330216>
- Informationstechnikzentrum Bund (ITZ-Bund). (2008). *Modellierungsbeispiel Basis-DLM*. https://bscw.bund.de/pub/bscw.cgi/d78008750/42002_AX_Strasse_NAM_Schema.pdf
- Informationstechnikzentrum Bund (ITZ-Bund). (2021). *Modellierungsbeispiele. 42000 Verkehr*. https://bscw.bund.de/pub/bscw.cgi/d78059505-3/*/*/*42000%20Verkehr.html?op=WebFolder.getweb
- Kluth, T., Ratzenberger, R. & Knebel, P. (2022). Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr: Mittelfristprognose Sommer 2022. https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/gleitende-mittelfristprognose-sommer-2022.pdf?__blob=publicationFile
- Koska, T., Jansen, U., Werland, S. & Wetzchewald, A. (2021). *Klimapaket Autoverkehr: Mit welchen Maßnahmen der PKW-Verkehr in Deutschland auf Klimakurs kommt*. Hamburg. Greenpeace. https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/8156/file/8156_Klimapaket.pdf
- Kunert, U. & Link, H. (2001). *Prognose des Ersatzinvestitionsbedarfs für die Bundesverkehrswege bis zum Jahre 2020*. Beiträge zur Strukturforschung: Bd. 187. Duncker & Humblot. <https://doi.org/10.3790/978-3-428-50704-7>

- Larisch, C., Wendorf, J., Birk, M. & Hermens, S. (2022). Mobilstationen als Stadtbaustein der Energie- und Verkehrswende. In *Mobility, Knowledge and Innovation Hubs in Urban and Regional Development: Proceedings of REAL CORP 2022, 27th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society* (S. 495–503): REAL CORP. <http://repository.corp.at/id/eprint/888>
- Leerkamp, B., Thiernemann, A., Schlott, M., Holthaus, T., Aichinger, W. & Wittenbrink, P. (2020). Liefern ohne Lasten: Wie Kommunen und Logistikwirtschaft den städtischen Güterverkehr zukunftsfähig gestalten können. *Agora Verkehrswende*. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/liefere-ohne-lasten/>
- Manderscheid, K. (2020). Antriebs-, Verkehrs- oder Mobilitätswende? In A. Baumgräber & T. Haas (Hrsg.), *Edition Politik: Bd. 95. Baustelle Elektromobilität: Sozialwissenschaftliche Perspektiven auf die Transformation der (Auto-)Mobilität* (S. 37–68). transcript Verlag. <https://doi.org/10.1515/9783839451656-003>
- Mitteregger, M., Bruck, E. M., Soteropoulos, A., Stickler, A., Berger, M., Dangschat, J. S., Scheu-vens, R. & Banerjee, I. (2020). Ausgangslage. In *AVENUE21. Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa* (S. 13–56). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61283-5_3
- Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM), Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“. (2019). *Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor: Zwischenbericht 03/2019*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf>
- Naumann, R., Pasold, S. & Fröhlicher, J. (2019). Finanzierung des ÖPNV: Status quo und Finanzierungsoptionen für die Mehrbedarfe durch Angebotsausweitungen. Gutachten. KCW. https://www.kcw-online.de/media/pages/veroeffentlichungen/finanzierung-des-oePNV/6066a41265-1579615122/2019_finanzierung_des_oePNV_fin.pdf
- Niedbal, M. (2020). „Smart Cities“ als Überbegriff für eine lebenswerte, komfortable und Teilhabe ermöglichende Umgebung. In C. Etezadzadeh (Hrsg.), *Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation* (S. 469–484). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_49
- Nobis, C. & Klein-Hitpaß, A. (2020). Baustellen der Mobilitätswende: Wie sich die Menschen in Deutschland fortbewegen und was das für die Verkehrspolitik bedeutet. *Analyse. Agora Verkehrswende*. <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/baustellen-der-mobilitaetswende/>
- Nobis, C. & Kuhnimhof, T. (2018). *Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht*. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/archive/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf
- Nordrhein-Westfalen. (2005). NKF – Rahmentabelle der Gesamtnutzungsdauer für kommunale Vermögensstände. (Anlage 15) (Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen Nr. 15). https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_vbl_show_pdf?p_id=2027
- OpenStreetMap Wiki contributors. (2021). DE:Map Features. OpenStreetMap Wiki. https://wiki.openstreetmap.org/w/index.php?title=DE:Map_Features&oldid=2135402
- Raffer, C. & Scheller, H. (2022). *KfW-Kommunalpanel 2022 (KfW-Research)*. Frankfurt a.M. KfW Bankengruppe. <https://repository.difu.de/jspui/handle/difu/583565>
- Raffer, C., Scheller, H., Schneider, S., Arndt, W.-H., Drews & Fabian (2020). *Studie zum Bestand und Zustand des gemeindlichen Straßennetzes in Sachsen-Anhalt. Mittel- und langfristige Investitionsbedarfe*.
- Reidenbach, M., Bracher, T., Grabow, B., Schneider, S. & Seidel-Schulze, A. (2008). *Investitionsrückstand und Investitionsbedarf der Kommunen: Ausmaß, Ursachen, Folgen, Strategien* (Edition Difu - Stadt, Forschung, Praxis Nr. 4). Deutsches Institut für Urbanistik (Difu).
- Renschler, A. (2021). *Die Zukunft des Nutzfahrzeugs im Spannungsfeld von Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit*. In W. Siebenpfeiffer (Hrsg.), *Mobilität der Zukunft: Intermodale Verkehrskonzepte* (S. 475–487). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61352-8_33
- Schneider, S., Maruda, T., Koldert, B. & Thöne, M. (2018). *Leistungsfähige Infrastruktur generationengerecht finanziert: Das Beispiel der Stadt Köln* (Difu Impulse 6/2018). Deutsches Institut für Urbanistik (Difu). <https://repository.difu.de/handle/difu/246463>
- Schopf, J. M. (2001). *Mobilität & Verkehr: Begriffe im Wandel*. In H. Knoflacher (Hrsg.), *Verkehr und Mobilität (Wissenschaft und Umwelt interdisziplinär Nr. 3, S. 3–11)*.
- Statista Research Department. (2022). *Anteil der Elektrofahrzeuge an den Car-sharing-Flotten in Deutschland in den*

- Jahren 2020 bis 2022. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/695105/umfrage/anteil-der-elektrofahrzeuge-an-carsharing-flotten-in-deutschland/>
- Stimpel, R. (2020). Stadtverkehr zu Fuß – so einfach wie smart. In C. Etezzadeh (Hrsg.), *Smart City Made in Germany: Die Smart-City Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation* (S. 485–492). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-658-27232-6_50
- Suter, S., Buffat, M., Frank, J. & Vionnet, G. (2020). Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem. https://www.mobilityplatform.ch/fileadmin/mobilityplatform/normen-pool/21776_1689_inhalt.pdf
- Suthold, R. & Scherer, L. (2020). Dauerthema Parken: Kommunen müssen mehr Verantwortung übernehmen! ADAC.
- Umweltbundesamt (UBA). (2023). Fahrleistungen, Verkehrsleistung und Modal Split in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#anmerkung>

7. Anhang

A.1 Liste der ausgewerteten Szenariostudien

Nr.	Autor*innen	Titel	Jahr
1	Schippl, J.; Gudmundsson, Henrik; Sørensen, Claus Hedegaard; Anderton, K.; Brand, R.; Leiren, M.D.; Reichenbach, M.	Different Pathways for Achieving Cleaner Urban Areas - A Roadmap towards the White Paper Goal for Urban Transport	2016
2	Tim Neumann · Uwe Ziesler · Tobias Teich (Hrsg.)	Kooperation und Innovation für eine nachhaltige Stadtentwicklung - Forschung mit innovativen Kommunen	2020
3	Dangschat, Jens S.	Gesellschaftlicher Wandel, Raumbezug und Mobilität	2020
4	Holz-Rau, Christian; Scheiner, Joachim	Raum und Verkehr - ein Feld komplexer Wirkungsbeziehungen: Können Interventionen in die gebaute Umwelt klimawirksame Verkehrsemissionen wirklich senken?	2016
5	Holz-Rau, Christian; Scheiner, Joachim	Mobilität und Raumentwicklung im Kontext gesellschaftlichen Wandels - Schlussfolgerungen für Politik, Planungspraxis und Forschung	2020
6	Goecke, Henry; Grömling, Michael; Wendt, Jan Marten	Lkw-Verkehrsdaten in der Konjunkturanalyse: Eine Anwendung für die bayerische Wirtschaft	2020
7	Thiemermann, Andre; Bert Leerkamp; Paul Wittenbrink; Wolfgang Aichinger	kommunale Umsetzungsperspektiven der Verkehrswende im städtischen Güterverkehr	2021
8	Nobis, Claudia; Anne Klein-Hitpaß	Baustellen der Mobilitätswende - Wie sich die Menschen in Deutschland fortbewegen und was das für die Verkehrspolitik bedeutet	2020
9	Leerkamp, Bert; Andre Thiemermann; Marian Schlott; Tim Holthaus; Wolfgang Aichinger; Paul Wittenbrink	Liefern ohne Lasten - Wie Kommunen und Logistikwirtschaft den städtischen Güterverkehr zukunftsfähig gestalten können	2020
10	Bauer, Uta; Tilman Bracher; Jürgen Gies	Ein anderer Stadtverkehr ist möglich - Neue Chancen für eine krisenfeste und klimagerechte Mobilität	2020
11	Kowalska, Natalia	Optimale räumliche Verteilung von Ladestationen für Elektromobilität	2020
12	Mitteregger, Mathias	Ausgangslage: der Wandel der Europäischen Stadt am Weg zur neuen Mobilität	2020
13	Anca-Couce, A.; C. Hochenauer ; R. Scharler	Bioenergy technologies, uses, market and future trends with Austria as a case study	2021
14	Cui, Yuanlong; Jie Zhu; Stamatis Zoras; Jizhe Zhang	Comprehensive review of the recent advances in PV/T system with loop-pipe configuration and nanofluid	2021
15	Stickler, Andrea	Automatisiertes und vernetztes Fahren als Zukunftsperspektive für Europa? Eine Diskursanalyse der gegenwärtigen europäischen Politik	2020
16	Etezadzadeh, Chirine (Hrsg.)	Smart City – Made in Germany - Die Smart-City-Bewegung als Treiber einer gesellschaftlichen Transformation	2021
17	Ramesohl, Stephan; Laura Vetter; Raul Meys; Sören Steger	CHEMISCHES KUNSTSTOFFRECYCLING – POTENZIALE UND ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN	2020
18	Döring, Thomas; Birgit Aigner-Walder	Neue Antriebstechnologien in Form von Elektrofahrzeugen unter Berücksichtigung des Nutzerverhaltens	2020

19	Kasten, Peter	E-Fuels im Verkehrssektor - Kurzstudie über den Stand des Wissens und die mögliche Bedeutung von E-Fuels für den Klimaschutz im Verkehrssektor	2020
20	Ehret, Oliver	Wasserstoffmobilität: Stand, Trends, Perspektiven - Langfassung	2020
21	Geothermie-Allianz Bayern	Tiefengeothermie in Bayern - Forschungsprojekt Geothermie-Allianz Bayern	2020
22	Canzler, Weert; Andreas Knie	Neues Spiel, neues Glück? Mobilität im Wandel	2020
23	Fritsch, Manuel; Thomas Puls; Thilo Schaefer	Synthetische Kraftstoffe: Potenziale für Europa	2021
24	Bünger, Ulrich	Strategische Einsichten aus aktuellen Studien zur Zukunft der Gasinfrastruktur mit Wasserstoff	2020
25	Miller, Florin	Grüner Wasserstoff: Energieträger der Zukunft? Eine Untersuchung aus Perspektive des deutschen Straßenverkehrssektors	2021
26	Kruse, Mirko; Jan Wedemeier	Potenzial grüner Wasserstoff: langer Weg der Entwicklung, kurze Zeit bis zur Umsetzung	2021
27	Kaiser, Oliver S.; Norbert Malanowski	Voraussetzungen für eine wettbewerbsfähige Wasserstoffwirtschaft: Fördernde und hemmende Faktoren im Verkehrssektor und der chemischen Industrie	2020
28	Windisch-Kern, Stefan; Alexandra Holzer; Christoph Ponak; Peter Nagovnak; Harald Raupenstrauch	Recycling von Lithium-Ionen-Batterien: Herausforderungen und aktuelle Forschungsergebnisse	2021
29	Moretto Susana; Douglas D.K. Robinson; Jens Schippl; António Moniz	Beyond visions: survey to the high-speed train industry	2016
30	Brunnengräber, Achim, Tobias Haas	Der Verkehr in der Transformation - Das Auto von heute und die Mobilität von morgen – ein einleitender Beitrag	2020
31	Manderscheid, Katharina	Antriebs-, Verkehrs- oder Mobilitätswende? Zur Elektrifizierung des Automobilitätsdispositivs	2020
32	Haas, Tobias; Isabel Jürgens	Wie weiter mit dem Auto? Erneuerungsstrategien und Konzeptautos von VW, Daimler und BMW im Lichte der digitalen Mobilitätsrevolution	2020
33	Scheer, Dirk	Wie wandelt die Wende? Wissenschaftsperspektiven auf Transformationsmechanismen der Energiewende	2021
34	Canzler, Weert	Abschied vom Auto? Verkehrshandeln zwischen Disruption und Pfadabhängigkeit	2021
35	Schwedes, Oliver (Hrsg.)	Öffentliche Mobilität - Voraussetzungen für eine menschengerechte Verkehrsplanung	2021
36	Siebenpfeiffer, Wolfgang (Hrsg.)	Mobilität der Zukunft - Intermodale Verkehrskonzepte	2021
37	Brost, Mascha; Tjark Siefkes; Stephan Schmid	Autonomes Fahren - Chancen und Risiken bezüglich des Energieverbrauchs von Pkw und mögliche Auswirkungen auf den Straßenverkehr	2020
38	Suter, Stefan; Marcel Buffat; Julian Frank; Grégoire Vionnet	Verkehr der Zukunft 2060: Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem	2020
39	Anna, Grimm; Claus Doll, Florian Hacker, Lukas Minnich	Nachhaltige Automobilwirtschaft: Strategien für eine erfolgreiche Transformation	2020
40	Wu, Yuping; Rudolf Holze	GIBT ES GRÜNEN WASSERSTOFF ODER NULL-EMISSIONS-FAHRZEUGE?	2020
41	Kuhnert, Felix; Christoph Stürmer; Alex Koster	easycy - Five trends transforming the Automotive Industry	2018
42	Canzler, Weert; Andreas Knie	Einfach zu viele Autos: Neue Antriebe alleine reichen nicht	2020

43	Haas, Tobias; Isabel Jürgens; Achim Brunnengräber	Die Corona-Pandemie als Transformationsbeschleuniger. Die Auswirkungen der Krise auf die Verkehrswende in Deutschland	2020
44	Komarnicki, Przemyslaw; Jens Haubrock; Zbigniew A. Styczynski	Elektromobilität und Sektorenkopplung - Infrastruktur- und Systemkomponenten	2018
45	Stickler, Andrea	Automobilität im Umbruch?	2020
46	Fischedick, Manfred; Katja Witte; Daniel Vallentin	Die Energiewende – Zwischen Erfordernis und Ereignis	2020
47	Samadi, Sascha; Manfred Fischedick	Globale und nationale Herausforderungen bei der Umsetzung der Energiesystemtransformation	2020
48	Robinius, Martin u.a.	Die Verkehrswende erreichen: vermeiden, verlagern, verbessern - in: Energy Research for Future – Forschung für die Herausforderungen der Energiewende	2019
49	Schmidt, Ulrich	Elektromobilität und Klimaschutz: Die große Fehlkalulation	2020
50	Elmer, Carl-Friedrich; Claudia Kemfert	Ein Bonus-Malus-System als Katalysator für die Modernisierung der Pkw-Flotte	2021
51	Löschel, Andreas; Madeline Werthschulte	Energienachfrage und CO2-Emissionen nach COVID-19	2021
52	Matthies, Ellen, Theresa Sieverding; Karolin Schmidt; Hannah Wallis	Stärken die Coronamaßnahmen den dringend notwendigen Wandel zu einer nachhaltigen Mobilität und einer stärker regulierenden Klimaschutzpolitik?	2020
53	Hennicke, Peter; Thorsten Koska, Jana Rasch, Oscar Reutter, Dieter Seifried	Nachhaltige Mobilität für alle – Ein Plädoyer für mehr Verkehrsgerechtigkeit	2021
54	Rudolph, Frederic; Patrick Jochem	Die Rolle von Elektroautos in der Mobilität von morgen: Ambitionierte Flottenemissionsnormen und flankierende Politikinstrumente helfen, deutsche Klimaschutzziele zu erreichen	2021
55	Saurer, Johannes	Grundstrukturen des Bundes-Klimaschutzgesetzes	2020
56	Trümper, Sören Christian	Treibhausgasreduktion durch Elektromobilität: Potenzialuntersuchung mit Hilfe der Planungsanalyse am Beispiel des Hamburger Wirtschaftsverkehrs	2019
57	Rudolph, Lukas; Franziska Quöß; Klara Müller; Romain Buchs; Janek Bruker; Patricia Wäger; Colin Walder; Stefan Wehrli; Thomas Bernauer	Schweizer Umweltpanel - Zweite Erhebungswelle: Klima	2020
58	Heike Proff (Hrsg.)	Neue Dimensionen der Mobilität - Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte	2020
59	Oliver D. Doleski (Hrsg.)	Realisierung Utility 4.0 - Praxis der digitalen Energiewirtschaft vom Vertrieb bis zu innovativen Energy Services	2020
60	Oehry, Bernhard; Artur Luisoni; Jörg Jermann; Cornelia van Driel; Andrea Del Duce; Merja Hoppe; Thomas Trachsel; Helene Schmelzer	Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion	2020
61	Robinius, Martin; Peter Markewitz; Peter Lopion; Felix Kullmann; Philipp-Matthias Heuser; Konstantinos Syranidis; Simonas Cerniauskas; Thomas Schöb; Markus Reuß; Severin Ryberg; Leander Kotzur; Dilara Caglayan; Lara Welder; Jochen Linßen; Thomas Grube; Heidi Heinrichs; Peter Stenzel; Detlef Stolten	WEGE FÜR DIE ENERGIEWENDE Kosteneffiziente und klimagerechte Transformationsstrategien für das deutsche Energiesystem bis zum Jahr 2050	2020
62	Zwick, Felix; Eva Fraedrich; Nadine Kistorz; Martin Kagerbauer	Ridepooling als ÖPNV-Ergänzung - Der Moia-Nachtservice während der Corona-Pandemie	2020

63	Knitschky, Gunnar; Sven Maertens; Klaus Lütjens; Stephan Müller; Benjamin Frieske; Benedikt Scheier; Wolfgang Grimme; Kathrin Viergutz; Janina Scheelhaase; Gernot Liedtke	Neue, aus ökonomischer Sicht vorteilhafte Geschäftsmodelle mit Relevanz für den Verkehrsbereich (MS 21.4) sowie Aus ökonomischer Sicht empfehlenswerte politische Maßnahmen (MS 22.3)	2021
64	Günzel, Holger; Wiebke Dörr; Annabel Egert; Elena Laufs; Anna-Sophie Peters	Teilen landwirtschaftlicher Maschinen über eine IoT-basierte Plattform	2020
65	Viergutz, Kathrin; Sven Maertens; Benedikt Scheier; Klaus Lütjens; Mirko Goletz; Wolfgang Grimme; Gernot Liedtke	Plattformbasiertes Sharing und Pooling im Verkehrssektor – ein Systematisierungsansatz	2020
66	Wohlschlager, Daniela; Thomas Estermann; Simon Köppl; Dietmar Miller; Fabian Holl	Partizipative Aspekte im intelligenten Energiesystem – Zwischen Theorie und Praxis	2021
67	Landeshauptstadt München	EASYRIDE- Webseite	2020
68	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Investitionsrahmenplan 2019 – 2023 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes (IRP)	2020
69	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur	Sachstandsbericht Verkehrsprojekte Deutsche Einheit	2020
70	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV)	Deutschland mobil 2030: Szenarien für die Umsetzung der Verkehrswende in Deutschland	2018
71	VCÖ	Verkehrswende - Good Practice aus anderen Ländern	2021
72	Andreas Wittmer, Erik Linden	Zukünftige Bedürfnisse der Mobilitätskunden im Jahr 2040 in der Schweiz	2017
73	Andreas Wittmer, Erik Linden	The Future of Mobility: Trends That Will Shape the Mobility and Aviation Industry in the Future	2021
74	Hochschule Osnabrück (Hrsg.)	Denkwerkstatt „Osnabrück 2030–Nachhaltigkeit “– Handlungs- und Aktionsfelder II	2022
75	Hartmut Topp	Trends, innovative Weichenstellungen und Hebel für Mobilität und Verkehr – von 2030 aus gesehen	2006
76	Petra Tutsch	Pfade zu klimaneutraler Mobilität im postfossilen Zeitalter	2022
77	Mathias Mitteregger, Aggelos Soteropoulos, Martin Berger, Rudolf Scheuven, Emilia M. Bruck, Andrea Stickler, Jens S. Dangschat, Ian Banerjee	Szenarien: lokale Gestaltbarkeit der Übergangszeit	2020
78	Michael Bauder	Mobilität 4.0 im Tourismus – Entwicklungen, Wirkungen und Herausforderungen aus Destinationsperspektive	2020
79	Josef Margreiter	Best-Practice-Mobilität im Tourismus: Tirol auf Schiene	2019
80	Astrid Gühnemann, Agnes Kurzweil, Wiebke Unbehaun, Romain Molitor	Mobilität, Transport und Erreichbarkeit von Destinationen und Einrichtungen	2021
81	Bünstorf, Nicole	Umweltfreundlich in den Urlaub – Wege zu einer ökologischen touristischen Mobilität	2020
82	Mathias Mitteregger, Daniela Allmeier, Lucia Paulhart, Stefan Bindreiter	Ansätze integrierter strategischer Planung für automatisierte Mobilität im Kontext der Mobilitätswende Fallstudie im suburbanen und ländlichen Raum Wien/Niederösterreich	2021
83	Richter, Ralph; Söding, Max; Christmann, Gabriela B.	Logistik und Mobilität in der Stadt von morgen Eine Expert*innenstudie über letzte Meile, Sharing-Konzepte und urbane Produktion	2020

