Entwicklung energieeffizienter Verkehrsstrukturen

- in der Regiopolregion Rostock bis 2035 -

Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH
18239 Hohen Luckow
Bützower Straße 1 a

Rostock / Hohen Luckow, 30. Juli 2023

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 4
Tabellenverzeichnis 5
Kartenverzeichnis 5
Abkürzungen 6
1. Einleitung 7
1.1 Motivation und Ziel der Untersuchung 7
1.2 Datenbasis 8
1.3 Methodische Aspekte 9
1.4 Mobilitätsbedarf und Energieeffizienz von Verkehrsstrukturen 13
2. Regiopolregion Rostock im Überblick 16
2.1 Die Regiopolregion Rostock heute 16
2.2 Die zukünftige Entwicklung der Regiopolregion Rostock 25
2.3 Die zukünftige Entwicklung des Verkehrs in der Regiopolregion Rostock 26
2.4 Aktuelle Entwicklungen von Verkehrsstrukturen 36
3. Energieeffizienz des Straßenverkehrs in der Regiopolregion Rostock 41
3.1 Übersicht über die Varianten-Szenarien-Kombinationen 41
3.2 Kurzbeschreibung des verwendeten Verkehrsmodells 46
3.3 Kurzbeschreibung der Annahmen und Modellparameter 46
3.4 Validierung des Modells 49
3.5 Ergebnisse der durchgeführten Modellanalysen 52
3.6 Schlussfolgerungen 60
4. Effizienzstrategie Personenverkehr für die Regiopolregion Rostock 62
5. Zusammenfassung 66
6. Literatur- und Quellenverzeichnis 69
Anhang 71
A.1 Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw im Bundesvergleich 72
A.2 Autonomes Fahren: Perspektiven in Deutschland 75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energieeffizienz von Pkw (oben) und Omnibussen (unten) im Vergleich 12
Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Verkehrsstruktur und Energieeffizienz 13
Abbildung 3: Entwicklung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität 20
Abbildung 4: Hauptverkehrsmittel (Modal Split) im Regionalvergleich 24
Abbildung 5: Entwicklung der Einwohnerzahl bis 2050 25
Abbildung 6: Entwicklung der Haushaltszahl bis 2050 26
Abbildung 7: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Trend“ 27
Abbildung 8: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – Szenario „Trend“ 28
Abbildung 9: Pkw-Bestands nach Antriebsarten bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität“ 29
Abbildung 10: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität+ I“ 30
Abbildung 11: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – „Szenario Alternative Mobilität+ I“ 30
Abbildung 12: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität+ II“ 31
Abbildung 13: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – „Szenario Alternative Mobilität+ II“ 32
Abbildung 14: Entwicklung der Ladeinfrastruktur 34
Abbildung 15: Vergleich der Szenarien zur Entwicklung des Pkw-Bestandes 42
Abbildung 16: Vergleich des modal split in ausgewählten Varianten 44
Abbildung 17: Durchschnittliche tägliche Weglänge je Einwohner 47
Abbildung 18: Modal split in der Vergleichsvariante 3/Szenario „Alternative Mobilität+ (II)“ 49
Abbildung 19: Pkw-Jahresfahrleistung Deutschland - Regiopolregion Rostock (Modell) im Vergleich 50
Abbildung 20: Pkw-Anteile der Regiopolregion Rostock (Modell) in Deutschland 51
Abbildung 21: Jahresfahrleistung der RSAG und modal-split-Anteil (Modell) 51
Abbildung 22: Pkw-Fahrleistung in Vergleichsvariante 3/Szenario „Alternative Mobilität+ (II)“ 54
Abbildung 23: Energieverbrauch in den Varianten-Szenarien-Kombinationen 56
Abbildung 24: Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw 72
Abbildung 25: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerzahl 73
Abbildung 26: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerzahl (reduziert) 74
Abbildung 27: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerdichte (reduziert) 74

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Emissionsvergleich von Verkehrsmitteln im Personenverkehr in Deutschland 2021 11
Tabelle 2: Parameter und Merkmale im Tätigkeitsbereich Verkehr 14
Tabelle 3: Kennzahlen zur Verkehrsstruktur in der Regiopolregion Rostock am 31.12.2020 22
Tabelle 4: Übersicht über die Varianten-Szenarien-Kombinationen 45
Tabelle 5: Modal split des Personenverkehrs auf der Straße in der Regiopolregion Rostock 48
Tabelle 6: Modellergebnisse – Pkw-Jahresfahrleistungen (gerundet) 53
Tabelle 7: Modellergebnisse – Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen (gerundet) 55
Tabelle 8: Modellergebnisse – Zusätzlicher Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen (gerundet) 58
Tabelle 9: Stufen der Automatisierung nach SAE J3016 75

Kartenverzeichnis

Karte 1: Zentrale-Orte-System und Verkehrsnetze 2021 17
Karte 2: Einwohnerdichte und Verkehrsnetze 2021 17
Karte 3: Siedlungsflächen und Verkehrsnetze 2021 18
Karte 4: Stadt- und Gemeindetypen (BBSR) und Verkehrsnetze 2021 19
Karte 5: Verkehrsnetze und -infrastrukturen 2021 21

Abkürzungen

AFID - Richtlinie der EU über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (Alternative Fuels Infrastructure Directive),
BASt, - Bundesanstalt für Straßenverkehr,
BEMU - Batteriezug (Battery Electric Multiple Unit),
BEV - Batteriefahrzeug (Battery Electric Vehicle),
BrstZ - Brennstoffzelle,
CBTC - Kommunikationsbasierte Zugsteuerung (Communication-Based Train Control),
CVD - Saubere-Fahrzeuge-Richtlinie der Europäischen Union (Clean Vehicles Directive),
DME - Dimethylether (Oxymethylenether),
EW - Einwohner,
EWZ - Einwohnerzahl,
FCEV - Brennstoffzellenfahrzeug (fuel cell electric vehicle),
HEV - Hybridfahrzeug (hybrid electric vehicle),
HPC - Schnellladen (High Power Charging),
KBA - Kraftfahrt-Bundesamt mit Sitz in Flensburg,
LIS - Ladeinfrastruktur,
MIV - motorisierter Individualverkehr,
MKS - Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie,
öDA - öffentlicher Dienstleistungsauftrag,
ÖPNV - Öffentlicher Personennahverkehr,
PHEV - Plug-in-Hybridfahrzeug (plug-in hybrid electric vehicle),
RPV - Regionaler Planungsverband,
RREP - Regionales Raumentwicklungsprogramm,
SPNV - Schienenpersonennahverkehr,
SUR - Stadt-Umland-Raum,
VDV - Verband Deutscher Verkehrsunternehmen

Regionalkürzel
HRO - Hansestadt Rostock,
LRO - Landkreis Rostock,
RR - Region Rostock,
RRR - Regiopolregion Rostock

rebus - rebus Regionalbus Rostock GmbH
RSAG - Rostocker Straßenbahn AG,
VVW - Verkehrsverbund Warnow

1. Einleitung

Der Endenergieverbrauch des Verkehrssektors hatte in Deutschland in den letzten Jahren einen Anteil von ca. 30 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch. Zudem werden seit vielen Jahren bei der Minderung auch der CO_2-Emissionen des Verkehrssektors kaum Fortschritte erzielt. Dies ist ein wesentlicher Grund dafür, dass die deutschen Klimaziele für 2020 verfehlt wurden. Im Jahr 2021 wurden die Emissionsziele des Verkehrssektors um ca. 3 Mio. t CO_2 überschritten[1]. Auch für die Klimaschutzziele 2030 bildet der Verkehrssektor eine der größten Herausforderungen.

Dies gilt sinngemäß auch für die Regiopolregion Rostock. Insbesondere wächst sowohl in der Regiopole als auch in ihrem Verflechtungsraum der Bestand an privaten und gewerblichen Pkw Jahr für Jahr mehr oder weniger kontinuierlich an. Zwar steigt allmählich auch der Anteil batterieelektrisch angetriebener Pkw, jedoch lag deren Anteil am Jahresende 2021 immer noch unter der 1-Prozent-Marke. Dies bedeutet, dass der Bestand insbesondere durch mit fossilen Kraftstoffen angetriebene Pkw wächst, obwohl der Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen in der Zukunft deutlich sinken müssen.

Gleichzeitig haben sich die ÖPNV-Angebote sowohl in der Regiopole als auch in ihrem Verflechtungsraum hinsichtlich der Linienzahlen, der Linienlängen oder der Platzkapazitäten von Straßenbahn und Omnibus kaum vergrößert. Auch die Zahl der beförderten Personen stagniert bzw. war zuletzt bedingt durch die COVID-19-Pandemie sogar rückläufig. Ebenso wächst der Güterverkehr, was sich beispielsweise am Lkw-Bestand oder an den Umschlagzahlen von Rostock Port ablesen lässt.

Die angesprochenen Entwicklungen des Verkehrs werden sich in der Regiopolregion Rostock voraussichtlich auch in den nächsten Jahren fortsetzen. Es ist deshalb auch aus der regionalplanerischen Perspektive notwendig, über die Flächenvorsorge hinaus Möglichkeiten zu suchen und zu nutzen, um die Entwicklung des Verkehrs so zu steuern, dass der Flächen- und der Energieverbrauch sowie die damit verbundenen CO_2-Emissionen minimiert werden. Die in dem vorliegenden Bericht durchgeführten Untersuchungen sollen dazu beitragen.

1.1 Motivation und Ziel der Untersuchung

In dem Bundesprojekt „Regiopolen und Regiopolregionen für Deutschland“ soll durch die kooperative Projektarbeit der acht Netzwerkpartner des Deutschen RegioPole-Netzwerks die Sichtbarkeit gesellschaftlicher, kultureller, ökonomischer und technologischer Entwicklungspotentiale erhöht werden, die von den Regiopolen insbesondere in der Zusammenarbeit mit ihrem jeweiligen Verflechtungsraum ausgehen.

Die am Bundesprojekt teilnehmende Regiopolregion Rostock setzt sich mit dem Regiopole-Konzept sowie mit dessen praktischer Umsetzung speziell im Kooperationsfeld Energie auseinander. Ziel der Regiopole Rostock ist dabei zum einen die Entwicklung von strukturpolitischen Leitprojekten im Infrastrukturbereich Energie und deren Umsetzung innerhalb oder nach Abschluss des Modellvorhabens. Zum anderen zielt das Projekt auf eine dauerhafte Institutionalisierung von „Regiopole“ in projekt- und umsetzungsorientierten Stadt-Umland-Kooperationen, welche über diese Leitprojekte der Infrastrukturentwicklung sowie darüber hinaus entstehen sollen. Projektergebnisse liegen bislang aus den folgenden Untersuchungen vor:

- Modul 1 - Bestandsaufnahme der Energieinfrastrukturen /*1*/,
- Modul 2 - Vorausschätzung der Auswirkungen, welche die heute absehbaren kurz-, mittel- und langfristigen zentralen Entwicklungen auf die Infrastrukturangebote haben werden /*2*/ und
- Modul 3 - Vorbereitung und Durchführung von Ziele-Workshops mit kommunalpolitischen Entscheidungsträgern, Institutionen und weiteren Akteuren in der Regiopolregion.

Die Projektergebnisse zeigen, dass sich der Verflechtungsbereich des Oberzentrums Rostock in den vorhandenen Strukturen der Energieversorgung nicht abbildet. Zugleich kann festgehalten werden, dass die Regiopole und die Regiopolregion Rostock im Sinne des Zentrale-Orte-Konzepts im Infrastrukturbereich

[1] Quelle: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2022/051-wissing-sofortprogramm-zur-einhaltung-der-klimaziele-im-verkehrssektor.html.

Energie flächendeckende Versorgungsfunktionen nicht nur für die gesamte Regiopolregion gewährleistet, sondern diese auch darüber hinaus, also überregional erfüllt.

Perspektivisch müssen in der Regiopolregion Rostock die Energieeffizienz deutlich gesteigert und die Energieversorgung auf dezentrale Erneuerbare Energien umgestellt werden. Durch diese Regionalisierung wird die Regiopolregion Rostock zu einem Versorgungsraum, in dem sich Infrastrukturen sinnvoll planen und Energieströme bilanzieren lassen.

Die hier durchgeführten Untersuchungen sind Bestandteil von Modul 4 des Bundesprojekts „Regiopolen und Regiopolregionen für Deutschland". Sie zielen auf eine energieeffiziente Siedlungs- und Verkehrsentwicklung in der Regiopolregion Rostock und damit auf die beiden Sektoren, welche anteilig den höchsten Energieverbrauch in der Region haben. Um die Erreichung der gesetzten Energieeinsparungsziele gewährleisten zu können, wurde eine Effizienzstrategie mit quantitativen Zielgrößen und mit konkreten Handlungsempfehlungen untersetzt, die in verbindliche regionalplanerische Vorschriften umsetzbar sind. Dadurch soll zugleich verhindert werden, dass zukünftig Strukturen entstehen, die nur mit unverhältnismäßig hohem Energie- und Transportaufwand zu unterhalten und zu nutzen sind. Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse können eine konkrete Umsetzungsplanung aufgebaut und projektbezogene Förderanträge entwickelt werden. Der vorliegende Bericht beschreibt die durchgeführten Untersuchungen und deren Ergebnisse im Hinblick auf eine energieeffiziente Verkehrsentwicklung. Die Untersuchungsergebnisse zur energieeffizienten Siedlungsentwicklung in der Regiopolregion Rostock werden in einem gesonderten Bericht beschrieben /4/.

Nicht zuletzt bestehen zwischen dem vorliegenden Bericht und den Bericht zur energieeffizienten Siedlungsentwicklung enge Bezüge zu den Regionalen Energiekonzept der Region Rostock /5/. Beispielsweise entspricht eines der hier betrachteten Verkehrs-Szenarien jenem, welches auch dem Energiekonzept zugrunde liegt. Da das hier betrachtete Gebiet gegenüber dem Energiekonzept lediglich um den Mittelbereich Ribnitz-Damgarten erweitert ist, können die in diesem Bericht beschriebenen Ergebnisse auch auf die Region Rostock bezogen werden.

1.2 Datenbasis

Die Datenbasis für die vorliegenden Untersuchungen bildeten im Wesentlichen solche Daten, welche die amtliche bzw. behördliche Statistik sowie Unternehmensberichte der im ÖPNV in der Region aktiven Unternehmen bereitstellen:

- Daten des Kraftfahrt-Bundesamtes in Flensburg zu den Beständen zu den Neuzulassungen von Kraftfahrzeugen nach Zulassungsbezirken bzw. Gemeinden insgesamt und nach alternativen Antrieben, zum Verkehr in Kilometern (VK - zuletzt Zeitreihe Jahre 2014 - 2021 /6/),
- Daten des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern besonders zur Bevölkerung, zur Flächennutzung, zum Verkehr und zur Verkehrsinfrastruktur (Straßenlängen),
- Berichte der Regiopole Rostock und der Landkreise Rostock und Vorpommern-Rügen (für den Mittelzentrumsbereich Ribnitz-Damgarten),
- Daten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur zum Verkehr (Verkehr in Zahlen, verschiedene Jahrgänge, zuletzt /6/), der Bundesanstalt für Straßenverkehr[2] (BASt - Längenstatistik der Straßen des überörtlichen Verkehrs) und der Bundesnetzagentur (BNetzA - Öffentliche Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität[3],
- Daten und Studien zur Entwicklung des Verkehrs und der Mobilität in Deutschland und in Mecklenburg-Vorpommern, beispielsweise
  - Mobilität in Deutschland (MiD) des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr[4],

[2] Homepage: https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Statistik/statistik-node.html.

[3] Ladeinfrastruktur gemäß der Verordnung über technische Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für elektrisch betriebene Fahrzeuge (Ladesäulenverordnung - LSV).

[4] Homepage: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/.

  - ÖV-Atlas Deutschland 2022 von Agora Verkehrswende[5],
  - Fahrleistungen, Verkehrsleistung und "Modal Split" des Umweltbundesamtes[6],
  - Statistiken des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen[7],
  - weitere */8/*, */9/*, */10/*.
- Daten zum Energieverbrauch und zu den Treibhausgasemissionen des Verkehrs in Deutschland und in Mecklenburg-Vorpommern (Energieberichte und -bilanzen des Bundes und des Landes)[8].

1.3 Methodische Aspekte

Inhaltliche Abgrenzung

Der Sektor Verkehr in der Regiopolregion Rostock setzt sich aus den Teilsektoren Straßenverkehr, Schienenverkehr, Luftverkehr und Schifffahrt zusammen. Diese Teilsektoren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Regionalplanung und Regionalentwicklung. Die vorliegenden Untersuchungen konzentriert sich daher besonders auf den Teilsektor, der im Zusammenhang mit der Energieeffizienz von Siedlungsstrukturen steht, also auf den Straßenverkehr[9]. In beiden Teilsektoren wird ein Teil des Mobilitätsbedarfs der Bevölkerung durch den ÖPNV auf der Straße und auf der Schiene gedeckt. Im Teilsektor Straßenverkehr ist jedoch insbesondere der Motorisierte Individualverkehr (MIV) bedeutsam und daher ein wesentlicher Untersuchungsgegenstand. Der Güterverkehr bleibt dagegen weitestgehend unberücksichtigt. Dies begründet sich zum einen dadurch, dass er neben den Siedlungsstrukturen beispielsweise auch durch Gewerbestandorte bestimmt wird. Zum anderen entfällt ein Teil des Güterverkehrs auf solche Güter, welche aufgrund der volkswirtschaftlichen Arbeitsteilung zwischen anderen Regionen und der Regiopolregion Rostock ausgetauscht bzw. durch diese durchgeleitet werden. Dieser Teil des Güterverkehrs übersteigt insoweit die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes (dies betrifft beispielsweise einen erheblichen Teil der im Überseehafen Rostock umgeschlagenen Güter).

Räumliche Abgrenzung

Die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich auf die Regiopolregion Rostock. Sie setzt sich aus der Regiopole Rostock sowie aus ihrem Verflechtungsraum zusammen, der seinerseits aus dem Landkreis Rostock und aus dem Mittelzentrumsbereich Ribnitz-Damgarten besteht (Abschnitt 2). Einige der im Folgenden beschriebenen Zusammenhänge und Entwicklungen wurden anhand von stadt- bzw. landkreisbezogenen Daten analysiert. Da der Mittelzentrumsbereich Ribnitz-Damgarten keinen Landkreis bildet, wurden die diesbezüglichen Daten jeweils als Summen über die Gemeindedaten der Gemeinden ermittelt, die den Mittelzentrumsbereich bilden. Demgegenüber wurden andere Aspekte wie die Entwicklung der Einwohnerzahlen und die daraus abgeleiteten Wohnungsbedarfe generell auf der Gemeindeebene untersucht. Erst danach wurden die Ergebnisse auf die Ebene der drei Teilgebiete bzw. auf die Ebene der Regiopole und ihres Verflechtungsraums aggregiert (im Folgenden werden nur die Ergebnisse für die beiden zuletzt genannten Teilgebiete beschrieben).

Zeitliche Abgrenzung

Der Zeithorizont der vorliegenden Untersuchungen reicht von 2010 über das Basisjahr 2020 (Datenstand der amtlichen Statistik zu Wohngebäuden) bis zum Jahr 2035 bzw. 2050. Dabei ist das Jahr 2035 von besonderer Bedeutung, da sich die (Regiopol-)Region Rostock das Ziel gesetzt hat, bis zu diesem Jahr CO_2-

5 Homepage: https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/oev-atlas-deutschland/.
6 Homepage: https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr.
7 Homepage: https://www.vdv.de/statistik-jahresbericht.aspx.
8 Homepages: https://ag-energiebilanzen.de/, https://www.lak-energiebilanzen.de/, https://www.regierung-mv.de/Publikationen/?id=26914&processor=veroeff, https://www.regierung-mv.de/Publikationen/?id=26916&processor=veroeff.
9 Für den Schienenpersonennahverkehr liegt in der Region Rostock eine eigenständige Untersuchung vor, welche die S-Bahn Region Rostock 2050 betrachtet */11/*.

Neutralität zu erreichen[10]. Allerdings handelt es sich bei Wohngebäuden um sehr langlebige Objekte, weshalb in bestimmten Zusammenhängen das Jahr 2050 als Zeithorizont betrachtet wird.

Begriffliche Abgrenzung - Verkehrsstrukturen

Mit dem Begriff der Verkehrsstrukturen kann zum einen die Untergliederung des Verkehrssektors in die Teilsektoren Schienen-, Straßen-, Luft- und Schiffsverkehr (See- und Binnenschifffahrt) erfasst werden. Dabei können die Teilsektoren beispielsweise im Hinblick auf ihre Verkehrsleistungen wie Personen- bzw. Güterverkehr durch geeignete Kennzahlen beschrieben werden. Diese Kennzahlen geben besonders die Anzahl der beförderten Personen bzw. die Menge der transportierten Güter und die dabei zurückgelegten Entfernungen je Zeiteinheit in Personenkilometern bzw. Tonnenkilometern je Jahr an. Im Personenverkehr werden des Weiteren verschiedene Modi unterschieden, zu denen insbesondere der nichtmotorisierte Verkehr (zu Fuß, Fahrrad), der motorisierte Individualverkehr (MIV) und der öffentliche Verkehr (ÖV) zählen. Diese Modi können beim ÖV weiter aufgegliedert werden, beispielsweise in den öffentlichen Nah- und Fernverkehr oder in den Straßen- bzw. schienengebundenen Verkehr. Eine weitere strukturelle Unterteilung des Personenverkehrs kann nach den Wegzwecken unter anderem in Berufsverkehr, Ausbildungsverkehr, Einkaufsverkehr, Erledigungsverkehr, Bringen/Holen (von Familienangehörigen) und Freizeitverkehr erfolgen, die wesentlich von den Siedlungsstrukturen bestimmt werden. In ähnlicher Weise kann auch der Güterverkehr strukturiert werden, wobei im Allgemeinen der gewerbliche Güterverkehr vom Werksverkehr unterschieden wird. Typische Wegzwecke sind hier die Rohstoffgewinnung, die Erzeugung, Verarbeitung, Lagerung, Verteilung, Verkauf, Konsum/Nutzung sowie die Entsorgung von Materialien und Produkten, welche neben den Siedlungsstrukturen besonders auch durch die regionalen Wirtschaftsstrukturen bestimmt werden.

Zum anderen können mit dem Begriff der Verkehrsstrukturen auch die zugehörigen Infrastrukturen beschrieben werden, also die technisch-baulichen Anlagen wie die Verkehrsnetze (Verkehrswege Straße und Schiene usw.), Park- bzw. Abstellplätze, Haltestellen, Verknüpfungs- und Umschlagspunkte, Betriebsanlagen und Steuerungseinrichtungen. Im Hinblick auf den Energiebedarf des Verkehrs sind außerdem solche Infrastrukturen wie elektrifizierte Verkehrswege Straße (Straßenbahn, Oberleitungsbus) und Schiene, betriebliche und öffentliche Tankstellen sowie im Hinblick auf die Elektromobilität private und öffentliche Ladeinfrastrukturen bedeutsam. In einem erweiterten Sinne können besonders auch die in den einzelnen Teilsektoren des Verkehrs verfügbaren Verkehrsmittel als Infrastruktur betrachtet werden. Im motorisierten Individualverkehr ist dementsprechend für die Zahl der Fahrzeuge der Motorisierungsgrad eine wichtige Größe, welche die Anzahl der Pkw je 1.000 Einwohner als Verhältnis der Anzahl der amtlich angemeldeten Personenkraftwagen zur Einwohnerzahl angibt */16/*, S. 6 ff.

Im Hinblick auf die Energieeffizienz und auf die Klimarelevanz können Verkehrsstrukturen durch ihren jeweiligen Energieverbrauch bzw. durch ihre Treibhausgasemissionen beschrieben werden. Diese können sowohl absolut als auch spezifisch, also beispielsweise auf die Beförderungs- bzw. Transportleistung bezogen angegeben werden, wobei eine weitere Strukturierung nach Energieträgern wie Kraftstoffen oder Strom erfolgen kann.

Da Mobilität und Verkehr auf die Überwindung von Entfernungen gerichtet und an Infrastrukturen gebunden sind, welche räumlich ausgedehnt sind und einen jeweils spezifischen Flächenbedarf aufweisen, ergeben sich zwischen der räumlichen Struktur einer Region und dem Verkehr vielfältige Wechselwirkungen, die nicht nur mit regionalen Verkehrsstrategien, sondern auch durch die Regionalplanung zielgerichtet entwickelt werden müssen. Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass der Verkehrssektor Bestandteil der Daseinsvorsorge ist und der Versorgung mit unentbehrlichen Gütern und Dienstleistungen dient. Er zählt deshalb zu den Kritischen Infrastrukturen (KRITIS), welche die Grundlage für das Funktionieren der Gesellschaft bilden.

[10] In der Regiopole Rostock wurde 2020 ein Klimaschutzziel beschlossen, dem gemäß die Regiopole spätestens 2035 klimaneutral sein soll. Mit dem Regionalen Energiekonzept der Region Rostock/Entwurf /5/ wird die Erweiterung dieses Klimaschutzziels auf die Region Rostock insgesamt und damit für den weitaus größten Teil der Regiopolregion Rostock vorgeschlagen. In diesem Zusammenhang ist zudem zu prüfen, ob dieses Klimaschutzziel auf die Regiopolregion Rostock ausgedehnt und somit auch der Mittelbereich Ribnitz-Damgarten einbezogen werden kann.

Energieeffizienz und spezifische Emissionen von Verkehrsstrukturen

Gemäß den zuvor beschriebenen Verkehrsstrukturen lassen sich die Energieeffizienz und die Treibhausgasemissionen auf unterschiedlichen Ebenen ermitteln. Werden der Energieverbrauch bzw. die Emissionen auf die jeweilige Transportleistung bezogen, kann das einzelne Fahrzeug, ein Teilsektor des Verkehrs oder eine bestimmte Region betrachtet werden (Energieeinheiten bzw. Emissionen je Personenkilometer).

Bereits auf der Ebene des einzelnen Kraftfahrzeugs sind die Unterschiede in der Energieeffizienz erheblich und zum einen durch die Art des Fahrzeugs (Beförderungskapazität) und zum anderen durch die Art des Antriebs bedingt, wie Abbildung *1* beispielhaft für Pkw und Omnibusse zeigt. Bezieht man den spezifischen Energieverbrauch auf den einzelnen Sitzplatz, ist der Omnibus allen Pkw-Größenklassen mit Ausnahme des Kleinwagens überlegen. Außerdem weisen Kraftfahrzeuge mit alternativen Antrieben durchweg geringe spezifische Energieverbrauchswerte auf als Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren.

Entsprechend solchen Unterschieden in der Energieeffizienz von Verkehrsmitteln und den von ihnen jeweils genutzten (fossilen) Energieträgern unterscheiden sich auch ihre Emissionen. In Tabelle *1* werden verschiedene Personenverkehrsmittel hinsichtlich ihrer spezifischen Emissionen miteinander verglichen. Diese sind in Gramm pro Personenkilometer angegeben und schließen die Emissionen aus der Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin. Diesel, Flüssig- und Erdgas sowie Kerosin ein.

Tabelle 1: Emissionsvergleich von Verkehrsmitteln im Personenverkehr in Deutschland 2021[11]

Verkehrsmittel	**Treibhausgase**[1]	**Stickoxide**	**Partikel**[4]	**Auslastung**	
	g/Pkm	**g/Pkm**	**g/Pkm**		
1	2	3	4	5	
Pkw	162	0,35	0,016	1,4	Pers./Pkw
Flugzeug, Inland	271[2]	1,15	0,014	51	%
Eisenbahn, Fernverkehr	46[3]	0,06	0,002	31	%
Linienbus, Fernverkehr[6]	37	0,04	0,003	42	%
Sonstiger Busverkehr[5, 6]	42	0,12	0,005	49	%
Eisenbahn, Nahverkehr	93	0,32	0,009	15	%
Linienbus, Nahverkehr[6]	108	0,33	0,012	14	%
Straßen-, Stadt- und U-Bahn	80	0,08	0,004	11	%

[1] CO_2, CH_4 und N_2O angegeben in CO_2-Äquivalenten.

[2] Inklusive Nicht·CO_2-Effekte.

[3] Die Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf dem Strom-Mix in Deutschland. Auf unternehmens-·oder sektorbezogenen Strombezügen basierende Emissionsfaktoren können daher abweichen.

[4] Ohne Abrieb von Reifen. Straßenbelag, Bremsen, Oberleitungen.

[5] Reisebusse im Gelegenheitsverkehr wie Gruppen- und Tagesfahrten und sonstige (nicht gewerbliche) Busverkehre wie Werkverkehre bzw. Fahrservice.

[6] Vorläufige Werte.

[11] Quelle: https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr_tabelle.

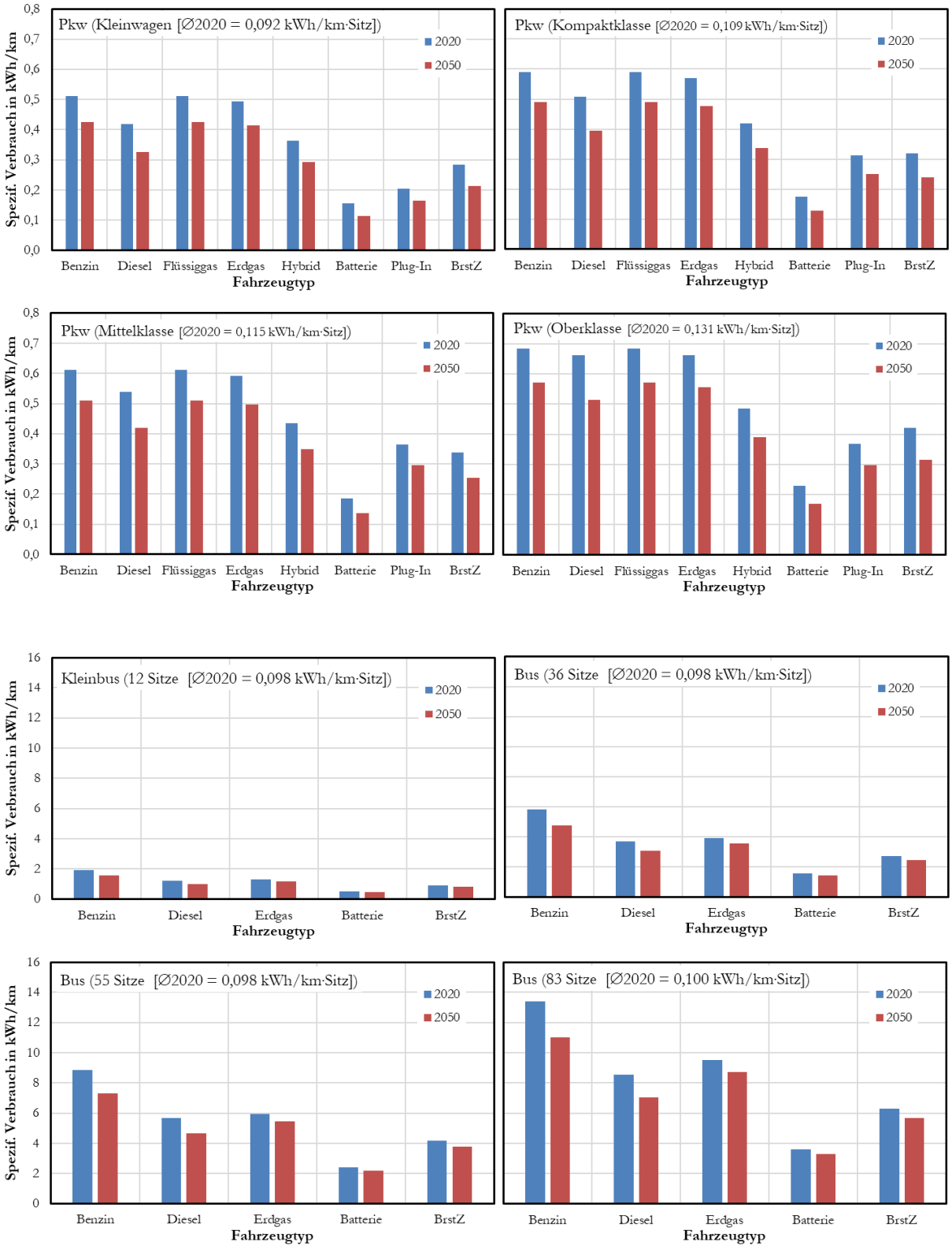


Abbildung 1: Energieeffizienz von Pkw (oben) und Omnibussen (unten) im Vergleich[12]

12 Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: /17/.

1.4 Mobilitätsbedarf und Energieeffizienz von Verkehrsstrukturen

Die in Siedlungen realisierten Tätigkeiten von Menschen lassen sich den drei Bereichen Wohnen, Arbeiten und Sonstiges zuordnen, Abbildung *2*. Die Orte, an denen die genannten Tätigkeiten durchgeführt werden, sind im Allgemeinen auf verschiedene, mehr weniger weit voneinander entfernte Standorte verteilt. Die Abfolge der Tätigkeiten bzw. der Wechsel zwischen den Tätigkeiten in diesen Bereichen erfordert daher im Allgemeinen Ortsveränderungen, die in ihrer Häufigkeit und in den dabei zurückzulegenden Entfernungen den Mobilitätsbedarf bestimmen.

Die Deckung dieses Mobilitätsbedarfs ist mit einem Verbrauch von Fläche, Energie und anderen Ressourcen verbunden (beispielsweise Material, Energieanlagen, Fahrzeuge). Sofern dieser Energieverbrauch ganz oder teilweise durch fossile Energieträger gedeckt wird, entstehen dabei außerdem Treibhausgasemissionen. Die Höhe des jeweiligen Energieverbrauchs wird durch eine Vielzahl von Merkmalen bestimmt, von denen die wichtigsten in Abbildung *2* für die einzelnen Tätigkeitsbereiche genannt sind. Diese Merkmale lassen sich durch weitere Parameter operationalisieren, die unmittelbar auf die **Gestaltungsmöglichkeiten von Verkehrsstrukturen im Hinblick auf ihre Energieeffizienz** verweisen. Die genannten Merkmale gelten prinzipiell sowohl auf der Ebene von Regionen, von Gemeinden oder Siedlungen als auch auf der Ebene von Bevölkerungsgruppen bzw. auf der individuellen Ebene des einzelnen Privathaushalts oder Unternehmens.

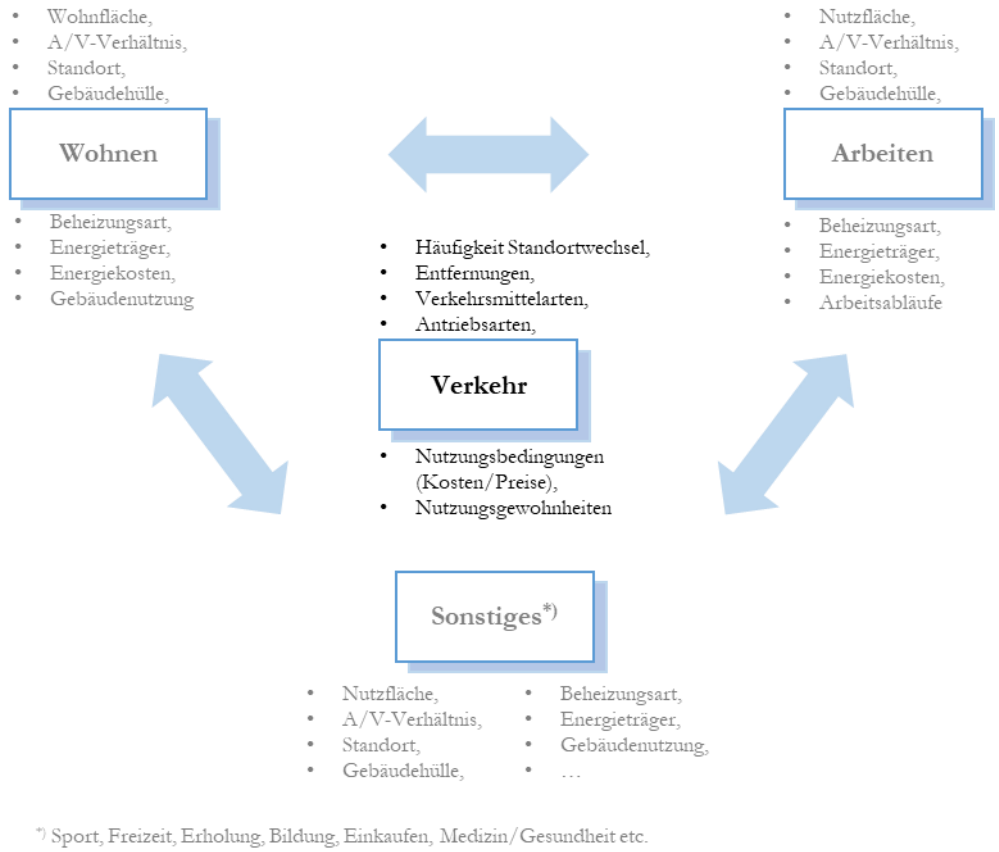


Abbildung 2: Zusammenhänge zwischen Verkehrsstruktur und Energieeffizienz[13]

In Tabelle *2* sind die Merkmale und Parameter für den Tätigkeitsbereich Verkehr zusammengestellt. Die Tabelle enthält in der linken Spalte die Merkmale, die bereits in Abbildung *2* genannt sind. Diese werden in der rechten Tabellenspalte durch Parameter untersetzt. Bei der Durchsicht dieser Merkmale und Parameter zeigt sich, dass diese in der Planungs- bzw. Gestaltungsphase nur teilweise für eine energieeffiziente Gestaltung von Verkehrsstrukturen verfügbar sind. Ein anderer Teil der Merkmale und Parameter kann

[13] Quelle: Eigene Darstellung.

nur noch in der Nutzungsphase, das heißt in einer bereits realisierten Verkehrsstruktur beeinflusst werden. In dieser Nutzungsphase sind die Nutzer bzw. Betreiber der Verkehrsmittel und der zugehörigen Infrastrukturen für deren Energieeffizienz verantwortlich. Die dabei bestehenden Einflussmöglichkeiten sind allerdings deutlich geringer als die Energieeffizienzpotenziale, die im Vorfeld durch die Planung und Gestaltung von Verkehrsstrukturen erschließbar sind.

