Die Mobilitätswende im ländlichen Mecklenburg-Vorpommern

Modellgestützte Szenarien zur Elektromobilität für eine Betrachtung nachhaltiger Daseinsvorsorge im ländlichen Raum

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

vorgelegt von
Herrn Henry Lewerentz
geboren am 06.03.1987
in Ueckermünde

Greifswald, den 29.05.2015

Dekan: Prof. Dr. Klaus Fesser

Erstgutachter: PD Dr. Wolfgang Weiß
Zweitgutachter: Prof. Dr. Rudolf Juchelka

Datum des Promotionskolloquiums: 26. Oktober 2015

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den ökonomischen, ökologischen und sozialen Chancen aus der Nutzung alternativer Antriebsformen im Bereich des motorisierten Individualverkehrs im ländlichen Raum. Die Bedeutung der Mobilität in ländlichen Räumen und deren Konsequenzen wurden bisher in der Wissenschaft vernachlässigt. Da aber mehr als 30 % der Einwohner Deutschlands auf zirka 70 % der als ländlicher Raum bezeichneten Fläche leben, ist die Untersuchung dieser Räume lohnenswert und Thema dieser Arbeit.

Es wurden zwei Untersuchungsgebiete im ländlich peripheren Raum Mecklenburg-Vorpommerns nach ökonomischen, sozialen und demographischen Gesichtspunkten ausgewählt. Beide Gebiete werden anhand ihrer geographischen Lage und ausgewählter Teilstrukturen dargestellt.

In dieser Arbeit werden für die beiden Untersuchungsgebiete zwei Forschungskomplexe bearbeitet.

> **Welche Entwicklungsmöglichkeiten, Trends oder Szenarien privater Mobilitätsbedürfnisse, Verkehrsinfrastrukturen sowie Antriebstechniken sind in den ländlich peripheren Räumen kurz- und mittelfristig zu erwarten? Von welchen Hindernissen und Chancen aus ökonomischer, technologischer und demographischer Sicht werden die Dynamiken lokal bestimmt?**

Aus der Kombination und Analyse von Primärdaten aus Experteninterviews mit lokalen Entscheidungsträgern vor Ort als auch statistischen Sekundärdaten konnten wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Insgesamt dominiert bei den Akteuren ein positives und dynamisches Bild der Region. Allerdings ist ihnen auch bewusst, dass „ihre“ Region große strukturelle Probleme besitzt. In den Städten sind diese Probleme etwas geringer ausgeprägt als in den übrigen Gemeinden. Für die Zukunft wird mit einer weiteren Verschlechterung der infrastrukturellen, ökonomischen und demographischen Situation gerechnet. Hierzu zählt die Ausdünnung der Angebote der Daseinsvorsorge, aber auch abnehmende Angebote der administrativen Ebene oder die steigenden Kosten für die individuelle Mobilität. Problematisch wird dies, weil gerade für die individuelle Mobilität ein hohes Bedürfnis, mit eher zunehmender Tendenz, vorherrscht. Der motorisierte Individualverkehr bildet die Grundlage für die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben, auch weil der öffentliche Personenverkehr keine attraktive Alternative darstellt.

Aus der Analyse der Interviews können zahlreiche innovative Vorschläge zur Verbesserung der Situation abgeleitet werden. Mehrere Akteure sehen so in den alternativen Antriebstechnologien, im Speziellen der Elektromobilität, eine Chance für positive Entwicklungen. Derzeit spielen Fahrzeuge mit alternativen Antriebsformen jedoch noch fast keine Rolle im täglichen Erscheinungsbild. Lediglich als Elektrofahrrad, womit ebenfalls Pedelecs gemeint sind, werden neue Antriebsformen wahrgenommen. Für die

zukünftige Marktdurchdringung der E-Mobilität im Pkw-Segment sind die finanziellen Rahmenbedingungen derzeit nicht gegeben. Diese Restriktion steht noch vor den infrastrukturellen und psychologischen Hürden einer Veränderung entgegen.

Welche Rolle können alternative Antriebstechnologien, im Speziellen die Elektromobilität, in den Untersuchungsgebieten spielen? Wie könnten sich die verändernden Kosten für Mobilität und die durch Mobilität erzielten ökonomischen und ökologischen Effekte in den Regionen wandeln?

Die Beantwortung dieser Fragen erfolgt mit Hilfe eines modularisierten Computermodels. Neben der Modelbeschreibung werden zu jedem Modul verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten und Trends beschrieben sowie deren Chancen und Hindernisse aufgezeigt. Durch das Simulieren verschiedener Szenarien konnten unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten abgebildet werden. Die demographischen Verhältnisse, mit stark abnehmender Bevölkerungs- und Haushaltsanzahl sowie steigendem Durchschnittsalter, bleiben in jedem Szenario gleich. Ebenso steigen die in den Untersuchungsgebieten erzielten Einkommen. Die Anzahl der Pkw wird prozentual weniger stark abnehmen als die Bevölkerung. Dies führt zu einem Anstieg der Motorisierungsquote. Aus den Interviews wurde ein Bedeutungsgewinn des Individualverkehrs abgeleitet. Dies ist ebenfalls in der Simulation durch die steigende Anzahl der täglich pro-Kopf zurückgelegten Kilometer in allen Szenarien ersichtlich. Auf der anderen Seite ist ein Anstieg der Kraftstoffpreise das wahrscheinlichste Szenario. Dies führt dazu, dass die Einwohner zukünftig mehr Geld für Mobilität ausgeben müssen. Bei Szenarien mit steigendem Anteil alternativer Antriebe wird die Steigerungsrate beim Mobilitätsbudget abgemildert. Falls lokal erzeugte Energie als Kraftstoffe verwendet werden, wird nicht nur die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduziert, sondern es verbleibt ein erheblicher finanzieller Vorteil in der Region. Abschließend konnte gezeigt werden, dass mit steigendem Anteil alternativer Antriebe, vorwiegend Elektromobile, ein bedeutender ökologischer Effekt eintritt, indem sich die lokalen CO_2-Emissionen verringern.

Hauptergebnis dieser Studie ist, dass ein großer Anteil alternativer Antriebe im Pkw-Segment soziale, ökonomische und ökologische Vorteile für die Regionen und deren private Haushalte hat.

Um eine Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen zu fördern und den zukünftigen Bedarf an Elektroladesäulen abzudecken, wurde das Problem der Standortfindung von Ladesäulen in den Untersuchungsgebieten behandelt. Hierzu wurde ein GIS-gestütztes Werkzeug entwickelt, das potenzielle Standorte für Ladestationen findet. Im Untersuchungsgebiet eins wurden so insgesamt sechs Orte und im zweiten Untersuchungsgebiet drei Orte ausfindig gemacht, in denen öffentliche Ladestationen installiert werden sollten. Der Standortvorschlag stellt einen Kompromiss zwischen Ausbauzielen, Kostenverträglichkeit und Flächenabdeckung dar. Das Werkzeug ist so angelegt, dass eine Übertragbarkeit auf andere Regionen gewährleistet ist.

Die Arbeit beschäftigt sich mit den Bereichen Verkehrs- und Raumentwicklung sowie den demographischen und wirtschaftlichen Veränderungen. Dabei wurde mit der verknüpfenden Betrachtung zwischen alternativen Antriebskonzepten im Pkw-Markt und der Erzeugung von erneuerbaren Energien ein bisher nur wenig betrachtetes Forschungsfeld bearbeitet. Für eine derartige Betrachtung bieten sich die ländlichen Räume an, da der motorisierte Individualverkehr dort eine besondere Bedeutung besitzt.

Die Mobilitätswende kann einen wichtigen Beitrag zur Regionalentwicklung für die Untersuchungsgebiete leisten, da so die regional erzeugte Energie als direkter Wertschöpfungsbeitrag vor Ort verbleibt. Darüber hinaus könnten die privaten Haushalte von einem nicht weiter steigenden Mobilitätsbudget profitieren. Somit kann die Mobilitätswende einen Beitrag zur Sicherstellung der verkehrsräumlichen Mobilität leisten und die Chancen zur Teilhabe am gesellschaftlichen Leben im ländlichen Raum verbessern. Aus ökologischen Gesichtspunkten erscheint die lokale Mobilitätswende ebenfalls vorteilhaft. Einerseits werden durch den Technologiewandel die Pkw-Emissionen gesenkt. Andererseits sinken die CO_2-Emissionen durch die Verwendung regional nachhaltig erzeugter Energie. Für den erforderlichen Infrastrukturaufbau wurde ein Vorschlag gemacht, der einen Kompromiss zwischen Ausbauzielen, Kostenverträglichkeit und Flächenabdeckung darstellt.

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis **5**

Abbildungsverzeichnis **7**

Abkürzungsverzeichnis **9**

1 Einleitung **13**
1.1 Ausgangslage und Problemstellung 14
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg 16

2 Grundlagen **19**
2.1 Begriffsklärungen und Definitionen 20
2.1.1 Verkehr und Mobilität 20
2.1.2 Antriebstechnik und Mobilitätswende 23
2.1.3 Einbindung alternativer Kraftstoffe in den Verkehrssektor 25
2.1.4 Ländlich periphere Räume 27
2.1.5 Daseinsvorsorge 29
2.1.6 Regionale ökonomische Effekte und Wertschöpfung 30
2.1.7 Modellbildung, Simulation und Prognosen 31
2.2 Methodik 35
2.2.1 Empirische Datengrundlage 35
2.2.2 Modellbildung im Sinne der vorliegenden Arbeit 37
2.2.3 GIS-gestützte Standortfindung einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität 38

3 Die Untersuchungsräume **41**
3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete 42
3.2 Geographische Lage und Aussagen zu räumlichen Teilstrukturen 46
3.2.1 Das Untersuchungsgebiet 1; Ueckermünde - Torgelow - Eggesin (UTE) 46
3.2.2 Das Untersuchungsgebiet 2; Waren - Malchow - Röbel (WMR) . 48

4 Ergebnisse der empirischen Datenerhebung 51
4.1 Allgemeine Ergebnisse der Interviews 52
4.2 Betrachtung der einzelnen Teilbereiche der Interviews 54
4.2.1 Mobilität und Verkehr 54
4.2.2 Daseinsvorsorge 55
4.2.3 Charakteristik und Gesamtbetrachtung 57

5 Modularisierung und Modellbildung der verkehrsräumlichen Parameter 63
5.1 Modellbeschreibung 64
5.1.1 Modul Demographie 64
5.1.2 Modul Finanzen 68
5.1.3 Modul Pkw-Markt 69
5.1.4 Modul Mobilität 74
5.1.5 Modul Kraftstoffe und Kraftstoffpreise 75
5.1.6 Modul Energie 79
5.1.7 Modul CO_2 81
5.1.8 Kopplung der Interviewergebnisse mit dem Modell 83
5.2 Modellergebnisse 85
5.2.1 Entwicklung Demographie 85
5.2.2 Entwicklung Finanzen 89
5.2.3 Entwicklung Pkw-Markt 90
5.2.4 Entwicklung Mobilität 93
5.2.5 Entwicklung Kraftstoffe und Kraftstoffpreise 95
5.2.6 Entwicklung Energie 100
5.2.7 Entwicklung CO_2-Emissionen 102

6 Optimierung der Verortung einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität 107
6.1 Ablauf der GIS-gestützten Standortfindung 108
6.2 Ergebnisse der Standortfindung 112

7 Diskussion und Fazit 115
7.1 Kritische Einordnung des Modells 116
7.1.1 Bewertung und Verbesserungsmöglichkeiten des Modells 116
7.1.2 Überschneidung Interviews und Modell 117
7.1.3 Bewertung und Verbesserungsmöglichkeiten der Standortfindung 118
7.2 Abschließende inhaltliche Bewertung 118

8 Anhang **123**
8.1 Interviewleitfaden 124
8.2 Transkriptionsregeln 129
8.3 Einwohner je Gemeinde 130
8.4 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „StS“ 131
8.5 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „MoS“ 132
8.6 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „ExS“ 133
8.7 1.000 Pkm je € verfügbaren Einkommen 134
8.8 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „StS“ 135
8.9 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „MoS“ 136
8.10 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „ExS“ 137
8.11 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „MoS sP“ 138
8.12 Kraftstoffverbrauch in MWh je Tag 139
8.13 Mobilitätsbudget; „StS“ 140
8.14 Mobilitätsbudget; „MoS“ 141
8.15 Mobilitätsbudget; „ExS“ 142
8.16 Mobilitätsbudget; „MoS sP“ 143
8.17 Relativer Anteil der Senioren und der Hochbetagten an der Gesamtbevölkerung in MV von 2006 bis 2030 144
8.18 Filterregeln für die Wohngebäude, abgeleitet aus dem ATKIS - Objektartenkatalog 145
8.19 Vergleich Infrastrukturpotenzial 146
8.20 Kurzüberblick der Modellergebnisse 147

Literatur **149**

Tabellenverzeichnis

3.1 Gemeinden im UG 1 46
3.2 Gemeinden im UG 2 48

4.1 Auszählung und Auswertung der Ankreuzmatrix 52
4.2 Statistischer Überblick der Interviewauswertung 57

5.1 Verschiedene Quellen und Annahmen über die jährliche Entwicklung von Einkommen 69
5.2 Angenommenes Marktpotenzial im Szenario Mobilitätswende und im Extremen Szenario für das Jahr 2020 und 2030 73
5.3 Stromverbrauch je Haushaltsgröße in kWh/a 79
5.4 Jährliche Zubaurate EEA 80
5.5 Spezifische CO_2-Emissionen der einzelnen Kraftstoffarten 81
5.6 Altersabhängiger Wasserverbrauch 82
5.7 Faktoren aus der Normierung 84
5.8 Vergleich der täglich zurückgelegten Kilometer Pro-Kopf und Gesamt . 94
5.9 Kraftstoffverbrauch der einzelnen Antriebsarten 2010 und 2030 96
5.10 Vergleich der täglichen Ausgaben für Kraftstoffe je UG und der Anteil, der möglicherweise lokal erzeugt werden könnte 99
5.11 Vergleich der Energieproduktion und des Energieverbrauchs der alternativen Antriebe im Jahr 2030 101
5.12 Vergleich von CO_2-Emissionen je UG mit anderen Regionen 103

6.1 Herleitung der Infrastrukturdaten 112

Abbildungsverzeichnis

1.1 Schematische Darstellung der Projektlogik 17
1.2 Die drei Säulen der Arbeit 18

2.1 Schematische Darstellung der Verkehrsarten 22
2.2 Entwicklung des Bestands an Kraftfahrzeugen nach Fahrzeug- und Antriebsart 23
2.3 Historische und prognostizierte Förderverläufe von Erdöl 24
2.4 Schematische Darstellung einer möglichen Einbindung erneuerbarer Energien in den Kraftstoffpark 26
2.5 Raumabgrenzung nach siedlungsstrukturellen Kreistypen 27
2.6 Beispiel der Ankreuzmatrix 35
2.7 Verteilung der Gesprächspartner nach Merkmalen 36
2.8 Schematische Darstellung der Module der Simulation 38

3.1 Die Untersuchungsgebiete 43
3.2 Landesprognose der Bevölkerungsentwicklung auf Kreisebene 2010 bis 2030 44
3.3 Die Gemeinden der Untersuchungsgebiete 47
3.4 Vergleich des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte je Einwohner unterschiedlicher Regionen 49

4.1 Boxplot über die Mittelwerte der Bereiche aus der Ankreuzmatrix . . . 53
4.2 Frage zum möglichen Kauf eines Pkw mit alternativer Antriebsform . . 55
4.3 Einschätzung der Zukunftsaussichten 56
4.4 Vorschläge, wie nach Meinungen der Experten positive Änderungen herbeigeführt werden können 59

5.1 Schematischer Ablauf der Bevölkerungsberechnung 65
5.2 Schematischer Ablauf der Haushaltsberechnung 67
5.3 Schematischer Ablauf der Einkommens- und Ausgabenberechnung . . . 70
5.4 Schematischer Ablauf der Führerscheinberechnung 71
5.5 Muster von Marktentwicklungen diverser Technologien und deren Simulation nach Gompertz 74
5.6 Schematischer Ablauf Modal Split 76

5.7 Entwicklung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs bei Pkw . . . 77
5.8 Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2000 bis 2013 80
5.9 Bevölkerungspyramiden über beide UG der Jahre 2010 und 2030 85
5.10 Entwicklung der Bevölkerung in einer 2D Darstellung 86
5.11 Anteile der Senioren und Hochbetagten je UG sowie das Billeter-Maß je UG 88
5.12 Entwicklung der Haushalte in UG 1 und UG 2 88
5.13 Vergleich der Entwicklungen der Bevölkerung und der Einkommen je UG 89
5.14 Kaufkraftdichte je Gemeinde im Jahr 2010 90
5.15 Pkw je 1.000 EW 2010 91
5.16 Entwicklung des Pkw-Marktes im UG 1 und UG 2 im Szenario Mobilitätswende 92
5.17 Entwicklung des Pkw-Marktes im UG 1 und UG 2 im Extremen Szenario 92
5.18 Vergleich des Modal Split je UG für die Jahre 2010 und 2030 93
5.19 Entwicklung der Ø täglich im UG zurückgelegten Kilometer je Verkehrsmittel 94
5.20 Entwicklung der Kraftstoffpreise 95
5.21 Entwicklung des Mobilitätsbudgets und der täglichen Kraftstoffkosten pro Kopf 97
5.22 Entwicklung der EE-Produktion und Stromverbrauch je UG 100
5.23 Pkw-bedingte CO_2-Emissionen je Gemeinde im Jahr 2010 103
5.24 Entwicklung der Pro-Kopf-CO_2-Emissionen und Entwicklung der CO_2-Emissionen im Pkw-Markt je UG 104

6.1 Schematischer Ablauf der GIS-gestützten Standortfindung für Ladesäulen 109
6.2 Bevölkerungspotenzial 111
6.3 Potenzielle Standorte für E-Tankstellen im öffentlichen Raum 113

Abkürzungsverzeichnis

A ..... Ausgaben
a ..... Jahr
Abb. ..... Abbildung
Abs. ..... Abschnitt
Abw. ..... Abweichung
ADAC ..... Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
Anh. ..... Anhang
ARL ..... Akademie für Raumforschung und Landesplanung
Art. ..... Artikel
B ..... Bevölkerung
BBR ..... Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BBSR ..... Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BE ..... Bruttoeinkommen
BEV ..... Battery Electric Vehicle
Bev ..... Bevölkerung
BGR ..... Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BIP ..... Bruttoinlandsprodukt
BLE ..... Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMG ..... Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung
BMU ..... Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BMVBS ..... Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI ..... Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi ..... Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CH_4 ..... Methan
CNG ..... Compressed Natural Gas
CO_2 ..... Kohlenstoffdioxid
d ..... Tag
DGS ..... Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie e.V.
DLR ..... Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
dpa ..... Deutsche Presse-Agentur
E ..... Einkommen
E-Mobilität .... Elektromobilität
E.ON ..... E.ON SE (Energiekonzern)
ebd. ..... ebenda

EE ..... Erneuerbare Energien
EEA ..... Erneuerbare-Energien-Anlagen
EEG ..... Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH ..... Einfamilienhaus
EG ..... Europäische Gemeinschaft
ESMT ..... European School of Management and Technology
EU ..... Europäische Union
EV ..... Electric Vehicle
EW ..... Einwohner
ExS ..... Extreme Szenario
F ..... Fortzüge
FCEV ..... Fuel Cell Electric Vehicle
FF ..... Forschungsfragen
Fu ..... Führerschein
G ..... Geburten
GFK ..... Gebäudefunktion
GG ..... Grundgesetz
GIS ..... Geographisches Informationssystem
Gl. ..... Gleichung
GPL ..... General Public License
H ..... Hauptzweck des Weges
H_2 ..... Wasserstoff
HEV ..... Hybrid Electric Vehicle
HH ..... Haushalte
IEA ..... Internationale Energieagentur
IFA ..... Institut für Automobilwirtschaft e.V.
IFMO ..... Institut für Mobilitätsforschung
IfnE ..... Ingenieurbüro für neue Energien
IKZ ..... Interkommunale Zusammenarbeit
Infas ..... Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH
INT ..... Interview
IV ..... Individualverkehr
IWES ..... Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik
IÖW ..... Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
Jh. ..... Jahrhundert
KA ..... Konsumausgaben
Kap. ..... Kapitel
KBA ..... Kraftfahrt-Bundesamt
Kfz ..... Kraftfahrzeug
Kk ..... Kraftstoffkosten

Kor ..... Korrektur
Krad ..... Kraftrad
KVMV ..... Kassenärztliche Vereinigung Mecklenburg-Vorpommern
kWh ..... Kilowattstunde
kWp ..... Kilowatt peak (maximal mögliche Leistung)
LK MSP ..... Landkreis Mecklenburgische Seenplatte
LK VG ..... Landkreis Vorpommern-Greifswald
LPG ..... Liquefied Petroleum Gas
M ..... Marktpotenzial
MFH ..... Mehrfamilienhaus
MiT ..... Mobilität in Tabellen
MIV ..... motorisierter Individualverkehr
MIV-Pa ..... MIV Mitfahrerbereich
MoS ..... Mobilitätswende Szenario
MV ..... Mecklenburg-Vorpommern
NE ..... Nettoeinkommen
NMIV ..... nicht motorisierter Individualverkehr
O_2 ..... Sauerstoff
o. J. ..... ohne Jahr
o. V. ..... ohne Verfasser
OECD ..... Organisation for Economic Co-operation and Development
OSM ..... openstreetmap
P ..... Jahreskilometerleistung
PHEV ..... Plugin Hybrid Electric Vehicle
Pkm ..... Personenkilometer
Pkw ..... Personenkraftwagen
PtG ..... Power-to-Gas
PtW ..... Plant-to-Wheel
PV ..... Personenverkehr
QDA ..... qualitative Datenanalyse
REEV ..... Range Extended Electric Vehicle
ROG ..... Raumordnungsgesetz
RPV ..... Regionaler Planungsverband
S ..... Sterbefälle
sP ..... stabile Preise
St ..... Start
StaLa SN ..... Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen
StatA MV ..... Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern
StK MV ..... Staatskanzlei Mecklenburg-Vorpommern
StS ..... Stagnation Szenario

t ..... Zeit
Tab. ..... Tabelle
TtW ..... Tank-to-Wheel
UG 1 ..... Untersuchungsgebiet 1
UG 2 ..... Untersuchungsgebiet 2
uNN ..... unter Normalnull
UTE ..... Ueckermünde - Torgelow - Eggesin
Vb ..... Verbrauch
VGRDL ..... Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder
Vm ..... Verkehrsmittel
W ..... Wege
WBS ..... Wohnbauserie
WEA ..... World Energy Outlook
WMR ..... Waren - Malchow - Röbel
WVV ..... Wirtschaft, Vereine, Verbände
Z ..... Zuzüge
Zi ..... Ziel
ÖPFV ..... Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV ..... Öffentlicher Personennahverkehr
ÖPV ..... Öffentlicher Personenverkehr
öpp ..... öffentlich-private Partnerschaften
üNN ..... über Normalnull

1 Einleitung

In diesem ersten Abschnitt der Arbeit soll die Hinführung zum Thema und das zu behandelnde Problem dargestellt werden. Darüber hinaus sollen die Ziele der Arbeit erläutert und der beschrittene Lösungsweg aufgezeigt werden. Ebenfalls werden Hinweise auf den derzeitigen Forschungsstand und zum Aufbau der Arbeit gegeben.

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Mobilität und Erreichbarkeit sind für die Attraktivität und Zukunftsfähigkeit der ländlichen Regionen als Wirtschafts- und Lebensräume eine entscheidende Voraussetzung. Sich verändernde räumliche Strukturen, der demographische Wandel und die Individualisierung der Lebensstile haben erhebliche Auswirkungen auf die Mobilitätsbedürfnisse und das Mobilitätsverhalten. Die Erreichbarkeit von Einrichtungen der Daseinsvorsorge und von Arbeitsstätten für alle Bevölkerungsgruppen ist im Hinblick auf die Gewährleistung gleichwertiger Lebensverhältnisse und die gesellschaftliche Teilhabe ein wesentlicher Faktor (Reimann und Lustig-Perske, 2012).

Global und national wird in Zukunft mit einer weiteren Steigerung des Verkehrsaufkommens gerechnet. Die Verkehrsverflechtungsprognose des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) aus dem Jahr 2014 erwartet für das Jahr 2030 angesichts steigender Mobilität und anhaltendem Wirtschaftswachstum eine deutliche Zunahme der Verkehrsleistung im Personenverkehr (BMVI, 2014b, S. 231).

Darüber hinaus basiert die derzeitige Mobilität zum überwiegenden Teil auf der Verbrennung fossiler, immer knapper werdender Ressourcen. Aus diesem Grund wird derzeit über unsere automobile Zukunft oft und kontrovers diskutiert. Tatsache ist, dass unsere verkehrsräumliche Mobilität vor einem großen Wandel steht (siehe Rasmussen, 2012, S. 4). Mit der vielfach proklamierten Energiewende muss eine Mobilitätswende im Straßenverkehr einhergehen. Angesichts des überproportional hohen Anteils des Straßenverkehrs an den klimabeeinflussenden Emissionen des Verkehrssektors existiert ein besonders hoher Handlungsbedarf. Notwendig sind Maßnahmen, um Emissionen und Energieverbrauch dieser Verkehrsmittel zu senken, sie durch sparsamere Verbrennungsmotoren zu ersetzen und die Verlagerung des Verkehrsaufkommens auf effizientere Verkehrsmittel. Zusätzlich gilt es, den Beitrag der erneuerbaren Energien (EE) zur Deckung des verbleibenden Energieverbrauchs zu steigern (Hohenberger und Mühlenhoff, 2014, S. 14).

Die Untersuchung ländlicher Räume ist dabei aus vielfältiger Sicht lohnenswert. Es leben mehr als 30 % der Einwohner Deutschlands auf zirka 70 % der als ländlicher Raum bezeichneten Fläche (siehe BBSR, o. J.). Allerdings kommt Kommunen im ländlichen Raum bisher bei Studien über alternative Antriebstechnologien wie beispielsweise Elektromobilität kaum Relevanz zu (Proff u. a., 2012; Slupetzky und Stroj, 2012, S. 124). Wenn überhaupt ländliche Regionen thematisiert werden, dann

beziehen sich diese fast ausschließlich auf zentrumsnahe Gebiete oder Metropolregionen (z. B. „Modellregionen Elektromobilität“ und „Schaufenster Elektromobilität“ (BMVI, o. J.)).

Doch gerade ländliche Kommunen fernab von Metropolregionen, als Räume der Energieproduktion, spielen eine besondere Rolle für die Energiewende (IÖW, 2010). Die Nachhaltigkeit alternativer Antriebstechnologien ist vor allem in den Räumen zwischen den Metropolen gegeben. Des Weiteren attestieren Studien über Kommunen, die Erneuerbarer-Energien-Anlagen (EEA) und Ansiedlungen von Unternehmen in diesem Bereich fördern, diesen eine „hohe ökonomische Wertschöpfung“ (IÖW, 2010, S. 19) und damit eine positive regionalwirtschaftliche Wirkung. Der Pkw-Bestand je 1.000 Einwohner und der Anteil des privaten Pkw-Verkehrs an allen Wegen ist in ländlichen Gegenden höher als in verstädterten Regionen (DLR, 2008). Somit haben die Kosten für die Nutzung des eigenen Autos den mit Abstand größten Anteil an den Verkehrsausgaben. Ebenfalls ist die Stellplatzsituation der Pkw im ländlichen Raum günstiger als in der Stadt. Gerade für die Elektromobilität ist dies wichtig, da viele Pkw auf dem eigenen Grundstück geparkt werden. Dies ermöglicht ein einfaches Aufladen an der heimischen Steckdose (DLR, 2008).

Ebenfalls ist zu beachten, dass der weitere Ausbau von EEA im ländlichen Raum zu hohen Stromerzeugungsspitzen und zur nicht bedarfsgerechten Produktion von Überschussstrom führt. Die Bevölkerungsstruktur ist zu kleinteilig und Industrie kaum vorhanden, als dass lokal und aktuell eine Stromabnahme in ähnlicher Größenordnung stattfindet wie er produziert wird. Treten nun Elektromobile als Kunden im Sinne von Stromabnehmern auf, können die Kommunen und deren Akteure durch die Mobilitätswende gleichzeitig von der Wende profitieren. Diese verknüpfende Betrachtung vom Verkehrsbereich mit dem allgemeinen Energiesystem (Strommarkt) ist noch unzureichend behandelt. Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS, 2013, S. 72) geht jedoch von einer zunehmenden Verzahnung der Bereiche aus.

Neben psychologischen und technischen Hindernissen stellt die kaum vorhandene Betankungs- und Ladeinfrastruktur für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben eine wesentliche Hürde bei der Marktdurchdringung dar (Bonn und Reichert, 2013, S. 17). Der massive Aus- und Aufbau der öffentlich zugänglichen Betankungsinfrastruktur für alternative Kraftstoffe, in welcher Form (ob staatliche oder private Finanzierungsmodelle) auch immer, wird nur mit einem massiven Kapitaleinsatz in den Räumen zu lösen sein.

Dalkmann u. a. (2004, S. 33) gehen davon aus, dass eine einzelne Disziplin die komplexen Fragen des Verkehrs nicht mehr lösen kann. So stellt die Schaffung von ausreichender Mobilität heute - und in Zukunft noch verschärft - eine große Herausforderung und Belastung für die politischen Akteure und Einwohner im ländlichen Raum dar. Darüber hinaus ist die Mobilitätssicherung der Menschen im ländlichen Raum

ein prioritäres Anliegen der Bundesregierung (Die Bundesregierung, 18.01.2013, S. 11).

Mit dem demographischen Wandel, im Speziellen mit dem Anwachsen der älteren Bevölkerungskohorten, geht oftmals ein Mobilitätsverlust einher. In Mecklenburg-Vorpommern (MV) sind diese demographischen Prozesse mit besonderer Deutlichkeit ausgeprägt. Daher kann Mecklenburg-Vorpommern als Modellregion der zukünftigen Entwicklung großer Bereiche Deutschlands angesehen werden. Ältere Personen legen im Durchschnitt weniger Wege zurück, und sie verbringen weniger Zeit damit, unterwegs zu sein (DLR, 2010, S. 69). Zusätzlich werden zunehmend Zentralisierungen von Dienstleistungen auf kommunaler Ebene umgesetzt (z. B. Kreisgebietsreform in MV im Jahr 2011). Verwaltungseinheiten, Einkaufszentren, Freizeiteinrichtungen, Ärztehäuser, et cetera werden nur noch in Orten höherer Zentralität vorgehalten. Ohne eine ausreichende Mobilität ist keine Grundversorgung für die Bevölkerung mehr gegeben. Mobilität ist somit eine zwingende Voraussetzung für die gesellschaftliche Teilhabe. In ländlichen, dünn besiedelten und weiterhin von Bevölkerungsverlusten betroffenen Räumen wirft dies die Frage auf, wie sich Mobilität auch in Zukunft zu bezahlbaren Preisen sichern lässt und bestehende Versorgungslücken schließen lassen. Um Impulse zu setzen und eine positive Entwicklung anzustoßen ist eine Betrachtung im ganzheitlichen Kontext und disziplinübergreifend notwendig.

1.2 Zielsetzung und Lösungsweg

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der möglichen Nutzung und Integration alternativer Energieträger, im Speziellen des elektrischen Stroms, in den privaten Pkw-Verkehr. Im Zentrum der Betrachtung stehen die ökonomischen, ökologischen und sozialen Chancen aus der Nutzung alternativer Antriebsformen im Bereich des motorisierten Individualverkehrs (MIV).

Es werden zwei strukturschwache und von Schrumpfungsprozessen gekennzeichnete Untersuchungsgebiete (UG) im ländlichen peripheren Raum Mecklenburg-Vorpommerns gewählt, um folgende Forschungskomplexe zu klären:

> **Welche Entwicklungsmöglichkeiten, Trends oder Szenarien privater Mobilitätsbedürfnisse, Verkehrsinfrastrukturen sowie Antriebstechniken sind in den ländlich peripheren Räumen kurz- und mittelfristig zu erwarten? Von welchen Hindernissen und Chancen aus ökonomischer, technologischer und demographischer Sicht werden die Dynamiken lokal bestimmt?**

Hier ist zu klären: Welche Mobilitätsvoraussetzungen und -bedürfnisse herrschen in den Räumen derzeit vor? Welche Antriebstechniken gibt es in den Räumen? Welche Entwicklungen und Trends im Bereich der Antriebstechniken werden zukünftig auf

die Räume zukommen? Mit welchen Veränderungen in welcher Größenordnung ist zu rechnen?

> **Welche Rolle können alternative Antriebstechnologien, im Speziellen die Elektromobilität, in den Untersuchungsgebieten spielen? Wie könnten sich die verändernden Kosten für Mobilität und die durch Mobilität erzielten ökonomischen und ökologischen Effekte in den Regionen wandeln?**

Hier ist zu klären: Wie viel Geld geben die Menschen durchschnittlich in den Untersuchungsgebieten heute und zukünftig für Kraftstoffe aus? Was kostet Pkw-Mobilität? Welchen Anteil besitzen dabei „alternative“ Kraftstoffe und wie viel Geld kann als direkter regionaler Effekt in einer Gemeinde verbleiben? Wie nachhaltig entwickelt sich die private Automobilität in den Untersuchungsräumen? In welchem Rahmen entwickeln sich der Energieverbrauch und die CO_2-Emissionen?

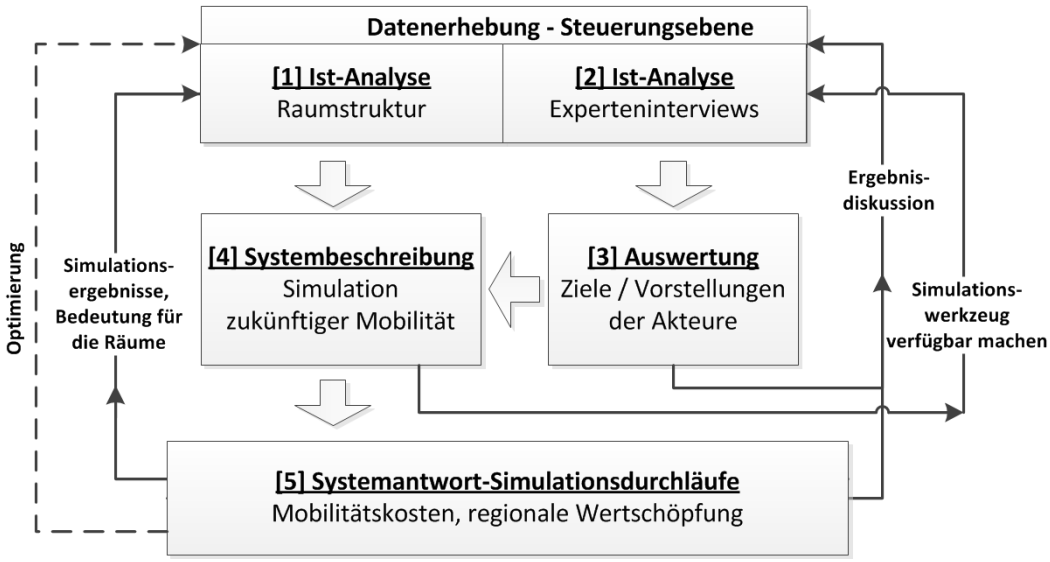


Abbildung 1.1: Schematische Darstellung der Projektlogik

Für die Beantwortung der Forschungsfragen ist es notwendig, die Strukturen und Hintergründe der Mobilität in den Untersuchungsgebieten vorab zu untersuchen. Dies geschieht durch eine empirische Erhebung über die Vorstellungen und Ziele der lokalen Akteure und über eine Strukturanalyse von Sekundärdaten des Raumes. In der in Abbildung 1.1 dargestellten Projektlogik sind dies die Punkte eins und zwei. Arbeitsschritt eins ist darüber hinaus wichtig, um mit lokalen Akteuren und Entscheidungsträgern in Kontakt zu treten, da geplant ist, die Arbeitsergebnisse interessierten Ansprechpartnern als Diskussionsgrundlage zur Verfügung zu stellen. Durch diese Rückkopplung ist

eine konkrete praktische Anwendung der Arbeit gegeben. Die Auswertung der empirischen Erhebung erfolgt in einem dritten Schritt.

Die sich aus den ersten drei Arbeitsschritten ergebenden Ergebnisse erlauben es, in einem weiteren Schritt ein Modell aufzustellen, welches die Zusammenhänge der Mobilität abbildet und fortschreibt. Dieses Modell wird kleinräumig auf Gemeindeebene aufgesetzt und mit Hilfe von Matlab (The MathWorks, 2009) numerisch umgesetzt. Schließlich erfolgt über den fünften Schritt, die Simulationsdurchläufe, die Beantwortung der Forschungskomplexe.

Der erläuterte Lösungsweg zur Bearbeitung der Forschungsfragen bestimmt den Aufbau dieser Arbeit.

Nach der Erläuterung einiger grundlegender Begriffe soll es anschließend im zweiten Kapitel der Arbeit um die verwendete Methodik gehen. Im darauffolgenden Kapitel werden die Untersuchungsräume eingeführt und vorgestellt. Dies beinhaltet neben der Begründung der Auswahl der Regionen sowohl die Darstellung der Eignung als auch eine Charakterisierung der Gebiete.

Im Anschluss soll es schwerpunktmäßig um die Ergebnisse der durchgeführten empirischen Erhebung gehen. Im fünften Abschnitt wird das erstellte Computermodell präsentiert und dessen Ergebnisse vorgestellt. Zusätzlich wird im sechsten Kapitel eine GIS-gestützte Standortfindung durchgeführt, um optimale Standorte einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität zu finden. Die Arbeit fußt somit auf drei Säulen (siehe Abb. 1.2), die alle durch verschiedene Methoden charakterisiert sind. Im siebten Kapitel werden die Ergebnisse eingeordnet und diskutiert.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse und einem Ausblick auf daraus resultierende und daran anschließende Fragen.

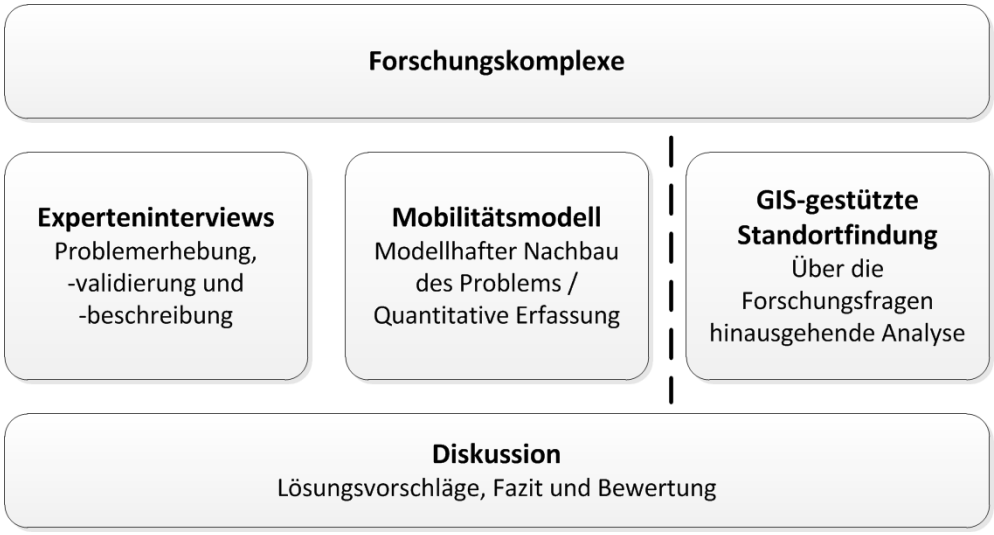


Abbildung 1.2: Die drei Säulen der Arbeit

2 Grundlagen

Das vorhergehende Kapitel macht die Ausgangslage und die Probleme für alternative Antriebstechnologien im ländlichen Raum deutlich. Dazu wurden zwei Forschungskomplexe herausgearbeitet und ein Lösungsweg beschrieben.

Ziel dieses Kapitels ist es, in die theoretischen Grundlagen und Schlüsselbegriffe der Forschungsarbeit einzuführen. Dabei wird auf die Einordnung in den Kontext der Arbeit und der Wissenschaft Wert gelegt. Dies ist notwendig, da in der Geographie oftmals mit Begriffen der Umgangssprache operiert wird, die je nach Anwendungsbereich, subjektiven Erfahrungen, Kultur und Sprache der einzelnen Menschen eventuell inhaltlichen Variationen unterliegen (siehe MARK und TURK, 2003). Dazu gibt es zahlreiche Beispiele wie die Begriffe Gegend und Landschaft oder Mobilität und Raum.

Anschließend werden die in der Arbeit verwendeten Methoden und wissenschaftlichen Verfahren vorgestellt. Es wird eine Kombination aus empirischer Sozialforschung mit sowohl qualitativen als auch quantitativen Forschungsstrategien und analytischer Modellbildung gewählt. Im Anschluss wird die Methode einer halbautomatischen Standortfindung und -bewertung für den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge vorgestellt.

2.1 Begriffsklärungen und Definitionen

2.1.1 Verkehr und Mobilität

Wichtige methodische Grundlagen und die Einordnung des Verkehrsbereichs in die geographische Wissenschaft wurden in Deutschland im ausgehenden 19. Jh. durch HETTNER (1897, S. 324 ff.) gelegt. Weiter führt er den großen angewandten und praktischen Charakter der Verkehrsgeographie aus. Eine fachbezogene Einordnung ist aus unterschiedlichen Sichtweisen möglich. Einige Autoren behandeln die Verkehrsgeographie als Bestandteil der Wirtschaftsgeographie (vor allem in älteren Lehrbüchern), andere als Teilgebiet der Siedlungsgeographie und wieder andere als selbstständigen Teil innerhalb der Anthropogeographie (siehe NUHN und HESSE, 2006, S. 14).

In den letzten Jahren spielten die Themen Verkehr und Mobilität außerhalb der Wissenschaftslandschaft im öffentlichen Diskurs eine große Rolle. Zunehmend rücken die Grenzen des Verkehrswachstums sowie die Belastungen für Mensch, Umwelt und Klima in den Fokus. Dies führt wiederum zu einem beständigen Bedeutungsgewinn des geographischen Forschungsfeldes (siehe GATHER u. a., 2008, S. 7, 33 ff.).

Wichtig ist dabei die Differenzierung zwischen den beiden Begrifflichkeiten Verkehr und Mobilität. Der in der Arbeit benutzte Begriff von Mobilität leitet sich vom lateinischen *mobilis* ab und bedeutet so viel wie beweglich (Ebd., S. 23). Es wird sich auf räumliche Mobilität, im Sinne eines Potenzials zur Lageveränderung in der Zeit, ihren Voraussetzungen und Auswirkungen bezogen (horizontale Mobilität). Folglich wird in dieser Arbeit kein Bezug auf andere Formen, wie geistige oder soziale Mobilität (verti-

kale Mobilität), genommen (zur Abgrenzung siehe ebd., S. 24). Ebenfalls wird sich im Rahmen dieser Arbeit rein auf Personenmobilität bezogen und Güter und Nachrichten werden nicht betrachtet.

Historisch leitet sich der Begriff aus dem Militärbereich ab. Die Mobilmachung bedeutet, sich in den marschfertigen Zustand zu versetzen (Holzapfel, 2012, S. 5). Heutzutage wird Mobilität im Zusammenhang mit der Erreichbarkeit von Wohn- und Arbeitsplätzen sowie Versorgungs- und Freizeiteinrichtungen verwendet. Demnach stellt Mobilität die Möglichkeit von Personen dar, Orte, Güter oder Dienstleistungen zu erreichen. Infolgedessen ist für eine hohe Mobilität mehr die Erreichbarkeit und weniger die Distanz zwischen zwei Orten entscheidend. Erreichbarkeit definiert sich erstens über die individuelle Mobilität (also die persönlichen Verkehrskompetenzen und -ressourcen), zweitens die Verkehrsangebote sowie drittens die räumliche Verteilung der Zielorte (Holz-Rau u. a., 2010, S. 492).

Aus dem Potenzial zur physischen Ortsveränderung leitet sich der Verkehr ab. Verkehr ist die beobachtbare und messbare Ortsveränderung und ist gleichbedeutend mit der realisierten Mobilität (Gather u. a., 2008, S. 23 ff.). Diese Raumüberwindung ist nötig um die Ziele, also die Orte, Güter oder Dienstleistungen, zu erreichen (Holz-Rau u. a., 2010, S. 491).

Es wird offensichtlich, dass Mobilität und Verkehr sich gegenseitig bedingen, denn jede realisierte Mobilität lässt Verkehr entstehen und jeder Verkehr beruht auf einem vorherigen Mobilitätsbedürfnis. Nach Bertram und Bongard (2014, S. 6) und somit aus Sicht von Ökonomen ist das anzustrebende Ideal ein Höchstmaß an Mobilität bei einem Mindestmaß an Verkehr.

Aus folgenden Bereichen sind Einflussfaktoren auf Verkehr und Mobilität bekannt:

- demographische Entwicklungen (z. B. Alter, Migration, Gesundheit),
- gesellschaftliche Entwicklungen (z. B. Führerscheinverfügbarkeit, Verhältnis zwischen Verkehrskosten und Einkommen),
- räumliche Prozesse (z. B. Siedlungsstruktur),
- Entwicklungen des Verkehrssystems selbst (politisch, technologisch und ökonomisch) und
- allgemeine wirtschaftliche und verkehrspolitische Rahmenbedingungen (z. B. Kraftstoffpreise, Steuern, Versicherung).