84	Marcus Seifert, Jan Niklas Busch, Axel Hahn, Christina Tsiroglou, Thomas Vi- etor, Petia Krasteva, Katharina Seifert, Nadine Fritz-Drobeck	Methodische Prognose zukünftiger Mobili- tätslösungen	2021
85	Hans Martin Neumann	Szenarien zu energieautonomer Mobilität am Beispiel der Bodenseeregion	2021
86	Frieder Schnabel, Jan Habertzettl, Anna-Lena Klingler, Maika Schmidt, Marcel Klingler, Andreas Friedrich	Wasserstoff- und Brennstoffzellenstrategie für die Re- gion Stuttgart	2021
87	Doll, Claus; Krauss, Konstantin	Nachhaltige Mobilität und innovative Geschäfts- modelle	2022
88	Gutzmer, P., & Todsen, E. C.	Mobilität für morgen – notwendig, herausfordernd, machbar	2021
89	Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.)	Zukunft der Mobilität Szenarien für das Jahr 2030 Zweite Fortschreibung	2010
90	Claus Doll, Wolfgang Inninger, Uwe Veres-Homm, Nora Fanderl, Thomas Otto, Nicole Biedermann, Regina Demtschenko, Thilo Bein, Sebastian Stegmüller, Ingrid Nagel	Thesen zu Entwicklung und Forschung im Personenverkehr bis 2030	2022
91	Markus Schubert, Tobias Kluth, Gregor Nebauer, Ralf Ratzenberger, Stefanos Kotzagiorgis, Bernd Butz, Walter Schneider, Markus Leible	Verkehrsverflechtungsprognose 2030 Schlussbericht	2014
92	Wolfram Krick	Die Verkehrsverflechtungsprognose 2030 und deren zugrundeliegende regionale Strukturdaten	2016
93	Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg	Verkehrsinfrastruktur 2030	2017
94	Werner Reh, Arne Fellermann, Jens Hilgenberg	BUND-Konzept zur Einhaltung der Klimaziele 2030 im Verkehr	2019
95	Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV)	Fahrradland Deutschland 2030 Nationaler Radverkehrsplan 3.0	2022
96	Svenja Polst, Patrick Mennig, Anna Schmitt, Katrin Scholz	»Mobilitätswende 2030« Vom Linienbus zur öffentlichen Mobilität der Zukunft	2022
97	Senatsverwaltung Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Abteilung IV – Verkehr	Stadtentwicklungsplan Mobilität und Verkehr Berlin 2030	2021
98	Tobias Schönberg, Tom Wunder, Se- bastian Huster	Urbane Logistik 2030 in Deutschland Gemeinsam gegen den Wilden Westen	2018
99	Torsten Henzelmann, Tobias Schön- berg, Clemens Neuenhahn, David Frei, Tom Wunder	Urbane Mobilität 2030: zwischen Anarchie und Hyper- effizienz Autonomes Fahren, Elektrifizierung und die Sharing Economy bestimmen den Stadtverkehr von morgen	2017
100	Agora Verkehrswende	Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen si- chern 12 Thesen zur Verkehrswende	2017
101	Landeshauptstadt Stuttgart Amt für Stadtplanung und Stadterneu- erung Abteilung Verkehrsplanung und Stadt- gestaltung	Das Verkehrsentwicklungskonzept der Landeshaupt- stadt Stuttgart	2014

102	Kopernikus-Projekt Ariadne (Hrsg.)	Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich	2021
103	Clara Habeler	Sharing Economy im Bereich Last-Mile-Logistik für Stadtgebiete - Lösungsansätze für eine effiziente Nutzung von Logistikressourcen	2021
104	Pilz, Gerald	Mobilität im 21. Jahrhundert? Frag doch einfach! Klare Antworten aus erster Hand	2021
105	Schwedes, O., & Ringwald, R	Schwedes, O., & Ringwald, R. (2021). Daseinsvorsorge und Öffentliche Mobilität: Die Rolle des Gewährleistungsstaats. In Öffentliche Mobilität	2021

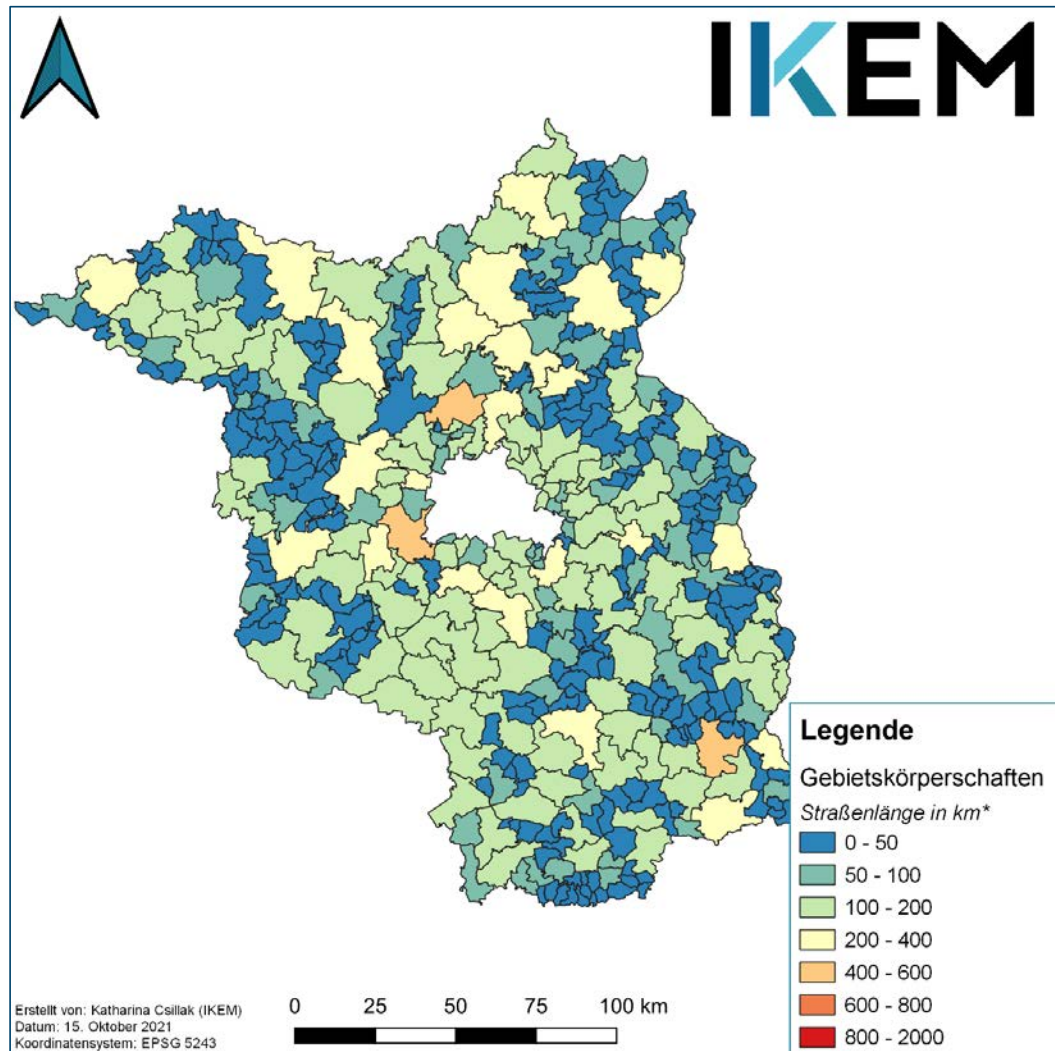
A.2 Ländersteckbriefe

In den Ländersteckbriefen werden die Längen einzelner Elemente der Verkehrsinfrastruktur angegeben. Die Karte im oberen Teil des Ländersteckbriefs verdeutlicht die Länge des Straßennetzes in der Gemeinde-Baulast in den jeweiligen Gemeinden und die 2. Karte die Straßenlänge in Relation zur Einwohnerzahl der Gemeinde.

Zu den Karten mit Einwohnerbezug: Je dunkler die Gemeinde dargestellt wird, desto höher ist die Straßendichte bezogen auf die Einwohner und Einwohnerinnen. Hierfür wurde die Straßenlänge der Gemeinde durch die Einwohnerzahl geteilt. Nur wenige Ausreißer sind größer als 35 m/W. Die Unterteilung wurde daher wie im Beispiel von Brandenburg gewählt. Es lassen sich nun schnelle Rückschlüsse auf die Länge des Straßennetzes in Bezug auf die Anzahl der Einwohner ziehen, woraus beispielsweise auch auf die Einnahme von Steuergeldern geschlossen werden könnten. Je mehr Einwohner vorhanden sind, umso größer sind die (Einkommens-)Steuereinnahmen der Gemeinde. Je höher die einwohnerbezogene Straßendichte ist, desto höher sind in der Regel die Kosten für Betrieb und Erhalt der Straßen. Daneben spielt aber auch die Straßenbelastung eine Rolle.

Die Ergebnistabelle ist eine Zusammenfassung pro Bundesland. Hier werden in der ersten Zeile der Tabelle die Straßen (STR), Straßen-Tunnel (STT) und -Brücken (STB), Radwege (RDW) und Fußwege (FUW) in der Länge aufgeschlüsselt. In der zweiten Zeile sind die Länge der Bahn- (BAG), Straßenbahn- (SBG) und U-Bahn-Gleise (UBG), sowie die Länge der Busspuren (BSP), soweit in den GIS-Datenbanken vorhanden, angegeben. Alle Längenangaben der ersten zwei Zeilen sind Kilometer. Nur die Busspuren werden aufgrund ihrer geringeren Größe in Metern dargestellt. In der letzten Zeile werden noch die Anzahl der Bahnhöfe (BHF), Straßenbahn- (SHS) und Bushaltestellen (BHS) sowie die U-Bahn-Haltestelle (UHS) aufgelistet. Berücksichtigt werden sollten die Fußnoten der Tabelle, da sie erneut verdeutlichen, dass nur die Länge der Straßen in kommunaler Straßenbaulast angegeben ist sowie die Länge der Brücken und Tunnel in der Straßenbaulast der Gemeinde. Alle anderen Angaben beziehen sich auf die gesamten Werte des Bundeslandes.

Ländersteckbrief Brandenburg (Straßennetzlänge pro Gemeinde)

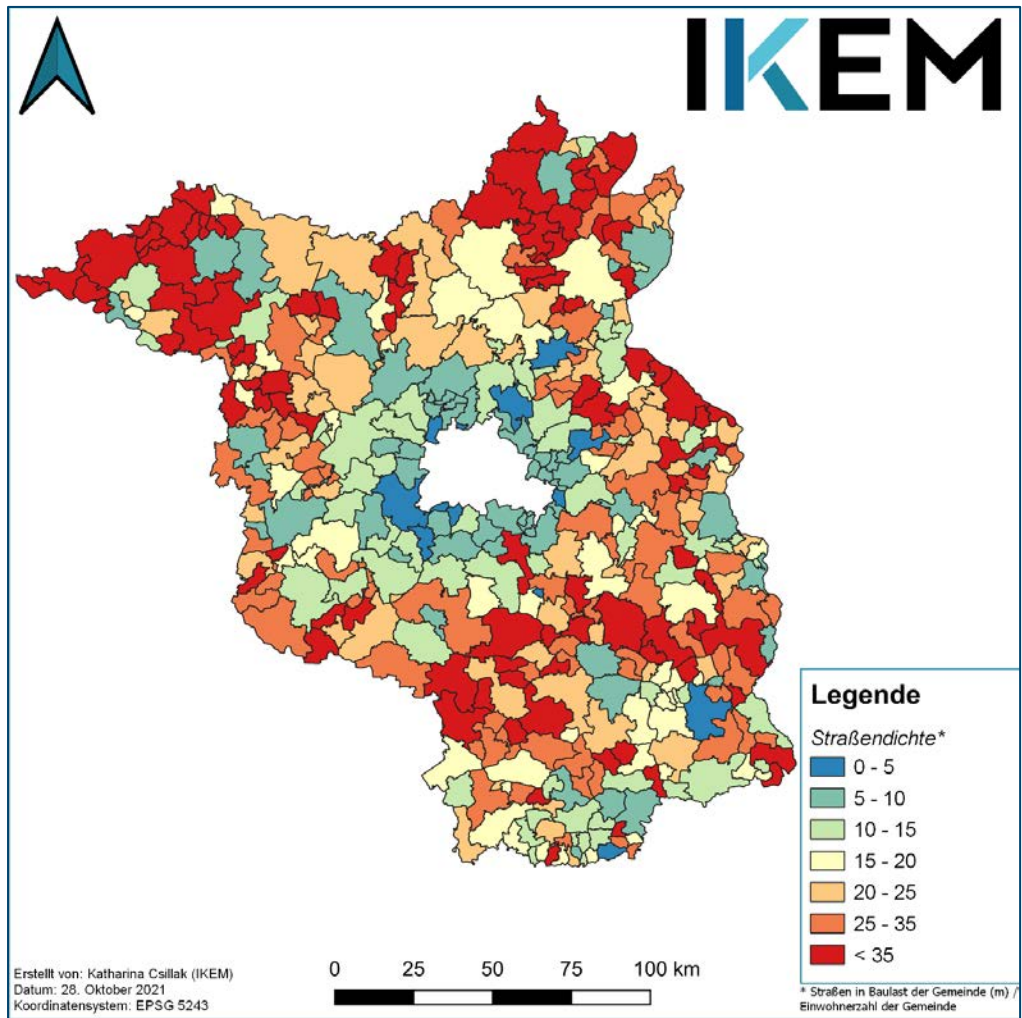


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Brandenburg		19.738	16	80	23.120	5.001
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		3.269	228		0	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
539	442		12.285			

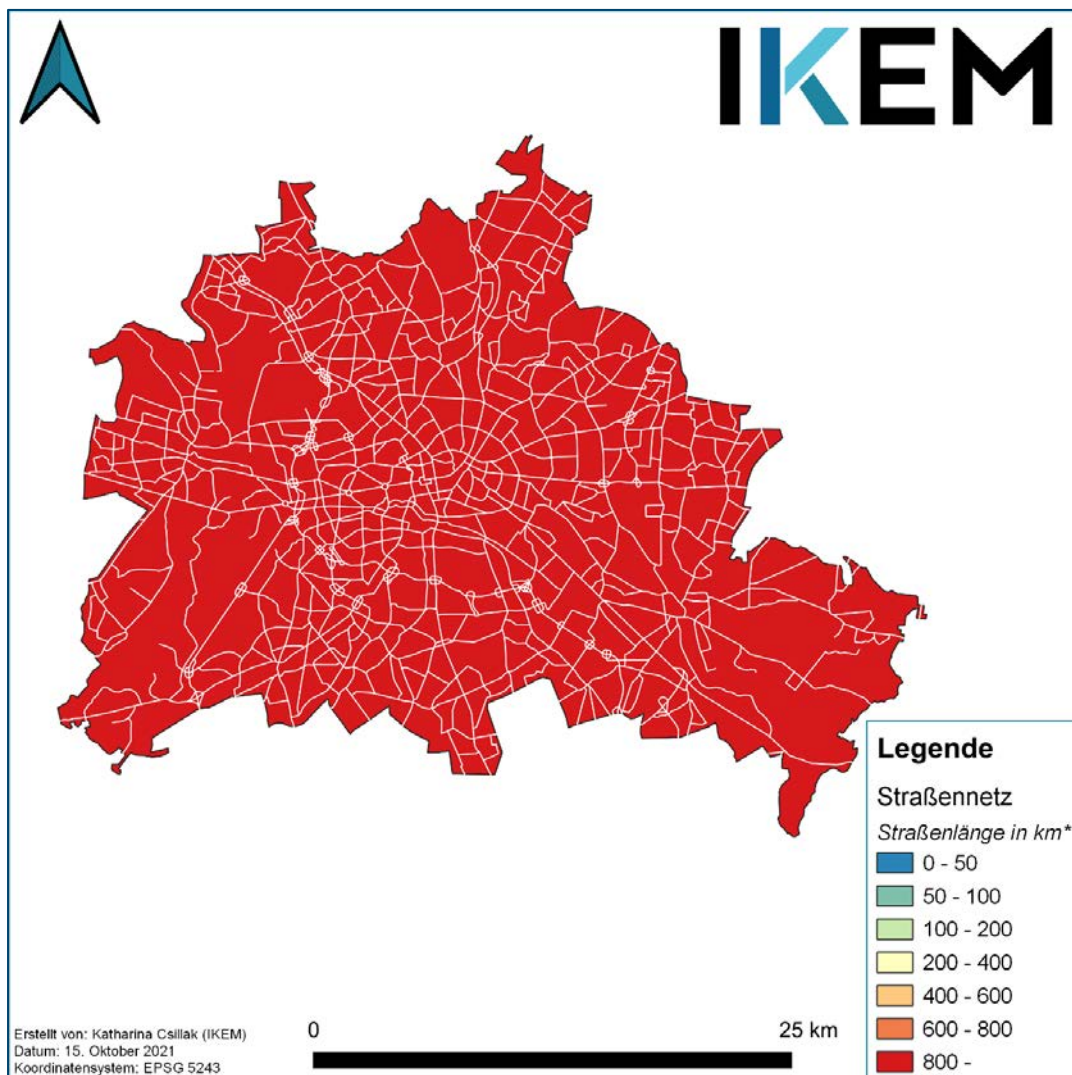
* in kommunaler Straßenbaulast.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen

Ländersteckbrief Brandenburg (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Berlin (Straßennetzlänge pro Gemeinde)

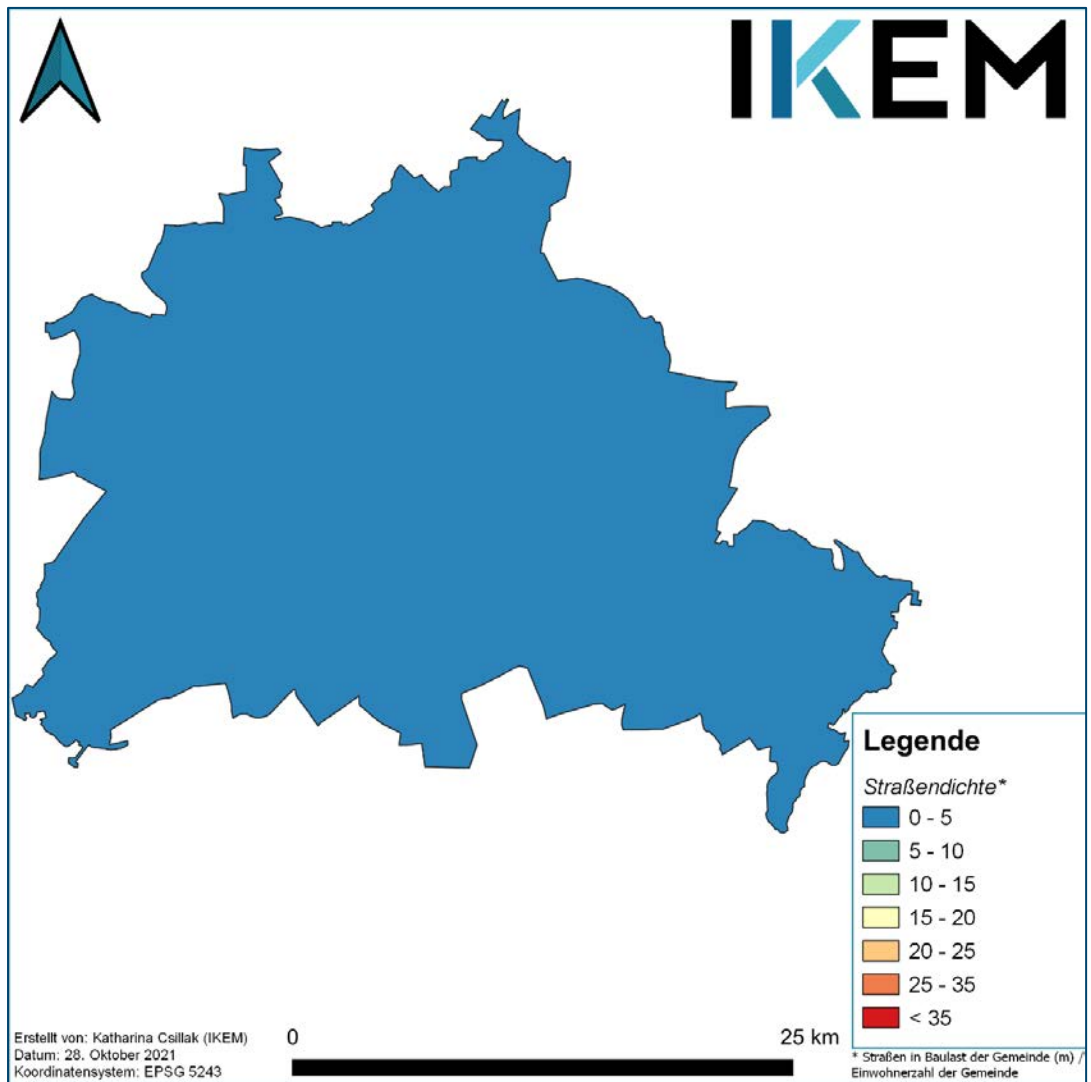


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Berlin		5.936	24	37	1.218	5.523
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		376	423	374	2.175	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
201	821	182	6.157			

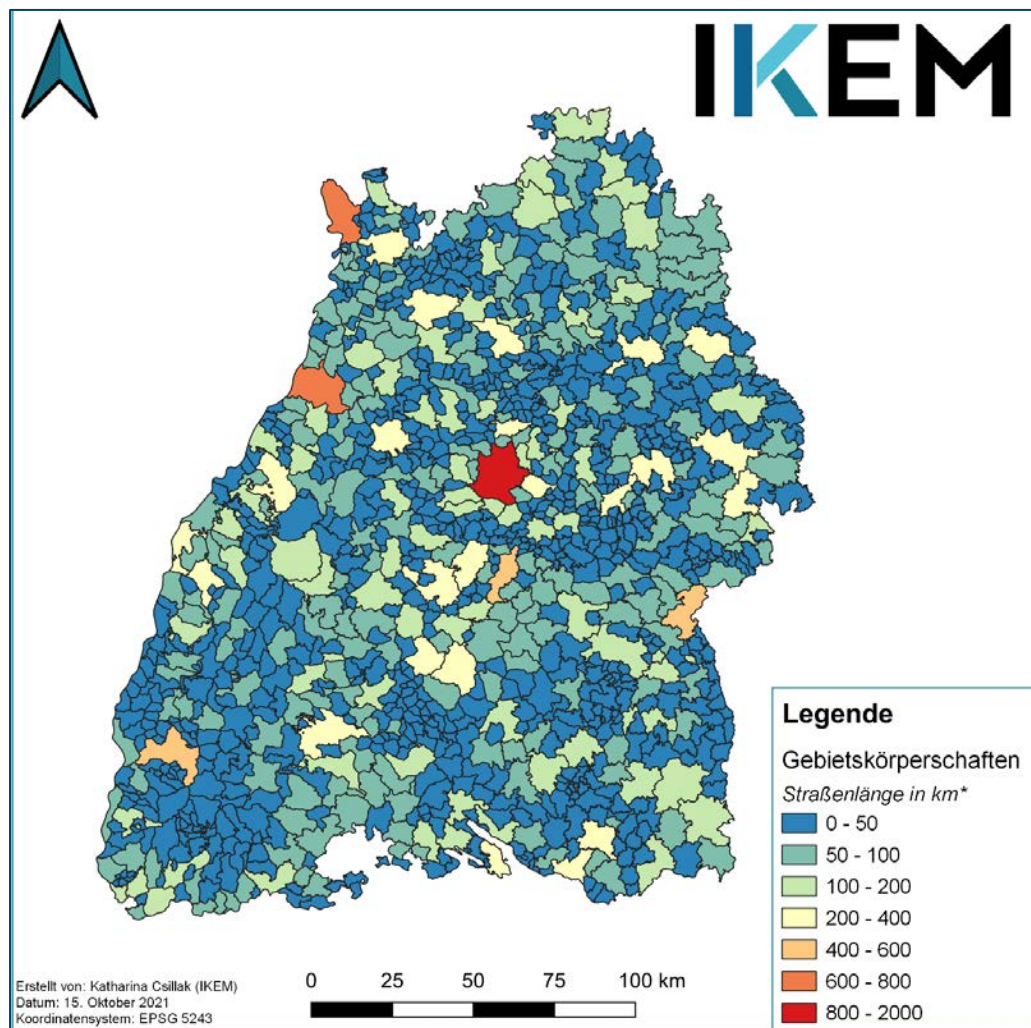
* in Baulast der Stadt (ohne Stadtbezirk).