Tabelle 2: Parameter und Merkmale im Tätigkeitsbereich Verkehr

Merkmal	Parameter
1	2
Mobilitätsbedarf	• Verteilung von Tätigkeiten auf verschiedene Standorte, • Häufigkeit erforderlicher Standortwechsel, • Entfernungen zwischen den Standorten, • Angebot (Kapazität) von Mobilitätsdienstleistungen (z. B. Lieferdienste)
Verkehrsmittelarten und ihre Auslastung	• Anteile nicht motorisierter Verkehre (Erreichbarkeit - zu Fuß, per Fahrrad oder Elektroroller), • Anteile motorisierter Individualverkehre (Pkw, Kraftrad), • Anteile straßen- bzw. schienengebundener ÖPNV, • Auslastung der Verkehrsmittel
Antriebsarten der Verkehrsmittel	• Anteile konventioneller Antriebe (Verbrennungsmotoren Diesel/Otto), • Anteile alternative Antriebe (Elektro-/Wasserstoffmobilität, erneuerbare Kraftstoffe (Biomethan, eGas, eFuels)
Energieträger	• Arten und Anteile fossiler und erneuerbarer Energieträger (Kraftstoffe, Strom etc.)
Energiekosten	• Energiepreise und -tarife (z. B. ÖPNV-Tarife)
Nutzung	• Konzepte wie Carsharing, • ÖPNV-Attraktivität

Zu diesen Parametern zählen insbesondere jene, die den Mobilitätsbedarf bestimmen, also die Standorte, die Häufigkeiten, mit denen diese Standorte aufgesucht werden (erforderliche Standortwechsel) sowie die dabei zurückzulegenden Entfernungen. Sie können beispielsweise durch solche Konzepte wie die „Stadt der kurzen Wege“ oder die Durchmischung von Siedlungs- bzw. Wohngebieten mit verschiedenen Nutzungszwecken (Wohnen, Arbeiten, Einkaufen etc.) beeinflusst werden. Dabei muss die Planung und Gestaltung von Verkehrsstrukturen die bereits bestehenden Strukturen berücksichtigen. Beispielsweise müssen neue verkehrs- und mobilitätsbezogene Maßnahmen in die bereits vorhandenen Verkehrsnetze eingebunden bzw. angeschlossen werden. Diese wiederum werden ihrerseits durch die Entwicklung der Siedlungsstrukturen und der regionalen Wirtschaftsstrukturen beeinflusst, wodurch sich vielfältige Pfadabhängigkeiten und Restriktionen ergeben.

Weitere wichtige Parameter definieren die zur Deckung des Mobilitätsbedarfs einsetzbaren bzw. eingesetzten Arten der Verkehrsmittel, ihre Antriebsstrukturen und ihre Auslastung. Die diesbezüglichen Entscheidungen werden bereits weitestgehend durch die Verkehrsunternehmen und durch die Verkehrsteilnehmer getroffen, beispielsweise im Bereich der Logistik durch die Wirtschaft und im Bereich der Mobilität durch die Bevölkerung. Die Relationen zwischen den Kosten und Preisen für bestimmte Energieträger beeinflussen die Verkehrsmittelwahl sowohl in der Beschaffung als auch in der Nutzung von Fahrzeugen oder ÖPNV-Angeboten. Darüber hinaus können die Energiepreise und Tarifstrukturen zukünftig in der Nutzungsphase den Energieverbrauch in seiner Höhe (kostenbewussteres Verbrauchsverhalten aufgrund steigender Energiepreise) und in seiner zeitlichen Struktur (netzdienliches Verhalten bzw. Flexibilität des Stromverbrauchs für die Elektromobilität) stärker beeinflussen. Außerdem können beispielsweise durch die rechtzeitige Planung und den Aufbau einer bedarfsgerechten Lade- oder Wasserstoffinfrastruktur Entscheidungen bei der Fahrzeugbeschaffung zugunsten der Elektro- bzw. Wasserstoffmobilität unterstützt

werden. Dies ist zunächst eine Aufgabe beispielsweise der Energieversorgungsunternehmen. Mit zunehmender Verbreitung der Elektromobilität können jedoch Erweiterungen der Netzinfrastruktur erforderlich werden, die dann gegebenenfalls auch die Raum- bzw. Regionalplanung betreffen. Da sowohl bei Pkw als auch bei Nutzfahrzeugen wie Omnibussen oder Lastkraftwagen ein enger Zusammenhang zwischen den zurückzulegenden Entfernungen und den Reichweiten von Elektrofahrzeugen besteht und zudem größere Ladeeinrichtungen auf leistungsfähige Netzanbindungen angewiesen sind, könnte der Standortwahl von Wohngebieten, von Betriebshöfen oder von Gewerbegebieten zukünftig eine steigende Bedeutung zukommen. In der Nutzungsphase haben die Nutzer bzw. Teilnehmer des Verkehrs nur noch einen relativ geringen Einfluss auf den Energieverbrauch und auf die Energieeffizienz. Allenfalls kann die Energieeffizienz beispielsweise im ÖPNV mit Omnibussen oder im MIV noch durch eine möglichst günstige Routenwahl oder durch einen energiesparenden und damit auch kostenbewussten Fahrstil beeinflusst werden.

Die angesprochenen Aspekte können die Thematik der Energieeffizienz von Verkehrsstrukturen nur beispielhaft verdeutlichen, da diese Thematik schon aufgrund der Vielfalt der Mobilitäts- bzw. Transportzwecke sowie der dabei eingesetzten Verkehrsmittel und Energieträger sehr komplex ist.

2. Regiopolregion Rostock im Überblick

In diesem Abschnitt wird die Regiopolregion Rostock im Hinblick auf die vorhandenen Siedlungsstrukturen näher beschrieben. Diese Beschreibung bezieht sich zum einen auf den status quo (Abschnitt 2.1) und zum anderen auf die zukünftige Entwicklung der Regiopolregion Rostock, soweit sie für die Siedlungsentwicklung bedeutsam ist (Abschnitt 2.2). Abschließend werden einige Entwicklungen skizziert, welche besonders die aktuellen Planungen für die Siedlungsentwicklung in der Regiopole Rostock bzw. in ihrem Verflechtungsraum betreffen (Abschnitt 2.3).

2.1 Die Regiopolregion Rostock heute

Die Regiopolregion Rostock[14] wird durch die Hanse- und Universitätsstadt Rostock als Regiopole bzw. Kernstadt sowie durch ihren Verflechtungsraum gebildet, welcher aus dem Landkreis Rostock und dem Mittelzentrumsbereich Ribnitz-Damgarten im Landkreis Vorpommern-Rügen besteht. Die Region hat eine Fläche von 4.282 km², auf der am 31. Dezember 2021 459.575 Einwohner in ca. 241 Tsd. Privathaushalten lebten. Davon waren 120 Tsd. Privathaushalte in der Regiopole Rostock angesiedelt. Das heißt, nahezu genau eine Hälfte aller Privathaushalte lebte in der Regiopole und die andere Hälfte im Verflechtungsraum der Region.

Insgesamt umfasst die Regiopolregion 131 Gemeinden. Darunter sind 17 Städte, unter denen die Regiopole Rostock mit 210 Tsd. Einwohnern und einer Gebietsfläche von 181 km² die größte Stadt und zugleich das einzige Oberzentrum ist. Die vier in der Region vorhandenen Mittelzentren sind die Städte Güstrow, Bad Doberan, Teterow und Ribnitz-Damgarten. Hinzu kommen 16 Grundzentren, womit die Regiopolregion in insgesamt 21 Nahbereiche gegliedert ist, Karte *1*. Die Karte stellt durch das eingetragene Schienen-, Autobahn- und Hauptstraßennetz eine Verbindung zu den Themenfeldern Verkehr und Mobilität her: Das Schienennetz verbindet vor allem das Oberzentrum, die Regiopole Rostock, mit den Mittelzentren in der Region und darüber hinaus diese mit den Nachbarregionen bzw. den benachbarten Metropolen Hamburg und Berlin[15]. Die gleiche Funktion erfüllt das Autobahnnetz, welches aus den beiden Autobahnen A 19 (Rostock-Berlin) und A 20 (Lübeck-Rostock-Greifswald-Brandenburg) besteht. Sie durchqueren die Region in der Nord-Süd-Richtung (A 19) und in der West- Ost-Richtung (A 20). Das Hauptstraßennetz ist demgegenüber deutlich dichter. Es verbindet nicht nur das Oberzentrum und die Mittelzentren, sondern auch die Grundzentren miteinander. Dieses Hauptstraßennetz bildet näherungsweise auch das Liniennetz des Omnibus-ÖPNV ab, der in der Regiopole Rostock durch die Rostocker Straßenbahn AG (RSAG) mit 25 Omnibuslinien und im Verflechtungsraum durch die rebus Regionalbus Rostock GmbH mit 82 Omnibuslinien betrieben wird /*3*/. Der ÖPNV in der Regiopolregion Rostock wird insbesondere durch den Verkehrsverbund Warnow[16] koordiniert, welcher sämtliche in der Regiopole und im Landkreis Rostock ansässigen Verkehrsunternehmen miteinander verbindet. Dieser Verkehrsverbund schließt die DB Regio Nordost, die Rostocker Straßenbahn AG (RSAG), die rebus Regionalbus Rostock GmbH, die Weiße Flotte GmbH, die Mecklenburgische Bäderbahn Molli GmbH sowie die Ostdeutsche Eisenbahn GmbH (ODEG) ein /*1*/.

Mit diesen Verkehrsstrukturen ist der überwiegende Teil der Bevölkerung in der Regiopolregion Rostock erfasst, wie Karte *2* zeigt, welche die Einwohnerdichten in den Gemeinden der Region am 31. Dezember 2021 wiederum zusammen mit den Verkehrsnetzen darstellt. Die in der Karte genannten Gemeinden weisen eine hohe Einwohnerdichte und eine direkte Lagebeziehung zu den Verkehrsnetzen auf, zudem sind in ihnen auch zwei Drittel der gesamten Bevölkerung der Regiopolregion Rostock angesiedelt.

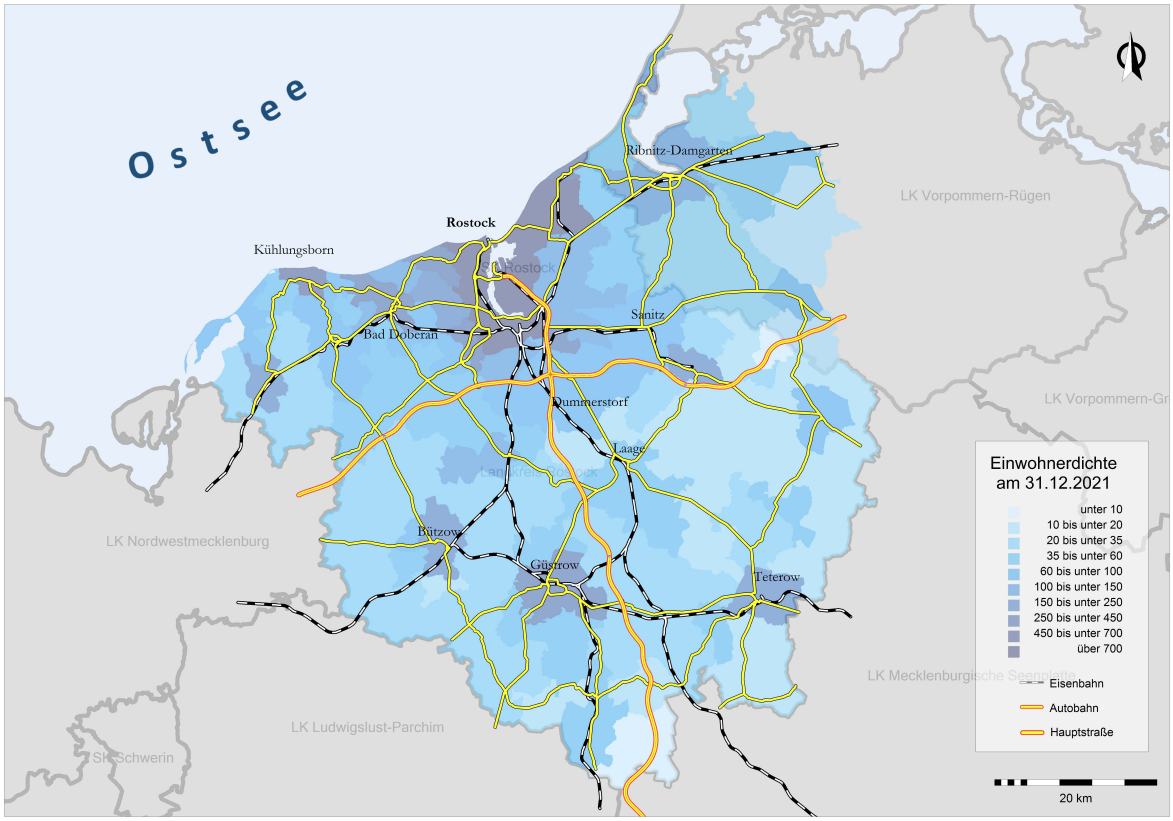
---

14 Quelle: https://www.regiopolregion-rostock.de/.

15 Außerdem sind die Städte Bad Doberan und Kühlungsborn durch eine – in der Karte nicht dargestellte – Kleinbahn, die Mecklenburgische Bäderbahn Molli, verbunden.

16 Weiterführende Informationen: https://www.verkehrsverbund-warnow.de/.

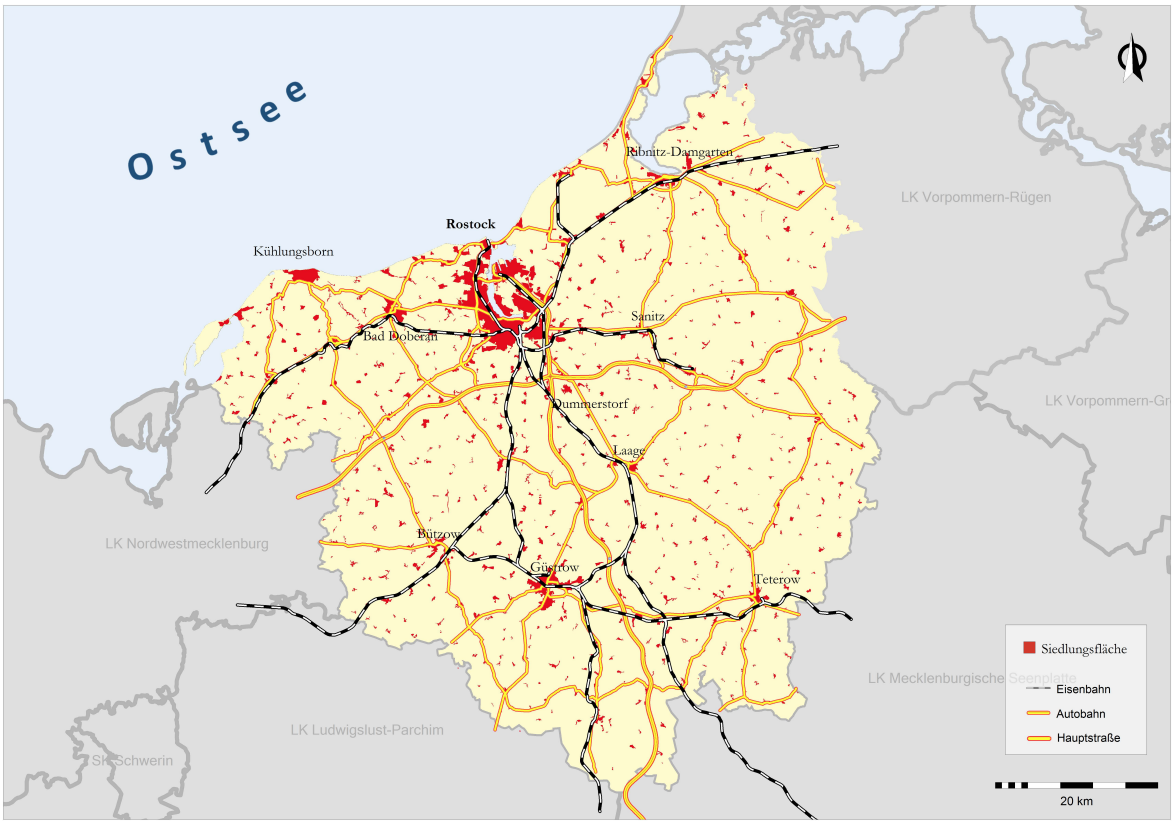
Karte 1: Zentrale-Orte-System und Verkehrsnetze 2021



Karte 2: Einwohnerdichte und Verkehrsnetze 2021

Die Einwohnerdichten aller Gemeinden liegen in einem Bereich von ca. 10 EW/km² (Gemeinde Dobbin-Linstow) bis 1.150 EW/km² (Regiopole Rostock). Von den 131 Gemeinden in der Region hat mit der Regiopole allerdings nur eine Gemeinde eine Einwohnerdichte oberhalb von 1.000 EW/km². Die Einwohnerdichten weiterer 25 Gemeinden liegen in einem Bereich von 100 bis 500 EW/km². Die Einwohnerdichten der übrigen 105 Gemeinden sind dagegen kleiner als 100 EW/km².

Dass die Siedlungsstruktur in der Regiopolregion Rostock überwiegend sehr kleinteilig ist, zeigen auch die Siedlungsflächen, die in Karte *3* zusammen mit den Verkehrsnetzen dargestellt sind. Die Verkehrsnetze verbinden im Wesentlichen nur die größeren Siedlungsflächen miteinander, während viele kleinere Siedlungsflächen nur durch Nebenstraßen erschlossen werden (diese sind in der Karte nicht dargestellt).

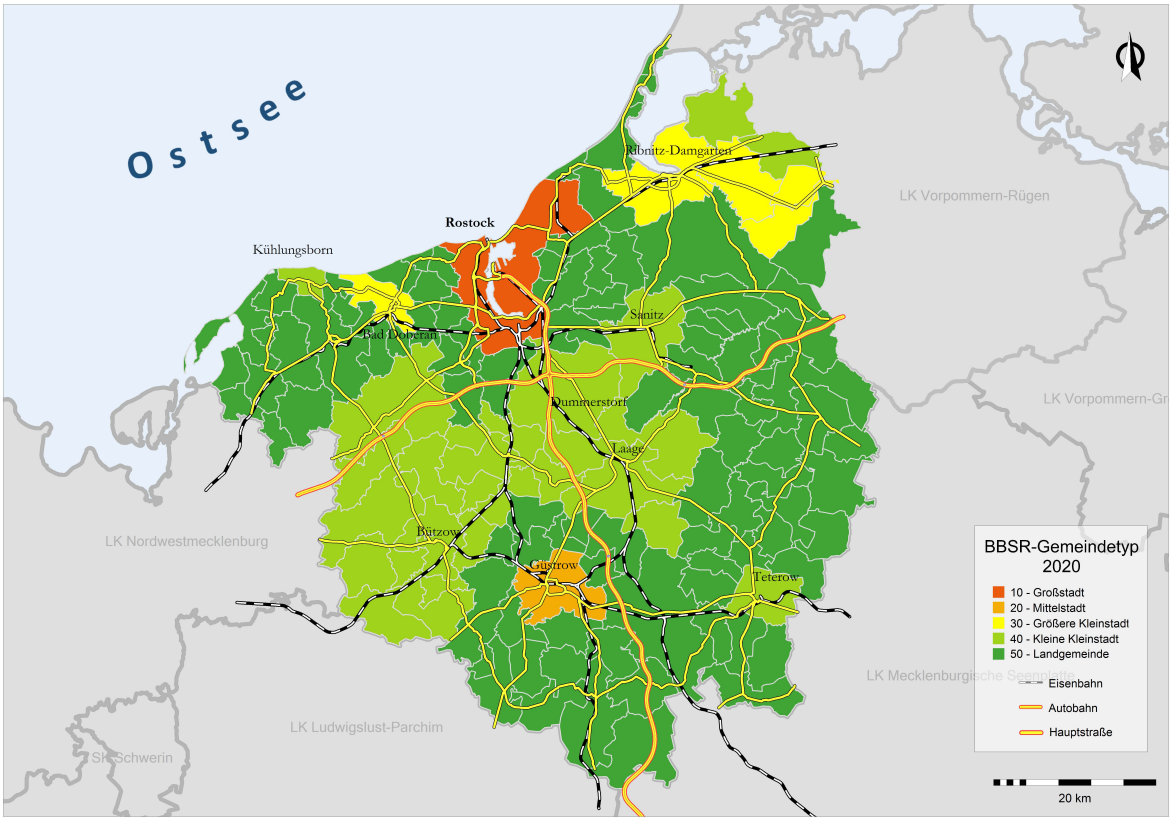


Karte 3: Siedlungsflächen und Verkehrsnetze 2021

Wie erwähnt, unterscheidet das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung in seinen Raumgliederungen auf Gemeinde-, auf Kreis- bzw. Regionsbasis verschiedene siedlungsstrukturelle Gebietstypen (Abschnitt 1.3). Auf der Gemeindebasis erfolgt beispielsweise eine Klassifikation der Städte und Gemeinden in Deutschland, in der diese als Großstadt (10), Mittelstadt (20), Größere Kleinstadt (30), Kleine Kleinstadt (40) bzw. als Landgemeinde (50) eingeordnet werden. Dieser Klassifikation zufolge besteht die Regiopolregion Rostock in siedlungsstruktureller Hinsicht aus der großstädtischen Regiopole, aus der Mittelstadt Güstrow sowie aus 2 Größeren Kleinstädten (Bad Doberan sowie Ribnitz-Damgarten mit den drei dieser Stadt zugerechneten ländlichen Nachbargemeinden Ahrenshagen-Daskow, Schlemmin und Semlow). Weitere 30 Gemeinden sind als Kleine Kleinstadt klassifiziert, während die übrigen 90 Gemeinden Landgemeinden sind. In Karte *4* ist diese Klassifikation für die Gemeinden der Regiopolregion Rostock dargestellt. Sie entspricht im Hinblick auf die Region insoweit dem Ansatz der Regiopolregionen, als sie die Regiopole eindeutig identifiziert und auch ihren Verflechtungsraum insoweit realitätsnah bewertet, als beispielsweise die Mittelstadt Güstrow ihrer tatsächlichen Bedeutung entsprechend klassifiziert wird. Für eine genauere Beschreibung der Siedlungsstruktur in der Region ist sie dagegen wegen der Bezugnahme auf die Größenstruktur der Verwaltungseinheiten anstelle auf der Gemeindegrößen kaum geeignet (wie im Fall von Ribnitz-Damgarten ersichtlich).

Auf Kreisbasis werden demgegenüber vier siedlungsstrukturelle Gebietstypen unterschieden: Kreisfreie Großstadt (1), Städtischer Kreis (2), Ländlicher Kreis mit Verdichtungsansätzen (3) und Dünn besiedelter ländlicher Kreis (4)[17]. Gemäß dieser Klassifikation wird die Regiopole Rostock als kreisfreie Großstadt eingeordnet, während der Landkreis Rostock (ebenso wie der Landkreis Vorpommern Rügen mit seinem Mittelbereich Ribnitz-Damgarten) als dünn besiedelter ländlicher Kreis klassifiziert wird.

Auf der Regionsbasis schließlich werden beispielsweise in der Klassifikation von Stadt-Land-Regionen die folgenden drei Siedlungsstrukturtypen unterschieden: Städtische Stadt-Land-Region (1), Ländliche Stadt-Land-Region mit Verdichtungsansätzen (2) und Dünn besiedelte ländliche Stadt-Land-Region (3). Gemäß dieser Klassifikation sind die Regiopole Rostock und weitere 73 Gemeinden als Ländliche Stadt-Land-Region mit Verdichtungsansätzen (2) klassifiziert und die übrigen 53 Gemeinden als dünn besiedelte ländliche Stadt-Land-Region (3).



Karte 4: Stadt- und Gemeindetypen (BBSR) und Verkehrsnetze 2021

Der Bestand an Wohnungen in der Regiopolregion Rostock belief sich am 31. Dezember 2020 auf ca. 258 Tsd. Wohnungen, die sich sowohl auf Wohn- als auch auf Nichtwohngebäude verteilten. Davon befanden sich 125 Tsd. Wohnungen in der Regiopole Rostock und 133 Tsd. Wohnungen in ihrem Verflechtungsraum. Damit standen rechnerisch jedem Privathaushalt in der Regiopole 1,04 und im Verflechtungsraum 1,11 Wohnungen zur Verfügung, in der Region insgesamt waren es 1,07 Wohnungen.

Der Bestand an Pkw in der Regiopolregion Rostock belief sich am 31. Dezember 2020 231 Tsd. Pkw, davon waren 211 Tsd. Pkw privat genutzt. Damit verfügen in der Region 1.000 Privathaushalte über 878 Pkw. Im Verflechtungsraum waren es 1.122 Pkw, das heißt, jeder Privathaushalt über mindestens einen

[17] Die Abgrenzungskriterien zu diesen Gebietstyp sind beschrieben unter: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/kreise/siedlungsstrukturelle-kreistypen/kreistypen.html. Da sich die amtliche Regionalstatistik nach wie vor zumeist auf Stadt- und Landkreise bezieht, ist der siedlungsstrukturelle Kreistyp als Analyseraster für die Laufende Raumbeobachtung der BBSR besonders wichtig.

Pkw. In der Regiopole waren es dagegen „nur“ 637 Pkw je 1.000 Haushalte. Diese und weitere Kennzahlen sind in Tabelle *3* zusammengestellt. Die Tabelle gibt darüber hinaus auch den Bestand an ausgewählten Infrastrukturen des Straßenverkehrs an. Danach standen in der Regiopolregion Rostock am Jahresende 2020 96 Straßentankstellen zur Verfügung, von denen 27 in der Regiopole und 69 in ihrem Verflechtungsraum angesiedelt waren. Daraus berechnet sich für die Regiopole eine Tankstellendichte von 0,15 Tankstellen je Quadratkilometer und für den Verflechtungsraum eine solche von 0,02 Tankstellen je Quadratkilometer. Mit dem Wachstum der Elektromobilität im Straßenverkehr gewinnt auch die Ladeinfrastruktur an Bedeutung. Am 1. März 2023, waren in der Region gemäß dem Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur erst 149 öffentlich zugängliche Ladeeinrichtungen installiert, davon 61 in der Regiopole und 88 ihrem Verflechtungsraum[18]. In der Regiopole waren 65 Prozent aller Ladeeinrichtungen Normalladeeinrichtungen und 35 Prozent Schnellladeeinrichtungen. Im Verflechtungsraum betrug diese Relation 80 zu 20 Prozent. Diese Ladeeinrichtungen umfassten 318 Ladepunkte, von denen 132 in der Regiopole und 186 in ihrem Verflechtungsraum installiert waren. Die gesamte an den vorhandenen Ladepunkten bereitstellbare Ladeleistung belief sich auf 21 MW. Davon entfielen 10 MW auf die Regiopole und 11 MW auf ihren Verflechtungsraum. Abbildung *3* zeigt die Entwicklung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität in der Regiopolregion Rostock. Ersichtlich ist, dass die Anzahl der jährlich installierten Ladeeinrichtungen in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. Dabei wurden sowohl in der Regiopole als auch in ihrem Verflechtungsraum über die Jahre gleichbleibend durchschnittlich zwei Ladepunkte je Ladeeinrichtung installiert. Demgegenüber ist die durchschnittliche Ladeleistung je Ladepunkt in der Region erst in den Jahren 2022 und 2023 deutlich angestiegen. Betrug sie in den Vorjahren durchschnittlich 22 kW je Ladepunkt, belief sie sich 2022 und 2023 auf durchschnittlich 55 bzw. 66 kW je Ladepunkt (75 bzw. 76 kW je Ladepunkt in der Regiopole und 38 bzw. 59 kW je Ladepunkt im Verflechtungsraum).

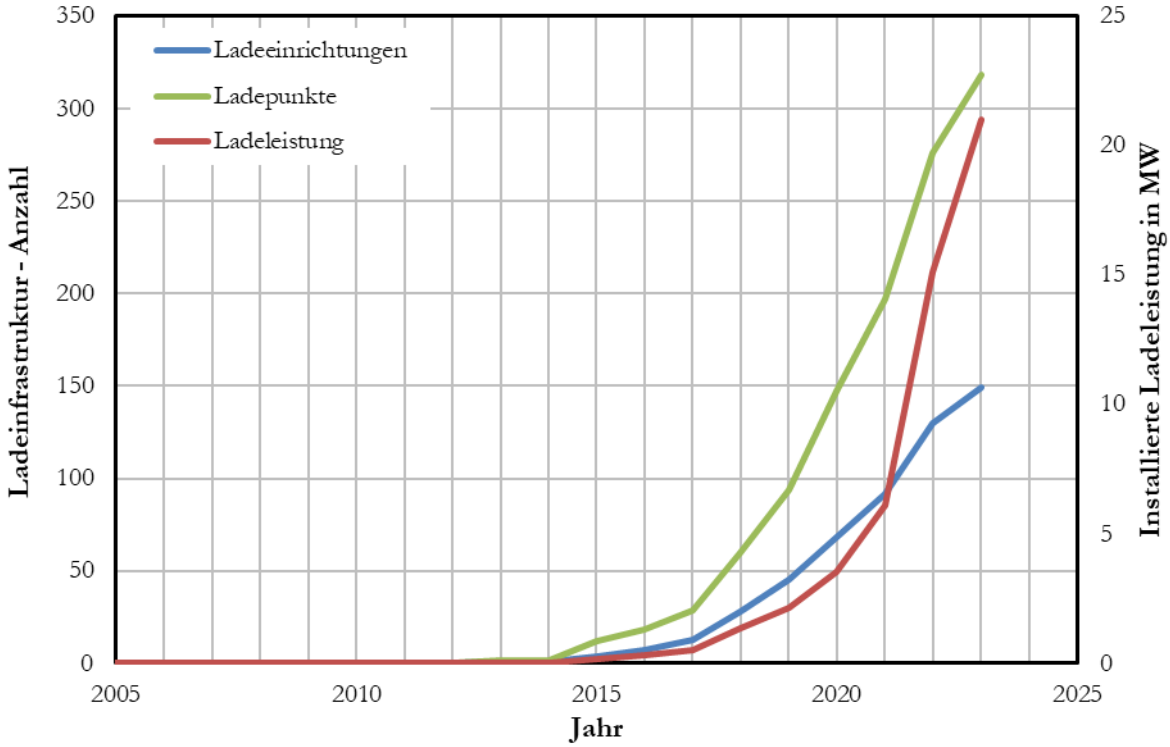
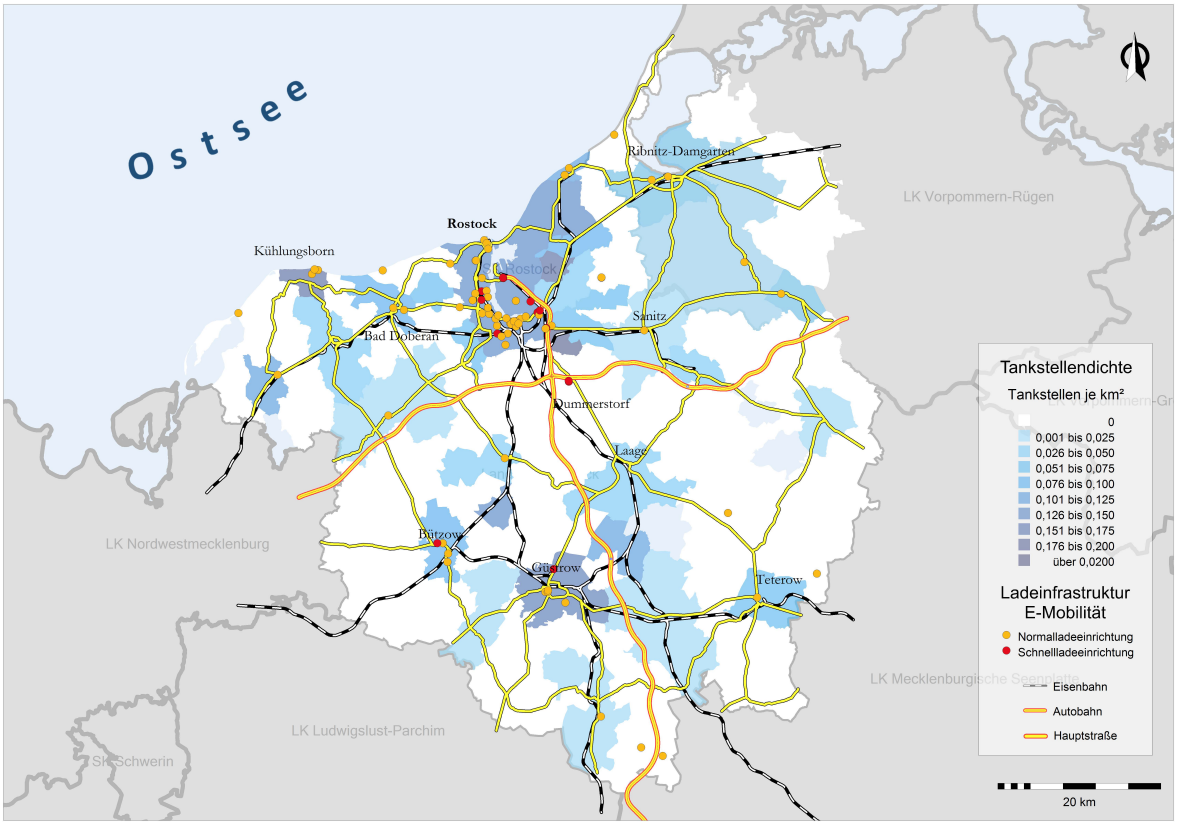


Abbildung 3: Entwicklung der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität[19]

[18] Datenquelle: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/E-Mobilitaet/start.html.

[19] Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur (Stand: 1. März 2023). Das Register beinhaltet die Ladeeinrichtungen aller Betreiber, die das Anzeigeverfahren der Bundesnetzagentur vollständig abgeschlossen und einer Veröffentlichung im Internet zugestimmt haben. Die Zahl der tatsächlich öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen ist daher etwas größer als hier dargestellt.

In Karte *5* sind diese Infrastrukturen zusammen mit den Verkehrsnetzen dargestellt, wobei bei den Ladeeinrichtungen ebenso wie in Tabelle *3* Normal- und Schnellladeeinrichtungen unterschieden werden.



Karte 5: Verkehrsnetze und -infrastrukturen 2021

Zum Schienennetz liegen in Deutschland unterhalb der Ebene der Bundesländer keine amtlich-statistischen Daten vor. Allerdings betreibt die Deutsche Bahn AG ein Infrastrukturregister[20], das detaillierte Auskünfte über die Bahnstrecken gibt. Danach sind in der Regiopolregion Rostock sämtliche vorhandenen Bahnstrecken mit Ausnahme der Strecken Wismar – Tessin, Rövershagen - Graal-Müritz und Güstrow-Krakow am See(-Karow) sowie des Streckenabschnitts Lalendorf-Teterow(-Pasewalk) elektrifiziert.

20 Verfügbar unter: https://geovdbn.deutschebahn.com/isr.

Tabelle 3: Kennzahlen zur Verkehrsstruktur in der Regiopolregion Rostock am 31.12.2020[21]

Gebiet / Merkmal	Regiopolregion Rostock		
	Regiopole	Verflechtungs-raum	Region Gesamt
1	2	3	4
Einwohnerzahl	209.061	250.082	459.143
Einwohnerdichte in EW/km²	1.151	61	107
Bodenfläche in km²	181	4.100	4.281
darunter Siedlungsfläche in km²	56	239	294
darunter Wohnbaufläche in km²	14	69	83
darunter Verkehrsfläche in km²	18	127	145
darunter Sport-, Freiz.- u. Erhol.-fläche in km²	18	74	92
Haushaltszahl	120.859	119.543	240.402
Wohnungsbestand	125.157	133.068	258.225
Wohnungen je 1.000 Einwohner	599	532	562
Wohnungen je Haushalt	1,04	1,11	1,07
Wohngebäudebestand	22.138	74.752	96.890
davon EFH-Bestand	11.052	58.847	69.899
EFH je 1.000 Einwohner	53	235	152
Bestand an Pkw insgesamt und nach Antriebsarten			
Bestand an Pkw insgesamt	85.321	145.699	231.020
davon Privat-Pkw	76.933	134.179	211.112
Privater Pkw-Bestand je 1.000 Einwohner	368	537	460
Privater Pkw-Bestand je 1.000 Haushalte	637	1.122	878
davon gewerbliche Pkw	8.388	11.520	19.908
Anteil am Bestand insgesamt in %	9,8	7,9	8,6
Benzin	59.682	92.315	151.997
Diesel	23.838	50.868	74.706
Gas (einschl. bivalent)	692	1.066	1.758
Hybrid insgesamt	931	1.210	2.141
darunter Plug-in-Hybrid	111	201	312
Elektro	140	196	336
sonstige	38	42	80

[21] Datenbasis: Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern: Fortschreibung des Bestandes an Wohngebäuden und Wohnungen, verschiedene Jahrgänge. Kraftfahrt-Bundesamt: Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden am 1. Januar 2021.

Tabelle 2: Kennzahlen zur Verkehrsstruktur am 31. Dezember 2020 (Fortsetzung)

Merkmal / Gebiet	Regiopolregion Rostock		
	Regiopole	Verflechtungs-raum	Region Gesamt
1	2	3	4
Kraftfahrzeuge			
Bestand an KfZ insgesamt	97.805	183.537	281.342
Bestand an Krafträder	4.873	12.178	17.051
Bestand an Pkw insgesamt	85.321	145.699	231.020
Bestand an Lkw	5.909	16.514	22.423
Bestand an Zugmaschinen	1.068	7.306	8.374
darunter Land- u. Forstwirtschaft	284	5.455	5.739
Bestand an sonstigen Kfz einschl. Omnibusse	634	1.840	2.474
Tankstellen			
Bestand an Tankstellen	27	69	96
Tankstellendichte in Tankstellen/km²	0,149	0,017	0,022
Öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur (BNetzA, am 1.9.2022)			
Bestand an Ladeeinrichtungen	43	54	97
davon Normalladeeinrichtungen	31	49	80
davon Schnellladeeinrichtungen	12	5	17
Bestand an Ladepunkten	93	114	207
davon Normalladeeinrichtungen	67	104	171
davon Schnellladeeinrichtungen	26	10	36
Anschlussleistung in MW	3,1	2,9	6,0
davon Normalladeeinrichtungen	1,3	1,8	3,1
davon Schnellladeeinrichtungen	1,8	1,0	2,9
Straßenlängen in km			
Straßenlänge gesamt	591	5.368	5.959
davon Bundesautobahnen	10	130	140
davon Bundesstraßen	16	259	275
davon Landesstraßen	43	752	795
davon Kreisstraßen	13	674	687
davon Kommunale Straßen	509	3.553	4.062

Neben der Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln und Verkehrsinfrastrukturen ist für die Energieeffizienz des Verkehrs auch das Mobilitätsverhalten, das heißt die Nutzung dieser Verkehrsmittel und Infrastrukturen bedeutsam. Der aktuellen Mobilitätsstudie für Mecklenburg-Vorpommern /*8*/ zufolge sind an durchschnittlichen Tagen 85 Prozent der Einwohner des Landes zu einem kurzen Weg außer Haus. Diese Mobilitätsquote liegt auf dem Niveau des Durchschnittswerts für Deutschland. Auch zwischen den Regionen innerhalb von Mecklenburg-Vorpommern sind die Unterschiede relativ gering. Unterschiede bestehen dagegen auf der Ebene der Raumkategorien, also der Stadt-Umland-Räume, der ländlichen Gestaltungsräume sowie der ländlichen Räume. Der Modal Split im Land unterscheidet sich wiederum nur wenig von der bundesweiten Verteilung, Abbildung *4*. Danach ist der Anteil des ÖPNV im Gegensatz zum Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) sowohl bei den Wegen als auch bei den Personenkilometern relativ gering. Auch hier sind die regionalen Unterschiede innerhalb des Landes Mecklenburg-Vorpommern klein. Im Vergleich zu der vorhergehenden Mobilitätsstudie aus dem Jahr 2008 hat der MIV-Anteil an den zurückgelegten Wegen allerdings geringfügig zugenommen. Demgegenüber ist der ÖPNV-Wegeanteil unverändert geblieben. Für die Regiopolregion Rostock kann näherungsweise von dem gleichen Modal Split ausgegangen werden, wie er in Abbildung *4* für die Region Rostock dargestellt ist.