Diese sind unter anderem bei Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL, 2006, S. 9), Gather u. a. (2008, S. 37), Holz-Rau u. a. (2010, S. 491 ff.), Bäumer und Reutter (2005, S. 5), Oeltze u. a. (2006, S. 4) sowie Zängler und Karg (2004, S. 114) zu finden. Als Haupteinflussfaktor wird oftmals die demographische Situation und deren Entwicklung gesehen (z. B. bei Bäumer und Reutter, 2005,

S. 58). So sollte bei schrumpfenden Einwohnerzahlen und steigender Immobilität der Bevölkerung der Verkehr insgesamt sinken. Auf der anderen Seite erwartet das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur angesichts steigender Mobilität im höheren Alter und anhaltendem Wirtschaftswachstum eine deutliche Zunahme der Verkehrsleistung im Personenverkehr (BMVI, 2014B, S. 231).

In der vorliegenden Arbeit wird sich auf den Personenverkehr beschränkt. Dieser wird üblicherweise in die Verkehrsarten Individualverkehr (IV) und öffentlicher Personenverkehr (ÖPV) unterteilt (siehe Abbildung 2.1). Zum IV zählen der motorisierte Individualverkehr (MIV) mit Pkw und Krafträdern sowie der nicht-motorisierte Individualverkehr (NMIV). Der ÖPV (auf der rechten Seite der Abbildung 2.1) ist der Oberbegriff sowohl für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) als auch für den Personenfernverkehr (ÖPFV). Die im Personenverkehr gewählten Verkehrsmittel können unter den Begriff Modal Split subsumiert werden. Der Modal Split unterteilt die Verkehrsarten in Fußgänger, Radfahrer, ÖPNV-Nutzer, Pkw-Fahrer und Mitfahrer bei anderen Pkw-Fahrern (GATHER u. a., 2008, S. 27).

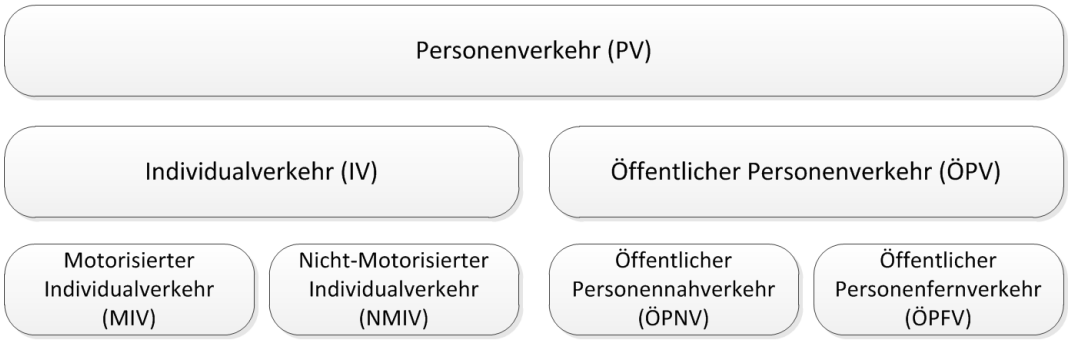


Abbildung 2.1: Schematische Darstellung der Verkehrsarten,
Eigene Darstellung nach GATHER u.a. (2008, S. 27)

Der hier gewählte Schwerpunkt liegt auf dem MIV, da dieser das dominierende Mittel zur Mobilität im ländlichen Raum darstellt. Dabei wird unterschieden zwischen realisiertem Verkehr verursacht durch Krafträder (Krad), Pkw in privater Hand und gewerblich genutzten Pkw. Zusätzlich interessiert mit welchen Antriebskonzepten und Energieträgern dieser realisiert wird. Im Fall von Elektromobilität (E-Mobilität) wird sich, wenn nicht anders angegeben, auf den MIV bezogen. DIE BUNDESREGIERUNG (2009, S. 5) begrenzt in gleicher Weise im Kontext des nationalen Entwicklungsplans Elektromobilität auf den Straßenverkehr.

2.1.2 Antriebstechnik und Mobilitätswende

Verschiedene Energieträger machen mobil und bewegen den Menschen im MIV. Folgend wird dargestellt welche dies sind. Zusätzlich wird zur Einordnung in den Kontext vorab ein kurzer Blick in die Geschichte der Antriebstechnik gegeben.

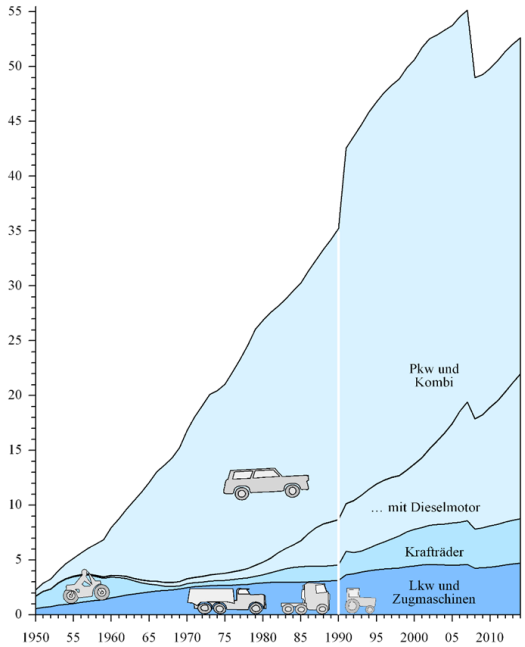


Abbildung 2.2: Entwicklung des Bestands an Kraftfahrzeugen nach Fahrzeug- und Antriebsart, Quelle: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI, 2014a, S. 131)

Bereits zum ausgehenden 18. Jh. wurden erste sich selbstbewegende Fahrzeuge mit einer eingebauten Dampfmaschine konstruiert und stetig verbessert. Etwas später, mit der Weiterentwicklung der Elektrotechnik Mitte des 19. Jh., wurden die Grundlagen für den Bau von Elektromobilen gelegt. Unter diesen Voraussetzungen entstanden in den 80er Jahren des 19. Jh. einige Elektrofahrzeuge (Kraftfahrzeugtechnik, 1954, S. 97 f.). Zeitlich in etwa parallel ist die Entwicklungsgeschichte des Verbrennungsmotors untrennbar mit den Namen Nikolaus August Otto, Gottlieb Daimler und Carl Benz verbunden. Otto war Miterfinder des Otto-Viertaktmotors. Daimlers „Gas- bezw. Petroleum-Kraftmaschine“ (siehe Daimler, 1886) und Benz „Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb“ (siehe Benz & Co, 1986) sind Meilensteine der modernen Automobilentwicklung. Anschließend folgte Rudolf Diesel mit der Erfindung des gleichnamigen Motors (Neubauer, 1994, S. 7 ff.).

Dampfbetriebene Konstruktionen, Elektromobile und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren konkurrierten zum Ende des 19. Jh. um die Vorherrschaft in der motorisierten Personenbeförderung. Vor allem der billige Energieträger Erdöl verhalf Verbrennungsmotoren zum Durchbruch. Spätestens nach dem Ende des zweiten Weltkrieges fuhren fast ausschließlich Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren (Ebd., S. 7 ff.). Die Entwicklung des Bestands an Kfz zeigt einen stetigen Anstieg auf heute über 50 Millionen zugelassene Kfz in Deutschland (siehe Abb. 2.2). Ab 2008 sind vorübergehend abgemeldete Fahrzeuge nicht in der Grafik enthalten. Der größte Teil der Kfz ist dem Pkw-Segment zuzuordnen, welcher seit Jahren über 80 % ausmacht.

Derzeit werden mehr als 98 % aller Pkw mit Benzin oder Diesel betrieben (siehe KBA,2014B, S. 12). Die Ressourcen dieser fossilen Energieträger sind jedoch endlich. So wird der Zeitpunkt für die maximal pro Jahr jemals geförderte Menge an Rohöl (Peak Oil oder Depletion Midpoint) vor dem Jahr 2030 erwartet (siehe Abb. 2.3 und BGR, 2009, S. 238 f.). Zugleich gelten die fossilen Energieträger als klimaschädlich. Das bei der Verbrennung frei werdende Kohlenstoffdioxid (CO_2) zählt zu den Treibhausgasen und gilt somit, mit hoher Wahrscheinlichkeit, als ein Auslöser des Klimawandels. Die Begriffe CO_2-Emissionen und Treibhausgasemissionen werden im weiteren Verlauf synonym verwendet.

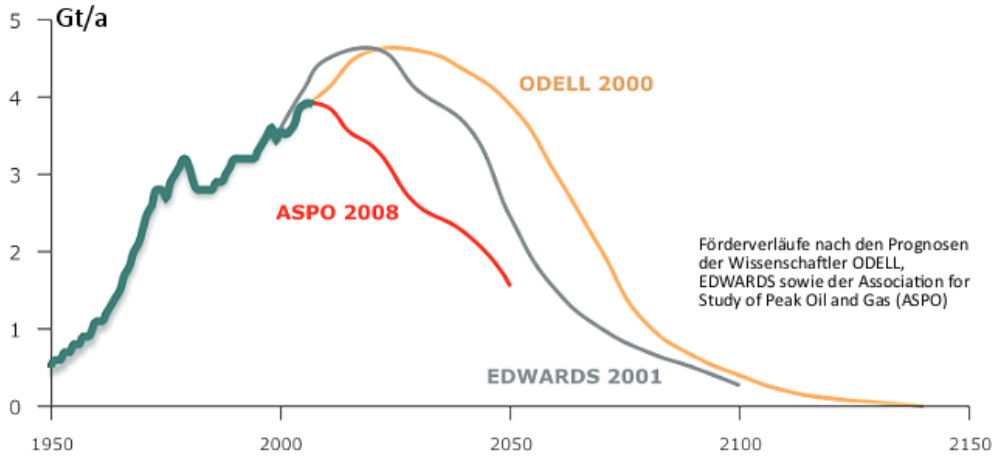


Abbildung 2.3: Historische und prognostizierte Förderverläufe von Erdöl
Quelle: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, 2009, S. 239)

Dementsprechend machen globale Zielstellungen des Klimaschutzes und die geplante Senkung der weltweiten Treibhausgasausstöße ein Handeln im Automobilsektor notwendig. In der Europäischen Union (EU) werden Fahrzeughersteller durch Normen und Vorschriften gezwungen ihre durchschnittlichen CO_2-Emissionswerte zu senken. Vor allem die EU-Verordnung 443/2009/EG (Parlament und Europäische Union, 23.04.2009) bzw. deren Änderung 333/2014/EG (Parlament und Europäische Union, 11.03.2014) ist zu nennen. Das Ziel der Verordnungen ist, durch verbindliche Vorgaben nur noch 95 g CO_2-Ausstoß je Kilometer in der Neuwagenflotte zu erreichen. Effizienzsteigerungen der Motoren, Verbesserung der Aerodynamik und leichtere Autos können zu einer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs führen. Für ein Einhalten der EU-Ziele dürfte ein Benziner dann nur noch zirka 4 l/100 km und ein Pkw mit Dieselantrieb weniger als 3,6 l/100 km verbrauchen. Eine andere Variante stellen alternative Antriebskonzepte, die zumeist einen geringeren CO_2-Emissionsausstoß besitzen, dar. Beispielsweise würden die Grenzwerte für ein Elektroauto, welches mit dem

deutschen Strommix aus dem Jahr 2010 betankt wurde, bei 17,5 kWh/100 km liegen. Dieser uns im Verkehrsbereich bevorstehende Wandel von Technologien, die auf fossilen Kraftstoffen beruhen, hin zu Antriebskonzepten mit erneuerbaren Energien wird in der vorliegenden Arbeit als Mobilitätswende bezeichnet.

Ein Problem bei der Umsetzung der Mobilitätswende wird im Mangel an der jeweiligen Betankungs- und Ladeinfrastruktur gesehen. Diese Infrastrukturen für alternative Kraftstoffe werden wiederum nicht aufgebaut, weil es noch nicht genügend entsprechende Fahrzeuge gibt (siehe Bonn und Reichert, 2013, S. 17; COM(2013) 17, S. 10).

Derzeit besteht der Mix der Antriebe im Pkw-Bestand im Wesentlichen aus sechs Kraftstoffarten oder Energiequellen. In der Arbeit werden wie in Publikationen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) Benzin, Diesel, Autogas (LPG, Liquefied Petroleum Gas), Erdgas (CNG, Compressed Natural Gas), Elektroantrieb (EV, Electric Vehicle) und Hybridantriebe (HEV, Hybrid Electric Vehicle) unterschieden. Zusätzlich werden sonstige Antriebe ausgewiesen unter denen sich die Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV, Fuell Cell Electric Vehicle) befinden. Die Bezeichnungen stehen stellvertretend für die Antriebsform als auch für das Fahrzeug. Im Folgenden werden die mit Diesel und Benzin angetriebenen Pkw zu den konventionellen oder herkömmlichen Fahrzeugen gezählt. Die Fahrzeuge mit allen anderen Energiequellen werden als alternative Pkw, mit alternativen Kraftstoffen, bezeichnet (so auch in COM(2013) 18). Diese sind aus ökologischen Aspekten gegenüber Benzin und Diesel zu unterscheiden. Da sich Hybridfahrzeuge durch eine Kombination aus Verbrennungsmotor und Elektromotor auszeichnen, werden ihre Energiequellen immer bei beiden Betrachtungen berücksichtigt.

2.1.3 Einbindung alternativer Kraftstoffe in den Verkehrssektor

Eine Strategie, die Vorschriften und Grenzwerte der EU (z. B. Parlament und Europäische Union, 23.04.2009, 11.03.2014) zur Reduzierung der CO_2-Emissionen für Deutschland zu erreichen, ist die Nutzung alternativer Antriebe, deren Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird. Serienfahrzeuge mit alternativen Antriebsenergien sind bereits von vielen Fahrzeugherstellern auf dem Markt verfügbar. Auf Grund einiger Nachteile gegenüber herkömmlichen Fahrzeugen (geringere Reichweite, höherer Anschaffungspreis, weniger Tankstellen) verfügen sie jedoch über Einschränkungen und eine geringe Verbreitung. Wie sie idealtypisch in den Verkehrssektor integriert werden können, wird im Folgenden aufgezeigt.

Der direkte Einsatz von elektrischem Strom im Kraftstoffpark ist mittlerweile vielfach erprobt. Die unterschiedlichen Formen von Elektro- und Hybridautos, Plug-In-Hybrid (PHEV), Range Extended Electric Vehicle (REEV) und Battery Electric Vehicle (BEV) können mittels handelsüblichem elektrischen Strom angetrieben werden. Die umweltfreundliche Produktion der Energie kann in den bereits zahlreich vorhandenen Windenergie-Anlagen, den Biomasse-Anlagen und den Photovoltaik-Anlagen des

ländlichen Raums erfolgen (siehe DGS, o. J.). Zum Teil könnte die direkte Nutzung und Verarbeitung der Primärenergie Herausforderungen bei der Speicherung und dem Transport reduzieren. Es bleibt jedoch zu beachten, dass ein Einsatz von Elektrofahrzeugen derzeit erst bei hohen jährlichen Laufleistungen wirtschaftlich sinnvoll ist (Wietschel u. a., 2011). Zum Anderen gibt es auch kritische Stimmen zur Leistungs- und Umweltfreundlichkeit der EE (z. B. Jenssen, 2010, S. 225 ff.; Unger und Hurtado, 2013, S. 139 ff.).

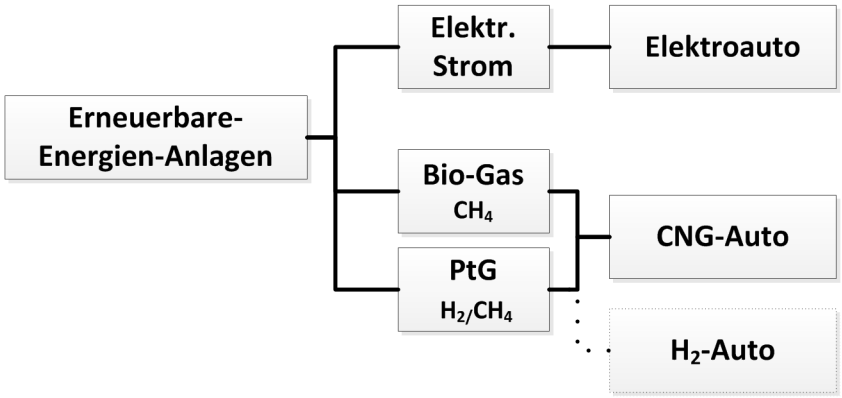


Abbildung 2.4: Schematische Darstellung einer möglichen Einbindung erneuerbarer Energien in den Kraftstoffpark

CNG, also Methan, kann in den Untersuchungsgebieten auf wenigstens zwei Arten produziert werden. Zum einen direkt in den Biomasse-Anlagen und zum anderen durch „Power-to-Gas“ (PtG). Das Gas aus den Biomasse-Anlagen kann als Biomethan aufbereitet werden und direkt als Treibstoff für die erdgasbetriebenen Fahrzeuge eingesetzt werden. Biomethan ist ein auf Erdgasqualität aufbereitetes Biogas.

Die Kopplung von erneuerbaren Energien und dem Mobilitätssektor durch PtG geschieht in zwei Schritten. Dabei wird Methan (CH_4) aus überschüssigem elektrischen Strom aus erneuerbaren Energiequellen hergestellt. Zunächst wird Wasser mit Hilfe von Elektrolyseuren in Sauerstoff (O_2) und Wasserstoff (H_2) gespalten (Elektrolyse). Im zweiten Schritt, der Methanisierung, werden Wasserstoff und Kohlendioxid (CO_2) zusammengebracht. Aus der Reaktion entsteht im sogenannten Sabatier-Prozess synthetisches, erneuerbares Methan („Bio-“CH_4; Sterner, 2009, S. 50 ff.; Jentsch u. a., 2014, S. 254 f.). Mögliche Quellen für das benötigte CO_2 können Kraftwerke, die mit fossilen oder biogenen Energieträgern befeuert werden, Biogasanlagen, Industrieprozesse oder Direktabscheidungen aus der Umgebungsluft sein (Sterner, 2009, S. 107). Bei der Umwandlung entstehen noch erhebliche Verluste. Laut der Aussage eines Mitarbeiters des Audi Automobilkonzerns arbeitet eine Anlage im Emsland derzeit mit Verlusten von ungefähr 46 % (Block, 8.05.2014). Abbildung 2.4 veranschaulicht die beiden möglichen Wege der Einbindung in den Kraftstoffpark.

Theoretisch ist auch der Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeugen mit Wasserstoffantrieb (H_2-Auto) vorstellbar. Diese werden auf Grund der begrenzten Datenbasis hier nicht betrachtet.

2.1.4 Ländlich periphere Räume

Vorab soll geklärt werden, dass die Begriffe Gebiet, Gegend, Raum und Region in der vorliegenden Arbeit synonym verwendet werden. An den Stellen, wo dieses nicht der Fall ist, wird darauf hingewiesen. Grundsätzlich sollen die Begriffe als nach bestimmten Merkmalen abgegrenzte Einheiten verstanden werden (Ritter, 2005, S. 919 ff.).

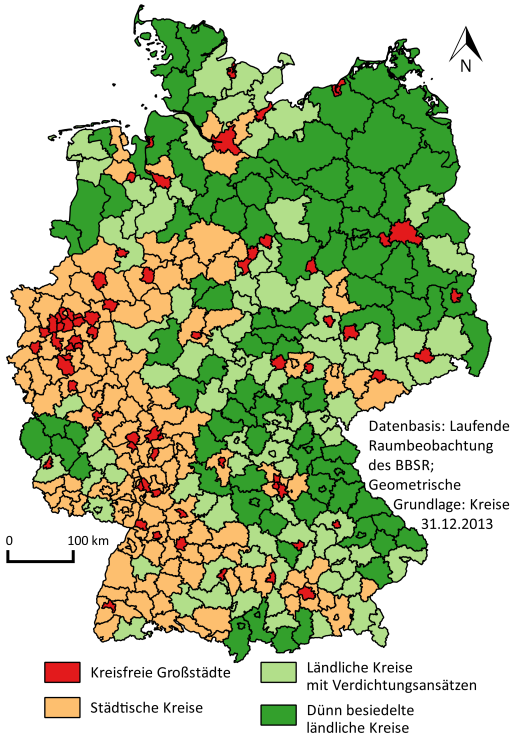


Abbildung 2.5: Raumabgrenzung nach siedlungsstrukturellen Kreistypen, Eigene Darstellung auf Datengrundlage des BBSR

Zum Begriff ländlicher Raum, im englischsprachigem Raum unter rural area bekannt, gibt es vielfältige Abgrenzungen und Definitionen. Die Negativdefinition, alles was nicht verstädterter Raum ist, gibt einen ersten Zugang zum Begriff. Dabei beruht die Raumabgrenzung auf der Bebauungs- und Bevölkerungsdichte. Die Schwellenwerte für die Dichteskala liegen im Allgemeinen bei unter 100 EW/km^2 (BBSR, o. J.) oder unter 150 EW/km^2 (OECD, 2009, S. 11). Gemäß der Kriterien des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) leben in der Bundesrepublik auf zirka 68 % der Fläche mehr als 32 % der Einwohner in ländlichen Räumen (BBSR, o. J.). Die Abbildung 2.5 stellt den Anteil der ländlichen Räume auf Grundlage der BBSR Kriterien grafisch dar. In Europa sind es auf Grundlage der OECD 92 % der Fläche und 46 % der Einwohner, die in dieser Raumkategorie leben (Council, 25.02.2006, S. 22).

Weiss (2002, S. 250) beschreibt, dass diese eindimensionale Abgrenzung nach Bevölkerungsdichte und -verteilung zu kurz greift, als dass die komplexen Strukturen erfasst werden könnten. Über diese beiden Kriterien hinaus besitzen ländliche Räume funktionale und sozioökonomische Abgrenzungen sowohl gegenüber verstädterten Gebieten als auch innerhalb der eigenen Kategorie. So sind die Räume zumeist von einem hohen Anteil an Land- und Forstwirtschaft sowie einer naturnahen Landschaft gekennzeichnet. Dies

spiegelt sich in einer schwachen Wirtschaftskraft mit einem einhergehenden geringen Durchschnittseinkommen wieder (siehe HENKEL, 2004, S. 33; COUNCIL, 25.02.2006, S. 22).

Oftmals werden diese Merkmale von Prozessen selektiver Abwanderung der arbeitsfähigen Bevölkerungsgruppen überlagert (WEISS, 2002, S. 250). Zum Teil werden ländlich periphere Räume mit Gewalt und Rechtsextremismus in Verbindung gebracht (HEITMEYER, 2014). Entsprechend stehen diese Räume oftmals in Verbindung mit negativen Assoziationen und Strukturproblemen. Da die Lebensverhältnisse in ihrer Gesamtheit im Verhältnis zum Bundesdurchschnitt wesentlich zurückgeblieben sind, ist im Sinne des Raumordnungsgesetzes (§ 2 Abs. 4 RAUMORDNUNGSGESETZ, 22. Dezember 2008) von strukturschwachen, ländlichen Räumen zu reden. Um strukturelle, soziale und wirtschaftliche Nachteile diese Räume auszugleichen, hat die Europäische Union eine Reihe von Förderprogrammen und Fonds aufgelegt (siehe PARLAMENT und EUROPÄISCHE UNION, 20.12.2013).

Auf der anderen Seite werden ländliche Räume mit Idylle und einer intakten Natur verbunden. Einige Regionen schaffen es, ihr Naturpotenzial als Ausgangspunkt für touristische Anziehungspunkte zu nutzen. Dementsprechend muss bei ländlichen Räumen die Ausgleichs- und Erholungsfunktion zu den städtischen Gebieten thematisiert werden (DANNENBERG u. a., 2012, S. 56; HENKEL, 2004, S. 33 ff.). Des Weiteren beschreibt HENKEL (2004, S. 33) ländliche Räume als Gebiete mit erhöhten zwischenmenschlichen Beziehungen, wodurch eine emotionale Abgrenzungsfunktion hinzu kommt.

Für das Verständnis der Abläufe und Dynamiken des ländlichen Raums sind die Wandlungsprozesse im 19. und 20. Jh. wichtig. Der Wandel der Agrarstruktur zeigt sich in der Verringerung der Zahl bei gleichzeitigem Größenwachstum der Betriebe. Hinzu kommt zumeist die Spezialisierung der Agrarbetriebe, die Industrialisierung des Produktionsprozesses und die Professionalisierung der Unternehmensstruktur (KLOHN und VOTH, 2010, S. 52 ff.). Die bislang tragende Ökonomie der ländlichen Räume, die landwirtschaftliche Produktion, kommt heute überwiegend ohne die Leute vom Dorf aus (WOLZ u. a., 2014). Insgesamt hat die Landwirtschaft durch den agrarstrukturellen Wandel ihre ehemals dominante wirtschaftliche Position, einschließlich der Zahl der Arbeitsplätze, eingebüßt (HENKEL, 2004, S. 103 ff.). Im neueren Kontext spielt der „Ländliche Raum“ und oftmals die Landwirtschaftsbetriebe als Energieproduzent eine bedeutende Rolle. So können ländliche Kreise formal mehr Energie produzieren als sie verbrauchen (siehe DGS, O. J.) und Kommunen sowie Landwirte einen erheblichen Teil ihrer Einnahmen aus erneuerbaren Energien generieren (siehe IÖW, 2010).

Eine zusätzliche Typisierung bei der Raumabgrenzung kann durch die jeweilige geographische Lage der Region erfolgen. Die Klassifizierung des BBSR erfolgt nach potentiell erreichbarer Tagesbevölkerung einer Gemeinde in zentral oder peripher gelegenen Räumen (BBSR, O. J.). Im allgemeinen Sprachgebrauch werden unter dem Begriff Peripherie Randgebiete oder entlegene Regionen verstanden. Bezüglich der ländlichen

Räume sind die Distanzen zu Zentren oder Metropolregionen entscheidend. Diese Entfernungen zählen im Nordosten zu den größten in der Bundesrepublik. Pkw-Fahrzeiten zum nächstgelegenen Oberzentrum von über einer Stunde stellen keine Ausnahme dar. In einigen Gebieten sind Reisen zur Kreisstadt mit den öffentlichen Verkehrsmitteln innerhalb eines Tages zeitlich kaum mach- oder zumutbar. Die über 100 km große Luftliniendistanz zwischen der Stadt Penkun und der dazugehörigen Kreisstadt Greifswald im Landkreis Vorpommern-Greifswald steht exemplarisch für dieses Hindernis.

Auf Grund der beschriebenen großen Diversität und Ungleichheit der ländlichen Räume ist eine einheitliche Abgrenzung kaum möglich. In der Arbeit soll daher folgende zusammengefasste Definition angewandt werden. Ländliche periphere Räume sind verschieden definierbare, multifunktionale Räume, fernab von hohen Bevölkerungsdichten, in denen vielschichtige Prozesse und Entwicklungen ablaufen (siehe vor allem Dannenberg u. a., 2012; Henkel, 2004). Inwieweit diese Räume bevorzugte oder benachteiligte Gebiete darstellen und in welchem Umfang es politischer Maßnahmen zur Entwicklung bedarf, hängt von der Bewertung der Einzelfälle ab.

2.1.5 Daseinsvorsorge

Was unter dem Begriff der Daseinsvorsorge verstanden und nachgefragt wird, unterliegt dem Wandel der Zeit und den gesellschaftlichen Umständen. Dementsprechend ist der Begriff der Daseinsvorsorge nicht abschließend zu definieren (Neu, 2009, S. 9 f., 164). Historisch begründet er sich auf Ernst Forsthoff (1902 - 1974). Forsthoff (1938, S. 5 ff.) begrenzte sich anfangs bei seinen Ausführungen zu dem Bereich der Daseinsvorsorge auf die Erbringung lebensnotwendiger Leistungen in der Stadt. Später erweiterte er seine Vorstellungen auf alle nützlichen Leistungen, die der Allgemeinheit angeboten werden (Forsthoff, 1959, S. 12). In diesem Sinne war für ihn die Bereitstellung von Infrastrukturgütern zur Daseinsvorsorge bereits eine zentrale Aufgabe der Verwaltung. In den Überlegungen von Forsthoff spielten die ländlichen Räume eine untergeordnete Rolle. Seine Betrachtung betraf vorwiegend die Städte, welche mit den komplexer werdenden Anforderungen einer Industriegesellschaft besonders stark konfrontiert wurden. Bei der Daseinsvorsorge nach heutigem Verständnis wird von „[...] Güter und Dienstleistungen, an deren Angebot ein besonderes öffentliches Interesse besteht“(Fahrenkrug u. a., 2010, S. 13) gesprochen. Ebenfalls ein wesentliches Merkmal ist die Gemeinwohlorientiertheit (Proske, 2011, S. 101). Welche Leistungen allerdings unter diese allgemeinen Interessen fallen, bemisst sich wiederum an der Aufgabenstellung. So werden auch immer wieder veränderte und neue Leistungen der Daseinsvorsorge zugerechnet. Proske (2011, S. 139) analysierte verschiedene Quellen nach den Kernleistungen der Daseinsvorsorge. Bei ihm wird ersichtlich, dass die Bereiche Energie, Wasser, Abwasser, Abfall und Verkehrsinfrastruktur weitestgehend unbestritten zur Daseinsvorsorge gezählt werden. Im Weiteren Sinne zählen die Bereiche des Bildungs- und Gesundheitswesens sowie der Post- und Telekommunikationsdienstleistungen zur Daseinsvorsorge.

Ebenfalls wird von der Bundesregierung die Sicherung der Mobilität der Menschen als wesentlicher Teil der Daseinsvorsorge und als Herausforderung für die Zukunft erkannt (Die Bundesregierung, 18.01.2013).

Für die räumliche Gewährleistung aller Teilbereiche der Daseinsvorsorge ist in § 1 Abs. 2 ROG die Leitvorstellung einer „großräumig ausgewogenen Ordnung mit gleichwertigen Lebensverhältnissen in den Teilräumen“ festgeschrieben. Dieser Gleichwertigkeitsgrundsatz ist in Art. 72 Abs. 2 GG als politische Zielvorgabe verfassungsrechtlich verankert und ist abgeleitet aus dem Sozialstaatsprinzip nach Art. 20 Abs. 1 GG. Im Positionspapier der Akademie für Raumforschung und Landesplanung (ARL, 2006b, S. 6 ff.) wird darauf verwiesen, dass es Aufgabe unseres Sozialstaates und somit Politikauftrag ist, die gleiche Teilhabe aller Bürger an öffentlich verantworteten technischen und sozialen Infrastrukturleistungen und die gleiche Chance auf Selbstentfaltung der Person zu ermöglichen. Das gilt auch in räumlicher Hinsicht, und zwar unabhängig von der Lage des Wohnorts. Im gleichen Zuge wird darauf hingewiesen, dass gleichwertige Lebensverhältnisse als Richtungsvorgabe (ARL, 2006b, S. 7) zu verstehen sind und es darum geht, Chancengleichheit zur Teilhabe am wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen (ARL, 2006b, S. 8) zu gewährleisten. Die Lebensverhältnisse sind in den verschiedenen Räumen so zu gestalten, dass sie jedem Bürger einen bestimmten Mindeststandard an Leistungen und Infrastruktur zur Verfügung stellen (Ossenbühl, 1978, S. 11). In strukturschwachen Regionen stehen vor allem die Sicherung der Daseinsvorsorge und die wirtschaftliche Stabilisierung sowie die Fähigkeit der Regionen, Wachstums- und Innovationsfunktionen ausfüllen zu können, im Vordergrund (ARL, 2006b, S. 9).

2.1.6 Regionale ökonomische Effekte und Wertschöpfung

Vor dem Hintergrund der Vorgabe gleichwertiger Lebensverhältnisse in den Teilräumen der Bundesrepublik Deutschland (Abs. 2.1.5) sind die Defizite der strukturschwachen ländlichen Räume (Abs. 2.1.4) abzubauen. Bereits Ende der 1970er Jahre sind Strategien entwickelt worden, die vorwiegend die eigenen und regionalen Potenziale nutzen sollen (siehe Mühlinghaus, 2002, S. 127; Pongratz und Kreil, 1991, S. 92). Die gezielte Beschäftigung mit der wirtschaftlichen Entwicklung von kleinräumigen Gebieten wird im Allgemeinen als Regionalökonomie oder regionale Ökonomie verstanden (Eckey, 2008, S. 8 ff.). In dieser Arbeit werden die sich ergebenden Chancen zur Steigerung von direkten ökonomischen Effekten aus der Nutzung alternativer Antriebsformen im Bereich des MIV betrachtet. Hier wird die konkrete Verknüpfung zwischen Verkehr und Wirtschaft offensichtlich. Es wird die Position vertreten, dass durch eine regionale Vermarktung der EE, ähnlich wie es bereits bei Lebensmitteln durch diverse Siegel und Slogans geschieht, positive Impulse für die regionale Ökonomie und für die Regionalentwicklung ausgehen können. In den neueren Wachstums- und Entwicklungstheorien der Wirtschaftsgeographie wird dies unter „Theorien der endogenen Entwicklung“ be-

schrieben (SCHÄTZL, 2003, S. 155 ff.). Die Grundaussage dieser Theorie lautet, dass die sozioökonomische Entwicklung einer Region vom Ausmaß und Nutzung der eigenen, vorhandenen Potenziale abhängt. SCHÄTZL (2003, S. 155 ff.) beschreibt die Theorie weiter, dass zur Überwindung der Unterentwicklung einer Region primär nicht exogene Wachstumsimpulse, sondern viel mehr die Aktivierung des endogenen - also wieder des eigenen - Entwicklungspotenzials anzustreben ist. Ferner kommt SCHÄTZL (2003, S. 158) zu der Aussage, dass vor allem für agrarisch strukturierte Periphergebiete die Aktivierung dieser intraregionaler Potenziale notwendig ist um die Probleme zu bewältigen. Zusätzlich kann so die Akzeptanz für das Produkt oder in diesem Fall diese Technologien gesteigert werden.

Mit Bezug auf dem Verkehrssektor ist derzeit davon ausgegangen, dass nahezu sämtliche Kraftstoffe für den MIV in die UG importiert werden müssen. Daraus folgt, dass sämtliche Kapitalflüsse für Produktion und Aufbereitung der Kraftstoffe aus der Region abgeführt werden. Das Ziel der endogenen Regionalentwicklung ist es, durch den Aufbau regionaler Wirtschaftskreisläufe diesen Abfluss zu vermeiden und in der Region zu halten.

Der Begriff der regionalen Wertschöpfung ist sehr uneinheitlich definiert. Wertschöpfung im Sinne der Ökonomie ist im allgemeinen die Summe der in einer Volkswirtschaft erbrachten Leistungen (O. V. 2013, S. 487). Für das Verbleiben der Finanzströme innerhalb einer Region oder Kommune, als Teilmenge der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung, wird der Begriff regionale Wertschöpfung verwendet (IÖW, 2010, S. 1 f.).

In Bezug auf die Sektoren Energie und Mobilität bedeutet dies, dass sowohl Energie und Kraftstoffe von Firmen vor Ort erzeugt als auch von den Menschen in der Region verbraucht werden. Zusätzlich sind die Nettoeinkommen der in den Branchen Beschäftigten (als Planer, Anlagenhersteller oder -betreiber) und die gezahlten Steuern zuzurechnen. Vor allem letzteres bleibt in dieser Arbeit unberücksichtigt, so dass nur die direkten Effekte betrachtet werden. So wird ebenfalls im Zusammenhang mit dem Ausbau von EE, regionale Wertschöpfung häufig bereits als ein Übergriff „über alle möglichen“ wirtschaftlichen Impulse bezeichnet (siehe HOPPENBROCK und ALBRECHT, 2009, S. 29).

2.1.7 Modellbildung, Simulation und Prognosen

In unserer zunehmend komplexer werdenden Welt wird es immer schwieriger fundierte Entscheidungen für Zukunftsplanungen zu treffen. Ein erfolgversprechendes Hilfsinstrument ist das Aufstellen von Computermodellen und die Analyse von Zukunftsprognosen. Diese Methoden verkörpern eine moderne Arbeitsweise in vielen Wissenschaftsdisziplinen, im Speziellen auch in der Geographie. Im Folgenden soll dargestellt werden, wie die Begriffe Modell, Simulation und Prognose im Rahmen der Arbeit zu verstehen sind. Des Weiteren soll ihre historische Entstehung erläutert werden.

Ein Modell ist ein vereinfachtes System der realen Welt. Es kann helfen das Verständnis komplexer Sachverhalte zu erforschen (GILBERT und TROITZSCH, 2005, S. 2). Auf Grundlage statistischer Wahrscheinlichkeiten und mathematischer Gleichungen wird der Ausgangszustand in die Zukunft fortgeschrieben. Der Prozess der Schritt-für-Schritt-Fortschreibung und Beobachtung der Systemzustände wird Simulation genannt. Die Ergebnisse werden schließlich als Prognose bezeichnet (FORRESTER, 1968, Kapitel 3.3; GILBERT und TROITZSCH, 2005, S. 2 ff., 15 f.). Wo die historischen Wurzeln dieser Methoden liegen, hängt je nach Definition und Abgrenzung ab. Sicher ist jedoch, dass bereits seit dem 18. Jh. einfache Bevölkerungsprognosen und Abschätzungen verwendet werden. Diese sind bis heute hoch entwickelt (BOHK, 2012, S. 35 ff.). Ebenfalls in die Anfänge der modernen Zukunftsforschung lassen sich Planungen in der Kriegswirtschaft des ersten Weltkrieges und die Beschäftigung mit mittelfristigen Staatsplanungen verstehen (STEINMÜLLER, 2010, S. 17).

Ab Mitte des 20. Jh. wurde sich verstärkt mit den Interaktionen zwischen globalen Strukturen und Systemen sowie deren zeitlichem Verhalten beschäftigt. Vor allem Jay Wright FORRESTER ist hier als Wegbereiter zu nennen (siehe FORRESTER, 1968; oder auch FORRESTER, 1971). Seine Vorstellungen von dynamischen Systemen bilden die Grundlage verschiedener Zukunftsstudien wie zum Beispiel, „Limits to Growth“ von Dennis und Donella MEADOWS aus dem Jahr 1972 (siehe MEADOWS u. a., 1972). Die Arbeit, im Auftrag des Club of Rome, simuliert unter anderem die Verknüpfungen und Abhängigkeiten zwischen Wirtschaft, Umwelt und Bevölkerung auf globaler Ebene. Ähnliche Abhängigkeiten und Sichtweisen, jedoch auf Ebene der Stadt, untersucht KÖNIG (2010). Dieser fasst die Simulation räumlicher Prozesse als virtuelles Laboratorium auf, um mögliche Auswirkungen von Entscheidungen im zeitlichen Verlauf zu untersuchen KÖNIG (2010, S. 20 f.).

Für kurz- und mittelfristige Prognosen komplexer Systeme wird häufig die Szenariotechnik verwendet. Dabei bildet jedes Szenario eine mögliche Entwicklung ab. Die Nutzung der Szenarien ist angemessen, wenn Unsicherheiten über die weitere Entwicklung einzelner Rahmenbedingungen keine eindeutige Beschreibung der in Zukunft eintreffenden Zustände erlauben. Szenarien sind konsistente, in sich plausible Entwicklungspfade. Darüber hinaus beschreiben Szenarien alternative Zukünfte unter dem "Wenn-Dann-Prinzip". Wenn alle getroffenen Annahmen eintreffen, dann wird auch das Ergebnis der Berechnung eintreffen. Da die Zukunft inhärent ungewiss ist, kann es zu unvorhergesehenen Ereignissen kommen. Auf lange Sicht können bereits kleine Änderungen in einzelnen Parametern (z. B. durch Rückkopplungseffekte) große Wirkungen entfalten. Die Erforschung dieser nicht linearen und schwer einschätzbaren Systeme werden unter dem Schlagwort der Chaostheorie betrachtet. LORENZ (29.12.1972) gab hierfür in einem Vortrag das einprägsame Beispiel „Predictability; does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?“ (Kann der Flügelschlag eines Schmetter-

lings in Brasilien einen Tornado in Texas auslösen?) und bezeichnete dies als „butterfly effect“.

Ausgangspunkt aller Szenarien ist eine umfassende Analyse der gegenwärtigen Situation. Anschließend müssen Einflussfaktoren identifiziert werden, die für eine Entwicklung sorgen können. Im Bereich der Mobilitätsmodelle sind die seit Jahren konstanten Kennziffern zum Verkehrsverhalten (z. B. der Anteil der Verkehrsausgaben am Einkommen) eine häufige Grundannahme. Damit kann das Verkehrsverhalten sinnvoll modelliert und fortgeschrieben werden (Oeltze u. a., 2006, S. 2).

Einordnung des vorliegenden Modells

Aktuelle und im Vergleich zu dieser Arbeit relevante Modelle sind Studien zur Entwicklung des Pkw-Marktes und des Verkehrs. Hier gibt es eine Reihe von Arbeiten, die mit numerischen Modellen untersucht wurden. Beispielhaft für Deutschland sind Studien von Shell Deutschland Oil GmbH (Shell, 2014), dem Institut für Mobilitätsforschung (ifmo, 2010), von der European School of Management and Technology (ESMT, 2011) und vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Plötz u. a., 2013) zu nennen. Die gerade aufgezeigten Modellrechnungen sind durch einen räumlichen Ansatz auf der Makroebene bearbeitet worden. Der hier vorliegende Fokus liegt hingegen auf der Mikro- bzw. Mesoebene.

Untersuchungsobjekte in der Geographie können in unterschiedlichen Ebenen oder Skalen, d. h. in unterschiedlichen Auflösungen, betrachtet werden. Doch schon innerhalb der Geowissenschaften werden diese Skalen unterschiedlich definiert und müssen daher im Folgenden für diese Arbeit bestimmt werden. Als erstes muss zwischen einer zeitlichen und einer räumlichen Dimension unterschieden werden. In der physischen Geographie beispielsweise werden räumliche Einheiten unter zwei Kilometern zu den Mikroeinheiten gezählt. Zwischen zwei und 2.000 km folgen die Mesostrukturen und ab 2.000 km Länge wird von Makrostrukturen gesprochen (siehe Hendl und Liedtke, 1997, S. 697 ff.; Spektrum, 2001). In allen diesen Ebenen werden die Objekte nicht mehr auf die Grundeinheiten zurückgeführt. Vielmehr werden Merkmalskombinationen mit benachbarten Räumen verglichen.

In einer ähnlichen Weise lassen sich die zeitlichen Phänomene ordnen. Ereignisse werden von sehr kurzen Events im Bereich von Sekunden bis hin zu Jahrhunderte andauernden Effekten unterteilt (Spektrum, 2001).

Im Bereich der sozialwissenschaftlichen Simulation wird das Verhalten von Individuen als Mikrolevel bezeichnet. Hier werden Individuen und ihre Eigenschaften (z. B. Geschlecht, Bildung, Einkommen, etc.) betrachtet. Globale Eigenschaften von Gruppen werden hingegen zur Makroebene gezählt (siehe Gilbert und Troitzsch, 2005, S. 13, 57 ff.). Da sich die vorliegende Arbeit räumlich auf der Gemeindeebene (gemäß der europäischen Systematik LAU-2-Ebene) und zum Teil auf Ebene der Haushalte und Individuen bewegt, ist die Analyse, im Sinne der physischen Geographie und der

Sozialwissenschaften, als mikro- bis mesoskalig zu charakterisieren. Zeitlich werden die Fortschreibungen in Jahreseinheiten berechnet. Zwischen den Zeitschritten von Bruchteilen von Sekunden bis hin zur geologischen Betrachtung von Millionen von Jahren, befindet sie die Arbeit dementsprechend ebenfalls im kleinskaligen bis mittleren Bereich.

2.2 Methodik

2.2.1 Empirische Datengrundlage

Ziel der Experteninterviews ist es, die strukturellen kommunalen Gegebenheiten und wirtschaftlichen Interessen der lokalen Akteure in Bezug auf Mobilität und Verkehr näher zu erfassen. Des Weiteren soll die Wahrnehmung der handelnden Personen und deren Zukunftsaussichten herausgearbeitet werden. Um die subjektiven Sichtweisen zu analysieren, erfolgte die Erhebung auf Grundlage von Experteninterviews. Darüber hinaus entsteht ein „Gefühl“ für die Experimentierfreudigkeit und Offenheit der lokalen Akteure. Der Kontakt zu den lokalen Akteuren ist wichtig, um die Transparenz, Akzeptanz und Aufgeschlossenheit für das Projekt zu steigern. Insgesamt sollen so Erkenntnisse zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage gewonnen werden. Zudem sind die Interviews unentbehrlich, da die Erkenntnisse in das Mobilitätsmodell eingehen.

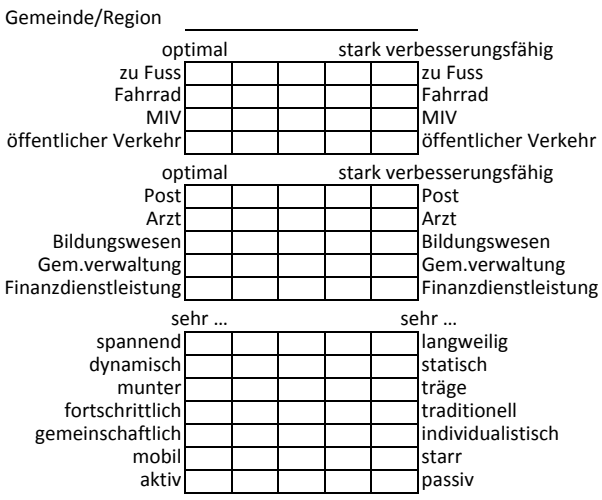


Abbildung 2.6: Beispiel der Ankreuzmatrix

Die Interviews umfassen die Schritte der Festlegung der Methoden mit der Formulierung von Fragen, die Auswahl von Interviewpartnern, sowie die Datengewinnung und -auswertung.