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Berlin (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Baden-Württemberg (Straßenlänge pro Einwohner)

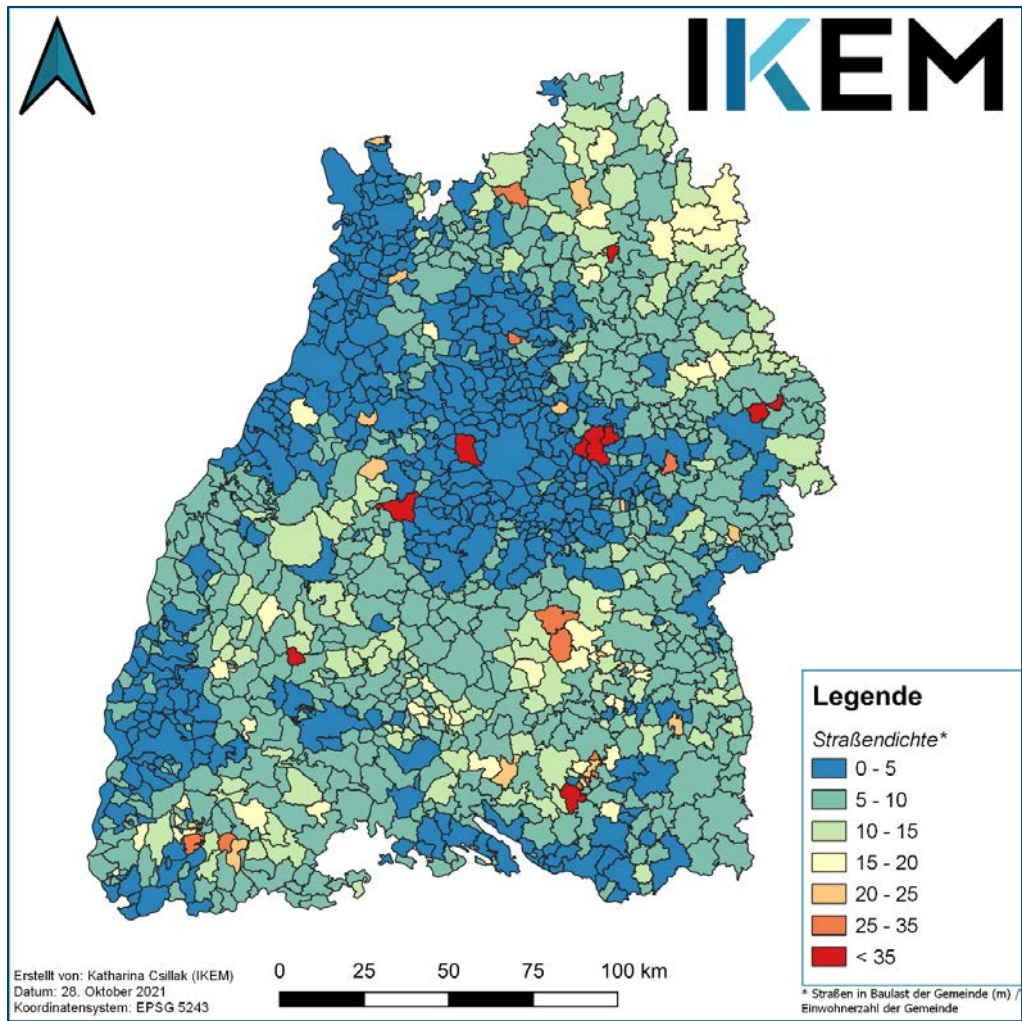


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Baden-Württemberg		54.497	205	396	53.379	13.621
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		4.273	830	0	1.563	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
1.216	1.143	0	41.416			

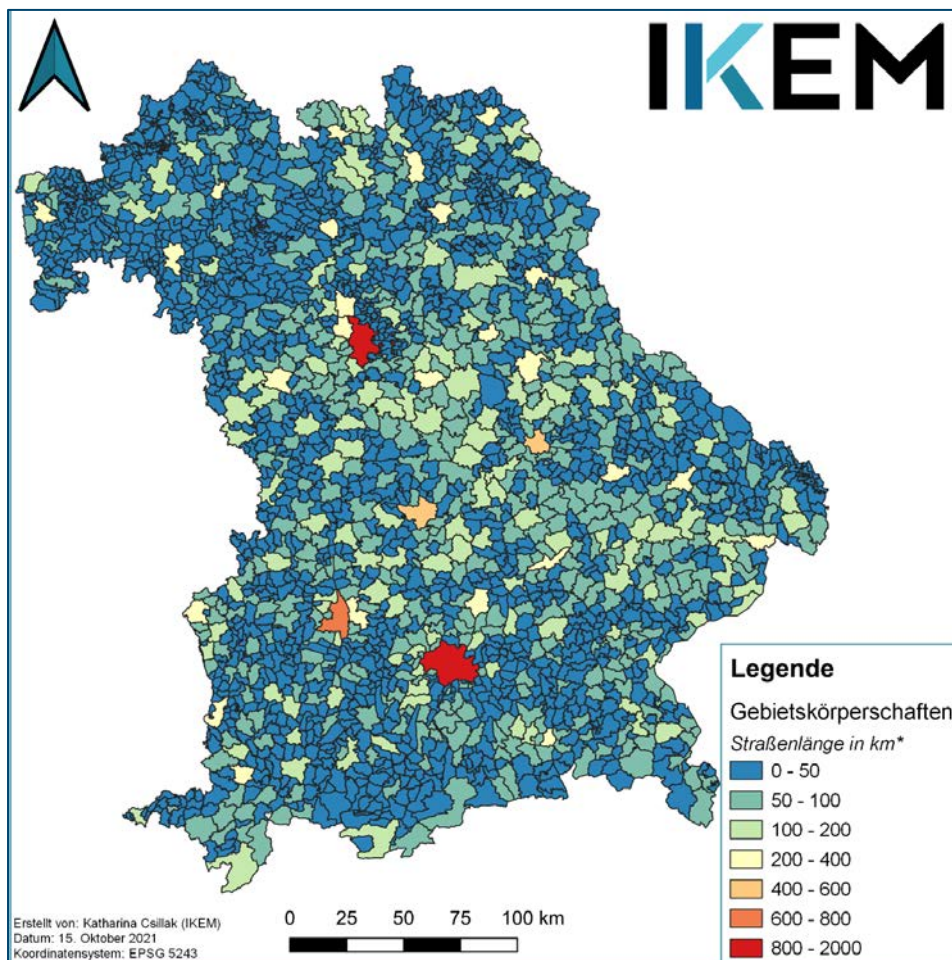
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Baden-Württemberg (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Bayern (Straßenlänge pro Einwohner)

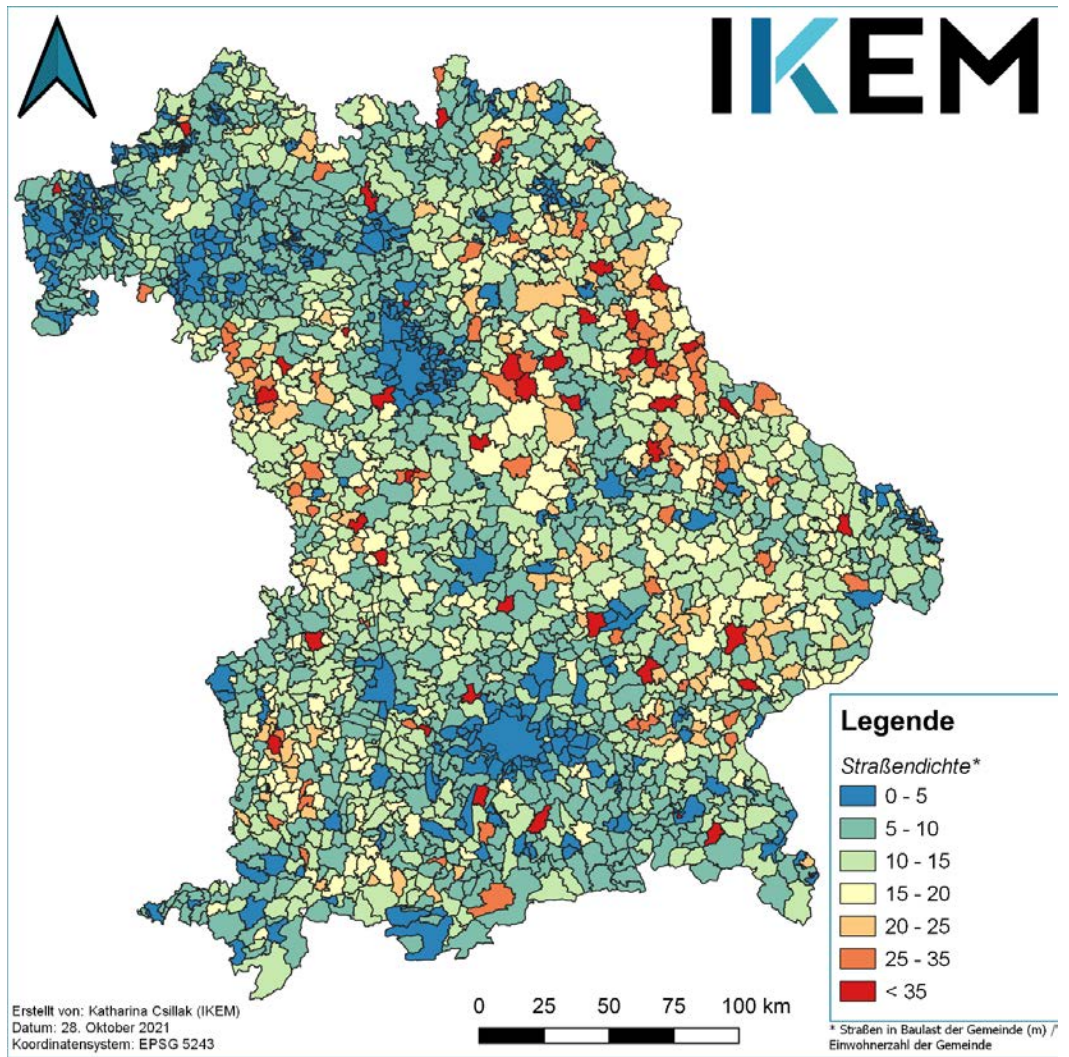


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Bayern		97.228	252	593	73.177	15.951
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		6.270	416	272	2.030	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
1.292	625	143	52.564			

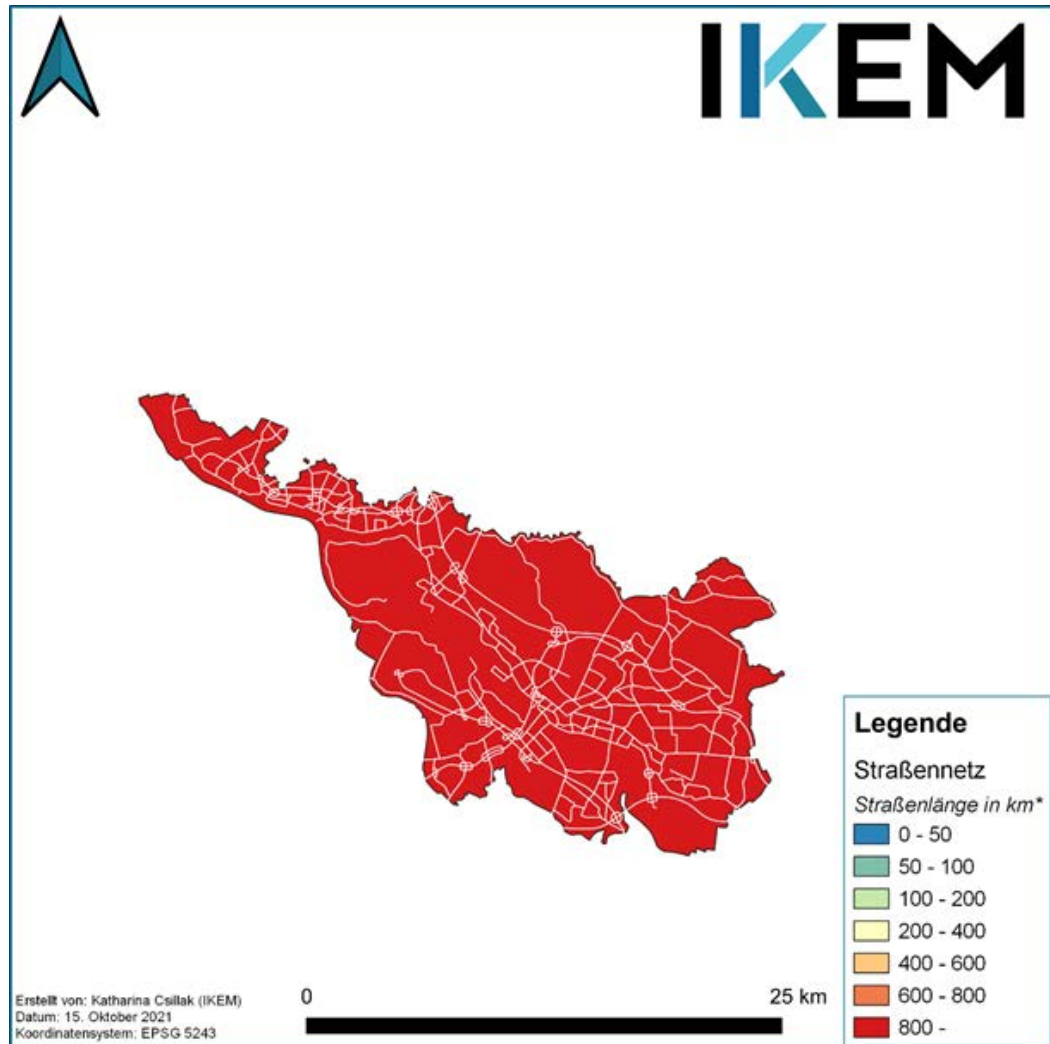
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Bayern (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Bremen (Straßenlänge pro Einwohner)

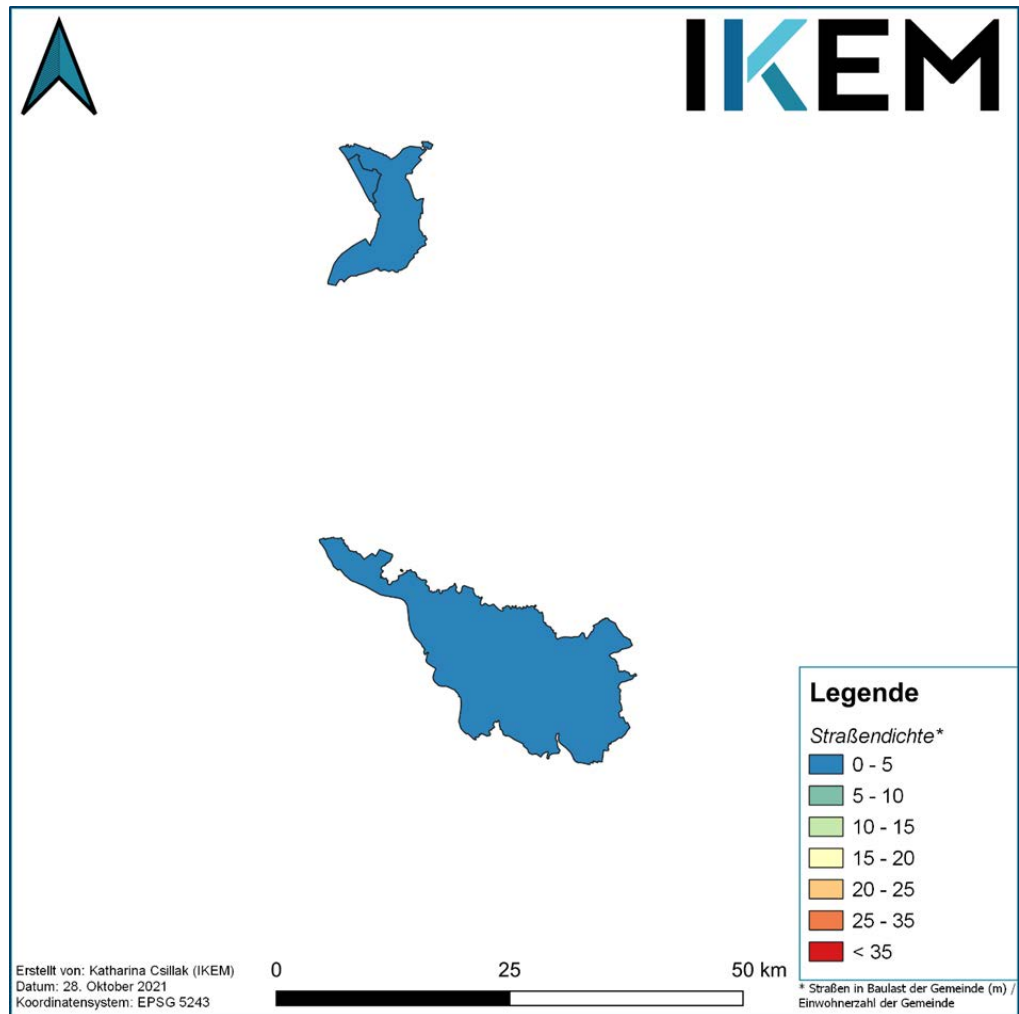


Stadtstaat	Straßen und Wege	Länge STR	Länge STT	Länge STB	Länge RDW	Länge FUW
Bremen		2.069	13	26	1.209	837
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		188	171	0	0	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
34	168	0	1.467			

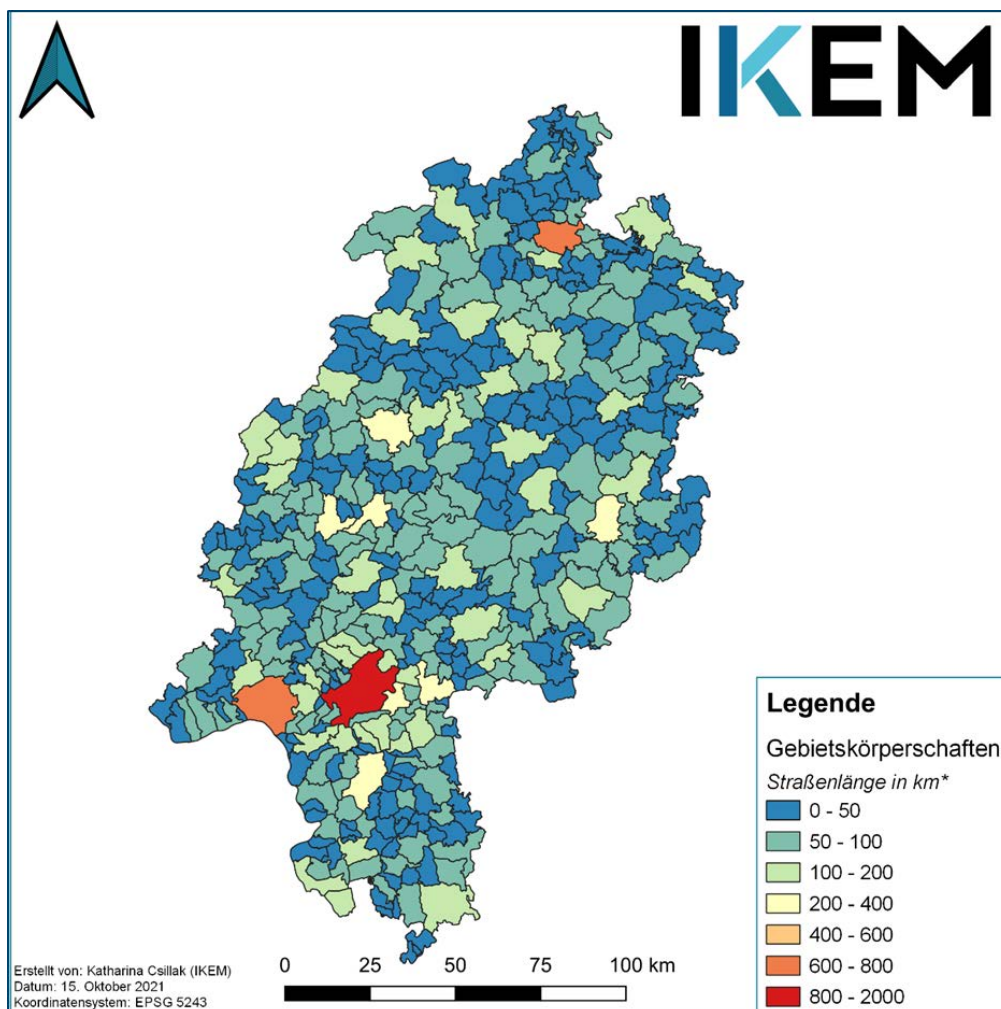
Bremen mit Bremerhaven.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Bremen (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Hessen (Straßenlänge pro Einwohner)