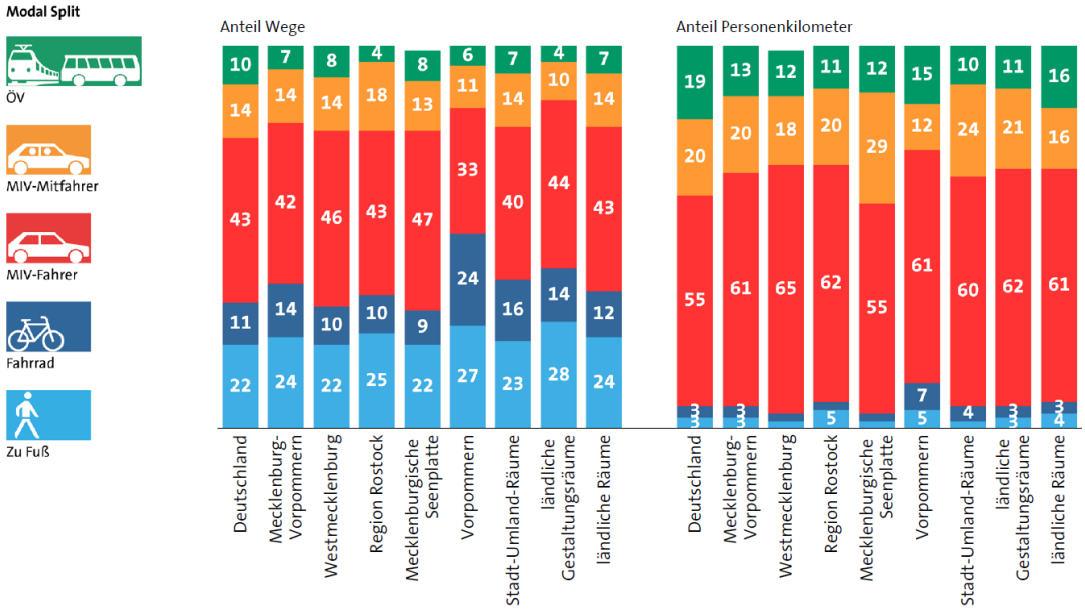


Abbildung 4: Hauptverkehrsmittel (Modal Split) im Regionalvergleich[22]

In der Regiopolregion Rostock führen die kommunalen Verkehrsgesellschaften Rostocker Straßenbahn AG (RSAG) und rebus Regionalbus Rostock GmbH den Omnibus-ÖPNV im Auftrag der Regiopole Rostock bzw. des Landkreises Rostock durch /*12*/, /*13*/. Das rebus-Liniennetz bezieht dabei mit einer Buslinie nach Bad Sülze auch Teile des Mittelbereichs Ribnitz-Damgarten ein und bedient somit nahezu den gesamten Verflechtungsraum der Regiopolregion[23]. Zur Erfüllung ihres Öffentlichen Dienstleistungsauftrages(öDA) betrieb die RSAG 2020 in der Regiopole Rostock 25 Omnibuslinien. Insgesamt wurden dort 2020 ca. 4,28 Fahrplankilometer mit Omnibussen realisiert /*12*/. Im Verflechtungsraum hat rebus in der Erfüllung ihres 2015 unterzeichneten Öffentlichen Dienstleistungsauftrages 2020 Personenbeförderungsleistungen in Höhe von 7,3 Mio. Fahrplankilometer auf 82 Linien erbracht /*13*/.

22 Quelle: /*8*/, S. 38.

23 Der Mittelbereich Ribnitz-Damgarten insgesamt ist Bestandteil des Bediengebiets Nordvorpommern der Verkehrsgesellschaft Vorpommern-Rügen mbH (VVR).

2.2 Die zukünftige Entwicklung der Regiopolregion Rostock

Demografische Entwicklung

Die demografische Entwicklung in der Regiopolregion Rostock ist insoweit für die zukünftige Entwicklung der Siedlungsstrukturen von besonderer Bedeutung, als die Entwicklung der Einwohner- und der Haushaltszahlen den zukünftigen Bedarf an Wohnungen bestimmt.

Die Entwicklung der Einwohnerzahlen von 2010 bis 2020 und im Weiteren bis 2050 ist in Abbildung *5* dargestellt. Die Entwicklung der Einwohnerzahlen in der Regiopole und im Landkreis Rostock wurden bis 2030 aus einer verfügbaren Prognose übernommen */23/* und bis 2050 fortgeschrieben. Die Entwicklung der Einwohnerzahl im Mittelbereich Ribnitz-Damgarten wurde dagegen anhand der bisherigen Entwicklung trendbasiert vorausberechnet. Danach nimmt die Einwohnerzahl in der Regiopole Rostock, in der 2020 209 Tsd. Einwohner lebten, bis 2035 auf 215 Tsd. Einwohner zu, während sie im Verflechtungsraum leicht von 250 auf 241 Tsd. Einwohner absinkt. In der Regiopolregion insgesamt leben 2035 voraussichtlich 456 Tsd. Einwohner, also knapp 3.500 Einwohner weniger als 2020. Bis zum Jahr 2050 geht die Einwohnerzahl voraussichtlich weiter auf knapp 450 Tsd. Einwohner zurück.

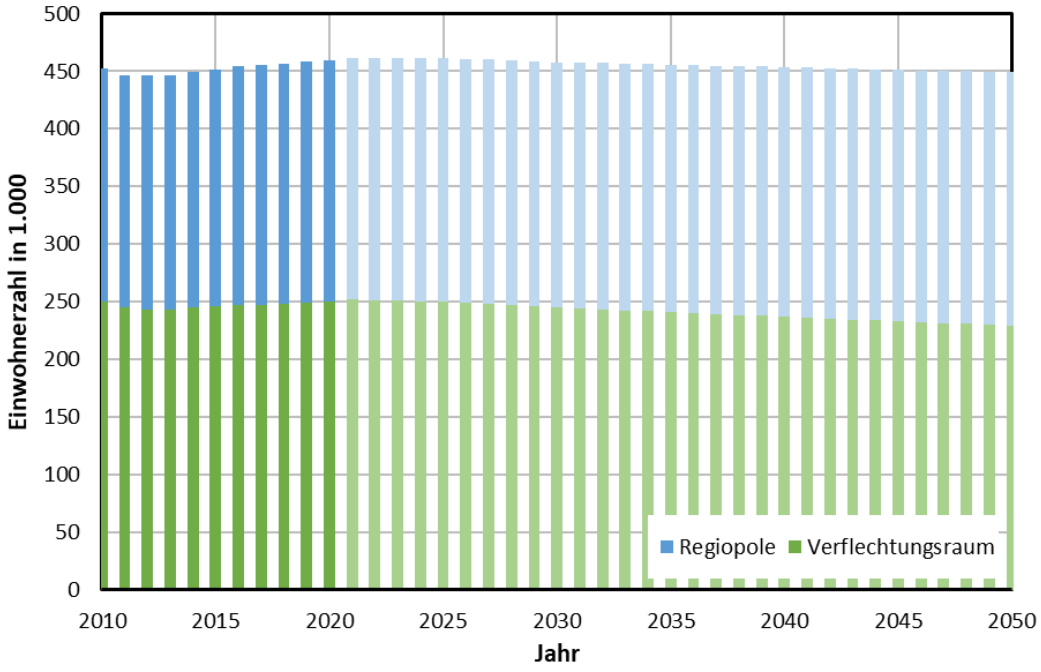


Abbildung 5: Entwicklung der Einwohnerzahl bis 2050[24]

Die Entwicklung der Haushaltszahlen ist über die durchschnittliche Haushaltsgröße mit der Entwicklung der Einwohnerzahlen verknüpft. Während die durchschnittliche Haushaltsgröße in der Regiopole Rostock mit 1,73 Personen in den letzten zehn Jahren annähernd konstant geblieben ist, ergab sich im Verflechtungsraum eine geringfügig zunehmende Haushaltsgröße, die 2020 2,12 Personen erreicht hat. Diese beiden Entwicklungen wurden hier bis 2050 fortgeschrieben, so dass mit ihnen entlang der Einwohnerzahlen die Haushaltszahlen von 2021 bis 2050 vorausberechnet werden konnten. In Abbildung *7* ist die Entwicklung der Haushaltszahlen dargestellt. In der Regiopole Rostock steigt die Haushaltszahl von 121 Tsd. im Jahr 2020 bis 2035 auf 123 Tsd. und bis 2050 auf 127 Tsd. Im Verflechtungsraum geht sie dagegen von 118 Tsd. im Jahr 2020 bis 2035 auf 113 Tsd. und bis 2050 auf knapp 107 Tsd. Haushalte zurück. In der Regiopolregion insgesamt ergibt sich eine von 239 Tsd. auf 237 bzw. 234 Tsd. sinkende Haushaltszahl.

[24] Quelle: Eigene Darstellung.

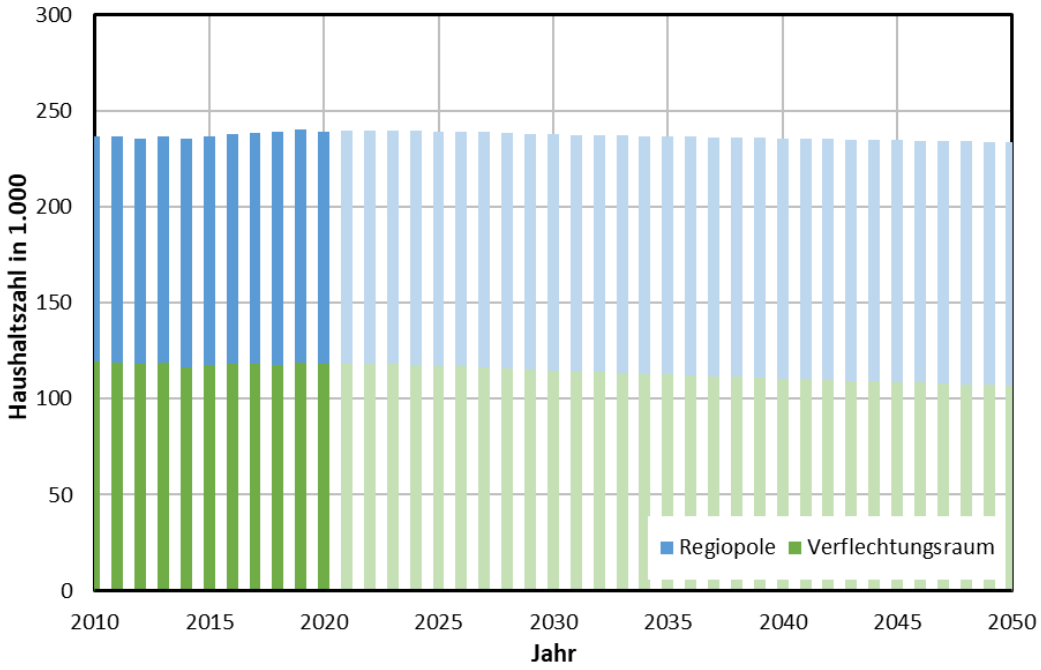


Abbildung 6: Entwicklung der Haushaltszahl bis 2050[25]

Die Einwohner- und Haushaltszahlen stehen in einem direkten Zusammenhang zu dem Bedarf an Mobilität und Verkehr. Im Verkehr wird beispielsweise der Gütertransport von Waren zur Versorgung der Bevölkerung ebenso von der Größe der Bevölkerung (mit-)bestimmt wie in der Mobilität das Aufkommen an Personenverkehr (MIV + ÖPNV). Darüber hinaus sind bei der Entwicklung des Mobilitätsbedarfs weitere Einflussfaktoren wirksam, die dazu führen, dass die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw („Motorisierungsgrad"), also der Pkw-Bestand je 1.000 Haushalte bzw. je 1.000 Einwohner gegenwärtig weiter anwächst. Im Folgenden werden verschiedene Szenarien für die zukünftige Entwicklung des Pkw-Bestands in der Regiopolregion Rostock beschrieben, welche stufenweise zu einer nachhaltigen Entwicklung der Verkehrsstrukturen hinführen.

2.3 Die zukünftige Entwicklung des Verkehrs in der Regiopolregion Rostock

Zur Beschreibung der zukünftigen Entwicklung des Personen-Straßenverkehrs in der Regiopolregion Rostock wurden vier Szenarien betrachtet, welche jeweils auf die Region insgesamt bezogen sind, wobei das vierte Szenario eine Entwicklung beschreibt, welche auch dem Regionalen Energiekonzept der Region Rostock /*5*/ zugrunde liegt:

Szenario „Trend"

In einem möglichst zu vermeidenden Trendszenario entwickelt sich die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw gemäß Abbildung *7*. Die Abbildung zeigt die Entwicklung des Bestands an privaten und gewerblich genutzten Pkw je 1.000 Einwohner[26] in der zurückliegenden Entwicklung von 2010 bis 2022 und daran anschließend in der zukünftigen Entwicklung bis 2050, sofern sich die Ausstattung der Bevölkerung weiter

[25] Quelle: Eigene Darstellung.

[26] Eine getrennte Betrachtung der Entwicklung der Ausstattung mit privaten und mit gewerblich genutzten Pkw zeigt, dass die in der Abbildung dargestellte Entwicklung im Wesentlichen von der steigenden Ausstattung mit privaten Pkw getrieben wird: Der Bestand an gewerblich genutzten Pkw beläuft sich in der Regiopolregion Rostock seit vielen Jahren auf lediglich ca. 8-9 Prozent des Pkw-Gesamtbestandes. Zudem ist für diesen Teil des Pkw-Bestandes nur eine sehr geringe Zunahme zu beobachten.

so entwickelt wie bisher. Gegenwärtig verfügt die Bevölkerung in der Regiopolregion Rostock über 511 Pkw je 1.000 Einwohner, in der Regiopole Rostock über 414 und in ihrem Verflechtungsraum über 592 Pkw je 1.000 Einwohner. Mit dieser Ausstattung befindet sich die Regiopole im Vergleich mit den anderen Stadtkreisen bzw. kreisfreien Städten Deutschlands im unteren Bereich, während der Verflechtungsraum im Vergleich mit den Landkreisen Deutschlands im Mittelfeld liegt (Anhang 1). In der Abbildung steigt die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw in der Regiopolregion Rostock bis 2050 auf 610 Pkw je 1.000 Einwohner, in der Regiopole Rostock auf 470 und in ihrem Verflechtungsraum auf 732 Pkw je 1.000 Einwohner. Dabei handelt es sich – aus heutiger Perspektive – keineswegs um besonders hohe Werte: Die höchste in den Stadtkreisen und kreisfreien Städten Deutschlands gegenwärtig bestehende Ausstattung beläuft sich auf 1.115 Pkw je 1.000 Einwohner (Wolfsburg), im Durchschnitt sind es 526 Pkw je 1.000 Einwohner. In den Landkreisen beträgt der Höchstwert 750 Pkw je 1.000 Einwohner (Hohenlohekreis) und der Durchschnitt 640 Pkw je 1.000 Einwohner.

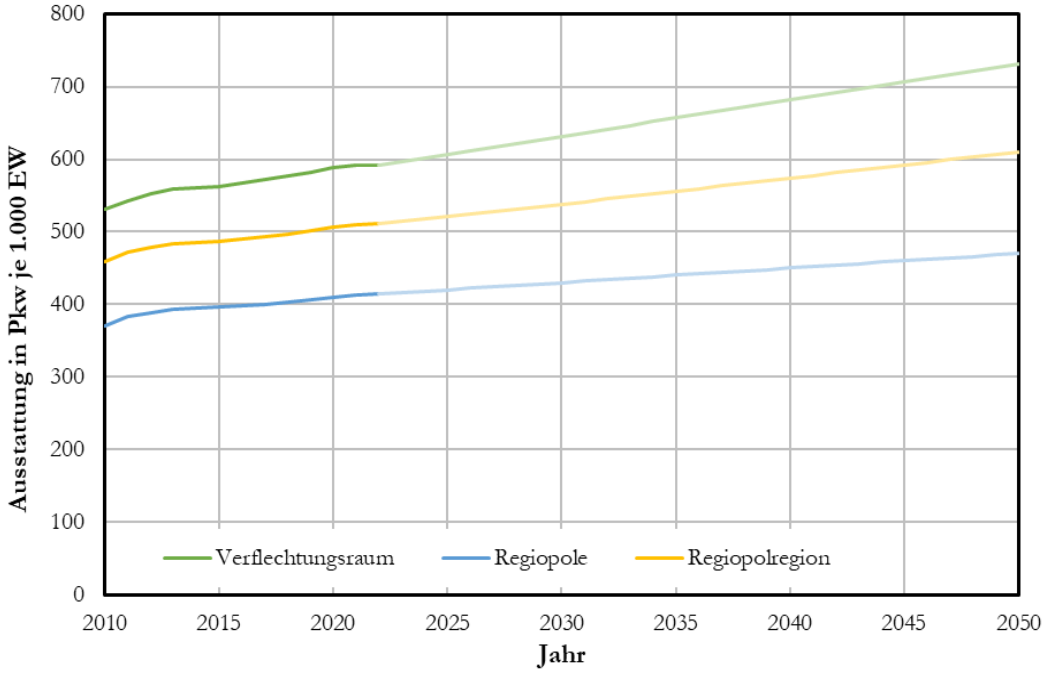


Abbildung 7: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Trend“[27]

Sofern sich die in Abbildung *7* dargestellt Entwicklung realisiert, steigt der Bestand an Pkw in der Regiopolregion Rostock, der sich gegenwärtig auf 236 Tsd. Pkw beläuft, bis zum Jahr 2035 auf 253 und bis zum Jahr 2050 auf 272 Tsd. Pkw. In der Regiopole Rostock würde der Bestand von 87 Tsd. Pkw auf 93 bzw. 97 Tsd. Pkw steigen. In ihrem Verflechtungsraum würde der Bestand von 149 Tsd. Pkw auf 160 bzw. 175 Tsd. Pkw anwachsen. Diese Entwicklung muss insbesondere im Hinblick auf die Erreichung der regionalen Klimaneutralität bis 2035, aber auch aus anderen Gründen wie der Energieeffizienz, der Ressourcenschonung und der Begrenzung des weiteren Flächenverbrauchs unbedingt vermieden werden. Zudem würde sich in einer trendbasierten Fortschreibung des Pkw-Bestands nach Antriebsarten auch die gegenwärtige Verkehrsstruktur zumindest bis 2035 voraussichtlich erst wenig verändern, Abbildung *8*. Erst danach würde der Anteil von batterieelektrischen Pkw und von Hybridfahrzeugen signifikant steigen, wobei angenommen wird, dass sich hierdurch insbesondere der Bestand an Dieselfahrzeugen vermindern würde. Zudem wird hier und in den folgenden Szenarien angenommen, dass der Anteil der Plug-in-Hybridfahrzeuge an den Hybridfahrzeugen insgesamt, der in der Regiopolregion Rostock gegenwärtig 25 Prozent beträgt, bis 2050 auf 100 Prozent steigt.

[27] Quelle: Eigene Darstellung.

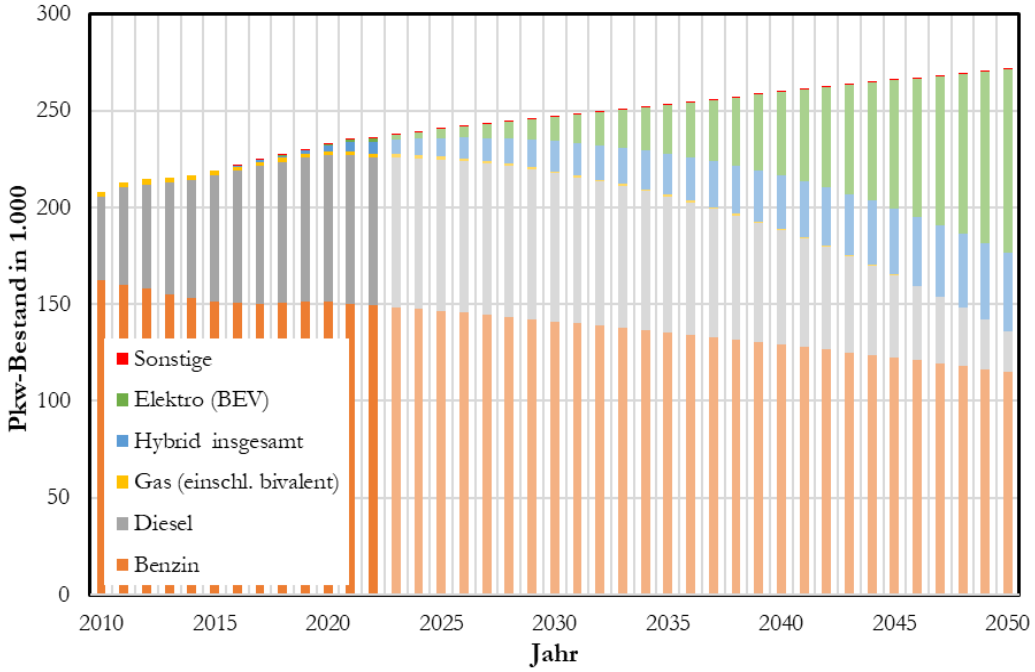


Abbildung 8: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – Szenario „Trend“[28]

Szenario „Alternative Mobilität“

Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag für die Entwicklung der Elektromobilität im Straßenverkehr das Ziel definiert, dass bis zum Jahr 2030 in Deutschland 15 Mio. Batteriefahrzeuge zugelassen sein sollen. Weitere Ziele betreffen den hierfür erforderlichen Ausbau der Ladeinfrastrukturen sowie die Entwicklung der Wasserstoffmobilität, die allerdings im Pkw-Bereich zumindest mittelfristig voraussichtlich keine große Verbreitung finden wird.

Werden diese Ziele einem Szenario „Alternative Mobilität“ zugrunde gelegt, indem sie proportional vom Pkw-Bestand in Deutschland auf den Pkw-Bestand in der Regiopolregion Rostock übertragen werden, müsste sich die Antriebsstruktur des Pkw-Bestands im Wesentlichen gemäß Abbildung *9* entwickeln. Entsprechend dem auf die Region übertragenen Ziel müsste der Anteil der Batteriefahrzeuge bereits bis 2030 auf ca. 30 Prozent und anschließend bis 2035 auf mindestens 50 Prozent steigen, sofern die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw gemäß dem oben in Abbildung *7* beschriebenen Trend weiter wächst. Bis 2050 würde der Anteil der Batteriefahrzeuge dann weiter auf ca. 75 Prozent steigen. Der Anteil der Hybridfahrzeuge, der gegenwärtig ca. 3 Prozent beträgt, steigt in den gleichen Zeiträumen auf 8 Prozent, auf 11 Prozent bzw. auf 20 Prozent.

[28] Quelle: Eigene Darstellung.

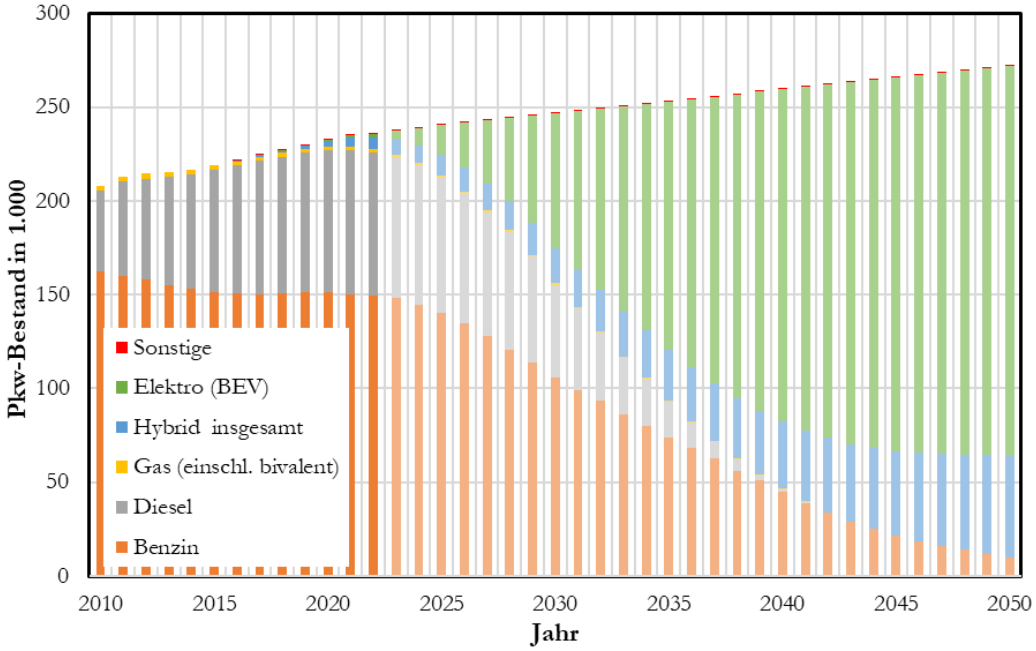


Abbildung 9: Pkw-Bestands nach Antriebsarten bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität“[29]

Szenarien „Alternative Mobilität⁺“ I und II

Die Erreichung der Klimaneutralität im Verkehrssektor der Regiopolregion Rostock bis zum Jahr 2035 erfordert eine Kombination verschiedener Maßnahmen bzw. kann durch diese wesentlich unterstützt werden. Dabei sind insbesondere drei Maßnahmen von Bedeutung:

- die Begrenzung des Wachstums der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw durch den Ausbau des ÖPNV und eine Vielzahl weiterer unterstützender Maßnahmen (Abschnitt 3),
- die Umstrukturierung des Pkw-Bestands nach Antriebsarten und
- die Dekarbonisierung des verbleibenden Bestands an Pkw mit Verbrennungsmotoren durch erneuerbare Kraftstoffe (eFuels, eGase).

Angesichts des bislang nahezu kontinuierlichen Wachstums der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw ist bereits eine Begrenzung dieses Wachstums und die Stabilisierung der Ausstattung auf einem bestimmten Niveau eine anspruchsvolle, mehrere Jahre in Anspruch nehmende Aufgabe. Deshalb wird in dem Szenario Alternative Mobilität⁺ I angenommen, dass die Zunahme der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw ab dem Jahr 2030 endet und dass entsprechende Maßnahmen zu einer konstant bleibenden Ausstattung führen, Abbildung *10*. Die daraus resultierende Entwicklung des Pkw-Bestandes insgesamt und dessen Struktur nach Antriebsarten zeigt Abbildung *11*. Gemäß der demographischen Entwicklung der Regiopolregion Rostock nimmt bei einer ab dem Jahr 2030 konstanten Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw der Pkw-Bestand bis zum Jahr 2050 leicht ab. Im Jahr 2050 wird dann mit 238 Tsd. Pkw annähernd der Bestand wieder erreicht, der gegenwärtig vorhanden ist. Die in den Jahren 2030, 2035 und 2050 erreichten Anteile der Batterie- und der Hybridfahrzeuge am Gesamtbestand entsprechen jenen im Szenario „Alternative Mobilität“, allerdings liegen die absoluten Bestandszahlen 2035 und 2050 geringfügig niedriger.

[29] Quelle: Eigene Darstellung.

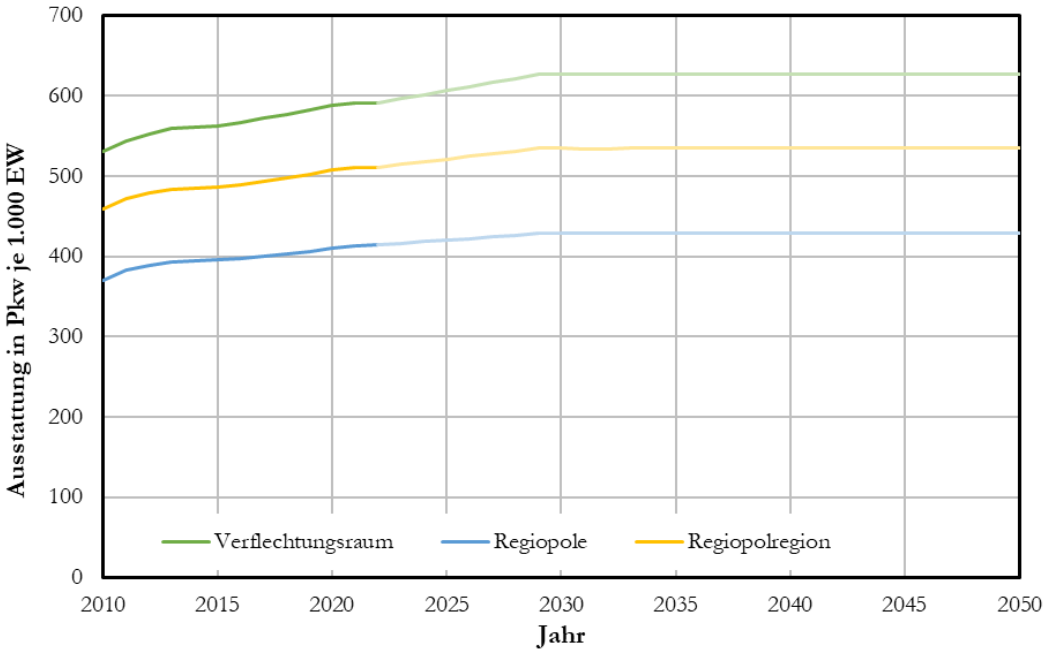


Abbildung 10: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität+ I“[30]

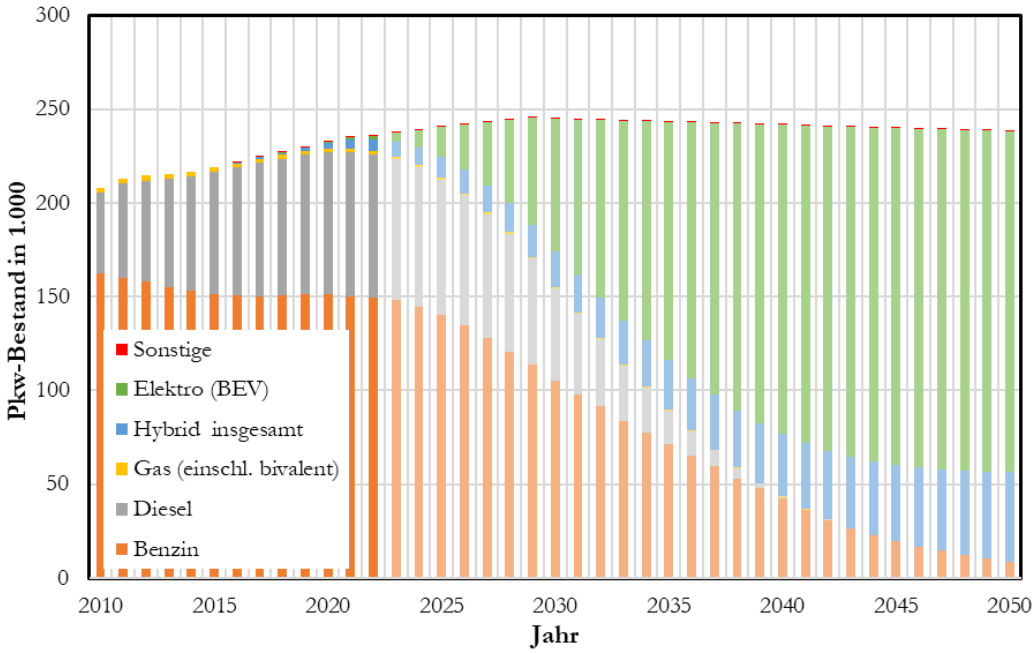


Abbildung 11: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – „Szenario Alternative Mobilität+ I“[31]

Die Klimaneutralität ist in diesen Verkehrsstrukturen umso eher zu erreichen, wenn nicht nur eine Begrenzung des Wachstums der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw gelingt, sondern darüber hinaus auch eine Absenkung und Rückführung auf frühere Niveaus. Im Gegenzug muss das ÖPNV-Angebot in der Regiopolregion Rostock entsprechend attraktiver gestaltet sowie in geeigneter Form erweitert und genutzt werden. Daher wird in dem Szenario „Alternative Mobilität+ II“, welches auch dem Regionalen Energie-

30 Quelle: Eigene Darstellung.
31 Quelle: Eigene Darstellung.

konzept der Region Rostock /5/ zugrunde liegt, die folgende Entwicklung der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw angenommen[32]: In der ersten Phase von 2025 bis 2030 wird zunächst das bisherige Wachstum verlangsamt. Daran schließt sich eine zweite Phase von 2030 bis 2035 an, in der die Ausstattung nicht mehr steigt. In einer dritten Phase schließlich wird bis 2050 eine Absenkung auf das Niveau des Jahres 2010 erreicht, Abbildung *12*. Die mit diesem Szenario verbundene Entwicklung des Pkw-Bestandes nach Höhe und Antriebstruktur ist in Abbildung *13* dargestellt. Danach würde der Pkw-Bestand bis 2030 auf höchstens 243 Tsd. Pkw wachsen, um anschließend allmählich abzusinken, bis 2050 annähernd wieder der Bestand des Jahres 2010 erreicht ist. Allerdings würden sich die Antriebsstrukturen dieses Pkw-Bestandes deutlich unterscheiden: Während 2010 knapp 80 Prozent aller Pkw mit Ottomotoren und die übrigen 20 Prozent mit Dieselmotoren angetrieben wurden, sind diese beiden Antriebsarten in dem Pkw-Bestand von 2050 nur noch marginal vertreten (knapp 8000 Pkw mit Ottomotoren bzw. 3,6 Prozent des Gesamtbestandes). Im Wesentlichen würde sich der Bestand des Jahres 2050 zu mindestens 75 Prozent aus Batteriefahrzeugen (BEV) und zu 20 Prozent aus (Plug-in-)Hybridfahrzeugen zusammensetzen.

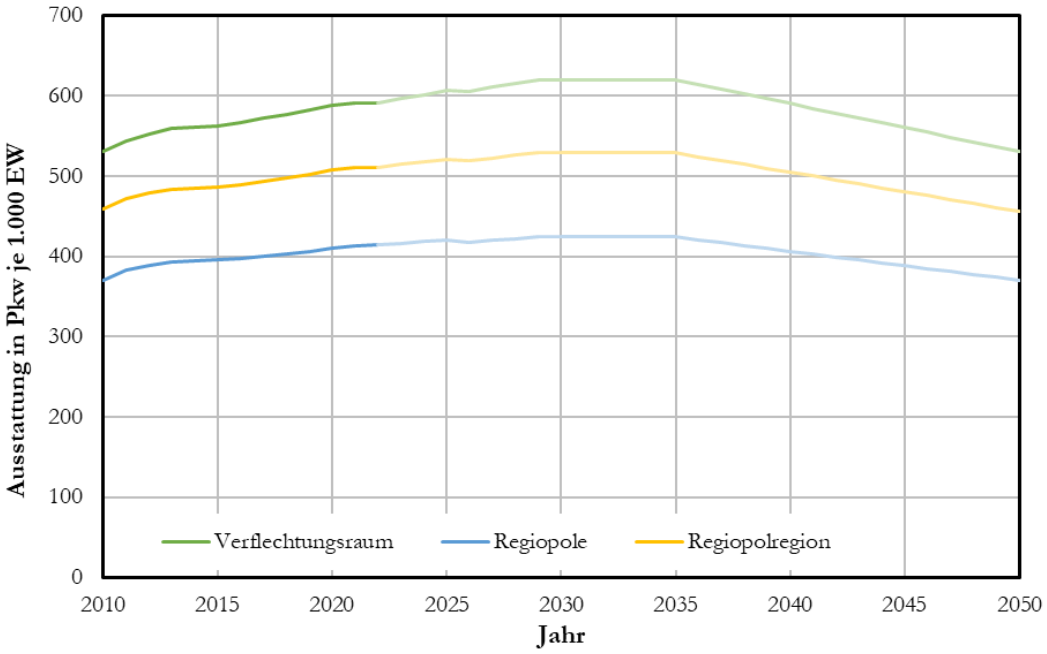


Abbildung 12: Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw bis 2050 – Szenario „Alternative Mobilität⁺ II“[33]

Zeitlich parallel zu dem Wandel der Antriebsstrukturen im Pkw-Bestand muss die Anpassung der Versorgungsinfrastrukturen erfolgen, welche für die jeweiligen Antriebsarten erforderlich sind. Einerseits sinkt in den Szenarien der Bestand an Benzin- und Dieselfahrzeugen, was zu einem entsprechenden Verbrauchsrückgang an Vergaser- und Dieselkraftstoffen führen wird. Andererseits steigt besonders der Bestand der batterieelektrischen Fahrzeuge (BEV) und gegebenenfalls der Plug-in-Hybridfahrzeuge, sodass auch der Bedarf an Lademöglichkeiten steigen wird. Diese wird sich voraussichtlich besonders aus der privaten Ladeinfrastruktur im Wohnumfeld sowie aus der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur zusammensetzen. Darüber hinaus müssen Tankinfrastrukturen für alternative Kraftstoffe wie Wasserstoff ausgebaut werden.

[32] Bei der Herstellung von Bezügen zwischen dem Regionalen Energiekonzept und diesem Projektbericht ist zu berücksichtigen, dass das hier betrachtete Szenario gegenüber dem im Energiekonzept den Pkw-Bestand des Mittelbereichs Ribnitz-Damgarten einschließt. Dieser belief sich 2022 auf knapp 21 Tsd. Pkw bzw. auf 9,5 Prozent des Pkw-Bestandes der Region Rostock. Außerdem ist zu beachten, dass der im Regionalen Energiekonzept ermittelte Energieverbrauch und die zugehörigen Treibhausgasemissionen den Verkehrssektor insgesamt, also einschließlich des Güterverkehrs beschreiben, während hier der Energieverbrauch und die Emissionen des Motorisierten Individualverkehrs mit Pkw quantifiziert werden.