Im Vorfeld der Befragung wurde ein Katalog aus zum Teil standardisierten und zum anderen Teil nicht-standardisierten Fragen (Atteslander, 2010, S. 144) als Leitfaden erstellt. Ein Beispielfragekatalog ist im Anhang (siehe Anh. 8.1) aufgeführt. Bei der Formulierung wurde sich an die Regeln nach Atteslander (2010, S. 155 ff.) gehalten. Die Kombination und Integration der qualitativen und quantitativen Methoden im Rahmen des gleichen Forschungsprojekts wird als Mixed-Methods bezeichnet (siehe Kuckartz, 2011, S. 30 ff.). Diese Art des Forschungsdesigns gilt als zeit- und ressourcenaufwendig. Trotzdem wird sich für Mixed-Methods entschieden, da auf der anderen Seite zu erwarten ist, dass das vorliegende Problem besser verstanden werden kann sowie umfangreichere und mehrperspektivische Erkenntnisse in Bezug auf die Forschungsfragen gewonnen werden können (Ebd., S. 53 f.).

Nach einer ersten Erarbeitung von Fragen wurden Pretests durchgeführt. In freiwilligen Probeinterviews wurden Missverständnisse in den Fragestellungen entdeckt und Verbesserungsmöglichkeiten offensichtlich. Die Hinweise wurden in den Fragenkatalog eingearbeitet. Zusätzlich bereiteten die Pretests auf den „Ernstfall“ vor. Bei den

standardisierten Fragen wurde den Interviewpartnern am Anfang eine dreigeteilte Ankreuzmatrix vorgelegt. Die Abbildung 2.6 zeigt beispielhaft die Matrix. Mit Hilfe der Matrix wollte der Autor quantitativ erheben, wie die lokalen Akteure den aktuellen Stand der Mobilität und Daseinsvorsorge sowie ihre Region selbst beurteilen.

Bei der Auswahl der Interviewpartner wurden 44 Bürgermeister (Darstellung aus Sicht der Politik) und 16 Unternehmen, Vereine oder Verbände (WVV) identifiziert. Diese insgesamt 60 Akteure wurden in einem ersten Schritt per E-Mail angeschrieben und falls keine Antwort erfolgte, nochmals per Telefon kontaktiert. Schließlich wurden 22 Interviewtermine mit 26 Partnern vereinbart. Die Verteilung der Interviews auf die verschiedenen politischen und wirtschaftlichen Akteure sowie nach Geschlecht und räumlicher Lage zeigt die Abbildung 2.7. Der Großteil der Interviews fand in der Zeit von 23.09.2013 bis zum 18.10.2013 statt.

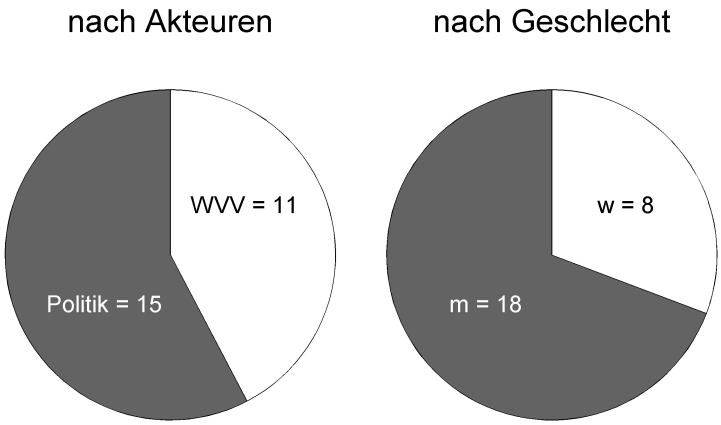


Abbildung 2.7: Verteilung der Gesprächspartner nach Merkmalen

In der anschließenden Phase der Auswertung erfolgte zunächst die Verschriftlichung der Tonbandmitschnitte. Für die Transkription wurde pro Interview eine Textdatei angelegt. Um die wörtlichen Zitate im Text besser lesbar zu gestalten, wurden die Aussagen in dieser Arbeit geglättet, d. h. sie wurden von der Umgangssprache und Interjektionen wie „ähh“ befreit. Weitere Regeln und Details beim Vorgehen des Transkribierens sind in Anhang 8.2 beigefügt. Die Originaltranskriptionen liegen beim Autor vor.

Auf Grund der Fülle an Datenmengen wurde sich zur besseren Organisation und Strukturierung für die Nutzung von Weft QDA (Weft QDA, 2006), einer Software zur qualitativen Datenanalyse (QDA), entschieden. Weft QDA ist eine freie Software

zur Analyse von Texten in digitaler Form. Sie erlaubt das Codieren unterschiedlicher Texte mit verschiedenen Kategorien sowie die anschließende Ausgabe von Abfragen und Statistiken. Für die Auswertung der quantitativen Erhebung wurde sich Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2010) bedient.

2.2.2 Modellbildung im Sinne der vorliegenden Arbeit

Für das Aufstellen des Modells und die Generierung der Simulationsdurchläufe wurde die Software Matlab der Firma The MathWorks (2009) verwendet. Matlab ist geeignet komplexe numerische Berechnungen in einem sehr großen Umfang und mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen. Ebenfalls eignet sich die Software zur Analyse der Daten sowie zur grafischen Darstellung der Ergebnisse.

Zur besseren Strukturierung des komplexen Zusammenwirkens der vielfältigen Faktoren erfolgt eine thematische Aufsplittung in Module. Diese sind so angelegt, dass sie aufeinander aufbauende Arbeitsschritte darstellen, jedes für sich jedoch bereits wichtige Arbeitsergebnisse liefert. Die Hauptkomponenten sind in Abbildung 2.8 schematisch dargestellt.

In einem ersten Modul wird die Entwicklung der Bevölkerung nach Anzahl, Alter und Geschlechtszusammensetzung prognostiziert. Diese bilden die Basis für die Abschätzung der Haushalte. Als zweiter Schritt wird ein Ausblick über die zur erwartende Verteilung der Einkommen berechnet. Anschließend wird der zukünftige Pkw-Markt simuliert. Die Anzahl und Entfernung von Bewegungen werden in einem vierten Schritt angenommen. Des Weiteren wird untersucht, wie sich der dynamische Markt der Kraftstoffe entwickelt. Ein weiteres Modul analysiert die Energieproduktion sowie den Energieverbrauch der Region. Schließlich ist es möglich, je nach Bedarf und Fragestellung eine Reihe weiterer Module zu implementieren.

Die Kenngrößen werden durch die Ergebnisse der Einzelmodule bestimmt. Veränderungen innerhalb der Module (z. B. Veränderungen in der Bevölkerungszusammensetzung oder Preisentwicklungen bei verschiedenen Technologien) werden aus vorhandenen statistischen Daten abgeleitet oder plausibel nach dem Vorgehen „was wäre wenn“ festgelegt. Das Ziel ist eine konsistente Verknüpfung der implementierten Module, so dass im Anschluss das System verstanden und beschrieben werden kann.

Um eine einheitliche Datengrundlage zu gewährleisten, wurde als Basisjahr 2010 gewählt. Zum Bearbeitungsbeginn dieser Arbeit stellten dies die aktuellsten verfügbaren Daten auf kleinräumiger Ebene dar. Es wurde ein mittelfristiger Prognosezeitraum von 20 Jahren angenommen, somit ist das Zieljahr 2030. Räumlich sind die Prognosen auf Gemeindeebene und Ebene der Untersuchungsgebiete bezogen. Gemäß der europäischen Systematik liegen die Betrachtungen dementsprechend auf der LAU-2-Ebene.

Auf Grund der kleinteiligen Betrachtungsweise liegt eine eingeschränkte Datenverfügbarkeit vor. Dies erschwert die Anwendung auf lokaler Ebene. Beispielsweise liegen Bevölkerungsdaten nicht in jährigen Alterskohorten vor. Trotzdem haben Prognosen

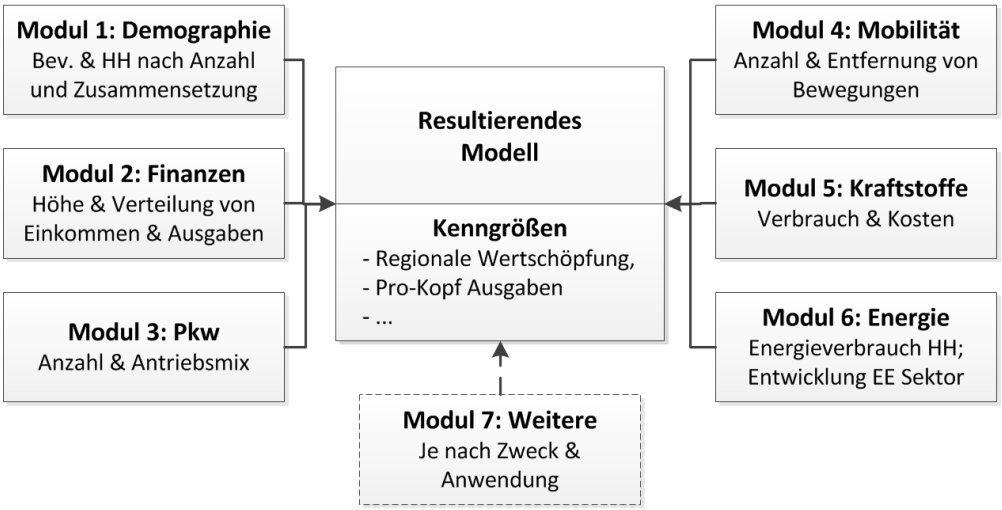


Abbildung 2.8: Schematische Darstellung der Module der Simulation

auf kleinskaliger Ebene eine zentrale Bedeutung für die räumliche Planung. Die Bevölkerungsentwicklung stellt beispielsweise die Grundlage für die räumliche Entwicklung dar. Um trotzdem zu aussagekräftigen Daten zu gelangen, wurde sich immer den kleinräumig am weitesten aufgeschlüsselten Daten bedient. In den meisten Fällen stellte diese die Ebene der Gemeinde dar. In Fällen, in denen auf Gemeindeebene keine Daten vorlagen, wurde auf die nächst höhere administrativen Ebene zurückgegriffenen oder plausible Annahmen getroffen. In wenigen Fällen mussten deutschlandweite Durchschnittswerte verwendet werden.

Ein spezieller Aspekt dieser Arbeit ist die Kopplung der Simulation mit Daten aus einer eigenen qualitativen Datenerhebung. Die Ergebnisse der Befragungen gehen als Annahmen in das Modell ein und geben eine lokale Komponente in der Simulation wider.

In der vorliegenden Arbeit werden keine konkreten Aussagen über die Eintrittswahrscheinlichkeit eines gewählten Szenarios gemacht. Enthalten sind jedoch Bewertungen der zu Grunde liegenden Annahmen.

2.2.3 GIS-gestützte Standortfindung einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität

Während das deutsche Tankstellennetz derzeit über 14.000 Tankstellen für fossile flüssige Kraftstoffe zählt, existieren nur etwa 900 CNG-Tankstellen (Scope Capital Services GmbH, 2014). Für Elektrofahrzeuge existiert in den UG noch keine öffentliche Tankstelleninfrastruktur (Stand: Januar 2015). Insgesamt wird der Mangel an der notwendigen diversen Infrastruktur für die geforderte Verbreitung von Fahrzeugen mit

alternativen Kraftstoffen (COM(2013) 17) offensichtlich. Die kaum vorhandene Infrastruktur stellt ein wesentliches Hindernis bei der Marktdurchdringung alternativer Antriebe dar. Demnach ist es erforderlich, die Betankungs- und Ladeinfrastruktur zu erweitern und zum Teil neu aufzubauen. Infolgedessen hat im Januar 2013 die Europäische Kommission eine EU-Richtlinie zum „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ vorgeschlagen (siehe COM(2013) 18). Diese würde die verstärkte Förderung einer Betankungsinfrastruktur für alternative Kraftstoffe vorsehen.

Die Forderung ist, dass LNG-Tankstellen in einem Abstand von maximal 400 km, CNG-Tankstellen minimal alle 150 km und für E-Fahrzeuge 1,5 Millionen Ladestationen zur Verfügung gestellt werden. Bei letzteren sollen mindestens 10 %, also 150.000 Stationen, öffentlich zugänglich sein. Auf die rund 20.000 Pkw der UG bezogen (Ladestationen je Pkw) bedeutet dies über 70 öffentliche Ladepunkte. Dieser massive Aus- und Aufbau der öffentlich zugänglichen Betankungsinfrastruktur für alternative Kraftstoffe, in welcher Form (ob staatliche oder private Finanzierungsmodelle) auch immer, wird nur mit einem massiven Kapitaleinsatz in den Räumen zu lösen sein (COM(2013) 18).

Zur Verortung und Beurteilung von möglichen Standorten von Ladestationen für Elektroautos im ländlichen Raum wird ein GIS-gestütztes Werkzeug zur Standortfindung entwickelt. Diese Analyse baut auf dem vorhandenen Modell auf, in dem es die Fortschreibung einzelner Kennzahlen nutzt. Die Schwierigkeit besteht darin, dass Ladesäulen im öffentlichen Raum sehr teuer zu bauen sowie zu unterhalten sind. Folglich werden sie in naher Zukunft kaum wirtschaftlich sein (Lienkamp, 2012, S. 63). Demnach müssen stark frequentierte Standorte gefunden werden, an denen Synergien mit bereits bestehenden Infrastrukturen genutzt werden können. Zusätzlich dürfen die Entfernungen zwischen diesen Standorten nicht zu groß sein.

Zur Beurteilung wird eine Standort- oder Potenzialanalyse erstellt. Standortanalysen sind eine häufig benutzte Methode in der Geographie. Beispielsweise kann die Theorie des Systems der zentralen Orte, 1933 von Christaller - “Die zentralen Orte in Süddeutschland“ - entwickelt, als Standortanalyse bezeichnet werden. Allgemein geben sie eine Intensität oder mögliche Interaktion zwischen sozialen oder ökonomischen Gruppen an verschiedenen Betrachtungspunkten wieder (Rich, 1980, S. 3). Interpretiert werden sie anschließend als Einfluss eines Ortes oder einer Gruppe auf eine andere. Zumeist werden sie als Konzentration oder Dichte dargestellt (z. B. Bevölkerungsdichte) und geben somit Aufschluss auf die Nähe einer Gruppe zu einem bestimmten Punkt (Ebd., S. 3). Mit Bezug zur Arbeit können so Orte hoher Frequentierung gefunden werden, die sich für eine optimale Verortung von Ladestationen anbieten. Eine Ladestation oder ein Ladepunkt kann dabei mehre Ladeanschlüsse besitzen. Eine ähnliche Fragestellung hat sich Tolle (2014) in einer Bachelorarbeit gestellt. Methodisch basiert sein Ansatz auf der Verteilung von Infrastrukturangeboten im Raum. Der hier gewählte Ansatz integriert zusätzlich die Bevölkerungsstruktur als Potenzial.

Infolgedessen wird ein Potenzial aus der Anzahl der Bevölkerung und ausgewählten Infrastrukturangeboten (als Basisdaten) berechnet und auf die Untersuchungsfläche (als Zieldaten) abgebildet. Mit Potenzial ist demnach der Einfluss oder das Gewicht auf einen bestimmten geographischen Punkt gemeint. Insgesamt sollen so Nutzen und Erfolg einer zukünftigen Ladeinfrastruktur eingeschätzt werden.

Dazu werden in einem in „C++“-geschriebenen Programm Geodaten aufgenommen, Annahmen getroffen, Berechnungen durchgeführt und im Anschluss wieder einem Geographischen Informationssystem (GIS) zugänglich gemacht. Für letzteres wird in diesem Fall das unter der General Public License (GPL) fallende Softwareprodukt QGIS in der Version 2.4 benutzt (QGIS, 2014). Dieses erlaubt eine effiziente Automatisierung bestimmter Teilprozesse und verschiedenste raumbezogene Informationen visuell darzustellen.

Für die Darstellung in einem GIS werden Geodaten, in diesem Fall Shapefiles, benutzt. Shapefiles bestehen aus mindestens drei Dateien, mit den Dateiendungen .shp, .shx und .dbf. Letztere sind für die Speicherung der Sachdaten verantwortlich und werden im entwickelten Programm bearbeitet.

Kapitelzusammenfassung

In diesem Kapitel wurden wichtige theoretische Grundlagen und Begriffe zur Bearbeitung der Forschungsfragen eingeführt und damit die Basis für eine einheitliche Diskussionsgrundlage geschaffen.

Anschließend wurden die einzelnen Arbeitsschritte zur Beantwortung der Forschungsfragen eingeführt. Daraus ist erkennbar, dass ein umfassender Kanon an Methoden genutzt wird. Es sollen sowohl Primärdaten aus Experteninterviews mit lokalen Experten vor Ort, als auch Sekundärdaten statistisch analysiert und kombiniert werden. Zunächst wurden Standardmethoden geographischer Arbeitsweisen beschrieben, die in den nachfolgenden Kapiteln angewendet werden. Anschließend wird als Neuentwicklung eine Methode zur Standortfindung von Ladestationen für E-Fahrzeuge in dieser Arbeit beschrieben.

3 Die Untersuchungsräume

Hauptuntersuchungsgenstand dieser Arbeit ist verkehrsräumliche Mobilität in ländlich peripheren Räumen. In diesem Kapitel werden die für die Auswahl der Untersuchungsgebiete zugrundeliegenden Kriterien beschrieben und der Untersuchungsraum abgegrenzt. Es wird aufgezeigt, wo sich die beiden Gebiete befinden, welche Charakteristiken sie besitzen und wieso sich diese für die Bearbeitung der Forschungskomplexe eignen. Die Gebiets- und Infrastruktur, die Siedlungsstruktur sowie die Naturressourcen des Untersuchungsraums werden vorgestellt. Insbesondere wird auf die derzeitige und zukünftige Bevölkerungsstruktur eingegangen.

3.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Vordergründig für die Auswahl der Untersuchungsgebiete ist, dass strukturschwache ländliche Räume betrachtet werden sollen. Für die Bevölkerung dieser Gebiete ist die verkehrsräumliche Mobilität, im Speziellen der MIV, existentiell (siehe Abs. 2.1.1).

Laut Arbeiten des Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung liegt Mecklenburg-Vorpommern in einer Analyse zur Zukunftsfähigkeit der Regionen Deutschlands auf dem letzten Rang (Kröhnert u. a., 2007, S. 20). Darüber hinaus befinden sich in verschiedenen Studien die Landkreise Vorpommern-Greifswald (LK VG) und Mecklenburgische Seenplatte (LK MSP) in deutschlandweiten Vergleichen nach demographischen, ökonomischen und sozialen Kennziffern auf den hinteren Plätzen. Beispielsweise im „Prognos Zukunftsatlas“ von 2013 liegt der LK VG auf Rang 395 von 402 Landkreisen und der LK MSP auf Rang 391 (Prognos, 2013).

Da gerade in den ländlichsten Gebieten die Bevölkerungsentwicklung zu einem dominanten Merkmal der jeweiligen Region geworden ist (Weiss und Petrick, 2011, S. 2), spielt dies für die Auswahl der Untersuchungsgebiete eine besondere Rolle. Demographische Entwicklungen sind vielschichtig und deren Auswirkungen regional sehr unterschiedlich. In Deutschland stehen Bevölkerungszuwächsen in den Metropolregionen gravierende Bevölkerungsverluste und Überalterung in ländlichen Gebieten gegenüber (siehe BBSR, 2012). Letzteres wird durch eine Reihe existierender Bevölkerungsprognosen bezüglich der Landkreise VG und MSP bestätigt:

1. „Bevölkerungsprognose 2030“ (BBSR, 2012)

2. „4. Landesprognose zur Bevölkerungsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2030. In Mecklenburg - Vorpommern: Weltoffen, modern, innovativ. Den demografischen Wandel gestalten.“(StK MV, 2011)

3. „Aktualisierte 4. Landesprognose zur Bevölkerungsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2030. - Aktualisierung der 4. Landesprognose auf das Basisjahr 2010 -“ (Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern, 2012)

4. „Bevölkerungsentwicklung in den Kreisen bis 2020“ (Ministerium für Arbeit, Bau und Landesentwicklung, 2005).

5. „Bevölkerungsprognose für Mecklenburg-Vorpommern auf Kreisebene bis zum Jahr 2030“ (Scholz u. a., 2008)

6. „Bertelsmann Stiftung“(Bertelsmann Stiftung, 2013)

7. „Kleinräumige Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald“ (Rümenapp, 2014)

8. „Bevölkerungsvorausberechnung in den Kreisen der Mecklenburgischen Seenplatte bis zum Jahr 2030“ (RPV MSP, 2009)

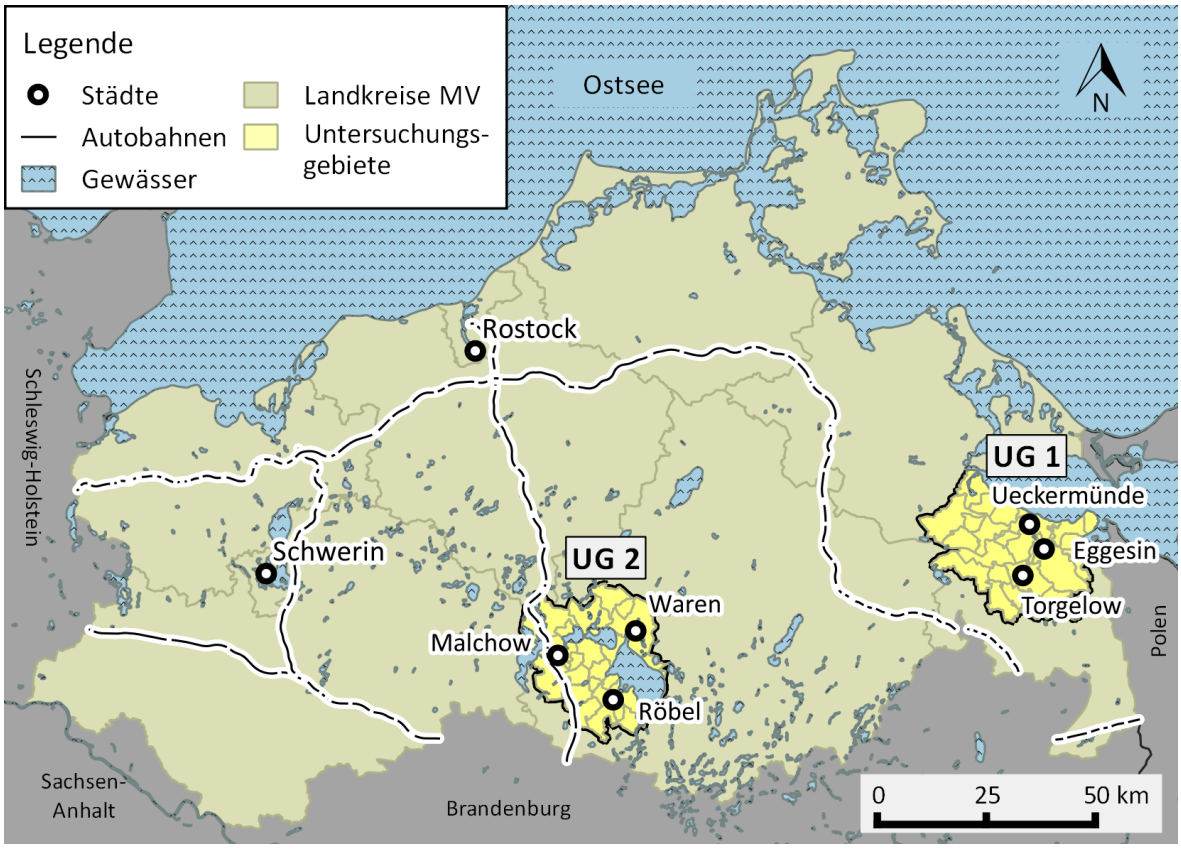


Abbildung 3.1: Die Untersuchungsgebiete

Allen Bevölkerungsprognosen ist eine weitere Abnahme der seit Jahren sinkenden Einwohnerzahlen gemein. Der Bevölkerungsrückgang ist sowohl auf das Geburtendefizit als auch auf Wanderungsverluste zurückzuführen. Neben der absoluten Bevölkerungsabnahme werden sich parallel Verschiebungen in der Bevölkerungsstruktur ergeben. Die Zahl der älteren Einwohner wird deutlich zunehmen, während die Erwerbsbevölkerung und die jungen Bevölkerungsgruppen sehr stark abnehmen werden. Dazu können die bereits genannten Prognosen, Bertelsmann Stiftung (2013); Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2012); Scholz u. a. (2008) verglichen werden.

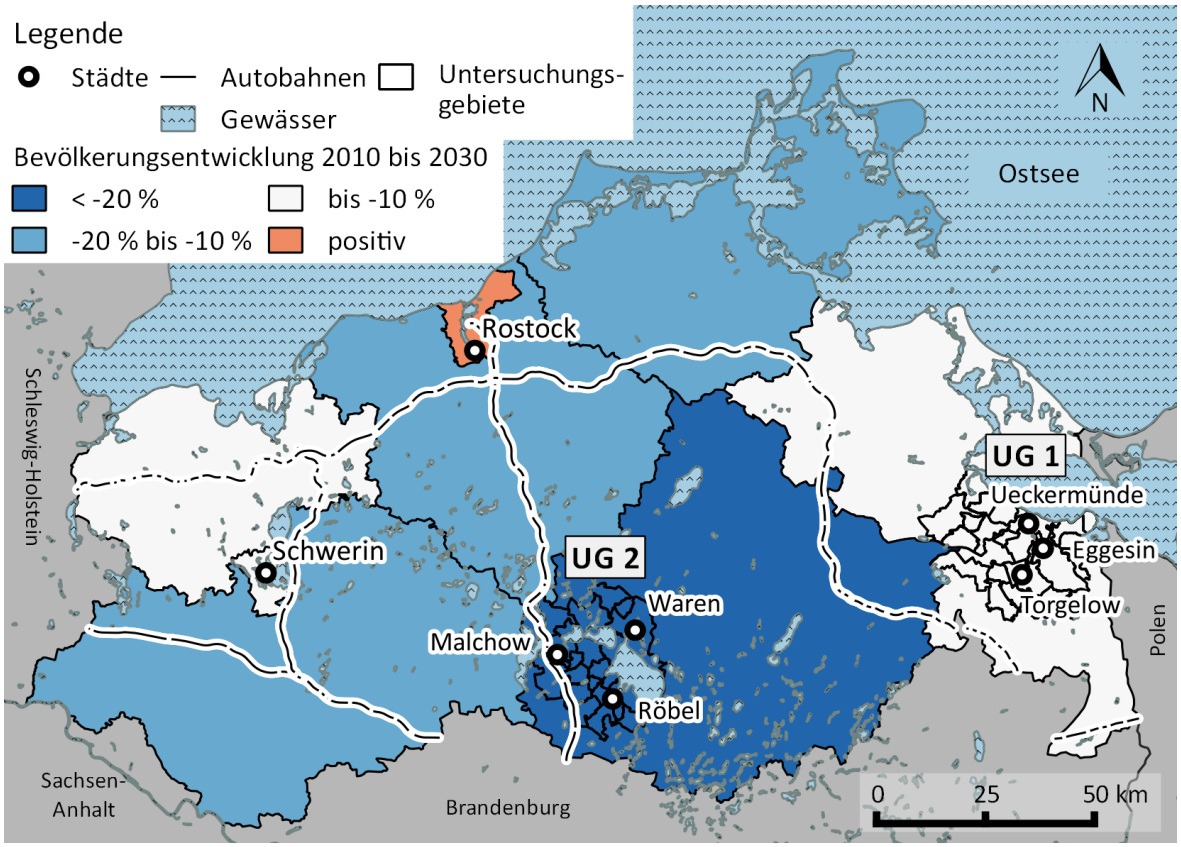


Abbildung 3.2: Landesprognose der Bevölkerungsentwicklung auf Kreisebene 2010 bis 2030,
Eigene Darstellung nach Datengrundlage: Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern (2012, S. 11)

Für die Ebene der Landkreise wird eine Abnahme von 2010 bis 2030 von größer -20 % für den LK MSP und um die -10 % für den LK VG prognostiziert (siehe Abb. 3.2). Die

Prognosen für den heute im LK VG integrierten ehemaligen Landkreis Uecker-Randow gehen dabei ebenfalls von Abnahmen von zum Teil über -20 % aus.

Die Ergebnisse der Bertelsmann Stiftung zeigen für die größten Städte der UG, Waren (-11 %), Malchow (-17 %), Röbel (-17 %), Ueckermünde (-10 %), Eggesin (-10 %) und Torgelow (-21 %) alle eine deutliche Abnahme (Bertelsmann Stiftung, 2013). Verdeutlicht wird ebenfalls, dass die Abnahmen der Städte unter denen der Landkreise liegen. Im Umkehrschluss können wir also davon ausgehen, dass die ländlichsten Gemeinden eine prozentual noch größere Bevölkerungsabnahme erfahren werden.

Ähnlich wird sich die Entwicklung der Haushalte vollziehen. Hier liegt die Raumordnungsprognose 2030 vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR, 2012) vor. Diese geht von einem Minus in 2030 gegenüber 2010, in der Region Müritz von ungefähr -10 % und in der Region Uecker-Randow von zirka -20 % aus.

Letztlich wird die Wahl der UG ebenfalls durch ihre räumliche Nähe zur Universität Greifswald und durch die gute Kenntnis des Autors der Region begründet.

Den Kern der Gebiete bilden jeweils drei Städte (siehe Abb. 3.1). Beide UG liegen im ländlichen peripheren Raum Mecklenburg-Vorpommerns (Abs. 2.1.4, Abb. 2.5). Wissenschaftsgenetisch reiht sich diese Arbeit in eine lange Tradition zur Bearbeitung von Forschungsfragen über ländliche Räume am geographischen Institut der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald ein.

Exkurs zur Kritik an den regionalen Bevölkerungsrechnungen

Oft wird die große Unschärfe von Bevölkerungsprognosen kritisiert. Beispielsweise die 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des statistischen Bundesamtes weist zwischen ihren schwerpunktmäßig dargestellten Varianten (Ober- und Untergrenze der „mittleren“ Bevölkerung) eine Abweichung von über 1,5 Millionen Einwohner bis 2030 aus (Destatis, 2009). Dabei geben die Ergebnisse die errechnete Entwicklung nach mathematischen Wahrscheinlichkeiten wider. Ebenfalls sollte nicht unerwähnt bleiben, dass bei kleinräumigen Bevölkerungsprognosen die Aussagegenauigkeit auf Grund von statistischen Gesetzmäßigkeiten („Statistik der kleinen Zahlen“), begrenzt ist. Trotzdem sind für politische Planungen die Aussagen über mögliche Entwicklungen wichtig. Es gilt mit den Variationsbreiten sowie Unschärfen der Prognosen zu arbeiten und umzugehen.

3.2 Geographische Lage und Aussagen zu räumlichen Teilstrukturen

3.2.1 Das Untersuchungsgebiet 1; Ueckermünde - Torgelow - Eggesin (UTE)

Das UG 1 liegt im südlichen Teil des Landkreises Vorpommern-Greifswald und historisch gesehen im pommerschen Landesteil. Insgesamt gehören 24 Gemeinden (siehe Abb. 3.3 und Tab. 3.1) dem UG an. Der Großteil der Gemeinden ist dem ehemaligen Landkreis Uecker-Randow zuzuordnen. Die Städteriege Ueckermünde - Eggesin - Torgelow bildet den Kern des Gebietes. Begrenzt wird die Region im Norden durch das „Kleine Stettiner Haff“ und im Osten durch die Grenze zu Polen. Im Süden reicht die Region bis zur Stadt Pasewalk und im Osten bis zur Friedländer Großen Wiese. Der geographischen Randlage des UG innerhalb Deutschlands steht die räumlichen Nähe besonders zu Polen, aber auch zu den Ländern Skandinaviens und des Baltikums gegenüber. Das Gebiet umfasst etwas mehr als 897 km^2 und ist damit geringfügig kleiner als die Insel Rügen (926 km^2). Die maximale Ausdehnung von Nord nach Süd beträgt ungefähr 55 km sowie von West nach Ost fast 70 km. Die heutige reliefarme Oberflächengestalt verdankt das Gebiet dem glazialen Schliff durch die Eisvorstöße des Mecklenburger Stadiums der Weichselvereisung (bis vor zirka 13.000 Jahren, siehe Duphorn u. a., 1995). Die absoluten Höhen nehmen von Süden (bis zu 25 m üNN) nach Norden (bis unter -4 m uNN) ab.

Tabelle 3.1: Gemeinden im UG 1
Stand: 01.07.2013

Ahlbeck	Altwarp	Altwigshagen
Bugewitz	Ducherow	Eggesin
Ferdinandshof	Grambin	Hammer
Heinrichsruh	Jatznick	Leopoldshagen
Liepgarten	Lübs	Luckow
Meiersberg	Mönkebude	Neundorf A
Torgelow	Torgelow-Holländerei	Viereck
Vogelsang-Warsin	Wietstock	Wilhelmsburg
Ueckermünde		

Das Oberzentrum der Region ist zum überwiegenden Teil Neubrandenburg. Lediglich der nördlichste Teil ist dem Oberzentrum Greifswald zuzuordnen. Neben dem Mittelzentrum Ueckermünde besitzen auch die anderen beiden Kernstädte sowie Ferdinandshof als Grundzentrum zentralörtliche Einrichtungen und besondere Bedeutung. Der Bevölkerungsstand des Gebietes liegt derzeit bei zirka 42.000 EW (STATA MV, 2013). Die Bevölkerungsdichte bewegt sich zwischen fünf und 188 Einwohnern pro Quadratkilometer (EW/km^2). Im Durchschnitt liegt die Bevölkerungsdichte im UG bei 46,6 EW/km^2.

Das UG 1 verfügt über ein überregionales Netz an Straßen (Bundesautobahnen, Bundes-, Landes- und Kreisstraßen) mit einer Gesamtlänge von rund 273 km. Die Region ist geprägt durch Land- und Forstwirtschaft, welche im gesamten Landkreis über 80 % der Gebietsfläche beansprucht. Auf der anderen Seite sind Industriestandorte und entsprechende Arbeitsplätze kaum vorhanden (STATA MV, 2013). Dies schlägt sich, zusammen mit einer hohen Arbeitslosenquote, im geringen Durchschnittseinkommen nieder. Im Vergleich des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte je Einwohner auf Ebene der Landkreise Mecklenburg-Vorpommerns liegt der Kreis Vorpommern-Greifswald seit Jahren auf dem letzten Platz (siehe Abb. 3.4). Mit 15.409 € aus dem Jahr 2010, liegt das verfügbare Einkommen, also dem letztendlich für Konsum- und Sparzwecke verwendbaren Einkommen, 20 % unter dem Bundesdurchschnitt (VGRDL, 2013).

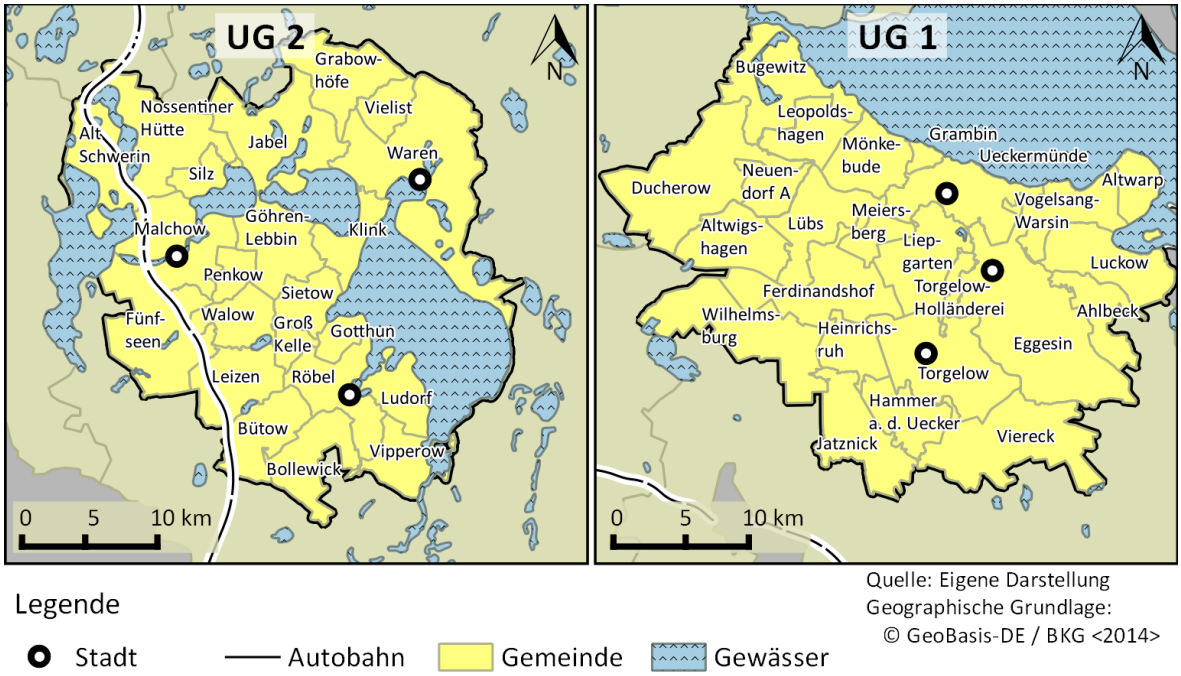


Abbildung 3.3: Die Gemeinden der Untersuchungsgebiete

Zum Thema der EE liefert die Internetseite der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie e.V. (DGS) (DGS, o. J.) verlässliche Daten. Die aktuellsten Daten stammen aus dem Jahr 2012. Demnach waren im Jahr 2012 im UG 1 insgesamt 368 nach dem Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) meldepflichtige Anlagen installiert. Diese besitzen eine Nennleistung von 58.359,1 kWp und lieferten 77,6 GWh (2012) Strom (DGS, o. J.). Diese Energie reicht aus, um fast 20.000 Haushalte zu versorgen.

3.2.2 Das Untersuchungsgebiet 2; Waren - Malchow - Röbel (WMR)

Das UG 2 ist eingebettet in den größten Landkreis Deutschlands, in den Landkreis Mecklenburgische Seenplatte. Es liegt ausschließlich im mecklenburgischen Landesteil und besteht aus 22 Gemeinden (siehe Abb. 3.3 und Tab. 3.2). Bis zum Jahr 2011 waren die Gemeinden Teil des Landkreises Müritz. Regionalplanerisch liegt das Gebiet im Verflechtungsbereich des Oberzentrums Neubrandenburg.

Tabelle 3.2: Gemeinden im UG 2
Stand: 01.07.2013

Alt Schwerin	Bollewick	Bütow
Fünfseen	Göhren-Lebbin	Gotthun
Grabowhöfe	Groß Kelle	Jabel
Klink	Leizen	Ludorf
Malchow	Nossentiner Hütte	Penkow
Röbel	Sietow	Silz
Vielist	Vipperow	Walow
Waren		

Die Region befindet sich in der mecklenburgischen Großseenlandschaft zwischen dem Plauer See im Westen und der Müritz im Osten. Von Nord nach Süd beträgt die maximale Ausdehnung 60 km und von West nach Ost 54 km. Die Fläche von 762 km^2 ist kleiner als das des UG 1. Im Kern dieses Gebietes bilden die Städte Waren - Malchow - Röbel eine Dreiecksstruktur. Am bevölkerungsreichsten und wirtschaftliches Zentrum dieser Gemeinden ist die Stadt Waren. Waren als Mittelzentrum besitzt mit über 21.000 EW fast die doppelte Anzahl an Bewohnern wie die anderen beiden Kernstädte (Malchow zirka 6.700 EW; Röbel zirka 5.200 EW) zusammen. Als Grundzentrum besitzen sie die Funktion als Versorgungsschwerpunkt im ländlichen Raum. Insgesamt

leben 44.106 EW (STATA MV, 2013) im UG 2. Daraus ergibt sich eine Bevölkerungsdichte von 58 EW/km^2. Die Spannweite ist mit acht bis 174 EW/km^2 sehr groß. Der physische Untergrund ist durch den Rückzug der letzten Vereisung (Weichseleiszeit) geprägt. Kennzeichen ist ein Gebiet mit geringen Höhenunterschieden, nur gering veränderten Reliefformen und einem beträchtlichen Seenreichtum. Im anstehenden oberflächennahen Untergrund überwiegt Geschiebemergel der Grundmoräne mit zum Teil recht sandigen Böden (HURTIG u. a., 1957, S. 39). Im UG 2 herrschen geringe Höhenunterschiede vor. Östlich von Malchow und westlich von Röbel werden Höhen von um die 100 m erreicht. Das Gebiet nördlich der Gemeinde Göhren-Lebbin liegt zirka 60 m üNN.

Das Straßennetz ist mit zirka 250 km etwas geringer als im UG 1. Die Bundesautobahn A 19 streift den Untersuchungsraum am westlichen Rand. Als Verkehrsfläche sind im LK MSP lediglich 3 % der gesamten Bodenfläche versiegelt. Mit fast 85 % machen die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen den Großteil aus (STATA MV, 2013).

Die verfügbaren Einkommen der privaten Haushalte liegen ungefähr auf dem Durchschnittsniveau des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern (siehe Abb. 3.4). Trotzdem liegt das Einkommen mit 16.050 € über 3.000 € niedriger als im Bundesdurchschnitt (VGRDL, 2013).

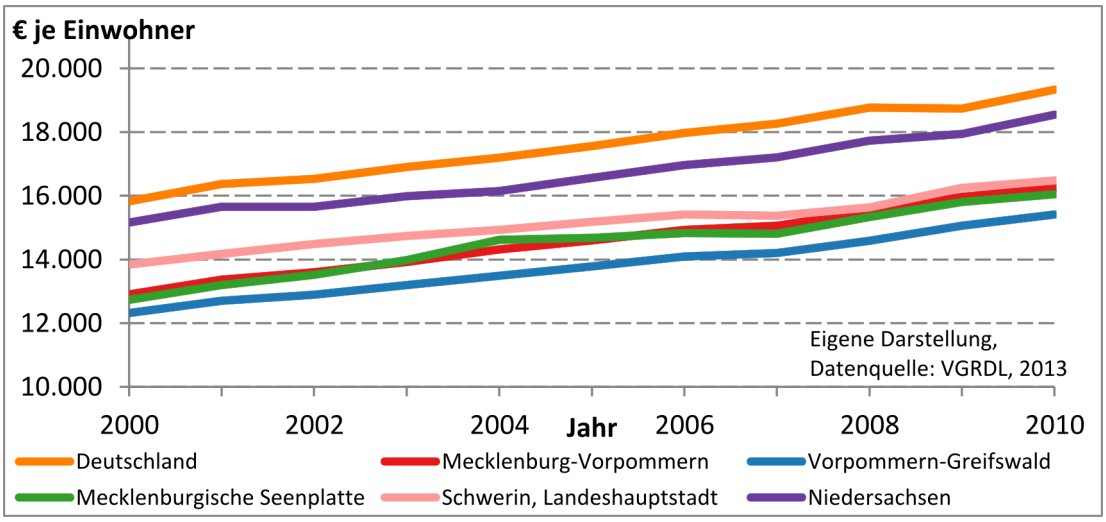


Abbildung 3.4: Vergleich des verfügbaren Einkommens der privaten Haushalte je Einwohner unterschiedlicher Regionen,
Eigene Darstellung auf Datengrundlage: VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER (VGRDL, 2013)

Im Bereich der Regionalentwicklung hat sich die Region Mecklenburgische Seenplatte im Projekt Bioenergieregion zusammengeschlossen. Ziele des Projekts sind der Ausbau

und die effiziente Nutzung der Bioenergie. Damit einhergehend sollen die regionalen Wertschöpfungskreisläufe gesteigert werden (siehe Bioenergie-Region Mecklenburgische Seenplatte, o. J.). Schon jetzt besitzt das UG 2 268 EE-Anlagen mit einer Nennleistung von 31.743,5 kWp und erzeugte 2012 53 GWh elektrischen Strom (DGS, o. J.). Diese Leistung reicht zur Versorgung von ungefähr 26.500 Personen aus.

Kapitelzusammenfassung

Die Bedeutung der Mobilität in ländlichen Räumen und deren ökonomische Konsequenzen wurden bisher in der Wissenschaft vernachlässigt. Da aber mehr als 30 % der Einwohner Deutschlands auf zirka 70 % der als ländlicher Raum bezeichneten Fläche leben, ist die Untersuchung dieser Räume lohnenswert und Thema dieser Arbeit. Die Kriterien zur Auswahl der UG folgen ökonomischen, sozialen und demographischen Gesichtspunkten. Zu letzterem wurde ein Ausblick auf zukünftige Entwicklungen gegeben. Im Anschluss wurden die UG anhand ihrer geographischen Lage und ausgewählter Teilstrukturen dargestellt. Insgesamt sind beide UG hinsichtlich ihrer Merkmalsausprägungen der dargestellten Teilstrukturen sehr ähnlich. Im Hinblick auf die verkehrsräumliche Mobilität und die Marktdurchdringung alternativer Antriebe ist auf Grund der kurzen Entfernungen von einer Stadt zur nächsten sowie der reliefarmen Oberflächengestalt eine Eignung als Untersuchungsraum gegeben.