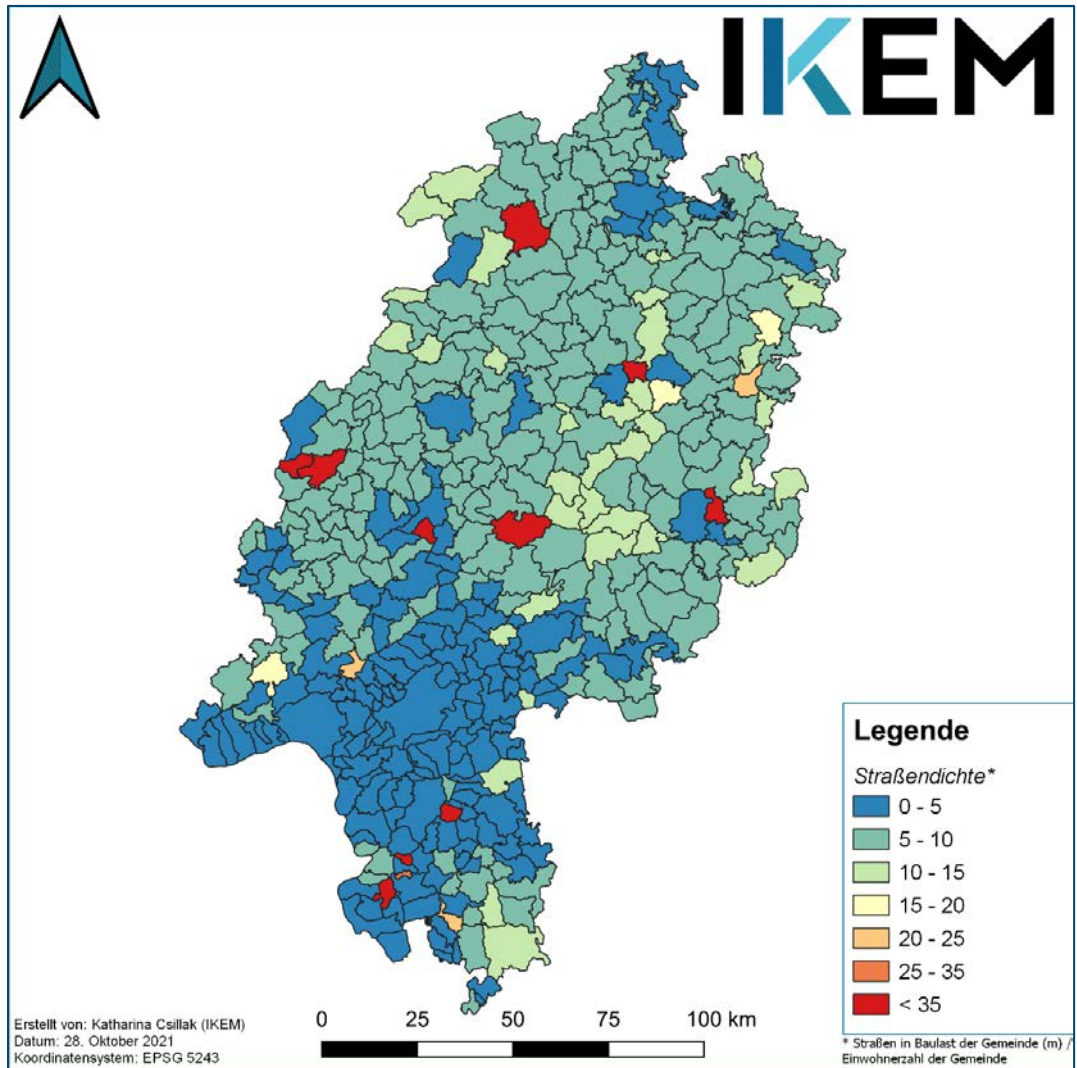


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Hessen		27.647	84	240	27.552	6.730
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		2.609	351	130	3.195	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
611	656	77	23.980			

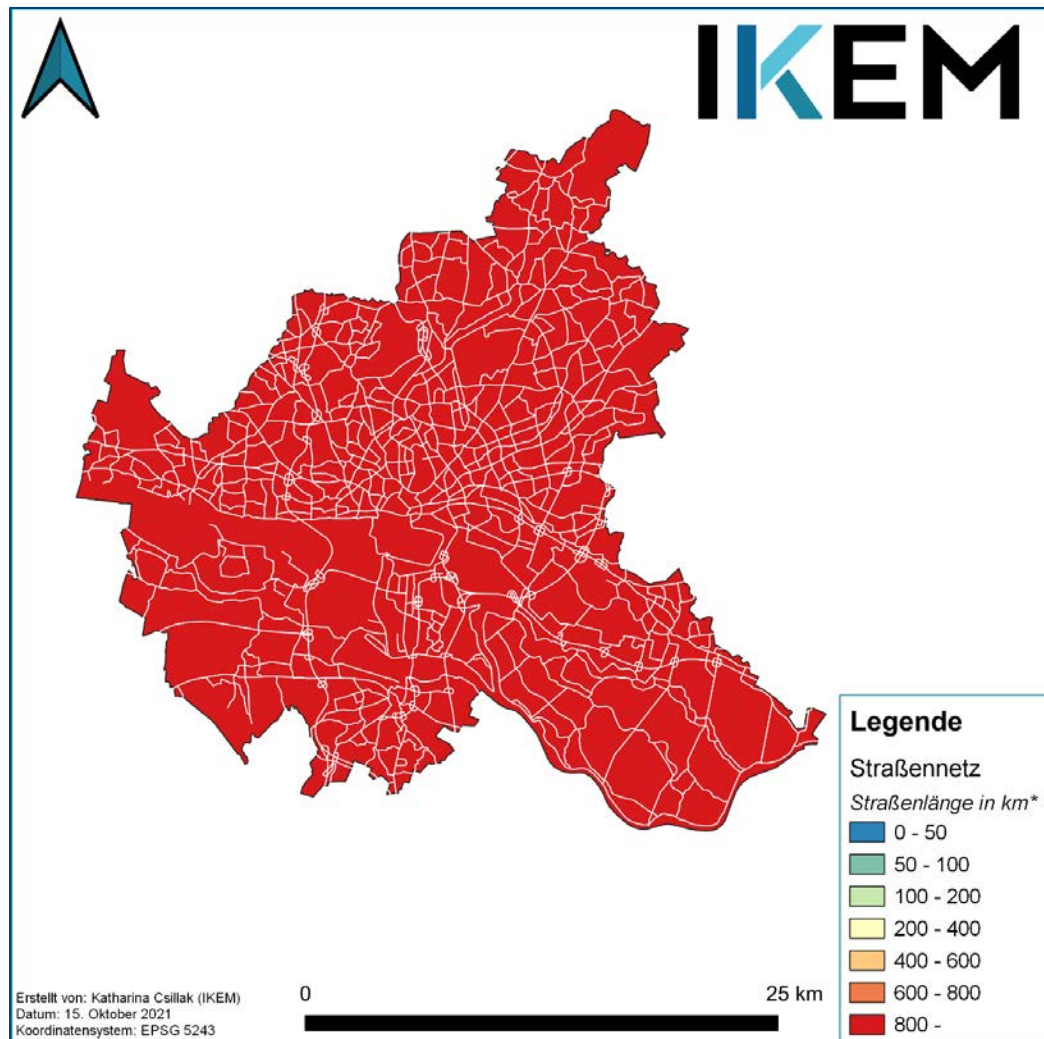
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Hessen (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Hamburg (Straßenlänge pro Einwohner)

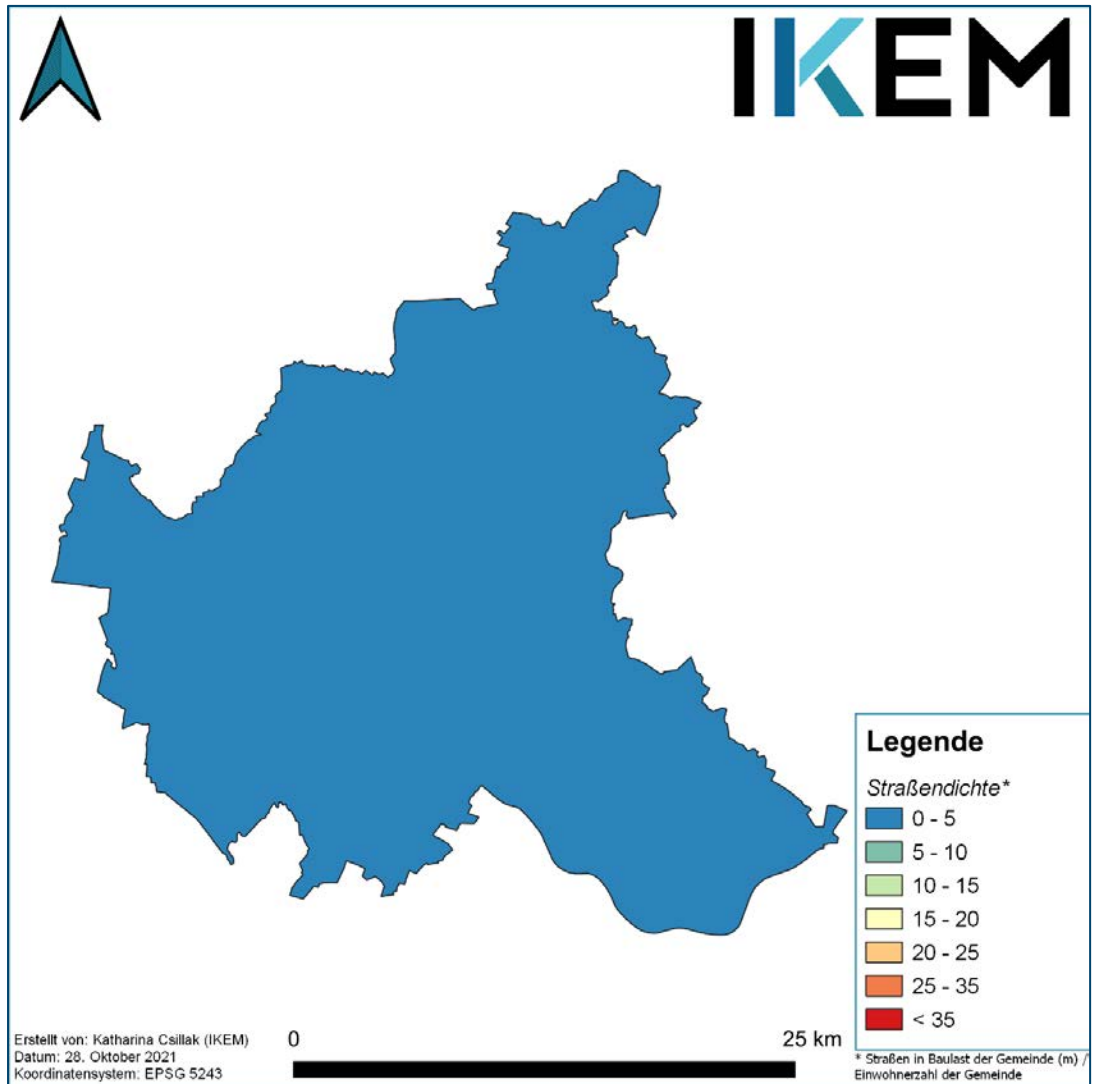


Stadtstaat	Straßen und Wege	Länge STR	Länge STT	Länge STB	Länge RDW*	Länge FUW
Hamburg		4.035	73	65	1.168	3.753
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		258	0	237	273	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
88	0	89	4.223			

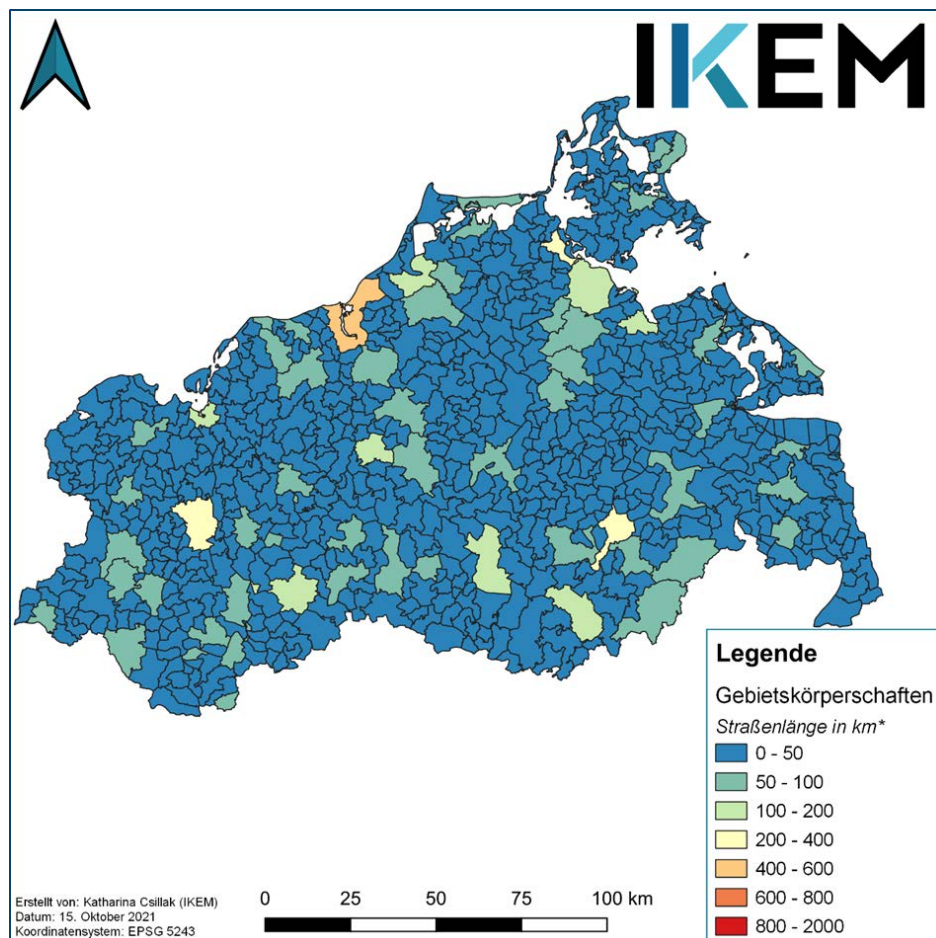
* in Baulast der Stadt (ohne Stadtbezirk).

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Hamburg (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Mecklenburg-Vorpommern (Straßenlänge pro Einwohner)

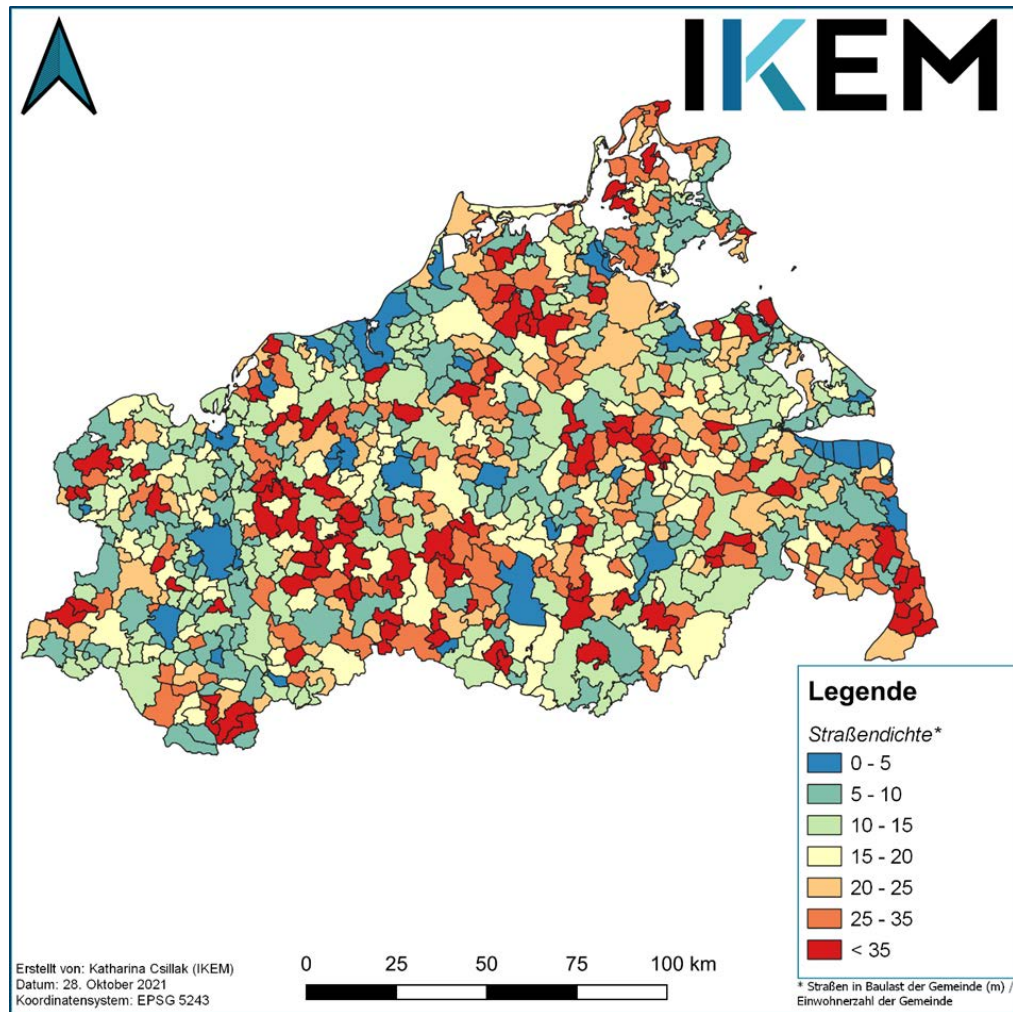


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Mecklenburg-Vorpommern		16.458	10	56	8.450	3.410
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		1.853	126	0	1.774	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
302	213	0	9.173			

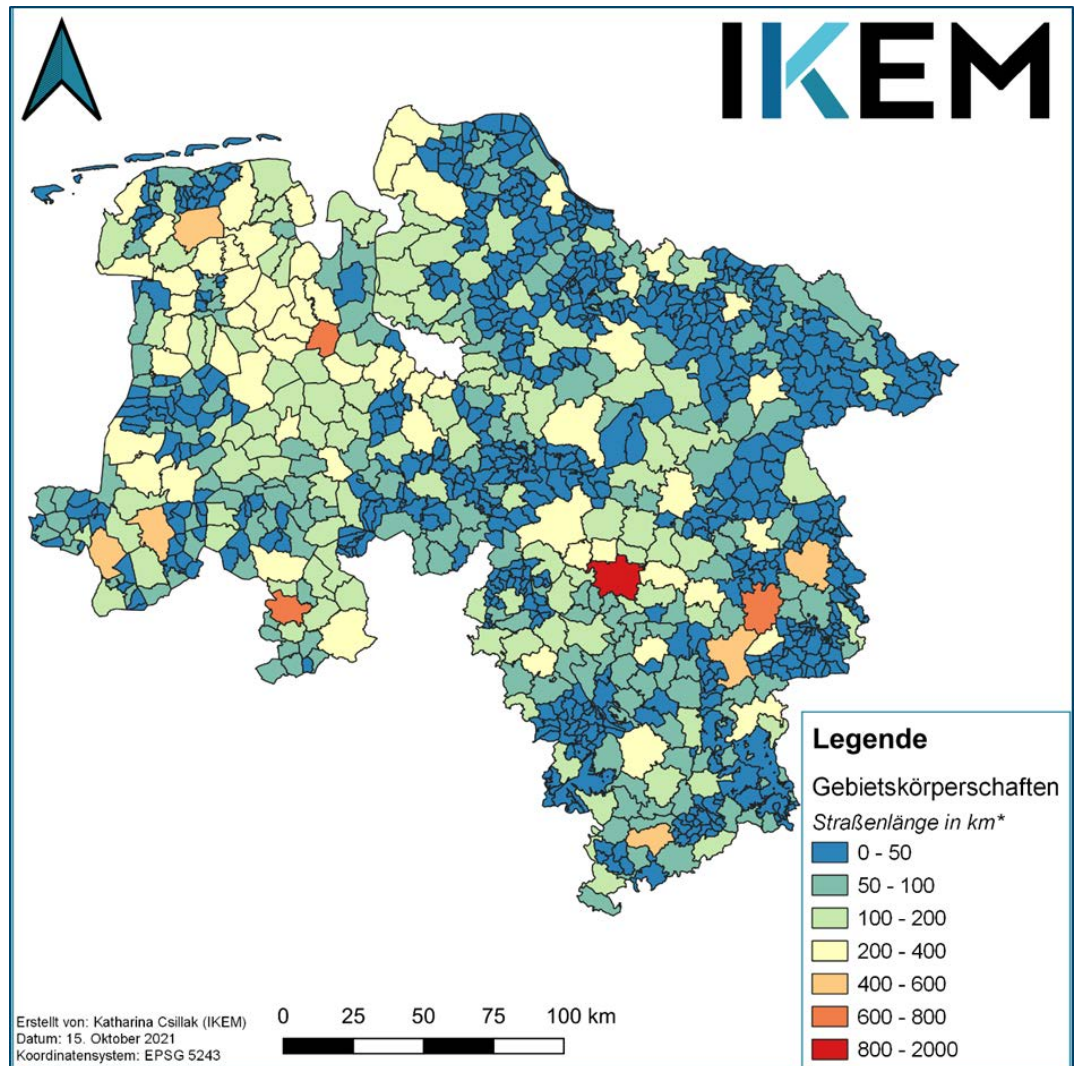
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Mecklenburg-Vorpommern (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Niedersachsen (Straßenlänge pro Einwohner)