[33] Quelle: Eigene Darstellung.

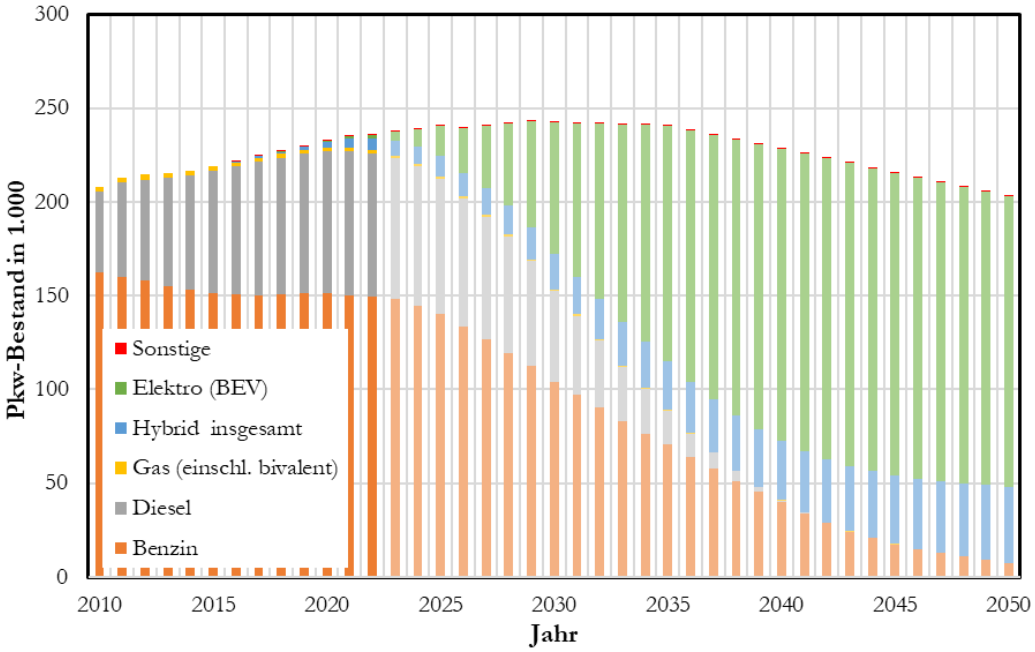


Abbildung 13: Pkw-Bestand nach Antriebsarten bis 2050 – „Szenario Alternative Mobilität+ II“[34]

Bedarf an Ladeinfrastrukturen für die Elektromobilität

In den beschriebenen Szenarien kommt der Elektromobilität mit Batterie- und Plug-In-Hybridfahrzeuge steigende Bedeutung zu. In einem engen Zusammenhang zu den steigenden Fahrzeugzahlen steht die Installation der erforderlichen Ladeinfrastruktur.

Zum Bedarf an Ladeinfrastrukturen für die Elektromobilität insgesamt und zu dessen räumlicher Verteilung liegen bislang keine Erkenntnisse vor[35]. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dieser Bedarf mit dem Bestand an Elektrofahrzeugen korreliert und zudem in einem engen Zusammenhang zur lokalen Dichte der Einwohner bzw. Haushalte und zu ihrem Mobilitätsverhalten. Dies gilt sowohl für die private Ladeinfrastruktur als auch für die öffentlich zugängliche Ladeinfrastruktur.

Gemäß dem „Masterplan Ladeinfrastruktur II“ verfolgt die Bundesregierung das Ziel, bis 2030 die Installation von einer Million öffentlich zugänglicher Ladepunkte zu erreichen. Diese soll flächendeckend, bedarfsgerecht und nutzerfreundlich sein und überall dort vorhanden sein, wo die Nutzer es erwarten /24/, S. 3/4. Darüber hinaus ist es das Ziel der Bundesregierung, dass bis 2030 15 Millionen reine Elektrofahrzeuge im Straßenverkehr zugelassen sind. Daraus ergibt sich ein Verhältnis Ladepunkte zu Elektrofahrzeugen von 1:15. Die Richtlinie der Europäischen Union über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (AFID) empfiehlt in ihrem Erwägungsgrund 23: „Die Mitgliedstaaten sollten sicherstellen, dass öffentlich zugängliche Ladepunkte mit einem angemessenen Abdeckungsgrad errichtet werden, damit Elektrofahrzeuge zumindest in städtischen bzw. vorstädtischen Ballungsräumen und anderen dicht besiedelten Gebieten sowie gegebenenfalls in Netzen, die von den Mitgliedstaaten bestimmt werden, verkehren können. Die Zahl dieser Ladepunkte sollte unter Berücksichtigung der Zahl der bis 2020 vermutlich in

[34] Quelle: Eigene Darstellung.

[35] Vielmehr wird die Frage einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur sehr kontrovers diskutiert: Die Automobilindustrie bemängelt das aktuelle Ausbautempo und betrachtet - im Zusammenwirken mit der „Reichweitenangst“ - als ein Hemmnis für den Absatz von Elektrofahrzeugen. Demgegenüber schätzt beispielsweise der BDEW ein, dass der Ausbau der Ladeinfrastruktur durchaus mit der Bestandsentwicklung von Elektrofahrzeugen Schritt hält. Wichtiger als die konkrete Zahl der Ladepunkte sei deren Leistungsfähigkeit (Ladeleistung, -dauer). In dem Maße, wie die je Ladepunkt installierte Ladeleistung ansteigt, könne die Anzahl der zu installierenden Ladepunkte reduziert werden.

jedem Mitgliedstaat zugelassenen Elektrofahrzeuge festgelegt werden. Der Richtwert für eine angemessene durchschnittliche Zahl von Ladepunkten sollte mindestens einen Ladepunkt für je 10 Fahrzeuge sein, wobei auch dem Fahrzeugtyp, der Ladetechnologie und verfügbaren privaten Ladepunkten Rechnung zu tragen wäre“ */25/*. In Deutschland könnte das Verhältnis von 11:1 im Jahr 2021 bis 2030 auf 20:1 ansteigen. Im ländlichen Raum und im suburbanen Raum wird im gleichen Zeitraum ein Anstieg von 11:1 bzw. 12:1 auf 23:1 erwartet. Im urbanen Raum könnte dieses Verhältnis dagegen nur von 9:1 auf 14:1 ansteigen, da dort die höhere Verfügbarkeit privater Ladeinfrastruktur einen geringeren Einfluss auf das Verhältnis hat */26/*, S. 65/66.

Allerdings zeigt die Entwicklung der Installation von Ladepunkten, dass beim Ausbau der Ladeinfrastruktur gegenwärtig nicht die zur Zielerreichung erforderlichen Fortschritte erzielt werden. Vielmehr vergrößert sich gegenwärtig die Diskrepanz zwischen der Bestandsentwicklung von Elektrofahrzeugen und von Ladepunkten wieder. Dies gilt sowohl für Deutschland insgesamt als auch für die Regiopolregion Rostock, wie Abbildung *14* anhand der Entwicklungen der Ladeinfrastruktur je 1.000 zugelassene Pkw-Batteriefahrzeuge (BEV) zeigt. In Deutschland insgesamt ist die Anzahl der Ladeeinrichtungen, der Ladepunkte und die Ladeleistung je 1.000 Elektrofahrzeuge ab dem Jahr 2008 und dann wieder ab dem Jahr 2014 gestiegen. Allerdings geht sie seit 2019 wieder zurück, da die Neuzulassungen von Batteriefahrzeugen schneller steigen als die Installation der Ladeinfrastruktur. Darüber hinaus wird das zu geringe Tempo beim Ausbau der Ladeinfrastruktur unter anderem mit einer aufwändigen Standortsuche, mit langwierigen Genehmigungsverfahren sowie mit Lieferengpässen bei Material und Transformatoren begründet.

Eine zukünftige, den Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur beeinflussende Entwicklung könnte darin bestehen, dass sich das Laden von Elektrofahrzeugen mehr in den (halb-)öffentlichen Raum verlagert[36]:

- Das „Parkladen“[37] wird künftig das Tanken ersetzen; die Ladezeit wird nicht an der Tankstelle aufgewandt, sondern zum Einkaufen, zu Restaurantbesuchen oder anderen Aktivitäten mit längeren Parkdauern etc. genutzt.
- Dabei tritt das Laden in den Hintergrund: Es ist „überall, einfach und sorglos“ möglich und lässt sich nahtlos in den Alltag integrieren.
- Mit der Ankunft der „Ladenomaden“ wird „Parkladen“ en vogue, wodurch sich die Nachfrage an (halb-)öffentlich verfügbarer Ladeinfrastruktur überproportional erhöht.

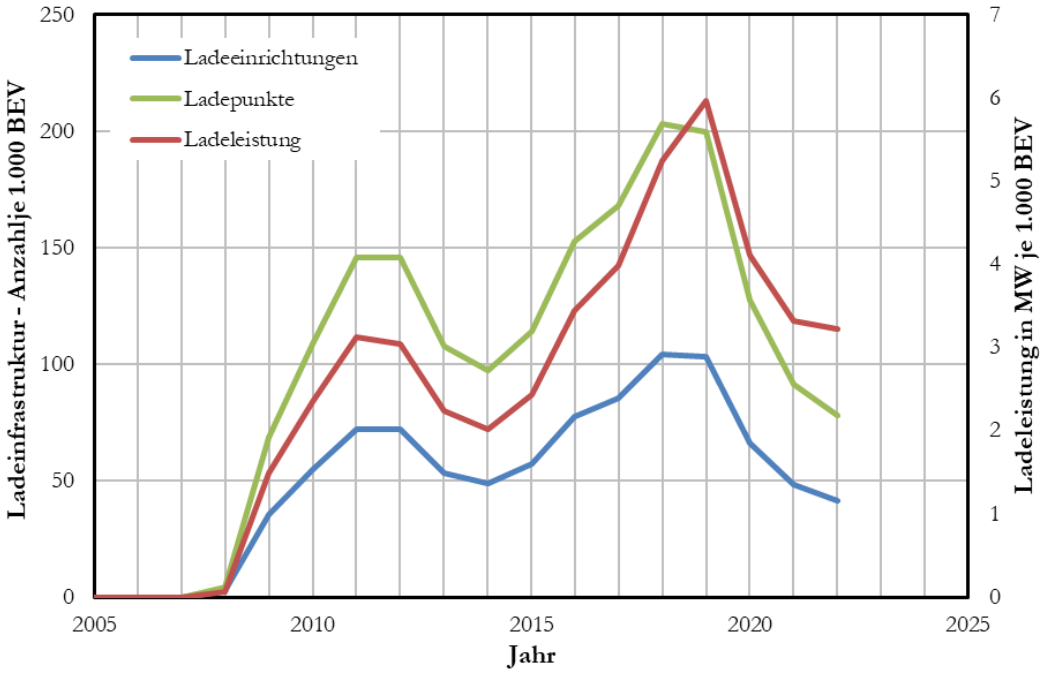
In dem Maße, wie elektrischer Strom zunehmend überall verfügbar ist, eröffnen sich auch zusätzliche Lademöglichkeiten, sodass das Laden von Elektrofahrzeugen auf jedem Parkplatz denkbar wird. Zudem ändert sich mit der zunehmenden Verbreitung von Elektrofahrzeugen das Anforderungsprofil der Fahrzeugnutzer: Während sich die Zugangsmöglichkeiten zu privater Ladeinfrastruktur verringern, wächst die Bereitschaft für das öffentliche Laden. Dadurch könnte eine Kundengruppe entstehen, welche nicht mehr über einen festen Ort zum Laden verfügt, sondern die jede sich bietende Gelegenheit zum Laden nutzt.

Eine Voraussetzung für die Entstehung dieser „Ladenomaden“ ist eine hinreichend ausgebaute und nutzerfreundliche Ladeinfrastruktur. Dies gilt insbesondere für die großen Städte, da dort ca. 50 Prozent der Einwohner im öffentlichen Straßenraum parken, während es im ländlichen Raum nur rund 10 bis 15 Prozent der Einwohner sind */27/*, S.14. Bei der Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der öffentlich zugänglichen Ladeinfrastruktur in Städten ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die Anzahl und die Verfügbarkeit von Parkplätzen aufgrund einer stärkeren Parkraumbewirtschaftung und einer veränderten Nutzung des Straßenraums im Zuge der Mobilitäts- und Verkehrswende reduzieren können */26/*, S. 37.

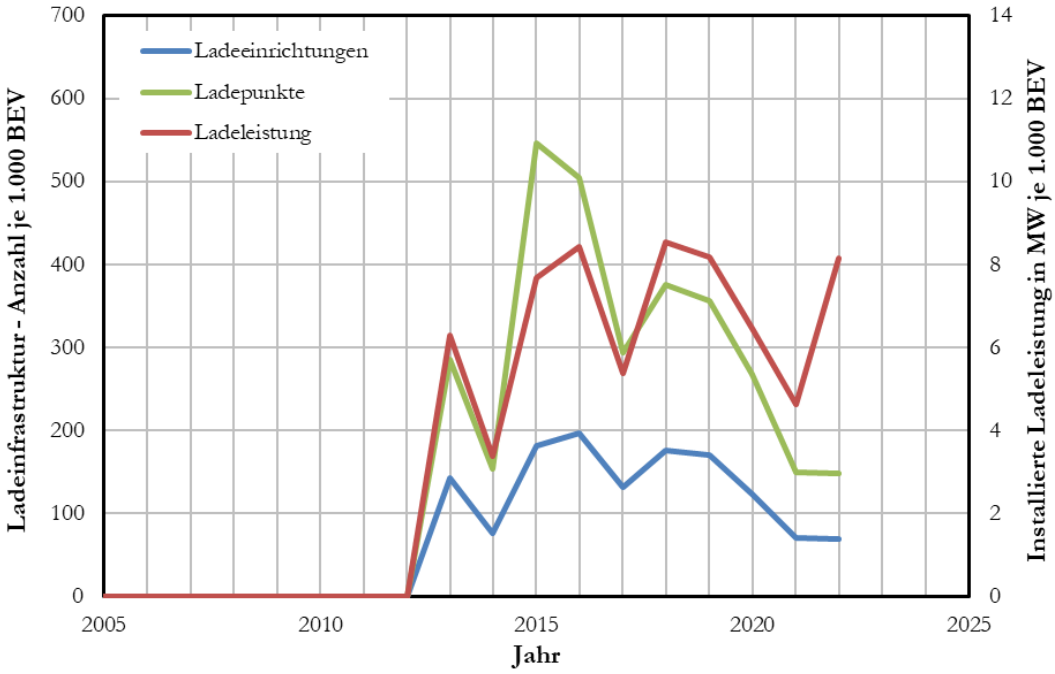
---

[36] Gegenwärtig (2020) werden mehr als 80 Prozent der gesamten Ladenachfrage von Elektrofahrzeugen durch private Ladeinfrastrukturen bedient. Es wird eingeschätzt, dass 2030 nur noch 25 Prozent aller Elektrofahrzeug-Besitzer Zugang zu privater Ladeinfrastruktur haben. Quelle: https://www.ey.com/de_de/automotive-transportation/neue-ladeinfrastruktur-fuer-die-e-mobilitaet-von-morgen.

[37] Das Laden der Batterie eines Elektrofahrzeugs wird im Gegensatz zum Tanken, das oftmals eine gesonderte Fahrt zur Tankstelle und das aktive Tanken als unproduktiven Zusatzaufwand erfordert, kein Selbstzweck mehr sein. Vielmehr wird es zu einer Nebensächlichkeit, die überall und beiläufig geschieht, während der Kunde sein Auto parkt und seine eigentlichen Interessen verfolgt (Laden beim Parken - „Parkladen“).



a) in Deutschland



b) in der Regiopolregion Rostock

Abbildung 14: Entwicklung der Ladeinfrastruktur[38]

Zudem wird eine deutliche Abhängigkeit des zukünftigen Bedarfs an öffentlich zugänglichen Ladepunkten von der Entwicklung der privaten Ladeinfrastruktur gesehen: Je geringer deren Verfügbarkeit ist, desto höher fällt der Bedarf an öffentlicher Ladeinfrastruktur aus. Allerdings kann dieser Bedarf wiederum dadurch begrenzt werden, dass innerstädtisch Lade-Hubs mit HPC-Ladepunkten installiert werden und dass die öffentliche Ladeinfrastruktur möglichst hoch ausgelastet wird /*26*/, S. 56.

[38] Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: Ladesäulenregister der Bundesnetzagentur (Stand: 1. März 2023), Fahrzeugstatistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg.

Als ein Treiber für die Entwicklung des Bedarfs an öffentlicher Ladeinfrastruktur könnte sich auch die zunehmende Elektrifizierung kommunaler und gewerblicher Fahrzeugflotten erweisen. Schließlich steht die zukünftige Entwicklung der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität auch in einem Zusammenhang mit den lokalen Kapazitäten der elektrischen Versorgungsnetze und deren Ausbau, wobei die Niederspannungsnetze die entscheidende Spannungsebene darstellen /*28*/, S. 20.

Um den zukünftigen Ladebedarf von Elektrofahrzeugen auf Mittel- und Langstreckenfahrten zu decken, schreibt der Bund gegenwärtig die Errichtung und den Betrieb eines deutschlandweiten Schnellladenetzes aus. Diese sogenannte Deutschlandnetz soll zum einen aus öffentlich zugänglichen HPC-Schnellladestandorten abseits der Bundesautobahnen im urbanen, suburbanen und ländlichen Raum (Regionallose) und zum anderen aus Standorten an Bundesautobahnen bestehen[39].

Weitere Themenfelder, welche disruptive Veränderungen in den zukünftigen Entwicklungen von Verkehrsstrukturen herbeiführen können und die auch für deren Energieeffizienz an Bedeutung gewinnen werden, sind das Autonome Fahren (Anhang 2), die Digitalisierung sowie vernetzte Lösungen für die Mobilität und für die Logistik. Erst hierdurch können intermodale und bedarfsgesteuerte Mobilitäts- und Transportkonzepte ihr volles Potenzial entfalten. Hierfür gibt es in Deutschland bereits viele Pilotprojekte und Erprobungen des fahrerlosen Fahrens, in deren Mittelpunkt bislang insbesondere Pendel- und Kleinbusse stehen. Auch wenn diese bisher erst „Level 2b/3“ erreicht haben, verweisen sie auf diejenigen Teilbereiche des Verkehrssektors und auf diejenigen Verkehrsstrukturen, in welchen die betreffenden Lösungen zuerst Fuß fassen könnten /*29*/, S. 3:

- autonomer Nahverkehr mit Shuttle-Bussen[40],
- autonome Fahrzeugkonzepte für den Personentransport, beispielsweise autonome Elektrokleinbusse in innerstädtischen Fußgängerzonen, als Zubringer im Linienbetrieb im suburbanen Raum oder als bedarfsgesteuerte Angebote im ländlichen Raum,
- energieeffiziente und halbautomatische Lösungen zum sogenannten Platooning[41] von Lkw's,
- fahrerloser Eisenbahnbetrieb in ländlichen Räumen.

Diese und andere Lösungen des Autonomen Fahrens erfordern nicht nur automatisierte und vernetzte Verkehrsmittel, sondern auch neue bzw. angepasste Verkehrsinfrastrukturen, beispielsweise referenzierte Landmarken als Teil der konventionellen Straßeninfrastruktur. Hinzu kommen muss ein übergeordneter regulatorischer Rahmen, welcher die für alle Beteiligten erforderliche Verkehrs-, Rechts- und Planungssicherheit schafft. Dazu müssen wesentliche Rechtsbereiche wie das Straßenverkehrsrecht, das Zulassungs- und das Personenbeförderungsrecht angepasst und weiter entwickelt werden. Das Mobilitätssystem der Zukunft sollte dabei hierarchisch aufgebaut sein und eine klare Gewichtung zugunsten verkehrsmindernder und umweltfreundlicher Verkehrsträger setzen – dies sind neben dem Rad- und Fußverkehr insbesondere der öffentliche Verkehr (ÖV) und seine differenzierten Bedien- und Angebotsformen /*29*/, S. 5.

Die Digitalisierung von Verkehrsstrukturen kann bzw. muss erheblich zur Verbesserung der Energieeffizienz im Verkehr beitragen. Beispielsweise stellt die Digitalisierung eine wesentliche Grundlage für den Betrieb von Systemen zur Steuerung des Verkehrsflusses in Verkehrsnetzen dar. Eine Führungsgröße für

[39] Quelle und weitere Informationen: https://www.standorttool.de/strom/deutschlandnetz/.

[40] In Deutschland gibt es bereits eine Vielzahl solcher Projekte. Einen Überblick gibt die Projektliste des VDV, verfügbar unter: https://www.vdv.de/liste-autonome-shuttle-bus-projekte.aspx.

[41] Beim Platooning, welches auch als „elektronische Deichsel" bezeichnet wird, wird ein technisches Steuersystem genutzt, über das sich Kraftfahrzeuge wie Lkw, miteinander vernetzen. Das System ermöglicht, eine Kolonne mit sehr geringem Abstand zwischen den einzelnen Fahrzeugen zu bilden, ohne dass die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird (nur das erste Fahrzeug wird von einem menschlichen Fahrer gelenkt). Durch den verringerten Sicherheitsabstand beanspruchen die Lkw weniger Platz, wodurch anderen Fahrzeugen das Überholen erleichtert wird. Zudem wird das Bremsen der Lkw in der Kolonne von einem Computersystem gesteuert, wodurch das Risiko eines Auffahrunfalls innerhalb der Kolonne verringert wird und zudem Kraftstoff gespart werden soll.

diese Steuerung kann der Energieverbrauch der eingesetzten Verkehrsmittel sein: Da in einem Verkehrssystem Verkehrsmittel mit unterschiedlichen Einsatzzwecken, Prioritäten[42], Antriebsarten, spezifischen Energieverbräuchen und Kosten etc. zum Einsatz kommen, können durch eine Abstimmung des Verkehrsflusses dieser Verkehrsmittel Verluste an Fahrzeit, an Brems- und Anfahrenergie und an Kosten minimiert werden. Darüber hinaus erfordert die Erschließung dieser Effizienzpotenziale eine automatische Steuerung der betreffenden Verkehrsmittel[43], die ihrerseits nur durch eine entsprechende Digitalisierung der Verkehrs- und der Kommunikationsinfrastrukturen (5G) realisiert werden kann.

2.4 Aktuelle Entwicklungen von Verkehrsstrukturen

Innerhalb der Entwicklung der Regiopolregion Rostock kommt der Entwicklung der Verkehrsstrukturen im Personen-Straßenverkehr große Bedeutung zu, da sie die verschiedenen Tätigkeiten Wohnen, Arbeiten und Sonstiges räumlich miteinander verbinden, wie Abbildung *2* zeigt (Abschnitt 1.4).

Dabei sind nicht nur die unmittelbaren mittel- und langfristigen Entwicklungen des Straßenverkehrs (Abschnitt 2.3) bedeutsam. Vielmehr sind gerade auch solche aktuellen Entwicklungen zu berücksichtigen, welche als wichtige Weichenstellungen für die zukünftige Entwicklung des Verkehrs eingeschätzt werden können. Zu diesen zählen auf den überregionalen Ebenen neben den Energiepreisentwicklungen und ihren Auswirkungen beispielsweise auch die Einführung von preisgünstigen Tickets für den ÖPNV oder von synthetischen Kraftstoffen (eFuels) für die Dekarbonisierung des Verkehrs. Auf der regionalen Ebene vollziehen sich ebenfalls Entwicklungen, welche für den Verkehrssektor und insbesondere für den ÖPNV in der Regiopolregion Rostock bedeutsam sind. Im Folgenden werden einige dieser überregionalen und regionalen Entwicklungen kurz beschrieben:

Überregionale Entwicklungen

Die 2022 beobachteten Energiepreisentwicklungen wirken sich auf einzelne Teilsektoren des Verkehrs in unterschiedlicher Weise aus:

- Im ÖPNV mit Omnibussen führen die zwischenzeitlich deutlich gestiegenen Preise für Dieselkraftstoff und leichtes Heizöl zu höheren Fahrzeug-Betriebskosten. Darüber hinaus sind zeitweise auch die Preise für das Kraftstoff-Additiv AdBlue deutlich gestiegen und hatten im August 2022 einen langfristigen Höchstwert erreicht. Hier war sogar eine Verknappung eingetreten, da der größte Hersteller in Deutschland, die SKW Stickstoffwerke Piesteritz[44] , die Produktion wegen der hohen Erdgaspreise und der geplanten Gasumlage zeitweise weitgehend eingestellt hatte. Die weitere Preisentwicklung des Additivs wird voraussichtlich wesentlich von der Entwicklung der Erdgaspreise bestimmt werden.
- Im Personennah- und Personenfernverkehr auf der Schiene führen die gestiegenen Preise für Dieselkraftstoff und Strom ebenfalls zu höheren Betriebskosten und in der Folge in bestimmten Angebotssegmenten zu steigenden Fahrpreisen.
- Im Motorisierten Individualverkehr wirken sich die gestiegenen Preise für Diesel- und Vergaserkraftstoffe[45] oder Strom ebenfalls aus. Neben den Preisanstiegen haben sich inzwischen auch die Relatio-

[42] Beispiele hierfür sind Prioritäten im Schienenverkehr: Fernverkehrszüge haben Vorrang vor Nahverkehrszügen und Güterzügen. In der gegenwärtigen Energiekrise sind allerdings mit Energieträgern wie Kohle beladene Güterzüge in ihrer Priorität deutlich aufgestiegen (https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/K/energie-transporte-vorrang-schiene.html).

[43] Beispielsweise bietet Siemens Mobility mit Trainguard MT ein „intelligentes und zukunftsorientiertes CBTC-System" für den Schienennahverkehr an. Quelle: https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/bahnautomatisierung/zugbeeinflussung/communications-based-train-control-system.html.

[44] In Deutschland gibt es gegenwärtig nur drei Hersteller von AdBlue: BASF, Yara Deutschland und SKW.

[45] Dem ADAC zufolge ist das Jahr 2022 das bislang „teuerste Tankjahr aller Zeiten". Quelle: https://www.adac.de/verkehr/tanken-kraftstoff-antrieb/deutschland/kraftstoffpreisentwicklung/. Eine vorübergehende Steuersenkung („Tankrabatt") zwischen dem 1. Juni und dem 31. August 2022 dämpfte die Preise

nen zwischen den Kraftstoffpreisen verschoben: Seit März 2022 liegt der Tankstellenpreis für Dieselkraftstoff über dem Preis für Vergaserkraftstoff (Super E 10). Infolge des Anstiegs der Strompreise verringern sich zudem die Betriebskostenvorteile von Elektrofahrzeugen gegenüber Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren und können unter bestimmten Bedingungen (beispielsweise Strompreis oberhalb 0,50 EUR/kWh, bei bestimmten Ladeverfahren wie dem HPC-Schnellladen) sogar dazu führen, dass die Betriebskosten von Elektrofahrzeugen über jenen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren liegen. Da die einzelnen Energieträger hinsichtlich ihrer Preisentwicklungen unterschiedlichen Einflussfaktoren[46] unterliegen, kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich perspektivisch die Preis- bzw. Betriebskostenrelationen zwischen den einzelnen Verkehrs- und Antriebsarten wieder einstellen, welche in den letzten Jahren bestanden. Wie sich diese Relationen mittel- und langfristig entwickeln werden, hängt allerdings neben den Energiepreisen beispielsweise bei der Elektromobilität von einer Vielzahl weiterer Faktoren ab, darunter besonders die Bereitstellungskosten der Rohstoffe und die Herstellungskosten der Fahrzeugbatterien.

Eine wichtige überregionale Entwicklung ist die bundesweite Einführung des 49-Euro-Tickets. Das Ticket wurde im Oktober 2022 beschlossen und am 1. Mai 2023 als „Deutschlandticket" gestartet. Es gilt deutschlandweit für Busse und Bahnen im Nah- und Regionalverkehr und soll die Attraktivität des ÖPNV steigern (nicht in die Nutzung eingeschlossen sind Fernverkehrs-Züge wie ICE, IC oder EC). Bereits zuvor war von der Bundesregierung im Sommer 2022 gemeinsam mit einem Tankrabatt ein 9-Euro-Ticket eingeführt worden, welches jedoch auf drei Monate begrenzt war. Dieses 9-Euro-Ticket gilt gemeinhin als ein großer Erfolg: Deutschlandweit wurden mehr als 52 Mio. Tickets verkauft. Gemäß einer Studie des Verbands Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) hat der ÖPNV in ca. 10 Prozent der Fälle Fahrten mit privaten Pkw ersetzt. Allerdings fordert der Städte- und Gemeindebund ergänzend zu dem 49-Euro-Ticket auch den beschleunigten Ausbau der Nahverkehrsnetze sowie die Reaktivierung alter Bahnstrecken mithilfe höherer Regionalisierungsmittel, die dauerhaft erhöht und dynamisiert werden müssten.

Als ein bedeutsames Instrument zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors könnte sich die Nutzung von synthetischen Kraftstoffen (eFuels) erweisen, da es die Weiternutzung des Verbrennungsmotors und damit einer weit verbreiteten Antriebstechnologie ermöglicht. Allerdings sind synthetische Kraftstoffe insbesondere wegen ihrer derzeit noch hohen spezifischen Kosten und auch wegen ihrer Umweltbilanz nicht unumstritten. Zudem hat die Europäische Union 2023 beschlossen, dass ab 2035 im Straßenverkehr mit wenigen Ausnahmen nur noch klimaneutrale Pkw und leichte Nutzfahrzeuge zugelassen werden dürfen. Nach allgemeiner Einschätzung ist dieser Beschluss nur mit Elektro- und Wasserstofffahrzeugen zu realisieren. Jedoch hat Deutschland zwischenzeitlich eine Öffnung dieser Beschlusslage erzielt, wonach mit Verbrennungsmotoren angetriebene Fahrzeuge weiter zugelassen sein sollen, sofern sie mit synthetischen Kraftstoffen betrieben werden. Auf dieser Grundlage hat die Bundesregierung in ihrem „Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung" vom 28. März 2023 festgelegt, dass „ein Hochlauf der Produktion und Nutzung … bereits kurzfristig angereizt [wird][47]. Dafür werden rechtliche und administrative Regelungen, die aktuell einer Ausweitung der Nutzung entgegenstehen, beseitigt. E-Fuels können zukünftig an Tankstellen verkauft werden" */30/*, S. 10.

nur für drei Monate und nur teilweise in der allgemein erwarteten Höhe (unter anderem hatte die preisdämpfende Wirkung insbesondere beim Dieselkraftstoff bereits im Juli und August deutlich nachgelassen).

[46] Der Anstieg der gegenwärtig als deutlich überhöht eingeschätzten Kraftstoffpreise könnte sich mittelfristig verlangsamen. Bei den Strompreisen ist dagegen eine Entwicklung hin zu niedrigeren Preisen kaum zu erwarten.

[47] Derzeit entsteht im Industriepark Höchst in Frankfurt am Main die bundesweit größte Produktionsanlage für synthetische Kraftstoffe. Sie soll ab 2024 neben synthetischem Kerosin auch synthetischen Dieselkraftstoff für den Schiffs- und Straßenverkehr mit einer Kapazität von bis zu 2.500 t/a produzieren. Die Pionieranlage ist das erste großindustrielle Power-to-Liquid-Projekt ((PtL)) in Deutschland. Quelle und weiterführende Informationen: https://www.industriepark-hoechst.com/de/stp/aktuelles/presse/pressemeldungen/spatenstich-efuel-produktionsanlage.html.

Regionale Entwicklungen

Das 49-Euro-Ticket wird in Mecklenburg-Vorpommern mit dem bereits bestehenden Azubi-Ticket kombiniert. Damit können Auszubildende, Berufsschüler, Freiwilligendienstleistende sowie Beamtenanwärter den ÖPNV für 29 Euro/Monat nutzen. Schließlich soll das 29-Euro-Ticket in Mecklenburg-Vorpommern ab September 2023 einer weiteren Bevölkerungsgruppe, den Senioren, zugänglich gemacht werden. Den Differenzbetrag von 20 EUR übernimmt in allen Fällen das Land. Diese Ticketformen finden in der Regiopolregion Rostock einen durchaus nennenswerten Absatz: Laut VVW wurden im Mai 2023 ca. 29.000 Tickets verkauft. Allerdings musste der Verbund in den letzten Monaten die Preise für Einzel- und auch Zeitfahrkarten wegen steigender Kosten im Energie- und Personalbereich mehrfach anheben, zuletzt im April 2023 um ca. 5 bis 10 Prozent (alternativ dazu hätten die Kommunen die Mehrkosten über finanzielle Hilfen ausgleichen können bzw. müssen).

Der Landkreis Rostock und die Hanse- und Universitätsstadt Rostock erarbeiten gegenwärtig gemeinsam einen neuen Nahverkehrsplan für die Region. Mit ihm wird das Ziel verfolgt, einen modernen und bedarfsgerechten Nahverkehr mit Bussen und Bahnen zu planen, der die Region verbindet und eine umweltfreundliche Mobilität fördert. Der ÖPNV steht in den nächsten Jahren vor großen Herausforderungen, gleichzeitig bieten sich aber auch große Chancen, um neue Kunden zu gewinnen. Nachdem erste Meilensteine in zwei Bürgerforen 2019 und 2021 vorgestellt und erörtert wurden, konnten in weiteren Foren am 26. April 2022 und am 28. Februar 2023 die Ergebnisse der Planung und das Handlungskonzept sowie der Entwurf für den gemeinsamen Nahverkehrsplan zur Diskussion gestellt werden. Als eine bedeutende Schnittstelle zwischen der Öffentlichkeit und den ÖPNV-Akteuren wurde die Internet-Plattform www.unser-nahverkehr.de eingerichtet. Darüber hinaus hatte beispielsweise die Stadt Ribnitz-Damgarten im Februar 2023 ein neues Verkehrskonzept fertiggestellt. Es sieht unter anderem Tempo-30-Zonen, verkehrsberuhigte Bereiche, einen Pendlerparkplatz am Bahnhof sowie einen deutlichen Ausbau des Radwegenetzes vor. Außerdem soll dort bis 2024 eine größere Mobilitätsuntersuchung durchgeführt werden.

Als ein Beitrag zur Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV wurde in der Regiopolregion Rostock 2019 die Erweiterung des Schienennetzes der Mecklenburgischen Bäderbahn (Molli) diskutiert. Die 900-mm-Schmalspurbahn verkehrt gegenwärtig auf einer Strecke von 15,4 km zwischen Bad Doberan und Kühlungsborn. Für die Erweiterung wurden eine mögliche Streckenführung von Bad Doberan nach Warnemünde in drei parallel zu vorhandenen Straßen verlaufenden Varianten sowie ein Betriebskonzept geprüft. Zuvor wurde bereits um das Jahr 2005 eine Streckenerweiterung nach Rerik untersucht. Mit solchen Erweiterungen könnten die Fahrgastzahlen der im Sommer stündlich verkehrenden Bahn verdoppelt und ihr touristisches Potenzial besser ausgeschöpft werden. 2021 hatte die Bäderbahn ca. 425.000 Fahrgäste befördert. Zugleich soll die mit Steinkohle betriebene Bahn klima- und umweltfreundlicher werden, weshalb gegenwärtig auch Optionen für eine Umstellung auf einen anderen Energieträger bei gleichzeitigem Erhalt des Dampflokbetriebs geprüft werden. Aktuell werden die Planungen für Streckenverlängerungen aus Kostengründen allerdings nicht weiter verfolgt.

Auch im Schienenverkehr der Deutschen Bahn (DB) gibt es unterschiedliche Entwicklungen. Einerseits wurde beispielsweise die Stadt Güstrow nicht in eine 2019 neu eingerichtete IC-Linie zwischen Rostock und Berlin eingebunden, obwohl die Kreisstadt einen Verkehrsknotenpunkt bildet. Auch einen Ausbau der bislang eingleisigen Bahnstrecke Rostock-Stralsund plant die Deutsche Bahn bislang nicht, obwohl der Bedarfsplan für die Bundesschienenwege die Ausbaustrecke (ABS) Lübeck/Hagenow Land-Rostock-Stralsund enthält. Andererseits will die Deutschen Bahn Mecklenburg-Vorpommern zu einem „Bahnland“ machen. Dazu sollen auch in der Regiopolregion Rostock Strecken ausgebaut, schnellere Züge eingesetzt und bestehende Anbindungen verbessert werden. Investitionen sind unter anderem in die Rostocker Hafenbahn-Infrastruktur und in den Rostocker Hauptbahnhof geplant. Bereits 2019 ist in der Regiopole Rostock, in Warnemünde das erste digitale Stellwerk der Deutschen Bahn an einer Fernverkehrsstrecke in Betrieb gegangen. Außerdem wurde Warnemünde auch wegen des Kreuzfahrttourismus wieder an das IC- und ICE-Netz angeschlossen. Schließlich wurden bzw. werden Bahnhöfe wie der in Ribnitz-Damgarten sowie Haltestellen der S-Bahn wie Rostock-Bramow modernisiert. Schließlich haben die Deutsche Bahn

und das Unternehmen Stadler Rail AG mit Sitz in Bussnang (Schweiz) im November 2022 in Rostock einen ersten batterieelektrisch betriebenen Zug vorgestellt. Das Konzept dieser Fahrzeuge basiert auf bereits erprobten und zugelassenen elektrischen Triebzügen FLIRT für den reinen Oberleitungsbetrieb. Dementsprechend sind die Fahrzeuge mit Stromabnehmern (Pantographen) ausgestattet, mit denen die Fahrzeugbatterien parallel zum Fahrbetrieb geladen werden können, sofern die gerade befahrene Bahnstrecke elektrifiziert ist. Stadler gibt an, dass der FLIRT Akku mehr als 200 km im reinen Batteriebetrieb zurücklegen kann. Die typische Reichweite im Batteriebetrieb beträgt 150 km bei einer Höchstgeschwindigkeit von 160 km/h. Die Ladedauer aus der Oberleitung beträgt 15 min. Mit dieser Spezifikation sind die Fahrzeuge besonders für den Betrieb in teilelektrifizierten Bahnnetzen geeignet, da mit ihnen das gesamte Netz emissionsfrei befahren werden kann, ohne dass dieses vollständig elektrifiziert, also mit Oberleitungen ausgestattet werden muss[48]. Für die Regionalbahnlinien des Netzes Warnow hat DB Regio bei Stadler 14 Batteriezüge (Battery Electric Multiple Units - BEMU) in Auftrag gegeben. Sie sollen ab Dezember 2026 auf den Strecken Wismar-Rostock-Tessin sowie Bad Doberan-Rostock-Graal-Müritz zum Einsatz kommen.