4 Ergebnisse der empirischen Datenerhebung

Um die speziell in der ersten Forschungsfrage aufgeworfene Thematik der Entwicklungsmöglichkeiten und Trends privater Mobilitätsbedürfnisse, Verkehrsinfrastrukturen sowie Antriebstechniken zu bearbeiten, wurde sich der Expertenbefragung bedient. Im Folgenden sollen sowohl die standardisierten als auch die nicht-standardisierten Fragen wissenschaftlich ausgewertet werden. Es ist zu beachten, dass immer die Sicht der Akteure dargestellt ist.

4.1 Allgemeine Ergebnisse der Interviews

Zunächst ist bemerkenswert, dass 40 % der angeschriebenen lokalen Akteure sich für einen Interviewtermin Zeit genommen haben. Diese Quote liegt deutlich über vergleichbaren Studien. Zumeist waren die Gesprächspartner engagiert und motiviert. Dies äußerte sich darin, dass häufig selbstständig Fragen und Themen angesprochen wurden, die ohnehin behandelt worden wären. Die Länge der Gesprächsverläufe von oftmals über einer Stunde signalisieren eine hohe Aufgeschlossenheit und einen außerordentlichen Gesprächsbedarf.

Auf der linken Seite der Tabelle 4.1 wird die Anzahl der Ankreuzungen in den einzelnen Merkmalen der standardisierten Fragen verdeutlicht. Auf der rechten Seite werden die Mittelwerte, die Mittelwertabweichung und die Abweichung vom mittleren Wert dargestellt. Ebenfalls vermittelt Abbildung 4.1 schnell einen Eindruck, in welchem Bereich die Daten liegen und wie sie sich verteilen.

Tabelle 4.1: Auszählung und Auswertung der Ankreuzmatrix

Gemeinde/Region						Auswertung									
optimal				stark verbesserungsfähig			Int	1	2	3	4	5	Mittel	Mitt Abw.	3 Abw.
zu Fuss	3	10	3	3	0	zu Fuss	19	3	20	9	12	0	2,32	0,20	0,68
Fahrrad	2	9	6	2	0	Fahrrad	19	2	18	18	8	0	2,42	0,09	0,58
MIV	4	11	3	1	0	MIV	19	4	22	9	4	0	2,05	0,46	0,95
ÖPV	1	3	6	8	1	ÖPV	19	1	6	18	32	5	3,26	-0,75	-0,26
													2,51		
optimal				stark verbesserungsfähig											
Post	1	6	6	5	1	Post	19	1	12	18	20	5	2,95	-0,05	0,05
Arzt	1	4	6	4	4	Arzt	19	1	8	18	16	20	3,32	-0,41	-0,32
Bildungswesen	2	8	5	2	2	Bildungswesen	19	2	16	15	8	10	2,68	0,22	0,32
Gem. Verwaltung	0	10	4	5	0	Gem. Verwaltung	19	0	20	12	20	0	2,74	0,16	0,26
Finanzdienstleistung	1	9	1	4	2	Finanzdienstleistung	17	1	18	3	16	10	2,82	0,08	0,18
													2,90		
sehr ...				sehr ...											
spannend	0	7	8	2	1	langweilig	18	0	14	24	8	5	2,83	0,10	0,17
dynamisch	0	6	3	8	1	statisch	18	0	12	9	32	5	3,22	-0,28	-0,22
munter	0	4	11	3	0	träge	18	0	8	33	12	0	2,94	-0,01	0,06
fortschrittlich	1	5	8	5	0	traditionell	19	1	10	24	20	0	2,89	0,04	0,11
gemeinschaftlich	0	8	9	0	1	individualistisch	18	0	16	27	0	5	2,67	0,27	0,33
mobil	0	6	7	3	2	starr	18	0	12	21	12	10	3,06	-0,12	-0,06
aktiv	0	5	10	2	1	passiv	18	0	10	30	8	5	2,94	-0,01	0,06
													2,94		

Da gezielt lokale Akteure ausgewählt wurden, die sich mit Mobilität und Daseinsvorsorge beschäftigen, konnte davon ausgegangen werden, dass diese Begriffe bekannt waren. So wurde eingangs die Frage gestellt, welche Rollen die verkehrsräumliche Mobilität und die Daseinsvorsorge im täglichen Kerngeschäft spielen. In den Gesprächen wurde deutlich, dass zum Teil verschiedene Definitionen und Auslegungen der Begriffe vorherrschten. So kann bei mindestens sechs Interviewpartnern unterstellt werden, dass sie Mobilität mit Verkehr gleichsetzten (Zur Unterscheidung siehe Abs. 2.1.1). Ebenfalls beurteilten fünf Interviewpartner am Anfang des Gesprächs, dass die Themen bei ihnen keine wichtige Rolle im täglichen Arbeitsablauf spielen. Im weiteren Verlauf der Interviews wurde jedoch klar, dass sie nur eine andere Auffassung der Begriffe besitzen. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Themen, ob wissentlich oder nicht, täglich bearbeitet werden. Eine Aussage eines Akteurs dazu lautete:

„Eine große Rolle. Eine große Rolle sogar. Wobei diese nicht so wahrgenommen wird von den Entscheidungsträgern. Von den Menschen schon.“ [L2/INT22]

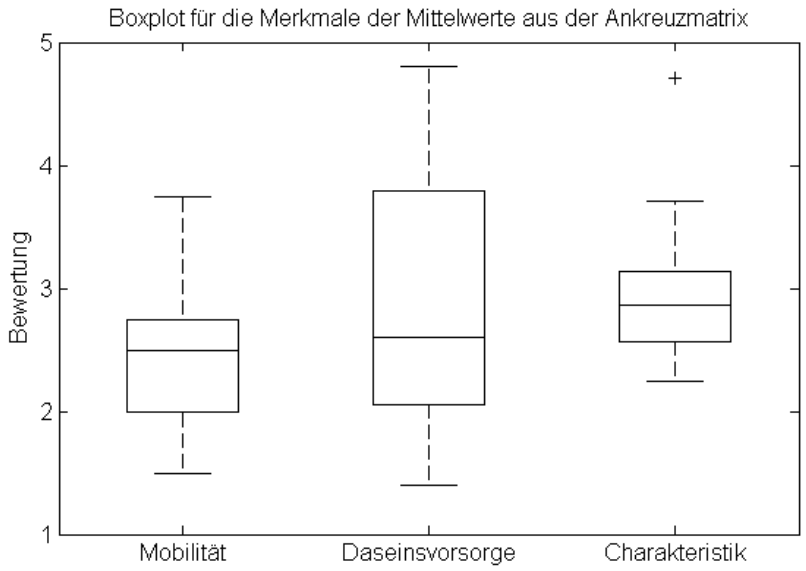


Abbildung 4.1: Boxplot über die Mittelwerte der Bereiche aus der Ankreuzmatrix

4.2 Betrachtung der einzelnen Teilbereiche der Interviews

4.2.1 Mobilität und Verkehr

Im Bereich Mobilität und Verkehr ist der überwiegende Teil der befragten Akteure mit der derzeitigen Situation zufrieden. Lediglich der ÖPNV wird als verbesserungswürdig eingeschätzt (siehe Tab. 4.1). In der Auswertung der Ankreuzmatrix wird dem ÖPNV jeweils einmal die schlechteste und einmal die beste Wertung gegeben. Aus Tabelle 4.2 ist zudem ersichtlich, dass Gemeindeoberhäupter von Städten die Situation positiver beurteilen als Vertreter der umliegenden Gemeinden. Im Vergleich der beiden UG wird die Situation insgesamt sehr ähnlich eingeschätzt. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Akteure die Begriffe Mobilität und Verkehr oftmals als Synonym verwenden. Dies bestätigt ebenfalls die Vermutung, dass automatisch an Kfz gedacht wird, wenn über Mobilität gesprochen wird.

Für die Zukunft wird in den UG überwiegend mit einer weiteren Verschlechterung von Angebot und Nachfrage, sowohl im öffentlichen Verkehr als auch im privaten Bereich, gerechnet. Mögliche Verbesserungen werden lediglich bei der Wegeinfrastruktur gesehen. Hindernisse werden vorwiegend in den steigenden Kosten für Infrastruktur, Technik und Kraftstoff sowie in der alternden und abnehmenden Bevölkerung gesehen. Damit einhergehend werden die langen Fahrzeiten und die schlechte Erreichbarkeit thematisiert. Bei den Akteuren wird in naher Zukunft mit einer weiteren Ausdünnung des ohnehin schon fast ausschließlich auf den Schülerverkehr beschränkten ÖPNV gerechnet. Ebenfalls wird genannt, dass zum Teil unflexible Gesetze und Vorschriften einer möglichen Verbesserung der Situation entgegen stehen.

Int7 und Int23 sprechen von sich aus das Potenzial für E-Mobilität im ländlichen Raum an. Vor allem Verknüpfungen mit touristischen Angeboten werden gezogen. Im Bereich der Elektromobilität im MIV kommt zusätzlich die Vermutung der unausgereiften Technik ins Spiel. Besonders die zu kurzen Reichweiten der Akkus und die Wetterabhängigkeit der Fahrzeuge werden ins Feld geführt. Int13 führt zusätzlich an, dass Autos aus emotionalen Aspekten gekauft werden und diese bei Elektroautos oftmals (noch) fehlen.

Nach Meinung der Akteure spielen Fahrzeuge mit alternativen Antriebsformen fast keine Rolle. Lediglich als Elektrofahrrad, womit ebenfalls Pedelecs gemeint sind, werden neue Antriebsformen wahrgenommen. In den Köpfen der Entscheidungsträger haben Ideen zur Steigerung des Anteils alternativer Antriebsformen zum Teil schon weiter Einzug gefunden. Diese werden jedoch durch die oben genannten Hindernisse erschwert. Beispielsweise könnte sich der überwiegende Teil vorstellen einen Dienstwagen oder ein Gemeindeauto mit einer alternativen Antriebsform zu kaufen, wenn die finanziellen Bedingungen stimmen. Elf Personen können sich dies zudem für den privaten Bereich

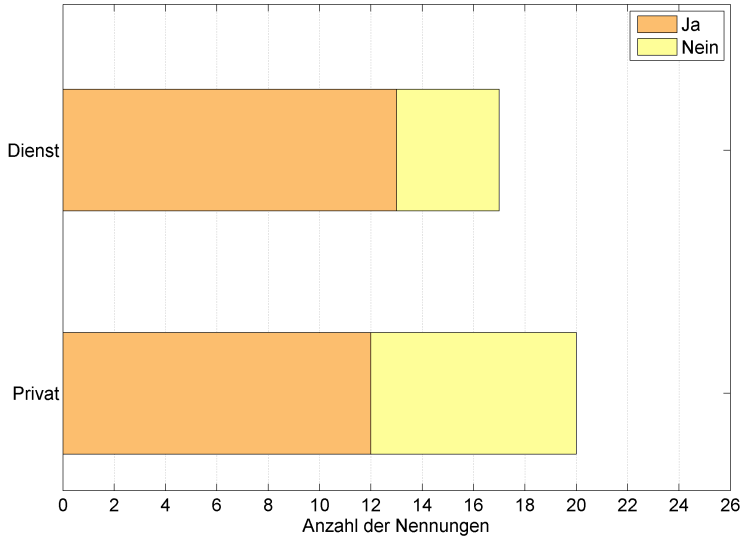


Abbildung 4.2: Frage zum möglichen Kauf eines Pkw mit alternativer Antriebsform

vorstellen (siehe Abb. 4.2). Hierbei reagieren die Stadtvertreter insgesamt offener als die Bürgermeister der ländlichen Gemeinden. In drei Stadtgemeinden gibt es bereits einen Dienstwagen mit einer alternativen Antriebsform. Insgesamt lässt sich als Ergebnis festhalten, dass im ländlichen Raum ein Nachdenken über alternative Antriebsformen stattfindet und die Entscheidungsträger den neuen Technologien offen gegenüber stehen. Stellvertretend ist eine Aussage eines Akteurs dazu:

„Wäre aber eine Sache wo man vielleicht drüber nachdenken könnte, wenn die Leute nur in der Region zu tun haben. Zum Beispiel Postdienst oder so, die jetzt vielleicht nur ein paar Kilometer jeden Tag fahren. Das wäre sicherlich auch da möglich, mit einem Elektromobil dort was zu machen und wie so ein Apothekerauto, das die Post transportiert.“ [L46/INT3]

Erwähnenswert ist die Tatsache, dass kurze Strecken (zirka zehn Kilometer) nicht als Hindernis gesehen werden. Selbst diese kurzen Strecken werden mit dem eigenen Pkw zurückgelegt. Die individuelle Mobilität wird als Voraussetzung zur wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Teilhabe thematisiert und akzeptiert. Die Überbrückung von Raum, als Kosten- und Zeitfaktor, scheint demnach wenig Überwindung zu kosten. Die Menschen scheinen sich an die Situation angepasst zu haben und leben damit.

4.2.2 Daseinsvorsorge

Bei der Daseinsvorsorge gehen die Meinungen im standardisierten Teil der Interviews weit auseinander (siehe Abb. 4.1). Im Durchschnitt ist die Bewertung negativer als im Bereich der Mobilität. Tabelle 4.1 (rechte Seite) zeigt, dass die Mittelwerte alle

nahe dem mittleren Wert von drei liegen. Am ungünstigsten wird die Versorgung mit Arztdienstleistungen beurteilt, welche gleich vier mal die schlechteste Wertung erhält. Aus Tabelle 4.2 wird ersichtlich, dass die Situation in den Städten positiver eingeschätzt wird. Die Gemeindevertreter äußern sich ebenfalls positiver als die WVV Vertreter. Im Vergleich beider Regionen liegt eine ähnliche Einschätzung vor.

Überwiegend werden negative Zukunftsaussichten im Bereich Daseinsvorsorge gesehen (siehe Abb. 4.3). Die größten Barrieren sind die Verteilung und Zusammensetzung der Bevölkerung, die hohen Kosten und gleichzeitig die geringe Kaufkraft der Region. Außerdem wird dem zukünftigen Fachkräftemangel eine große negative Rolle beigemessen. Weniger häufig genannt werden starre Gesetze, Neid und geringe Wertschätzung gegenüber dem Ehrenamt. Die folgende Aussage eines Interviewpartners verdeutlicht die Situation:

„Dadurch, dass die Fördermittel immer weniger werden, die Zuweisungen immer weniger werden, im Gegenzug aber zum Beispiel unsere Kreisumlage, die wir für den neuen Landkreis leisten müssen immer höher wird, ist die finanzielle Ausstattung in Zukunft immer sehr sehr schlecht. Es wird nicht besser. Auf gar keinen Fall.“ [L44/INT25]

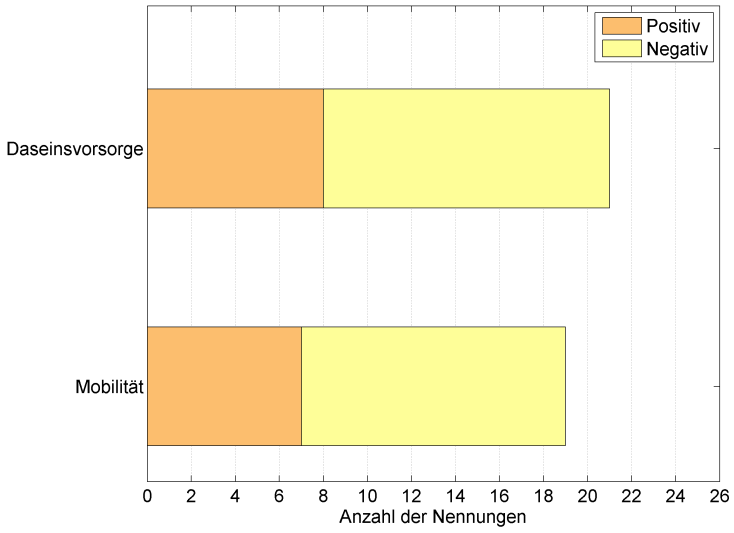


Abbildung 4.3: Einschätzung der Zukunftsaussichten

Zumindest einen Teil der Versorgungslücke durch mobile Angebote in den ländlichen Räumen zu schließen wird überwiegend begrüßt. Vor allem Verwaltungs- und Bankangebote werden hervorgehoben. Einige kritische Stimmen finden sich, wenn es um „fliegende Händler“ geht. Es wird geglaubt, dass selbst für sie die Tragfähigkeitsgrenze unterschritten wird. Die Versorgung mit Dingen des täglichen Bedarfs organisiert die immobile Bevölkerungsgruppe in der Regel über die Familie oder die Nachbarn.

Mit Bezug zur Sicherstellung der Daseinsvorsorge ist die übergreifende Denkweise eines Experten erstaunlich, dessen Aussage lautet:

„... den Strom kriege ich irgendwo in das Land rein. Ob ich aber in jedes Dorf eine Tankstelle bauen muss, ist fraglich, ökonomisch wie ökologisch. Aber den Strom kriege ich dahin. Und dann kann ich auch mit einem 25 Km/h Auto von einem Dorf in das nächste fahren. [...] so ein Elektromobil [...] wird die Attraktivität für den ländlichen Raum erhöhen. Wenn das nicht kommt, wird es noch schlimmer.“ [L37/INT7]

4.2.3 Charakteristik und Gesamtbetrachtung

Die Gesprächspartner sind sich überwiegend einig und belegen die Regionen großteils mit negativen Eigenschaften. Dabei charakterisiert sich das UG 1 positiver als das UG 2, die Gemeindevertreter erneut positiver als die Vertreter der WVV und die Städte besser als die umliegenden Gemeinden (siehe Tab. 4.2). Sowohl in der Ankreuzmatrix als auch in den Interviews selbst, wird das hohe Gemeinschaftsgefühl der Regionen betont. Nachbarschaftshilfe, ehrenamtliches Engagement und die Mitarbeit in Vereinen sind Ausprägungen des großen Zusammenhaltes. Die sinkende Infrastrukturdichte und die steigende Immobilität der Bevölkerung werden diesen in Zukunft erschweren. Die beiden Untersuchungsgebiete werden ökonomisch als statisch gesehen. Für Dynamik fehlen große Unternehmen und finanzielle Mittel.

Tabelle 4.2: Statistischer Überblick der Interviewauswertung

Bereich		Anzahl	Mobilität				Daseinsvorsorge				Charakteristik			
			$\overline{x}$	Abw.	Mitt Abw.	σ	$\overline{x}$	Abw.	Mitt Abw.	σ	$\overline{x}$	Abw.	Mitt Abw.	σ
Gesamt		19	2,51	0,00	0,464	0,626	2,91	0,00	0,819	0,981	2,94	0,00	0,410	0,583
Kategorie 1	G	14	2,52	0,00	0,45	0,62	2,72	0,19	0,83	0,98	2,78	0,16	0,30	0,35
(Akteure)	WVV	5	2,50	0,01	0,50	0,73	3,44	-0,53	0,78	1,09	3,36	-0,42	0,70	1,03
Kategorie 2	Land	9	2,61	-0,10	0,45	0,65	2,97	-0,06	0,94	1,12	2,82	0,12	0,29	0,35
(Standort)	Stadt	5	2,35	0,16	0,45	0,63	2,27	0,64	0,64	0,78	2,71	0,23	0,31	0,41
Kategorie 3	1	8	2,53	-0,02	0,28	0,36	2,79	0,12	0,81	1,06	2,63	0,31	0,33	0,42
(UG)	2	10	2,60	-0,09	0,56	0,75	2,84	0,07	0,74	0,86	2,99	-0,04	0,33	0,41
Kategorie 4	m	13	2,40	0,11	0,41	0,58	2,76	0,15	0,78	0,96	2,98	-0,04	0,43	0,64
(Geschlecht)	w	6	2,75	-0,24	0,58	0,79	3,23	-0,32	0,90	1,13	2,85	0,09	0,37	0,46

Eindrucksvoll ist zudem die Leidenschaft der Akteure, mit der sie über ihre Region reden. Diese spiegelt sich zum einen in der Dauer und Intensität der Gespräche wider, aber zum anderen auch in der Entschlossenheit und Begeisterung mit der die Gespräche geführt wurden.

Die derzeitige Situation in den UG wird überwiegend als verbesserungswürdig beurteilt. Dabei ist festzustellen, dass die ländlichen Gemeinden ihre derzeitige Situation schlechter beurteilen als die Städte. Einen Unterschied zwischen Mecklenburgern und Vorpommern, wie es ein Interviewpartner vermutet, ist nicht ersichtlich. Ebenfalls ist

den Akteuren bewusst, dass es negative Veränderungen geben wird. Möglicherweise unterschätzen sie allerdings die daraus resultierenden Probleme. Ebenfalls wird die Situation im Bereich der Daseinsvorsorge schlechter als in den Mobilitäts- und Verkehrsbereichen eingeschätzt (siehe sowohl Tab. 4.1 als auch Tab. 4.2).

Darüber hinaus wird in den Gesprächen deutlich, dass die demographischen Entwicklungen ein zentrales Thema im täglichen Aufgabenfeld darstellen. Vor allem in der Abnahme und Alterung der Bevölkerung werden Hindernisse für die Zukunft gesehen. Insgesamt lassen sich in diesem Bereich definitorische Unsicherheiten beobachten. Eine Unterscheidung der Entwicklungen, zumindest in Veränderungen in der Altersstruktur, Dynamik im Verhältnis von Männern zu Frauen, Geburten- und Sterbefallentwicklung sowie in Wanderungsbewegungen, findet keine Anwendung. Ferner wird die konkrete demographische Entwicklung vor Ort mit dem demographischen Wandel gleichgesetzt. Zum anderen wird der demographische Teilprozess der Abwanderung kaum berücksichtigt. Ebenfalls ist zu beobachten, dass in allen Gesprächen der Begriff des demographischen Wandels durchweg negativ belastet ist. Dieses Problem der fehlenden Definitionssicherheit scheint kein Einzelfall zu sein, so kommen auch Weiss und Fritzsch (2012) für ein Untersuchungsgebiet in der Altmark (Sachsen-Anhalt) zur selben Aussage.

Den Interviewpartnern wurde eine mögliche Entwicklung der Bevölkerung bis 2030 auf Grundlage der eigenen Berechnung (siehe Abs. 5.2.1) vorgelegt. Lediglich vier Partner bemerkten, dass die Aussagen zu einem Bevölkerungsverlust in der beschriebenen Größenordnung eintreffen könnten. Int22 bemerkt, dass so ein Szenario eintreffen kann, derzeit aber aktiv gegengesteuert wird. Sieben weitere Experten halten die genannten Einwohnerverluste für übertrieben hoch. Von den befragten Akteuren wird damit ein deutlich positiveres Bild der künftigen Einwohnerentwicklung gezeichnet als dies nach den aktuellen Bevölkerungsprognosen erwartet werden kann (siehe Abs. 3.1). Es kann daher vermutet werden, dass die Änderungen möglicherweise unterschätzt werden und die Akzeptanz für ein Szenario der Schrumpfung und Alterung fehlt.

Umfangreich sind die Antworten, wovon die beiden Bereiche Mobilität und Daseinsvorsorge abhängig sind. Es werden unter anderem genannt: Finanzausstattung, Demographie (Alter, Gesundheit), geographische Lage (Sackgassenort, Distanz zum Zentrum, Einwohnerdichte, Tourismusgebiet), ÖPNV-Netz, Wetter oder Jahreszeit, Gesetzgebung, Kraftstoffpreis, Einkommenssituation, Familie und das soziale Netzwerk, Einkaufsmöglichkeiten, Infrastruktur, Zentralisierung der Angebote und der Führerschein.

Um eine Verbesserung der Mobilitäts- und Daseinsvorsorgesituation zu erreichen, sehen die Befragten vor allem die überörtliche Politik oder Institutionen in der Pflicht. So sehen mehr als zwei Drittel der Gesprächspartner übergemeindliche Strukturen verantwortlich. Die Akteure würden selbst gerne mehr machen, wenn verschiedene Hindernisse nicht existieren würden. So erschweren zum Teil unflexible Gesetze und langwierige Ver-

fahrensabläufe die Arbeit. Vor allem aber werden die fehlende finanzielle Ausstattung und die kleinteilige, alte Bevölkerungsstruktur als Hauptgründe genannt.

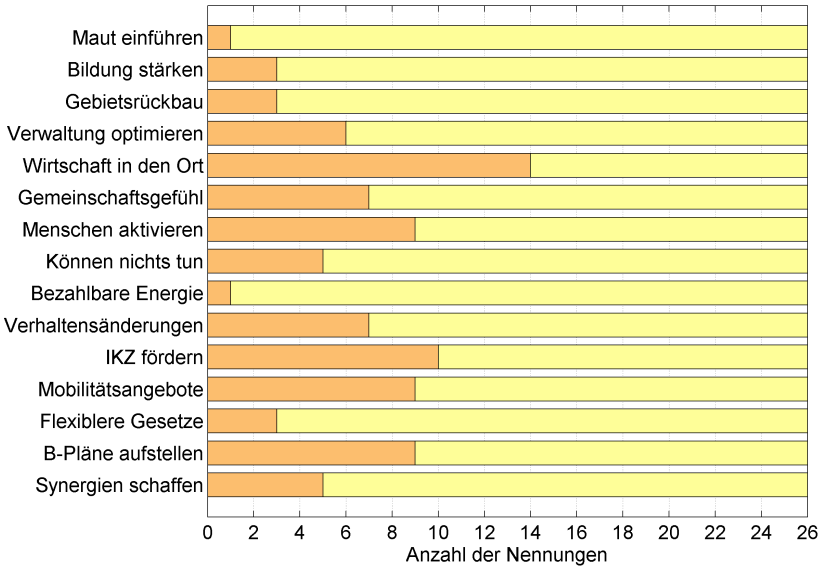


Abbildung 4.4: Vorschläge, wie nach Meinungen der Experten positive Änderungen herbeigeführt werden können

Aus Sicht der Akteure ist den Bürgern bewusst, dass sie im ländlichen Raum wohnen und Abstriche in Kauf nehmen müssen. Dies bestätigt Neu (2009, S. 142) und beschreibt dies als Gewöhnung oder Leidensfähigkeit der Menschen im ländlichen Raum. Da die Akteure überwiegend eine weitere Ausdünnung bis hin zur kompletten Aufgabe (Int17) des Angebots erwarten, wird diese Leidensfähigkeit immer weiter strapaziert. Eine Verbesserung der Situation können die Menschen auch selbst erreichen, so die Aussage von sieben Akteuren. Hierbei wird das bereits angesprochene Gemeinschaftsgefühl wiederholt thematisiert. Neben Familien- und Nachbarschaftshilfe spielen Vereine eine besondere Rolle. Zusätzlich soll eine Taktik für die Zukunft sein, vermehrt Nachwuchs, mobile Ältere und Ehrenamtler zu mobilisieren. Ferner sind Verhaltensänderungen der Menschen und die Bereitschaft neue Dinge auszuprobieren und anzunehmen notwendig. In Abbildung 4.4 sind die Vorschläge wie sie die Akteure unterbreitet haben nach ihrer Anzahl aufgeführt. Hierbei sind Mehrfachnennungen einzelner Akteure möglich.

In neun der dreizehn Interviews mit Gemeindevertretern wird die Ausweisung von Bauland als Mittel genannt, um die Gemeinde attraktiver zu gestalten, Zuzug aus anderen Regionen zu generieren und den demographischen Wandel zu bekämpfen. In der Literatur wird oftmals davon abgeraten und die möglichen Nachteile aufgezeigt. Die Aufstellung von neuen B-Plangebieten für Bauland ist gleichbedeutend mit einer

Vergrößerung der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Damit geht die Steigerung, vor allem leitungsgebundener Infrastrukturen und somit nicht reduzierbarer Fixkosten, einher (siehe dazu PROSKE, 2011, S. 317 f.; SCHILLER und SIEDENTOP, 2005; SIEDENTOP u. a., 2006, S. 10). Darüber hinaus belegen Untersuchungen zu Wanderungsmotiven, dass oftmals private Gründe und Faktoren aus der Zuzugsregion eine dominierende Rolle bei der Wanderungsentscheidung spielen (PROSKE, 2011, S. 317). Demnach ist eine aktive Zuzugsförderung der Gemeinden nur schwer möglich. In 14 Interviews wird angesprochen, dass die lokale Wirtschaft und die Infrastruktur sowohl durch stationäre als auch durch mobile Angebote erhalten und ausgebaut werden müssen. Nach Meinung der Akteure ist dies eine weitere Strategie für die Zukunft. Folgendes Zitat spiegelt die Meinung eines Akteurs wider:

„Und in dem Augenblick wo wir den Leuten, in ihren Dörfern in dem sie leben, die Chance geben wieder Dienstleistungsangebote, [...] also alles was mit der klassischen Daseinsvorsorge zusammenhängt auch anbietet, in dem Augenblick bringe ich etwas ins Rollen was diesen negativen Trend eventuell ins Stocken bringt oder mithelfen könnte ihn vielleicht geringer, also den Abschwung noch abzudämpfen, abzufedern.“ [L113/INT14]

Auf der anderen Seite muss dafür gesorgt werden, dass die Bevölkerung weiterhin mobil bleiben kann. Dazu meinen neun Befragte, dass bessere Mobilitätsangebote von Nöten sind. Die Ideen reichen vom Ausbau der Infrastruktur (ebenfalls Ladesäulen für E-Fahrräder) über Car-Sharing bis hin zu einer Art öffentlich-privater Partnerschaft (öpp). Auf direkte Nachfrage können sich fünf Vertreter der WVV eine Zusammenarbeit mit den Gemeinden im Rahmen von Bürger-Taxis vorstellen. Dazu ein Experte:

„Ja also wir müssen schon versuchen, dass auch die Menschen aus den umliegenden Orten noch zu uns in die Stadt gelangen. Ob das nun mit den Elektrofahrrädern geschieht oder auf andere Weise muss sich noch zeigen. Das ist auch eine Herausforderung für den öffentlichen Verkehr.“ [L37/INT8]

Eine Trendänderung im Mobilitätsverhalten oder ein Bedeutungsverlust des eigenen Pkw bei jungen Menschen wie sie in der Literatur (siehe IFMO, 2013; ZUMKELLER u. a., 2011) oft für Städte beschrieben wird, ist aus Sicht der Akteure nicht erkennbar. Um mobil zu sein, ist der Führerschein eine zwingende Voraussetzung. Der ÖPNV ist in den UG keine attraktive Alternative. Das im Bereich der Elektromobilität vermutete Hindernis der zu kurzen Reichweite der Pkw ist überwiegend psychologischer Natur. Die in ländlichen Regionen zurückgelegten Tageskilometer (Ø unter 50 km/d (DLR, 2008)) liegen meist weit unter den Reichweiten der Elektroautos (zw. 100-150 km (ADAC, 2014)).

Vom Standpunkt der WVV Akteure aus erschweren die immer größer werdenden Strukturen die ehrenamtliche Arbeit. Für sie sind Ämterzusammenlegungen und Gemeindefusionen nicht zielführend. Ebenfalls INT12 (Gemeindevertreter) sieht bei weiteren Gemeindefusionen das Problem der fehlenden Ansprechpartner vor Ort. Überein-

stimmend sind aus Perspektive der Gemeindevertreter IKZ (Interkommunale Zusammenarbeiten) zu begrüßen. Gerade im Bereich der Feuerwehr sind sie unverzichtbar. Aus Sicht der Literatur greift eine Zusammenarbeit alleine im Bereich der Feuerwehr bei weitem zu kurz. Möglichst sollten weitere, umfangreichere Kooperationen angeschoben werden (Vgl. ARL, 2006; BLE, 2012). Zeugnis dafür, dass hierfür bereits ein Bewusstsein besteht, ist die Zusammenarbeit im Projekt „Multiple Häuser“ im UG 1 (siehe Multiples Haus, o. J.).

Ein Interviewpartner sieht in der Einführung einer Pkw-Maut eine Möglichkeit, Finanzmittel zu akquirieren, um zumindest die Straßeninfrastruktur zu erhalten. Ein weiterer Akteur setzt sich für bezahlbare Energie ein.

Vergleicht man nochmal Städte und Landgemeinden so bleibt festzuhalten, dass erstere insgesamt innovativer und fachkundiger wirken. Ihr Vorteil ist ebenfalls, dass sie über eine hauptamtliche Verwaltung verfügen. Die folgende Meinung eines Wirtschaftsvertreters spricht für die Investitionsschwierigkeiten.

„... speziell hier im ländlichen Bereich haben wir eigentlich das Problem irgendwas neues zu organisieren oder an zuschieben.“ [L17/Int13]

Weitere Chancen für den ländlichen Raum sehen die Akteure vorwiegend in der schönen Natur, verbunden mit der Ruhe als Erholungs- und Tourismusraum. Dies soll dazu genutzt werden, um Senioren für einen Lebensabend im ländlichen Raum zu begeistern. Zweimal werden die flexiblen und unkonventionellen Verwaltungsabläufe auf Ebene der Gemeinde als Chance gesehen. Ein Akteur sieht die Nähe zu Polen und zur Metropolregion Stettin als Vorteil (UG 1).

Kapitelzusammenfassung

Um Mobilitätsvoraussetzungen und -bedürfnisse, lokale Entwicklungsmöglichkeiten und Trends sowie deren Chancen und Hindernisse für positive Veränderungen zu erfassen, konnten aus Experteninterviews wichtige Erkenntnisse gewonnen werden. Insgesamt dominiert bei den Akteuren ein positives und dynamisches Bild der Region. Andererseits sind die Akteure sich bewusst, dass „ihre“ Region große strukturelle Probleme besitzt. In den Städten sind diese Probleme etwas geringer ausgeprägt als in den übrigen Gemeinden. Für die Zukunft wird mit einer weiteren Verschlechterung der infrastrukturellen, ökonomischen und demographischen Situation gerechnet. Hierzu zählt die Ausdünnung der Angebote der Daseinsvorsorge, aber auch abnehmende Angebote der administrativen Ebene oder die steigenden Kosten für die individuelle Mobilität. Problematisch wird dies, weil gerade für die individuelle Mobilität ein hohes Bedürfnis, mit eher zunehmender Tendenz, vorherrscht. Der MIV bildet die Grundlage für die Teilhabe am gesellschaftlichen Leben, auch weil der ÖPNV keine attraktive Alternative darstellt.

Aus der Analyse der Interviews konnten zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung der Situation abgeleitet werden. Mehrere Akteure sehen so auch in den alternativen Antriebstechnologien, im Speziellen in der Elektromobilität, eine Chance für positive Entwicklungen. Derzeit spielen Fahrzeuge mit alternativen Antriebsformen jedoch noch fast keine Rolle im täglichen Erscheinungsbild. Lediglich Pedelecs werden als neue Antriebsformen wahrgenommen. Für die zukünftige Marktdurchdringung der E-Mobilität im Pkw-Segment sind die finanziellen Rahmenbedingungen der Kommunen und Haushalte derzeit nicht gegeben. Diese Restriktion steht noch vor den infrastrukturellen und psychologischen Hürden einer Veränderung entgegen.

5 Modularisierung und Modellbildung der verkehrsräumlichen Parameter

Die Auswertung der Experteninterviews hat die große Bedeutung der individuellen Mobilität in den ländlichen Räumen bestätigt. Ebenfalls existiert bereits ein Bewusstsein für mögliche weitere Steigerungen der Mobilitätskosten in den nächsten Jahren.

In diesem Kapitel soll das Mobilitätsmodell helfen, die Fragen des zweiten Forschungskomplexes zu beantworten. Dazu werden die Parameter der Kosten für Mobilität und die durch Mobilität erzielten ökonomischen und ökologischen Effekte besonders betrachtet.

5.1 Modellbeschreibung

5.1.1 Modul Demographie

Wie in Abschnitt 2.1.1 dargestellt besitzt die Bevölkerung einen direkten Zusammenhang auf die Verkehrsleistung und daher eine besondere Bedeutung für die Beantwortung der Forschungskomplexe. Um eigene Berechnungen im Bereich Mobilität anstellen zu können, ist es daher erforderlich, eine eigene Bevölkerungsfortschreibung zu erstellen. Diese muss nach Geschlecht und Alter untergliedert sein. Ebenfalls muss für jede Gemeinde eine eigene Berechnung erfolgen. Nach Birg (2005, S. 49) würden diese Berechnungen als Modellrechnung eingestuft werden. Dies ist dem Zweck angemessen.

Ziel ist es aufzuzeigen, wie die Anzahl und Struktur der Bevölkerung mittelfristig aussehen kann. Dazu werden auf Gemeindeebene kleinräumige Bevölkerungsrechnungen erstellt. Alle Annahmen über Geburten, Sterbefälle sowie Zu- und Fortzüge sind gebietsbezogen.

Für alle Gemeinden werden die erforderlichen Daten des Bevölkerungsstandes zum Gebietsstand 31.12.2010 vom statistischen Amt Mecklenburg-Vorpommern (Statamv, 2013) erhoben und veröffentlicht. Für die Jahresangaben bei den Daten der Bevölkerungsvorausberechnung ist Folgendes zu beachten: Basisdaten der Berechnung sind die Jahre 2005-2010. Der Prognosehorizont reicht bis 2030. Somit stellen die Daten für die Jahre 2005-2010 Bestandsdaten dar. Die Werte für die Jahre nach 2010 sind Vorausberechnungen. Für die Vorausberechnung werden die natürlichen Entwicklungen (Geburten- und Sterbefälle) und die Wanderungssalden (Zu- und Fortzüge) der Jahre 2005-2010 berücksichtigt und nach der Komponenten-Methode fortgeschrieben.

Die Kohorten-Komponenten-Methode gilt als die Standardmethode für Bevölkerungsfortschreibungen und ist bereits seit Jahren erprobt (siehe Irwin, 1977, S. 57-81). Durch Geburten (G), Sterbefälle (S) und Wanderungen (Zuzüge (Z) sowie Fortzüge (F)) in einem Kalenderjahr (t) ändert sich die Bevölkerung (B) gegenüber dem Vorjahr (B_{t-1}). Diese verschiedenen Komponenten (G, S, Z, F) werden für jede Gemeinde in Mecklenburg-Vorpommern nach Alter (in Kohorten) und nach Geschlecht getrennt erhoben. Die Fortschreibung in die Zukunft erfolgt durch das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten (Scholz u.a., 2008, S. 6). Abbildung 5.1 zeigt schematisch

den hintereinandergeschalteten Ablauf. Mathematisch beschreibt die Bevölkerungsbilanzgleichung oder auch demographische Grundgleichung (Gl. 5.1 und SCHOLZ u. a., 2008, S. 6) den Prozess.

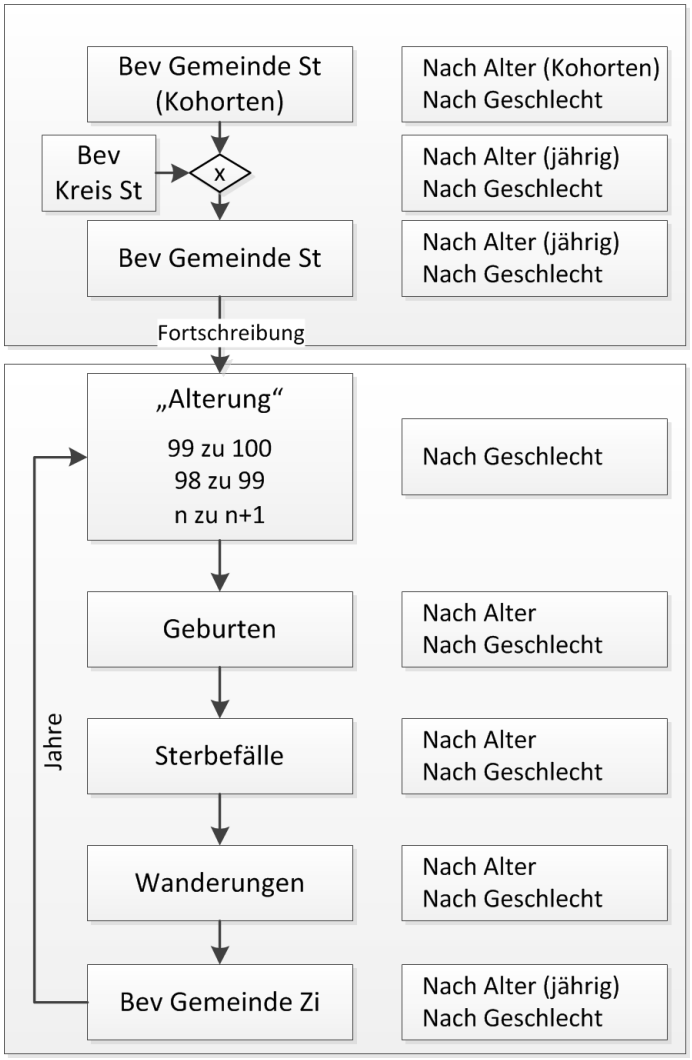


Abbildung 5.1: Schematischer Ablauf der Bevölkerungsberechnung

$$B_t = B_{t-1} + G_t - S_t + (Z_t - F_t) \tag{5.1}$$

Für alle Gemeinden werden die Komponenten G, Z und F vergangenheitsbezogen beim Onlineauftritt des Statistischen Amtes des Bundeslandes Mecklenburg-Vorpommern separat erhoben (STATA MV, 2013). Aufgrund der Kleinteiligkeit ist die Bevölkerung auf Gemeindeebene lediglich in Kohorten ausgegeben. Um jährige Altersangaben zu erhalten, werden die Alterskohorten der Gemeindedaten mit den jährigen Altersangaben

des jeweiligen Landkreises (bis 85 Jahre) beziehungsweise des Landes Mecklenburg-Vorpommern (86-90 Jahre) ins Verhältnis gesetzt. Über 90 Jahre wird vereinfacht ein linearer Abfall der Anzahl der lebenden Personen angenommen. Aus Berechnungsgründen wird als Obergrenze ein Maximalalter von 100 Jahren angenommen. Alle real lebenden Personen über 100 Jahre werden in der Berechnung also als 100-jährige gezählt. Anschließend liegt eine synthetische Bevölkerung der betrachteten Gemeinden für jedes Alter nach Geschlecht zum Basisjahr 2010 vor.

Für die Fortschreibung („Alterung") wird anschließend die Anzahl der Geburten ermittelt. Hierzu wird für jedes Fortschreibungsjahr eine gaußverteilte Zufallszahl aus dem Bereich zwischen dem zweitgrößten und dem zweitkleinsten Wert der Lebendgeborenen aus den Jahren 2005 bis 2010 gezogen. Auf die Maximalwerte wird verzichtet um eventuelle Ausreißer in den Basisdaten nicht überzubewerten. Zusätzlich wird die gezogene Zufallszahl mit dem Verhältnis aus Frauen im gebärfähigen Alter (15 bis 49 Jahre) im Vorjahr und Frauen im gebärfähigen Alter im Fortschreibungsjahr multipliziert. Dies garantiert, dass die Änderung in der Bevölkerungsstruktur berücksichtigt wird.

Die Sterbefälle hingegen werden über die amtliche Sterbetafel Deutschlands (DESTATIS, 2012) abgebildet. Die Sterbetafel listet die geschlechts- und altersabhängigen Sterbe- und Überlebenswahrscheinlichkeiten für jedes Alter von ein bis 100 Jahren auf. Die Multiplikation der Anzahl an Personen mit der Überlebenswahrscheinlichkeit ergibt die fortgeschriebene Anzahl an Männern und Frauen.

Bei den Wanderungen wird eine ähnliche Berechnung wie bei den Geburten durchgeführt. Die Daten der Zu- und Fortzüge der jeweiligen Gemeinde sind nach Geschlecht und Alter in sechs Altersgliederungen über die Jahre 2005 bis 2010 bekannt (siehe STATA MV, 2013). Für jede dieser sechs Altersklassen wird wieder eine gaußverteilte Zufallszahl aus dem Bereich zwischen dem zweitgrößten und dem zweitkleinsten Wert gezogen. Dieser für jede Altersklasse gezogene Wert wird anteilsmäßig auf die jährigen Altersdaten aufgeteilt. In den Interviews wurden vor allem bei den Zuzügen lokale Handlungsmöglichkeiten identifiziert. Daher wird hier ein aus den Interviews gewonnener Faktor multipliziert. Für alle sechs Städte liegt der Faktor bei 1,0714 und für alle anderen Gemeinden bei 1,0397. Die Herleitung ist in Abschnitt 5.1.8 beschrieben.

Das Ergebnis ist die Fortschreibung der Bevölkerung nach Alter (jährig) und Geschlecht in das nächste Jahr. Dieser Vorgang kann nun theoretisch für beliebig viele Jahre wiederholt werden. Zu Beachten bleibt jedoch der in Abschnitt 2.1.7 erwähnte „butterfly effect", der die Zunahme der Prognoseunsicherheit, je weiter der Betrachtungszeitraum in der Zukunft liegt, zum Ausdruck bringt. Ebenfalls kann die Rückführung in die Altersklassen, wie sie vom Landesamt erhoben wurden, erfolgen.

Für zahlreiche Planungen und Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Sozialwesen sind die Zahlen der privaten Haushalte von Bedeutung. Als Basis für die Berechnung der privaten Haushalte (HH) im Ausgangsjahr (t0) sowie für deren Entwicklung, dienen

die Daten der eigenen Bevölkerungsaufgliederung und -vorausberechnung der einzelnen Gemeinden (siehe 5.1.1). Die Aufgliederung der Haushalte nach Haushaltszusammensetzung erfolgt nach statistischen Verteilungen (Quoten) in fünf Haushaltsgrößen. Dabei repräsentiert die größte Haushaltsgröße alle Haushalte, die fünf und mehr Mitglieder besitzen. Der Berechnungszeitraum erstreckt sich verständlicherweise über den selben Zeitraum wie für die Bevölkerungsberechnung.