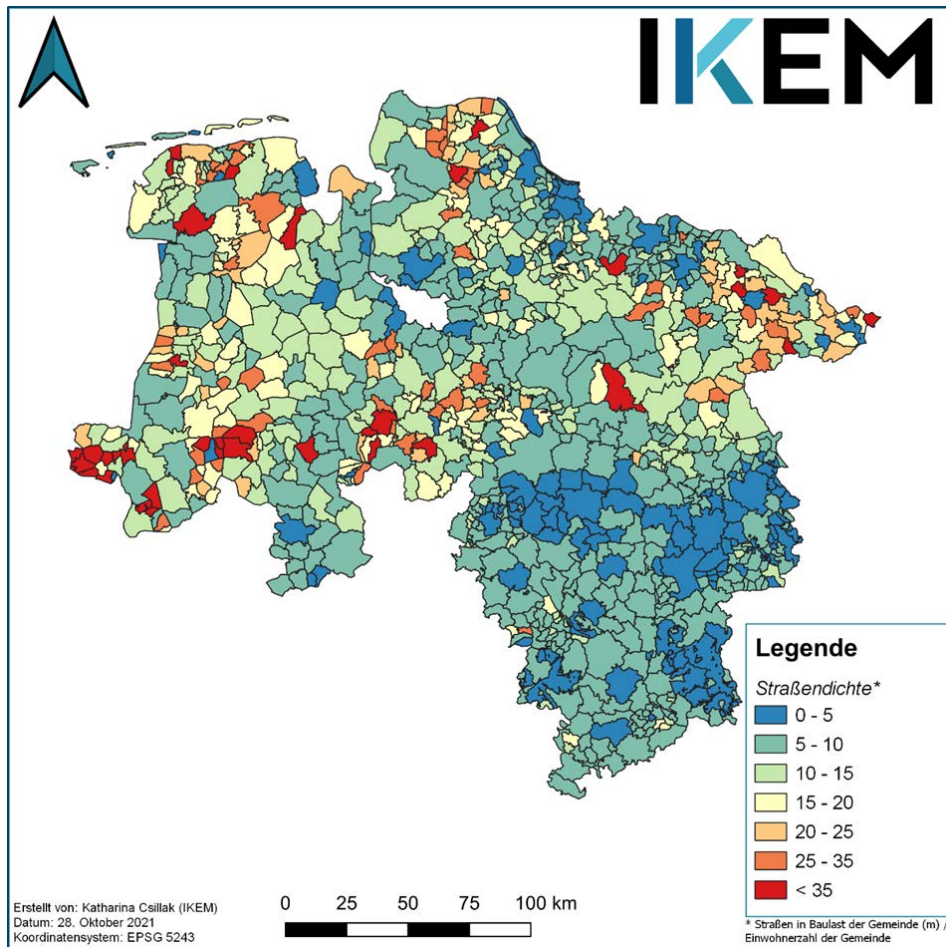


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Niedersachsen		60.240	62	445	56.615	11.645
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		5.000	380	0	913	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
784	579	0	39.534			

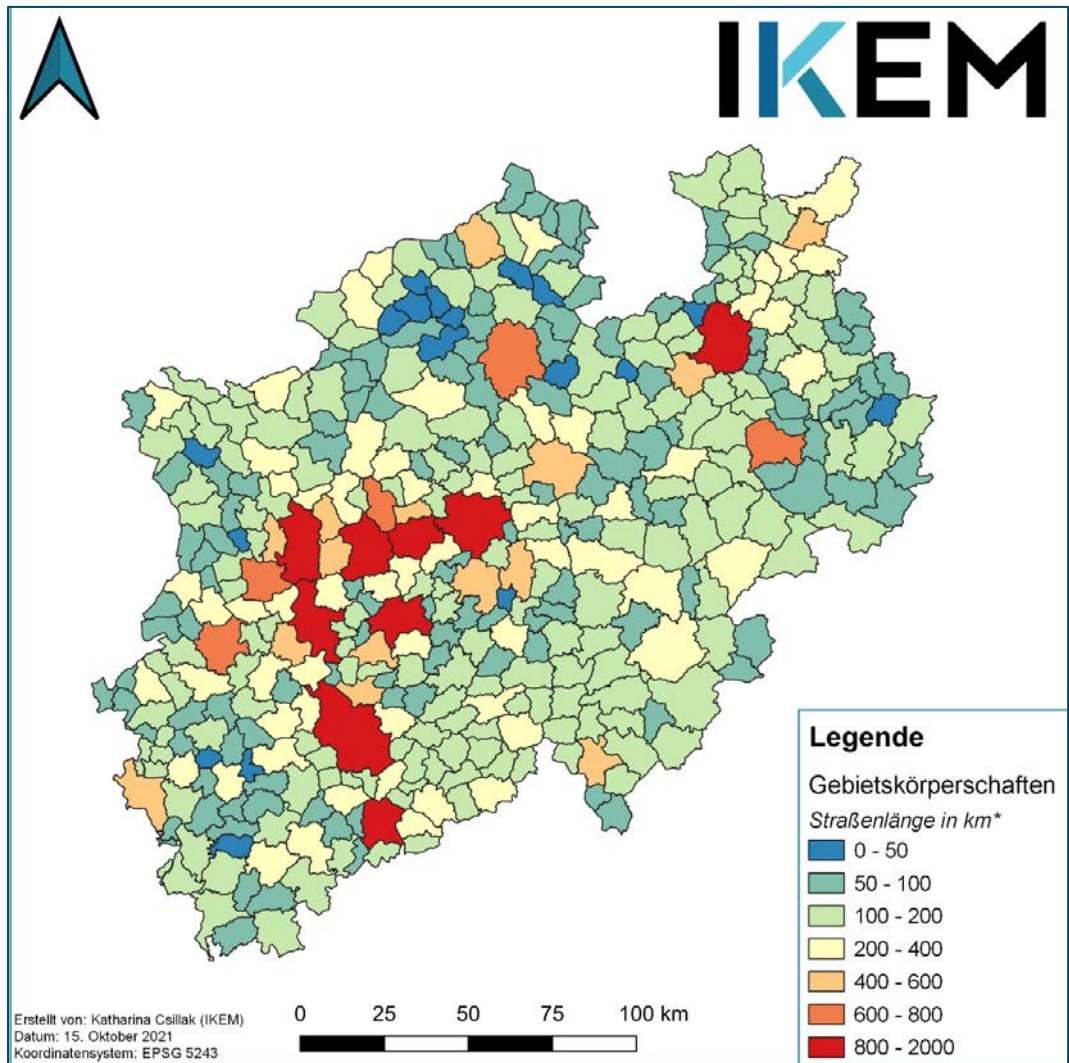
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Niedersachsen (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Nordrhein-Westfalen (Straßenlänge pro Einwohner)

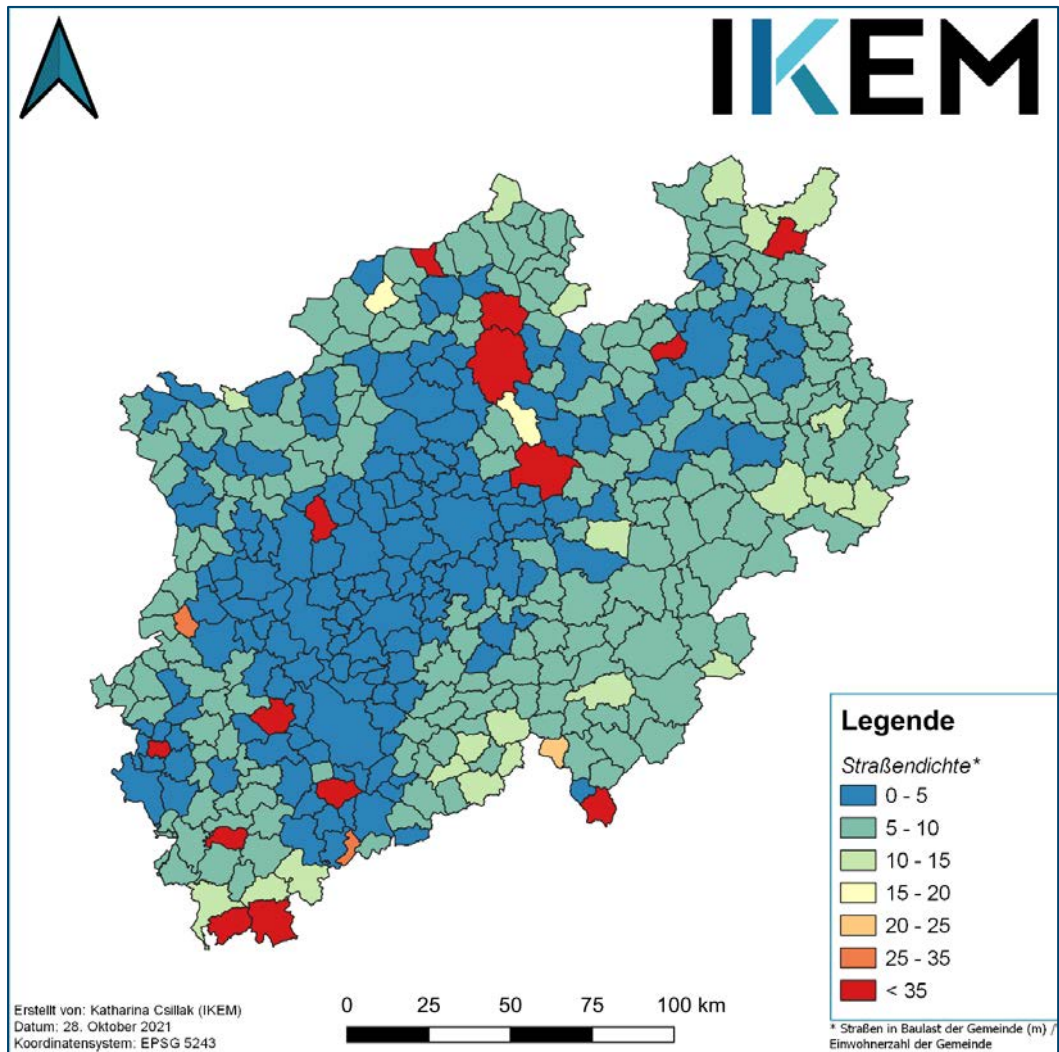


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
NRW		71.086	112	708	82.214	21.651
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		5.282	1.728	0	6.363	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
1.208	2.325	0	80.400			

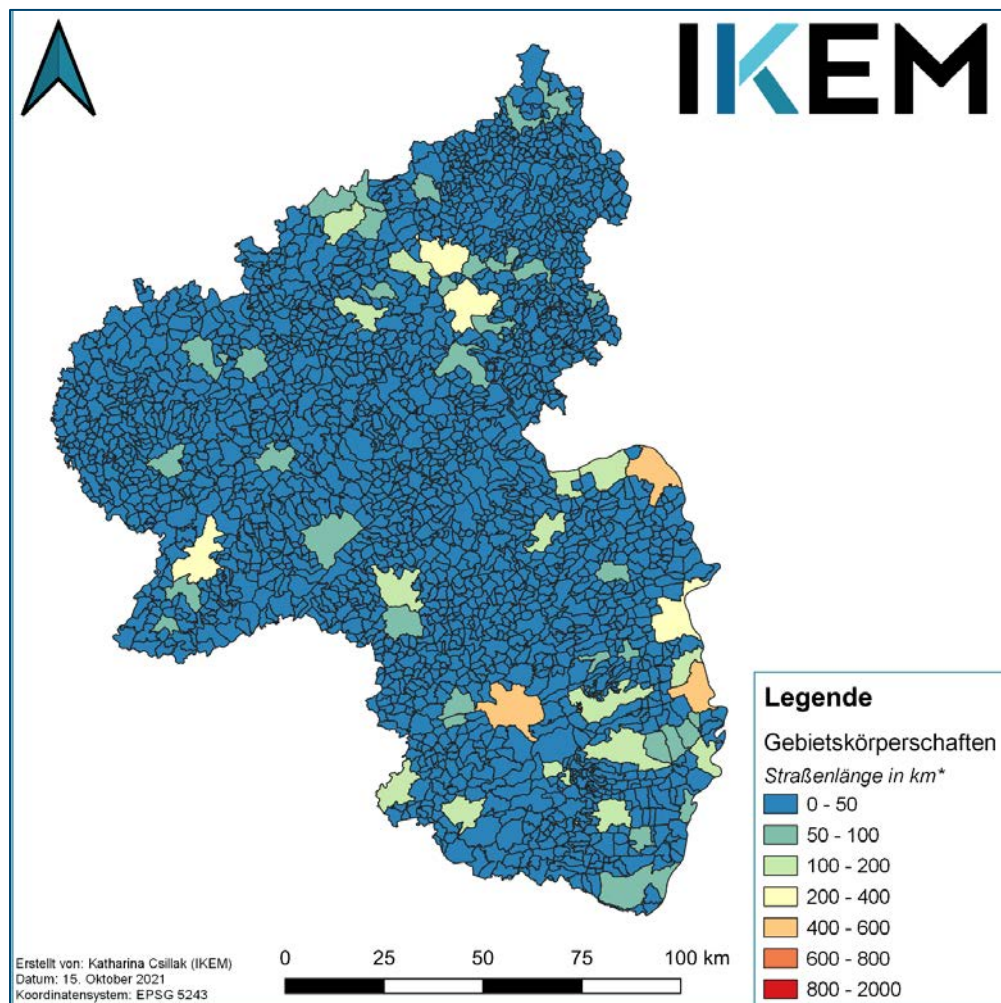
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Nordrhein-Westfalen (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Rheinland-Pfalz (Straßenlänge pro Einwohner)

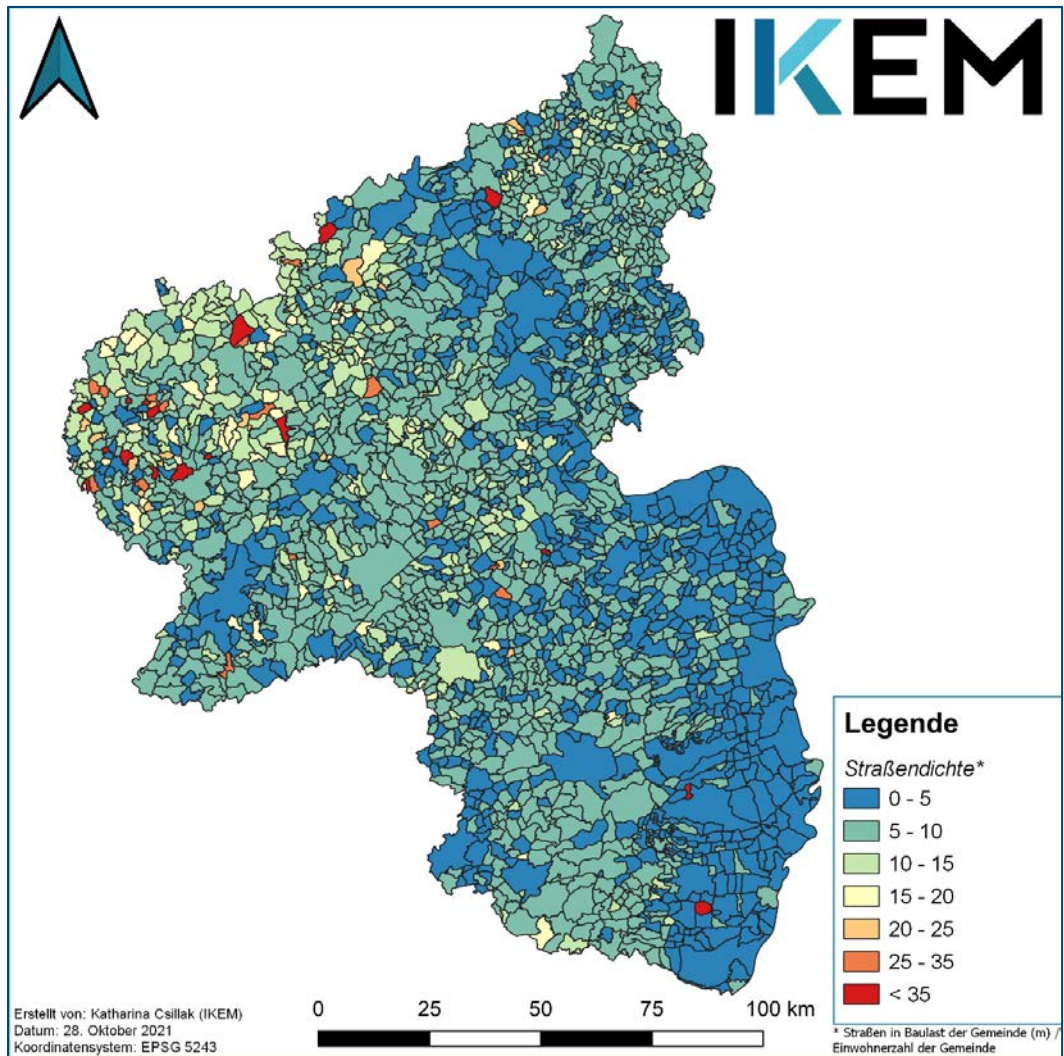


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Rheinland-Pfalz		21.824	34	219	24.991	3.866
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		2.296	121	0	535	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
		548	210	0	15.841	

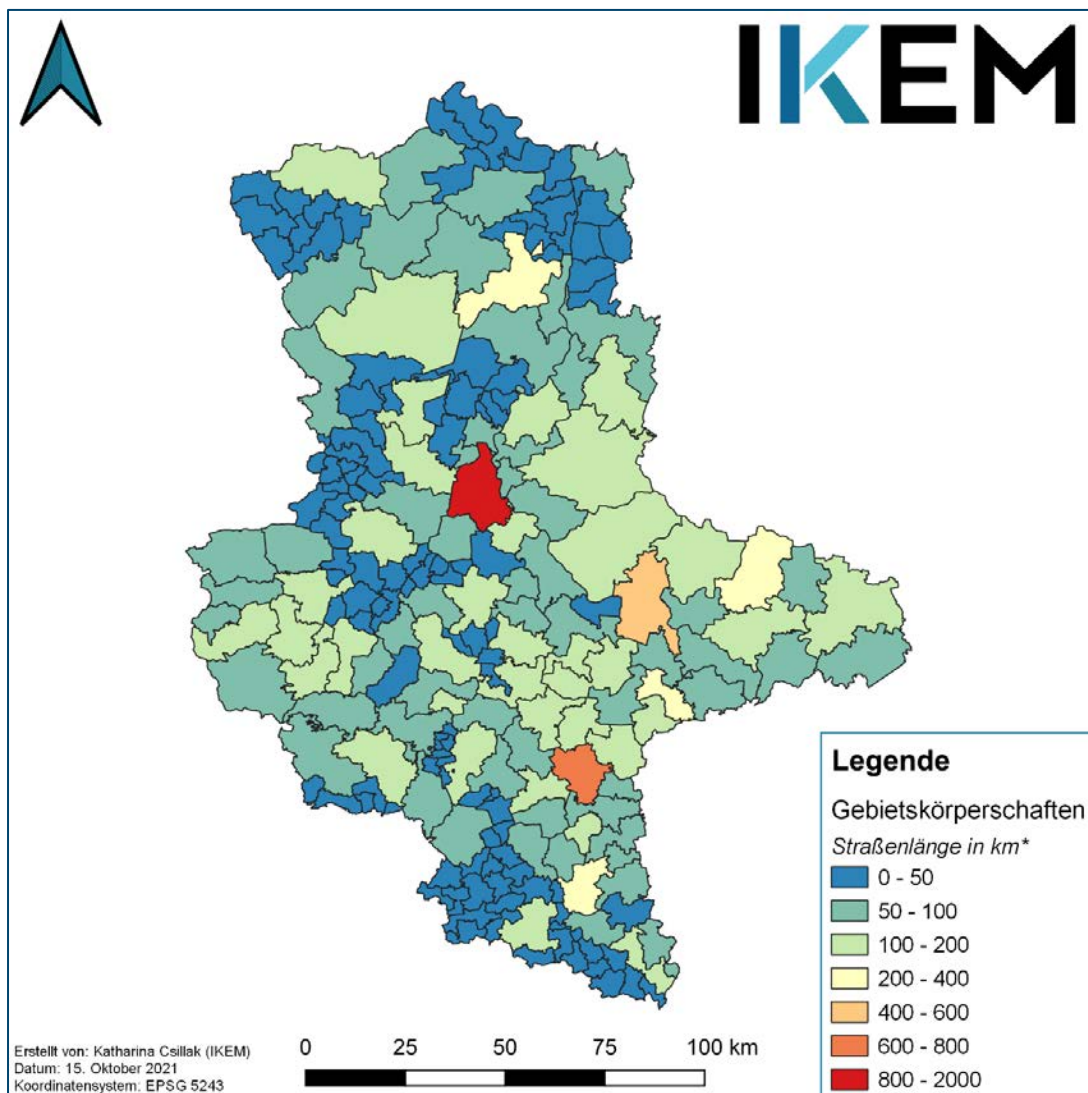
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Rheinland-Pfalz (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Sachsen-Anhalt (Straßenlänge pro Einwohner)

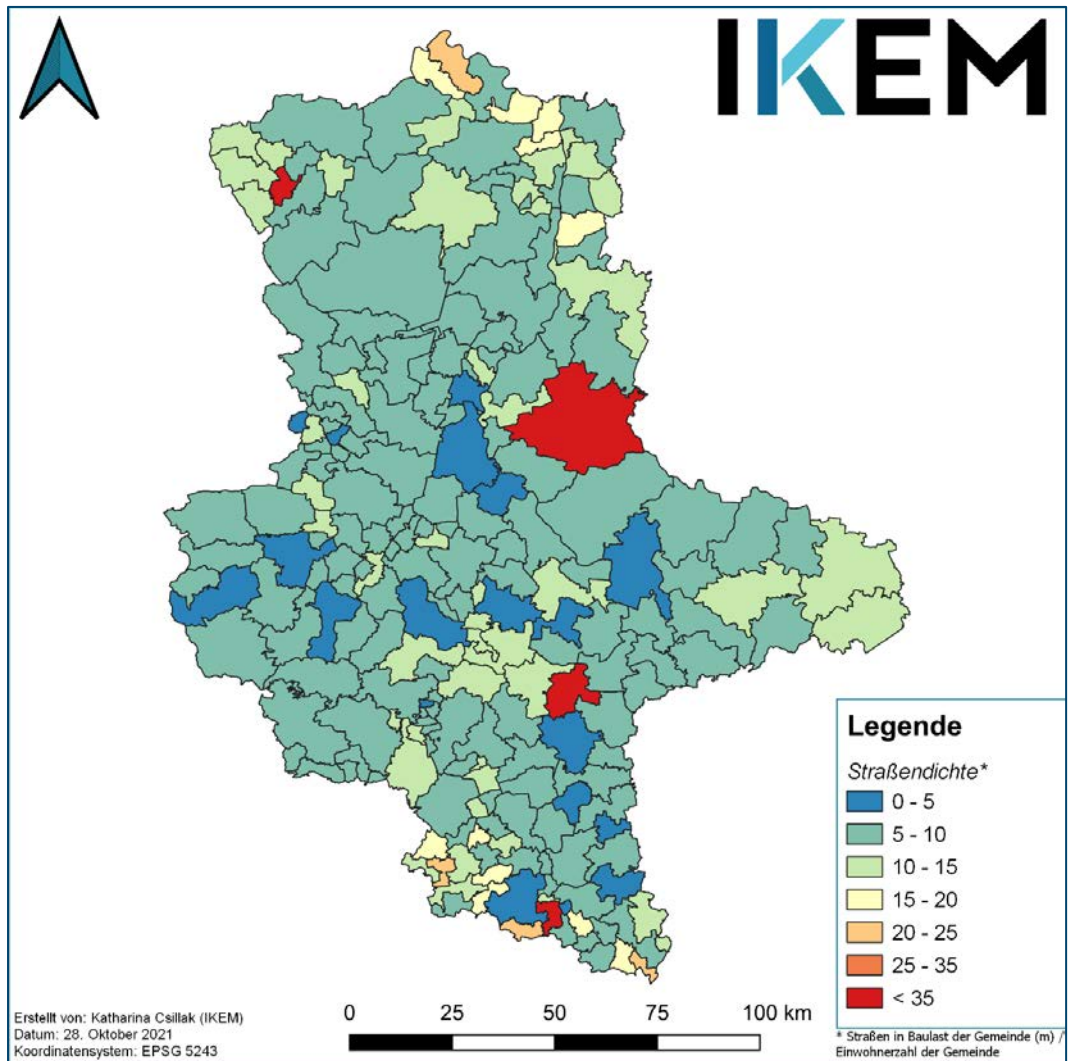


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Sachsen-Anhalt		14.186	19	111	6.747	2.972
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		2.771	356	0	66	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
526	713	0	7.845			