Im ÖPNV mit Omnibussen haben die beiden Unternehmen Rostocker Straßenbahn AG (RSAG) und rebus Regionalbus Rostock GmbH in den letzten Jahren ihre Busflotten erneuert. Die RSAG, die im Herbst 2022 im Kundenbarometer des Marktforschungsinstituts Kantar den Preis für die beste Kundenzufriedenheit Deutschlands erhielt, hat ebenfalls 2022 eine anteilige Förderung für die Beschaffung von Bussen mit alternativen Antrieben auf Basis von Batterietechnologie sowie von Bussen erhalten, die zu 100 Prozent mit aus Bioabfall erzeugtem Methan betrieben werden sollen. Daneben wird das Unternehmen auch bei der Beschaffung der Ladeinfrastruktur für Batteriebusse gefördert. Darüber hinaus plant das Unternehmen keine Beschaffung von Dieselbussen mehr, zudem soll der Bestand an Dieselbussen bis 2035 vollständig abgelöst sein[49]. Zudem werden in der Regiopole Rostock Omnibuslinien in der Linienführung und auch in der zeitlichen Taktung an sich verändernde Mobilitätsbedarfe angepasst, beispielsweise in der Rostocker Südstadt. Rebus hatte 2021 noch neun Standardlinienbusse von Iveco sowie zwei Hybrid-Stadtbusse und einen Gelenkbus von Mercedes Benz beschafft und damit ältere Dieselbusse ersetzt. Darüber hinaus beschafft rebus bis 2025 52 Wasserstoffbussen des polnischen Herstellers Solaris Bus & Coach. Dazu wird das Energieunternehmen Apex zwei neue Wasserstofftankstellen auf den rebus-Betriebshöfen in Güstrow und Bad Doberan errichten. Diese sollen zum Jahresbeginn 2024 betriebsbereit sein. Neben dem Bau der neuen Wasserstofftankstellen wird Apex auch für die Versorgung der Tankstellen mit grünem Wasserstoff zuständig sein. Bereits zuvor hatte Apex in Laage eine Wasserstofftankstelle für Lastkraftwagen in Betrieb genommen.

Schließlich soll auch das aus der Förderrichtlinie „Modellprojekte zur Stärkung des ÖPNV“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geförderte Modellprojekt „MIRROR“ der Verkehrsverbund Warnow GmbH (VVW) zur Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV und zur nachhaltigen Senkung der CO_2-Emissionen im Verkehrsbereich beitragen. Der Verkehrsverbund ist ÖPNV-Aufgabenträger in der Region Rostock. Das Projekt sieht unter anderem die Schaffung neuer Linienverkehre, umfangreiche Taktverdichtungen und -ausweitungen sowie geänderte Buslinienführungen vor. Partner dieses Projekts sind auch die RSAG und rebus[50].

In der Stadt Bad Doberan wurde im September 2020 ein Citybus eingerichtet, der werktags während der innenstädtischen Ladenöffnungszeiten kostenlos genutzt werden kann. Dieses Angebot, welches in das Projekt „MIRROR“ des VVW integriert ist, wird von rebus realisiert und von der Stadt sowie von den beiden Wohnungsunternehmen WIG und AWG finanziert. Der Citybus wurde von der Bevölkerung gut

---

48 Quelle: https://www.stadlerrail.com/de/flirt-akku/details/, https://www.dbregio.de/innovationen/alternative-antriebe-kraftstoffe/bemu-batteriezuege.

49 Bei der Straßenbahn untersuchen die RSAG und die Stadt Rostock gegenwärtig Streckenerweiterungen für eine neue Linie zwischen dem Rostocker Zoo und dem Stadtteil Reutershagen. Gleichzeitig steht der Weiterbetrieb der Straßenbahnlinie vom Zoo zum Neuen Friedhof infrage.

50 Quellen: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/107-scheuer-modellprojekte-staerkung-oepnv.html, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/modellprojekte-nahverkehr.html, https://www.verkehrsverbund-warnow.de/vvw/mirror.html.

angenommen: Innerhalb von zwei Jahren konnten ca. zusätzliche 50.000 Nutzer registriert werden und die Fahrgastzahlen der Linie sind um 300 Prozent gestiegen. Dies ist unter anderem auch darauf zurückzuführen, dass der Bedienungstakt der Buslinie erhöht wurde.

Weitere regionale Entwicklungen mit Bedeutung für den Verkehr und für den ÖPNV betreffen beispielsweise öffentliche Diskurse und Planungen, welche sich unter anderem in der Regiopole Rostock auf die Ausweitung von kommunalen Tempo-30-Zonen, die Errichtung eines Fahrradparkhauses am Hauptbahnhof oder auf die Errichtung neuer Parkhäuser beziehen (Behördenzentrum Rostock, Volkstheater Rostock). Um die zuletzt gestiegenen Pendlerzahlen zu begrenzen und um das Angebot und Nachfrage nach Mitfahrgelegenheiten besser in Übereinstimmung zu bringen, haben die Regiopole Rostock und der Landkreis Rostock ein Pendlerportal gestartet[51]. Bei der Elektromobilität betreffen neuere Entwicklungen die Indienststellung der Elektrofähre „Warnowstromer" in Rostock, die zunehmende Verbreitung von Elektrorollern bzw. E-Scootern von verschiedenen Anbietern, deren Gesamtzahl beispielsweise Rostock zur Sicherung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung und zum Erhalt eines attraktiven Stadtbildes auf maximal 2.000 Stück begrenzt werden soll[52]. Seit dem Sommer 2022 vermietet das Unternehmen Boat Now Rostock im Rostocker Stadthafen nahezu geräuschlose und emissionsfreie Boote mit Elektroantrieb für Bootstouren auf der Warnow. Die Batteriekapazität der auf 6 Personen ausgelegten Boote reicht bei einer auf 6 km/h begrenzten Fahrtgeschwindigkeit für eine dreistündige Tour.

[51] Obwohl es allein in der Regiopole Rostock aktuell ca. 55.000 Ein- und Auspendelnde gibt, die zum großen Teil mit dem Auto unterwegs sind, wird das Portal bislang kaum genutzt (die Hemmnisse sind gegebenenfalls ähnlich denen, die bislang einer stärkeren Nutzung von CarSharing-Angeboten entgegenstehen). Das Portal wird von der in Lüneburg ansässigen Marktplatz GmbH betrieben, die seit 15 Jahren aktiv ist und in Deutschland ca. 52 entsprechende Projekte realisiert hat. Quelle und weitere Informationen: https://rathaus.rostock.de/de/rathaus/aktuelles_medien/pendlerportal_fuer_die_region_rostock_startet/330626, https://www.marktplatz-agentur.de/.

[52] Quelle: https://rathaus.rostock.de/de/wirtschaft_verkehr/mobilitaet/sharing/leih_e_scooter/310467.

3. Energieeffizienz des Straßenverkehrs in der Regiopolregion Rostock

In diesem Abschnitt werden die vier Szenarien für die zukünftige Entwicklung der Pkw-Bestandes in der Regiopolregion Rostock (Abschnitt 2.2) im Hinblick auf ihren Energieverbrauch und die damit verbundenen Treibhausgasemissionen untersucht. Dafür werden die Szenarien des Pkw-Bestandes mit verschiedenen Varianten der Entwicklungen der Mobilität und des modal split kombiniert. Diese Varianten-Szenarien-Kombinationen werden zunächst in einem kurzen Überblick dargestellt (Abschnitt 3.1). Anschließend wird das für die Analysen entwickelte Energie- und Emissionsmodell kurz beschrieben (Abschnitt 3.2). Wesentliche Annahmen und Modellparameter betreffen den Mobilitätsbedarf, den modal split sowie Energiedaten und Emissionsfaktoren für die einzelnen Pkw-Antriebsarten (Abschnitt 3.3). Eine Validierung des Modells erfolgt anhand von Vergleichen ausgewählter Modellergebnisse mit der Realität (Abschnitt 3.4). Abschließend werden die Ergebnisse zur Energieeffizienz des Straßenverkehrs dargestellt (Abschnitt 3.5). Auf deren Grundlage wird eine Energieeffizienz-Strategie für den Personenverkehr in der Regiopolregion Rostock entworfen (Abschnitt 3.6).

3.1 Übersicht über die Varianten-Szenarien-Kombinationen

Jeder der im Folgenden beschriebenen Varianten-Szenarien-Kombinationen liegen die vier Szenarien für die Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Regiopolregion Rostock zugrunde (Abschnitt 2.3). Die Szenarien bilden zum einen eine von Szenario zu Szenario sinkende Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw ab. Zum anderen beschreiben die Szenarien unterschiedlich schnelle Veränderungen in der Antriebsstruktur des Pkw-Bestandes hin zu klimaneutralen Antrieben bzw. Energieträgern. In Abbildung *15* sind die Szenarien im Vergleich dargestellt.

In der Referenzvariante 0 werden die vier Szenarien zunächst unter der Annahme eines unveränderten Mobilitätsbedarfs und modal split betrachtet. Aus diesen beiden Annahmen ergibt sich, dass bei einer sinkenden Pkw-Ausstattung der Bevölkerung zur Deckung des Mobilitätsbedarfs, das heißt zur Erbringung der Personenbeförderungsleistung insgesamt die Jahresfahrleistung des einzelnen PKWs steigen müsste: Die Unterdeckung des Mobilitätsbedarfs infolge der rückläufigen Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw wird in dieser Variante nicht durch höhere Anteile anderer Verkehrsmittel wie des ÖPNV im modal split ausgeglichen, sondern durch eine stärkere Nutzung des Pkw-Bestands (die verbleibenden Pkw-Besitzer gleichen das Defizit bei der Deckung des Mobilitätsbedarfs derjenigen Teile der Bevölkerung aus, die aufgrund der abnehmenden Pkw-Ausstattung über keinen Pkw mehr verfügen). Infolgedessen unterscheiden sich die Szenarien mit einer alternativen Entwicklung des Pkw-Bestandes hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen zwar von dem Szenario mit der Trend-Entwicklung des Bestandes, jedoch nicht untereinander. Allerdings ist davon auszugehen, dass eine tendenziell abnehmende Pkw-Ausstattung der Bevölkerung höchstens in einem sehr begrenzten Umfang durch höhere Jahresfahrleistungen der einzelnen Pkw-Besitzer ausgeglichen wird. Dennoch wird dieses Szenario untersucht, um im Vergleich mit den weiteren Varianten und Szenarien die Unterschiede im Energieverbrauch und in den Treibhausgasemissionen ermitteln und bewerten zu können.

Auch der Vergleichsvariante 1 wird die Annahme eines unveränderten Mobilitätsbedarfs zugrunde gelegt. Allerdings wird nun der Teil dieses Mobilitätsbedarfs, der wegen der abnehmenden Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw nicht mehr durch den Motorisierten Individualverkehr gedeckt werden kann, durch höhere Anteile des ÖPNV im modal split ausgeglichen. Dessen Anteile werden von Szenario zu Szenario soweit angehoben, bis der Mobilitätsbedarf jeweils vollständig gedeckt wird. Dadurch ergibt sich in den Szenarien mit den alternativen Entwicklungen des Pkw-Bestandes sowohl gegenüber der Trendentwicklung als auch untereinander ein stufenweise sinkender Energieverbrauch und entsprechend sinkende Treibhausgasemissionen. Diesem Rückgang von Energieverbrauch und Emissionen im Motorisierten Individualverkehr stehen zwar ein zusätzlicher Energieverbrauch im ÖPNV und entsprechende Emissionen gegenüber, jedoch sind die im Motorisierten Individualverkehr erzielten Einsparungen deutlich größer als die Zuwächse im deutlich energieeffizienteren ÖPNV.

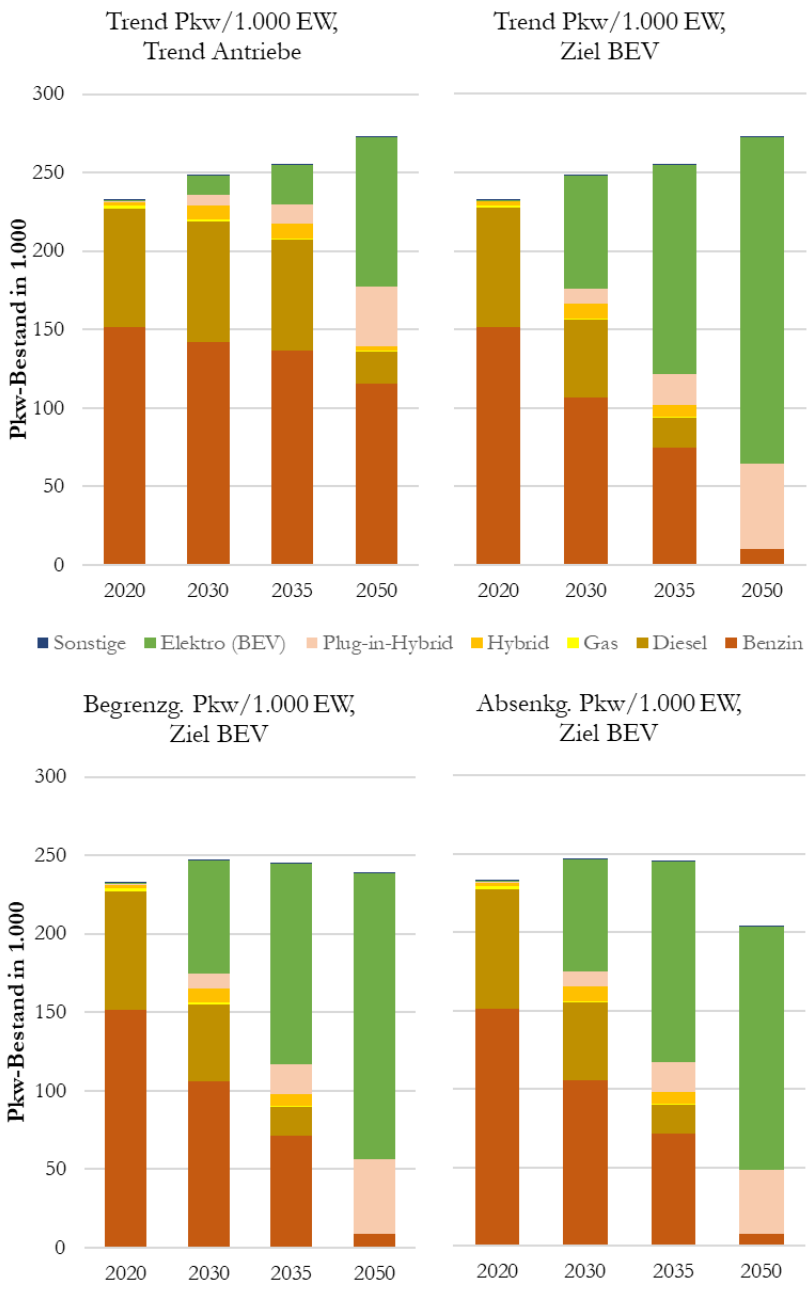


Abbildung 15: Vergleich der Szenarien zur Entwicklung des Pkw-Bestandes[53]

In der Vergleichsvariante 2 wird der modal split gegenüber der Vergleichsvariante 1 weiter zugunsten des ÖPNV verschoben. Dadurch können die Anteile der MIV-Fahrer und MIV-Mitfahrer entsprechend reduziert werden. Die Anteile „Fahrrad“ und „zu Fuß“ bleiben gegenüber den vorhergehenden Varianten nahezu unverändert.

In der Vergleichsvariante 3 wird der modal split für jedes der vier Szenarien von der Vergleichsvariante 2 übernommen. Stattdessen wird nun der Mobilitätsbedarf abgesenkt, indem die durchschnittliche Weglänge, welche die Einwohner der Region täglich zurücklegen, um 5,0 bis 7,5 km je Person reduziert wird (Abschnitt 3.3). Dadurch wird eine mögliche Entwicklung der regionalen Siedlungsstrukturen im Sinne einer „Stadt bzw. Region der kurzen Wege“ abgebildet. Unter den heutigen Gegebenheiten würde eine

[53] Quelle: Eigene Darstellung.

derartige Verkürzung der durchschnittlichen täglichen Weglänge eine erhebliche Herausforderung darstellen. Allerdings könnten zukünftige Entwicklungen wie die Einrichtung von On-Demand-Shuttle-Services[54] oder der verstärkte Einsatz von Lieferdiensten und insbesondere Lieferdrohnen eine solche Verkürzung unterstützen.

Abbildung *16* zeigt die in den Varianten abgebildeten Veränderungen des modal split im Vergleich, wobei nur jene Kombinationen dargestellt sind, welche in den Anteilen des ÖPNV bzw. des MIV am modal split am stärksten voneinander abweichen. Ersichtlich ist, dass über alle Kombinationen hinweg von 2010 bis 2050 eine Erhöhung des ÖPNV-Anteils im modal split bis hin zu einer Verdreifachung von 8 auf 30 Prozent erfolgt. Umgekehrt sinkt der Anteil des Motorisierten Individualverkehrs von 60 auf 35 Prozent, wobei der Anteil der Mitfahrer jeweils proportional zum Anteil der Fahrer abgesenkt ist. Außerdem wurden in den Vergleichsvarianten die Anteile von Fahrrad und Fuß gegenüber der Referenzvariante um zusammen 3 Prozent angehoben. In der Vergleichsvariante 3 wäre demgegenüber eine deutlichere Erhöhung der Fahrrad- und Fuß-Anteile plausibel, da dort die im Durchschnitt täglich zurückzulegenden Wege kürzer sind und insoweit die Möglichkeiten zu ihrer Bewältigung mit dem Fahrrad oder zu Fuß steigen. Allerdings wurde auf eine deutlichere Erhöhung dieser beiden Anteile verzichtet, da dann differenziertere Analysen vorgenommen werden müssten, um in den Modellergebnissen die Einflüsse des modal split und der Verringerung des Mobilitätsbedarfs auf den Energieverbrauch bzw. auf die Energieeffizienz und auf die Treibhausgasemissionen voneinander zu trennen. Außerdem würde dadurch die Zahl der zu betrachtenden Varianten-Szenarien-Kombinationen noch weiter erhöht.

[54] Ein in der Regiopolregion Rostock angesiedeltes Beispiel ist der an Werktagen verkehrende Rufbus Rubi der rebus Regionalbus Rostock GmbH. Er wurde 2021 und damit unter Pandemiebedingungen als Modellprojekt in Teterow sowie in den Ämtern Mecklenburgische Schweiz, Gnoien und Tessin gestartet. Die Nachfrage konzentriert sich auf den Vormittag, die Fahrgäste sind vorwiegend Jugendliche bzw. ältere Bürgerinnen und Bürger. Zwischenzeitlich wurde das Fahrtgebiet ausgeweitet und schließt nun die Stadt Krakow am See ein. Durch die Einführung des 49-Euro-Tickets könnte sich die Nachfrage noch einmal verstärken. Rebus plant, die Ämter Güstrow-Land, Bützow-Land und Laage als nächste Rufbusregionen zu erschließen.
Ein weiteres, mit bislang 300.000 Fahrgästen ebenfalls sehr erfolgreiches Beispiel für einen solchen On-Demand-Shuttle-Service ist der „Hopper", der seit 2019 in Teilen des Landkreises Offenbach ebenfalls modellhaft erprobt wird. Dieser „(Klein-)Bus auf Bestellung" kann mit Hilfe einer App faktisch vor die Haustür geholt werden. Für das erfolgreiche Projekt wird gegenwärtig eine Gebietserweiterung geprüft. Allerdings würden die verfügbaren Fahrzeuge längeren Strecken auch zeitlich länger gebunden und insoweit in ihrer Verfügbarkeit reduziert. Vielmehr kann der Hopper seine Vorteile vor allem im Einsatz auf Kurzstrecken entfalten und dort für die „Feinerschließung" in Quartieren sorgen während für längere Fahrten andere öffentliche Verkehrsmittel verfügbar und geeigneter sind.

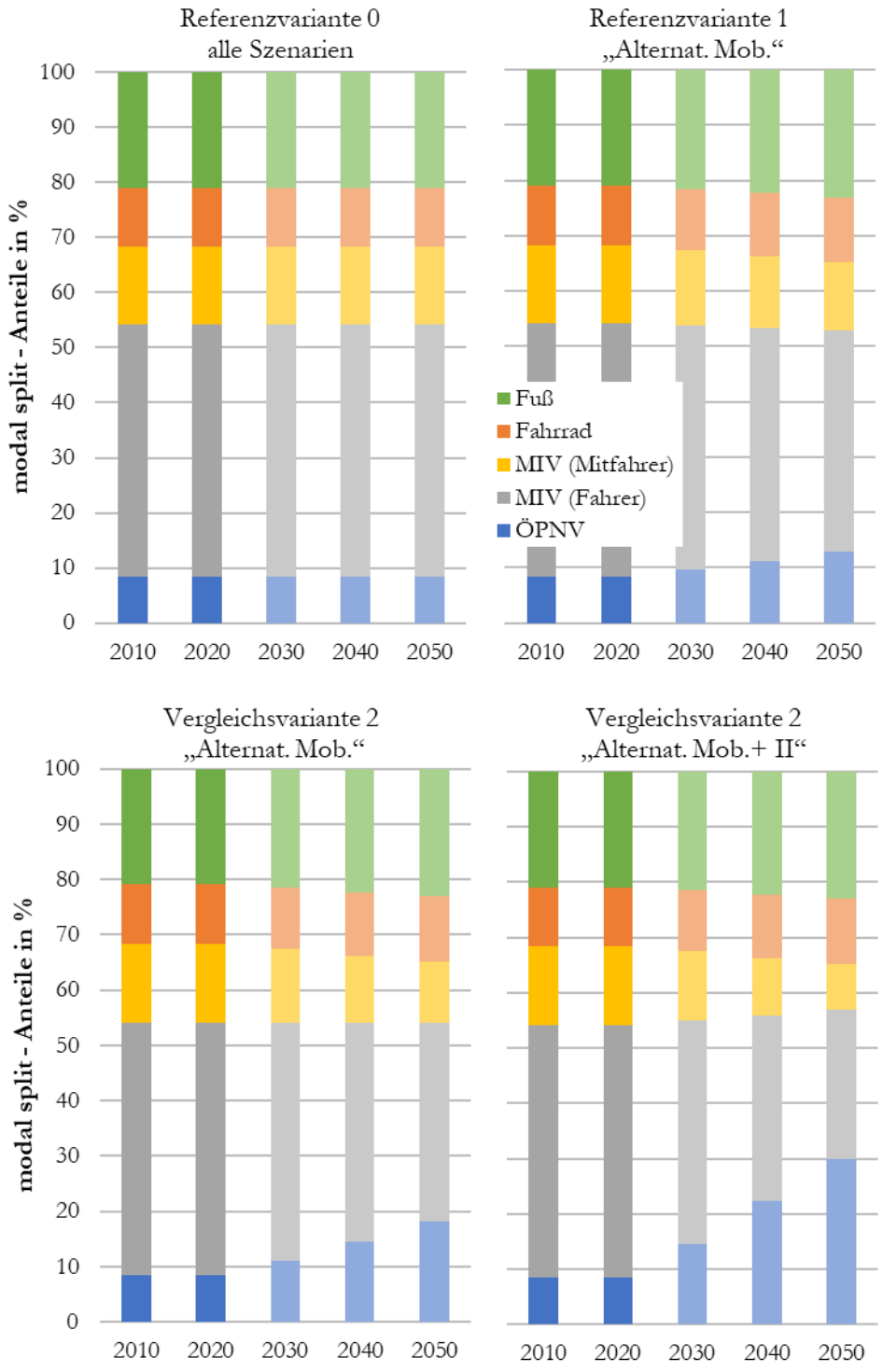


Abbildung 16: Vergleich des modal split in ausgewählten Varianten[55]

In Tabelle *4* sind die wesentlichen Merkmale der Varianten-Szenarien-Kombinationen noch einmal in Form einer Übersicht zusammengestellt.

[55] Quelle: Eigene Darstellung.

Tabelle 4: Übersicht über die Varianten-Szenarien-Kombinationen

Szenario / Variante	Trend Trend Ausstattung*) Trend Antriebsstruktur	Alternative Mobilität Trend Ausstattung*)	Alternative Mobilität + I Stabilisierung Ausstattung*)	Alternative Mobilität + II Absenkung Ausstattung*)
	Ziel Antriebsstruktur (Ziel E-Mobilität)			
Referenzvariante (mit Ausgleich Pkw-Jahresfahrleistung)	Wegen der von Szenario zu Szenario sinkenden Pkw-Ausstattung der Bevölkerung würde bei unveränderten Jahresfahrleistungen je Pkw auch die Gesamtfahrleistung sinken. Um den Mobilitätsbedarf zu decken, wird das Defizit durch höhere Jahresfahrleistungen je Pkw ausgeglichen (---> realitätsfern, nur zu Vergleichszwecken).			
Vergleichsvariante 1 (= Referenzvariante ohne Ausgleich)	Im Gegensatz zur Referenzvariante wird das Defizit in der Pkw-Gesamtfahrleistung durch einen steigenden ÖPNV-Anteil im modal split ausgeglichen. (Die Jahresfahrleistungen je Pkw entsprechen in den drei alternativen Szenarien dem Trendszenario.).			
Vergleichsvariante 2 (= Vergleichsvariante 1 mit mehr ÖPNV)	Gegenüber der Vergleichsvariante 1 wird der ÖPNV-Anteil im modal split nochmals angehoben. Die Anteile des MIV fallen entsprechend geringer aus.			
Vergleichsvariante 3 (= Vergleichsvariante 2 mit kürzeren Wegen)	Gegenüber der Vergleichsvariante 2 bleibt der modal split unverändert. Stattdessen wird der Mobilitätsbedarf gesenkt, indem die durchschnittliche Weglänge reduziert wird, welche die Einwohner der Region täglich zurücklegen (Stadt bzw. Region der kurzen Wege).			

*) Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw: Anzahl der Pkw je 1.000 Einwohner

3.2 Kurzbeschreibung des verwendeten Verkehrsmodells

Das für die Abschätzung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Pkw-Bestandes in der Regiopolregion Rostock verwendete Verkehrsmodell besteht aus zwei Komponenten. Die erste Komponente ist das Bestandsmodell, mit dem die oben beschriebenen Szenarien der Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Regiopolregion Rostock berechnet wurden (Abschnitt 2.3). Die zweite Modellkomponente beinhaltet die Berechnung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen, die im Betrieb dieses Pkw-Bestandes entstehen. Dieses zweite Modell nutzt die Entwicklung des Pkw-Bestandes als eine wesentliche Eingangsgröße. Für die Berechnung des Energieverbrauchs werden durchschnittliche Jahresfahrleistungen zugrunde gelegt, die ihrerseits zum einen aus dem durchschnittlichen jährlichen Mobilitätsbedarf der Bevölkerung und andererseits aus dem modal split des Personen-Straßenverkehrs und seiner zukünftigen Entwicklung abgeleitet werden. Um den Energieverbrauch auf die einzelnen Energieträger (Kraftstoffe, Strom, Wasserstoff) bezogen berechnen zu können, werden die durchschnittlichen Jahresfahrleistungen für die einzelnen Pkw-Antriebsarten berechnet. Diese Jahresfahrleistungen werden mit dem durchschnittlichen Kraftstoff- bzw. Energieverbrauch einer jeden Antriebsart bewertet (Verbrauch je 100 km). Anschließend werden mit den zu den Kraftstoffen und Energieträgern gehörenden Emissionsfaktoren die Treibhausgasemissionen ermittelt. In allen Berechnungen werden die gleichen Antriebsarten berücksichtigt, die den oben beschriebenen Szenarien für die Entwicklung des Pkw-Bestandes zugrunde liegen, also Fahrzeuge mit Otto-, Diesel- und Gasmotoren, Hybridfahrzeuge (ohne bzw. mit Lademöglichkeit aus dem Elektrizitätsnetz - plug-in), batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) sowie Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV - „Sonstige“).

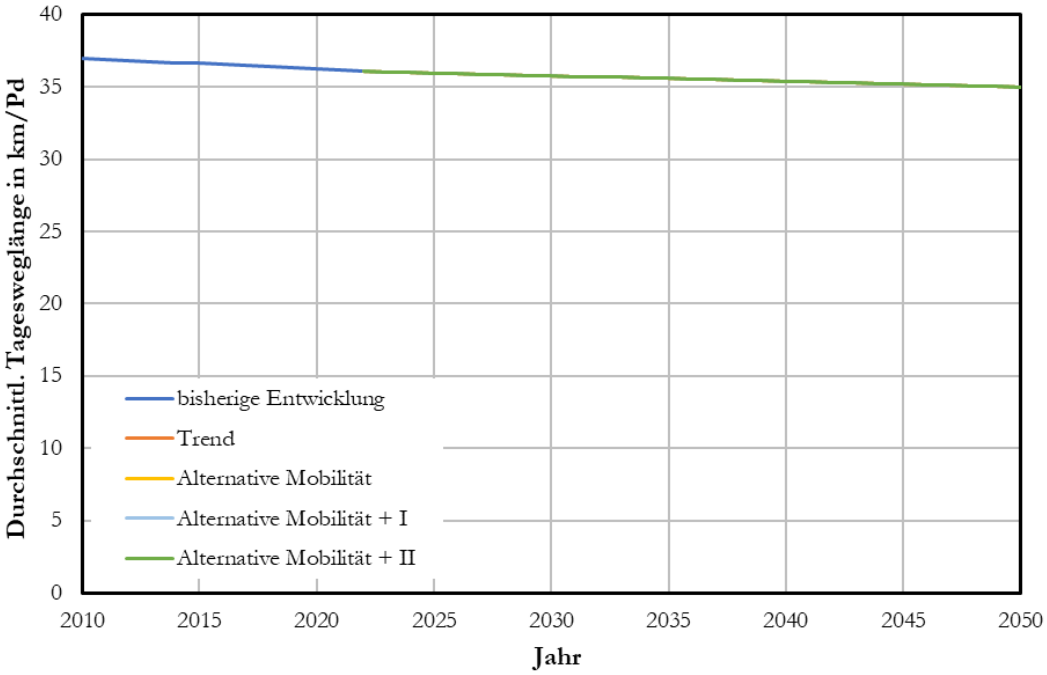
3.3 Kurzbeschreibung der Annahmen und Modellparameter

Mobilitätsbedarf der Bevölkerung

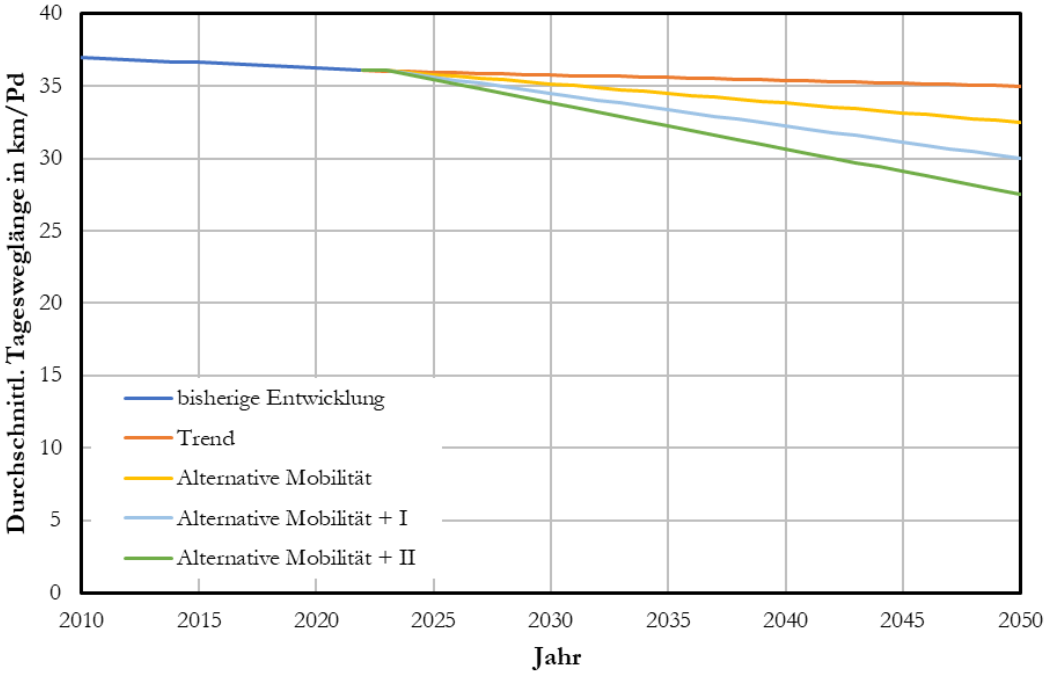
Der jährliche Mobilitätsbedarf der Bevölkerung ergibt sich als Produkt aus der durchschnittlichen täglichen Weglänge eines Einwohners und der Einwohnerzahl der Region. Die durchschnittliche tägliche Weglänge betrug in der Region Rostock 2015 37 km je Person */8/*, S. 32[56]. Diese Weglänge wird hier unverändert von der Region Rostock auf die Regiopolregion Rostock übertragen. Im Weiteren liegt den Modellrechnungen die Annahme zugrunde, dass diese Weglänge tendenziell sinkt und sich gegenwärtig (2023) auf 36 km je Person und Tag beläuft. Dies begründet sich unter anderem dadurch, dass das Durchschnittsalter der Bevölkerung in der Region ansteigt und mit dem zunehmenden Alter die Mobilität abnimmt[57]. Gemäß der Übersicht über die betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen (Tabelle *4* im vorhergehenden Abschnitt) werden in der Referenzvariante und in den Vergleichsvarianten 1 und 2 die gleichen zeitlichen Entwicklungen der durchschnittlichen Weglänge zugrunde gelegt, Abbildung *17* (oberer Teil der Abbildung). Demgegenüber werden in der Vergleichsvariante 3 stufenweise abgesenkte Weglängen betrachtet, Abbildung *17* (unterer Teil).

[56] Die angegebene durchschnittliche tägliche Weglänge basiert auf empirischen Erhebungen innerhalb des Projekts „Mobilität in Deutschland“. Sie setzt sich aus häufig bzw. regelmäßig zurückgelegten Wegen zusammen, darunter das Erreichen des Arbeitsplatzes, der Schule, das Einkaufen, das Bringen und Holen von Personen, private Erledigungen und Freizeitaktivitäten /8/, S. 34.

[57] So ist das Durchschnittsalter der Bevölkerung in der Regiopole Rostock in dem Zeitraum von 2010 bis 2021 um ein Jahr auf 45,4 Jahre gestiegen /14/, S. 52. Die Mobilität nimmt mit zunehmendem Alter und insbesondere mit dem Erreichen des Rentenalters deutlich ab. Dies zeigt sich unter anderem auch in der sinkenden ÖPNV-Nutzung /8/, S. 28/33.



a) in der Variante Referenz und in den Vergleichsvarianten 1, 2



b) in der Vergleichsvariante 3

Abbildung 17: Durchschnittliche tägliche Weglänge je Einwohner[58]

[58] Quelle: Eigene Darstellung.

Aktueller modal split des Personenverkehrs

Der aktuelle Modal Split des Personenverkehrs in der Regiopolregion Rostock wurde auf der Grundlage der RegioStaR 7 (Zusammengefasste regionalstatische Raumtypen und Verkehrsmittelwahl[59]) ermittelt. Dazu wurden den Städten und Gemeinden in der Region die Regionstypen „Regiopole" (Rostock), „Zentrale Stadt" (Güstrow), „Mittelstadt" (übrige Städte) und „Dörflicher Raum" (übrige Gemeinden) sowie der jeweils für diese Regionstypen geltende Modal Split zugeordnet. Unter Verwendung der für diese Teilgebiete berechneten Einwohnerzahlen wurde anschließend ein gewichteter modal split für die Regiopolregion Rostock insgesamt berechnet, Tabelle *5*.

Tabelle 5: Modal split des Personenverkehrs auf der Straße in der Regiopolregion Rostock

Raumtyp (RegioStaR 7)	Modal Split						Einwohnerzahl (2021)	Anteil an der Einwohnerzahl der Region
	ÖPNV	MIV Fahrer	MIV Mitfahrer	Fahrrad	Fuß	gesamt		
	%	%	%	%	%	%	in 1.000	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Regiopole	12	37	13	14	24	100	208.400	45
zentrale Stadt	7	41	15	13	24	100	29.026	6
Mittelstadt	6	49	16	9	20	100	44.483	10
dörfl. Raum	5	56	15	7	17	100	177.666	39
Gesamt	8,4	45,8	14,2	10,7	20,9	100,0	459.575	100

Zukünftige Entwicklung des modal split des Personenverkehrs

Die in den Varianten jeweils angenommenen zukünftigen Entwicklungen des modal split des Personenverkehrs sind bereits kurz beschrieben worden (Abschnitt 3.1). Ergänzend dazu zeigt Abbildung *18* beispielhaft die Entwicklung des modal split für die Vergleichsvariante 3 mit dem Szenario „Alternative Mobilität + II". Darin sinkt der Anteil der MIV-Fahrer und Mitfahrer von 45 auf 27 Prozent bzw. von 14 auf 8 Prozent. Im Gegenzug steigt der ÖPNV-Anteil von 9 auf 30 Prozent. Außerdem steigen die Fahrrad- und Fuß-Anteile von 11 auf 12 Prozent bzw. von 21 auf 23 Prozent.

[59] Quelle: Mobilität in Deutschland 2017. Weiterführende Informationen: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html.