Die voraussichtliche Entwicklung der privaten Haushalte erfolgt ausgehend von den Haushalts- und Familienstatistiken des Statistischen Bundesamtes (DESTATIS, 2011) und des Statistischen Amtes Mecklenburg-Vorpommern (STATA MV, 2011) aus dem Jahr 2010. Von hier an wird die Verteilung der alters- und geschlechtsspezifischen Bevölkerung auf die Haushaltsverteilung über den gesamten Fortschreibungszeitraum konstant gehalten. Demnach wird angenommen, dass sich die Haushaltsbildungsprozesse in Zukunft nicht ändern werden. Einfluss hat dementsprechend nur die demographische Entwicklung. Das heißt, die Entwicklung der Haushalte unterliegt allein der Anzahl der Bevölkerung und deren altersspezifischer Verteilung. Ein ähnliches Verfahren wurde bei einer Modellrechnung für den Freistaat Sachsen angewandt (siehe dazu STALA SN, 2012). Veranschaulicht wird das Vorgehen in Abbildung 5.2.

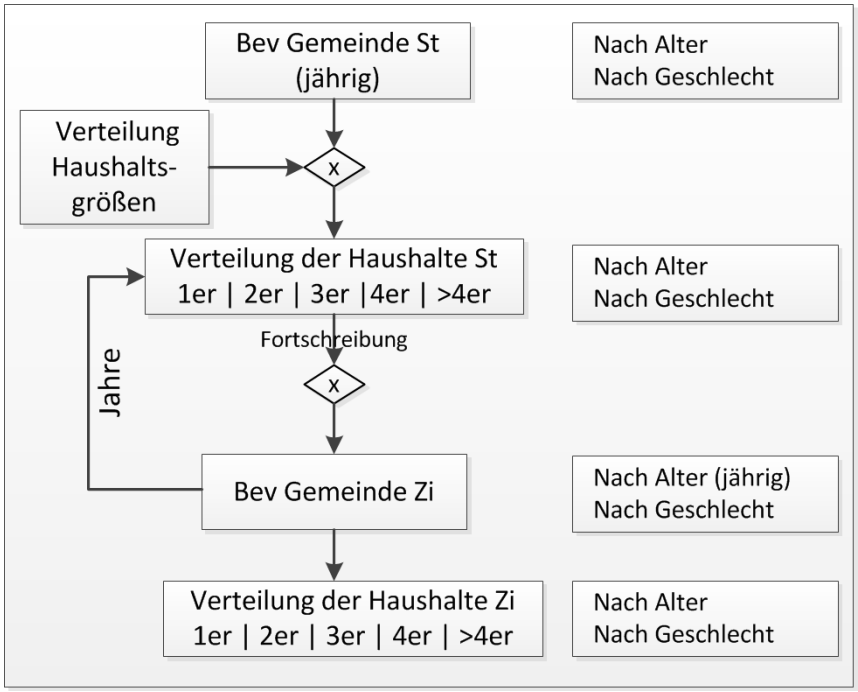


Abbildung 5.2: Schematischer Ablauf der Haushaltsberechnung

5.1.2 Modul Finanzen

Das Einkommen der privaten Haushalte ist neben dem Bruttoinlandsprodukt (BIP) einer der wichtigsten Indikatoren zur Beschreibung der wirtschaftlichen Situation und zum Wohlstand einer Region. Darüber hinaus spielt das Einkommen bei Investitionsentscheidungen und Konsumverhalten eine große Rolle. Oftmals wird das Nettoeinkommen synonym mit der Kaufkraft einer Region verwendet. Großteils sind die Konsumausgaben der privaten Haushalte Ausgaben zur Befriedigung der Daseinsgrundfunktionen. Die Differenz aus Konsumausgaben und Nettoeinkommen entspricht jedoch nicht der Sparquote, da noch Ausgaben, beispielsweise für Kredittilgungen und Versicherungen, abgehen können.

Ausgehend von der Berechnung der Haushalte (HH) zum Basisjahr (t0) werden die Einkommen (E) und Ausgaben (A) der einzelnen Gemeinden ermittelt. Als Grundlage dienen Durchschnittsbeträge je Haushalt und Monat, die vom Statistischen Bundesamt für die *„Neuen Länder“* veröffentlicht werden. Konkret werden die durchschnittlichen Nettoeinkommen (NE), Bruttoeinkommen (BE) und Konsumausgaben (KA) je Haushaltsgröße mit der jeweiligen Anzahl an vorhandenen Haushalten multipliziert. Dazu ist Beispielhaft für das Nettoeinkommen Gleichung 5.2 aufgeführt. Zusätzlich ist der Ablauf der Berechnung in Abbildung 5.3 dargestellt.

$$NE_{Region} = HH_{t0} * NE_{t0} \tag{5.2}$$

Für die Fortschreibung wird angenommen, dass mit jedem Jahr der Fortschreibung sich das durchschnittliche Nettoeinkommen verändert. Die jährliche Änderung ist aus einer Publikation des Instituts für Mobilitätsforschung (Kunert u. a., 2008b, S. 61) entnommen und zudem altersabhängig gegliedert. Die Spannweite liegt zwischen + 0,82 % und + 3,63 %, der Gesamtwert bei + 1,63 %. Zusätzlich wurden diese Werte mit anderen Prognosen verglichen (siehe Abb. 5.1). Die verwendeten Werte von Kunert u. a. (2008b, S. 61) liegen dabei im mittleren Bereich.

Dieses dann neu errechnete durchschnittliche Nettoeinkommen wird mit den für das fortgeschriebene Jahr berechneten Haushalten multipliziert (Gl. 5.3). Danach wird vereinfacht das Verhältnis von Bruttoeinkommen zu Nettoeinkommen (V_{BN}) sowie Konsumausgaben zu Nettoeinkommen (V_{KN}) aus dem Basisjahr konstant gehalten, so dass auch dieses für die jeweiligen Jahre vorliegt (siehe Gl. 5.4 und 5.5).
Neue Nettoeinkommen:

$$NE_{tn} = HH_{tn} * NE_{tn} \tag{5.3}$$

Neue Bruttoeinkommen:

$$BE_{tn} = NE_{tn} * V_{BN} \tag{5.4}$$

Neue Konsumausgaben:

$$KA_{tn} = NE_{tn} * V_{KN} \tag{5.5}$$

Tabelle 5.1: Verschiedene Quellen und Annahmen über die jährliche Entwicklung von Einkommen

Studie oder Autor	Entwicklung in %
Kunert u. a. (2008b)	0,82 - 3,63 %
Oeltze u. a. (2006)	1,4 - 1,7 %
Shell Deutschland Oil GmbH (Shell, 2009)	1,2 %
Shell Deutschland Oil GmbH (Shell, 2014)	1,3 - 1,5 %
Bäumer und Reutter (2005)	1,0 - 2,0 %
Institut für Mobilitätsforschung (ifmo, 2010)	0,0 - 1,5 %
Schaffnit-Chatterjee (2007)	1,0 - 2,0 %
BMG (2003)	1,4 - 1,8 %
DEKRA und IFA (DEKRA; IFA 2008)	2,0 %

5.1.3 Modul Pkw-Markt

Ausgangspunkt für die Berechnung der Anzahl und Marktentwicklung der Pkw ist die Entwicklung der Führerscheine (Fu). Die Berechnung der Anzahl der Führerscheine erfolgt für jede Gemeinde. Die Berechnung dient später zur Ermittlung der Pkw in den Gemeinden. Deren Ablauf ist schematisch in Abbildung 5.4 dargestellt. Basis der Berechnung bildet die Webanwendung zur Auswertung der Erhebung „Mobilität in Deutschland 2008“ (siehe DLR, 2008). Hier konnten für verschiedene Bevölkerungskohorten und Geschlecht die Verteilung des Führerscheinbesitzes (Führerscheinbesitzquote (FuQ_t)) ermittelt werden. Diese Verteilung wurde als Basis auf die Startbevölkerung (B_{t0}) 2010 angenommen. Die Gleichung 5.6 zeigt die Herleitung der Startbedingungen.

$$Fu_t = B_t * FuQ_t \tag{5.6}$$

Für die Fortschreibung wurden die Führerscheinbesitzquoten „gealtert“. Eine Person, die mit 18 Jahren einen Führerschein erwirbt, besitzt diesen in der Regel auch im Folgejahr. Aus diesem Grund wurde ähnlich wie bei der Fortschreibung der Bevölkerung die Quote der Führerscheine immer um ein Fortschreibungsjahr verschoben. Die neue Quote wurde darauf folgend auf die dann dortige Bevölkerungsstruktur angewandt.

Anschließend müssen neue Führerscheine implementiert und zum Teil einige gelöscht werden. Dies geschieht, indem neue Führerscheinbesitzquoten ermittelt (FuQ_{tn}) werden. So wird die Anzahl der Personen, die im Alter von 18 Jahren einen Führerschein erwerben, aus der Quote des Startjahres abgeleitet. Da ebenfalls die über 18-jährigen einen Führerschein machen können, wird angenommen, dass 1 % eines jeden Jahrgangs zwischen 19 und 60 Jahren wiederum den Führerschein erwerben. Maximal besitzen jedoch 95 % eines Jahrgangs einen Führerschein. Dieser Wert wird als Höchstgrenze angenommen, da der Maximalwert aus den MiT-Daten 95,8 % (DLR, 2008) beträgt.

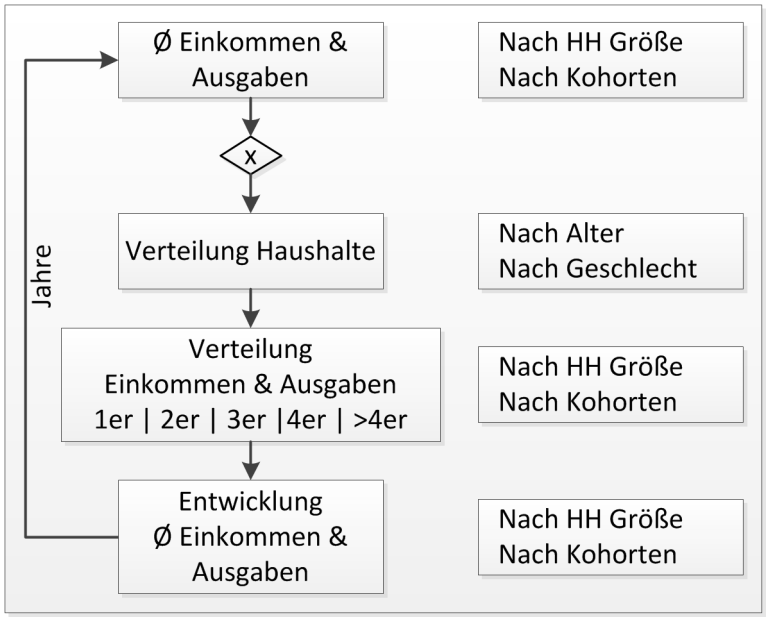


Abbildung 5.3: Schematischer Ablauf der Einkommens- und Ausgabenberechnung

Da in der Expertenbefragung ein Bedeutungsverlust des eigenen Autos zurückgewiesen wurde, wird dieser Wert konstant gehalten. Für die Personengruppe im Alter von 70 bis 100 Jahren wird zusätzlich angenommen, dass 0,25 % jeden Alters ihren Führerschein freiwillig wieder abgibt.

Nachdem alle Quoten für jedes Alter und Geschlecht bestimmt wurden, können diese mit der Bevölkerung im jeweiligen Fortschreibungsjahr multipliziert werden.
Führerscheinfortschreibung:

$$Fu_{tn} = FuQ_{tn} * B_{tn} \tag{5.7}$$

Anschließend müssen die konkreten Fallzahlen an Pkw und Krafträdern je Antriebsstrang oder Energiequelle fortgeschrieben werden. Als Basis wurde über das Presseportal des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) der Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden (FZ 3, KBA,2011B) am Start (01.01.2011) ermittelt. Im Anschluss wurden über das Verhältnis der Führerscheine zu Pkw am Start der Betrachtung die Fallzahlen der nachfolgenden Jahre errechnet. Neben den privat genutzten Pkw weisen die Daten ebenfalls die gewerblich genutzten Pkw und die Krafträder aus. Für die Entwicklung des gesamten Bestandes im MIV wird das Verhältnis aus privaten zu gewerblichen Haltergruppen und von privaten Pkw zu Krafträdern konstant gelassen. Aus diesen Daten ist die Antriebsart noch nicht ersichtlich. Um zusätzlich die Antriebsart für das Basisjahr zu berechnen, wird angenommen, dass in der Gemeinde der gleiche Mix wie im Bundesland Mecklenburg-Vorpommern vorherrscht. Diese Daten

können ebenfalls über die Internetseite des KBA unter „Bestand von Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen“ (KBA,2011A) bezogen werden.

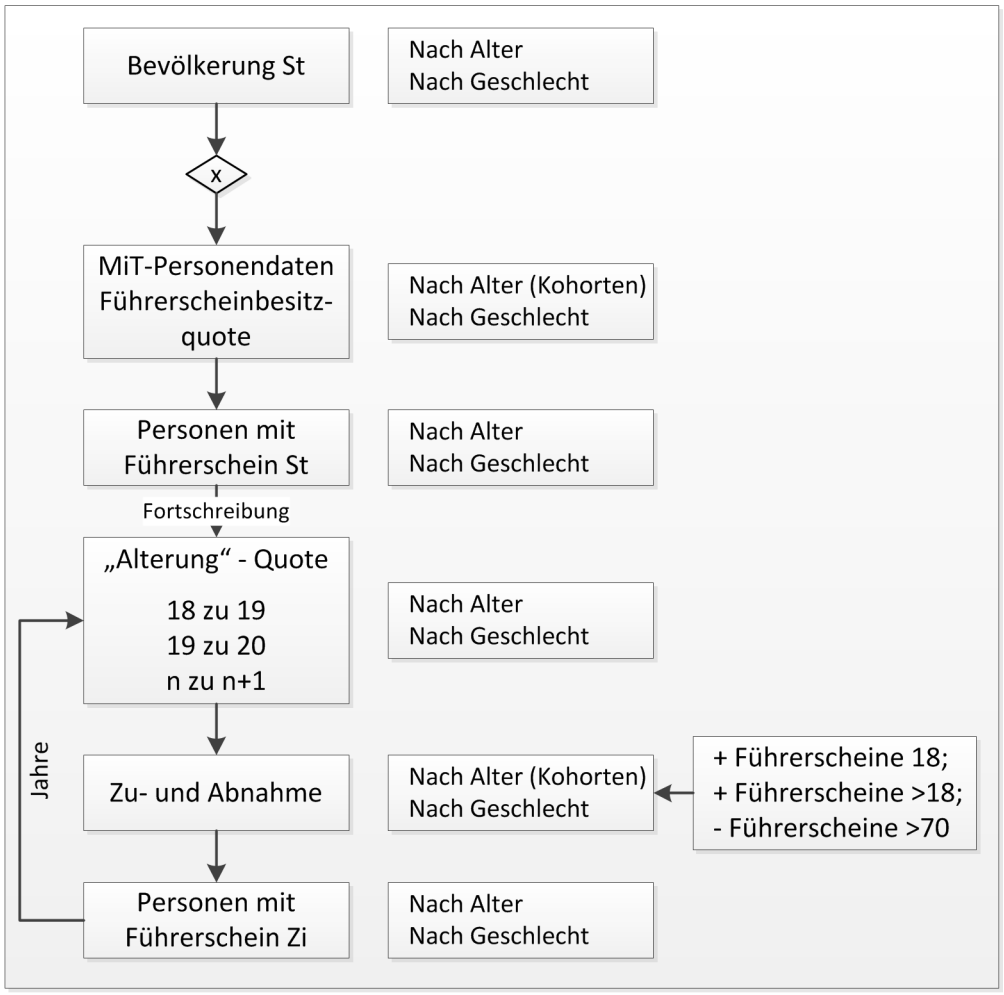


Abbildung 5.4: Schematischer Ablauf der Führerscheinberechnung

Im MIV sind größere mittelfristige Vorhersageunsicherheiten im Bereich der Antriebstechniken zu erwarten (siehe IFMO, 2010). Um diesen Unsicherheiten Rechnung zu tragen, werden für die Pkw-Marktentwicklung drei Szenarien aufgestellt, die den möglichen Antriebs- und Kraftstoffmix verkörpern. Ziel ist es, im Anschluss für jedes der Szenarien den Kraftstoffverbrauch, die CO_2-Emissionen sowie die ökonomischen Auswirkungen zu prognostizieren.

In Szenario eins - *„Stagnation“* (StS) - bleiben die prozentualen Verteilungen der einzelnen Antriebsstränge wie im Ausgangsjahr bestehen. Zwei weitere Szenarien begründen sich auf einen starken bzw. sehr starken ansteigenden Anteil alternativer Antriebe, nicht nur der Elektroantriebe. Bereits das zweite Szenario - *„Mobilitätswende“*

(MoS) - geht von umfassenden Veränderungen im Antriebsmix aus. Die Grundlage bilden Annahmen über die Marktdurchdringung alternativer Antriebe. Als drittes wird ein *„Extremes Szenario“* (ExS) gewählt. Hier liegt die Marktdurchdringung der alternativen Antriebstechnologien bei einem schwer zu erreichenden Niveau. Dieses Szenario setzt massive Brüche sowohl gesellschaftspolitischer Rahmenbedingungen als auch im Verbraucherverhalten voraus. Für die drei Szenarien selbst werden keine Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet oder angegeben. Die Szenarien decken viel mehr eine große Spannbreite der möglichen Entwicklung ab, die es erlaubt, die verschiedenen Auswirkungen zu untersuchen. Tabelle 5.2 stellt die vorgegebenen Marktpotenziale (M) der alternativen Antriebsarten im Jahr 2020 und 2030 für die Szenarien MoS und ExS dar. Die angenommene Anzahl bezieht sich auf MV. Im Modell wird der prozentuale Anteil auf jede Untersuchungsgemeinde angewendet. Für die Herleitung von M wurden aus diversen Literaturquellen von Forschungseinrichtungen und Unternehmensberatungen Aussagen zur möglichen Marktdurchdringung verschiedener Antriebstechnologien gewonnen (siehe Die Bundesregierung, 2009; Dudenhöffer und Pietron, 2010; Stiller u. a., 2010). Darüber hinaus wurden Aussagen von Dudenhöffer u. a. (2013, S. 60 ff.); Gnann und Plötz (2011); Valentine-Urbschat und Bernhart (2008); Shell Deutschland Oil GmbH (Shell, 2014, Shell, 2009) genutzt. Aus diesen Quellen wurden die Zielgrößen als theoretisches Marktpotenzial für die betrachteten alternativen Antriebsarten für die Szenarien zwei und drei ermittelt. Beispielsweise sollen im Jahr 2020 nach offiziellen Vorstellungen der Bundesregierung eine Million Elektroautos auf Deutschlands Straßen rollen (Die Bundesregierung, 2009, S. 2). Dies entspricht einem Anteil von etwa 2,4 % bezogen auf das Jahr 2010. Der Anteil Mecklenburg-Vorpommerns läge damit bei über 19.000 Pkw. Real waren es 2010 jedoch lediglich 13 EV. Für Erdgasfahrzeuge liegt die europäische Prognose laut Dudenhöffer und Pietron (2010, S. 36) bei 3,7 % in 2020. Diesen Prozentsatz für Mecklenburg-Vorpommern angenommen, bedeuten rund 30.200 Fahrzeuge im Jahr 2020 mit Erdgasantrieb. Der reale Werte für 2010 lag bei 1.088 Fahrzeugen. Eine Studie der Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (Stiller u. a., 2010, S. XIV) geht von einer Million weiterer LPG Fahrzeuge bis 2020 aus. Dieses entspricht einem Marktanteil von 3,35 %.

Zu den genannten Marktpotenzialen wird ein Faktor multipliziert, der aus den Interviews gewonnen wird. Dieser spiegelt eine lokale Komponente wider und beeinflusst das Marktpotenzial hinsichtlich der Dynamik und Fortschrittlichkeit der Region. Die Marktdurchdringung, also die Zielerreichung von M, der alternativen Antriebstechnologien in den Szenarien MoS und ExS wird jeweils mit einem Wachstumsmodell in die Simulation implementiert. Es ist zu erwarten, dass sich die alternativen Antriebe im gewerblichen Bereich schneller durchsetzen als im privaten Bereich. Da die UG jedoch nur wenige große Firmen besitzen und der Anteil der gewerblichen Pkw an den gesamten Pkw unter 5 % liegt, wird vereinfacht dieselbe Marktdurchdringung wie bei den privaten Pkw angenommen. Ähnliches gilt für die Krafträder. Auf Grund ihrer gerin-

Tabelle 5.2: Angenommenes Marktpotenzial (M) im Szenario Mobilitätswende und im Extremen Szenario für das Jahr 2020 und 2030

Szenario	Jahr	M	LPG	CNG	Elektro	Hybrid
MoS	2020	M in %	3,4	3,7	2,4	1,4
		Anzahl M	27.400	30.200	19.300	11.600
	2030	M in %	5,0	6,0	11,8	4,7
		Anzahl M	40.800	49.000	96.400	38.600
ExS	2020	M in %	5,7	10,0	12,0	20,0
		Anzahl M	46.600	81.600	97.900	163.200
	2030	M in %	9,0	15,0	18,9	35,0
		Anzahl M	73.400	122.400	154.300	285.600

gen Fallzahl von 3.312 Stück in beiden UG zusammen spielen sie eine untergeordnete Rolle und besitzen für die weiteren Berechnungen kaum Einfluss. Deshalb wird auch für sie vereinfacht eine ähnliche Entwicklung wie für die Pkw angenommen.

Als erstes wird ein stetiges Wachstum der verschiedenen alternativen Antriebstechnologien angenommen. Dies dient als Vergleichslauf für die weiteren Rechnungen. Für jedes Jahr wurden die zusätzlichen alternativen Pkw ermittelt. Nach Addition der alternativen Antriebstechnologien und Abzug dieser von der Gesamtanzahl an Pkw, wurde das Verhältnis von Benzin zu Diesel betriebenen Pkw aus dem Startjahr beibehalten. Ein lineares Modell hat natürlich erhebliche Schwächen, da so ein Marktverlauf nicht zu erwarten ist. Sollen auch die Jahre zwischen dem Start und dem Zieljahr betrachtet werden, müssen andere Modelle die Marktdurchdringung beschreiben.

Bei einer Auswertung historischer Daten von mehreren erfolgreichen Technologiediffusionen ist jeweils ein S-förmiger Verlauf sichtbar (siehe Abb. 5.5 und Vanston und Hodges, 2004, S. 33 f.). Harthan u. a. (2011, S. 37-39) beschreiben, *„...auf eine Phase der Nischenanwendung nach Beginn der Markteinführung folgt eine Phase der zunehmenden Marktdurchdringung, bevor sich Wachstum wieder abschwächt und die Technologie ihr Sättigungsniveau - also das Marktpotenzial - erreicht.“*.

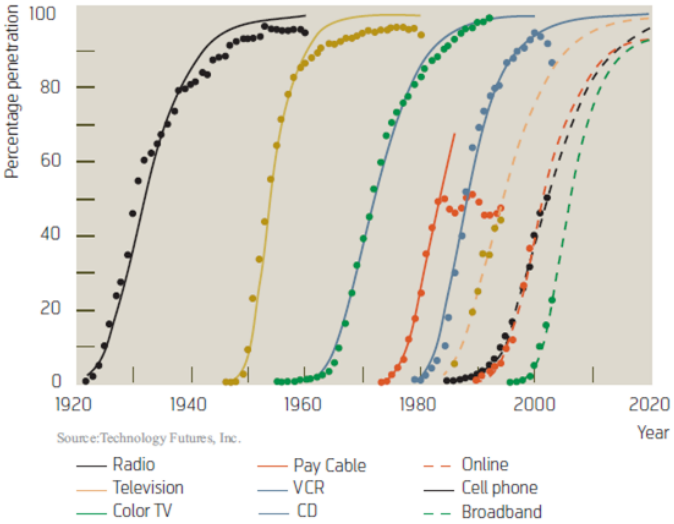


Abbildung 5.5: Muster von Marktentwicklungen diverser Technologien und deren Simulation nach Gompertz
Quelle: Vanston und Hodges (2004)

Da die nachfolgende Gompertz-Gleichung (siehe Gl. 5.8) ein S-förmiges Wachstum beschreibt, wird diese in der Studie bei Harthan u. a. (2011) und ebenfalls in der vorliegenden Arbeit genutzt, um die alternativen Antriebstechnologien zu implementieren. Ursprünglich wurden solche Wachstumsmodelle für die Entwicklung biologischer Prozesse verwendet. Auf Grund ihrer Eignung kommen sie häufig ebenfalls als Prognosemodell im Automobilsektor zur Anwendung.

$$f(t) = M * e^{-a*e^{-b*t}} \tag{5.8}$$

Die Variable M stellt, wie bereits erwähnt, das theoretische Marktpotenzial dar. Die Variable a ist der Regressionsfaktor und b die Wachstumsrate. Der Parameter t beschreibt die Zeit nach dem Markteintritt. Die Vorgaben für M sind dieselben, wie bei dem stetigen Wachstum (siehe Tab. 5.2).

5.1.4 Modul Mobilität

Die Berechnungen der zurückgelegten Strecke (S), als Kilometer je Gemeinde, stützen sich vorrangig auf zwei Datenquellen. Zum Ersten aus der eigenen Rechnung zur Bevölkerungsstruktur der Gemeinde (siehe Abs. 5.1.1), zum Zweiten erneut aus Mobilitätsdaten des MiT 2008 Onlinetools (DLR, 2008). Diese Daten geben die statistischen Verteilungen einer bestimmten Kohorte an, mit der sie Anzahl, Zweck und Entfernung ihrer täglichen Wege, unterschieden nach Verkehrsmittel, zurücklegen. Zusätzlich werden die durchschnittlichen Kilometer, die ein Auto je Antriebsart zurücklegt nach Einwohnerdichten unterschieden. Bei dem Datensatz wird in verschiedene Raumkategorien unterteilt. Für diese Arbeit wurden die Kategorien ländliche Räume geringerer Dichte und ländliche Räume höherer Dichte benutzt. Es wird demnach Rechnung getragen, dass Aktivitätsmuster und somit Mobilität in unterschiedlichen Räumen verschieden sind und Änderungen unterliegen.

Aus dem MiT Datensatz gehen ein:

1. Die durchschnittliche Anzahl an Wegen (W) pro Tag.
   Aufgeteilt nach Geschlecht, Alterskohorten und Gemeindegrößen

2. Der durchschnittliche Anteil des Hauptzwecks des Weges (H) pro Verkehrsmittel.
   Aufgeteilt nach Gemeindegrößen

3. Die durchschnittliche Verteilung (in %) der Verkehrsmittel (Vm) zu Fuß, Fahrrad, MIV-Mitfahrer, MIV und ÖPNV über alle Wege.
   Aufgeteilt nach Geschlecht, Alterskohorten und Gemeindegrößen

4. Die durchschnittlichen km pro Weg der jeweiligen Verkehrsmittel (km_{WVm}).
   Aufgeteilt nach Alterskohorten und Gemeindegröße

Die Gleichung 5.9 zeigt, wie die Strecke der täglich von einem Bewohner zurückgelegten Wege errechnet wird.

$$S_{Gesamt} = \frac{W * km_{WVm}}{Vm * H} \tag{5.9}$$

Bei den Krad ist die Datenlage schwieriger. Nach Internetrecherche und Analyse von Forenbeiträgen wird die Anzahl der Kilometer über alle Jahre und Antriebskonzepte konstant bei 3.000 km belassen. Die Zahl erscheint für den überwiegend in der warmen Jahreszeit stattfindenden Verkehr realistisch.

Nachdem das Ausgangsjahr errechnet ist, erfolgt die Fortschreibung. Es wird ein einziges Szenario für die künftige Entwicklung der Mobilitätsaktivitäten bis zum Jahr 2030 entwickelt. Bei den Verkehrsmitteln zu Fuß, Fahrrad, ÖPV und MIV_{Pa} wird nicht von einer Veränderung des Aktivitätsmusters der einzelnen Alterskohorten ausgegangen (siehe Abb. 5.6. linke Seite). Das bedeutet, dass Änderungen der in einer Gemeinde insgesamt zurückgelegten Kilometer nur über die Altersstruktur abgebildet werden. Anders ist dies bei dem MIV (Abb. 5.6, rechte Seite). Hier ändern sich die gefahrenen Kilometer über die Anzahl an Pkw der einzelnen Antriebsarten in den Gemeinden. Doch auch hier wird die anfängliche durchschnittliche Kilometerleistung je Antriebstechnologie konstant gehalten. Angesichts eines zu erwartenden steigenden Mobilitätsverhaltens innerhalb von Altersgruppen (siehe BMVI, 2014B, S. 231; KUNERT u. a., 2008a, S. 36) können diese Annahmen als pessimistisch betrachtet werden.

Grundsätzlich wäre auch hier eine Bandbreite an Szenarien denkbar. Die Entwicklung in der Vergangenheit hat aber gezeigt, dass Mobilitätsverhalten und Pkw-Fahrleistungen relativ stabile und konstante Größen darstellen (OELTZE u. a., 2006, S. 2).

5.1.5 Modul Kraftstoffe und Kraftstoffpreise

In diesem Modul werden sowohl der Kraftstoffverbrauch als auch die entstehenden Kosten betrachtet. Bei den Pkw-Kosten wird im Rahmen der Arbeit von Kraftstoffkosten ausgegangen. Alle anderen anfallenden Pkw-Kosten, wie beispielsweise Versicherungen, Steuern und Reparaturen, werden über den Prognosezeitraum konstant gehalten.

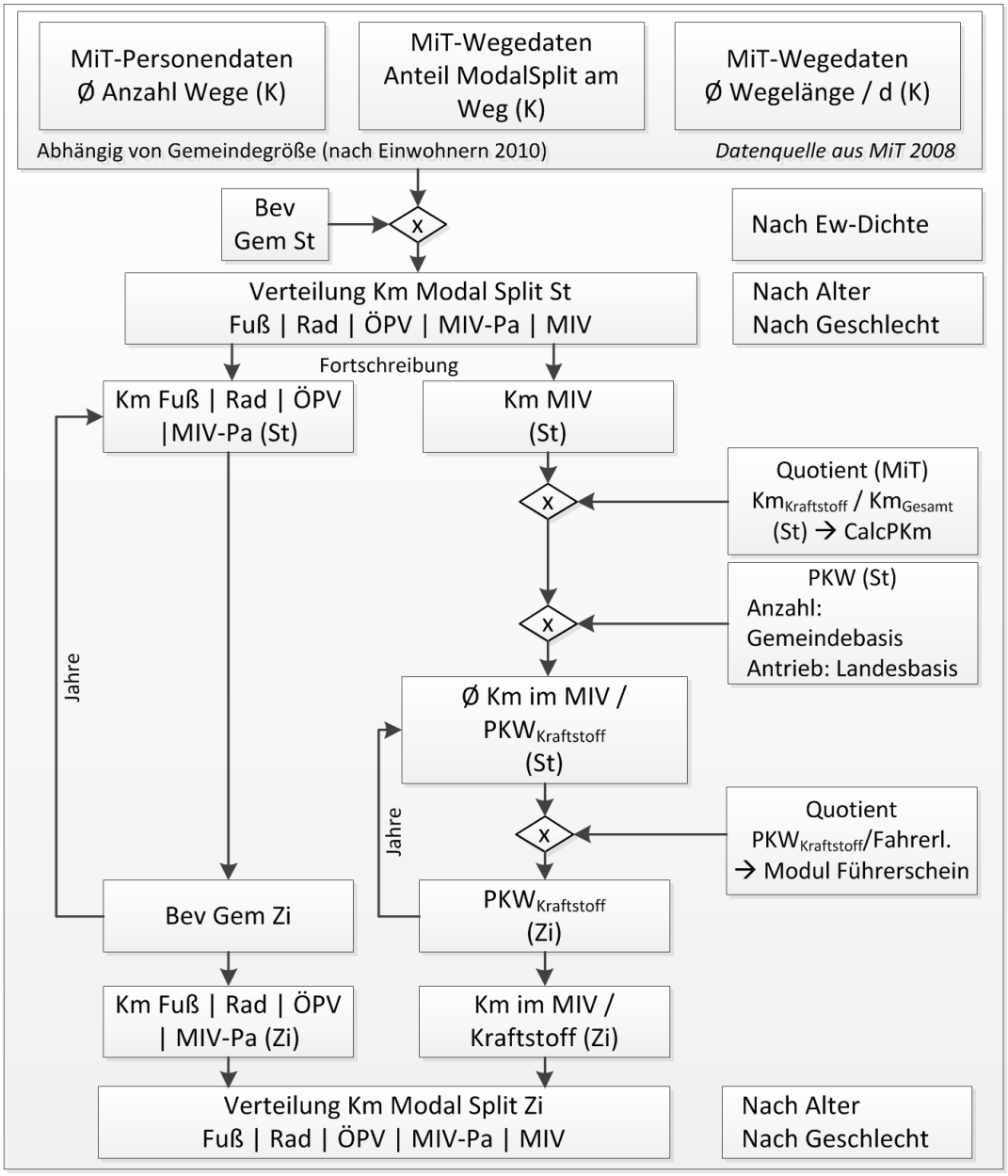


Abbildung 5.6: Schematischer Ablauf Modal Split

Der Kraftstoffverbrauch ist je nach Fahrzeugtyp und Klasse verschieden. Da jedoch keine Daten über diese beiden Parameter vorliegen, werden im Modell durchschnittliche Verbrauchsdaten aus dem MIT-Datensatz (DLR, 2008) verwendet. Für EV und CNG liegen keine verlässlichen Daten vor. Aus diesem Grund erfolgte eine Analyse von Testberichten über EV und CNG-Autos vom ADAC. Der MIT-Datensatz macht zu-

sätzlich eine Unterscheidung nach Regionstypen, also nach Einwohnerdichten, möglich. Die Unterscheidung in ländliche Räume höherer Dichte oder ländliche Räume geringerer Dichte erfolgt auf Grundlage des 100 EW/km² Kriteriums. Auf dieser Grundlage erfolgt ebenfalls die Unterscheidung bei den EV und CNG.

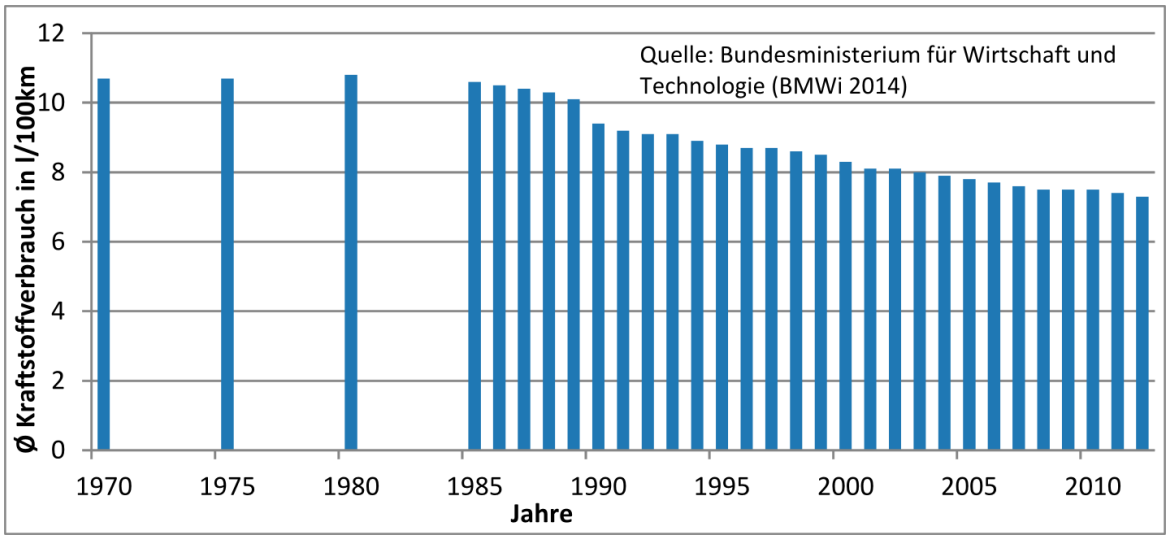


Abbildung 5.7: Entwicklung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs bei Pkw, Eigene Darstellung auf Datengrundlage des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi, 2014)

Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie des Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS, 2013) positioniert sich mit dem Ziel der Verringerung von Treibhausgasemissionen und des Kraftstoffverbrauchs. Ziel für den Verkehrssektor ist die Reduzierung des Endenergieverbrauchs bis 2020 um rund 10 % und bis 2050 um rund 40 % gegenüber 2005 (BMVBS, 2013, S. 6). Aus diesem Grund wird im Modell eine Minderung des durchschnittlichen Energieverbrauchs je Kilometer angenommen. Ähnlich wie in anderen Studien wird somit eine Effizienzsteigerung der Motoren eingerechnet. Diese ist abhängig von der Antriebsart. Bei den konventionellen Antrieben wird bis 2020 eine jährliche Reduktion des Verbrauchs von 1,5 % implementiert. Bei den bereits sehr effizienten EV wird eine etwas geringere Effizienzsteigerung von 1,2 % angenommen. Ab dem Jahr 2020 wird der Verbrauch konstant auf dem dann vorherrschenden Niveau gehalten. Diese Annahmen sind aus einer Studie des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung übernommen (Plötz u. a., 2013, S. 60 ff.). Diese Werte liegen geringfügig über dem langjährigen Mittel (seit 1970) der Effizienzsteigerungen bei Verbrennungsmotoren, welcher bei 1,3 % je Jahr (BMWi, 2014) liegt. Die Entwicklung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs bei Pkw ist in Abbildung 5.7 dargestellt.

Die Basisdaten für die Kraftstoffpreise stammen ebenfalls vom Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. (ADAC, 2014) und von E.ON SE (E.ON, o. J.). Diese geben einen jährlichen Durchschnittswert wider und sind vergangenheitsbezogen zu erhalten.

Die anschließende Fortschreibung der Kraftstoffpreise ergibt sich aus der Zeitreihenanalyse der Vergangenheit. Hierzu wurden die letzten zehn Jahre von 2000 bis 2010 betrachtet, in der die Umstellung von D-Mark zum Euro berücksichtigt wurde. Aus der Vergangenheit der Benzin- und Dieselkraftstoffpreise sowie der Preise für elektrischen Strom ist ersichtlich, dass die Preise relativ parallel verliefen und in den letzten Jahren die Benzinpreise immer über denen von Diesel lagen. Außerdem sind mit wenigen Ausnahmen die Kraftstoffpreise jährlich teurer geworden. Aus der Historie wird über folgende Gleichung die jährliche Entwicklungsrate (p) hergeleitet:

$$p = \left(\frac{Kosten_{tn}}{Kosten_{t0}}\right)^{\frac{1}{tn-1}} \tag{5.10}$$

Zusätzlich werden folgende Annahmen getroffen:
CNG und LPG erfahren die gleiche Preisentwicklung wie Benzin. Diese Annahme leitet sich daraus ab, dass LPG an den Spritpreis gebunden ist und zirka dem halben Spritpreis entspricht. Außerdem soll der Preis pro Liter Diesel immer wenigstens sieben Cent günstiger sein als für einen Liter Superbenzin. Die Steigerungsraten werden konstant in die Zukunft fortgeschrieben.

Des Weiteren wird eine Rechnung, bei der nur die Kosten für elektrischen Strom steigen und alle anderen Kraftstoffpreise stabil bleiben, erstellt. Die Strompreissteigerung erfolgt hier nach obigem Muster der Zeitreihenanalyse. Diese Entwicklung soll den neueren Trend widerspiegeln, welcher beispielsweise durch Hydraulic Fracturing - allgemein als Fracking bezeichnet - in Gang gesetzt werden kann. So sind in den letzten Jahren die Preise für Gas und Rohöl infolge von Fracking in den USA gesunken. Es wird jedoch erwartet, dass dies nur ein kurzfristiger Effekt ist und bereits zum Teil wieder vergangen ist (Habrich-Böcker u. a., 2015, S. 27, 97).

Es bleibt festzuhalten, dass erhebliche Preissteigerungen auf Grund der erwarteten rückläufigen Fördermengen (siehe Abb. 2.3) den wahrscheinlicheren Entwicklungspfad darstellen. So geht auch die Internationale Energieagentur (IEA) in ihren jährlich veröffentlichten World Energy Outlooks (WEO) von zukünftig steigenden Rohölpreisen aus (z. B. Birol und Fatih, 2010, S. 69 ff.). Rohölpreise machen einen erheblichen Teil der Kraftstoffpreise für den Verbraucher aus. Auf der anderen Seite gibt es immer wieder Techniken und Methoden, die das Preisgefüge verändern können. Aus diesem Grund wird im Folgenden an einigen Stellen explizit ein stabiles Preisszenario (sP) mitdiskutiert.

Da die Pkw-Fahrleistungen aus dem Modul Mobilität (Abs. 5.1.4) bekannt sind, können die Kosten je Pkw berechnet werden. Insgesamt ergeben sich die Kraftstoffkosten

pro Pkw (Kk) aus der Jahreskilometerleistung (P) je Kraftstoffart multipliziert mit dem spezifischen Verbrauch (Vb) eines durchschnittlichen Autos und dem Kraftstoffpreis (K_{Pt}) für das jeweilige Jahr (t) (siehe Gl. 5.11).

$$Kk_t = P_t * Vb_t * Kp_t \tag{5.11}$$

Ebenfalls steht das Mobilitätsbudget, als Verhältnis zwischen Summe der Kraftstoffausgaben zu den gesamten Konsumausgaben der Haushalte, im Interesse der Betrachtung. Das heißt, es wird derjenige Anteil an Geldmitteln betrachtet, welchen die Haushalte für die Raumüberwindung im MIV ausgeben.

5.1.6 Modul Energie

Zuerst sollen der Verbrauch und die Kosten an elektrischem Strom der HH berechnet werden. Im Anschluss erfolgt die Berechnung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energiequellen für die UG.

Grundlage für die Berechnung von Verbrauch und Kosten bildet das Modul Demographie (Abs. 5.1.1). Die Anzahl der Haushalte jeder Größe werden für jedes Jahr mit einem durchschnittlichen spezifischen Stromverbrauch multipliziert. Die Summe ergibt den Stromverbrauch für die jeweilige Gemeinde. Die Datenbasis stammt von der Energie Agentur NRW (2011) und wurde mit Hilfe der Verbrauchsdaten von über 380.000 Haushalten erhoben. Tabelle 5.3 zeigt schließlich die verwendeten Daten der Energie Agentur NRW (2011).

Tabelle 5.3: Stromverbrauch je Haushaltsgröße in kWh/a

Haushaltsgröße	Ø Stromverbrauch in kWh/a
1-Personen-HH	2.256
2-Personen-HH	3.248
3-Personen-HH	4.246
4-Personen-HH	5.009
>4-Personen-HH	6.274

Der durchschnittliche Stromverbrauch wird über alle Jahre konstant gehalten. Dies wird damit begründet, dass Effizienzgewinne der Technik durch eine steigende Benutzung von immer mehr und größeren elektronischen Geräten aufgezehrt werden.

Für den elektrischen Strom wurden dieselben Preise genommen wie auch bei der Berechnung der Kraftstoffkosten. Das heißt, die Preise wurden von dem Energieanbieter E.ON SE (E.ON, o. J.) ermittelt. Die Preise liegen seit Jahren in etwa bei dem bundesweiten Durchschnittspreis.

In diesem Modul ist es nicht ratsam, die Produktion der EE auf Gemeindebasis fortzuschreiben. Der Markt ist zu dynamisch und zu kleinteilig, als dass schlüssige Vorhersagen getroffen werden könnten (siehe Abb. 5.8). Aus diesem Grund wird die Fortschreibung auf Ebene der UG erfolgen.

Die getroffenen Annahmen sind in Tabelle 5.4 zusammengefasst. Auch in anderen Studien zur langfristigen Prognose der EE werden die Windenergie und die auf Sonneneinstrahlung basierende Energieerzeugung am stärksten zulegen (siehe DLR/IWES/IFNE 2012). Im Vergleich zu den Szenarien im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (DLR/IWES/IFNE 2012) sind die hier getroffenen Annahmen über die Ausbauraten der EE weit geringer und vorsichtiger. Stromerzeugung aus Wasser- und Erdwärmekraftwerken spielen in den UG derzeit noch keine Rolle. Ein Aufbau dieser Technologien ist im Modell nicht eingeplant.