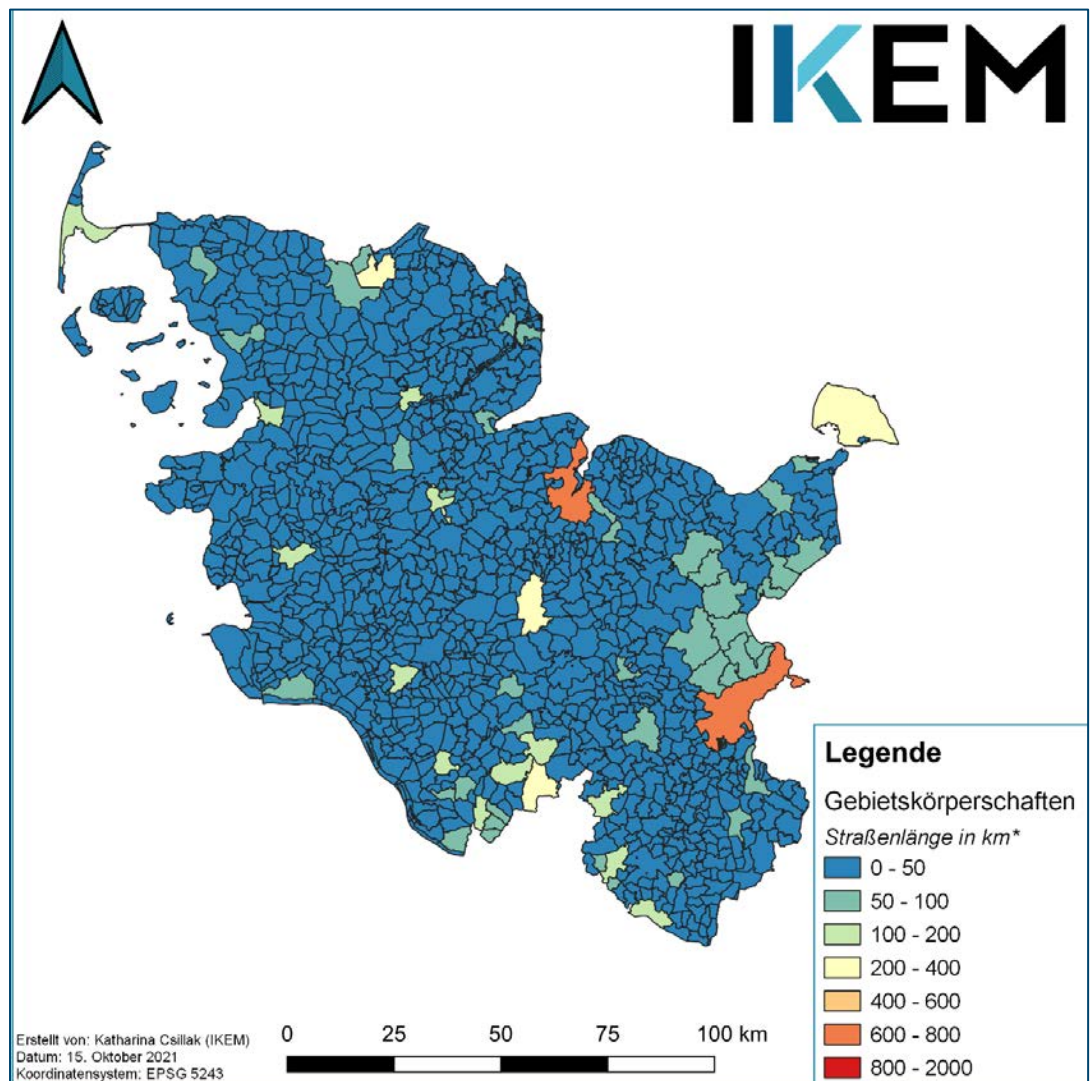
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen

Ländersteckbrief Sachsen-Anhalt (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Schleswig-Holstein (Straßenlänge pro Einwohner)

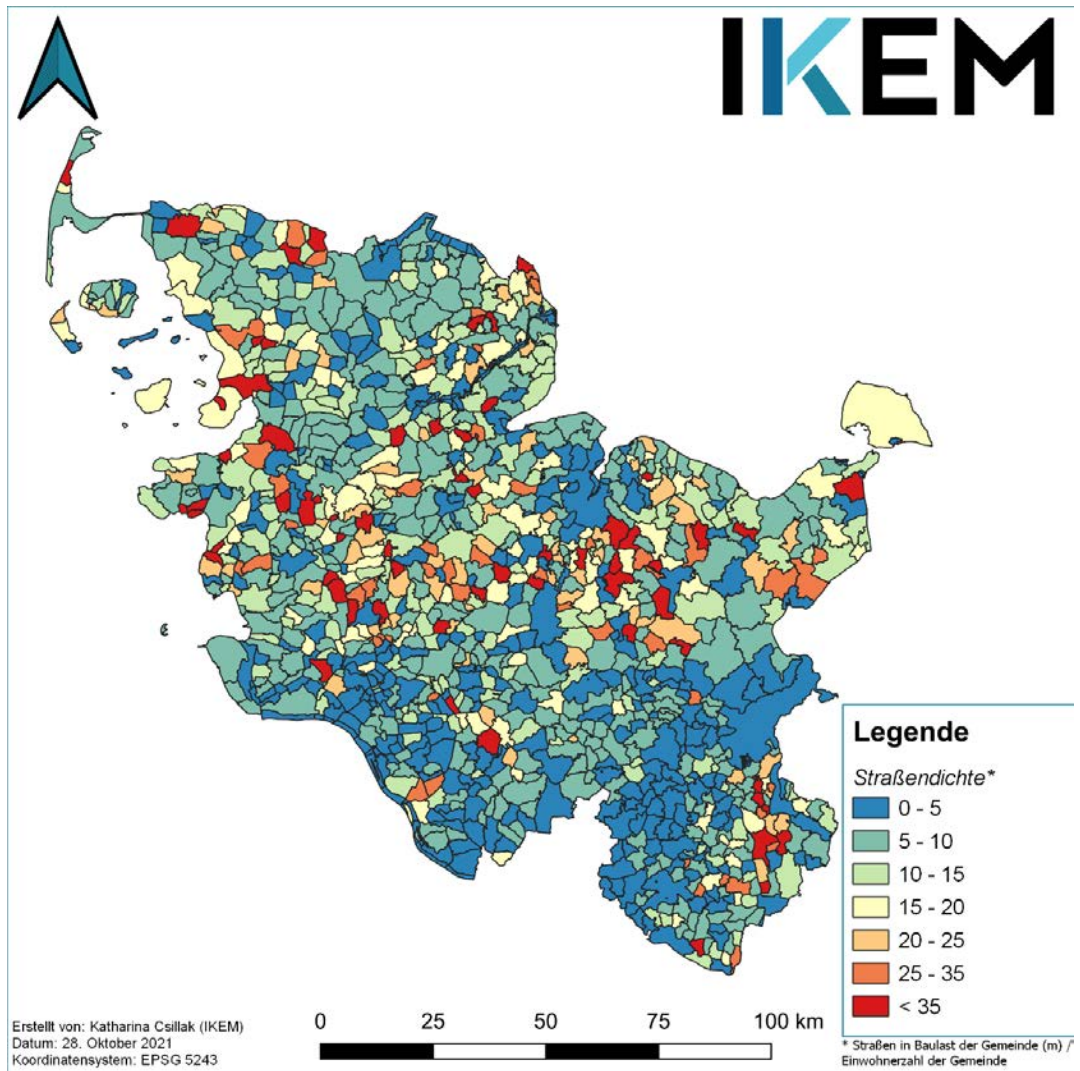


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Schleswig-Holstein		17.417	32	87	15.671	4.009
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		1.514	0	21	0	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
243	0	8	15.604			

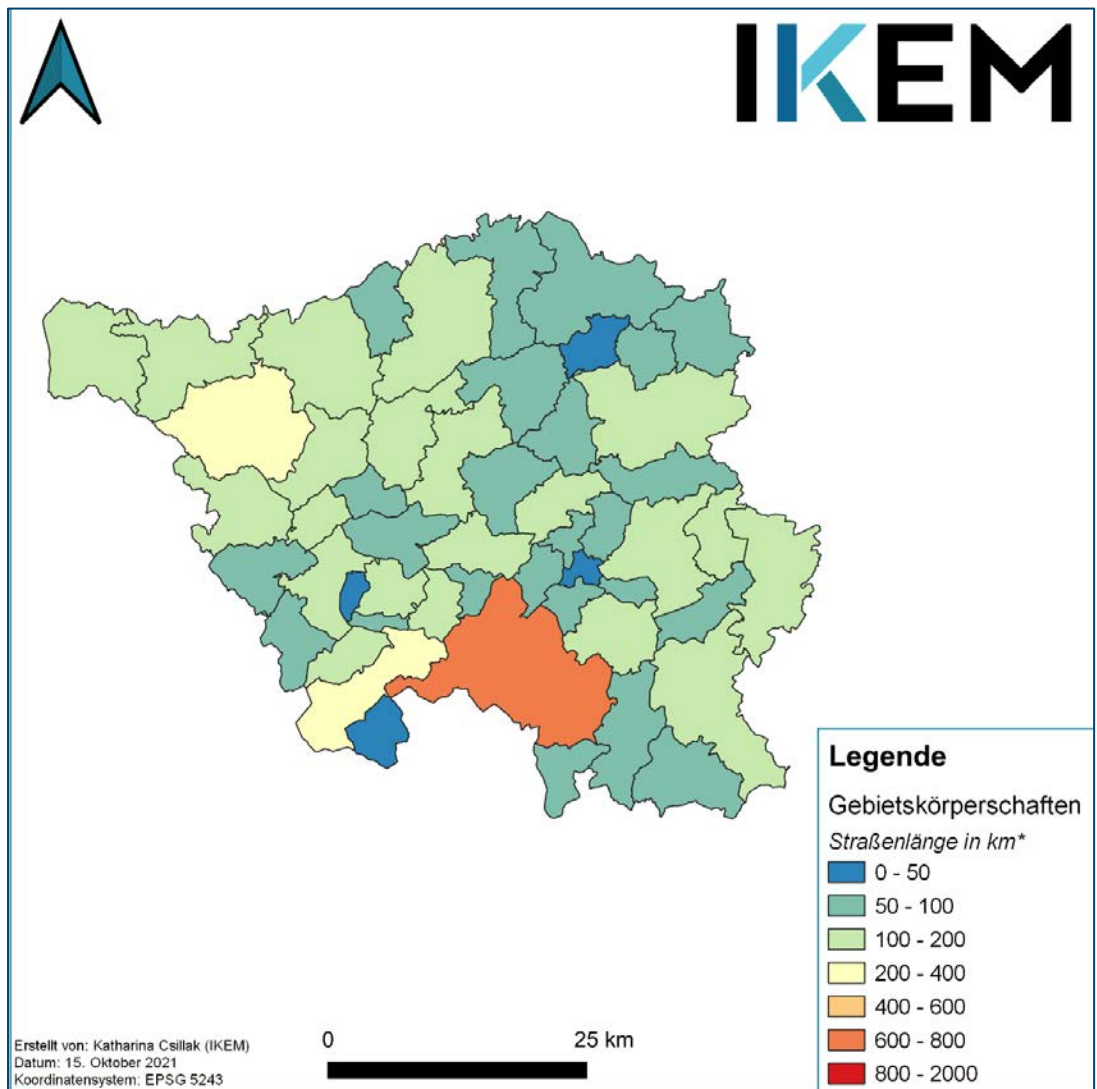
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Schleswig-Holstein (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Saarland (Straßenlänge pro Einwohner)

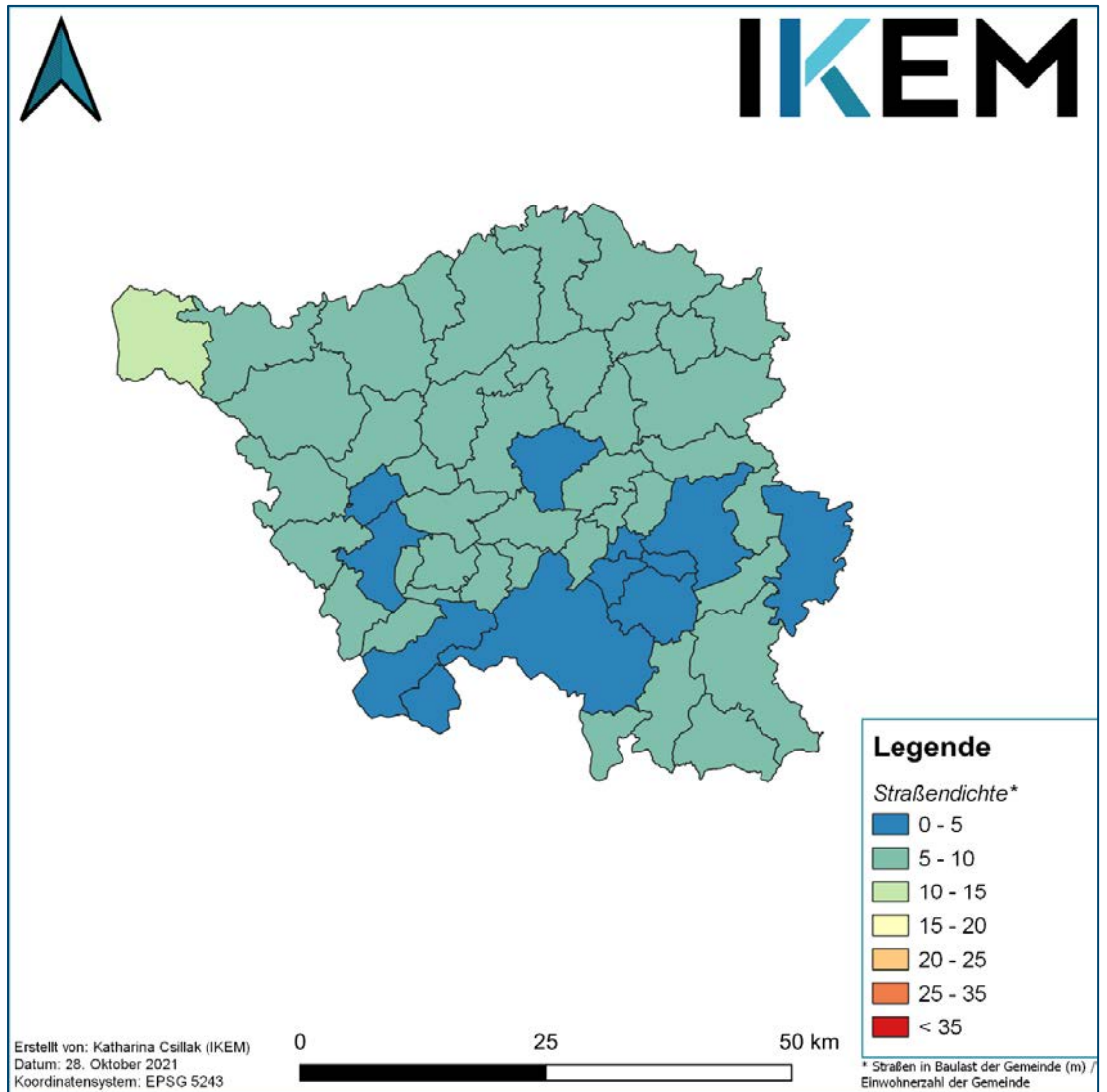


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Saarland		5.820	9	83	1.906	856
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		424	48	0	205	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
125	43	0	6.104			

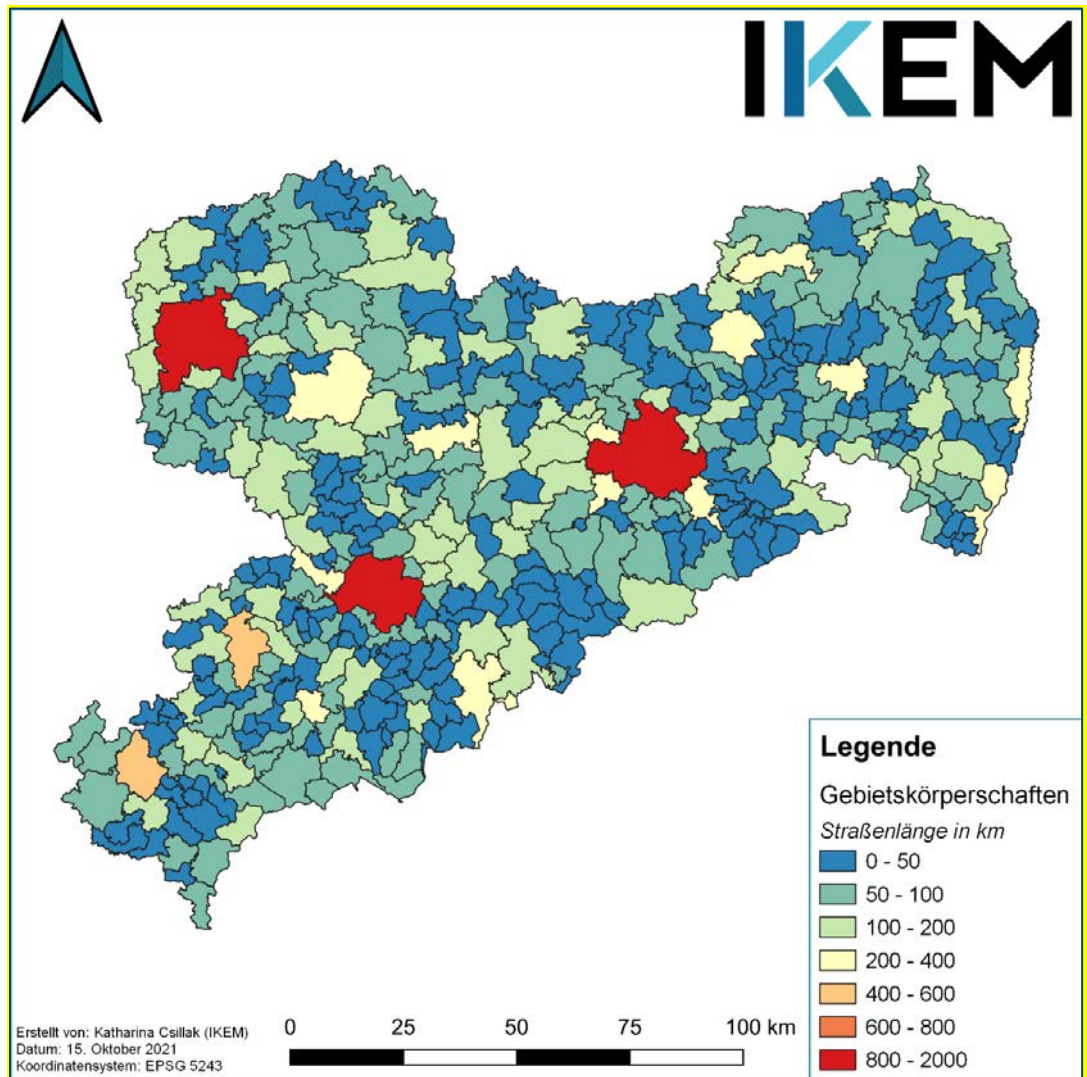
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Saarland (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Sachsen (Straßenlänge pro Einwohner)

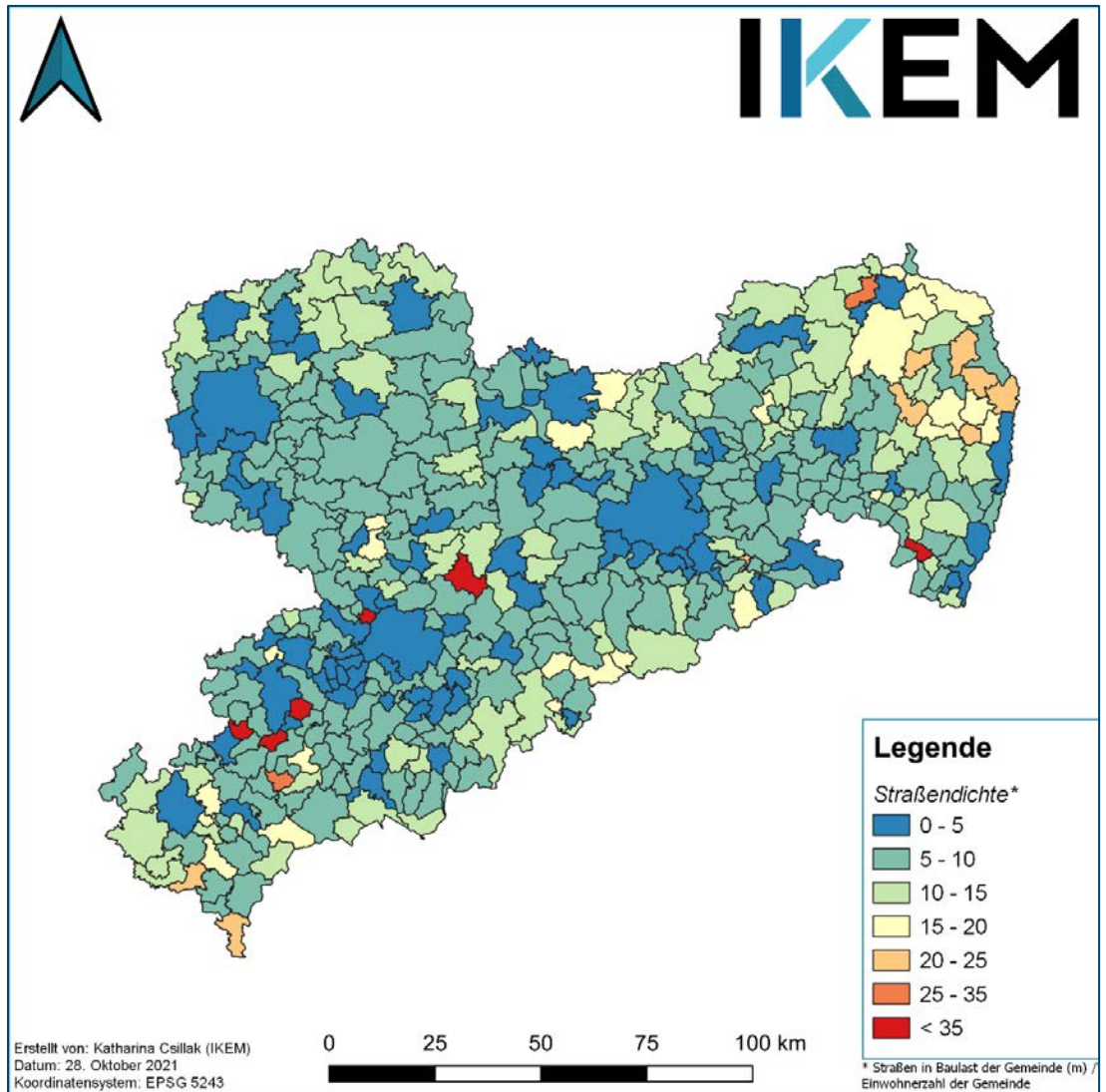


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Sachsen		22.708	104	307	13.109	6.547
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		2.916	769	0	231	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
727	1.635	0	21.183			