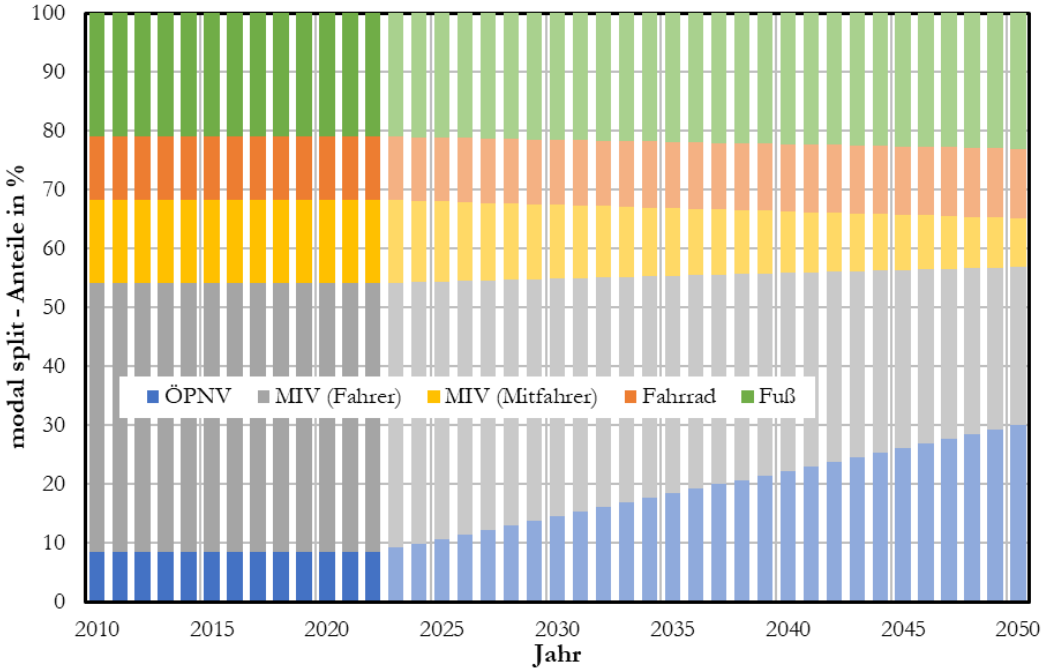


Abbildung 18: Modal split in der Vergleichsvariante 3/Szenario „Alternative Mobilität+ (II)“[60]

3.4 Validierung des Modells

Eine Validierung des verwendeten Modells kann dadurch erfolgen, dass Modellergebnisse mit Daten verglichen werden, welche einen vergleichbaren Sachverhalt beschreiben, jedoch aus anderen Datenquellen stammen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass für die Regiopolregion Rostock oder ihre Teilgebiete keine Daten aus anderen Datenquellen verfügbar sind, weshalb für Deutschland insgesamt verfügbaren Daten herangezogen werden. Im Folgenden soll die durchgeführte Validierung an drei Beispielen beschrieben werden.

Beispiel 1: Das Modell berechnet, wie oben beschrieben (Abschnitt 2.3), den Energieverbrauch des Pkw-Verkehrs gemäß dem Mobilitätsbedarf der Bevölkerung und deren modal split. Daraus ergibt sich unter anderem die Gesamt-Jahresfahrleistung, welche von den Pkw-Fahrern zurückgelegt wird. Diese Gesamt-Jahresfahrleistung kann auf den Pkw-Bestand gezogen werden, sodass sich die durchschnittliche Jahresfahrleistung eines Pkw berechnen lässt. Diese kann mit den Jahresfahrleistungen verglichen werden, die vom Kraftfahrt-Bundesamt in Flensburg für Deutschland insgesamt angegeben werden, Abbildung *19*. Die für die Regiopolregion Rostock berechneten Jahresfahrleistungen belaufen sich in den dargestellten Zeitraum auf jeweils ca. 90 Prozent der für Deutschland angegebenen Fahrleistungen.

Beispiel 2: Die mit dem Modell für die Regiopolregion Rostock berechneten Gesamt-Jahresfahrleistungen mit Pkw können in Beziehung zu den Jahresfahrleistungen gesetzt werden, welche wiederum vom Kraftfahrt-Bundesamt in Flensburg für Deutschland insgesamt angegeben werden. Diesem Vergleich liegt die Annahme zugrunde, dass bei ähnlichen durchschnittlichen Jahresfahrleistungen eines Pkw der Anteil der in der Regiopolregion Rostock erbrachten Gesamt-Jahresfahrleistungen mit Pkw näherungsweise mit dem Anteil übereinstimmen muss, den der Pkw-Bestand der Region am Pkw-Bestand Deutschlands insgesamt hat. Wie Abbildung *20* zeigt, stimmen diese beiden Anteile näherungsweise überein. Danach liegt der Anteil der Region am Pkw-Bestand Deutschlands in dem betrachteten Zeitraum knapp über 0,50 Prozent. Demgegenüber liegt der Anteil der Region an den in Deutschland insgesamt von Pkw erbrachten Jahresfahrleistungen zwischen 0,44 und 0,48 Prozent.

[60] Quelle: Eigene Darstellung.

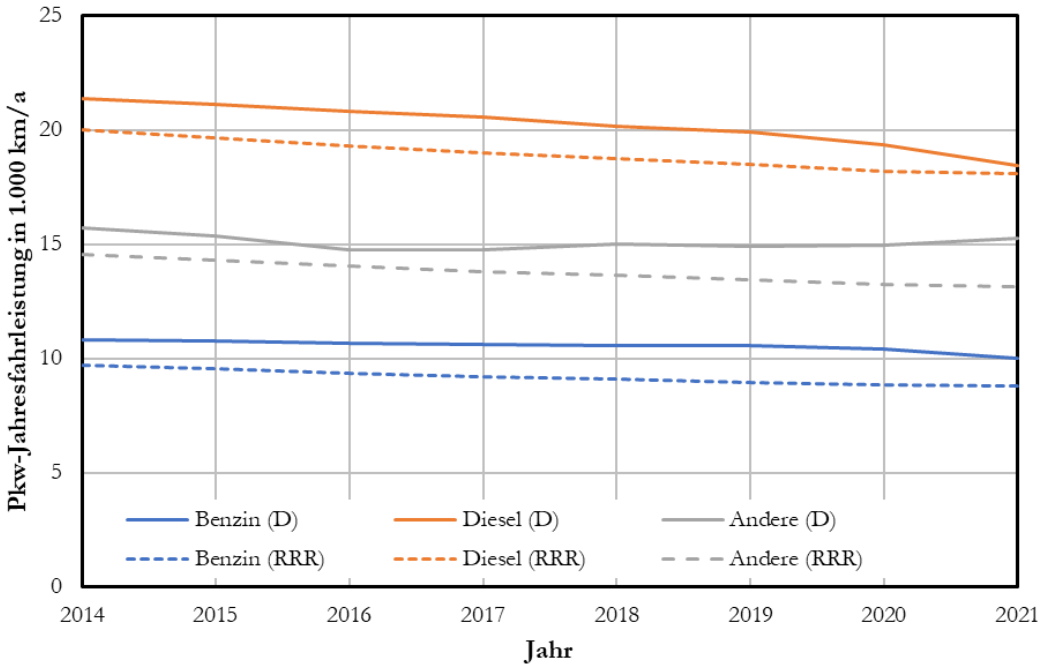


Abbildung 19: Pkw-Jahresfahrleistung Deutschland - Regiopolregion Rostock (Modell) im Vergleich[61]

Beispiel 3: Gemäß den veröffentlichten Angaben der beiden im Straßen-ÖPNV in der Regiopolregion Rostock aktiven Unternehmen RSAG und rebus tragen diese zu annähernd gleichen Teilen zu den ÖPNV-Verkehrsleistungen bei: Die Fahrplankilometer belaufen sich auf ca. 7,9 bzw. 7,5 Mio. km/a, die beförderten Personen auf 3,9 bzw. 5,6 Mio. Fahrgäste/a (Angaben zur erbrachten Beförderungsleistung in Personenkilometern liegen nur für die RSAG vor, sie beliefen sich der Statistik des Verbandes Deutscher Verkehrsunternehmen[62] zufolge im Jahr 2021 auf 107 Mio. Pkm). Gemäß der nnähernden Gleichverteilung der ÖPNV-Personenbeförderungsleistung auf die beiden Unternehmen müsste sich deren Anteil am modal split auf jeweils ca. 4 bis 5 Prozent belaufen, da der Anteil des Straßen-ÖPNV insgesamt gegenwärtig ca. 8,4 Prozent beträgt. Dies trifft für die RSAG zu, wie Abbildung *21* zeigt. In der Abbildung repräsentiert die blaue Linie die Beförderungsleistung der RSAG als Summe aus Bus und Straßenbahn. Die orangefarbene Linie steht für den Anteil der RSAG am modal split des Straßenverkehrs, während die graue Linie den ÖPNV-Anteil am modal split darstellt.

Wie die Beispiele zeigen, stimmen die mit dem Modell berechneten Ergebnisse in erster Näherung mit empirischen Daten für solche Sachverhalte überein, die zumindest prinzipiell vergleichbar sind (auch wenn im Verkehr Deutschlands und der Region nicht nur Größen-, sondern auch Strukturunterschiede bestehen). Das Modell kann insoweit als valide betrachtet werden, zumal bei den mit dem Modell durchgeführten Analysen weniger die absoluten Ergebnisse für den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen als vielmehr die Unterschiede zwischen den betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen im Mittelpunkt stehen.

[61] Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: für RRR: Modellergebnisse; für D: Verkehr in Kilometern (VK) – Zeitreihe VK 1.7 Personenkraftwagen nach Kraftstoffarten seit 2014 des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg (https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.html). Für den dargestellten Vergleich wurden die mit dem Modell für die Regiopolregion Rostock berechneten Pkw-Jahresfahrleistungen der alternativ angetriebenen Pkw zu „Andere“ aggregiert.

[62] Quelle und weitere Informationen: https://www.vdv.de/statistik-jahresbericht.aspx.

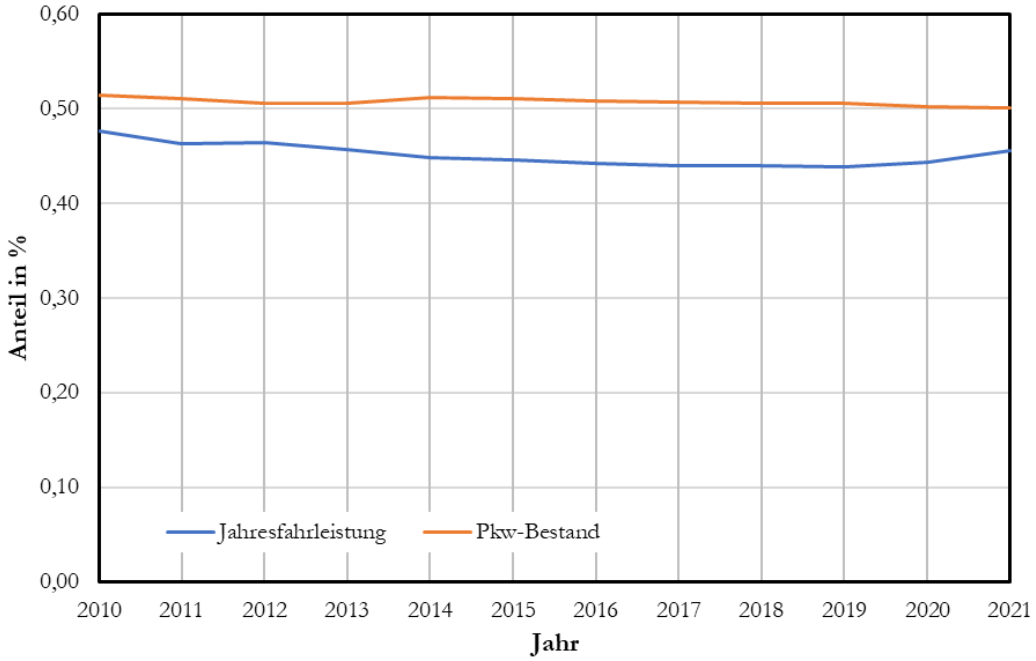


Abbildung 20: Pkw-Anteile der Regiopolregion Rostock (Modell) in Deutschland[63]

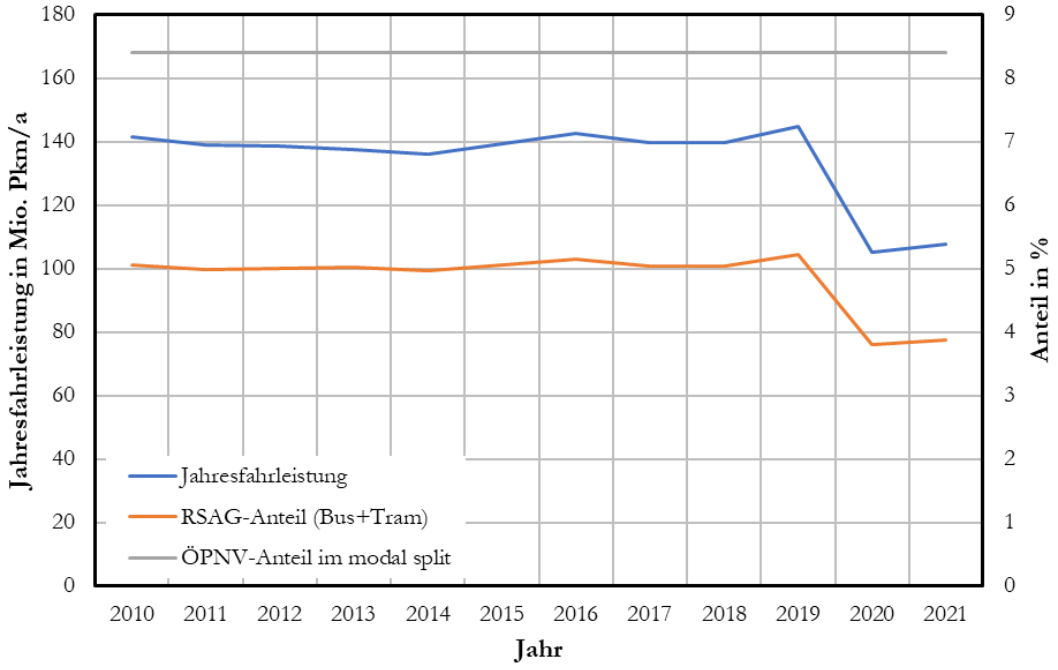


Abbildung 21: Jahresfahrleistung der RSAG und modal-split-Anteil (Modell)[64]

[63] Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: Wie vorhergehende Abbildung.

[64] Quelle: Eigene Darstellung. Datenbasis: Für RRR: Modellergebnisse; für RSAG: https://www.vdv.de/statistik-jahresbericht.aspx.

3.5 Ergebnisse der durchgeführten Modellanalysen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchgeführten Modellanalysen für die betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen kurz beschrieben. Hierzu werden zunächst die Jahresfahrleistungen und anschließend der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen angegeben. Diese Modellergebnisse liegen als vollständige Zeitreihen für den Zeitraum von 2010 bis 2050 vor. Aus diesen Zeitreihen werden hier nur die Modellergebnisse für die Stichjahre 2020, 2035 und 2050 angegeben.

Jahresfahrleistungen

Die Jahresfahrleistungen in den betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen sind in Tabelle *6* zusammengestellt. Wie die Tabelle zeigt, sind sowohl die Jahresfahrleistungen insgesamt als auch die durchschnittlichen Jahresfahrleistungen je Pkw im Trendszenario und in allen Varianten gleich. Ebenso stimmen die Fahrleistungen aller Szenarien und Varianten für das Jahr 2020 überein. Unterschiedliche Fahrleistungen ergeben sich gemäß den oben beschriebenen Annahmen (Abschnitt 3.3) in den Szenarien mit alternativer Entwicklung der Mobilität (gegenüber dem Trendszenario) und in den Vergleichsvarianten (gegenüber der Referenzvariante 0). Dabei sinken die Jahresfahrleistungen von Szenario zu Szenario (nach rechts) und von Variante zu Variante (nach unten) schrittweise ab. Die betreffenden Modellergebnisse sind in der Tabelle grün unterlegt.

Wie erwähnt (Abschnitt 3.3), werden in der Referenzvariante 0 in den beiden Szenarien „Alternative Mobilität +I“ und „Alternative Mobilität +II“ die durch die sinkende Pkw-Ausstattung der Bevölkerung fehlenden Fahrleistungen zur Deckung des Mobilitätsbedarfs durch den verbleibenden Pkw-Bestand ausgeglichen, weshalb diese gegenüber den beiden anderen Szenarien höher ausfallen. Die betreffenden Modellergebnisse sind in der Tabelle rötlich unterlegt.

In den drei anderen Varianten werden die fehlenden Fahrleistungen dagegen durch steigende ÖPNV-Anteile am modal split ausgeglichen, weshalb die Pkw-Fahrleistungen insgesamt und je Pkw in den Szenarien mit alternativer Entwicklung der Mobilität rückläufig sind (der Grünton verdeutlicht den steigenden Rückgang der Jahresfahrleistung).

In der Vergleichsvariante 1 führt die schrittweise Anhebung des ÖPNV-Anteils im modal split in den Szenarien mit alternativer Mobilität gegenüber dem Trendszenario um jeweils ca. 5 Prozent zu einem Rückgang der Jahresfahrleistung insgesamt um bis zu 15 Prozent bis 2035 und um bis zu 35 Prozent bis 2050 (diese Rückgänge ergeben sich jeweils zusätzlich zu dem demographisch bedingten Rückgang, der bereits im Trendszenario bis 2035 bzw. bis 2050 einen Rückgang der Fahrleistung insgesamt gegenüber 2020 um 2 bzw. 6 Prozent bewirkt). Die durchschnittliche, über alle Antriebsarten gemittelte Fahrleistung je Pkw sinkt gegenüber dem Trendszenario um jeweils 10 Prozent bis 2035 bzw. 2050 (der demographisch bedingte Rückgang gegenüber 2020 beläuft sich dementsprechend auf 10 bzw. 20 Prozent).

In der Vergleichsvariante 2 bewirkt die schrittweise Anhebung des ÖPNV-Anteils um 5 bis 10 Prozent je nach alternativem Szenario einen Rückgang der Fahrleistung insgesamt um bis zu 20 Prozent bis 2035 bzw. um bis zu 40 Prozent bis 2050 (wiederum zusätzlich zu dem demographisch bedingten Rückgang um die oben genannten 2 bzw. 6 Prozent). Die durchschnittliche Fahrleistung je Pkw sinkt nun um jeweils ca. 15 Prozent (wiederum zusätzlich zum Rückgang im Trendszenario um 10 bzw. 20 Prozent).

In der Vergleichsvariante 3 mit den gleichen ÖPNV-Anteilen wie in der Vergleichsvariante 2, jedoch mit einem sinkenden Mobilitätsbedarf aufgrund kürzerer Wege, geht die Jahresfahrleistung insgesamt je nach alternativem Szenario bis 2035 um bis zu 25 Prozent und bis 2050 um bis zu 50 Prozent zurück. Die durchschnittliche Fahrleistung je Pkw sinkt entsprechend bis 2035 um bis zu 20 Prozent und bis 2050 um bis zu 30 Prozent. Auch hier bezeichnen die Prozentwerte die Rückgänge, die sich zusätzlich zu den schon genannten Rückgängen im Trendszenario einstellen. Abbildung *22* zeigt beispielhaft die Entwicklung der durchschnittlichen Pkw-Jahresfahrleistungen in der in Vergleichsvariante 3 und dort im Szenario „Alternative Mobilität+ (II)“.

Tabelle 6: Modellergebnisse – Pkw-Jahresfahrleistungen (gerundet)

Szenario Variante	Jahr	Trend	Alternative Mobilität	Alternative Mobilität + (I)	Alternative Mobilität + (II)
1	2	3	4	5	6
Referenz-variante 0	Jahresfahrleistung gesamt in Mrd. Personen-km				
	2020	3,64	3,64	3,64	3,64
	2035	3,55	3,55	3,55	3,55
	2050	3,43	3,43	3,43	3,43
	Durchschnittl. Jahresfahrleistung je Pkw in km/a				
	2020	11.930	11.930	11.930	11.930
	2035	10.640	10.640	11.070	11.070
	2050	9.590	9.590	10.950	12.830
Vergleichs-variante 1	Jahresfahrleistung gesamt in Mrd. Personen-km				
	2020	3,64	3,64	3,64	3,64
	2035	3,55	3,34	3,17	2,98
	2050	3,43	2,99	2,62	2,24
	Durchschnittl. Jahresfahrleistung je Pkw in km/a				
	2020	11.930	11.930	11.930	11.930
	2035	10.640	10.010	9.860	9.290
	2050	9.590	8.370	8.370	8.370
Vergleichs-variante 2	Jahresfahrleistung gesamt in Mrd. Personen-km				
	2020	3,64	3,64	3,64	3,64
	2035	3,55	3,20	3,04	2,87
	2050	3,43	2,69	2,36	2,01
	Durchschnittl. Jahresfahrleistung je Pkw in km/a				
	2020	11.930	11.930	11.930	11.930
	2035	10.640	9.580	9.470	8.950
	2050	9.590	7.530	7.530	7.530
Vergleichs-variante 3	Jahresfahrleistung gesamt in Mrd. Personen-km				
	2020	3,64	3,64	3,64	3,64
	2035	3,55	3,10	2,85	2,61
	2050	3,43	2,50	2,02	1,58
	Durchschnittl. Jahresfahrleistung je Pkw in km/a				
	2020	11.930	11.930	11.930	11.930
	2035	10.640	9.290	8.880	8.120
	2050	9.590	6.990	6.450	5.920

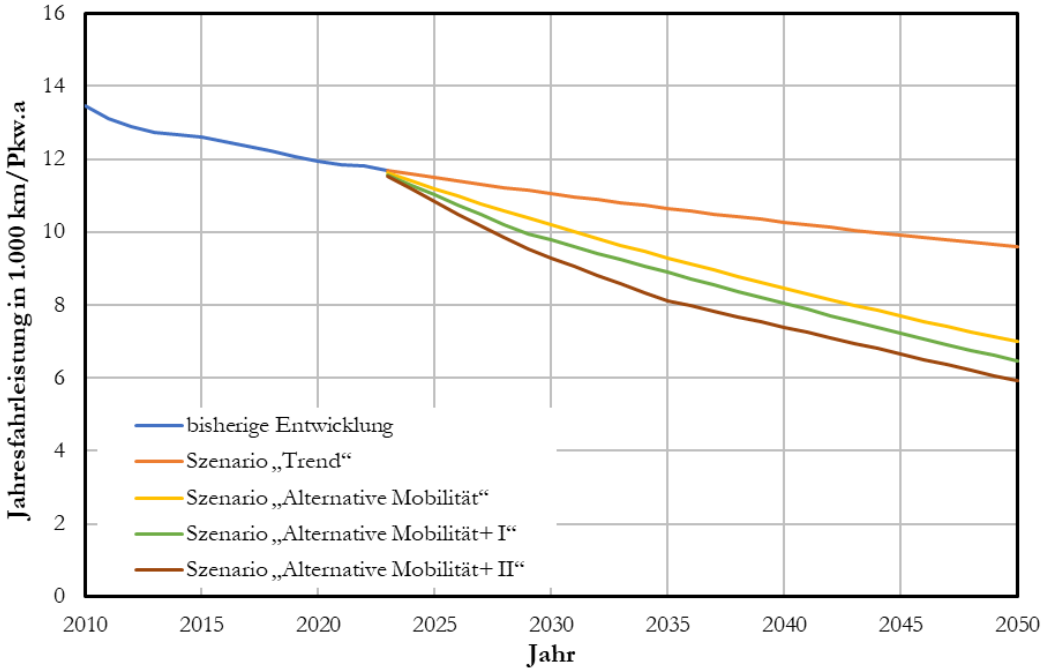


Abbildung 22: Pkw-Fahrleistung in Vergleichsvariante 3/Szenario „Alternative Mobilität+ (II)“[65]

Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen

Der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen in den betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen sind in Tabelle *7* zusammengestellt. Auch hier sind der Energieverbrauch und Emissionen des Trendszenarios in allen betrachteten Varianten gleich. Unterschiede ergeben sich gemäß den oben beschriebenen Annahmen (Abschnitt 3.3) in den Szenarien mit alternativer Entwicklung der Mobilität (gegenüber dem Trendszenario) und in den Vergleichsvarianten (gegenüber der Referenzvariante 0). Dabei sinken die Jahresfahrleistungen von Szenario zu Szenario (nach rechts) und von Variante zu Variante (nach unten) schrittweise ab. Die betreffenden Modellergebnisse sind in der Tabelle grün unterlegt. Ergänzend dazu zeigt Abbildung *23* die Modellergebnisse zur Energieverbrauch im Vergleich der untersuchten Varianten-Szenarien-Kombinationen. In entsprechender Weise verlaufen auch die Entwicklungen der Treibhausgasemissionen.

Wie erwähnt (Abschnitt 3.3), werden in der Referenzvariante 0 in den beiden Szenarien „Alternative Mobilität +I“ und „Alternative Mobilität +II“ die Defizite bei der Deckung des Mobilitätsbedarfs, welcher durch die sinkende Pkw-Ausstattung der Bevölkerung entsteht, durch höhere Fahrleistungen des verbleibenden Pkw-Bestand ausgeglichen. Dabei wirkt sich die Absenkung der Pkw-Ausstattung gleichermaßen auf den Bestand an Pkw aller Antriebsarten aus. Ebenso werden die Pkw mit allen Antriebsarten zur Beseitigung des Defizits eingesetzt. Da sich die beiden Effekte im Hinblick auf den Energieverbrauch und die Emissionen gegenseitig aufheben, sind der Verbrauch und die Emissionen in diesen beiden Szenarien gleich jenen im Szenario „Alternative Mobilität“, Abbildung *23* (Diagramm links oben). Die Unterschiede gegenüber dem Trendszenario ergeben sich durch die unterschiedlichen Entwicklungen des Pkw-Bestands insgesamt und der jeweiligen Antriebsstrukturen (Abschnitt 2.3). Der Energieverbrauch sinkt gegenüber dem Trendszenario bis 2035 um 30 Prozent und bis 2050 um 40 Prozent. Die Treibhausgasemissionen verringern sich um 40 Prozent bzw. um 60 Prozent (die betreffenden Modellergebnisse sind in der Tabelle grau unterlegt).

[65] Quelle: Eigene Darstellung. (Die für die Pkw nach Antriebsarten getrennt berechneten Jahresfahrleistungen wurden für die Abbildung über alle Antriebsarten gemittelt).

Tabelle 7: Modellergebnisse – Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen (gerundet)

Szenario Variante	Jahr	Trend	Alternative Mobilität	Alternative Mobilität + (I)	Alternative Mobilität + (II)
1	2	3	4	5	6
Referenz-variante 0	Energieverbrauch in TJ				
	2020	6.800	6.800	6.800	6.800
	2035	6.210	4.300	4.300	4.300
	2050	4.880	3.020	3.020	3.020
	CO_2-Emissionen in kt				
	2020	470	470	470	470
	2035	410	250	250	250
	2050	280	110	110	110
Vergleichs-variante 1	Energieverbrauch in TJ				
	2020	6.800	6.800	6.800	6.800
	2035	6.210	4.040	3.830	3.600
	2050	4.880	2.630	2.310	1.970
	CO_2-Emissionen in kt				
	2020	470	470	470	470
	2035	410	230	220	210
	2050	280	100	90	70
Vergleichs-variante 2	Energieverbrauch in TJ				
	2020	6.800	6.800	6.800	6.800
	2035	6.210	3.870	3.670	3.470
	2050	4.880	2.370	2.080	1.770
	CO_2-Emissionen in kt				
	2020	470	470	470	470
	2035	410	220	210	200
	2050	280	90	80	70
Vergleichs-variante 3	Energieverbrauch in TJ				
	2020	6.800	6.800	6.800	6.800
	2035	6.210	3.750	3.450	3.150
	2050	4.880	2.200	1.780	1.390
	CO_2-Emissionen in kt				
	2020	470	470	470	470
	2035	410	210	200	180
	2050	280	80	70	50

In den drei anderen Varianten werden die fehlenden Fahrleistungen dagegen durch steigende ÖPNV-Anteile am modal split ausgeglichen, weshalb die Pkw-Fahrleistungen insgesamt und je Pkw in den Szenarien mit alternativer Entwicklung der Mobilität rückläufig sind (der Grünton verdeutlicht den steigenden Rückgang der Jahresfahrleistung). Dementsprechend sinken der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen nicht nur durch die veränderten Antriebsstrukturen des Pkw Bestands, sondern auch durch die rückläufigen Fahrleistungen.

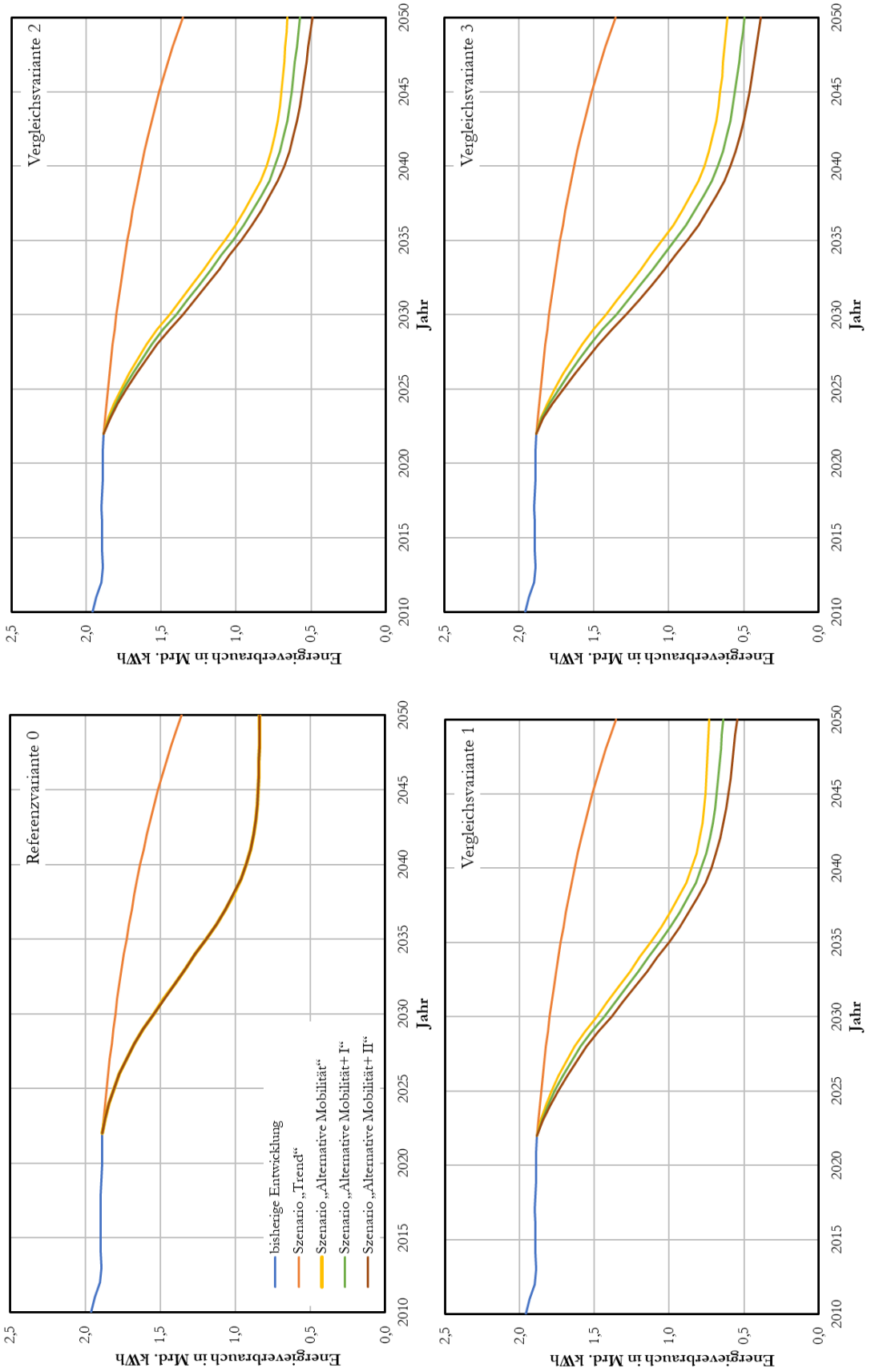


Abbildung 23: Energieverbrauch in den Varianten-Szenarien-Kombinationen[66]

[66] Quelle: Eigene Darstellung.

In der Vergleichsvariante 1 führt die schrittweise Anhebung des ÖPNV-Anteils im modal split in den Szenarien mit alternativer Mobilität gegenüber dem Trendszenario um jeweils ca. 5 Prozent zu einem Rückgang des Energieverbrauchs um bis zu 35 Prozent bis 2035 und um bis zu 45 Prozent bis 2050, Abbildung *23* (Diagramm links unten). Diese Rückgänge ergeben sich jeweils zusätzlich zu dem Rückgang, der bereits im Trendszenario bis 2035 bzw. bis 2050 einen Rückgang des Energieverbrauchs gegenüber 2020 um 10 bzw. 30 Prozent bewirkt und dort sowohl demographisch bedingt ist als auch durch den trendbasierten, also moderaten Wandel in den Pkw-Antriebstrukturen. Die Treibhausgasemissionen sinken gegenüber dem Trendszenario um 40 Prozent bis 2035 bzw. um 45 Prozent bis 2050 (diese Rückgänge in den Emissionen ergeben sich jeweils zusätzlich zu dem Rückgang im Trendszenario, welcher sich bis 2035 bzw. bis 2050 gegenüber 2020 auf 15 bzw. auf 40 Prozent beläuft).

In der Vergleichsvariante 2 bewirkt die schrittweise Anhebung des ÖPNV-Anteils um 5 bis 10 Prozent einen Rückgang des Energieverbrauchs je nach alternativem Szenario um bis zu 40 Prozent bis 2035 bzw. um bis zu 45 Prozent bis 2050, Abbildung *23* (Diagramm rechts oben). Dieser Rückgang ergibt sich wiederum zusätzlich zu dem Rückgang, welcher bereits im Trendszenario eintritt. Die Treibhausgasemissionen sinken nun um jeweils 45 Prozent (wiederum zusätzlich zum Rückgang im Trendszenario um 15 bzw. 40 Prozent).

Die Vergleichsvariante 3 beinhaltet die gleichen ÖPNV-Anteile wie die Vergleichsvariante 2. Allerdings bildet sie einen sinkenden Mobilitätsbedarf aufgrund kürzerer Wege ab. Dadurch geht der Energieverbrauch in den alternativen Szenarien zurück, Abbildung *23* (Diagramm rechts unten), und zwar um bis zu 45 Prozent bis 2035 und um bis zu 50 Prozent bis 2050. Die Treibhausgasemissionen sinken bis 2035 bzw. bis 2050 um bis zu 50 Prozent. Auch hier bezeichnen die Prozentwerte die Rückgänge, die sich zusätzlich zu den schon genannten Rückgängen im Trendszenario einstellen.

Mehrbedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen

Der ÖPNV kann Personenbeförderungsleistungen wesentlich energieeffizienter und dementsprechend auch mit geringeren Treibhausgasemissionen erbringen als der Motorisierte Individualverkehr. Daher wird der ÖPNV-Anteil im modal split in den betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen sowohl von Variante zu Variante als auch innerhalb der Varianten von Szenario zu Szenario stufenweise angehoben[67]. Dadurch kann jeweils der MIV-Anteil (Fahrer und Mitfahrer) sinken (Abschnitt 3.4).

Mit den steigenden ÖPNV-Anteilen am modal split ergeben sich in Abhängigkeit von der Entwicklung des Mobilitätsbedarfs Beförderungsleistungen, welche der ÖPNV jedes Jahr zusätzlich erbringen muss. Diese sind in Tabelle *8* für die betrachteten Varianten-Szenarien-Kombinationen zusammengestellt. Die Tabelle gibt für die drei Stichjahre 2020, 2035 und 2050 jeweils die absoluten Mehr-Beförderungsleistungen gegenüber dem Trendszenario und den prozentualen Anteil an, den diese Mehr-Jahresfahrleistungen an den ÖPNV-Jahresfahrleistungen des betreffenden Stichjahres im Trendszenario haben.

In der Referenzvariante 0 ergibt sich kein Mehrbedarf für ÖPNV-Beförderungsleistungen, da in den Szenarien mit alternativer Mobilität der gleiche ÖPNV-Anteil im modal split zugrunde gelegt wird wie Trendszenario.

In der Vergleichsvariante 1 muss der ÖPNV-Anteil im modal split in dem Umfang steigen, wie die beiden MIV-Anteile (Fahrer und Mitfahrer) zurückgehen. Die gegenüber dem Trendszenario sinkenden MIV-Anteile resultieren im Szenario „Alternative Mobilität" aus der Umstrukturierung des Pkw-Bestandes: Dort wird zur Umstellung des Pkw-Bestandes auf alternative, das heißt klimaneutrale Antriebe etwa ab dem Jahr 2025 besonders der Anteil der Diesel-Pkw reduziert. Etwa ab dem Jahr 2040 stehen dann über-

[67] In der Vergleichsvariante 3 trägt eine Verkürzung der durchschnittlichen täglichen Weglänge der Einwohner zu einem rückläufigen Mobilitätsbedarf bei. Durch diese Verkürzung steigen die Potenziale für den Fahrrad- und Fußverkehr, weshalb auch diese beiden Anteile am modal split – im Vergleich zum ÖPNV-Anteil allerdings nur geringfügig – steigen.

Tabelle 8: Modellergebnisse – Zusätzlicher Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen (gerundet)

Szenario Variante	Jahr	Trend	Alternative Mobilität	Alternative Mobilität + (I)	Alternative Mobilität + (II)
1	2	3	4	5	6
Referenz-variante 0	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in Mio. Personen-km				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	0	0	0
	2050	0	0	0	0
	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in in %				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	0	0	0
	2050	0	0	0	0
Vergleichs-variante 1	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in Mio. Personen-km				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	40	98	150
	2050	0	74	167	225
	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in in %				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	17	43	66
	2050	0	34	76	103
Vergleichs-variante 2	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in Mio. Personen-km				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	87	134	176
	2050	0	152	211	241
	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in in %				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	38	59	77
	2050	0	69	96	110
Vergleichs-variante 3	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in Mio. Personen-km				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	78	112	138
	2050	0	126	150	142
	Zusätzlicher Bedarf im ÖPNV ggü. Trend-Szenario in in %				
	2020	0	0	0	0
	2035	0	34	49	61
	2050	0	57	68	65

haupt keine Diesel-Pkw mehr zur Verfügung (Abschnitt 2.3). Allerdings haben die Diesel-Pkw in den Vorjahren überdurchschnittlich zu Jahresfahrleistung des Pkw-Bestandes insgesamt beigetragen (wie empirisch belegt und auch im verwendeten Modell abgebildet ist, sind die Jahresfahrleistungen von Diesel-Pkw annähernd doppelt so hoch wie die der Pkw mit anderen Antriebsarten). Das entstehende Defizit bei der Deckung des Mobilitätsbedarfs muss durch den ÖPNV beseitigt werden. Die hierfür zusätzlichen Jahresfahrleistungen steigen bis 2035 auf 40 Mio. Pkm/a und bis 2050 auf 75 Mio. Pkm/a. Dies entspricht 2035

17 Prozent und 2050 34 Prozent der Jahresfahrleistungen, welche der ÖPNV bereits im Trendszenario erbringt. In den Szenarien „Alternative Mobilität+ I“ und „Alternative Mobilität+ II“ steigt der ÖPNV-Bedarf zusätzlich dadurch, dass die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw stabilisiert bzw. sogar abgesenkt wird. Dadurch reduziert sich bei gleichen Jahresfahrleistungen je Pkw die Jahresfahrleistung des Pkw-Bestandes insgesamt. Das entstehende Defizit in der Deckung des Mobilitätbedarfs wird auch in diesen beiden Szenarien durch zusätzlichen ÖPNV beseitigt.