Tabelle 5.4: Jährliche Zubaurate EEA

EEA	bis 2020	ab 2020
Solar	6,0 %	3,0 %
Wind	10,0 %	3,0 %
Wasser	0,5 %	0,5 %
Biomasse	4,0 %	2,0 %
Gas	3,0 %	2,0 %
Erdwärme	8,0 %	8,0 %

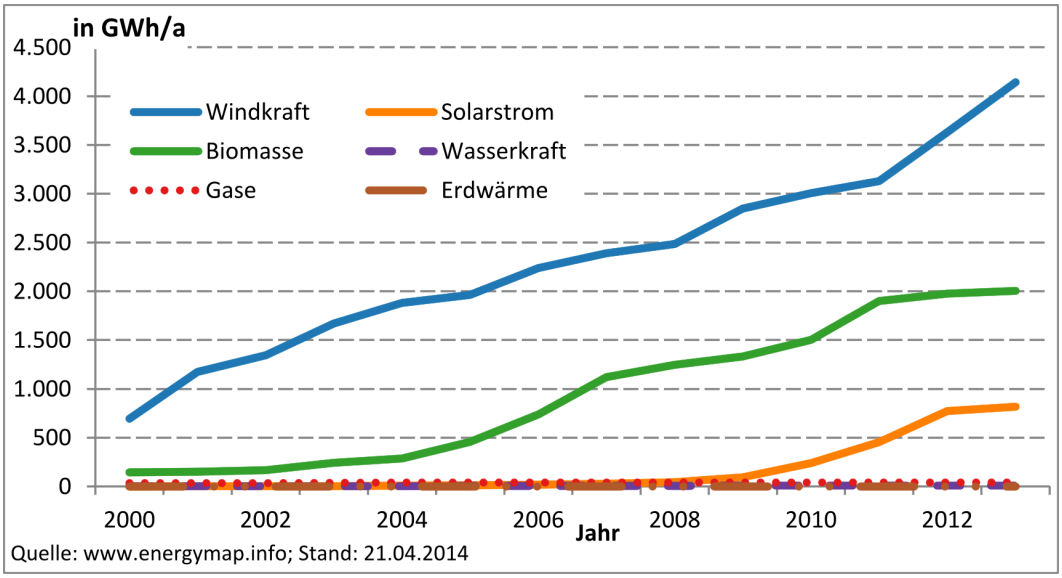


Abbildung 5.8: Entwicklung der Erneuerbaren Energien in Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2000 bis 2013,
Eigene Darstellung nach Datengrundlage: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE E.V. (DGS) (DGS, O. J.)

Die Daten der EE-Stromproduktion basieren auf den realen Produktionsdaten für ein volles Kalenderjahr. Die Internetseite *energymap.info* (DGS, O. J.) veröffentlicht die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen frei zugänglichen Daten der Netzbetreiber. Im Modell wird nicht nach Besitzern der Anlagen unterschieden. Es wird dementsprechend davon ausgegangen, dass alle EEA für die regionale Nutzung zur Verfügung stehen. Für das Jahr 2012 liegen koordinatengenaue Angaben der EE-Produktion von Solarstrom,

Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie und Klärgase vor. Zusätzlich liegt für diese EEA eine Zeitreihe zurück bis zum Jahr 2000 für das Land MV vor. Die Analyse dieser Zeitreihe ergab, wie bereits beschrieben, einen sehr dynamischen Markt, der in den vergangenen Jahren ein starkes Wachstum verzeichnete (siehe Abb. 5.8). Infolgedessen wurde darauf verzichtet, aus dieser Historie einen Fortschreibungsparameter abzuleiten. Stattdessen wurde für die Zukunft ein leichter linearer Anstieg angenommen, der sich ab dem Jahr 2020 abschwächt.

5.1.7 Modul CO_2

Der Straßenverkehr ist in Deutschland für fast 20 % der CO_2-Emissionen verantwortlich (BMWi, 2014). Alternative Antriebskonzepte, im Speziellen die Elektromobilität, werden als wichtiger Bestandteil zur Erreichung der Klimaziele angesehen. Um das Potenzial alternativer Antriebe beurteilen zu können, sollen die CO_2-Emissionen errechnet werden, welche die Pkw, Lkw und Krafträder, die in jeder Gemeinde zugelassen sind (Territorialprinzip), ausstoßen. Dabei werden die Emissionen betrachtet, die im Fahrzeugbetrieb, vom Tank bis zu den Rädern (Tank-to-Wheel, TtW), anfallen. Das bedeutet, die vorgelagerten Prozesse wie Transport und Herstellungsaufwand werden nicht mit einbezogen (Kendall, 2008, S. 80 ff.). Eine Ausnahme sind die EV. Da Elektromotoren kein Kohlendioxid ausstoßen, die Emissionen jedoch ausschließlich in den vorgelagerten Prozessen stattfinden, werden hier die CO_2-Emissionen betrachtet, die im Herstellungsprozess des elektrischen Strom im Kraftwerk (Plant-to-Wheel, PtW) anfallen (Ebd., S. 80 ff.). Eine derartig vergleichende Betrachtung kann als fair und transparent angesehen werden (siehe Kampman u. a., 2011). Offensichtlich wird, dass elektrische Antriebe dann energetisch und ökologisch sinnvoll sind, wenn die Energie aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird. Allerdings muss gesagt werden, dass die ökologische Analyse im Rahmen dieser Arbeit nicht den gesamten Lebenszyklus betrachtet. Die Vorketten, wie beispielsweise die Herstellung oder der Rückbau der Energiekraftwerke, werden bei keiner Energieart mit einbezogen.

Tabelle 5.5: Spezifische CO_2-Emissionen der einzelnen Kraftstoffarten

Kraftstoff	Emissionen	Einheit
Benzin	2320	g/l
Diesel	2620	g/l
LPG	1640	g/kg
CNG	2790	g/kg
Elektro	600	g/kwh
Hybrid	2320	g/l
Sonstige	2320	g/l

Aus dem Modul Kraftstoffe (Abs. 5.1.5) ist der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch je Kilometer der einzelnen Antriebsarten bekannt. Aus diesen werden mit den spezifischen CO_2-Emissionen in Gramm je Liter (g/l) oder Gramm je Kilowattstunde (g/kWh) für jeden Kraftstoff die durchschnittlichen CO_2-Emissionen in g/km errech-

net. Im Anschluss erfolgt die Multiplikation dieser CO_2-Emissionen mit den jeweiligen in der Gemeinde gefahrenen Kilometer für jede Antriebsart, für alle Jahre.

In der folgenden Tabelle 5.5 werden die spezifischen CO_2-Emissionen für die verschiedenen Kraftstoffarten angegeben. Bis auf den elektrischen Strom bleiben diese über den gesamten Berechnungszeitraum konstant. Da gerade im Bereich Elektro, durch einen steigenden Anteil EE, mit einer Verbesserung des Wertes zu rechnen ist, werden die spezifischen CO_2-Emissionen jedes Jahr um -1,7 % gesenkt. In der Realität schwankt dieser Wert zwar von Jahr zu Jahr leicht, entspricht jedoch in etwa der durchschnittlichen jährlichen Reduzierung im Zeitraum von 1995 bis 2010. Die Verringerung des spezifischen CO_2-Emissionswertes für elektrischen Strom wird dementsprechend positive Auswirkungen auf die EV und HEV haben.

Weitere Module

Neben den bereits beschriebenen Modulen gibt es weitere Möglichkeiten Fortschreibungen auf lokaler Ebene zu betreiben. Stellvertretend ist hier eine Möglichkeit zur Hochrechnung des Wasserverbrauchs dargestellt. Diese zeigt, dass es relativ einfach ist, bei vorhandener Datenbasis neue Module zu implementieren. Je nach Fragestellung kann so die lokale Planung verbessert werden. Das Modul veranschaulicht nochmals, dass das Programm umfangreiche Analysen für zukünftige Planungen leisten kann.

Tabelle 5.6: Altersabhängiger Wasserverbrauch, Datenquelle: Kluge u. a. (2007)

Altersgruppen	Spezifischer Wasserverbrauch in m^3/a
jünger 14 Jahre	47,3
14-19 Jahre	33,6
20-29 Jahre	47,3
30-49 Jahre	42,8
50-64 Jahre	43,6
65 Jahre und älter	46,0

Bei der Berechnung des Wasserverbrauchs wird die Bevölkerungsberechnung (siehe Abs. 5.1.1) als Grundlage genommen. Die Berechnung stützt sich auf die Bevölkerungsstruktur jeder Gemeinde. Für jedes Jahr wird die vorherrschende Bevölkerung mit einem altersabhängigen, spezifischen Wasserverbrauch multipliziert (siehe Abs. 5.6). Die Summe ergibt den Wasserverbrauch für die jeweilige Gemeinde. Die Datengrundlage bildet eine empirische Studie zum Wasserverbrauch im Auftrag der Hamburger Wasserwerke (siehe Kluge u. a., 2007).

Abermals ist ersichtlich, dass die kleinskalige Modellbildung und somit ebenfalls die Prognosegenauigkeit von den Ausgangsdaten abhängig ist. Eine genaue Sachkenntnis

über die in den Regionen verbrauchten Wassermengen könnte das Modell weiter verbessern. Diese Kenntnis liegt bei den lokalen Stadtwerken oder Wasserzweckverbänden.

Auf diese weiteren Module wird im Verlauf der Arbeit nicht weiter eingegangen, da sie für die Beantwortung der Forschungskomplexe keine Relevanz besitzen. Die Beschreibung steht an dieser Stelle lediglich stellvertretend für eine Reihe weiterer Möglichkeiten, wie die Regionalplanung mittels fundierter Prognosen unterstützt werden könnte.

5.1.8 Kopplung der Interviewergebnisse mit dem Modell

Die Modellergebnisse sollen regionale Besonderheiten berücksichtigen. Aus diesem Grund werden die aus den Interviews gewonnenen Erkenntnisse der Simulation zugänglich gemacht.

Zur Vorbereitung der Normierung werden die Antworten der drei Bereiche Mobilität, Daseinsvorsorge und Charakteristik aus der Ankreuzmatrix dargestellt und nach vier Kategorien ihrer Herkunft geordnet. Die gebildeten Kategorien sind nach „Akteure“ (Gemeinde oder Wirtschaft), „Standort“ (Land oder Stadt), „UG“ (eins oder zwei) und „Geschlecht“ (männlich oder weiblich) unterteilt (siehe auch Tab. 4.1 und Tab. 4.2). Es entstehen vier Kategorien mit jeweils zwei Zuständen.

Als erstes wird die fünfstufige Skala (siehe Abs. 2.2.1) aus der Ankreuzmatrix auf eins normiert. Faktoren größer als eins bedeuten, dass die Region in der jeweiligen Kategorie von den Akteuren besser als dem Mittelwert der Ankreuzkategorien (drei) eingestuft wurden. Bei Werten kleiner als eins sind dementsprechend negative Entwicklungen zu erwarten.

Die drei Bereiche Mobilität, Daseinsvorsorge und Charakteristik werden separat behandelt und zusätzlich nach den unterschiedlichen Kategorien unterschieden. Es liegt anschließend ein Faktor für jeden Bereich und jede Kategorie vor. Da es vier Kategorien mit jeweils zwei Möglichkeiten und zusätzlich drei Bereichen gibt, entstehen insgesamt 24 Kombinationen von Faktoren, die in Tabelle 5.7 dargestellt sind. Diese stehen nun als lokale Variable dem System zur Verfügung. Die Stadt-Land-Faktoren der allgemeinen Charakteristik gehen bei der Bevölkerungsfortschreibung und die der Mobilität bei der Marktdurchdringung alternativer Antriebe in die Simulation ein.

Tabelle 5.7: Faktoren aus der Normierung

Bereich	Mobilität	Daseinsvorsorge	Allg. Charakteristik
Politik	1,1205	1,0696	1,0510
WVV	1,1250	0,8900	0,9089
Land	1,0972	1,0069	1,0397
Stadt	1,1625	1,1825	1,0714
UG 1	1,1458	1,0028	1,0248
UG 2	1,1250	1,0000	0,9643
männlich	1,1490	1,0596	1,0055
weiblich	1,0625	0,9417	1,0313

Zwischenfazit Modellbeschreibung

Aus der Modellbeschreibung ist zu sehen, dass eine Fülle an Daten notwendig ist, um das gewünschte Modell zu erstellen. Aus dieser Menge an Dokumenten resultiert schließlich die Komplexität des Modells. Zu jedem Modul wurden verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten und Trends sowie deren Chancen und Hindernisse beschrieben. Nachdem sämtliche Dokumente geprüft und schließlich in das Modell eingepflegt wurden, konnte die konkrete Generierung von Modelldurchläufen erfolgen. Die Auswertung der Läufe soll die Antworten auf die zweite Forschungsfrage liefern.

In diesem Kapitel erfolgt sowohl die Auswertung der einzelnen Module, als auch die Darstellung der wichtigsten Kennzahlen als Kombination der Module, um die Forschungsfragen zu klären.

5.2 Modellergebnisse

5.2.1 Entwicklung Demographie

Die Ergebnisse der Bevölkerungsrechnung mit der vorgestellten Methode werden anhand der in Abschnitt 3.1 vorgestellten Prognosen validiert.

Im Ausgangsjahr leben 41.768 Einwohner im UG 1 (UTE). Auf die Fläche bezogen entspricht dies 39,8 EW/km^2. Nach 20 Jahren schrumpft die Zahl der EW um -18,5 % auf 34.059 Bewohner. Bei gleicher Fläche werden es dann 32,3 EW/km^2 sein. Den stärksten Rückgang wird dabei die Gemeinde Altwarp (-35,6 %) hinnehmen. Dies ist auch der Spitzenwert über alle betrachteten Gemeinden. Viereck schrumpft mit -7,1 % am geringsten. Eine Karte mit der Anzahl an Einwohnern eingeteilt nach Größenklassen für die Jahre 2010, 2020 und 2030 ist im Anhang dargestellt (Anh. 8.3). Zum Basisjahr besitzt Bugewitz die geringste Einwohnerdichte (5,3 EW/km^2) aller Gemeinden. Im Zieljahr wird es Vogelsang-Warsin mit (4,1 EW/km^2) sein.

Das Durchschnittsalter zu Beginn beträgt 47,6 Jahre und steigt bis zum Ende der Betrachtung auf 51, Jahre an. Die jüngste Gemeinde am Anfang ist Torgelow-Holländerei (Ø 42 Jahre), die älteste Neuendorf A (Ø 52,1 Jahre). Im Zieljahr wird Leopoldshagen die jüngste Gemeinde mit Ø 45,8 Jahren sein, wohingegen Altwarp bei Ø 57,2 Jahren liegt.

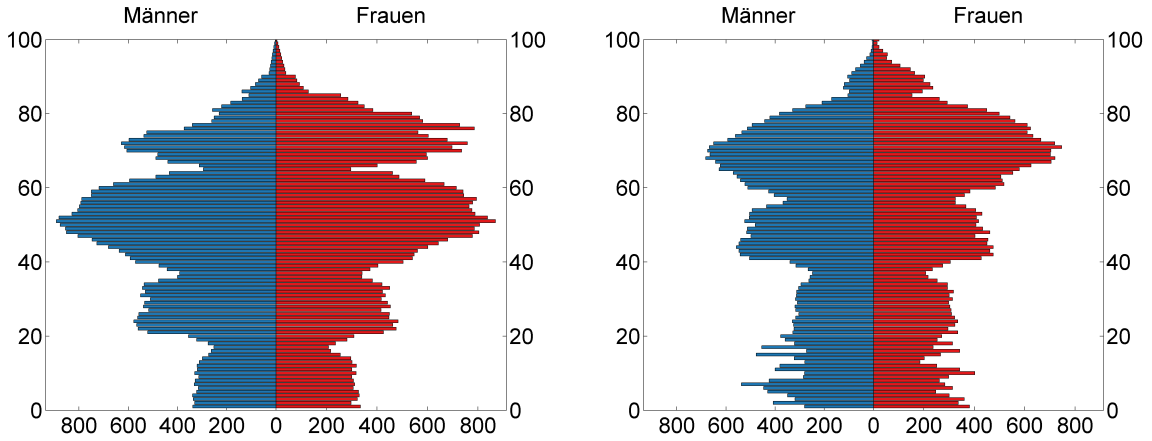


Abbildung 5.9: Bevölkerungspyramiden über beide UG der Jahre 2010 (links) und 2030 (rechts)

Während der Anteil der Personen in den mittleren Altersgruppen (18-65 Jahre) an der Gesamtbevölkerung von 65 % auf 48,8 % sinkt, steigt der Anteil der über 65-jährigen von 22,6 % auf 36,9 % an. Der Anteil der unter 18-jährigen sinkt ebenfalls in fast allen Gemeinden. Sechs Gemeinden, vorwiegend die Städte, können leichte Zuwächse in diesem Bereich erzielen.

Das UG 2 ist mit 44.106 EW und einer Bevölkerungsdichte von 41,9 EW/km^2 im Jahr 2010 dichter besiedelt. Für die Region WMR wird eine mittlere Abnahme der Bevölkerung von -13,4 % bis zum Zieljahr errechnet. Es leben dort dann 38.205 Menschen, die Einwohnerdichte beträgt 36,6 EW/km^2. Am stärksten betroffen von der Bevölkerungsabnahme ist die Gemeinde Walow (-22,9%). Mit -0,6 % verliert Penkow die wenigsten EW aller untersuchten Gemeinden.

Das Durchschnittsalter beträgt im Basisjahr 45,2 Jahre und steigt bis zum Zieljahr auf 48,1 Jahre. Zu Beginn der Betrachtung ist Penkow die jüngste Gemeinde (Ø 41,4 Jahre) und Alt Schwerin die älteste (Ø 48,8 Jahre). Am Ende der Prognose finden wir in Göhren-Lebbin die jüngsten Bürger (Ø 44,7 Jahre) und die ältesten in Fünfseen (Ø 51,1 Jahre).

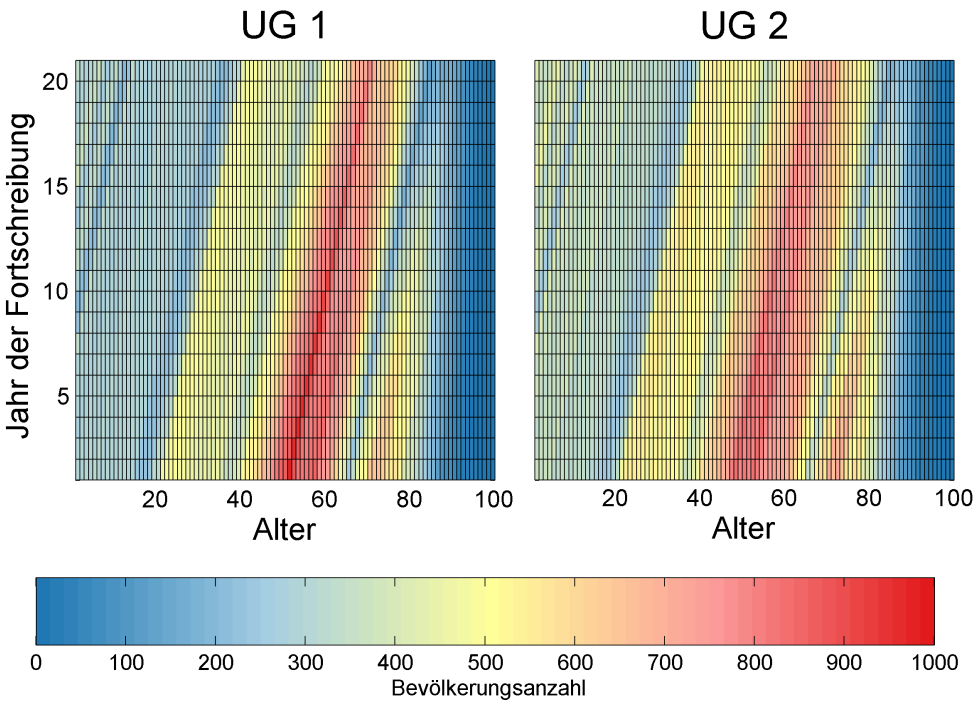


Abbildung 5.10: Entwicklung der Bevölkerung in einer 2D Darstellung

Im UG 2 sinkt ebenfalls der Anteil der Personen im Erwerbsalter (18 bis 65-jährige), und zwar von zirka 65,9 % im Jahr 2010 auf 51,6 % im Jahr 2030. Der Anteil der über

65-jährigen steigt im selben Zeitraum von 19,8 % auf 31,2 % an. Bei den unter 18-jährigen können 13 von 22 Gemeinden einen leicht steigenden Anteil erreichen. Treffen die Annahmen ein, ist es sogar möglich, dass die Absolutzahl an unter 18-jährigen im UG steigt.

Es gibt Aussagen, dass ab unter 35 EW/km^2 die vorhandene Infrastruktur unwirtschaftlich wird (Heinze, 2007, S. 22). Im Jahr 2030 unterschreiten diese Grenze in beiden UG zusammen 17 Gemeinden.

Insgesamt ist das UG 1 vom Bevölkerungsrückgang stärker betroffen als das UG 2. Dies spiegelt sich in der Tatsache wider, dass acht der zehn stärksten prozentualen Bevölkerungsrückgänge im UG 1 zu finden sind. Auf der anderen Seite sind im UG 1 nur zwei Einwohnerabnahmen unter den zehn geringsten Rückgängen (prozentual) zu finden.

Das Durchschnittsalter ist im UG 1 im Vergleich zum UG 2 am Anfang um 2,4 Jahre und am Ende um 2,9 Jahre älter. Insgesamt werden die Gemeinden mit dem höchsten Durchschnittsalter auch die größten Einwohnerrückgänge verzeichnen und die jüngsten Gemeinden die geringsten Abnahmen erfahren. Aus der Abbildung 5.9 ist die Verschiebung des Durchschnittsalters in das obere Alterssegment ersichtlich. Ebenfalls ist die starke Zunahme der über 80-jährigen, speziell der weiblichen Bevölkerung, augenscheinlich. Am ehesten kann die entstehende Bevölkerungspyramide zu dem Grundtyp der Urnenform zugeordnet werden.

Um auf die zunehmende Alterung in den UG hinzuweisen wurde speziell Abbildung 5.10 und Abbildung 5.11 erstellt. In Abbildung 5.10 zeigen sich die geburtenstarken Jahrgänge rot eingefärbt und die Kriegslücken und der Pillenknick als blaue Färbung. Es ist zu sehen, dass der Anteil der Senioren und der Hochbetagten über den gesamten Prognosezeitraum ansteigt. Die gleiche Aussage lässt sich aus der linken Seite der Abbildung 5.11 ableiten. Die Graphen zeigen einen (erstaunlich) ähnlichen Verlauf wie bei Scholz u. a. (2008, S. 19, siehe Anh. 8.17). Der Anteil der über 65-jährigen steigt im Zeitraum 2010 bis 2030 von zirka 20 % auf über 30 % an. Auf der rechten Seite der Abbildung 5.11 ist das Billeter-Maß über den Betrachtungszeitraum dargestellt. Es wird die Differenz aus den Personen unter 15 Jahren und den Personen über 50 Jahren ins Verhältnis zur Generation der 15 bis unter 50 jährigen gesetzt (Gl. 5.12). Je negativer das Billeter-Maß, desto älter ist im Durchschnitt die Bevölkerung.

$$Billeter = \frac{Bev_{0-15} - Bev_{50+}}{Bev_{15-50}} \tag{5.12}$$

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich die Entwicklungen der betreffenden Gemeinden in einer ähnlichen Größenordnung bewegen wie bei den in Abschnitt 3.1 genannten Modellrechnungen.

Entsprechend der Methodik bewirkt eine starke Abnahme der Bevölkerung auch eine Abnahme an Haushalten. Insgesamt werden eher die größeren Haushalte an Anzahl

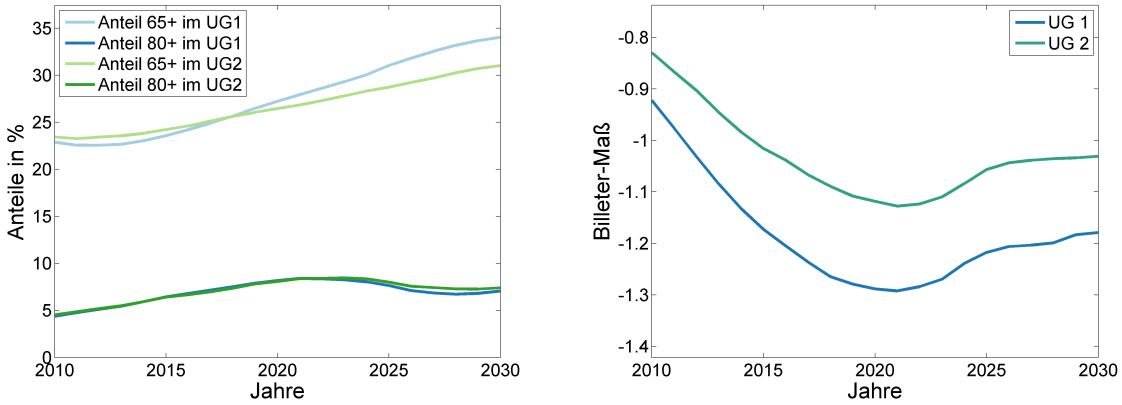


Abbildung 5.11: Anteile der Senioren und Hochbetagten je UG (links) sowie das Billeter-Maß je UG (rechts)

verlieren. So verlieren die 3-Personenhaushalte im UG 1 mehr als -25 %, im UG 2 mehr als -18 %.

Zum Ausgangsjahr besitzt das UG 1 laut Modell 22.006 HH. Nach 20 Jahren sinkt die Anzahl um -18,6 % auf 18.123 HH. Den stärksten Rückgang wird dabei, wie bei den Einwohnern, die Gemeinde Altwarp (-32,1 %) verzeichnen. Dies ist ebenfalls der Spitzenwert über alle betrachteten Gemeinden. Torgelow-Holländerei schrumpft mit einem Minus von -2 % am geringsten in dieser Kategorie. In den nächsten Jahren wird der Trend zu immer mehr Einpersonenhaushalten und damit zu immer weniger Familien gehen. Der Anteil an Singlehaushalten beträgt im UG 1 insgesamt am Anfang 40,3 % und am Ende 42,1 %.

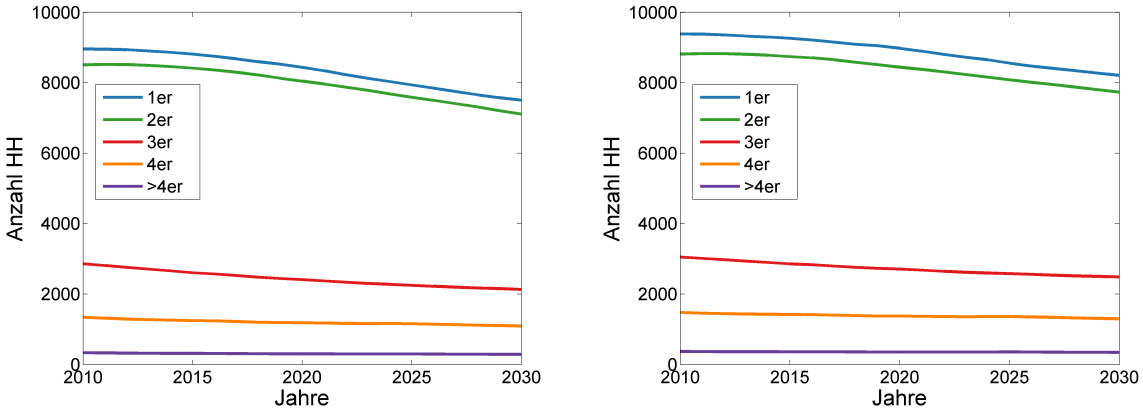


Abbildung 5.12: Entwicklung der Haushalte in UG 1 (links) und in UG 2 (rechts)

Das zweite UG besitzt zum Basisjahr 23.097 HH. Hier wird eine mittlere Abnahme von -9,8 % bis zum Zieljahr errechnet. Es gäbe dann 20.068 verschiedene Haushalte. Am stärksten betroffen ist Walow (-22,3 %). Mit -0,2 % verliert Göhren-Lebbin die wenigsten HH der Gemeinden im UG 2. Am Anfang beträgt der Anteil an Singlehaushalten 40 % und steigt leicht auf 40,3 % im Zieljahr an.

Über alle untersuchten Gemeinden sind die des UG 1 weit stärker von einem Rückgang betroffen als die Gemeinden des UG 2. Die sechs stärksten Rückgänge an HH sind im UG 1 zu finden.

5.2.2 Entwicklung Finanzen

Für die Entwicklung der Einkommen wird zum Jahr 2030 eine deutliche Steigerung sowohl der Nettoeinkommen (entspricht der Kaufkraft) als auch der Konsumausgaben prognostiziert. Die ProKopf-Einkommen werden im vorliegendem Modell um insgesamt rund 33 % (nominal) steigen. Ähnliche Werte lassen sich in der Studie der Shell Deutschland Oil GmbH (Shell, 2014, S. 10) finden. Diese errechnet zwischen 2012 und 2040 einen durchschnittlichen Einkommenszuwachs um fast 50 %. Durch den erheblichen Bevölkerungsverlust wird die Kaufkraft der Regionen jedoch weit weniger stark ansteigen. In Abbildung 5.13 ist die Entwicklung der summierten Einkommen der UG mit der Bevölkerungsentwicklung verglichen. Ebenfalls ist ein deutlicher Unterschied im Vergleich der Regionen ersichtlich. Die Summe der Nettoeinkommen aus UG 1 wird sich um 5,2 % erhöhen, wohingegen die des UG 2 um 18, % ansteigt. Dieser Unterschied beruht auf den unterschiedlichen Haushaltszusammensetzungen. Wird die Kaufkraftdichte, als Euro pro Quadratkilometer (€/km^2), jeder Gemeinde gemessen, ergibt sich ein sehr diverses Bild. Die schwächste Gemeinde besitzt einen 35-fach kleineren Wert als die stärkste. Auf Grund der höheren Einwohnerdichten konzentriert sich auch die Kaufkraftdichte in den zentralen Orten (siehe Abb. 5.14).

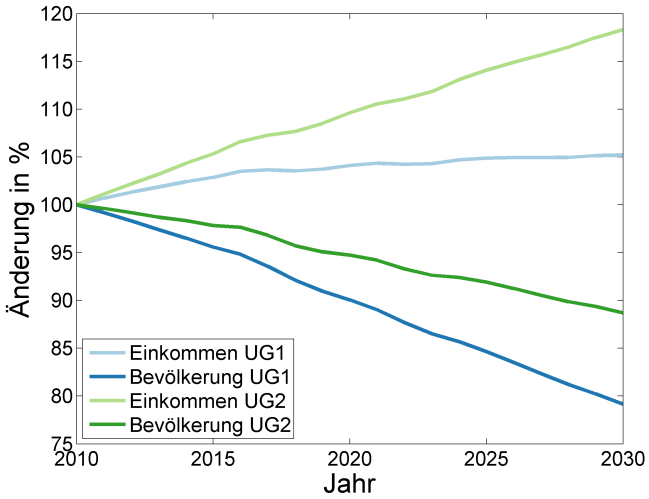


Abbildung 5.13: Vergleich der Entwicklungen der Bevölkerung und der Einkommen je UG

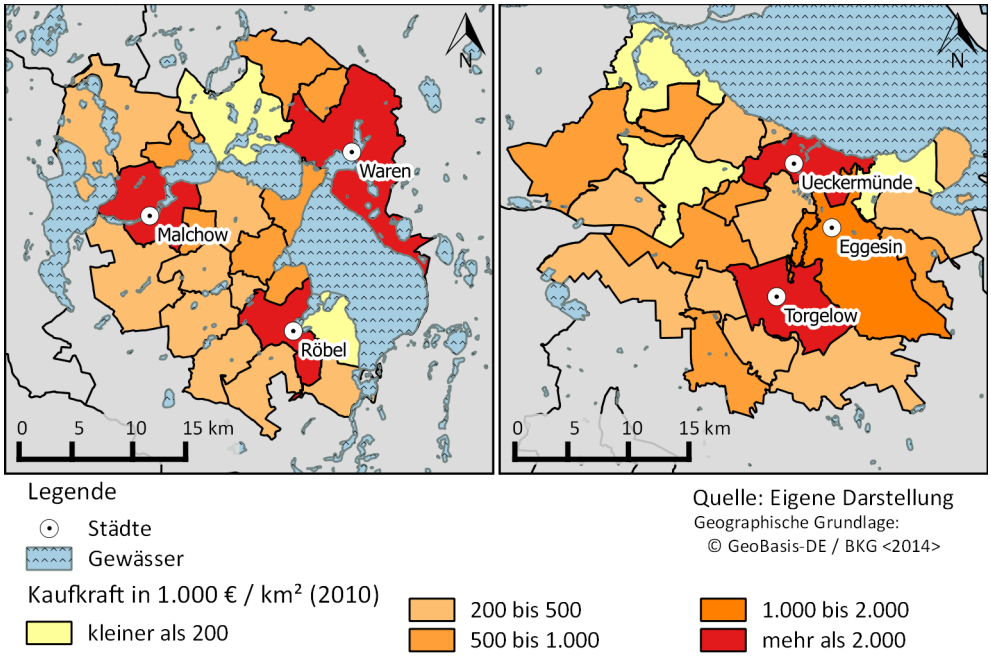


Abbildung 5.14: Kaufkraftdichte je Gemeinde im Jahr 2010

Zukünftig steht zumeist einer schwachen positiven Einkommensentwicklung ein starker Bevölkerungsverlust entgegen. Je stärker die Einwohnerrückgänge sind, desto deutlicher sind die Verluste in der Kaufkraftdichte und umgekehrt.

5.2.3 Entwicklung Pkw-Markt

Ein wichtiger Faktor bei der künftigen verkehrsräumlichen Mobilität ist die Entwicklung des Führerscheinbesitzes. Bezogen auf die gesamte Bevölkerung wird die Führerscheinbesitzquote leicht ansteigen. Im UG 1 von 77 % auf 78 % und im UG 2 von 75,8 % auf 76,5 %. Begründet liegt dies vor allem in einem Anstieg der Führerscheinausstattung der Frauen. Dieser Trend wird in mehreren Literaturquellen, z. B. bei Beckmann (2013, S. 55 ff.) oder infas und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung Berlin (infas, 2005, S80) bestätigt.

Trotz steigender Führerscheinbesitzquote sinkt insgesamt die Anzahl an Führerscheinen auf Grund stärker abnehmender Bevölkerungszahlen. Die auf die Berechnung der Führerscheine aufbauende Berechnung der Pkw zeigt ebenfalls eine Abnahme. Von 20.479 (UG 1) bzw. 21.146 (UG 2) auf prognostizierten 16.937 (-18,5 %) und 18.542 (-10 %) privat genutzten Pkw in 2030. Da die Bevölkerung stärker sinkt als die Anzahl an Pkw, steigt der Motorisierungsgrad (Pkw/1.000 EW). Dieser wird um 7,1 % (UG 1) bzw. 4,8 % (UG 2) steigen. Grund ist ebenfalls die steigende Führerscheinbesitzquote.

Die Anzahl und Verteilung der privaten Pkw auf die UG wird in Abbildung 5.15 aufgezeigt und stellt sich folgendermaßen dar. In den sechs Städten ist der Motorisierungsgrad über den Prognosezeitraum am geringsten. Während in Ueckermünde im Jahr 2010 lediglich 437 Pkw auf 1.000 EW kommen, sind es in Heinrichsruh 651. Der Quotenunterschied von 214 Pkw/1.000 EW wird sich in diesem speziellen Fall weiter verstärken und 2030 über 280 Pkw/1.000 EW betragen. Interessant ist ebenfalls der Vergleich der Quote mit dem Bundesdurchschnitt von 517 Pkw/1.000 EW aus dem Jahr 2010.

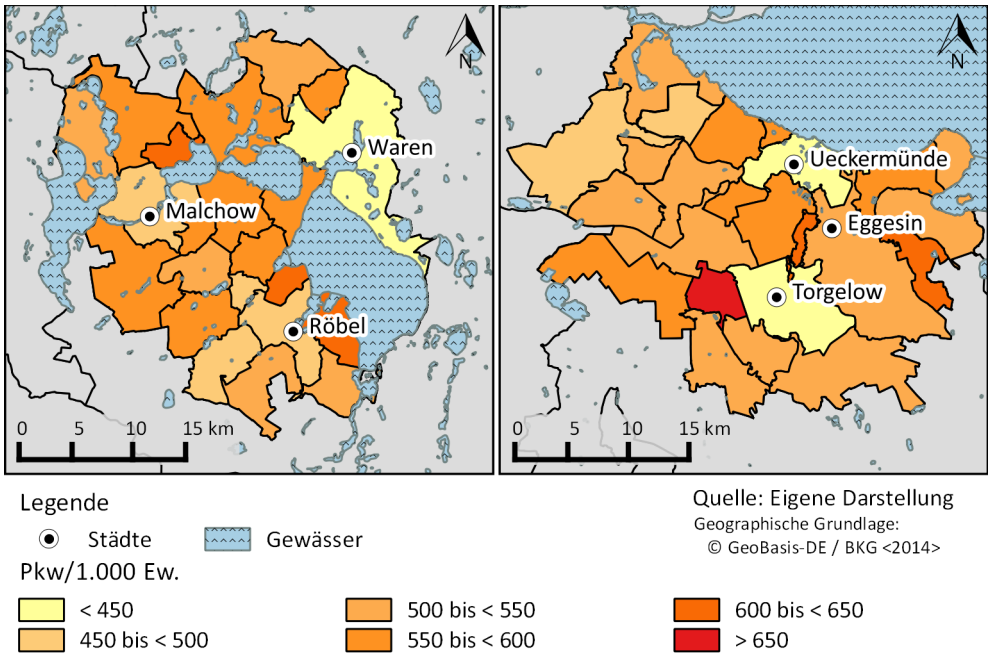


Abbildung 5.15: Pkw je 1.000 EW im Jahr 2010

Im Basisjahr liegen 15 Gemeinden unter diesem Schnitt. 2030 werden dies nur noch zwölf Gemeinden sein. Zu beachten ist ebenfalls, dass dieser Bundesdurchschnittswert eher rückläufig ist, in den UG großteils jedoch eine Zunahme erwartet werden kann. Dieses Phänomen kann damit erklärt werden, dass die Menschen in den UG auf Grund der wenigen Infrastrukturangebote sowie Leistungen der Daseinsvorsorge auf die Raumüberwindung angewiesen sind. Die entsprechend großen Distanzen machen den Besitz eines eigenen Pkw zur Teilhabe und freien eigenen Gestaltung des Lebens notwendig.

Zu Beginn der Prognose und im Verlauf des StS werden mehr als 76 % aller Pkw mit einem Ottomotor betrieben, rund 22,5 % haben einen Dieselmotor. Alternative Antriebe sind mit 1,2 % nur sehr wenig vertreten und stellen lediglich Nischenlösungen dar. Im MoS, wo die Marktdurchdringung alternativer Antriebe angenommen wird, ist die Anzahl an Benzin- und Dieselfahrzeugen rückläufig. Pkw mit alternativen Antrieben

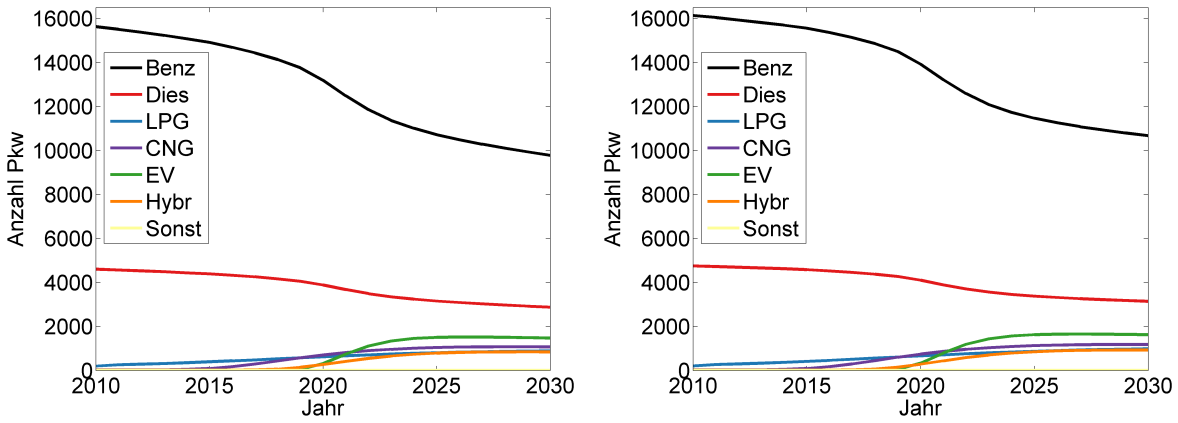


Abbildung 5.16: Entwicklung des Pkw-Marktes im UG 1 (links) und UG 2 (rechts) im Szenario Mobilitätswende

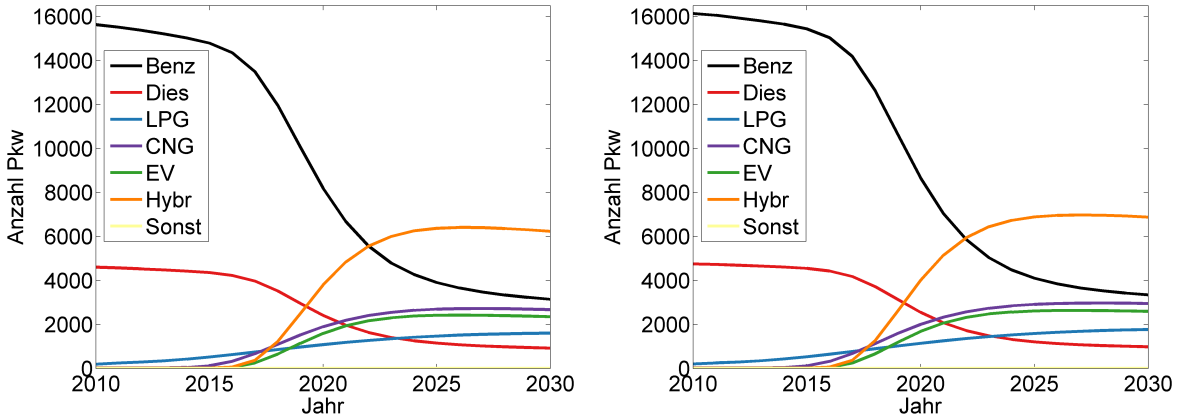


Abbildung 5.17: Entwicklung des Pkw-Marktes im UG 1 (links) und UG 2 (rechts) im Extremen Szenario

verzeichnen hingegen einen wachsenden Trend und werden zum Ende des Betrachtungszeitraums je nach Gemeinde zwischen 21 und 26 Prozent ausmachen. 2030 werden im UG 1 insgesamt 1.490 Pkw und im UG 2 mehr als 1.620 Pkw elektrisch betrieben werden. Ganz anders stellen sich die Verhältnisse im Extremen Szenario dar. Im Jahr 2030 fahren 6.308 Pkw im UG 1 und 6.886 Pkw im UG 2 mit einem Hybridantrieb. Der Benzinantrieb (UG 1 mit 3.177 Pkw bzw. UG 2 mit 3.346 Pkw) ist nur noch die zweithäufigste Antriebstechnologie. Zusätzlich sind 2.705 CNG und 2.381 EV im UG 1 und 2.953 CNG und 2.599 EV im UG 2 unterwegs.

5.2.4 Entwicklung Mobilität

Bereits aus Abbildung 5.18 ist ersichtlich, dass der Modal Split massiv durch den MIV geprägt ist. Mehr als die Hälfte aller Wege werden im Jahr 2010 mit dem Pkw oder mit dem Krad zurückgelegt. Der Verbund aus zu Fuß und mit dem Rad erreicht 5,2 % Anteil an allen Wegen. Der ÖPNV kommt auf etwas mehr als 17 % und der Mitfahrerbereich bei anderen Pkw-Fahrern (MIV-Pa) auf rund 27 %. Abbildung 5.18 zeigt die Entwicklung des Modal Split für alle betrachteten Verkehrsmittel zum Basis- und Zieljahr. Es ist zu sehen, dass sich der Anteil des MIV weiter erhöhen wird. Im Modell geschieht dies allein auf Grund der sich verändernden Bevölkerungsstruktur. Es werden keine Veränderungen an den altersspezifischen Weglängen aus dem Basisjahr vorgenommen. Gemäß der Modellannahmen liegt in den Kernstädten der Anteil der Fußgänger und Fahrradfahrer höher als in den ihnen umliegenden Gemeinden. Dementsprechend ist der Anteil des MIV in den dichter besiedelten Gebieten niedriger. Der durchschnittliche Anteil des MIV in den sechs Kernstädten beträgt etwa -5 % weniger als der Durchschnitt über alle Gemeinden.

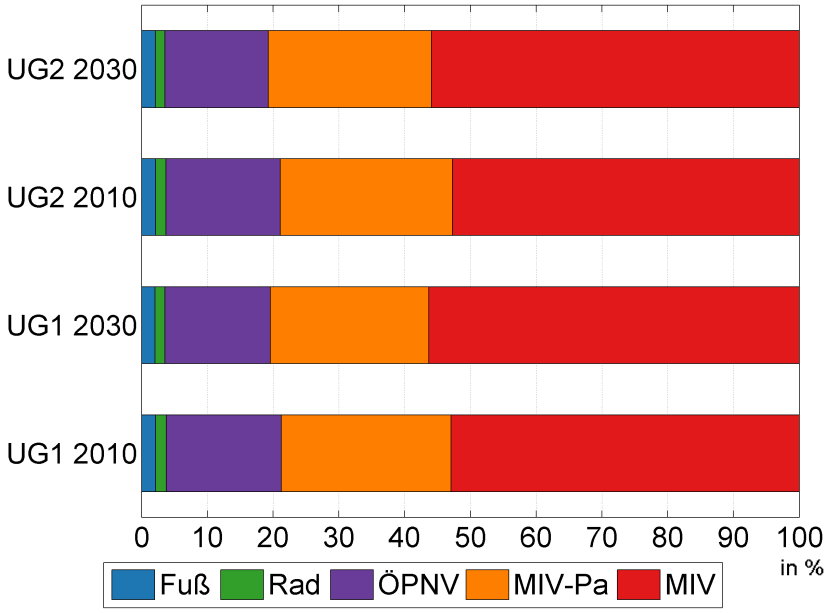


Abbildung 5.18: Vergleich des Modal Split je UG für die Jahre 2010 und 2030

Wie gerade erwähnt, wird im Betrachtungszeitraum ein stabiles altersspezifisches Verkehrsaufkommen pro Person angenommen. Aus diesem Grund führt die sinkende und alternde Bevölkerung zu einer Abnahme der Kilometerleistung in den Gemeinden. Abbildung 5.19 zeigt die Entwicklung der pro Tag für das jeweilige UG zurückgelegten Kilometer nach Verkehrsmittel auf. Ein Resultat ist also, dass die Straßeninfrastruktur weniger benutzt und damit belastet wird. Auf der anderen Seite muss die Infrastruktur

in gleicher Qualität für weniger Personen vorgehalten werden. Die Pro-Kopf umgelegten Kosten werden demnach steigen.