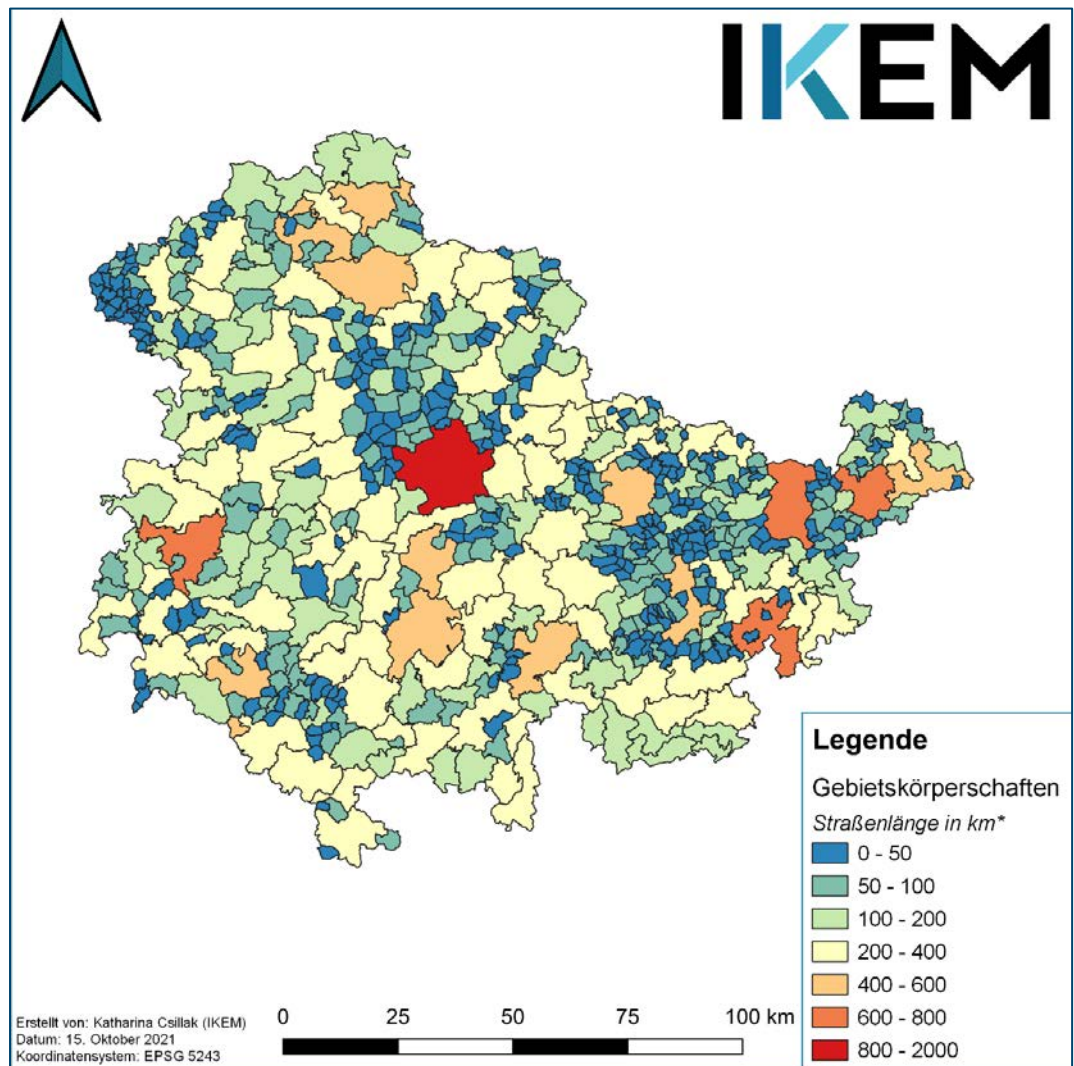
* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Sachsen (Straßendichte pro Einwohner)



Ländersteckbrief Thüringen (Straßenlänge pro Einwohner)

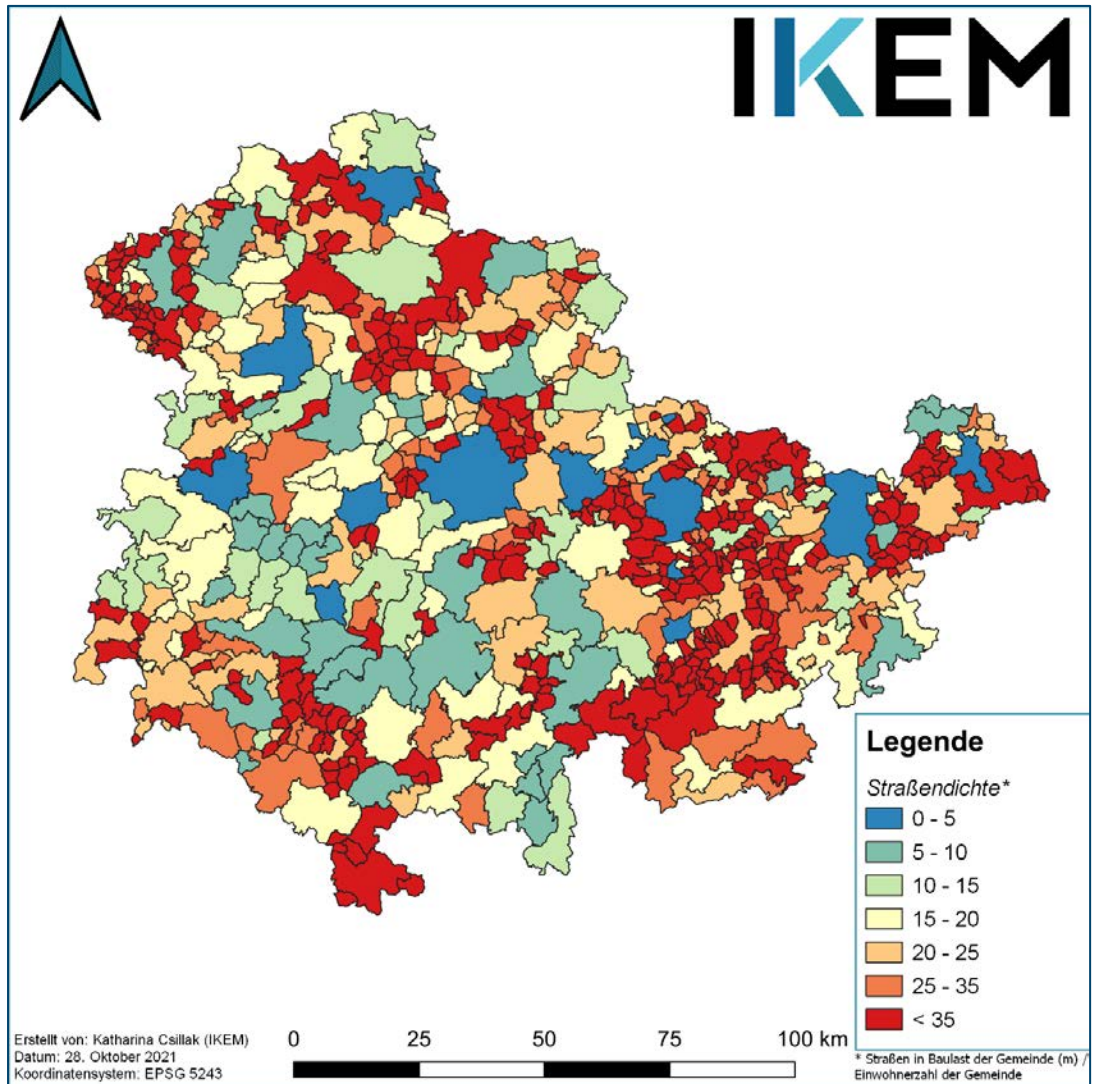


Bundesland	Straßen und Wege	Länge STR*	Länge STT*	Länge STB*	Länge RDW	Länge FUW
Thüringen		12.994	337	155	6.769	2.818
	Öffentlicher Verkehr	Länge BAG	Länge SBG	Länge UBG	Länge BSP (m)	Angaben in km
		1.966	244	0	810	
		Anzahl BHF	Anzahl SHS	Anzahl UBH	Anzahl BHS	
429	436	0	8.650			

* in Baulast der Gemeinde.

Datenanalyse basierend auf DLM250, VGE250 und OSM. Stichtag der Daten: 31.12.2020 /31.12.2019 für die Einwohnerzahlen.

Ländersteckbrief Thüringen (Straßendichte pro Einwohner)



A.3 Fragebögen der Kommunalumfrage und der Befragung der Verkehrsunternehmen

Fragebogen der Kommunalumfrage

A Straßen in der Baulast Ihrer Kommune

1. Welchen Umfang haben die Straßen und Wege, für die Ihre Kommune die Baulast oder Unterhaltungsverpflichtungen trägt? Straßen werden dabei definiert als bauliche Anlagen, die dem fließenden und ruhenden Verkehr gewidmet sind. (Bitte geben Sie die jeweiligen Werte für das gesamte Straßennetz in der Baulast Ihrer Kommune oder entsprechende Unterhaltungsverpflichtungen an und unterteilen Sie die Werte nach den verschiedenen Straßenkategorien.)

Straßenkategorie	Länge in km		Fläche in m ²	Bilanzieller Vermögenswert in Euro (Stichtag möglichst 31.12.2020)	Durchschnittliches Alter in Jahren (Stichtag möglichst 31.12.2020)
		... davon: Länge bereits vollständig abgeschriebener Straßen in km*			
Verkehrsstraßen insgesamt					
... davon Hauptverkehrsstraßen					
... davon andere Verkehrsstraßen					
Straßenbegleitende Radwege					
Straßenunabhängige Rad- und Gehwege					
Sonstige Wege und Straßen (z.B. Land- und forstwirtschaftliche Wege)					

*Lediglich die dunkelgrau hinterlegte Spalte bezieht sich auf die bereits vollständig abgeschriebenen Straßen. Alle weiteren beziehen sich auf das gesamte Straßennetz in der Baulast Ihrer Kommune.

- Hauptverkehrsstraßen sind Straßen, die überwiegend dem durchgehenden innerörtlichen Verkehr oder dem überörtlichen Durchgangsverkehr dienen.
- andere Verkehrsstraßen sind z.B. Haupterschließungsstraßen (Straßen, die der Erschließung von Grundstücken und gleichzeitig überwiegend dem Verkehr innerhalb von Baugebieten, innerhalb von im Zusammenhang bebauten Ortsteilen bzw. im Außenbereich dienen, soweit sie nicht Hauptverkehrsstraßen sind.), Sammel- und Erschließungsstraßen (Straßen, die den Verkehr aus den Anliegerstraßen in Wohn- oder Gewerbegebieten an eine Hauptverkehrsstraße führen.), Anliegerstraßen und -wege (Straßen, die überwiegend der Erschließung der angrenzenden oder durch private Zuwegung mit ihnen verbundenen Grundstücke dienen.), Gemeindeverbindungsstraßen sind Straßen außerhalb der geschlossenen Ortslage und außerhalb eines im Bebauungsplan festgesetzten Baugebietes, die überwiegend dem Verkehr zwischen benachbarten Gemeinden oder Gemeindeteilen dienen oder zu dienen bestimmt sind, ferner die dem im Gemeindegebiet befindlichen Anschluss an das überörtliche Straßennetz dienenden Straßen.
- Die unter (d) erfassten straßenbegleitenden Radwege sind Radwege entlang der in (a)-(c) erfassten Verkehrsstraßen. Wir wollen mit den Angaben erfassen, wie viele Straßen mit Radwegen ausgestattet sind.
- Straßenunabhängige Radwege und Gehwege können jeweils sowohl separat als auch in kombinierter Form bestehen. Hier sollen Länge und Fläche aller drei Arten straßenunabhängiger Rad- und Gehwege zusammengefasst werden.

Ggf. abweichender Stichtag:

2. Wie schätzen Sie den Zustand der Straßen in der Baulast Ihrer Kommune ein? (Bitte nehmen Sie in jeder Zeile eine Aufteilung der Zustandswerte (ZW) (bezogen auf die Länge in km) in der Summe auf 100 % vor. Sie würden uns helfen, wenn Sie zusätzlich zu den Angaben insgesamt auch für jede der vorhandenen Straßenkategorien eine Aufteilung vornehmen würden. Ggf. schätzen Sie bitte die Zustandswerte.)

Zustandswert:		neuwertig	gut	ausreichend	schlecht	ungenügend	Summe
Straßenkategorie		1,0 ≤ ZW < 1,5	1,5 ≤ ZW < 2,5	2,5 ≤ ZW < 3,5	3,5 ≤ ZW < 4,5	4,5 ≤ ZW ≤ 5,0	
a	Verkehrsstraßen insgesamt	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
b	... davon Hauptverkehrsstraßen	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
c	... davon andere Verkehrsstraßen	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
d	Straßenbegleitende Radwege	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
e	Straßenunabhängige Rad- und Gehwege	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
f	Sonstige Wege und Straßen (z.B. Land- und forstwirtschaftliche Wege)	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %

- Zustandswert 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).
- Zustandswert 2 gut: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung auf den Betrieb darstellen.
- Zustandswert 3 ausreichend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb potenziell beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben Folgekosten verursachen.
- Zustandswert 4 schlecht: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben hohe Folgekosten verursachen werden.
- Zustandswert 5 ungenügend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den Betrieb unmittelbar beeinflussen können und Maßnahmen zur Folge haben, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten.

3. Welche Investitions- und Instandhaltungsbedarfe sehen Sie bis in das Jahr 2030 mit Blick auf die Straßen in der Baulast bzw. mit Unterhaltungsverpflichtungen Ihrer Kommune? Wie hoch schätzen Sie diese ein? (Tragen Sie jeweils einen Wert für den Instandhaltungs- und Investitionsbedarf (ohne Grunderwerb) ein – ggf. als Schätzwert. Ist kein Investitionsbedarf zu verzeichnen, tragen Sie bitte den Wert „0“ ein. Sie würden uns helfen, wenn Sie zusätzlich zu den Instandhaltungs- und Investitionsbedarfen insgesamt auch für jede der vorhandenen Straßenkategorien eine Aufteilung vornehmen könnten. In der folgenden Frage haben Sie darüber hinaus die Möglichkeit, ihre Angaben zu spezifizieren.)

	Straßenkategorie	Instandhaltungsbedarf in Euro ¹	Erneuerungsbedarf in Euro ²	Erweiterungs-, Ausbau- und Erschließungsbedarfe in Euro ³
a	Verkehrsstraßen insgesamt			
b	... davon Hauptverkehrsstraßen			
c	... davon andere Verkehrsstraßen			
d	Straßenbegleitende Radwege			
e	Straßenunabhängige Rad- und Gehwege			
f	Sonstige Wege und Straßen (z.B. Land- und forstwirtschaftliche Wege)			

- ¹ Instandhaltungsbedarfe umfassen den laufenden Unterhalt, also nicht-investive Ausbesserungsmaßnahmen von Straßen. Entsprechende Aufwendungen sind nicht beitragsfähig und müssen aus den laufenden Einnahmen gedeckt werden.
- ² Erneuerungsbedarfe umfassen z. B. einen kompletten Austausch der Fahrbahndecke oder den Austausch von Straßen- und Beleuchtungsanlagen.
- ³ Erweiterungs- und Ausbaubedarfe umfassen z. B. die Verbreiterung und Verlängerung von Straßenabschnitten, Rad- und Gehwegen sowie die Schaffung neuer Trenn-, Seiten-, Rand- und Sicherheitsstreifen. Erschließungsbedarfe umfassen alle verkehrlichen Baumaßnahmen zur erstmaligen Erschließung neuer Wohn- und Gewerbegebiete.

Haben Sie Anmerkungen zu den angegebenen Bedarfen (z.B. in Bezug darauf, ob straßenbegleitende Radwege oder andere Bestandteile enthalten sind)? (Hier ist außerdem Platz für von Ihnen berechnete Instandhaltungs- und Investitionsbedarfe, die nicht in obiges Schema passen (z.B. weil es sich nur um einzelne Bauteile – wie bspw. die Beleuchtung – handelt). Bitte beschreiben Sie diese möglichst genau.)

4. Welche durchschnittlichen Kosten je laufenden Meter legen Sie den geplanten Aufwendungen für den Straßenausbau in Ihrer mittelfristigen Finanzplanung zugrunde?

	Straßenkategorie	Instandhaltungskosten in Euro/m	Erneuerungskosten in Euro/m	Erweiterungs-, Ausbau- und Erschließungskosten in Euro/m
	Hauptverkehrsstraßen			
	andere Verkehrsstraßen			
	Straßenbegleitende Radwege			
	Straßenunabhängige Rad- und Gehwege			
	Sonstige Wege und Straßen (z.B. Land- und forstwirtschaftliche Wege)			

B Brücken und Straßentunnel auf dem Gebiet Ihrer Kommune (Geben Sie ggf. „0“ ein, falls keine vorhanden sind.)

5. Wie viele Straßenbrücken und Straßentunnel befinden sich in der Baulast Ihrer Kommune? Welche Länge haben sie insgesamt und wie groß ist ihre Fläche? (Bitte addieren Sie die Länge bzw. Fläche aller Brücken und Straßentunnel auf.)

		Anzahl	Länge in km	Fläche in m ²
a	Straßenbrücken			
b	Straßentunnel			

6. Wie sieht die Verteilung der Zustandsnoten der Straßenbrücken gemäß DIN 1076 in Ihrer Kommune aus? (Bitte geben Sie die jeweilige Anzahl der Straßenbrücken an. Bitte geben Sie die Verteilung der Zustandsnoten für Straßentunnel analog der Zustandsnoten an. Geben Sie „0“ ein, falls keine vorhanden sind.)

		Zustandsnot*					Summe
		1,0 - 1,4	1,5 - 1,9	2,0 - 2,4	2,5 - 2,9	3,0 - 3,4	
a	Straßenbrücken (Anzahl)						
b	Straßenbrücken (addierte km)						
c	Straßentunnel (Anzahl)						
d	Straßentunnel (addierte km)						

*Zustandsnote nach Brückenprüfung entspr. DIN 1076 www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StB/bauwerkspruefung-und-bauwerksueberwachung

7. Welche Schäden weisen Ihre Straßenbrücken hauptsächlich auf? (Mehrfachantworten sind möglich.)

Konstruktionsbedingte Schäden

Risse

Korrosion

Durchfeuchtungen

Sonstiges, und zwar: _____

8. Welche Schäden weisen Ihre Straßentunnel hauptsächlich auf? (Mehrfachantworten sind möglich.)

Konstruktionsbedingte Schäden

Risse

Korrosion

Durchfeuchtungen

Belüftungsanlagen/Brandschutzanlagen

Sonstiges, und zwar: _____

9. Wie hoch schätzen Sie den Investitionsbedarf im Straßenbrücken- und Straßentunnelbereich bis ins Jahr 2030?

Straßenbrücken _____ €

Straßentunnel _____ €

Hinweis: Es findet parallel eine Befragung der Verkehrsunternehmen in Kooperation mit dem VDV statt. Die Befragungen ergänzen sich, sind aber kein gegenseitiger Ersatz. Hier im Teil C bitten wir Sie, eine kurze Übersicht über die ÖPNV-Infrastruktur zu geben, soweit Ihnen die Daten vorliegen. Anderenfalls weisen Sie gern Ihr Verkehrsunternehmen auf die laufende VDV-Umfrage hin. Den Link finden Sie ebenfalls auf www.difu.de/16752.

10. Welche Verkehrsträger sind in Ihrer Kommune vorhanden? (Mehrfachantworten sind möglich. In der Onlineversion des Fragebogens werden in Abhängigkeit von dieser Frage in den Folgefragen nur diejenigen Zeilen angezeigt, die für Sie relevant sind.)

- Bus
- O-Bus
- Straßen-/Stadtbahn (nur oberirdisch)
- Straßen-/Stadtbahn (zumindest teilweise in Tunnellage)
- U-Bahn
- Seilbahn
- Sonstige, und zwar: _____

Name des/der Verkehrsunternehmen/s in Ihrer Kommune: _____

11. Welchen Umfang haben die ÖPNV-Netze in der Baulast Ihrer Kommune?

	Kategorie	Länge in km	... davon: Länge bereits vollständig abgeschriebener Strecken in km	Bilanzieller Vermögenswert in Euro (Stichtag möglichst 31.12.2020)	Durchschnittliches Alter in Jahren (Stichtag möglichst 31.12.2020)
a	Busspuren				
b	Straßen-/Stadtbahnstrecken straßenbündig				
c	Straßen-/Stadtbahnstrecken eigener Bahnkörper				
d	Straßen-/Stadtbahnstrecken in Tunnellage				
e	U-Bahn-Strecken				
f	Seilbahn-Strecken				
g	Andere ¹ : _____				

¹ z.B. kommunale Eisenbahnen

Ggf. abweichender Stichtag:

12. Welchen Umfang haben die ÖPNV- Zugangsstellen (Haltestellen und Stationen) und anderen ÖPNV-Anlagen in der Baulast Ihrer Kommune?