In der Vergleichsvariante 2 verändert sich der Mehrbedarf an Beförderungsleistung des ÖPNV nicht nur infolge der Umstrukturierung des Pkw-Bestandes hin zu alternativen Antriebsarten. Vielmehr wird hier der ÖPNV-Anteil im modal split weiter angehoben. Die Vergleichsvariante 2 bildet somit verkehrspolitische bzw. stadt- und regionalplanerische Entwicklungen ab, welche auf eine Stärkung des energetisch wesentlich effizienteren ÖPNV zielen, um den MIV und seine hohen Treibhausgasemissionen und sonstigen Nachteile zu reduzieren. Daraus resultierend ergibt sich in der Vergleichsvariante 2 ein zusätzlicher ÖPNV-Bedarf bis 2035 von bis zu 176 Mio. Pkm/a und bis 2050 von bis zu 241 Mio. Pkm/a. Das heißt, die ÖPNV-Beförderungsleistung müsste bis 2050 verdoppelt werden.

In der Vergleichsvariante 3 wird dieser zusätzliche Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistung seinerseits erheblich reduziert. Dies ist möglich, wenn es gelingt, den Mobilitätsbedarf insgesamt zu reduzieren. Eine solche Entwicklung ist Gegenstand der Vergleichsvariante 3: Sie basiert auf dem gleichen modal split wie die Vergleichsvariante 2. Stattdessen wird der Mobilitätsbedarfs der Bevölkerung abgesenkt. Dies erfolgt dadurch, dass die tägliche Weglänge eines durchschnittlichen Einwohners durch geeignete Maßnahmen von den gegenwärtigen knapp 36,1 km/d bis 2035 je nach alternativem Szenario auf 34,5 km/d, auf 33,4 km/d bzw. auf 32,3 km/d abgesenkt werden kann. Bis 2050 reduzieren sich die Weglängen stetig weiter auf 32,5 km/d, auf 30,0 km/d bzw. auf 27,5 km/d (im Trendszenario sinkt die durchschnittliche tägliche Weglänge zwar auch, allerdings nur moderat von den heutigen 36,1 km/d auf 35,6 km/d bzw. auf 35,0 km/d). In dem Szenario „Alternative Mobilität+ II“ führt die Reduzierung der durchschnittlichen täglichen Weglänge dazu, dass der Mehrbedarf an ÖPNV-Beförderungsleistung gegenüber dem Trendszenario ab 2035 allmählich wieder zurückgeht. Dieser Rückgang ist zwar relativ klein, er tritt aber ein, obwohl die Pkw-Ausstattung der Bevölkerung in diesem Szenario zunächst stabilisiert und ab 2035 abgesenkt wird und obwohl der ÖPNV-Anteil im modal split wie in der Vergleichsvariante 2 gegenüber dem Trendszenario angehoben ist. Die betreffenden Modellergebnisse sind in der Tabelle grün unterlegt.

Die in Tabelle *8* ausgewiesenen prozentualen Zuwächse des Bedarfs an ÖPNV-Beförderungsleistungen geben zugleich auch an, inwieweit der zukünftige ÖPNV insgesamt in seiner Beförderungskapazität gegenüber den heutigen Gegebenheiten ausgebaut werden müsste. Beispielsweise müsste in der Vergleichsvariante 3, also in einem Personenverkehr mit deutlich gewandelter Pkw-Antriebsstruktur, mit einem deutlich erhöhten ÖPNV-Anteil im modal split und mit einer reduzierten durchschnittlichen täglichen Weglänge die ÖPNV-Beförderungskapazität bis 2035 auf das 1,6-fache der heutigen Kapazität steigen und im Weiteren auf dem erreichten Niveau gehalten werden. Zu der erforderlichen Kapazitätserweiterung können eine höhere Auslastung der eingesetzten Fahrzeuge, der Einsatz größerer Fahrzeuge und der Einsatz von mehr Fahrzeugen (Netz- und Taktverdichtung) beitragen[68]. Entsprechend der praktischen Umsetzbarkeit der genannten Maßnahmen bei den einzelnen ÖPNV-Verkehrsträgern können bzw. müssen diese in unterschiedlichem Maße zu der erforderlichen Kapazitätserweiterung beitragen.

[68] Die genannten Maßnahmen wirken sich direkt auf die Beförderungskapazität aus. Indirekt würde zudem auch eine Erhöhung der Beförderungsgeschwindigkeit („Grüne Welle“ für ÖPNV-Fahrzeuge mit Vorrangschaltungen von Lichtsignalanlagen, Busspuren und -schleusen etc.) kapazitätserweiternd wirken, sofern dadurch mit der gleichen Anzahl von Fahrzeugen mehr Umläufe gefahren werden könnten. Gegenwärtig untersucht allerdings beispielsweise die Stadtverwaltung der Regiopole Rostock die Möglichkeiten einer Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h. Einer aus aktuellen Untersuchungen abgeleiteten Faustregel zufolge würde eine solche Reduzierung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 auf 30 km/h zu einer durchschnittlichen Fahrzeitverlängerung von 20 s/km führen. Die Verlängerung steht tendenziell im Zusammenhang mit der Anzahl der auf den betreffenden Linien zu bedienenden Haltestellen (Quelle: https://www.vde-verlag.de/lbs/005040402537400.html). Zudem zeigen empirische Untersuchungen, dass der ÖPNV hinsichtlich der Reisegeschwindigkeit in vielen Großstädten gegenüber dem Pkw deutlich im Nachteil ist (der ÖPNV ist im

Der in Tabelle *8* ausgewiesene zusätzliche Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen verteilt sich zum einen auf die Regiopole Rostock und auf ihren Verflechtungsraum. Zum anderen verteilt er sich auf die dort jeweils angebotenen ÖPNV-Formen. In der Regiopole Rostock sind dies im Wesentlichen der ÖPNV mit Omnibussen und der ÖPNV mit der Straßenbahn, die beide von der Rostocker Straßenbahn AG betrieben werden. Hinzu kommt die Rostocker S-Bahn der DB Regio AG Regio Nordost (DB Regio AG). Im Verflechtungsraum müsste der Mehrbedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen durch den Omnibus-ÖPNV der rebus Regionalbus Rostock GmbH, durch den Regionalverkehr der DB Regio AG Regio Nordost und gegebenenfalls durch weitere Anbieter wie die Ostdeutsche Eisenbahn GmbH oder die Mecklenburgische Bäderbahn (Molli) erbracht werden.

In einer an den grob geschätzten gegenwärtigen Relationen orientierten Verteilung der ÖPNV-Beförderungsleistungen könnten von diesem zusätzlichen ÖPNV-Bedarf in der Regiopole Rostock 60 Prozent durch die Straßenbahn, 30 Prozent durch den städtischen Omnibus-Verkehr und 10 Prozent durch S-Bahn und DB-Regionalverkehr gedeckt werden. Im Verflechtungsraum könnten ca. 75 Prozent auf rebus und 25 Prozent auf den DB-Regionalverkehr entfallen.

Ein Teil des ausgewiesenen zusätzlichen Bedarfs an ÖPNV-Beförderungsleistungen kann gegebenenfalls innerhalb der bestehenden Fahrpläne der einzelnen Verkehrsträger erbracht werden in dem die dort eingesetzten Verkehrsmittel höher ausgelastet werden. Bei Erreichen einer hohen bzw. vollständigen Auslastung der Beförderungskapazitäten müssten allerdings zusätzliche Kapazitäten geschaffen werden.

3.6 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Modelluntersuchungen zum Energieverbrauch des Motorisierten Individualverkehrs mit Pkw in der Regiopolregion Rostock lassen sich verschiedene Schlussfolgerungen ableiten.

- Im Pkw-Bestand lässt sich bei gleichbleibender Jahresfahrleistung eine signifikante Verbesserung der Energieeffizienz durch die Ablösung von Pkw mit Verbrennungsmotoren durch Pkw mit alternativen Antrieben und insbesondere durch die anteilige Erhöhung von Elektrofahrzeugen (Batteriefahrzeugen) erreichen. Dies begründet sich im Wesentlichen dadurch, dass bei Elektrofahrzeugen die thermischen Verluste weitestgehend entfallen, die bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren auftreten.
- Ebenso lassen sich durch die Umstellung des Pkw-Bestandes von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren und fossilen Kraftstoffen auf Fahrzeuge mit alternativen Antrieben die Treibhausgasemissionen reduzieren. Dies gilt insbesondere dann, wenn beim Laden der Batterien von Elektrofahrzeugen und Plug-in-Hybridfahrzeugen, beim Erzeugen des Wasserstoffs für Brennstoffzellenfahrzeuge und beim Herstellen von synthetischen Kraftstoffen (eFuels) kein konventioneller Strom, sondern erneuerbarer Strom genutzt wird.
- Bei der Umstellung des Pkw-Bestands auf alternative Antriebe sinken der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen in dem Maße, wie der Anteil der alternativ angetriebenen Pkw steigt. Setzt man den Energieverbrauch eines Benzin-Pkw gleich 100 Prozent, beläuft sich der Verbrauch eines Diesel-Pkw auf 94 Prozent, wohingegen der Verbrauch eines batterieelektrischen Pkw nur noch 20 Prozent ausmacht. Bei einer vollständigen Umstellung des heutigen Pkw-Bestands auf batterieelektrische Pkw ließe sich der Energieverbrauch somit bei gleicher Jahresfahrleistung um 80 Prozent senken.
- Eine weitere Verbesserung der Energieeffizienz des Personenverkehrs kann durch die Erhöhung des ÖPNV-Anteils im modal split erreicht werden, sofern dadurch die Pkw-Anteile (Fahrer und Mitfahrer) gesenkt werden. Die Verbesserung der Energieeffizienz hängt allerdings davon ab, inwieweit

Durchschnitt 2,24 mal langsamer als der Pkw), dass sich die durchschnittlichen ÖPNV-Geschwindigkeiten zwischen einzelnen Großstädten um bis zu 15 Prozent voneinander unterscheiden können und dass der ÖPNV dort besonders schnell ist, wo die Linien auf eigenen Strecken bzw. Trassen unabhängig vom Straßenverkehr geführt werden (U-, S- und Straßenbahnen, Quelle: https://mobilityinstitute.com/publikationen/reisezeitindex).

durch den ÖPNV solche Beförderungsleistungen abgelöst werden, die sonst von Pkw mit Verbrennungsmotoren erbracht würden. Die Verbesserung der Energieeffizienz hängt zudem auch davon ab, inwieweit die im ÖPNV eingesetzten Fahrzeuge in ihrer Beförderungskapazität ausgelastet werden.

- Zur Senkung der Treibhausgasemissionen kann der ÖPNV insbesondere dann beitragen, wenn zusätzlich zur Substitution der Beförderungsleistungen von Pkw mit Verbrennungsmotoren Omnibusse mit alternativen Antrieben eingesetzt werden. Dies gilt sowohl für die Batterie- und Biomethanbusse als auch für die Wasserstoffbusse, welche bereits heute bzw. perspektivisch von der RSAG in der Regiopole Rostock bzw. von rebus im Verflechtungsraum eingesetzt werden.
- Schließlich kann eine Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs dadurch erreicht werden, dass der Mobilitätsbedarf der Bevölkerung reduziert wird. Eine tendenzielle Verkürzung der täglich von den Einwohnern zurückzulegenden Wege senkt zum einen sowohl den Energieverbrauch als auch die Treibhausgasemissionen dadurch, dass die mit Pkw zurückzulegenden Strecken kürzer werden und somit die Jahresfahrleistungen sinken[69]. Zum anderen sinken Verbrauch und Emissionen auch dadurch, dass kürzere Wege tendenziell stärker nicht mehr durch Energieverbrauch der Verkehrsmittel zurückgelegt werden, sondern mit dem Fahrrad oder zu Fuß.
- Durch die Beseitigung des Defizits an Beförderungsleistung infolge der Reduzierung der Pkw-Ausstattung der Bevölkerung sowie durch die Erhöhung des ÖPNV-Anteils im modal split entsteht ein zusätzlicher Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen. Dabei kann der ÖPNV-Bedarf insgesamt je nach Szenario bis auf das Doppelte seines heutigen Bedarfs ansteigen. Allerdings kann der Zusatzbedarf durch eine Verminderung der durchschnittlichen täglichen Weglänge der Bevölkerung reduziert werden, sofern sich diese gleichermaßen auf alle Verkehrsformen mit Energieträgereinsatz auswirkt und die Fahrrad- und Fuß-Anteile im modal split infolge der verkürzten Weglängen steigen. Dann würde der Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen bis 2035 nur um ca. 60 Prozent ansteigen und bis 2050 auf dem neuen Bedarfsniveau bleiben. Entsprechend müsste die Beförderungskapazität des ÖPNV insgesamt bis 2035 auf das 1,6-fache der heutigen Kapazität steigen und anschließend auf dem erreichten Niveau gehalten werden. Der erforderliche Kapazitätszuwachs reduziert sich in dem Maße, wie ein Teil des zusätzlichen Bedarfs an ÖPNV-Beförderungsleistung durch eine höhere Auslastung der heute eingesetzten Beförderungskapazitäten erreicht werden kann. Darüber hinaus ist eine Kapazitätserhöhung durch verschiedene, gegebenenfalls auch miteinander kombinierbare Maßnahmen erreichbar, darunter der Einsatz größerer Fahrzeuge bzw. der Einsatz von mehr Fahrzeugen (Netz- und Taktverdichtung) oder eine Erhöhung der Beförderungs- bzw. Reisegeschwindigkeit beitragen. Entsprechend der praktischen Umsetzbarkeit solcher Maßnahmen bei den einzelnen ÖPNV-Verkehrsträgern können bzw. müssen diese in unterschiedlichem Maße zu der erforderlichen Kapazitätserweiterung beitragen.

[69] Dieser Einsparung könnte ein Rebound-Effekt der Fahrleistung gegenüberstehen, welcher dazu führt, dass die Pkw-Nutzer die an einer Stelle eingesparten Fahrleistungen durch zusätzliche Fahrtzwecke kompensieren. Der damit verbundene Energieverbrauch könnte gegebenenfalls höher sein als die durch die Verkürzung der Wege erzielte Energieeinsparung. Allerdings sind die Einschätzungen vorliegender Studien sehr heterogen und liefern sowohl Argumente für als auch gegen einen solchen Rebound-Effekt /31/, S. 10 ff.

4. Effizienzstrategie Personenverkehr für die Regiopolregion Rostock

Im Folgenden wird eine Energieeffizienz-Strategie für den Personenverkehr in der Regiopolregion Rostock entworfen. Diese besteht aus mehreren Teilstrategien unterschiedlicher Priorität. Die hier angegebene Reihenfolge nennt die Teilstrategien entlang einer Kette von der Entstehung des Mobilitätsbedarfs bis hin zu seiner Deckung. Allerdings stehen für die Erreichung der Klimaneutralität in der Regiopolregion Rostock im Jahr 2035 nur noch ca. 15 Jahre zur Verfügung. Dieser Umstand erfordert gegebenenfalls eine andere Priorisierung, da innerhalb des genannten Zeitraums mit planerischen Strategien nicht mehr die gleichen Effekte erzielt werden können wie mit umsetzungsorientierten Maßnahmen. Wie erwähnt, werden im Rahmen aktueller Entwicklungen von Verkehrsstrukturen in der Region bereits verschiedene Maßnahmen realisiert (Abschnitt 2.4), welche sich auch der Umsetzung der folgenden Teilstrategien zuordnen lassen:

Teilstrategie 1: Stadt- und Regionalplanung, Stadt und Region der kurzen Wege

Diese Teilstrategie zielt darauf ab, den Verkehr als gemeinsamen Planungsgegenstand der Planung von Regiopole und Verflechtungsraum zu stärken. Einen Ansatzpunkt dazu bietet möglicherweise der Stadt-Umland-Raum Rostock, welcher 2011 etabliert worden war und der den Verkehr als einen Schwerpunkt des Kooperation- und Abstimmungsprozesses zwischen der Stadt und ihrem Umland beinhaltet[70].

Ein konkretes Ziel sollte darin bestehen, den Mobilitätsbedarf der Bevölkerung regional-, stadt- und verkehrsplanerisch im Sinne einer Stadt bzw. Region der kurzen Wege reduzieren, ohne dass damit ein Verzicht oder eine Einschränkung der Mobilität der Bevölkerung verbunden werden sollte. Möglichkeiten für die Verkürzung von Wegen bieten beispielsweise

- kompaktere Siedlungsstrukturen (Vermeidung der Entstehung von neuen Wohnstandorten im suburbanen Raum oder an den Siedlungsrändern),
- urbane Wohngebiete (Gebietstyp - Durchmischung Wohnen und Arbeiten),
- dispers verteilte Einrichtungen zur Grundversorgung (beispielsweise in jedem Dorf eine medizinische Grundversorgung und Einkaufsmöglichkeiten für den Grundbedarf).

In der Umsetzung dieser Teilstrategie sollten die auf den Verkehr bezogenen Gestaltungsmöglichkeiten energieeffizienter Siedlungsstrukturen berücksichtigt werden, die beispielsweise in dem Anforderungskatalog „Zukünftige Wohngebiete“ für die Regiopolregion Rostock dargestellt sind /4/.

Teilstrategie 2: Erhöhung des Anteils des ÖPNV an der Deckung des Mobilitätsbedarfs

Gegenstand dieser Teilstrategie ist die Erhöhung des ÖPNV-Anteils am modal split des Personenverkehrs in der Region. Eine solche Teilstrategie muss neben vorrangigen Maßnahmen zur Gewährleistung und Verbesserung der ÖPNV-Finanzierung viele weitere Aspekte wie die ÖPNV-Infrastruktur und Fahrzeuge, das ÖPNV-Angebot und seine Vernetzung, die ÖPNV-Tarife, der Vertrieb und die diesbezügliche Kommunikation sowie die Digitalisierung einschließen. Zur Stärkung des ÖPNV innerhalb des modal split

[70] Zu dem 2011 als Themenfeld benannten Generalsverkehrsplan HRO – SUR liegen seit 2017 der Mobilitätsplan Zukunft (MOPZ) und ein Mobilitätsmanagementkonzept der Hansestadt Rostock vor. Beide Konzepte stellen nur begrenzt den Verkehr notwendigen Verbindungen zwischen der Stadt und dem Umland her, beispielsweise im Mobilitätsmanagementkonzept-Teilkonzept 3 – Pendlerverkehre. Des Weiteren haben die Stadt und der Landkreis Rostock 2021 zusammen mit dem Verkehrsverbund Warnow (VVW) beschlossen, bis 2030 eine Verdopplung der Fahrgastzahlen des ÖPNV zu erreichen. Hierzu erarbeiten die Stadt und der Landkreis Rostock gegenwärtig einen Gemeinsamen Nahverkehrsplan (Abschnitt 2.4).

können sowohl Maßnahmen mit pull-Effekten als auch Maßnahmen mit push-Effekten zum Einsatz kommen[71]:

Maßnahmen mit pull-Effekten:

- Ausbau des ÖPNV und Erhöhung seiner Attraktivität beispielsweise durch die Verdichtung des Angebots (Linien und Takte), durch die Verbesserung der Pünktlichkeit, durch preisgünstigere Tickets oder durch die Verbesserung des Komforts[72],
- Einrichtung bzw. Ausbau von Linienbedarfsverkehren im ländlichen Raum durch flexible Kleinbussysteme[73],
- Verbesserung der Anschlussmöglichkeiten an den ÖPNV innerhalb von Mobilitätsketten, beispielsweise durch „park & ride"-Angebote oder durch die Kombination mit Leihfahrrädern und ähnlichen Verkehrsmitteln (Ausbau und Förderung des Umweltverbundes aus ÖPNV, Schiene, Sharing-Systemen, Rad- und Fußverkehr),
- Ausbau des SPNV, beispielsweise durch die Erweiterung vorhandener Strecken oder durch die Wiederinbetriebnahme stillgelegter Strecken,
- umfassende digitale Vernetzung von ÖPNV-Angeboten mit Angeboten anderer Verkehrsmittel hin zu einem inter- und multimodalen Mobilitätssystem für durchgehende Wegeketten,

Maßnahmen mit push-Effekten:

- Verzicht auf Maßnahmen zur weiteren „Privilegierung" des Autoverkehrs, beispielsweise indem keine neuen Parkraumangebote geschaffen werden oder indem der Motorisierte Individualverkehr verteuert wird (Erhebung von Straßengebühren – „Roadpricing" und höhere Parkgebühren etc.),
- Einführung von Zonen mit Geschwindigkeitsbegrenzung wie Tempo-30-Zonen bzw. Einführung von Tempo 30 als Höchstgeschwindigkeit innerorts[74],

Maßnahmen mit pull- und push-Effekten:

- Veränderung der Aufteilung des Straßenraums zur Begünstigung des ÖPNV gegenüber dem Autoverkehr (beispielsweise durch Ampel-Vorrangschaltungen oder durch die Schaffung von Busspuren),
- Reduzierung der Bereitstellung von Flächen einschließlich Parkflächen für den Autoverkehr,
- Umwidmung von Straßen zu Rad- und Gehwegen, Einrichtung von Fahrradstraßen und -zonen.

Teilstrategie 3: Senkung des spezifischen Energiebedarfs und der THG-Emissionen des ÖPNV

Gegenstand dieser Teilstrategie ist die Beschaffung von energieeffizienteren und alternativ angetriebenen Fahrzeugen im ÖPNV. Mögliche Maßnahmen sind:

- eine stärkere Sensibilisierung und Aus- bzw. Weiterbildung von Busfahrern für ein energieeffizientes Fahrverhalten mit dem Ziel, Brems- und Beschleunigungsvorgänge sowie Höchstgeschwindigkeiten und Motorlauf im Stillstand reduzieren,

---

71 Allerdings stehen der Umsetzung einer solchen Strategie vielfältige Hindernisse entgegen. Zu deren Beseitigung bzw. Minderung schätzt das Umweltbundesamt eine grundsätzliche Neuausrichtung des Straßen-, Bau- und Verkehrsrechts als dringend erforderlich ein /32/, S. 1.

72 Zur Erhöhung der Attraktivität des ÖPNV könnte gegebenenfalls auch eine engere Abstimmung der der Taktzeiten der einzelnen Verkehrsträger beitragen, indem im Linienverkehr leicht zu merkende Abfahrtszeiten umgesetzt werden („immer zur gleichen Minute").

73 https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/linienbedarfsverkehr-auf-dem-land/.

74 Die Städteinitiative fordert den Bund auf, die rechtlichen Voraussetzungen dafür zu schaffen, dass Kommunen Tempo 30 als Höchstgeschwindigkeit innerorts anordnen können, wo sie es für notwendig halten. Derzeit legt der §45 der Straßenverkehrsordnung - ein Bundesgesetz - fest, dass Tempo 30 nur bei konkreten Gefährdungen bzw. vor sozialen Einrichtungen wie Kitas und Schulen angeordnet werden kann. Agora Verkehrswende begleitet die Städteinitiative in der bundespolitischen Debatte zum Thema Tempo 30. Quelle: https://www.agora-verkehrswende.de/presse/newsuebersicht/315-staedte-und-kommunen-fuer-mehr-tempo-30/

- die Fortführung der Antriebswende hin zu alternativen/emissionsfreien Fahrzeugen im ÖPNV[75] (Ersatz von Dieselbussen durch Hybridbusse, Elektrobusse etc.),
- der Einsatz von Buszügen[76] zur Bewältigung von Lastspitzen sowohl im städtischen als auch im ländlichen Raum (Einsatz anstelle von Gelenkbussen, welche ganztägig unterwegs sind und außerhalb der Spitzenzeiten nicht ausgelastet sind - Einsatzmöglichkeiten bestehen beispielsweise im Linien-, Schüler-, Feuertags- oder Schienenersatzverkehr),
- die Konzeption und Umsetzung von Maßnahmen zur Beschleunigung insbesondere des innerstädtischen Omnibusverkehrs zur Erzielung relevanter Zeiteinsparungen, welche sowohl den Energieverbrauch senken als auch die Attraktivität des ÖPNV erhöhen (Einrichtung zusätzlicher Busspuren und Busschleusen zum schnelleren Einfädeln der Busse in den fließenden Verkehr, intelligente(re) Ampelsteuerungen.

Teilstrategie 4: Förderung nicht motorisierter Mobilitätsformen

Diese Teilstrategie zielt auf die Reduzierung des MIV-Anteils am modal split zugunsten nicht motorisierter Mobilitätsformen, also auf die Stärkung des Fahrrad- und Fußverkehrs. Hierzu kann neben einer Begrenzung der Pkw-Ausstattung der Bevölkerung eine Vielzahl von Maßnahmen beitragen, darunter

- der weitere Ausbau des Wegenetzes für den Fahrrad- und Fußverkehr in den Städten und im ländlichen Raum,
- die Errichtung von Parkhäusern für Fahrräder an geeigneten Standorten, beispielsweise an Übergängen zum ÖPNV und SPNV,
- die Einrichtung bzw. Ausweitung von Sharing- und Verleih-Einrichtungen für Fahrräder und e-Bikes sowie Elektroroller,
- die Verbesserung der Ladeinfrastruktur für e-Bikes sowie Elektroroller oder
- die Nutzung der Möglichkeiten der Landesbauordnung für den Erlass örtlicher Bauvorschriften (Stellplatzpflicht für Fahrräder zusammen mit oder anstelle einer solchen für Pkw (Ansatzpunkte hierfür bieten beispielsweise §§ 49, 50, 86 LBauO M-V[77]).

Teilstrategie 5: Senkung des spezifischen Energiebedarfs und der THG-Emissionen des MIV

Eine auf die Senkung des spezifischen Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen des motorisierten Individualverkehrs zielende Teilstrategie muss insbesondere die Elektromobilität einschließlich der Wasserstoffmobilität stärken.

- Antriebswende weg von fossilen Kraftstoffen hin zu alternativ angetriebenen, emissionsfreien Pkw wie Batterie - und Brennstoffzellenfahrzeuge,

---

[75] Seit dem 2. August 2021 müssen öffentliche Auftraggeber bei neuen Ausschreibungen für Beschaffung, Leasing oder Anmietung von Straßenfahrzeugen sowie bei der Vergabe von Verkehrsdienstleistungen das Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz – SaubFahrzeugBeschG) /33/ berücksichtigen. Dieses dient der Umsetzung der Europäischen Richtlinie (EU) 2019/1161 (Clean Vehicles Directive).

[76] Buszüge bestehen aus einem Solobus und einem Personenanhänger, welcher entsprechend der Nachfrage an- oder abgehängt und untertägig oder am Wochenende an geeigneten Standorten im Bedienungsgebiet abgestellt wird (ein typischer Anhänger verfügt über 20 bis 30 Sitz- und 30 Stehplätze und gegebenenfalls über die mit Möglichkeit der Mitnahme von Fahrrädern). Sofern die Motorsteuerung des Solobusses den Betrieb mit/ohne Anhänger unterscheiden kann, kann die Motorsteuerung an diese unterschiedlichen Betriebsbedingungen angepasst werden (Gesamtgewicht des Fahrzeugs). Beispiele sind beschrieben unter https://omnibus.news/tag/buszug, https://www.tramreport.de/tag/buszug/.

[77] https://www.landesrecht-mv.de/bsmv/document/jlr-BauOMV2015pG18.

- Weiternutzung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren durch Umstellung von fossilen Diesel- bzw. Vergaserkraftstoff auf klimaneutrale Kraftstoffe (eFuels)[78].

Teilstrategie 6: Komplementäre Maßnahmen

Gegenstand dieser Teilstrategie sind komplementäre Maßnahmen, welche darauf abzielen, die Voraussetzungen bzw. Rahmenbedingungen für die Umsetzung der vorstehenden Teilstrategie zu schaffen bzw. zu verbessern. Hierzu zählen besonders

- der Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung und der Elektrizitätsnetze zur Deckung des steigenden elektrischen Leistungs- und Energiebedarfs für die Elektromobilität,
- der Ausbau der Lade- und Tankinfrastrukturen für die Elektro- und Wasserstoffmobilität durch private und öffentlich zugängliche Ladeeinrichtungen,
- der Aufbau einer regionalen Industrie zur Erzeugung von Wasserstoff und klimaneutralen Kraftstoffen (eFuels),
- die Anpassung von Verkehrsinfrastrukturen an die sich wandelnden klimatischen Bedingungen, beispielsweise an Starkregenereignisse/Hagel (Unterspülungen), Hitzeperioden, zunehmenden Nassschnee oder Stürme (Beschädigungen von Strom- und Oberleitungen, Bahnhöfen und Haltestellen)[79]. Diese Anpassungsmaßnahmen müssen nicht notwendigerweise an den Infrastrukturen selbst durchgeführt werden, sondern können auch im Umfeld beispielsweise von Straßen, Brücken, Tunneln oder Böschungen und Hangsicherungen erforderlich bzw. zweckmäßig sein. Ein Beispiel hierfür sind zusätzliche Schutzbepflanzungen oder zusätzliche Ableitungssysteme und Regenbecken zur Entwässerung der Infrastrukturen.

[78] Inwieweit diese Maßnahme in der Zukunft tatsächlich bedeutsam werden kann, hängt neben den Preisen für solche Kraftstoffe auch davon ab, zu welchen Ergebnissen die gegenwärtige Auseinandersetzung innerhalb der Europäischen Union im Hinblick auf die Zulassung von Pkw mit Verbrennungsmotoren auch nach dem Jahr 2035 gelangt. Insbesondere Deutschland fordert Technologieoffenheit, sodass auch nach 2035 Pkw (und leichte Nutzfahrzeuge) mit Verbrennungsmotoren zulassungsfähig sein sollen, sofern sie ausschließlich mit CO_2-neutralen synthetischen Kraftstoffen (eFuels) betankt werden.

[79] Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) beispielsweise hat in dem Projekt „RIVA – Risikoanalyse wichtiger Verkehrsachsen des Bundesfernstraßennetzes im Kontext des Klimawandels“ ein Instrument zur Identifikation und Bewertung von durch den Klimawandel bedingten Gefahren entwickelt. Es soll dazu beitragen, die erheblichen Reparaturkosten der Straßenverkehrsinfrastruktur und die hohen volkswirtschaftlichen Kosten infolge von Verkehrsstörungen zu senken. Das Projekt “RIVA” ist ein zentrales Element im Forschungsprogramm „Adaptation der Straßenverkehrsinfrastruktur an den Klimawandel (AdSVIS 2011-2014)“. Quellen: https://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2017-2016/2017-11.html, https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/projektkatalog/adsvis-adaptation-der-strassenverkehrsinfrastruktur.

5. Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht beschreibt Untersuchungen, welche im Modul 4 des Bundesprojekts „Regiopolen und Regiopolregionen für Deutschland“ durchgeführt wurden. Diese Untersuchungen zielen auf eine energieeffiziente Siedlungs- und Verkehrsentwicklung in der Regiopolregion Rostock und damit auf die beiden Sektoren, welche anteilig den höchsten Energieverbrauch und die höchsten Treibhausgasemissionen in der Region haben. Zwischen den beiden Teilthemen energieeffiziente Siedlungsstrukturen und energieeffiziente Verkehrsentwicklung bestehen enge Bezüge, weshalb die Untersuchungen zu einem großen Teil gemeinsam durchgeführt wurden. Gleichwohl werden die Ergebnisse in zwei voneinander getrennten Berichten beschrieben. Die Ergebnisse zu einer energieeffiziente Siedlungsentwicklung in der Regiopolregion Rostock sind somit Gegenstand eines weiteren Projektberichts.

Im einleitenden Teil (Abschnitt 1) werden neben den Untersuchungszielen die für die Untersuchung verwendete Datenbasis sowie wesentliche methodische Aspekte beschrieben, welche unter anderem die inhaltliche, räumlich-zeitliche und begriffliche Abgrenzung betreffen. Diese begriffliche Abgrenzung erfolgt, weil Verkehrsstrukturen auf verschiedenen Ebenen beschrieben werden können, beispielsweise auf der regionalen Ebene anhand der Teilsektoren des Verkehrs oder auf der infrastrukturellen Ebene anhand der Verkehrsnetze, der Verkehrsmittel und sonstigen Infrastrukturen wie Tankstellen etc. Inhaltlich konzentrierten sich die Untersuchungen auf den Personen-Straßenverkehr, weil dieser besonders eng mit der regionalen Siedlungsstruktur verknüpft ist. Außerdem werden – noch auf einer allgemeinen Ebene – wesentliche Zusammenhänge zwischen Verkehrsstrukturen und ihrer Energieeffizienz dargestellt.

Daran anschließend wird die Regiopolregion Rostock im Überblick beschrieben (Abschnitt 2). Dabei wird deutlich, dass sich besonders die Haushalte und der Wohnungsbestand in der Region annähernd hälftig auf die Regiopole Rostock und auf ihren überwiegend ländlich geprägten Verflechtungsraum verteilen, der aus 16 deutlich kleineren Städten sowie aus etwas mehr als 100 ländlichen Gemeinden besteht. Demgegenüber verteilen sich der Bestand an Wohngebäuden und der Bestand an Pkw überwiegend auf den Verflechtungsraum. Der Pkw-Bestand besteht gegenwärtig noch weitestgehend aus mit fossilen Kraftstoffen angetriebenen Benzin- und Dieselfahrzeugen und wird zu 90 Prozent privat genutzt, nur 10 Prozent aller Pkw werden gewerblich genutzt (Abschnitt 2.1). Die heutigen Relationen zwischen Regiopole und Verflechtungsraum werden sich voraussichtlich auch in der zukünftigen Entwicklung der Regiopolregion Rostock, soweit diese sich bis 2050 vorausberechnen lässt, nur wenig ändern. Dies zeigen unter anderem vorliegende, bis 2035 bzw. 2037 reichende Bevölkerungsprognosen (Abschnitt 2.2).

Diese regionalen Entwicklungen vertiefend wird anschließend die zukünftige Entwicklung des Pkw-Bestands und seiner Antriebsstruktur in der Regiopolregion Rostock analysiert (Abschnitt 2.3). Diese Entwicklung wird in vier Szenarien von 2010 bis 2050 beschrieben: Ein „Trendszenario“ beschreibt eine die gegenwärtigen Trends fortführende Entwicklung der Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw und der Antriebsstruktur des Pkw-Bestands. Demgegenüber werden drei alternative Entwicklungen entworfen. Das Szenario „Alternative Mobilität“ beschreibt eine gegenüber dem Trendszenario deutlich schnellere Veränderung der Antriebsstruktur, welche zur Erfüllung des auf die Region übertragenen Elektromobilitätsziels der Bundesregierung führt (15 Mio. im Straßenverkehr zugelassene Batteriefahrzeuge bis 2030). Die beiden Szenarien „Alternative Mobilität+“ I und II übernehmen diese Entwicklung der Antriebsstruktur, tragen jedoch der Notwendigkeit Rechnung, dass die Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2035 nicht mehr steigen darf. In dem Szenario „Alternative Mobilität+ I“ stabilisiert sich die Ausstattung um das Jahr 2030 und in dem Szenario „Alternative Mobilität+ II“ gelingt ab dem Jahr 2035 eine Absenkung der Ausstattung auf das Niveau des Jahres 2010. Während im „Trendszenario“ 2035 255 und 2050 273 Tsd. Pkw vorhanden wären, sind es im Szenario „Alternative Mobilität+ II“ noch 247 bzw. 204 Tsd. Pkw. Eine wesentliche Voraussetzung für die Realisierbarkeit dieser Entwicklungen besteht in den zügigen Ausbau besonders der Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität. Dieser Ausbau hat sich in den letzten Jahren in der Regiopolregion Rostock (und in Deutschland insgesamt) deutlich verlangsamt und muss wieder beschleunigt werden. Über die Veränderung der Antriebsstrukturen hinaus werden sich in der zukünftigen Entwicklung des Verkehrs und besonders des Straßenverkehrs eine Vielzahl weiterer Veränderungen vollziehen (Abschnitt 2.4). Zu diesen gehören auf überregionaler Ebene neben den gegenwärtig nur mit größeren Unsicherheiten einsetzbaren Kraftstoff- und Energiepreisentwicklungen beispielsweise die Einführung des 49-Euro-Tickets („Deutschlandticket“) im öffentlichen Verkehr und die gegenwärtig ebenfalls nur begrenzt zu bewertende Perspektive für die zukünftige Nutzung

von synthetischen Kraftstoffen bei der Dekarbonisierung des Straßenverkehrs mit Pkw. Auf der regionalen Ebene vollziehen sich Veränderungen besonders durch die Kombination des 49-Euro-Tickets mit den bereits bestehenden Azubi-Ticket, durch die Einführung eines kostenlosen City-Busses in der Stadt Bad Doberan, durch die gegenwärtig stattfindende Erarbeitung des Nahverkehrsplans für die Region Rostock, durch die damit im Zusammenhang stehende Prüfung der Streckenerweiterung der Mecklenburgischen Bäderbahn (Molli) oder durch die umfangreichen Investitionen, welche die Deutsche Bahn innerhalb der Region in die stehende und rollende Infrastruktur plant. Im Straßenverkehr haben die beiden ÖPNV-Unternehmen RSAG und rebus mit der Umstellung ihrer Fahrzeugflotten auf alternativ angetriebene Omnibusse begonnen. Darüber hinaus wird in dem Projekt „Mirror“ des Verkehrsverbundes Warnow an der Weiterentwicklung und Ausgestaltung des ÖPNV-Systems und an der Senkung der mit ihm verbundenen CO_2-Emissionen in der Region Rostock gearbeitet. Außerdem betreffen neuere Entwicklungen den Ausbau der Elektromobilität in verschiedenen Verkehrsbereichen des Personenverkehrs.