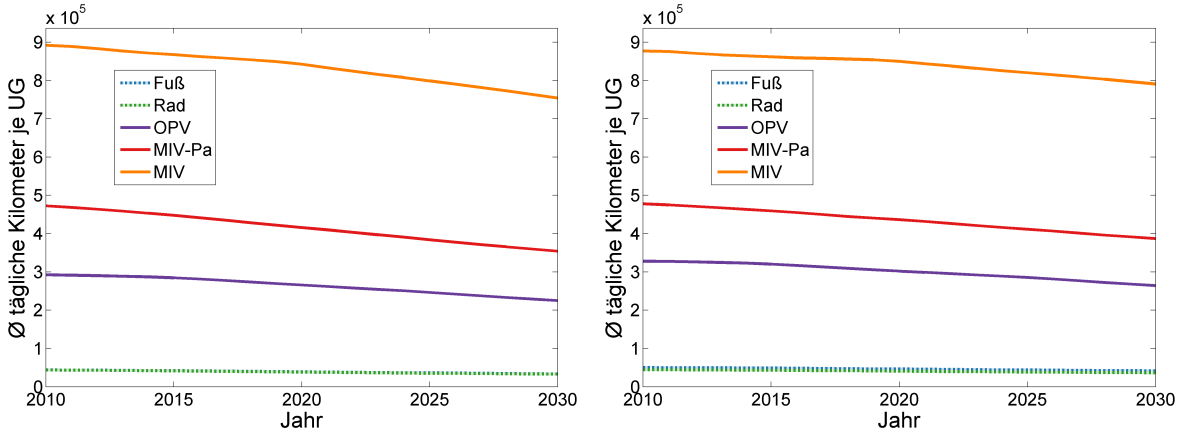


Abbildung 5.19: Entwicklung der Ø täglich im UG zurückgelegten Kilometer je Verkehrsmittel im UG 1 (links) und im UG 2 (rechts)

Die Modellrechnung ergibt für das Jahr 2030 eine Reduktion der in den Gemeinden zurückgelegten Wege für alle Verkehrsmittel. Prozentual fallen die Reduktionen im MIV mit -15,4 % (UG 1) und -9,8 % (UG 2) jedoch am geringsten aus. Bei allen anderen Verkehrsmitteln sinkt die Verkehrsleistung bis zum Jahr 2030 um mehr als -17 % gegenüber 2010.

Dieser Punkt spricht für einen weiteren Bedeutungsgewinn des MIV in den ländlichen UG. Der stärkste Rückgang betrifft den MIV-Mitfahrer Bereich im ersten UG. Dieser wird um ganze -25,1 % (UG 1) bzw. -19 % (UG 2) sinken. Der Effekt des Rückgangs der zurückgelegten Strecke resultiert zum Großteil aus dem starken Verlust an Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter (18-65 Jahre). Verdeutlicht wird dies in Tabelle 5.8. Diese vergleicht die durchschnittlichen Pro-Kopf zurückgelegten Kilometer mit den insgesamt durchschnittlich am Tag zurückgelegten Kilometern. Es ist ersichtlich, dass im Modell die Pro-Kopf zurückgelegten Kilometer nahezu konstant bleiben, die Kilometer je UG jedoch sinken.

Tabelle 5.8: Vergleich der täglich zurückgelegten Kilometer Pro-Kopf und Gesamt

	Ø MIV in km/EW		Ø Gesamt in km/EW		Ø Leistung in km	
Jahr	2010	2030	2010	2030	2010	2030
UG 1	24,11	25,28	45,45	44,77	1.744.467	1.400.120
UG 2	24,20	24,99	45,79	44,60	1.777.258	1.519.999

5.2.5 Entwicklung Kraftstoffe und Kraftstoffpreise

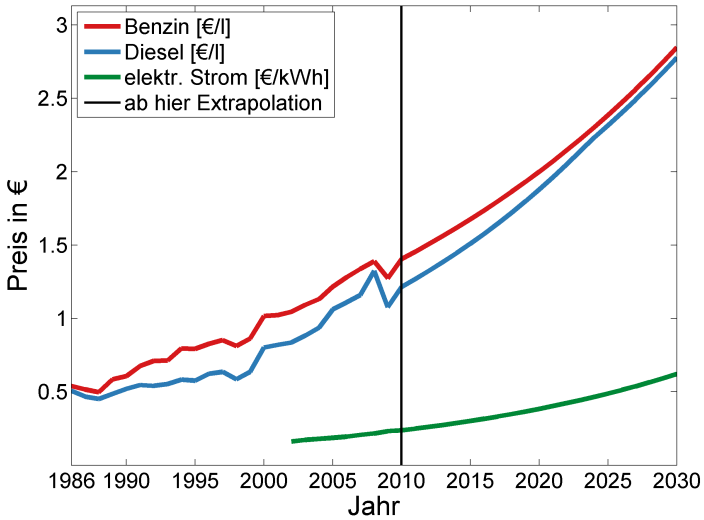


Abbildung 5.20: Entwicklung der Kraftstoffpreise

Abbildung 5.20 zeigt die errechneten Kraftstoffpreissteigerungen für den Prognosezeitraum. Die aus einer Zeitreihenanalyse ermittelten jährlichen Teuerungsraten betragen 3,59 % für Benzin, 4,46 % für Diesel und 4,94 % für elektrischen Strom. Der Unterschied zwischen Benzin und Diesel bleibt am Ende des Prognosezeitraums konstant, da ein Minimum von sieben Cent Abstand implementiert wurde (siehe Abs. 5.1.5).

Preise für Superbenzin und Diesel von drei Euro und mehr mögen auf den ersten Blick absurd wirken, bei einem Vergleich mit anderen Modellrechnungen sind jedoch ähnliche Werte zu finden (Vgl. DEKRA; IFA 2008; Diez und Kohler, 2010). Altenburg und Peter (2014, S. 30 f.) kommen bei einem Vergleich historischer Rohölpreisprognosen zu dem Schluss, dass diese die tatsächlichen Preisentwicklungen oftmals unterschätzen werden. Sie selbst prognostizieren für das Jahr 2025 einen Benzinpreis von 3,50 €/l und für Strom von 0,40 €/kWh. Vor allem bei Bertram und Bongard (2014, S. 125 f.) ist ein Vergleich unterschiedlicher Modellrechnungen zu finden. Die dargelegte mögliche Preisentwicklung liegt in einer ähnlichen Größenordnung. Der Preisanstieg der einzelnen Kraftstoffe von 2030 zu 2010 liegt bei Benzin 202,6 %, bei Diesel 228,7 %, bei LPG und CNG 202,6 % sowie beim elektrischen Strom bei 262,2 %. Plausibel erscheinen die Annahmen vor dem Hintergrund des rasant wachsenden Verkehrsaufkommens in den Schwellenländern, dem in naher Zukunft zu erwartenden „peak oil“ (siehe Abb. 2.3) und der einhergehenden weltweit steigenden Nachfrage nach fossilen Energieträgern (Birol und Fatih, 2010, S. 78 ff.). Auf der anderen Seite sind die Ressourcen und somit das Angebot dieses Rohstoffes begrenzt. Im klassischen ökonomischen Sinne steigt der Preis für ein nachgefragtes, immer knapper werdendes Gut .

Im zweiten Preisszenario „stabile Preise“, im Folgenden mit „sP“ gekennzeichnet, verbleiben die Kosten für einen Liter Benzin bei 1,405 €, für Diesel bei 1,21 € für LPG bei 0,67 € und für CNG bei 0,90 € über den gesamten Prognosezeitraum wie im Basisjahr. Lediglich die Einheit elektrischen Stroms verteuert sich um dieselben 4,94 % je Jahr wie im ersten Preiszenario.

Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch auf 100 km der einzelnen Antriebe unterscheidet sich im Modell nach Einwohnerdichten. Es wird zwischen ländlichem Raum höherer Dichte und ländlichem Raum geringerer Dichte unterschieden. Im Basisjahr liegt der Verbrauch für Benzin in beiden Kategorien bei etwa 7,9 l, für Diesel bei zirka 6,4 l, bei LPG bei 8,7 l bzw. 7,7 l, für CNG bei 5,6 kg bzw. 4,6 kg, für EV bei 14 kWh bzw. 16 kWh und für Hybrid bei zirka 4,2 l (siehe Tab. 5.9). Die Effizienzsteigerung der Motoren, die Verbesserung der Aerodynamik und der Leichtbau der Autos wird bei allen Antrieben eine Reduzierung des durchschnittlichen Verbrauchs je 100 km bewirken. Beispielsweise wird ein EV in den ländlichsten Gemeinden im Jahr 2030 nur noch etwas mehr als 12 kWh auf 100 km benötigen. Ein Benzin- oder Dieselfahrzeug benötigt dann ebenfalls rund einen Liter weniger (siehe Tab. 5.9).

Tabelle 5.9: Kraftstoffverbrauch der einzelnen Antriebsarten 2010 und 2030

Kraftstoffverbrauch	ländlicher Raum höherer Dichte		ländlicher Raum geringerer Dichte	
Jahr	2010	2030	2010	2030
Benzin in l/100 km	7,88	6,88	7,95	6,94
Diesel in l/100 km	6,37	5,56	6,26	5,46
LPG in l/100 km	8,69	7,59	7,66	6,69
CNG in kg/100 km	5,60	5,32	4,60	4,45
EV in kWh/100 km	14 ,00	12,56	16,00	14,35
HEV in l/100 km	4,11	3,59	4,23	3,73
Sonstige in l/100 km	7,88	6,88	6,26	5,46

Daten 2010: ADAC 2014; DLR 2008; 2030: Eigene Berechnung

Aus den Pkw-Fahrleistungen und den spezifischen Kraftstoffverbräuchen wird der Gesamtkraftstoffverbrauch ermittelt. Dabei spiegelt der Kraftstoffmix neben der Zusammensetzung auch die Nutzungsintensität wider. Im Jahr 2010 werden gemeinde- und szenarienübergreifend 84.306 l Benzin und 36.838 l Diesel verbraucht. Dem gegenüber steht praktisch keine Nutzung von elektrischem Strom, 1.887 l LPG und 161 kg CNG. Mit zunehmender Zahl der alternativen Antriebe nimmt deren Nutzungsintensität zu. Im MoS nimmt der Benzin- und Dieselkraftstoffverbrauch bis zum Jahr 2030 um fast die Hälfte ab. Dieser Effekt ist zum einen durch die Abnahme der Gesamtzahl an Pkw und zum anderen durch den implementierten steigenden Anteil der alternativen Antriebe begründet. Trotz sinkendem Verbrauch werden die Kosten für die konventionellen Kraftstoffe insgesamt weiter steigen (Tab. 5.10). Für 2030 wird im ExS jeweils nur noch knapp ein Fünftel der Benzin- und Dieselmenge wie im Basisjahr verbraucht. Die Kosten werden sich jedoch lediglich halbieren. Auf der anderen Seite steigt die Nutzung des elektrischen Stroms stark an. Im MoS werden 2030 in jedem UG

täglich fast 7.000 kWh und im ExS mehr als 11.000 kWh elektrische Energie für die EV benötigt. Auch der Absatz an CNG steigert sich im Vergleich zum Ausgangsjahr und zum StS erheblich. 2030 werden im UG 1 im MoS 2.705 kg und im UG 2 3.015 kg CNG benötigt. Im extremen Szenario sind es im UG 1 6.757 kg und im UG 2 7.532 kg.

Des Weiteren gilt es, die Fahrkosten je Kilometer zu ermitteln. Da der Kraftstoffverbrauch zwischen Pkw in den Städten und den umliegenden Gemeinden unterschiedlich ist, variieren auch die Kilometerkosten innerhalb der Antriebsart. Im Modell kostet der gefahrene Kilometer mit einem Benzinantrieb im Jahr 2010 etwa 0,11 € und steigt bis 2030 auf über 0,20 € an. Mit Erdgas kostet der Kilometer hingegen weniger als 0,05 € und steigt auf fast 0,09 € . Der Elektroantrieb ist anfangs am günstigsten. Der Kilometer kostet weniger als 0,04 € und wird bis 2030 auf knapp 0,09 € steigen. Im Betrieb sind die alternativen Antriebe dementsprechend günstiger (Vgl. dazu auch DEKRA; IFA 2008, S. 41 ff.).

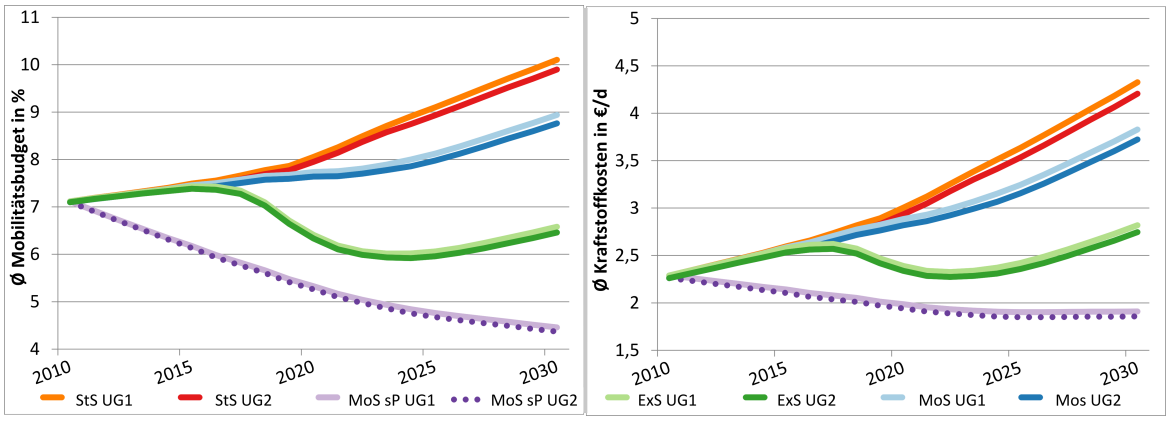


Abbildung 5.21: Entwicklung des Mobilitätsbudgets (links) und der täglichen Kraftstoffkosten pro Kopf (rechts)

Die Steigerung der Kraftstoffpreise spiegelt sich ebenfalls in den durchschnittlichen täglichen Ausgaben, die Pro-Kopf für Kraftstoffe getätigt werden, wider (siehe Abb. 5.21 rechte Seite). So steigt der Betrag im ersten Szenario im UG 1 von 2,29 € im Jahr 2010 auf 4,32 € im Jahr 2030. Im UG 2 steigt dieser von 2,26 € auf 4,21 € im Jahr 2030. In beiden UG liegen die Steigerungsraten demnach um die 200 %. In den anderen beiden Szenarien mit Kraftstoffpreisanstieg ist die Ausgabensteigerung nicht ganz so gravierend. Im MoS steigen die täglichen Kosten pro Person auf 3,83 € im UG 1 und 3,72 € im UG 2. Der extreme Anteil alternativer Kraftstoffe im ExS bewirkt eine reduzierte Steigerung von zirka 30 % auf 2,82 € bzw. 2,75 € . Dies liegt wiederum an der Zunahme der E-Fahrzeuge. Im Anhang (Anh. 8.8 bis 8.10) sind die Ergebnisse der verschiedenen Szenarien noch einmal als Karte abgebildet. Bei stabilen Kraftstoffpreisen im MoS (MoS sP) würden die durchschnittlichen täglichen Kraftstoffkosten

auf unter zwei Euro fallen. Der Grund für diese über 15 %-ige Abnahme ist, dass die Kraftstoffkosten prozentual stärker abnehmen als die Bewohner.

Werden die Kraftstoffausgaben im Verhältnis zu den Konsumausgaben der Haushalte betrachtet, sprechen wir vom Mobilitätsbudget. Dieses Budget lag im Zeitraum der Jahre 1995 - 2012 im Bundesdurchschnitt zwischen 3 % und 4,5 %. Gegen Ende dieses Zeitraumes waren die höchsten prozentualen Ausgaben zu verzeichnen (Destatis, 2008, S. 3; Destatis, 2014, S. 18). Im vorliegenden Modell liegen die Anteile für 2010 höher, im Schnitt bei zirka 7,1 % (siehe Abb. 5.21 linke Seite). Das erscheint durchaus realistisch, da im ländlichen Raum viele kurze Strecken zurückgelegt werden und der preisintensive MIV oftmals die einzige Möglichkeit zur räumlichen Mobilität darstellt. Darüber hinaus zählen die UG zu einer der struktur- und einkommensschwächsten Regionen Deutschlands (siehe Abs. 5.2.2). Für 2030 wird im StS eine Steigerung des Mobilitätsbudgets auf 10,1 % (UG 1) bzw. 9,9 % (UG 2) berechnet. Das Budget der Haushalte einiger Gemeinden wird dann über 11 % betragen. In Szenario MoS liegen die Werte für 2030 bei 8,94 % (UG 1) und 8,76 % (UG 2). Im ExS liegt das Mobilitätsbudget 2030 schließlich bei 6,58 % (UG 1) und 6,46 % (UG 2) und somit auf einem ähnlichen Niveau wie 2010. Durch den extremen Anstieg, vor allem der EV und HEV, Mitte der 2020er Jahre sinkt das Mobilitätsbudget im UG 2 sogar zeitweise unter 6 %. Der geringere Anteil in den Szenarien MoS und ExS liegt an dem günstigeren Kraftstoffpreis der alternativen Kraftstoffe je Kilometer. Dass im ExS die Pro-Kopf-Kosten weiter steigen, das Mobilitätsbudget aber konstant bleibt, liegt wiederum an der starken Abnahme der Bevölkerung und der gleichzeitig steigenden Einkommenserwartung auf Regionsebene. Im Szenario der Marktdurchdringung im MoS bei stabilen Kraftstoffpreisen (MoS sP) würde es zu einer deutlichen Entlastung der Haushalte kommen. Da insgesamt weniger Kilometer gefahren werden, das Einkommen steigt und die günstigeren alternativen Antriebe an Bedeutung gewinnen, würde das Mobilitätsbudget in beiden UG auf unter 4,5 % sinken (siehe Abb. 5.21 linke Seite). Ebenfalls ist im Anhang (Anh. 8.13 bis 8.15) das Mobilitätsbudget für die einzelnen Gemeinden für die Jahre 2010, 2020 und 2030 in den verschiedenen Szenarien kartographisch aufbereitet.

Zu Beginn der Betrachtung fließen in beiden UG durch konventionelle Kraftstoffe über 99 % der Ausgaben für Kraftstoffe aus der Region ab. Im MoS verringert sich dieser Anteil sukzessive bis 2030. Im UG 1 erfolgt eine Reduzierung auf 85,6 % und im UG 2 auf 85,1 %. Im ExS sinkt der Anteil der konventionellen Kraftstoffe in beiden UG auf unter 50 %. Auf Grund des Potenzials der UG zur Energiegewinnung könnte der benötigte Anteil an Erdgas und elektrischen Stroms vor Ort erzeugt werden. In Euro ausgedrückt bedeutet dies, dass bereits 2030 täglich über 10.000 € in jedem UG verbleiben und zirkulieren können (siehe Tab. 5.10 jeweils Zeile „lokal erzeugt“ und „Anteil“), wenn die Energie regional erzeugt wird. Über 7.500 € könnten als direkte ökonomische Komponente bei konstanten Kraftstoffpreisen, in jedem UG verbleiben.

Noch deutlicher wird das Verbleiben der Finanzmittel im ExS. Mit den getroffenen Annahmen werden im ExS 2030 täglich zirka 35.000 € in beiden Regionen gebunden.

Tabelle 5.10: Vergleich der täglichen Ausgaben für Kraftstoffe je UG und der Anteil, der möglicherweise lokal erzeugt werden könnte

	Jahr	€ je Tag im UG 1			€ je Tag im UG 2		
		2010	2020	2030	2010	2020	2030
MoS	konventionell	82.760	89.137	96.135	80.443	88.628	98.882
	alternativ	723	5.715	16.188	742	5.995	17.376
	Gesamt	83.483	94.852	112.323	81.185	94.623	116.258
	alternativ (lokal erzeugt)	96	3.293	11.260	99	3.432	11.980
	Anteil in %	0,12	3,47	10,02	0,12	3,63	10,30
ExS	konventionell	82.760	59.512	40.544	80.443	59.224	41.186
	alternativ	723	19.668	43.153	742	20.224	46.220
	Gesamt	83.483	79.180	83.697	81.185	79.448	87.406
	alternativ (lokal erzeugt)	96	15.466	34.291	99	15.815	36.516
	Anteil in %	0,12	19,53	40,97	0,12	19,91	41,78
MoS sP	konventionell	82.760	61.157	45.843	80.443	60.834	47.182
	alternativ	723	4.183	10.159	742	4.374	10.774
	Gesamt	83.483	65.340	56.002	81.185	65.208	57.956
	alternativ (lokal erzeugt)	96	2.482	7.727	99	2.574	8.110
	Anteil in %	0,12	3,79	13,80	0,12	3,95	14,00

„alternativ (lokal erzeugt)“ = Kosten für den verbrauchten elektrischen Strom aus: alle EV plus 60 % des Kraftstoffes der HEV plus zusätzlich 100 % CNG. Bei CNG wird angenommen, dass sie durch PtG (mit Umwandlungsverlusten von 46 %) lokal erzeugt werden könnten.

Weiter ist aus Tabelle 5.10 ersichtlich, dass auch im MoS bei den konventionellen Kraftstoffen der Gesamtpreis weiter steigt, obwohl die verbrauchte Menge an Kraftstoffen sinkt. Dies liegt an den deutlichen Preissteigerungen der Kraftstoffe je Grundeinheit (l, kg oder kWh). Im ExS ist dieser Effekt auf Grund der starken Steigerung der alternativen Antriebe nicht mehr aus der Tabelle ersichtlich.

Eine weitere Größe, die den Zusammenhang von Wirtschaft und Personenverkehrsleistung beschreibt, kann aus dem Verhältnis der im MIV zurückgelegten Wege und den durchschnittlichen Einkommen oder Konsumausgaben gewonnen werden. Die Größe, ausgedrückt in 1.000 km/€ , gibt demnach eine finanzielle Leistungsfähigkeit an. Es zeigt sich, dass die Verkehrsleistungen in Relation zu der ökonomischen Kennziffer rückläufig sind (siehe Anh. 8.7). Dies ist damit zu begründen, dass das verfügbare Einkommen steigt und die Anzahl der gefahrenen Kilometer, auf Grund der geringe-

ren Anzahl an Pkw, sinkt. Des Weiterhin ist diese Größe in den Städten kleiner als auf dem Land. Dies spricht wieder für den höheren Stellenwert des MIV in den ländlichsten Gebieten (siehe Anh. 8.7).

5.2.6 Entwicklung Energie

In diesem Abschnitt erfolgt ein Vergleich des Verbrauchs an elektrischem Strom mit der Produktion an EE. Beim Stromverbrauch wird sowohl die Nutzung der privaten HH als auch gesondert der Bedarf der Pkw betrachtet.

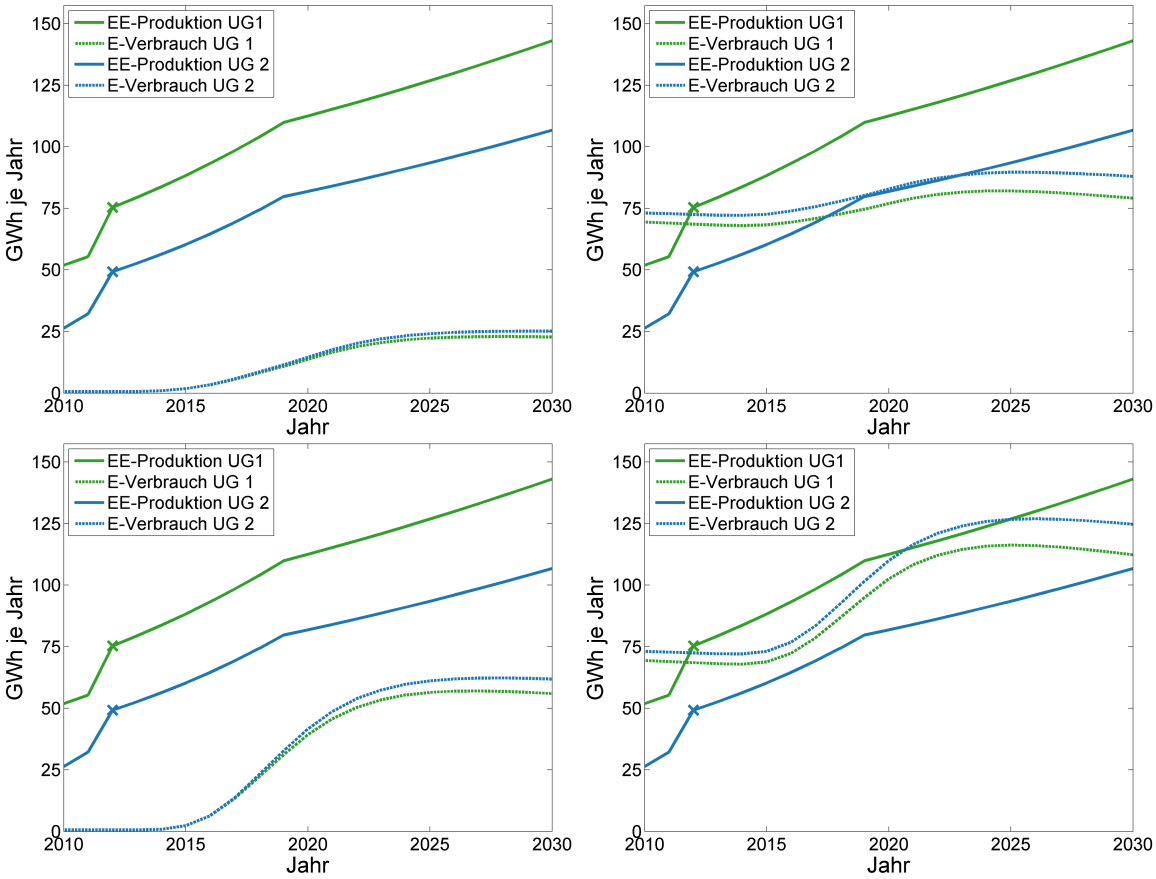


Abbildung 5.22: Entwicklung der EE-Produktion und EE-Verbrauch. Nur Stromverbrauch der Pkw (jeweils links) und mit Stromverbrauch der HH (jeweils rechts) sowie MoS (jeweils oben) und ExS (jeweils unten)

Im UG 1 beläuft sich der Jahresverbrauch der privaten Haushalte an elektrischer Energie im Basisjahr auf 68,8 GWh. Das UG 2 verbraucht im Jahr 2010 mit 72,5 GWh etwas mehr Strom. Bedingt durch die demographischen Prozesse in den Regionen werden sich die Bedarfe um -18,1 % auf dann 56,3 GWh (UG 1) und fast -13,3 % auf

62,8 GWh (UG 2) reduzieren. Im Durchschnitt verbraucht jeder Einwohner des UG 1 im Jahr 2010 rund 1.647 kWh und des UG 2 1.643 kWh an elektrischen Strom.

Für den Stromverbrauch der alternativen Antriebe wurde der Verbrauch der EV (zu 100 %), der Stromanteil der HEV (60 %) und der Anteil der CNG Fahrzeuge der entstehen würde, wenn 100 % des CNG im PtG-Verfahren erzeugt würden, eingerechnet. Bei dieser Rechnung gehen Umwandlungsverluste von 46 % (siehe Block, 8.05.2014) ein. Insgesamt müssten im UG 1 im MoS täglich 62.478 kWh und im UG 2 68.899 kWh Strom erzeugt werden. Im ExS sind es im UG 1 täglich 153.380 kWh und im UG 2 169.506 kWh, die aus der Kombination Energiegewinnung und Umwandlung produziert werden müssten. Die Tabelle 5.11 vergleicht die Produktion EE im Jahr 2030 in den UG mit dem Kraftstoffverbrauch von EV, HEV und CNG auf Grundlage der Szenarien MoS und ExS. Es wird ersichtlich, dass die benötigte elektrische Energie vor Ort erzeugt werden kann. Wird davon ausgegangen, dass eine PtG-Anlage am Tag 2.800 kg CNG produzieren kann (siehe Audi, 25.06.2013), würden im MoS für beide UG zwei Anlagen ausreichen. Im ExS würden schon fünf PtG beschriebener Anlagengröße benötigt.

Der entstehende direkte ökonomische Effekt und damit Beitrag zur regionalen Wertschöpfung wurde bereits in Tabelle 5.10 dargestellt.

Bei der Produktion durch EE wurden laut Annahmen der Modellrechnung im Jahr 2010 mindestens 51,9 GWh Strom im UG 1 bereitgestellt. Im UG 2 waren es 26,3 GWh. Diese Leistung wurde durch Windkraft-, Solar- und Biomasse-Anlagen realisiert. Durch die implementierte Zubaurate steigert sich die Produktion bis 2030 auf 143,1 GWh im UG 1 und 106,8 GWh im UG 2. Angesichts zurückliegender Zubauquoten erscheint dies in einem realistischen Bereich. Bei Solarstrom lagen die Quoten in den Jahren zwischen 2005 und 2010 immer über 30 %. In einigen Jahren verdoppelten sich zudem die Ertragszahlen. Bei Windkraft steigerte sich die Produktionsmenge im Zeitraum seit 2000 im Durchschnitt um 17 % und bei Biomasse um 28,4 % jährlich (siehe DGS, o. J.).

Tabelle 5.11: Vergleich der Energieproduktion und des Energieverbrauchs der alternativen Antriebe im Jahr 2030

Region		EE-Produktion in kWh/d	Energieverbrauch alternativer Antriebe in kWh/d	Deckung in %
MoS	UG 1	392.055	62.478	627,5
	UG 2	292.603	68.889	424,7
ExS	UG 1	392.055	153.380	255,6
	UG 2	292.603	169.506	172,6

In Abbildung 5.22 (oben) ist ersichtlich, dass im UG 1 bereits heute mehr Strom in EEA produziert wird als von den privaten Verbrauchern im Szenario „Mobilitätswende“ konsumiert wird. Gegen Mitte der 2020er Jahre wird dies auch im UG 2 der Fall sein. Für das „Extreme Szenario“ (siehe Abb. 5.22 unten) wird deutlich, dass im UG 1 trotz des enormen Anstiegs der alternativen Antriebe der Kraftstoffverbrauch über den gesamten Prognosezeitraum gedeckt werden kann. Für das UG 2 ist dies nach den getroffenen Annahmen nicht möglich. Hier übersteigt der Verbrauch die in der Region erzeugte Energiemenge.

Weiterhin ist ersichtlich, dass der Verbrauch an Kraftstoffen im Pkw-Sektor, die aus elektrischen Strom gewonnen werden können, im Vergleich zur Stromproduktion aus EEA im MoS nicht sonderlich ins Gewicht fallen. Somit entsteht trotz Einbeziehung des Verkehrssektors (im MoS) kaum zusätzlicher Bedarf an elektrischer Energie, die aus EE zu decken ist. Im UG 1 wird 2030 sechsmal mehr Strom produziert als für die alternativen Antriebe erforderlich wären. Im UG 2 liegt der Faktor bei vier. Im ExS liegt der Anteil der im Pkw-Sektor verbrauchten Energie am gesamten Energieverbrauch im Jahr 2030 im UG 1 bei rund 40 %. Im UG 2 liegt dieser Anteil bei knapp 60 %. Zu erwähnen ist hier, dass der Wirtschaftssektor nicht in die Rechnung eingegangen ist.

Es wird ersichtlich, dass mit steigendem Anteil alternativer Antriebe die Importe von fossilen Energieträgern reduziert werden können und gleichzeitig die lokale Wirtschaft unterstützt, die Wertschöpfung lokal zu halten. Damit kann mehr Unabhängigkeit vom Erdöl erreicht und die langfristige Versorgungssicherheit im Energiebereich verbessert werden. Eine zwingende Voraussetzung dafür stellt jedoch die lokale Energiewende dar. Diese besteht aus dem weiteren Ausbau der EE und der vermehrten Nutzung der PtG-Technologie.

5.2.7 Entwicklung CO_2-Emissionen

Ein Vergleich der aus dem Modell errechneten Pro-Kopf-Emissionen zu anderen Rechnungen (siehe Tab. 5.12), vor allem aus der Region, zeigt die Plausibilität der eigenen Daten. Da jeweils andere Sektoren oder Bereiche betrachtet werden, ist eine 100 %-ige Vergleichbarkeit zwar nicht gegeben, jedoch ist ersichtlich, dass die in der Arbeit berechneten Pro-Kopf-Werte niedriger liegen. Da diese nur die von den Fahrzeugen in den UG gefahrenen Emissionen widerspiegeln, erscheinen die Werte insgesamt als plausibel. In Abbildung 5.23 ist die Verteilung der Pkw-bedingten CO_2-Emissionen je Gemeinde und Jahr dargestellt. Ersichtlich ist, dass in den verstädterten Gemeinden Pro-Kopf weniger CO_2-Emissionen ausgestoßen werden. Dies liegt daran, das der MIV-Anteil in diesen Gebieten geringer ist.

Die Ergebnisse der Berechnung der CO_2-Emissionen auf Grundlage des MoS und des ExS verdeutlichen einen zunehmend umweltfreundlicheren MIV (siehe Anh. 8.4 bis 8.6). Dies liegt an dem steigenden Anteil an CNG, LPG, EV und HEV in der Modellrechnung. Abbildung 5.24 zeigt für die Szenarien eine zur Pkw-Marktentwicklung

Tabelle 5.12: Vergleich von CO_2-Emissionen je UG mit anderen Regionen

Stadt/Region	$t\ CO_2/a$	$t\ CO_2/(EW * a)$	Bilanzjahr	Bemerkungen
Ueckermünde	23.073	2,5	2012	im Verkehrssektor
Pasewalk	13.000	1,16	2012	im Pkw-Verkehr
Pasewalk (2. Rechnung)	20.500	1,83	2012	im Verkehrssektor
Greifswald	110.088	1,83	2008	im Verkehrssektor
Baden-Württemberg	19.792.000	1,84	2010	im Straßenverkehr
UG 1	57.357	1,37	2010	im MIV
UG 2	56.448	1,28	2010	im MIV

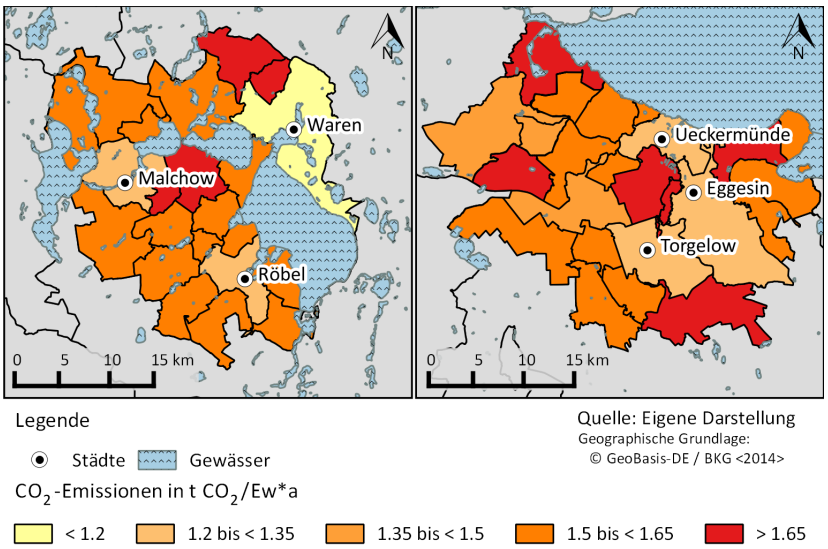


Abbildung 5.23: Pkw-bedingte CO_2-Emissionen je Gemeinde im Jahr 2010

umgekehrte S-förmige Kurve (siehe Abb. 5.16). Das gegen Ende des Betrachtungszeitraums der Graph bei den Pro-Kopf-CO_2-Emissionen im MoS wieder leicht ansteigt, liegt daran, dass die Bevölkerungsabnahme größer ist als die Reduktion der CO_2-Emissionen. Im ExS sinken die Pro-Kopf-CO_2-Emissionen im Betrachtungszeitraum um über -30,6 % in UG 1 und um -29,2 % im UG 2. Insgesamt werden täglich im „Extremen Szenario“ 2030 im MIV im UG 1 über 68,2 t CO_2 und im UG 2 mehr als 59,8 t CO_2 weniger emittiert als noch jeden Tag 2010. Bildlich dargestellt ergäben diese Zahlen jeweils einen Würfel von über 30 m Kantenlänge (bei 20°C, 1013 hPa) oder zirka die Abmessungen der Zentralen Universitätsbibliothek in Greifswald.

Betrachtet man die durchschnittlichen spezifischen Emissionen des Pkw-Bestandes über alle Gemeinden, so liegen die Werte im Jahr 2010 bei fast 176 g CO_2/km. Im MoS erreichen die Werte 2020 170 g CO_2/km und 2030 157 g CO_2/km. Im ExS sinken die

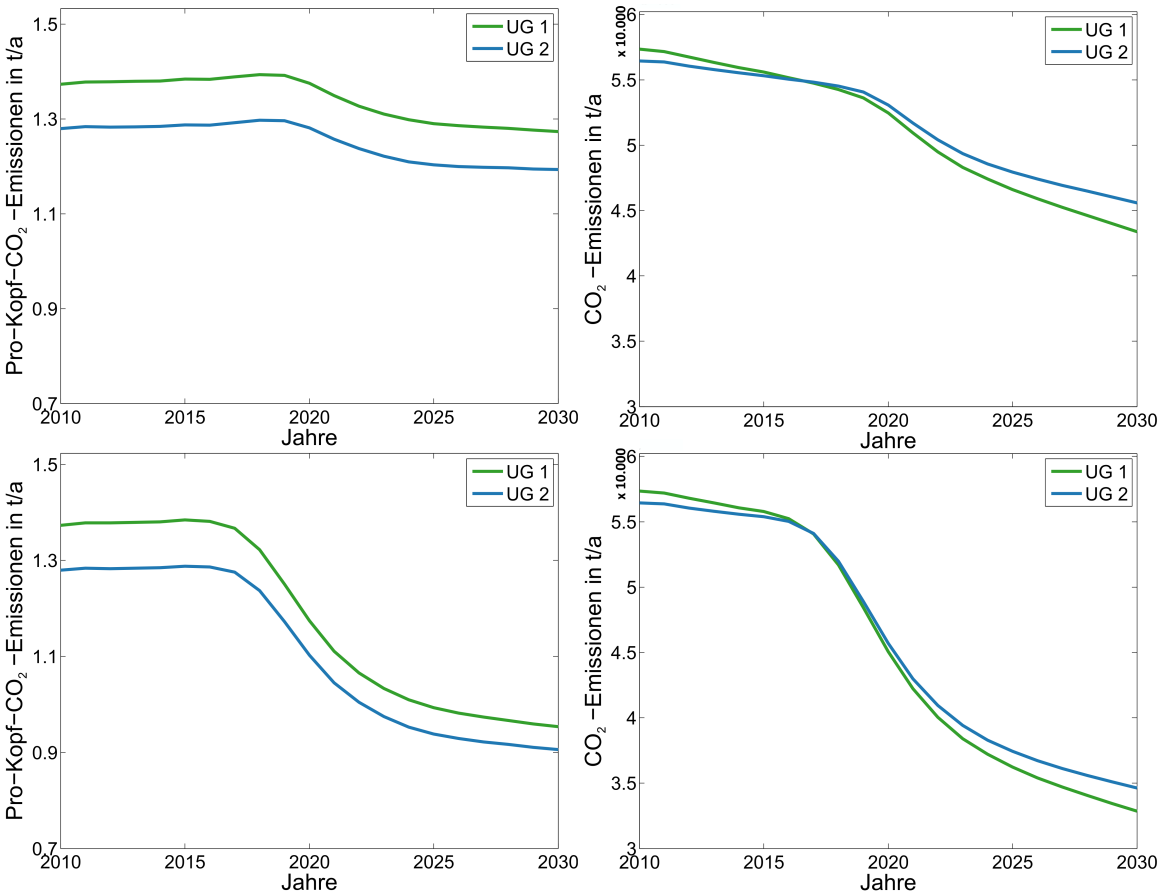


Abbildung 5.24: Entwicklung der Pro-Kopf-CO_2-Emissionen (jeweils links) und Entwicklung der CO_2-Emissionen im Pkw-Markt (jeweils rechts) je UG sowie MoS (jeweils oben) und ExS (jeweils unten)

spezifischen CO_2-Emissionen sogar auf 143 g CO_2/km im Jahr 2020 und 114 g CO_2/km im Jahr 2030. Allgemein bedeutet dies, je größer der Anteil an Elektro- und Hybridfahrzeugen, desto höher ist das Einsparpotenzial von Treibhausgasemissionen. Des Weiteren erscheint das langfristige Ziel der Europäischen Union von unter 95 g CO_2/km (vorerst in der Neuwagenflotte, Parlament und Europäische Union (23.04.2009)) in erreichbarer Entfernung.

Dass der benötigte elektrische Strom umweltfreundlich und vor Ort erzeugt werden kann, wurde bereits in Abschnitt 5.2.6 verdeutlicht.

Kapitelzusammenfassung

In diesem fünften Kapitel wurden sowohl die Modellannahmen, die dafür genutzten Quellen, als auch deren Ergebnisse dargestellt.

Neben der Modelbeschreibung wurden zu jedem Modul verschiedene Entwicklungsmöglichkeiten und Trends beschrieben sowie deren Chancen und Hindernisse aufgezeigt. Dies geschah zum Teil mit den aus den Interviews gewonnen Erkenntnissen. Nach Überprüfungen und Abgleichen mit zahlreichen Literaturquellen wurde schließlich der derzeitige Stand des Modells eingeführt.

Durch das Simulieren verschiedener Szenarien konnten unterschiedliche Entwicklungsmöglichkeiten abgebildet werden. Die demographischen Verhältnisse mit stark abnehmender Bevölkerungs- und Haushaltsanzahl und steigendem Durchschnittsalter bleiben in jedem Szenario gleich. Andererseits steigt die Summe der in den UG erzielten Einkommen. Die Anzahl der Pkw wird prozentual weniger stark abnehmen als die Anzahl der Bevölkerung. Dies führt zu einem Anstieg der Motorisierungsquote. Der aus den Interviews abgeleitete Bedeutungsgewinn des MIV ist aus den steigenden täglich Pro-Kopf zurückgelegten Kilometer im MIV in allen Szenarien ersichtlich. Auf der anderen Seite ist ein Anstieg der Kraftstoffpreise das wahrscheinlichste Szenario. Dies führt dazu, dass die Einwohner zukünftig mehr Geld für Mobilität ausgeben müssen. Bei Szenarien mit steigendem Anteil alternativer Antriebe wird die Steigerungsrate beim Mobilitätsbudget abgemildert. Falls lokal erzeugte Energie als Kraftstoffe verwendet werden, wird nicht nur die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern reduziert, sondern es verbleibt ein erheblicher finanzieller Vorteil in der Region. Abschließend konnte gezeigt werden, dass mit steigendem Anteil alternativer Antriebe, vorwiegend Elektromobile, ein bedeutender ökologischer Effekt eintritt, indem sich die lokalen CO_2-Emissionen verringern. Ein steigender Anteil alternativer Antriebe im Pkw-Segment hat soziale, ökonomische und ökologische Vorteile für die Regionen und die privaten Haushalte.

6 Optimierung der Verortung einer Ladeinfrastruktur für Elektromobilität

Das vorangegangene Kapitel zeigt auf, dass alternative Antriebe nachhaltige positive Veränderungen in den Regionen in Gang setzen können. Diese Antriebe machen einen Umbau oder eine Anpassung im Bereich der Betankungsinfrastruktur notwendig. Aus dem Abschnitt 2.2.3 ist bekannt, dass ein Mangel an entsprechenden Stationen existiert. Andererseits ist die Verkehrsinfrastruktur als eine Daseinsvorsorgeaufgabe des Staates zu verstehen (siehe 2.1.5), so dass eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden muss. Vor diesem Hintergrund einer flächenmäßigen Erschließung wurde ein GIS-gestütztes Werkzeug zur Optimierung der Standortfindung für Ladestationen entwickelt, welches über die anfänglich gestellten Forschungsfragen hinaus geht. Im Fokus steht die Frage, wo mögliche geeignete Standorte für Ladeinfrastrukturen im ländlichen Raum, außerhalb vom Laden an der heimischen Steckdose, zu finden sein sollten.