	Kategorie	Anzahl	... davon: bereits vollständig abgeschriebene Anlagen (Anzahl)	Fläche in m ²	Bilanzieller Vermögenswert in Euro (Stichtag möglichst 31.12.2020)	Durchschnittliches Alter in Jahren (Stichtag möglichst 31.12.2020)
	Bus-/Straßen-/Stadtbahnhaltestellen ohne Wartehäuschen					
	Bus-/Straßen-/Stadtbahnhaltestellen mit Wartehäuschen					
	U-Bahnhöfe und unterirdische Straßenbahn-/Stadtbahn-Haltestellen					
	Busdepots					
	Straßen-/Stadtbahndepots					
	U-Bahn-Depots					
	Andere Anlagen des ÖPNV: _____					

13. Welche Instandhaltungs- und Investitionsbedarfe sehen Sie bis in das Jahr 2030 mit Blick auf die ÖPNV-Infrastruktur in der Baulast Ihrer Kommune (gesamtes Gemeindegebiet/gesamtes Kreisgebiet)? Wie hoch schätzen Sie diesen ein? (Tragen Sie jeweils einen Wert für den Instandhaltungs- und Investitionsbedarf (ohne Grunderwerb) ein – ggf. als Schätzwert. Ist kein Investitionsbedarf zu verzeichnen, tragen Sie bitte den Wert „0“ ein.)

Kategorie	Instandhaltungsbedarf in Euro*	Erneuerungsbedarf in Euro**	Erweiterungs-, Ausbau- und Erschließungsbedarf in Euro***
Busspuren			
Straßen-/Stadtbahnstrecken straßenbündig			
Straßen-/Stadtbahnstrecken eigener Bahnkörper			
Straßen-/Stadtbahnstrecken in Tunnellage			
Bus-/Straßen-/Stadtbahnhaltestellen			
U-Bahnhöfe einschl. unterirdische Straßen-/Stadtbahnhöfe			
Busdepots			
Straßen-/Stadtbahndepots			
U-Bahn-Depots			
Andere Anlagen des ÖPNV: _____			
insgesamt			

* Instandhaltungsbedarfe umfassen den laufenden Unterhalt, also nicht-investive Ausbesserungsmaßnahmen. Entsprechende Aufwendungen sind nicht beitragsfähig und müssen aus den laufenden Einnahmen gedeckt werden.

** Erneuerungsbedarfe umfassen z. B. einen kompletten Austausch der Gleise oder der Fahrbahndecke oder den Austausch von Straßen- und Beleuchtungsanlagen.

*** Erweiterungs- und Ausbaubedarfe umfassen z. B. die Verbreiterung und Verlängerung von Infrastrukturabschnitten. Erschließungsbedarfe umfassen alle verkehrlichen Baumaßnahmen zur erstmaligen Erschließung neuer Wohn- und Gewerbegebiete.

D Sonstiges

14. Wie schätzen Sie Ihre aktuelle Gesamtfinanzsituation einschließlich aller Zuweisungen und Zuschüsse von Bund und Ländern ein?

Aktuelle Gesamtfinanzsituation ist...					
Sehr gut	Gut	Befriedigend	Ausreichend	Mangelhaft	Weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15. Haben Sie Anmerkungen zu den von Ihnen gemachten Angaben?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Erklärung zum Datenschutz und zur absoluten Vertraulichkeit Ihrer Angaben

Das Deutsche Institut für Urbanistik gGmbH (Difu) (Verantwortlicher) und dessen Unterauftragnehmer verarbeiten Ihre Daten ausschließlich zu Zwecken der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen des Forschungsprojekts „Nachholende und zukünftige Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem (Schwerpunkt kommunale Netze)“.

Wir verarbeiten von Ihnen Kontaktdaten (Mail-Adresse, Adresse) sowie Empirie-Daten (Ihre Antworten sowie ggfs. Zeitpunkt der Beantwortung). Diese Daten stammen aus öffentlich zugänglichen Quellen oder werden im Rahmen der Umfrage bei Ihnen abgefragt. Ihre Angaben werden lediglich mithilfe des amtlichen Gemeindegeschlüssel (AGS) mit gemeindegenspezifischen Informationen des Statistischen Bundesamtes wie der Einwohnerzahl sowie Informationen aus der ATKIS-Datenbank zusammengeführt. Ein Abgleich mit weiteren Datenbeständen erfolgt nicht. Sofern Sie an der Online-Version der Befragung teilnehmen, werden vom Umfragesystem LimeSurvey Log-Daten verarbeitet: Beim Aufruf von LimeSurvey übermittelt Ihr Browser, wie bei jedem Webseitenaufruf, Daten Ihres abrufenden Geräts an das System. Für Informationszwecke speichert das Difu davon jedoch ausschließlich das Datum und Uhrzeit des Zugriffs.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung sind Art. 6 Abs. 1 lit. a und f EU-Datenschutzgrundverordnung.

Es wird zugesichert, dass alle einschlägigen Bestimmungen des Datenschutzes eingehalten werden. Dies bedeutet insbesondere:

- Die Teilnahme an der Befragung ist selbstverständlich freiwillig. Um ein größtmögliches Maß an Anonymität zu gewährleisten, verzichten wir auf die Rücksendung einer unterschriebenen Einwilligungserklärung. Bitte lesen Sie sich daher diese Erklärung sowie die Erläuterungen zum Forschungsprojekt sorgfältig durch. Entscheiden Sie dann, ob Sie teilnehmen möchten oder nicht. Wenn Sie das Onlineformular ausfüllen oder uns Ihre Antworten per Post oder E-Mail zusenden, gehen wir davon aus, dass Sie freiwillig an der Befragung zu Forschungszwecken teilnehmen möchten. Durch eine Nichtteilnahme entstehen Ihnen keine Nachteile.
- Die Forschungsergebnisse werden in wissenschaftlich üblicher Form veröffentlicht. Niemand kann aus den Ergebnissen erkennen, von welcher Person oder Kommune die Angaben gemacht wurden. Natürlich erfährt auch niemand, ob Sie an der Erhebung teilgenommen haben oder nicht.
- Wir löschen Ihre Daten zum frühestmöglichen Zeitpunkt.

Recht im Zusammenhang mit der Erhebung, Verarbeitung und Nutzung Ihrer Daten:

- Sie können jederzeit Auskunft über die zu Ihrer Person verarbeiteten Daten erhalten.
 - Die Einwilligung kann ohne Angaben von Gründen verweigert werden (Nichtteilnahme) oder mit Wirkung für die Zukunft widerrufen werden. Falls Sie an der Erhebung teilgenommen haben und nachträglich widerrufen wollen, so wenden Sie sich bitte an Elisabeth Krone (Email: krone@difu.de / Telefon: +49 30 39001-223). Im Falle des Widerrufs werden Ihre Daten, sofern sie sich im Verfahrensablauf noch Ihrer Person zuordnen lassen, selbstverständlich unverzüglich gelöscht.
 - Sie können unter den gesetzlichen Voraussetzungen Auskunft, Berichtigung, Löschung oder die eingeschränkte Verarbeitung Ihrer Daten verlangen, der Verarbeitung widersprechen oder Ihr Recht auf Datenübertragbarkeit geltend machen (per E-Mail an datenschutz@difu.de oder postalisch). Sie haben zudem das Recht zur Beschwerde über diese Datenverarbeitung bei der zuständigen Aufsichtsbehörde für Datenschutz.
 - Bei Fragen können Sie sich an unsere/n Datenschutzbeauftragte/n wenden: datenschutz@difu.de.
-

Fragebogen der Verkehrsunternehmen

Nachholende und zukünftige Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem
(Befragung der Verkehrsunternehmen)

– Befragung durchgeführt vom Deutschen Institut für Urbanistik im Juli und August 2021 –

Bitte bis zum 16.11.2021 online ausfüllen oder zurücksenden an:

Ganz kurz:

- Bitte unterstützen Sie dieses Projekt mit der möglichst vollständigen Beantwortung des Fragebogens.
- Wenn genaue Angaben nicht möglich sind, nehmen Sie bitte Schätzungen vor.
- Ihre Angaben unterliegen selbstverständlich dem Datenschutz.
- Rückfragen bitte an:

Deutsches Institut für Urbanistik
Bereich Infrastruktur, Wirtschaft und Finanzen
Zimmerstr. 13 – 15
10969 Berlin

Fabian Drews, Tel. +49 30 39001-197
Dr.-Ing. Wulf-Holger Arndt, Tel. +49 30 39001-252
oder vu-umfrage@difu.de

Informationen zum Projekt:

Sehr geehrte Damen und Herren,

vielen Dank für Ihre Bereitschaft, unsere Befragung zu unterstützen.

Bitte füllen Sie den Fragebogen bis zum 16.11.2021 hier online aus: <https://difu2.limequery.com/958628>

Bitte machen Sie im Folgenden zunächst Angaben zu Ihrem Verkehrsunternehmen. Wir benötigen diese Daten um den Rücklauf der Fragebögen und somit die Zuverlässigkeit unserer Erhebung abschätzen zu können. Alle Angaben werden streng vertraulich behandelt. Eine Weitergabe von Datensätzen an den Auftraggeber erfolgt ausschließlich anonymisiert und aggregiert. Auch die Ergebnisse der Befragung werden ausschließlich in anonymisierter Form dargestellt. Rückschlüsse auf einzelne Personen und/oder Verkehrsunternehmen werden anhand der veröffentlichten Ergebnisse nicht möglich sein.

Bei Ihren Angaben beziehen Sie sich bitte nur auf die ÖPNV-Infrastruktur z. B. Straßenbahngleise oder Busspuren. Straßen, Straßenbrücken oder Straßentunnel ohne Busspuren sind hier nicht gemeint.

Sollten Sie einzelne Angaben nicht machen können oder wollen, füllen Sie die Befragung bitte dennoch weitestgehend aus. Sollten Sie zu einzelnen Fragen keine exakten Angaben machen können, bitten wir Sie um Schätzungen.

Weitere Informationen zur Befragung finden Sie unter: www.difu.de/vu-umfrage.

Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Dieser Fragebogen wurde ausgefüllt von: (Bitte nur Angaben für Ihr Verkehrsunternehmen machen.)

Name des Verkehrsunternehmens:
Betriebsgebiet (Namen der Kreise, kreisfreien Städte, ...):
PLZ:
E-Mail (für Rückfragen):

A ÖPNV-Netze Ihres Verkehrsunternehmens

1. Welche Verkehrsträger bedient ihr Verkehrsunternehmen?

- Bus
- Straßen-/Stadtbahn (nur oberirdisch)
- Straßen-/Stadtbahn (zumindest teilweise in Tunnellage)
- U-Bahn
- Seilbahn
- O-Bus
- Sonstiges*, und zwar: _____

* z.B. kommunale Eisenbahnen

2. Welchen Umfang haben die ÖPNV-Netze Ihres Verkehrsunternehmens?

	Kategorie	Länge in km	... davon: Länge bereits vollständig abgeschriebener Strecken in km	Bilanzieller Vermögenswert in Euro (Stichtag: 31.12.2020 ¹)	Durchschnittliches Alter in Jahren (Stichtag: 31.12.2020)
a	Busspuren				
b	Straßen-/Stadtbahnstrecken straßenbündig				
c	Straßen-/Stadtbahnstrecken eigener Bahnkörper				
d	Straßen-/Stadtbahnstrecken in Tunnellage				
e	U-Bahn-Strecken				
f	Seilbahn-Strecken				
g	O-Bus-Strecken				
h	Andere: _____				

¹ falls Sie keine Daten zu diesem Stichtag haben, schätzen Sie bitte zum aktuellen Datum

- Busspuren sind Fahrstreifen, die ausschließlich (außer wenn Zusatzzeichen angezeigt sind) durch Omnibusse des Linienverkehrs sowie durch nach dem Personenbeförderungsrecht mit dem Schulbus-Schild zu kennzeichnende Fahrzeuge des Schüler- und Behindertenverkehrs genutzt werden dürfen.
- Straßen-/Stadtbahnen sind elektrische Schienenbahnen, deren Fahrwege entweder mit der Straßenoberfläche bündig abschließen (straßenbündiger Bahnkörper) oder auf besonderem oder unabhängigem Bahnkörper verlaufen können. Straßenbahnen, die auch Merkmale der U- oder S-Bahnen aufweisen, werden häufig als Stadtbahnen bezeichnet. Unter „eigener Bahnkörper“ sollen alle Straßen-/Stadtbahnstrecken auf besonderem oder unabhängigem Bahnkörper verstanden werden.
- U-Bahnen sind elektrische Schienenbahnen, deren Fahrwege (Gleise) ausschließlich auf unabhängigem Bahnkörper, überwiegend in Tunneln oder auch auf aufgeständerten Bahnkörpern (Hochbahn) verläuft. Sie gelten nach §4 Abs. 2 PBefG als unabhängige Bahnen.
- Seilbahnen sind Bahnen, bei denen die Fahrzeuge an Trag- oder Förderseilen hängend ohne Bodenkontakt verkehren.
- O-Busse sind Busse, die ihre Antriebsenergie einer Fahrleitung entnehmen.

3. Wie schätzen Sie den Zustand der ÖPNV-Netze Ihres Verkehrsunternehmens ein? (Bitte nehmen Sie in jeder Zeile eine Aufteilung der Zustandsklassen (ZK) in der Summe auf 100 % vor. Ggf. schätzen Sie bitte die Anteile der Zustandsklassen.)

	Kategorie	ZK 1: neuwertig	ZK 2: gut	ZK 3: ausreichend	ZK 4: schlecht	ZK 5: ungenügend	Summe
a	Busspuren	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
b	Straßen-/Stadtbahnstrecken straßenbündig	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
c	Straßen-/Stadtbahnstrecken eigener Bahnkörper	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
d	Straßen-/Stadtbahnstrecken in Tunnellage	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
e	U-Bahn-Strecken	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
f	Seilbahn-Strecken	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
g	O-Bus-Strecken	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
h	Andere: _____	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %

- Zustandsklasse 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).

g	Andere Anlagen des ÖPNV: _____	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
---	--------------------------------	---------	---------	---------	---------	---------	-------

- Zustandsklasse 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).
- Zustandsklasse 2 gut: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung auf den Betrieb darstellen.
- Zustandsklasse 3 ausreichend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb potenziell beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben Folgekosten verursachen.
- Zustandsklasse 4 schlecht: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben hohe Folgekosten verursachen werden.
- Zustandsklasse 5 ungenügend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den Betrieb unmittelbar beeinflussen können und Maßnahmen zur Folge haben, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten.

C Anlagen der Energieversorgung und Signal- und Kommunikationstechnik Ihres Verkehrsunternehmens

7. Welchen Umfang haben die Anlagen der Energieversorgung und Signal- und Kommunikationstechnik Ihres Verkehrsunternehmens?

	Kategorie	Länge in km	... davon: bereits vollständig abgeschriebene Anlagen (Anzahl)	Bilanzieller Vermögenswert in Euro (Stichtag: 31.12.2020)	Durchschnittliches Alter in Jahren (Stichtag: 31.12.2020)
a	Oberleitung insgesamt				
b	Oberleitung unterirdisch				
c	Stromschiene				
d	Kabeltrug				
e	Kabel				

8. Wie viele Signale, Unterwerke und Stellwerke befinden sich im Betriebsgebiet Ihres Verkehrsunternehmens?

Signale (Anzahl): _____

Unterwerke (Anzahl): _____

Stellwerke (Anzahl): _____

9. Wie schätzen Sie den Zustand der Anlagen der Energieversorgung sowie Signal- und Kommunikationstechnik Ihres Verkehrsunternehmens ein? (Bitte nehmen Sie in jeder Zeile eine Aufteilung der Zustandsklassen (ZK) in der Summe auf 100 % vor. Ggf. schätzen Sie bitte die Anteile der Zustandsklassen.)

	Kategorie	ZK 1: neuwertig	ZK 2: gut	ZK 3: ausreichend	ZK 4: schlecht	ZK 5: ungenügend	Summe
a	Oberleitung insgesamt	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
b	Oberleitung unterirdisch	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
c	Stromschiene	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
d	Kabeltrug	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
e	Kabel	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
f	Signale	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
g	Unterwerke	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %
h	Stellwerke	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	_____ %	100 %

- Zustandsklasse 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).
- Zustandsklasse 2 gut: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung auf den Betrieb darstellen.
- Zustandsklasse 3 ausreichend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb potenziell beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben Folgekosten verursachen.
- Zustandsklasse 4 schlecht: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben hohe Folgekosten verursachen werden.
- Zustandsklasse 5 ungenügend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den Betrieb unmittelbar beeinflussen können und Maßnahmen zur Folge haben, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten.

D Ingenieursbauwerke im Betriebsgebiet Ihres Verkehrsunternehmens

10. Wie viele Brücken und Tunnel, die ausschließlich für den ÖPNV genutzt werden, befinden sich im Betriebsgebiet Ihres Verkehrsunternehmens? Welche Länge haben Ihre Brücken und Tunnel jeweils insgesamt? (Bitte addieren Sie jeweils die Längen und Flächen aller Brücken und Tunnel auf.)

		Anzahl	Länge in km	Fläche in m ²
a	Brücken für den ÖPNV			
b	Tunnel für den ÖPNV*			

* Bei dieser Frage sollen explizit Informationen zu den Tunneln für den ÖPNV, z.B. U-Bahn-Tunnel oder Tunnel, die ausschließlich für den Busverkehr genutzt werden, angegeben werden. Beispielsweise sollen also für U-Bahnen keine Angaben zu Anzahl, Länge und Fläche von Hochbahnstrecken gemacht werden.

10. Wie schätzen Sie den Zustand der Brücken und Tunnel im Betriebsgebiet Ihres Verkehrsunternehmens ein? (Bitte nehmen Sie in jeder Zeile eine Aufteilung der Zustandsklassen (ZK) in der Summe auf 100 % vor. Ggf. schätzen Sie bitte die Anteile der Zustandsklassen.)

	Zustandsklasse	ZK 1: neuwertig	ZK 2: gut	ZK 3: ausreichend	ZK 4: schlecht	ZK 5: ungenügend	Summe
a	ÖPNV-Brücken (Anzahl)	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
b	ÖPNV-Brücken (addierte km)	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
c	ÖPNV-Tunnel (Anzahl)	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %
d	ÖPNV-Tunnel (addierte km)	___ %	___ %	___ %	___ %	___ %	100 %

- Zustandsklasse 1 neuwertig: Neue oder neuwertige Anlage, welche keine oder unbedeutende, substanzbasierte Abweichungen aufweist (verschleißgetriebener Schaden).
- Zustandsklasse 2 gut: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche in absehbarer Zeit keine Beeinträchtigung auf den Betrieb darstellen.
- Zustandsklasse 3 ausreichend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb potenziell beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben Folgekosten verursachen.
- Zustandsklasse 4 schlecht: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, welche den Betrieb beeinträchtigen können und/oder bei Nichtbeheben hohe Folgekosten verursachen werden.
- Zustandsklasse 5 ungenügend: Die Anlage weist substanzbasierte Abweichungen auf, die den Betrieb unmittelbar beeinflussen können und Maßnahmen zur Folge haben, um den uneingeschränkten Betrieb zu gewährleisten.

11. Welche Schäden weisen Ihre Brücken hauptsächlich auf? Mehrfachantworten sind möglich.

- Konstruktionsbedingte Schäden
- Risse
- Korrosion
- Durchfeuchtungen
- Sonstiges, und zwar: _____

12. Welche Schäden weisen Ihre Tunnel hauptsächlich auf? Mehrfachantworten sind möglich.

- Konstruktionsbedingte Schäden
- Risse
- Korrosion
- Durchfeuchtungen
- Belüftungsanlagen/Brandschutzanlagen
- Sonstiges, und zwar: _____

13. Wie hoch schätzen Sie den Investitionsbedarf im Brücken- und Tunnelbereich bis ins Jahr 2030?

ÖPNV-Brücken _____ € ÖPNV-Tunnel _____ €

E Investitionsbedarf und Finanzsituation

14. Welche Instandhaltungs- und Investitionsbedarfe sehen Sie bis in das Jahr 2030 mit Blick auf die ÖPNV-Infrastruktur Ihres Verkehrsunternehmens? Wie hoch schätzen Sie diese ein? ((Tragen Sie jeweils einen Wert für den Instandhaltungs- und

Investitionsbedarf (ohne Grunderwerb) ein - ggf. als Schätzwert. Ist kein Investitionsbedarf zu verzeichnen, tragen Sie bitte den Wert "0" ein.)

	Kategorie	Instandhaltungsbedarf in Euro*	Erneuerungsbedarf in Euro**	Erweiterungs-, Ausbau- und Erschließungsbedarf in Euro***
a	O-Bus-Strecken			
b	Busspuren			
c	Straßen-/Stadtbahnstrecken straßenbündig			
d	Straßen-/Stadtbahnstrecken eigener Bahnkörper			
e	Straßen-/Stadtbahnstrecken in Tunnellage			
f	U-Bahn-Strecken			
g	Seilbahn-Strecken			
h	Bus-, Straßen-, Stadtbahn-Haltestellen <u>ohne</u> Wartehäuschen			
i	Bus, Straßen-, Stadtbahn-Haltestellen <u>mit</u> Wartehäuschen			
j	U-Bahnhöfe und unterirdische Straßen-, Stadtbahn- Haltestellen			
k	Bus- und O-Busdepots			
l	Straßen-/Stadtbahndepots			
m	U-Bahn-Depots			
n	Oberleitung insgesamt			
o	Oberleitung unterirdisch			
p	Stromschiene			
q	Kabeltrog			
r	Kabel			
s	Signale			
t	Unterwerke			
u	Stellwerke			
v	Brücken			
w	Tunnel			
x	Andere Anlagen des ÖPNV: _____			
y	insgesamt			

- * Instandhaltungsbedarfe umfassen den laufenden Unterhalt, also nicht-investive Ausbesserungsmaßnahmen. Entsprechende Aufwendungen sind nicht beitragsfähig und müssen aus den laufenden Einnahmen gedeckt werden.
- ** Erneuerungsbedarfe umfassen z. B. einen kompletten Austausch der Gleise oder den Austausch von Straßen- und Beleuchtungsanlagen.
- *** Erweiterungs- und Ausbaubedarfe umfassen z. B. die Verbreiterung und Verlängerung von Infrastrukturabschnitten. Erschließungsbedarfe umfassen alle verkehrlichen Baumaßnahmen zur erstmaligen Erschließung neuer Wohn- und Gewerbegebiete.

F Sonstiges

15. Wie schätzen Sie Ihre aktuelle Gesamtfinanzsituation einschließlich aller Zuweisungen und Zuschüsse von den Aufgabenträgern ein?

Aktuelle Gesamtfinanzsituation ist...					
Sehr gut	Gut	Befriedigend	Ausreichend	Mangelhaft	Weiß nicht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16. Haben Sie Anmerkungen zu den von Ihnen gemachten Angaben?

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!