Im Anschluss an die Analyse und Beschreibung der Regiopolregion Rostock und ihres Verkehrssektors werden die Energieeffizienz des Personen-Straßenverkehrs und von Möglichkeiten zu ihrer Verbesserung in der Regiopolregion Rostock untersucht (Abschnitt 3). Diese Untersuchung erfolgt entlang der beschriebenen vier Szenarien der Entwicklung des Pkw-Bestandes in vier Varianten (Abschnitt 3.1):

- In der Referenzvariante 0 wird die rückläufige Ausstattung der Bevölkerung mit Pkw und das dadurch entstehende Defizit bei der Deckung des Mobilitätsbedarfs durch eine entsprechend höhere Jahresfahrleistung des verbleibenden Pkw-Bestands ausgeglichen. Zwar dürfte dies in der Realität nur in einem sehr begrenzten Umfang eintreten, jedoch wird diese Variante benötigt, um die Senkung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs ermitteln zu können.
- In der Vergleichsvariante 1 wird das Defizit bei der Deckung des Mobilitätsbedarfs nicht mehr durch Pkw, sondern durch einen bedarfsgerechten Zuwachs der Beförderungsleistung des ÖPNV gedeckt.
- In der Vergleichsvariante 2 wird demgegenüber der Anteil des ÖPNV am modal split nochmals erhöht, um den energetisch deutlich ineffizienteren Pkw-Verkehr zu reduzieren.
- In der Vergleichsvariante 3 schließlich wird zusätzlich zu den erweiterten ÖPNV eine Senkung des Mobilitätsbedarfs der Bevölkerung betrachtet. Diese Senkung soll nicht durch einen Verzicht auf Mobilität erzielt werden, sondern durch eine Reduzierung der durchschnittlichen Weglänge, welche jeder Einwohner der Region täglich zurücklegt. Diese Variante entspricht somit einer Entwicklung in Richtung auf eine Stadt bzw. Region der kurzen Wege.

Die Untersuchung der so gebildeten Varianten-Szenarien-Kombinationen erfolgt mit einem Energiemodell, welches den Personen-Straßenverkehr in einer Region abbildet und die Jahresfahrleistungen, den Energieverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen des Pkw-Bestandes ermittelt (Abschnitt 3.2). Dazu wird das Modell mit dem nach Antriebsarten unterteilten Pkw-Bestand, mit der durchschnittlichen täglichen Weglänge, dem modal split sowie mit fahrzeug- und energietechnischen Daten parametrisiert (Abschnitt 3.3). Das Modell betrachtet ebenso wie die Szenarien den Zeitraum von 2010 bis 2050. Eine Validierung des Modells ist wegen des weitgehenden Fehlens von geeigneten, das heißt auf die Region bezogenen empirischen Verkehrsdaten nur begrenzt möglich und erfolgt anhand eines dreifachen Vergleichs von Modellergebnissen mit empirischen Verkehrsdaten (Abschnitt 3.4). Im Anschluss an diesen Nachweis einer hinreichenden Modellgenauigkeit werden die mit dem Modell erzielten Ergebnisse zu den einzelnen Varianten-Szenarien-Kombinationen dargestellt (Abschnitt 3.5). Dabei wird auf die Jahresfahrleistungen, auf den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen sowie auf den Mehrbedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen eingegangen, welche durch eine sinkende Pkw-Ausstattung der Bevölkerung sowie durch höhere ÖPNV-Anteile am modal split entstehen würden. Die Jahresfahrleistungen des Pkw-Bestandes in der Regiopolregion Rostock können von den heutigen 3,64 Mrd. Pkm bzw. 12.000 km/Pkw durch den ÖPNV-Ausbau und durch die Verkürzung der täglichen Weglänge in den Varianten bis 2050 halbiert werden. Auch der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen können durch mehr ÖPNV und kürzere Wege, insbesondere aber durch den massiven Wandel der Antriebsstruktur des Pkw-Bestandes hin zur Elektromobilität deutlich gesenkt werden, und zwar von heutigen 6,8 PJ (1,9 Mrd. kWh) bzw. 470 Tsd. t CO_2 bis 2050 um bis zu -80 Prozent auf 1,4 PJ (0,5 Mrd. kWh) bzw. um bis zu -89 Prozent auf 50 Tsd. t CO_2. Bis 2035, also dem Zieljahr der Klimaneutralität in der Regiopolregion Rostock, können der Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen um bis zu -54 Prozent auf 3,1 PJ (1,0 Mrd. kWh) bzw. um bis zu -62 Prozent auf 180 Tsd. t CO_2 gesenkt werden. Durch die Beseitigung des Defizits an Beförderungsleistung infolge der Reduzierung der Pkw-Ausstattung der Bevölkerung sowie durch die Erhö-

hung des ÖPNV-Anteils im modal split entsteht ein zusätzlicher Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen. Dabei kann der ÖPNV-Bedarf insgesamt je nach Szenario bis auf das Doppelte seines heutigen Bedarfs ansteigen. Allerdings kann der zusätzliche Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen durch eine Verminderung der durchschnittlichen täglichen Weglänge der Bevölkerung reduziert werden, sofern sich diese gleichermaßen auf alle Verkehrsformen mit Energieträgereinsatz auswirkt und die Fahrrad- und Fuß-Anteile im modal split infolge der verkürzten Weglängen steigen. In diesem Fall würde der Bedarf an ÖPNV-Beförderungsleistungen bis 2035 nur um ca. 60 Prozent ansteigen. Anschließend würde er bis 2050 auf dem erreichten Bedarfsniveau verbleiben. Entsprechend müsste die Beförderungskapazität des ÖPNV insgesamt bis 2035 auf das 1,6-fache der heutigen Kapazität steigen und anschließend auf dem erreichten Niveau gehalten werden. Der erforderliche Kapazitätszuwachs reduziert sich in dem Maße, wie ein Teil des zusätzlichen Bedarfs an ÖPNV-Beförderungsleistung durch eine höhere Auslastung der heute eingesetzten Beförderungskapazitäten erreicht werden kann. Darüber hinaus ist eine Kapazitätserhöhung durch verschiedene, gegebenenfalls auch miteinander kombinierbare Maßnahmen erreichbar, darunter der Einsatz größerer Fahrzeuge bzw. der Einsatz von mehr Fahrzeugen (Netz- und Taktverdichtung) oder eine Erhöhung der Beförderungs- bzw. Reisegeschwindigkeit beitragen. Entsprechend der praktischen Umsetzbarkeit solcher Maßnahmen bei den einzelnen ÖPNV-Verkehrsträgern können bzw. müssen diese in unterschiedlichem Maße zu der erforderlichen Kapazitätserweiterung beitragen (Abschnitt 3.6).

Abschließend wird für die Regiopolregion Rostock eine Effizienzstrategie Personenverkehr entworfen (Abschnitt 4). Sie besteht aus insgesamt sechs Teilstrategien

- Teilstrategie 1: Stadt- und Regionalplanung, Stadt und Region der kurzen Wege,
- Teilstrategie 2: Erhöhung des Anteils des ÖPNV an der Deckung des Mobilitätsbedarfs,
- Teilstrategie 3: Senkung des spezifischen Energiebedarfs und der THG-Emissionen des ÖPNV,
- Teilstrategie 4: Förderung nicht motorisierter Mobilitätsformen,
- Teilstrategie 5: Senkung des spezifischen Energiebedarfs und der THG-Emissionen des MIV und
- Teilstrategie 6: Komplementäre Maßnahmen

und schlägt in jeder Teilstrategie eine Reihe von Maßnahmen vor, die in der Region umsetzbar sind bzw. auf ihre Umsetzbarkeit und Zweckmäßigkeit geprüft werden können.

6. Literatur- und Quellenverzeichnis

/1/ Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH (2021): Weiterentwicklung der Regiopolregion Rostock im Themengebiet Energieinfrastruktur - Modul 1: Bestandsaufnahme. Projektbericht. Rostock/Hohen Luckow.

/2/ Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH (2021): Weiterentwicklung der Regiopolregion Rostock im Themengebiet Energieinfrastruktur - Modul 2: Vorausschätzung der kurz-, mittel- und langfristigen Entwicklungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Infrastrukturangebote. Projektbericht. Rostock/Hohen Luckow.

/3/ Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH (2022): Energiewende in kommunalen Fahrzeugflotten in der Regiopolregion Rostock. Projektbericht. Rostock/Hohen Luckow.

/4/ Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH (2022): Entwicklung energieeffizienter Siedlungsstrukturen in der Regiopolregion Rostock bis 2035. Projektbericht. Rostock/Hohen Luckow.

/5/ Dr.-Ing. Grüttner Energie · Umwelt · Strategie GmbH (2022): Energiekonzept für die Region Rostock. Im Auftrag des Amtes für Raumordnung und Landesplanung Region Rostock. Rostock/Hohen Luckow.

/6/ Kraftfahrt-Bundesamt (2022): Verkehr in Kilometern (VK). Zeitreihe Jahre 2014 - 2021. Flensburg. Verfügbar unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.htmlhttps://bmdv.bund.de/SiteGlobals/Forms/Listen/DE/Publikationen/Publikation_Formular.html.

/7/ Kraftfahrt-Bundesamt (2021): Verkehr in Zahlen 2021/2022. 50. Jahrgang. Flensburg. Verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SiteGlobals/Forms/Listen/DE/Publikationen/Publikation_Formular.html.

/8/ Infas, DLR, IVT und infas 360 (2020): Mobilität in Deutschland – MiD 2017 Regionalbericht Mecklenburg-Vorpommern. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn/Berlin. Verfügbar unter: https://www.regierung-mv.de/Landesregierung/em/Infrastruktur/Mobilitaet-in-M-V/.

/9/ Prognos AG (2022): Zielpfade Verkehr 2030. Analyse von politischen Maßnahmen zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr. Basel. Verfügbar unter: https://www.transportenvironment.org/discover/te-deutschland-und-prognos-studie-masnahmenmix-fur-eine-sozialvertragliche-verkehrswende/.

/10/ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2021): Der öffentliche Verkehr. Ein Wirtschaftsfaktor für Deutschland. Köln. Verfügbar unter: https://www.vdv.de/daten-fakten.aspx.

/11/ IVE mbH Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen mbH (2023): S-Bahn Region Rostock 2050 Entwicklung eines Ausbaukonzepts für den Schienenpersonennahverkehr in der Region Rostock. Im Auftrag des Amtes für Raumordnung und Landesplanung Region Rostock. Hannover.

/12/ Hansestadt Rostock (2021): Bericht der Hanse- und Universitätsstadt Rostock gemäß Artikel 7 Abs. 1 der Verordnung (EG) 1370/2007 für 2020. Verfügbar unter: https://rathaus.rostock.de/de/wirtschaft_verkehr/mobilitaet/oepnv/271942.

/13/ Landkreis Rostock (2021): Bericht des Landkreises Rostock gemäß Artikel 7 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 für den Zeitraum vom 01.01.2020 bis 31.12.2020. Verfügbar unter: https://www.landkreis-rostock.de/landkreis/kreisverwaltung/kreisentwicklung/bericht.html.

/14/ Hanse- und Universitätsstadt Rostock (2023): Statistisches Jahrbuch 2022. Rostock. Verfügbar unter: https://rathaus.rostock.de/de/rathaus/rostock_in_zahlen/veroeffentlichungen/statistisches_jahrbuch/276420.

/15/ Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2021): Statistisches Jahrbuch Mecklenburg-Vorpommern 2021. Schwerin Verfügbar unter: https://www.laiv-mv.de/Statistik/Veröffentlichungen/Jahrbuecher/.

/16/ Vallée, Dirk; Engel, Barbara; Vogt, Walter (2021): Stadtverkehrsplanung Band 1: Grundlagen, Ziele und Perspektiven. Springer-Verlag. Berlin.

/17/ Pichlmaier, Simon (2022): Ecological Assessment of Scenarios for the Energy Supply of the German Transport Sector. Diss. TU München. Verfügbar unter: https://mediatum.ub.tum.de/?id=1654826&change_language=en.

/18/ Wehrhahn, Rainer; Sandner le Gall, Verena (2021): Bevölkerungsgeographie. Einführung. Verlag wbg Academic. Darmstadt.

/19/ Borsdorf, Axel; Bender, Oliver (2010): Allgemeine Siedlungsgeographie. Verlag Böhlau. Wien/ Köln/Weimar.

/20/ Schwarz, Gabriele (1989): Allgemeine Siedlungsgeographie. Teil 1: Die ländlichen Siedlungen. Die zwischen Land und Stadt stehenden Siedlungen. Verlag Walter de Gruyter. Berlin.

/21/ Schwarz, Gabriele (1989): Allgemeine Siedlungsgeographie. Teil 2: Die Städte. Verlag Walter de Gruyter. Berlin.

/22/ Dettmar, Jörg; Drebes, Christoph; Sandra Sieber, Sandra (2020): Energetische Stadtraumtypen. Strukturelle und energetische Kennwerte von Stadträumen. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart.

/23/ Wimes – Stadt- und Regionalentwicklung: Ergebnisbericht zum Monitoring für die Region Rostock (Berichtsjahr 2019). Rostock. 2019.

/24/ Bundesregierung (2022): Masterplan Ladeinfrastruktur II 1. Regierungsentwurf. Stand: 8. Juli 2022. Verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/masterplan-ladeinfrastruktur-2.pdf.

/25/ Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (ABl. L 307 vom 28.10.2014, S. 1). Verfügbar unter: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02014L0094-20211112.

/26/ Reiner Lemoine Institut gGmbH (2020): Ladeinfrastruktur nach 2025/2030: Szenarien für den Markthochlauf. Studie im Auftrag des BMVI. Berlin. Verfügbar unter: https://reiner-lemoine-institut.de/studie-ladeinfrastruktur-nach-2025-2030-szenarien-fuer-den-markthochlauf/.

/27/ dena; Prognos AG (2020): Privates Ladeinfrastrukturpotenzial in Deutschland. Berlin/Basel. Verfügbar unter: https://www.dena.de/newsroom/meldungen/neue-studie-zum-privaten-ladeinfrastrukturpotenzial-in-deutschland/.

/28/ Schmidtmann, Bastian (2021): Planung einer Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge unter Beachtung der Restriktionen des elektrischen Versorgungsnetzes. Diss. Universität Hannover.

/29/ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (2020): Eckpunkte zum Rechtsrahmen für einen vollautomatisierten und fahrerlosen Level 4 Betrieb im öffentlichen Verkehr. Positionspapier. Köln. https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx.

/30/ Bundesregierung (2023): Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung. Vom 28. März 2023. Berlin. Verfügbar unter: https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Beschluesse/20230328_Koalitionsausschuss.pdf.

/31/ Becker, Sophia (2017): Individuelles Rebound-Verhalten in der Pkw-Mobilität. Das Wechselspiel von Effizienzverbesserung und Nachfragesteigerung. Diss. Univ. Stuttgart.

/32/ Umweltbundesamt (2021): Klimaschutzinstrumente im Verkehr. Dessau-Roßlau. Verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/366/dokumente/uba-kurzpapier_strassenverkehrsrecht_kliv_0.pdf.

/33/ Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz - SaubFahrzeugBeschG) vom 9. Juni 2021 (BGBl. I S. 1691).

Anhang

A.1 Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw im Bundesvergleich

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Energieeffizienz des Personenverkehrs in der Regiopolregion Rostock besteht darin, den Motorisierten Individualverkehr (MIV) zugunsten des ÖPNV zurückzudrängen. Bestandteil einer Energieeffizienzstrategie muss somit auch eine Strategie sein, die auf eine Begrenzung bzw. Absenkung der Ausstattung der Bevölkerung der Regiopolregion Rostock mit privaten Pkw abzielt, die für den Motorisierten Individualverkehr genutzt werden.

Für die Entwicklung einer solchen Strategie bietet sich neben anderen Analysen die Suche nach solchen Regionen an, in denen die Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw geringer ist als in der Regiopolregion Rostock. Sofern solche Regionen identifiziert werden können, könnten diese auf solche strukturellen Unterschiede zur Regiopolregion Rostock untersucht werden, die für diese geringere Ausstattung als ursächlich oder begünstigend wirkend gelten können.

Für die Identifikation solcher Regionen wurde ein Vergleich der gegenwärtigen Ausstattung der Bevölkerung in der Regiopolregion Rostock mit privaten Pkw mit der Ausstattung anderer Regionen in Deutschland durchgeführt. Dazu wurden Kfz-Bestandsdaten des Kraftfahrt-Bundesamtes sowie Einwohnerdaten des Statistischen Bundesamtes für die insgesamt 400 Stadtkreise, kreisfreien Städte sowie Landkreise Deutschlands herangezogen. Alle Daten beziehen sich auf den gleichen Stichtag, den 1. Januar 2021.

Abbildung *24* zeigt die Ergebnisse dieses Vergleichs, bei dem Stadt (blaue Kurve) und Land (grüne Kurve) getrennt voneinander betrachtet wurden. In der Abbildung wurden die in den Kreisen und kreisfreien Städten vorhandenen Bestände an privaten Pkw auf die jeweiligen Einwohnerzahlen bezogen und die so berechnete Ausstattungen der Größe nach geordnet. Außerdem wurden die Regiopole Rostock sowie ihr Verflechtungsraum gekennzeichnet (rote Punkte). Danach liegt die Ausstattung der Bevölkerungen in den Stadtkreisen und kreisfreien Städten in einem Bereich von 292-576 Pkw je 1.000 Einwohner, während der Bevölkerungen in den Landkreisen über 455-681 Pkw je 1.000 Einwohner verfügen. Dem Vergleich zufolge befindet sich die Regiopole im Vergleich mit den anderen Stadtkreisen bzw. kreisfreien Städten Deutschlands mit 372 Pkw je 1.000 Einwohner im unteren Bereich, während der Verflechtungsraum im Vergleich mit den Landkreisen Deutschlands mit 592 Pkw je 1.000 Einwohner im mittleren Bereich liegt.

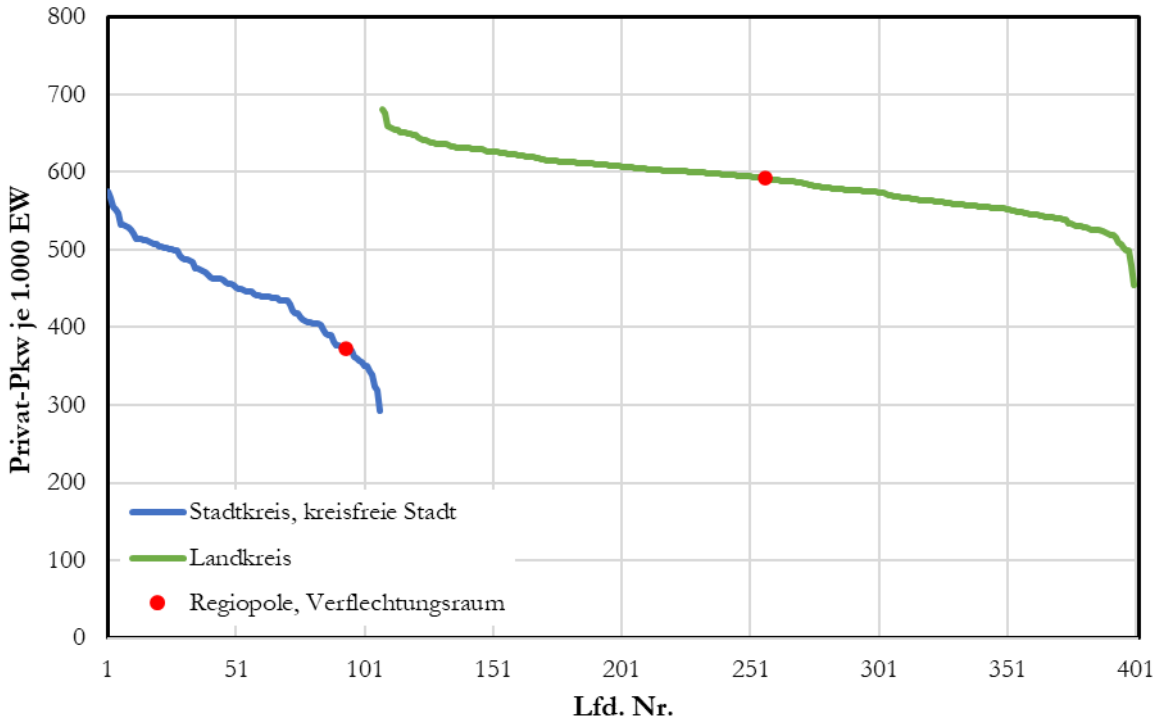


Abbildung 24: Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw[80]

[80] Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ausstattung der Bevölkerungen in Stadt und Land zeigt nur eine geringe Korrelation mit der Einwohnerzahl, alle 400 in Deutschland existierenden Gebietskörperschaften miteinander verglichen werden. In Abbildung *25* wurden die Ausstattungen mit privaten Pkw je 1.000 Einwohner über der Einwohnerzahl aufgetragen. Für diejenigen Gebietskörperschaften mit Einwohnerzahlen in einem Bereich von 35-500 Tsd. Einwohnern ergibt sich kein Zusammenhang zwischen den Ausstattungen und den Einwohnerzahlen. Zudem zeigen die Ausstattungen der Stadtkreise und kreisfreien Städte sowie der Landkreise einen überlappenden Bereich zwischen 500-600 privaten Pkw je 1.000 Einwohner. Erst bei den Kreisen und kreisfreien Städten mit deutlich größeren Einwohnerzahlen zeigt sich eine leicht sinkende Tendenz, die sich bei den größten Städten auf ca. 350 private Pkw je 1.000 Einwohner einstellt (Hamburg, München). Nur Berlin zeigt mit 292 Pkw je 1.000 Einwohner eine noch geringere Ausstattung. Es zeigt sich also, dass in diesem Vergleich zumindest die an der Einwohnerzahl gemessene Größe von Regionen allein kaum die unterschiedlichen Ausstattungen ihrer Bevölkerungen mit privaten Pkw erklären können.

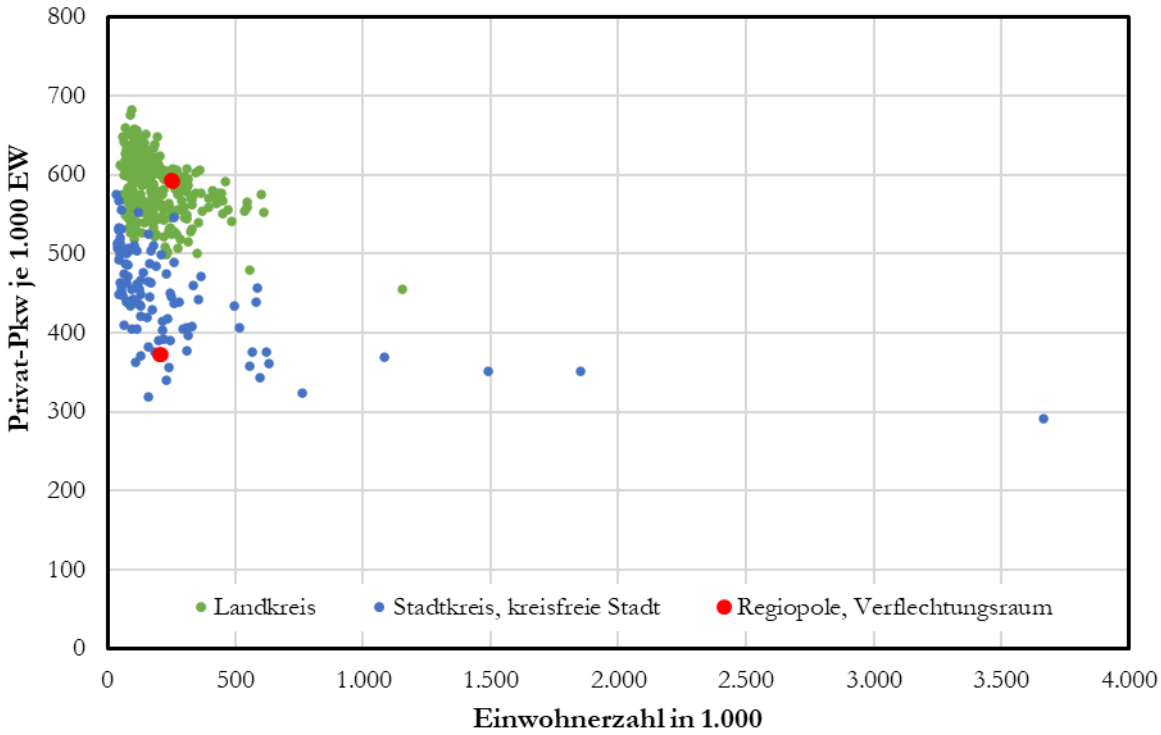


Abbildung 25: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerzahl[81]

Etwas anders stellt sich das Vergleichsergebnis dar, wenn jeweils nur die zehn Stadtkreise und kreisfreien Städte bzw. Landkreise berücksichtigt werden, deren Einwohnerzahlen über bzw. unter jenen der Regiopole Rostock bzw. ihres Verflechtungsraums liegen, Abbildung *26*. Auch unter diesen Stadtkreisen bzw. kreisfreien Städten ist die Regiopole Rostock eine von jenen mit einer vergleichsweise geringen Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw. Ihr Verflechtungsraum jedoch weist im Vergleich mit Landkreisen ähnlicher Einwohnerzahl eine relativ hohe Ausstattung auf.

Auch der anstelle Einwohnerzahl auf die Einwohnerdichte bezogene Vergleich der Stadtkreise und kreisfreien Städten bzw. der Landkreise kann deren Unterschiede in der Ausstattung der Bevölkerung mit privaten Pkw nicht erklären, wie Abbildung *27* zeigt. In der Abbildung sind wiederum die zehn Stadtkreise und kreisfreien Städte bzw. Landkreise berücksichtigt, deren Einwohnerzahlen über bzw. unter jenen der Regiopole Rostock bzw. ihres Verflechtungsraums liegen. Diese sind jeweils nach der Einwohnerdichte aufsteigend angeordnet. Die parallel dazu dargestellten Ausstattungen mit privaten Pkw zeigen demgegenüber keine auf- oder absteigende Tendenz, sondern schwanken um eine mittlere Ausstattung.

[81] Quelle: Eigene Darstellung.

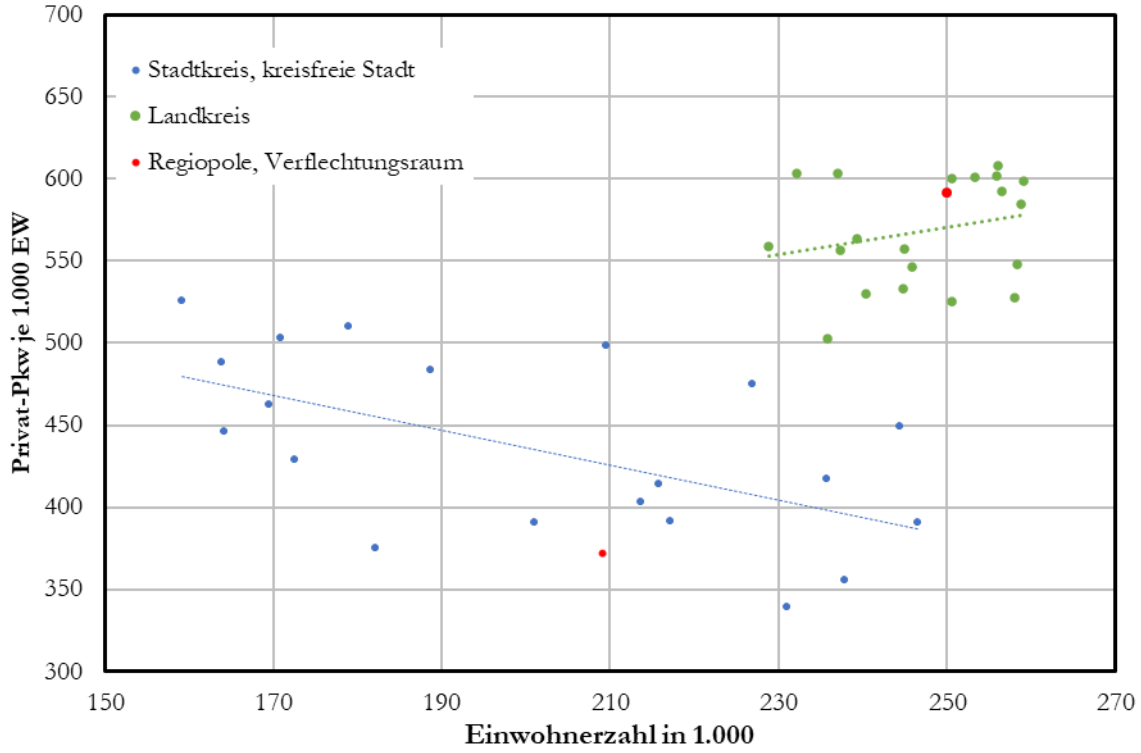


Abbildung 26: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerzahl (reduziert)[82]

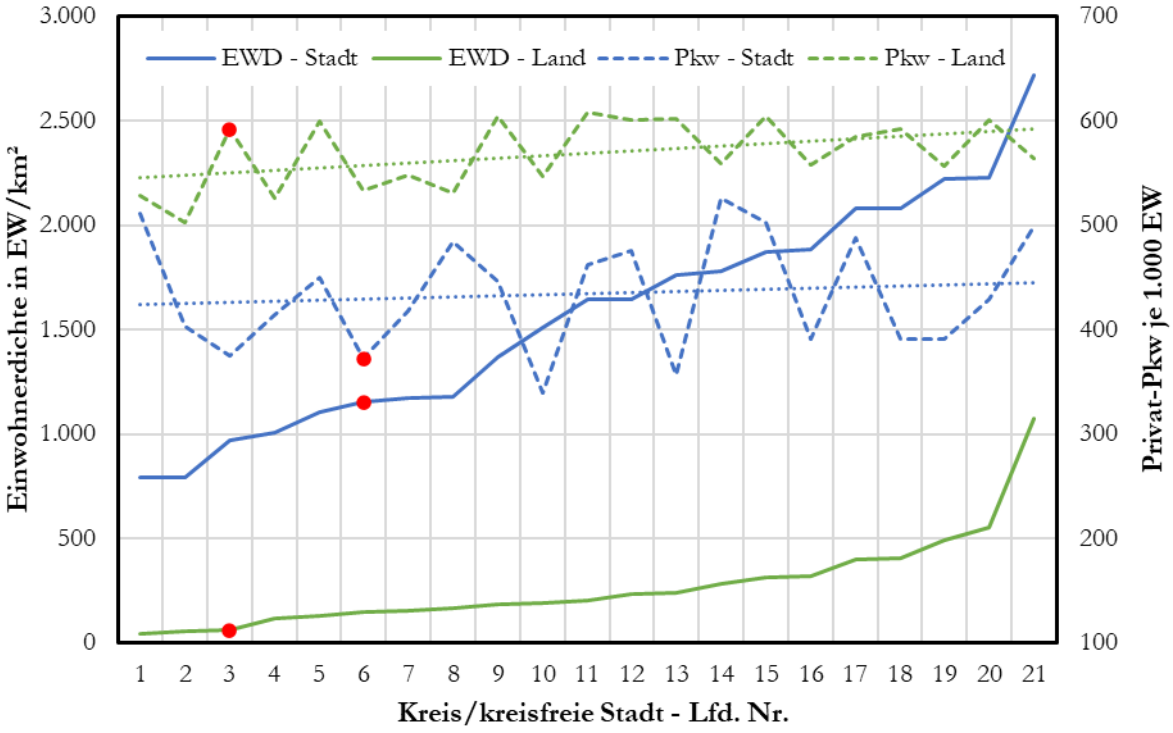


Abbildung 27: Ausstattung mit privaten Pkw über der Einwohnerdichte (reduziert)[83]

[82] Quelle: Eigene Darstellung.
[83] Quelle: Eigene Darstellung.

A.2 Autonomes Fahren: Perspektiven in Deutschland

Hensiek, Joerg (2022): Autonomes Fahren: Die aktuelle Lage in Deutschland. In: Verkehr und Technik 75(2022)7/8. S. 250-252. https://doi.org/10.37307/j.1868-7911.2022.07.09.

Autonomes Fahren wird bereits seit einigen Jahren in Politik und Medien diskutiert, teilweise sehr kontrovers. Der Begriff Autonomes Fahren beschreibt selbstfahrende Fahrzeuge oder Transportsysteme, die sich ohne Eingriff des menschlichen Fahrers zielgerichtet fortbewegen. Vollkommen autonom fahren bereits heute in vielen Betrieben unter anderem selbstfahrende Gabelstapler oder auch schienengeführte Personentransportsysteme. Darüber hinaus gibt es in Deutschland eine Reihe von Teststrecken für autonomes Fahren, beispielsweise in Hamburg und in Karlsruhe, auf denen selbstfahrende Shuttles für die Personen- und Güterbeförderung erprobt werden. Auch auf der Straße gab es bereits Tests mit vollständig autonom fahrenden Autos. 2013 fuhr beispielsweise ein Prototyp der Mercedes Benz S-Klasse von Mannheim nach Pforzheim und zurück. Mercedes-Benz hat auch die weltweit erste System-Genehmigung für hochautomatisiertes Fahren nach Level 3 erhalten, die international gültig ist.

Autonomes Fahren bildet die höchste Form des automatisierten Fahrens. Die Stufen (Level) des autonomen Fahrens reichen von Stufe 0 (keine Automatisierung) bis hin zu Stufe 5 (fahrerloses Fahren).

SAE-STUFE	NAME	BESCHREIBUNG	QUER- UND LÄNGSFÜHRUNG (LENKEN / BREMSEN / BESCHLEUNIGEN)	UMGEBUNGS-BEOBACHTUNG	RÜCKFALLEBENE
Stufe 0	No Automation (Keine Automation)	Der Fahrer fährt eigenständig, auch wenn unterstützende Systeme (z. B. ABS oder ESP) vorhanden sind.	Fahrer	Fahrer	keine
Stufe 1	Driver Assistance (Assistenzsysteme)	Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- oder Querführung (u. a. ACC).	Fahrer und System	Fahrer	Fahrer
Stufe 2	Partial Automation (Teilautomatisierung)	Ein oder mehrere Fahrerassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung bei Längs- und gleichzeitiger Querführung.	System	Fahrer	Fahrer
Stufe 3	Conditional Automation (Bedingte Automatisierung)	Autonomes Fahren mit der Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagieren muss.	System	System	Fahrer
Stufe 4	High Automation (Hochautomatisierung)	Automatisierte Führung des Fahrzeugs ohne die Erwartung, dass der Fahrer auf Anforderung zum Eingreifen reagiert. Ohne menschliche Reaktion steuert das Fahrzeug weiterhin autonom.	System	System	System
Stufe 5	Full Automation (Vollautomatisierung)	Vollständig autonomes Fahren, bei dem die dynamische Fahraufgabe unter jeder Fahrbahn- und Umgebungsbedingung, welche auch von einem menschlichen Fahrer beherrscht wird, durchgeführt wird.	System	System	System

Tabelle 9: Stufen der Automatisierung nach SAE J3016[84]

Level 5 wird in näherer Zukunft erreichbar sein. Viele Experten halten dies für möglich, allerdings mehr in Industrie und Dienstleistungen (Beispiel: Robo-Taxis) als im Privatverkehr. Nicht vollständig gelöste technische Probleme sind:

- das Fahren bei unterschiedlichen und schwierigen Witterungsverhältnissen und
- die Interaktionsfähigkeit des autonomen Fahrzeugs mit anderen Verkehrsteilnehmern.

[84] Quelle: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2020/03/kapitel-1-5-forschung-fuer-autonomes-fahren.html.

Technisch gehören einige Länder zu den Taktgebern in der Forschung und Entwicklung zum autonomen Fahren. Hinsichtlich der Rechtslage jedoch ist Deutschland aktuell der „Spitzenreiter".

2016 wurde von der Bundesregierung eine Ethikkommission berufen. 2017 trat das Gesetz zum automatisierten Fahren (Änderung des Straßenverkehrsgesetzes) in Kraft. Im Juli 2021 wurde mit einem neuen Gesetz zum autonomen Fahren der Rechtsrahmen geschaffen, damit autonome Kraftfahrzeuge (Stufe 4) in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Straßenverkehr bundesweit im Regelbetrieb fahren können. Außerdem wurde die Verordnung zum autonomen Fahren (AFGBV) verabschiedet. Mit ihr wird das Gesetz zum autonomen Fahren auch praktisch umsetzbar. Das „Drei-Säulen-Modell" aus Fahrer-, Halter- und Herstellerhaftung bleibt in der heutigen Form (noch) bestehen. Somit muss der Fahrer des Wagens, sobald er ein Problem erkennt, das Steuer sofort wieder selbst übernehmen. Diese rechtliche Konstellation gilt aber nur für den aktuellen Stufe 3-Status.

Der Betrieb führerloser Kraftfahrzeuge wird für eine maximale Zahl von Einsatzszenarien ermöglicht.

Zu den Einsatzbereichen zählen:

- Shuttle-Verkehre,
- People-Mover (Busse, die auf einer festgelegten Route unterwegs sind),
- Hub2Hub-Verkehre (z. B. zwischen zwei Verteilzentren),
- nachfrageorientierte Angebote in Randzeiten,
- die Beförderung von Personen und/oder Gütern auf der ersten oder letzten Meile,
- „Dual Mode Fahrzeuge" wie zum Beispiel beim Automated Valet Parking (AVP).

Die vielleicht brisanteste Zukunftsherausforderung für das autonome Fahren aber ist ein direktes Ergebnis des technischen Fortschritts: Heutige Fahrzeuge mit ihren immer zahlreicheren elektronischen Geräten und Internet-Zugang werden permanent „online" sein und sind somit im wahrsten Sinne des Wortes mit der ganzen Welt vernetzt. Damit besteht aber für das Fahrzeug die Gefahr, zum Ziel von Hacker-Angriffen zu werden.

VDV (2020): Eckpunkte zum Rechtsrahmen für einen vollautomatisierten und fahrerlosen Level 4 Betrieb im öffentlichen Verkehr. Positionspapier. Köln. https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx, S. 4:

Primäres Ziel muss es sein, den Regelbetrieb von Kraftfahrzeugen mit autonomen Fahrfunktionen in den spezifischen Anwendungsfällen des öffentlichen Verkehrs zu ermöglichen. Dabei soll das Fahrzeugsystem Quer- und Längsführung (Geschwindigkeitsanpassungen, Spurwechsel etc.) in den spezifischen Anwendungsfällen des öffentlichen Verkehrs vollständig übernehmen können (automatisierter Betriebshof, fahrerlose Bedienung der letzten Meile, fahrerloser Quartierbus etc.). Eine Überwachung durch einen Fahrzeugführer wird dabei nicht mehr erforderlich sein. Die Systemgrenzen werden vom Fahrzeug selbst erkannt, sodass es in der Lage ist, jederzeit einen risikominimalen Zustand herzustellen. Alle Personen im Fahrzeug werden zu Fahrgästen.

Ein fahrzeugführerloser Betrieb von Kraftfahrzeugen im öffentlichen Straßenraum, eingebettet in Leitstellen zur Betriebsüberwachung und -lenkung geeigneter ÖPNV-Verkehrsunternehmen als Betreiber, entspricht als „Stufe 4 ÖV" den Bedürfnissen des ÖPNV und den erwartbaren Fähigkeiten der Technik.

Dr.-Ing. Grüttner
Energie · Umwelt · Strategie
GmbH

18239 Hohen Luckow
Bützower Str. 1a
Fon +49(0)38295 74-109
Fax +49(0)38295 74-141
Mobil: 0173 973 8243
info@gruettner-eus.de
www.gruettner-eus.de