6.1 Ablauf der GIS-gestützten Standortfindung

Der Ablauf der GIS-gestützten Standortfindung ist in Abbildung 6.1 dargestellt. Die für die Berechnung erforderlichen Ausgangsdaten sind:

1. Die Gemeindefläche als Geodaten (Polygone)
2. Die Gebäude als Geodaten (Polygone)
3. Die Basisdaten über die Anzahl der Einwohner über verschiedene Jahre

Ebenfalls wären andere Basisdaten, wie zum Beispiel die Anzahl der Pkw in der Region, denkbar. Die Basisdaten entstammen der eigenen Modellierung. Diese liegen in Jahresscheiben bis zum Prognoseende vor. Innerhalb dieses Kapitels wird der Begriff Gemeindefläche oftmals mit Polygon synonym verwendet. Als Zieldaten für die grafische Umsetzung sind denkbar:

1. Ein Punktraster als Geodaten. Dazu wird ein einheitliches Punkteraster, mit einem Punkteabstand von 100 m, über die Gemeindefläche gelegt.
2. Infrastrukturen als Geodaten (Banken, Bildungseinrichtungen, Bushaltestellen, Tankstellen, Ärzte, Poststellen, etc.)
3. Straßen als Geodaten. Dies wird hier nur theoretisch betrachtet.

Im Ersten Schritt wird analysiert, in welchem Gebiet sich welches Gebäude befindet. Grundsätzlich ist die Anzahl und Verteilung der Gebäude aus den Geodaten bekannt. Anfangs werden die Daten anhand des ATKIS – Objektartenkatalog von nicht benötigten Gebäuden (nach GFK - Gebäudefunktionen) direkt im Programm bereinigt (Kriterien siehe Anh. 8.18). Im Anschluss wird zu jedem Gebäude dessen geometrischer

Schwerpunkt (Mittelpunkt) berechnet. Anschließend stellt ein „Punkt-in-Polygon“ Algorithmus, welcher von FINLEY (1998; 2006; 2007) entwickelt wurde, fest, in welchem Gebiet oder in welcher Gemeinde sich jedes Gebäude befindet. Nach erfolgreicher Implementierung wird der Algorithmus für das Untersuchungsgebiet ausgiebig getestet.

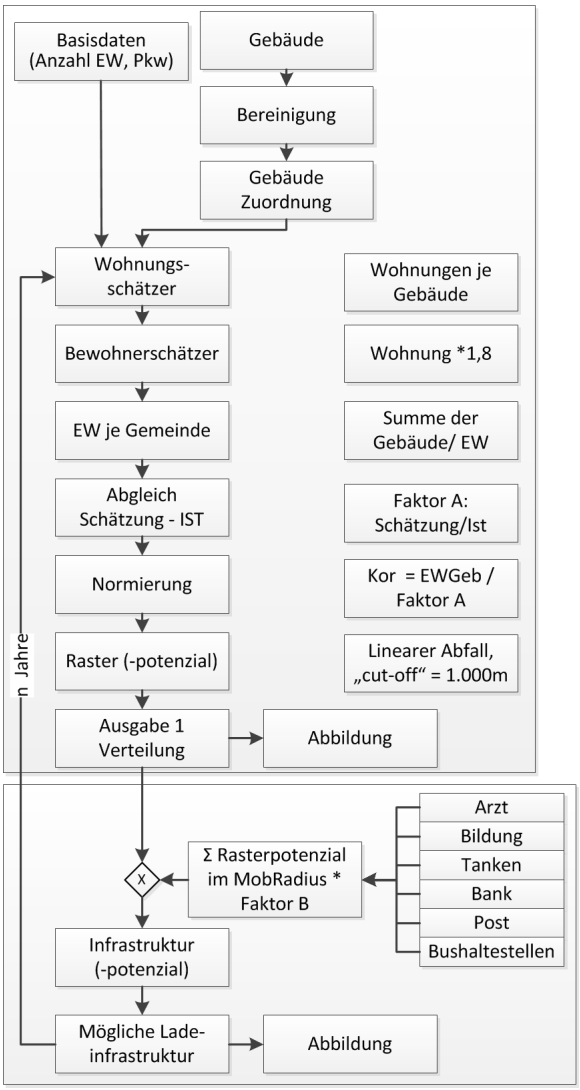


Abbildung 6.1: Schematischer Ablauf der GIS-gestützten Standortfindung für Ladesäulen

Zum Ersten wird in jede Untersuchungsgemeinde beispielhaft genau ein Punkt gelegt. Die Verteilung der Punkte erfolgt händisch, so dass sie anspruchsvoll in den UG liegen. Dementsprechend können sich die Testpunkte mal am Rand des Gemeindepolygons, mal genau in der Mitte und mal in einer Ausbuchtung befinden. In einem zweiten

Test wird ein neues Polygon an einer beliebig gewählten Stelle als „Loch“ in einem Polygon einer Untersuchungsgemeinde geschnitten. Trotz dieser Hindernisse konnte der Algorithmus die Punkte den richtigen Gemeinden zuordnen und hat die Tests bestanden.

Im Anschluss wird die Anzahl der Wohnungen je Gebäude über den folgenden festen Schlüssel auf Grundlage der Gebäudetypologie berechnet (Wohnungs- und Bewohnerschätzer). Es wird angenommen, dass ein Gebäudepolygon mit einer Grundfläche von 180 m^2 oder weniger ein Einfamilienhaus (EFH) ist. Ein Gebäude mit einer Grundfläche zwischen 180 und 400 m^2 ist ein Mehrfamilienhaus (MFH) mit zwei Wohnungen. Als dritte Typologie wird ein Gebäude mit einer Grundfläche von 400 m^2 und größer als Neubaublock angenommen. Bei diesem Typ wird die Grundfläche mit fünf, für die Anzahl an Stockwerken, multipliziert und anschließend durch 75, für eine durchschnittliche Wohnungsgröße (in m^2), dividiert. Diese Abgrenzung erfolgt in Anlehnung an die wichtigste Bauserie des Wohnbauprogramms der DDR, der Wohnbauserie 70 (WBS 70) (siehe dazu Hannemann, 2005, S. 175 ff.). Dieser Ablauf liefert eine berechnete Anzahl und Verteilung der Wohnungen. Im Anschluss wird jede Wohnung mit 1,8 - für eine durchschnittliche Wohnungsbelegung - multipliziert. Das Ergebnis ist die geschätzte Anzahl und Verteilung der Einwohner je Gemeinde. Da die berechnete Anzahl an Einwohnern teilweise von der tatsächlichen Anzahl abweicht, muss diese anhand der „realen“ Potenziale oder Werte „normalisiert“ werden.

Für die Normierung wird ein Faktor (Faktor A) aus der Berechnung und dem tatsächlichen Ist-Wert im jeweiligen Betrachtungsjahr (n) berechnet.

$$A_n = \frac{Schätzung_n}{Ist\text{-}Wert_n} \tag{6.1}$$

Im Anschluss wird dieser Faktor$_A$ genutzt, um die Verteilung der Einwohner in der Gemeinde über die berechneten Einwohner je Wohnungen zu korrigieren.

$$EWKorrektur_n = \frac{EW(je\ Wohnung)}{A} \tag{6.2}$$

Nun liegen die Anzahl und Verteilung der Personen berechnet und normalisiert aus der Anzahl der Wohnungen und der tatsächlichen Bevölkerungsanzahl als Potenzialwerte vor. Dies geschieht für alle Bevölkerungsstände der verschiedenen Jahre, welche aus dem Modell stammen.

Die Abbildung dieser Potenziale auf die Zieldaten, unter Betrachtung bestimmter Einzugsgebiete, stellt den nächsten Arbeitsschritt dar. Als Potenzial, also „Gewicht“, werden die Basisdaten (Einwohner der verschiedenen Jahre) benutzt. Als Vorbereitung wird ein regelmäßiges Punkteraster, als Vektordaten, über die UG gelegt. Als Genauigkeit (Abstand der Gittergröße) wird im Untersuchungsfall 100 Meter festgesetzt. Eine größere Genauigkeit ist zwar möglich, würde jedoch die Rechenzeit erhöhen und ist auf Grund der Betrachtungsskala nicht notwendig.

Als nächstes werden mögliche Einzugsgebiete für jeden Punkt des Punktrasters, also Abfalllängen, deklariert. Aktuell wird mit einem linearen Abfall gerechnet. Dabei wird die Maximalgrenze („cut off“) bei 1.000 m gesetzt. Das heißt, alle Einwohner in Gebäuden außerhalb dieses cut off gehen für den betrachteten Gitterpunkt nicht ein. Weitere denkbare, jedoch hier nicht betrachtete Einzugsgebiete könnten mit einem gaußverteilten oder einem festen Abfall implementiert werden. Ebenfalls könnten die Zieldaten auf digitalisierte Linien, also beispielsweise auf eine Straße, abgebildet werden. Dies wird im vorliegenden Fall auf Grund der schlechteren visuellen Sichtbarkeit nicht weiter verfolgt. Theoretisch müssten dazu jedoch die Straßenabschnitte auf bestimmte, „genormte“ Längen normalisiert werden. Daran anschließend kann das Bevölkerungspotenzial ähnlich wie auf den Gitterpunkten unter bestimmten Einzugsgebieten berechnet werden.

Als Zwischenergebnis erhält man ein Punkteraster in dem jeder Punkt einen Wert entsprechend seiner Gewichtung anhand der Basisdaten darstellt.

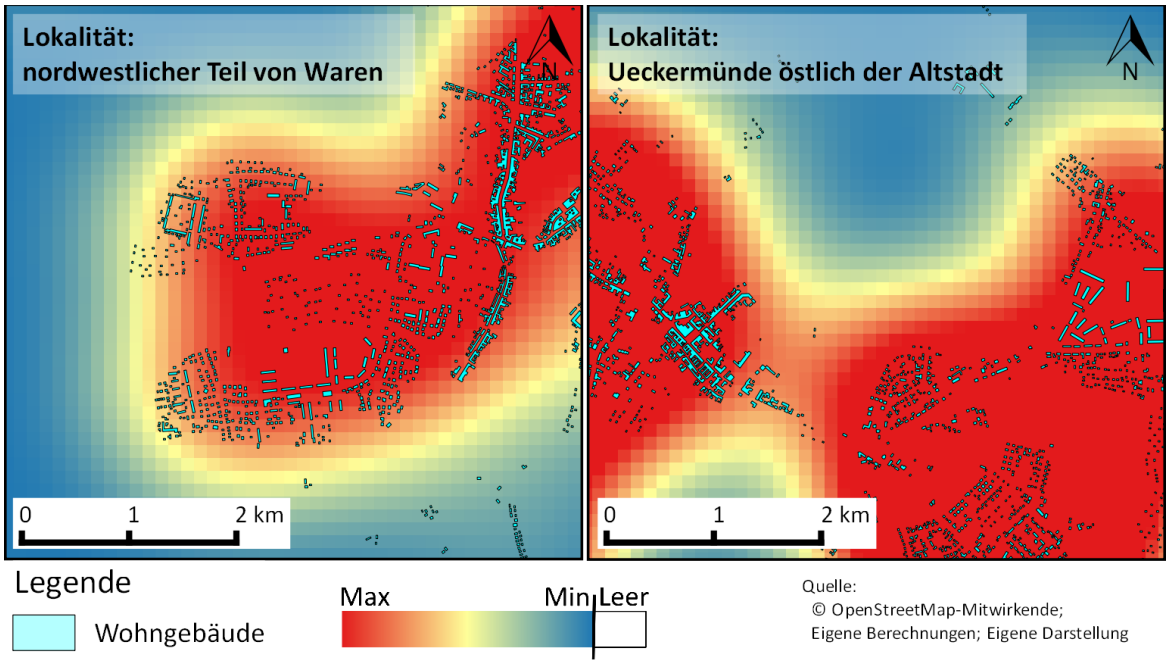


Abbildung 6.2: Bevölkerungspotenzial, Errechnete Verteilung der Bevölkerung, beispielhaft kleinräumig dargestellt

Das Potenzial ändert sich im Laufe der Zeit, da es über die Bevölkerung abgebildet ist. Die Differenz ist auf Grund der zu geringen Unterschiede erst bei einem Hineinzoomen in einen bestimmten Teilbereich deutlich sichtbar (im Anhang 8.19 dargestellt).

Für die weitere Berechnung soll das Potenzial auf verschiedene Infrastrukturpunkte (Banken, Bildungseinrichtungen, Bushaltestellen, Tankstellen, Ärzte, Poststellen)

abgebildet werden. Die Herleitung dieser Zieldaten wird überwiegend aus dem frei nutzbaren Geodatenprojekt „openstreetmap.org“ (OSM, 2004) generiert. Dazu erfolgt der Download der Shapefiles für die Subregion Mecklenburg-Vorpommern von der Internetseite geofabrik.de (Geofabrik, 2014). Geofabrik produziert und aktualisiert Shapefiles in einer großen Auswahl auf Basis der OpenStreetMap Daten. Anschließend werden die verschiedenen Geodaten als Punktlayer in ein GIS geladen und anhand von Attributen aus der Attributtabelle nach dem Feld „type“ in die verschiedenen Kategorien gefiltert (siehe Tab. 6.1). Bei den Ärzten und bei den Tankstellen wurden die Daten durch Internetrecherche erstellt. Die Informationen über die Standorte Ärzte stammen konkret von Selbstauskünften der Ärzte bei der Kassenärztlichen Vereinigung Mecklenburg-Vorpommern (KVMV, o. J.). Die benötigten Lagekoordinaten werden aus den Adressdaten gewonnen.

Für die weitere Berechnung wird jeder Infrastruktur ein bestimmter Mobilitätsradius zugeordnet, der wiederum als cut off für sein Einzugsgebiet eingesetzt wird. Dieser wird anhand der wahrscheinlich häufigsten Verkehrsmittelwahl für die jeweilige Infrastruktur und der zumutbaren Entfernung festgesetzt. Ebenfalls wird ein Gewichtungsfaktor B, nach Bevölkerungsanteilen, aus der tatsächlichen Bevölkerung bestimmt. Dieser spiegelt das Nutzerpotenzial wider (siehe Tab. 6.1).

Tabelle 6.1: Herleitung der Infrastrukturdaten

Bereich	**Filter des Feldes „type“**	**Gewicht B**	**Radius in km**
Bus	bus_station, bus_stop	1,00	1,5
Arzt	Nicht über openstreetmap.org	1,25	10
Tankstellen	Nicht über openstreetmap.org	0,75	10
Bank	bank, atm	0,75	3
Bildung	school, kindergarten, library	0,25	10
Post	post_office, post_box	0,75	3

Im Anschluss wird zur Visualisierung eine heatmap mit Hilfe von QGIS erstellt.

6.2 Ergebnisse der Standortfindung

Vorab muss gesagt werde, dass Ladesäulen im öffentlichen Raum sehr teuer zu bauen sowie zu unterhalten sind und sich daher in nächster Zeit noch kaum wirtschaftlich rentieren werden (Lienkamp, 2012, S. 63). Es müssen also Standorte gefunden werden, an denen möglichst viele Menschen täglich vorbeikommen und agieren sowie an denen zugleich Synergien mit bereits bestehenden Infrastrukturen genutzt werden können. Außerdem dürfen diese Standorte nicht zu weit auseinander liegen, da die Reichweite

der Elektroautos unterhalb derjenigen von Fahrzeugen, die mit einem Verbrennungsmotor angetriebenen werden, liegt.

Mit dem gerade beschriebenen Ablauf (Abs. 6.1) soll an dieser Stelle eine erste Abschätzung erfolgen. Abbildung 6.3 versteht sich als Vorschlag für potenzielle Standorte von Tankstellen mit alternativen Kraftstoffen, im Speziellen Elektroladestationen. Bei der Auswahl wurde eine Reihe an Kriterien festgelegt die im Folgenden vorgestellt werden. Die Vorschläge orientieren sich in erster Linie am berechneten Infrastrukturpotenzial. Darüber hinaus sollte die nächste Elektroladestation nicht weiter als 30 km entfernt liegen, um die Angst vor dem „leeren Tank“ zu nehmen. Weiter wurde sich bewusst an dem bestehenden Tankstellennetz orientiert. In der Praxis sollte bei Ortschaften mit mehreren bestehenden Tankstellen der Tankstandort bevorzugt werden, welcher bereits mindestens eine alternative Kraftstoffart (CNG oder LPG) führt. Als weiteres Kriterium sollte die kleinräumige Lage eingehen. Bei nahe liegenden bestehenden Tankstandorten soll beispielsweise derjenige bevorzugt werden, welcher das höhere Infrastrukturpotenzial aufweist.

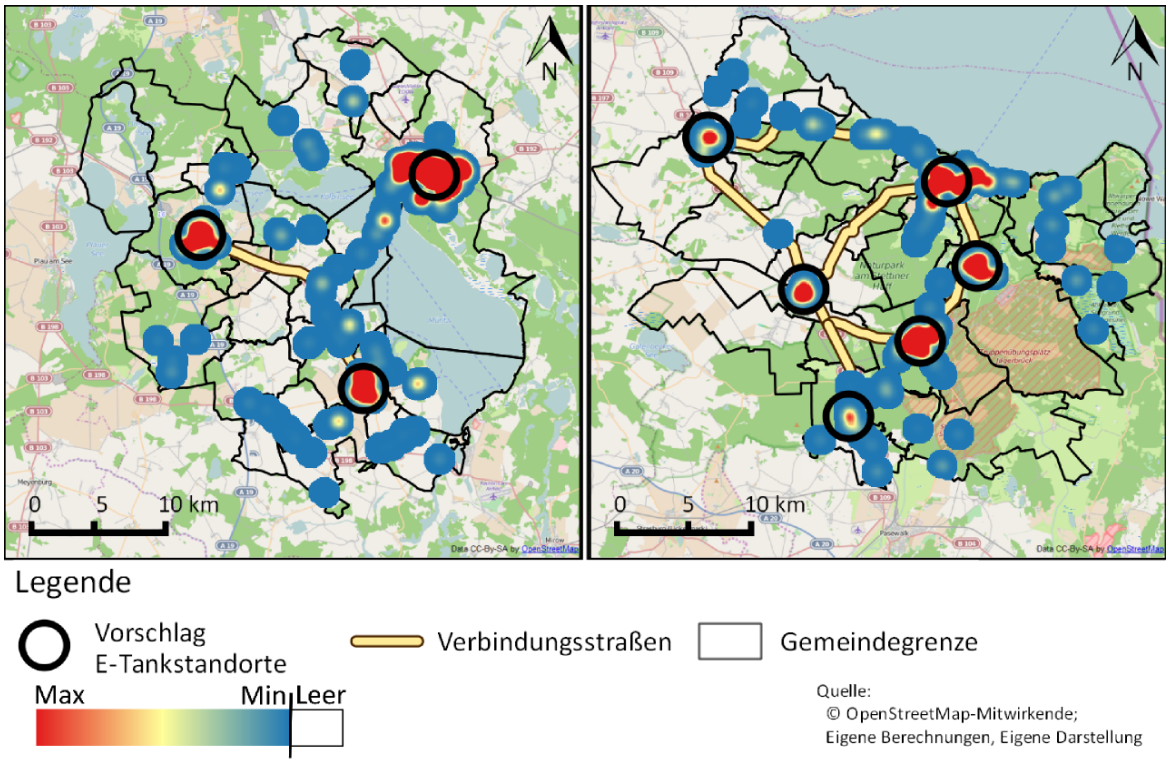


Abbildung 6.3: Potenzielle Standorte für E-Tankstellen im öffentlichen Raum

Das Ergebnis sind für das UG 1 insgesamt sechs Standorte und für das UG 2 drei Standorte. Lediglich in einem Ort (Jatznick im UG 1) müsste ein komplett neuer Hal-

tepunkt installiert werden. Dieser könnte jedoch strategisch günstig in der Nähe einer Arztpraxis, einer Bank und einem größeren Parkplatz aufgebaut werden.

Durch die für die Erreichbarkeit von Ladepunkten sehr vorteilhafte räumliche Struktur und die Konzentration der Bevölkerung in den Zentralen Orten, weist das UG 2 besonders geeignete Strukturen zum Aufbau einer Ladeinfrastruktur auf. Im UG 1 verteilt sich eine ungefähr gleich große Menge an Menschen auf mehrere, aber dafür kleinere Ortschaften. Dies führt dazu, dass eine größere Anzahl an öffentlichen Ladestandorten benötigt wird.

Von dem nach striktem Anwenden des EU-Vorschlags geforderten zirka 70 Ladepunkten (siehe Abs. 2.2.3 und COM(2013) 18) ist dieser Ansatz noch weit entfernt. Mit diesen sechs beziehungsweise drei öffentlichen Ladepunkten ist jedoch flächenmäßig ein Großteil der UG abgedeckt. In Kombination mit dem hohen Anteil Elektrofahrzeuge, die an der heimischen Steckdose geladen werden können (DLR, 2008), stellt der Vorschlag somit ein Kompromiss zwischen Ausbauzielen, Kostenverträglichkeit und Flächendeckung dar. Gleichzeitig kann ein mögliches Zurückschrecken von Kunden auf Grund fehlender Ladeinfrastruktur beim Kauf eines E-Fahrzeugs abgemildert werden. Die Ergebnisse der Standortfindung sind als Vorschläge und nicht als Vorschriften zu verstehen, die bei der Umsetzung Gespräche mit den beteiligten Akteuren vor Ort erfordern.

Kapitelzusammenfassung

Der notwendige Aufbau oder die Anpassung der Betankungsinfrastruktur ist ein Kernbereich der Daseinsvorsorge. Deshalb wurde in diesem Kapitel das Problem der Standortfindung von Ladesäulen für E-Fahrzeuge in den UG behandelt. Hierzu wurden die vorangegangenen Ergebnisse der Arbeit genutzt. Es ist ein Werkzeug entwickelt worden, das potenzielle Standorte für Ladestationen finden kann. Im UG 1 wurden so insgesamt sechs Orte und im UG 2 drei Orte ausfindig gemacht, in denen öffentliche Ladestationen installiert werden sollten, um eine Marktdurchdringung von E-Fahrzeugen zu fördern und den zukünftigen Bedarf abzudecken. Der Vorschlag stellt einen Kompromiss zwischen Ausbauzielen, Kostenverträglichkeit und Flächenabdeckung dar. Das Werkzeug ist so angelegt, dass eine Übertragbarkeit auf andere Regionen gewährleistet ist.

7 Diskussion und Fazit

Im Folgenden wird die Arbeit eingeordnet und zusammengefasst sowie auf Möglichkeiten für künftige Forschungsvorhaben eingegangen.

Der erste Abschnitt wird das Modell hinsichtlich seiner technischen Ausgestaltung bewerten und weitere Entwicklungspotenziale aufzeigen. Anschließend wird auf Überschneidungen zwischen den Interviews und dem Modell eingegangen. Darauffolgend werden Verbesserungsmöglichkeiten des Werkzeugs zur Standortfindung für Ladestationen beschrieben. In Abschnitt 7.2 erfolgt eine abschließende inhaltliche Bewertung. Dazu werden die Forschungskomplexe erneut aufgegriffen und konkret beantwortet. Es wird der Erkenntnisgewinn der Arbeit herausgearbeitet sowie eine Erklärung für bestimmte Phänomene geliefert.

Gerade vor dem Hintergrund der regionalen Wertschöpfung ist es wünschenswert, dass im Rahmen dieser Arbeit entwickelte und an den spezifischen Kontext der Elektromobilität angepasste Modell durch weitere Validierungen und Monitoring zu bestätigen. Im Speziellen das Monitoring, in Kombination mit entsprechenden Publikationen, kann die Akzeptanz für die Einbindung alternativer Kraftstoffe erhöhen.

7.1 Kritische Einordnung des Modells

7.1.1 Bewertung und Verbesserungsmöglichkeiten des Modells

Mit Hilfe der Prognose- und Szenariotechnik wurden verschiedene (automobile) Zukunftsentwicklungen entworfen. Zu den Stärken des Modells zählt zweifelsohne, dass ausschließlich frei verfügbare Daten benutzt wurden. Ein Update der Daten und eine Anwendung auf eine neue Zeitskala ist mit wenig Aufwand realisierbar.

Auf der anderen Seite kann die Datenverfügbarkeit auch als eine Schwäche gesehen werden. Zum einen erschweren der sehr hohe Datenbedarf und die Beschaffung aktueller und aussagekräftiger Daten die Arbeit. Des Weiteren liegen viele Daten nicht auf Gemeindeebene vor. Die Struktur ist zu kleinteilig, als dass Daten auf dieser Ebene mit hoher Qualität erhoben werden. In solchen Fällen wurde auf Daten der nächst höheren administrativen Ebene zurückgegriffen oder plausible Annahmen getroffen. In einigen Fällen musste auf deutschlandweite Durchschnittswerte zurückgegriffen werden.

In jedem Fall wird das aufgestellte komplexe Modell seiner Bezeichnung gerecht, indem es zahlreiche unterschiedliche Daten miteinander in Beziehung setzt. Die Komplexität entsteht durch das Zusammenspiel der Daten. Diese setzt ein Verständnis und Gefühl für die Dimensionen der einzelnen Parameter voraus.

Bei der Bevölkerungsfortschreibung wurde sich einem in der Praxis gängigen Kohorten-Komponenten-Modell bedient. Die Annahmen wurden dabei aus der Vergangenheit abgeleitet. Ein limitierender Faktor für die Prognosesicherheit auf Gemeindeebene ist die geringe Größe der Einwohnerzahlen. Darüber hinaus wurden keine außerplanmäßigen Ereignisse, wie beispielsweise der Zuzug von Asylbewerbern, eingerechnet.

Die Ergebnisse der eigenen Berechnungen liegen jedoch in einer ähnlichen Größenordnung wie andere Modellrechnungen für die Untersuchungsgebiete. Aus diesem Grund wird die Zweckmäßigkeit der Methode angenommen.

Insbesondere im Modul Finanzen und der Errechnung der Einkommen für die privaten Haushalte könnte eine eigene detaillierte Berechnung auf Grundlage einer Arbeitsmarktprognose und der Entwicklung der Stundenlöhne erfolgen. Dem ist entgegen zu halten, dass Arbeitsmarktprognosen auf Gemeindeebene einen mindestens genauso großen Fehlerbalken besitzen wie die angewendete Methode mit einer altersspezifischen Quote für die Einkommensentwicklung.

Erweiterungen des Modells könnten durch eine feinere Untergliederung der Pkw Daten erfolgen. So könnte der Kraftstoffverbrauch noch weiter durch die Größe und das Alter der Fahrzeuge bestimmt werden. Dies könnte zu genaueren Aussagen führen. Auf der anderen Seite muss bei der ohnehin schon geringen Fallzahl an Pkw bedacht werden, ob es sich dann um „Scheinverbesserungen“ handelt.

Des Weiteren wäre eine Einbeziehung weiterer Antriebstechnologien, zum Beispiel Wasserstoff als Energieträger, erstrebenswert. Durch das Einbeziehen ganz neuer Technologien kann bereits im Vorfeld überprüft werden, inwiefern das Produkt technisch, ökologisch und ökonomisch in der Lage ist, sich am Markt und im Raum zu entfalten.

In jedem Fall bleibt das Modell eine Vereinfachung der realen komplexen Wirklichkeit. So muss sich bewusst gemacht werden, dass bestimmte Wechselwirkungen nicht oder nur zum Teil berücksichtigt wurden. An dieser Stelle soll wiederholt werden, dass die Ergebnisse lediglich eine mögliche Zukunft widerspiegeln. Wenn über diese Unsicherheiten Konsens besteht, dann sind Vorwürfe über den zum Teil zweifelhaften Ruf von Prognosen (siehe Hoppenbrock und Albrecht, 2009, S. 30) nicht haltbar. Das Modell liefert die sich aus den Fragestellungen ergebenen und gewünschten fundierten Diskussionsgrundlagen.

7.1.2 Überschneidung Interviews und Modell

Die errechnete Bevölkerungsabnahme im Modell ist stärker, als die von den Interviewpartnern prognostizierte Abnahme. Dies sollte aber nicht als Schwäche des Modells angesehen werden. Die meisten anderen Modellrechnungen für die Region gehen von ähnlichen Bevölkerungsentwicklungen aus. Aus diesem Grund sollte hinterfragt werden, ob nicht weitere Aufklärungsarbeit zur Tragweite und zu Auswirkungen des demographischen Wandels notwendig ist.

Im Bereich Mobilität gehen sowohl die befragten Experten als auch die Ergebnisse des Modells von weiter steigenden Kosten für Kraftstoffe und Mobilität aus. Diese Entwicklungsmöglichkeit ist ebenfalls in der Fachliteratur dominierend. Der dringende Handlungsbedarf wird so ersichtlich. Weiterhin wurde von den Akteuren ein zukünftiger Bedeutungsverlust des eigenen Pkw überwiegend zurückgewiesen. Dieser Umstand,

der gegen den bundesweiten Trend spricht, konnte bei der Führerscheinberechnung berücksichtigt werden.

In den Szenarien wurden Zukunftsvorstellungen mit einer Vielfalt an Antriebskonzepten entwickelt. Da in den Interviews vermehrt die Dynamik und Fortschrittlichkeit der ländlichen Räume thematisiert wurden, steht dies den Szenarien nicht entgegen.

7.1.3 Bewertung und Verbesserungsmöglichkeiten der Standortfindung

Ein Stärke der entwickelten Analyse ist die Reproduzier- und Wiederverwendbarkeit der Methodik. Sollten sich Einflussgrößen ändern, sich die Datengenauigkeit verbessern oder der Anwendungsort ändern, kann die Analyse ohne großen Aufwand an die neuen Anforderungen angepasst werden.

Für eine bessere Abschätzung der Bevölkerungsverteilung könnten genauere Gebäudeadressdaten mit genauen Hauskoordinaten benutzt werden. Dies würde zu einer genaueren Schätzung der Anzahl an Wohnungen führen. Ebenfalls könnten 3D Gebäudedaten zu einer besseren Abschätzung der Größe der Gebäude führen. Da diese Daten kostenpflichtig sind, wird sich hier auf das theoretische Funktionieren begrenzt. Ohnedies ist eine deutliche Verbesserung nicht zweifelsohne zu erwarten. Schließlich kann auch bei den Zieldaten eine genauere Datenbasis zu Verbesserungen führen. Die Einbeziehung genauerer und umfangreicher (vor allem mehr Bereiche) Infrastrukturdaten könnte zu einer Verschiebung einzelner Potenziale führen.

Eine Möglichkeit zur Verbesserung besteht ebenfalls, wenn ein Algorithmus implementiert wird, der zukünftige Gebäude und Infrastrukturstandorte mit einbezieht. Dies würde allerdings umfangreiches Wissen über zukünftige Bebauungspläne und erheblichen zeitlichen Aufwand bedeuten. Dieser kann gerade in Anbetracht einer Übertragbarkeit der Methode auf andere Gebiete nicht gewährleistet werden.

7.2 Abschließende inhaltliche Bewertung

Die Arbeit reiht sich in die jüngeren Ansätze der Verkehrsgeographie ein. So wird die verkehrsräumliche Mobilität der ländlichen Räume und die Aufrechterhaltung der Mobilität der Bürger im ländlichen Raum thematisiert. Ebenfalls werden die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Verkehrs in die interdisziplinäre Betrachtung einbezogen.

Auf globaler oder nationaler Ebene gibt es bereits eine Fülle an Verkehrsprognosen und Mobilitätsfortschreibungen. Der hier gewählte Ansatz bezieht sich auf ländlich periphere Räume. Demnach findet das entwickelte Modell in Schrumpfungsräumen Anwendung. Konkret wurde folgender erster Forschungskomplex in dieser Arbeit behandelt.

Welche Entwicklungsmöglichkeiten, Trends oder Szenarien privater Mobilitätsbedürfnisse, Verkehrsinfrastrukturen sowie Antriebstechniken sind in den ländlich peripheren Räumen kurz- und mittelfristig zu erwarten? Von welchen Hindernissen und Chancen aus ökonomischer, technologischer und demographischer Sicht werden die Dynamiken lokal bestimmt?

Genau diese lokalen Mobilitätsbedürfnisse und das Verkehrsverhalten wurden bestimmt und abgebildet. Darüber hinaus wurden mobilitätsrelevante Trends und Entwicklungen, im Speziellen in Bezug auf die Antriebstechnik, erfasst und analysiert. Ebenfalls wurden im Bereich der Mobilität vier Zukunftsszenarien erstellt, Konsequenzen beschrieben, Chancen und Risiken aufgezeigt sowie zukunftsfähige Lösungen entwickelt.

Als zentrale Erkenntnis bleibt festzuhalten, dass Strukturwandel, demographische Entwicklung und steigende Preise für Energieträger die Gewährleistung der verkehrsräumlichen Mobilität in weiten Teilen des ländlichen Raums zu einer immer größer werdenden Herausforderung machen. Von den Entscheidungsträgern in diesen Räumen werden diese sich abzeichnenden Veränderungen nur in Teilen erkannt. Das Zusammenwirken politischer, gesellschaftlicher, ökologischer und technologischer Veränderungsprozesse hat großen Einfluss auf die Mobilität und den Verkehr.

Insgesamt ist ersichtlich, dass in den UG die Bevölkerung weiter abnehmen und die Einkommen steigen werden. Dies bedeutet, dass nominal der private Konsum und die Verkehrsausgaben ebenfalls weiter steigen können. Die Erhöhungen im Bereich der privaten Kosten für Mobilität, im Speziellen des MIV, werden jedoch überdurchschnittlich ausfallen. Der Grund ist der wahrscheinlich rasant ansteigende Kraftstoffpreis. Auf der anderen Seite ist zu erwarten, dass durch Zentralisierung der Angebote der Daseinsvorsorge, des täglichen Bedarfs und der öffentlichen Einrichtungen, die täglich zurückgelegten Wege weiter steigen werden. Es entsteht also eine Diskrepanz zwischen Einsparungsversuchen der politisch administrativen Ebene und den steigenden Kosten für die privaten Haushalte. Ebenfalls ist ein Missverhältnis zwischen der im Durchschnitt immer älter werdenden Bevölkerung und der nicht bedarfsgerechten Ausgestaltung öffentlicher Verkehrsmittel in den ländlichsten Gemeinden zu erkennen. Die Träger steigender Belastungen und Aufwendungen der Raumüberwindung sind somit wieder die Bewohner der UG.

Um in diesen strukturschwachen Räumen Mobilität und somit Teilhabe am wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Leben zu erhalten, müssen in unserem Sozialstaat nachhaltige Lösungen gefunden werden. Die Steigerung des Anteils alternativer Antriebe im motorisierten Individualverkehr stellt eine Entwicklungsmöglichkeit und ein Lösungsweg dar. Die dafür notwendige Dynamik und Innovationskraft besitzen die Räume.

Dies führte zur Betrachtung des zweiten Forschungskomplexes.

> **Welche Rolle können alternative Antriebstechnologien, im Speziellen die Elektromobilität, in den Untersuchungsgebieten spielen? Wie könnten sich die verändernden Kosten für Mobilität und die durch Mobilität erzielten ökonomischen und ökologischen Effekte in den Regionen wandeln?**

Aufgezeigt wurde, dass durch den Systemverbund verschiedener Antriebstechnologien die Teuerungsrate bei den Kraftstoffen abgemildert werden kann. Aus diesem Grund kann die Individualmobilität, als Kernbereich der Daseinsvorsorge, für die Bewohner in einem bezahlbaren Rahmen bleiben. Die Frage, ob sich die Bewohner die höheren Anschaffungskosten für ein Elektroauto überhaupt leisten können, bleibt offen. Aufgezeigt wurde in jedem Fall, dass die Unterhaltskosten von Pkw auf Basis konventioneller Kraftstoffe weit schneller ansteigen werden und sich Pkw mit alternativen Antrieben bereits heute lohnen können.

Die Idee den MIV nachhaltiger und ökologischer zu gestalten erscheint notwendig. Bislang konnte sich keine alternative Kraftstoffart etablieren. Den ökologischen Vorteilen stehen zumeist ökonomische (Anschaffungspreis) und technische (geringe Reichweite) Nachteile gegenüber. Dabei erscheint es möglich, die Fahrzeuge mit lokal erzeugter Energie zu versorgen. Die Abhängigkeit von teuren fossilen Energieträgern wird reduziert und die für den ländlichen Raum wichtigen intraregionalen, ökonomischen Prozesse können verstärkt werden. Dabei müssen jedoch die kritischen Stimmen zum Ausbau der EE beachtet werden und regional angepasste Lösungen mit allen Akteuren gefunden werden.

Alternative Antriebstechnologien werden die konventionellen Kraftstoffe auch auf mittelfristige Sichtweise nicht verdrängen. Trotzdem ist von einer Diversifizierung des Kraftstoffmixes auszugehen. Die Einbindung der alternativen Energiequellen im Pkw-Markt, in Kombination mit EE, kann einen erheblichen Beitrag zur regionalen Wertschöpfung und zur Regionalentwicklung leisten. Die lokale Produktion von Kraftstoffen und deren Vermarktung kann ein zweites wirtschaftliches Standbein - im Speziellen für Landwirte - schaffen. Der Kern der regionalen ökonomischen Betrachtung besteht darin, dass der Strom aus den EEA der Region die Region selbst versorgt. Durch die Substitution der fossilen Energieträger wird nicht nur die Importabhängigkeit reduziert, sondern gleichzeitig endogene Potenziale der Regionen nutzbar gemacht. Ein Großteil der Kapitalflüsse verbleibt in der Region. Für die betrachteten strukturschwachen und von schrumpfungsprozessen gekennzeichneten ländlich peripheren Räume stellt die Mobilitätswende somit eine enorme Chance dar. Dies setzt aber eine radikale Strukturveränderung gegenüber heute voraus. Der Erfolg der Mobilitätswende hängt ähnlich wie bei der Energiewende davon ab, in wie weit es gelingt, die ländlichen Räume, deren Unternehmen und vor allem deren Menschen an der Wertschöpfung zu beteiligen.

Ebenfalls zeigt der Vergleich der CO_2-Bilanzen bei Erhöhung des Anteils alternativer Antriebe eine deutliche Reduktion der Emissionen. Somit ist auch aus ökologischen Gesichtspunkten ein positives Resümee zu ziehen.

Das Interesse der (lokalen) Energieproduzenten dürfte überwiegend wirtschaftlicher Natur sein. Aus diesem Gesichtspunkt spielt es keine Rolle, ob der Strom in das überregionale Netz eingespeist wird oder ob die Energie lokal verbraucht wird. Jedoch dürften die Gemeinden ein erhebliches Interesse daran haben, dass nicht nur die Gewerbesteuern der EE-Produzenten vor Ort gezahlt werden, sondern ebenfalls die Anzahl der Arbeitskräfte erhöht wird und die damit verdienten Einkommen in der Region verbleiben. Diese abzuleitenden sekundären Effekte für den Arbeitsmarkt, z. B. durch den Bau und die Wartung der PtG-Anlagen oder der Ladesäulen, werden hier nicht explizit betrachtet. Jedoch ist zu erwähnen, dass auch dies eine regional ökonomische Wirkung haben dürfte. Aus diesem Grund wird es den Gemeinden, also der Lokalpolitik, obliegen die Förderung der alternativen Antriebstechnologien zu bewerben und zu unterstützen. Darüber hinaus muss der Ausbau einer bedarfsgerechten Infrastruktur vorbereitet werden. Je besser es den lokalen Akteuren gelingt Unternehmen zu fördern und diese in Netzwerke einzubinden und je stärker Unternehmen sowie private Haushalte zu Investitionen in ihrer Region ermuntert werden, desto mehr können die ländlichen Räume von der Mobilitätswende profitieren.

Vor diesem Hintergrund birgt der Aufbau und die Nutzung EE im Verkehrssektor des ländlichen Raums ökologische, ökonomische sowie soziale Chancen. Anders ausgedrückt bedeutet dies einen dreifachen Vorteil: eine geringere monetäre Belastung für die Einwohner, einen höheren Anteil der Wertschöpfung in der Region durch den Anstoß endogener Effekte und weniger Ausstoß an CO_2, was somit vorteilhaft für das Klima ist. Die UG besitzen dabei gute Voraussetzungen den Wettbewerbsfaktor Mobilität als Chance für sich zu nutzen und die Attraktivität ihres Raums als Wohn- und Wirtschaftsstandort zu verbessern. Es kommt auf Weitsicht und entschlossenes Handeln der lokalen Akteure an.

Grundsätzlich lässt sich das in der Arbeit entwickelte Mobilitätsmodell auch auf andere Regionen übertragen, indem die entsprechenden Parameter und Daten angepasst werden.

8 Anhang

8.1 Interviewleitfaden

Vorbermerkung

Vor dem eigentlichen Interview erfolgte jeweils eine Vorstellung des Autors, eine kurze Erklärung des anstehenden Themas und der folgende technische Ablauf.

Hierzu zählte vor allem der Hinweis, dass alle erhobenen Daten vertraulich behandelt und nicht an Dritte übermittelt werden. Ebenfalls wurde erklärt, dass die wissenschaftliche Auswertung ausschließlich durch den Autor erfolgt und die Ergebnisse anonymisiert in die Forschungsarbeit eingesetzt werden.

Zunächst wurden für die Interviews jeweils 30 Minuten eingeplant. Am Ende lag die durchschnittliche Gesprächslänge bei etwa 40 Minuten. Die Gesamtzeit der Interviews beläuft sich auf über 17 Stunden.

Während der Gespräche wurde nach vorheriger Erlaubnisanfrage per Tonband mitgeschnitten und zusätzlich Notizen gemacht. Einige Teilnehmer baten darum, auf unmittelbare Mitschnitte oder Mitschriften zu verzichten. In diesen Fällen wurde im Anschluss ein Gedächnisprotokoll angefertigt. Zusätzlich wurden im direkten Anschluss an die Gespräche weitere Notizen zur allgemeinen Gesprächssituation gemacht. Bei den Interviews wurden einleitende Fragen gestellt, so dass dem Interviewpartner die Möglichkeit gegeben wurde gut in das Gespräch zu kommen. Ansonsten wurde der Fragenkatalog grob in die drei Abschnitte Mobilität und Verkehr, Infrastruktur und Daseinsvorsorge sowie Charakteristik der Region eingeteilt. Dabei wurde die Fragenabfolge variabel angelegt. Die offene Form der Befragung erlaubte es, einen Überblick über derzeitige Planungen und zukünftige Entwicklungen auf lokaler Ebene zu bekommen. Ebenfalls erlaubte die offene Interviewführung einen hohen Spielraum. So wurden die befragten Personen zu einer freien und ausführlichen Artikulation aufgefordert. Dies gewährleistete, dass möglicherweise sich aus dem Gespräch heraus ergebende Themen jederzeit weiter vertieft werden konnten.

Zur Auflockerung des Gespräches wurden den Gesprächspartnern eine Abbildung mit der demographischen Entwicklung der Vergangenheit sowie im Anschluss eine zweite Abbildung mit einer Fortschreibung vorgelegt. Aus der Diskussion über die Grafiken sollte der Wissensstand und die Akzeptanz für Veränderungen in der Bevölkerungsanzahl ermittelt werden.

Fragenkatalog

1. Welche Rollen spielen die Themen „regionale verkehrsräumliche Mobilität“ und „Daseinsvorsorge“ in Ihrem Tätigkeitsbereich? Was verbinden Sie mit diesen beiden Begriffen?

   _____

2. Wie beurteilen Sie das derzeitige Verkehrs- und Mobilitätsangebot für verschiedene Verkehrsmittel in Ihrer Gemeinde auf einer Skala von eins bis fünf (von eins optimal bis fünf stark verbesserungsfähig)? Denken Sie dabei auch an Spezifikationen, wie Sitzgelegenheiten neben Gehwegen, oder ausreichend Rastplätze an Straßen.
   Ausdruck Ankreuzmatrix hinlegen

3. Wie wird sich die Verkehrs- und Mobilitätssituation (Angebot und Nachfrage) Ihrer Meinung nach mittelfristig (2030) in der Region verändern?
   Zeit/Antwort abwarten; Falls keine Änderungen weiter mit Frage vier.

   a) Was sind Ihrer Meinung nach die Hauptgründe für die Änderungen?
      Bei keiner / zögerlicher Antwort erfolgt Vorgabe von Gründen.

      - Finanzen,

- Preisentwicklung (Benzin, ÖPV),
- Preisentwicklung (Konsum, Lebensmittel, Energie, Wasser),
- Demographische Entwicklung,
- Technologischer Fortschritt,
- Sonst.

b) Sehen Sie Handlungsbedarf?

- Ja. Wo, Was?
- Nein: Wieso nicht?

---

4. Wie beurteilen Sie die derzeitige Versorgungssituation mit Dingen des täglichen Bedarfs (Einkaufen, Schulen, ...) Ihrer Gemeinde? (von eins optimal bis fünf stark verbesserungsfähig)
Ausdruck Ankreuzmatrix hinlegen

5. Wie denken Sie, wird sich die Versorgungssituation mittelfristig (2030) in der Gemeinde / Region / Kreis / Wirkungsbereich verändern?
Zeit / Antwort abwarten

a) Was sind Ihrer Meinung nach die Hauptgründe für die Änderungen?
Bei keiner/zögerlicher Antwort erfolgt Vorgabe von Gründen.

- Finanzen,
- Preisentwicklung (Benzin, ÖPV),
- Preisentwicklung (Konsum, Lebensmittel, Energie, Wasser),
- Demographische Entwicklung,
- Technologischer Fortschritt,
- Sonst.

b) Sehen Sie Handlungsbedarf?

- Ja: Wo, Was?
- Nein: Wieso nicht?

Nächsten drei Fragen konkret zu Veränderungen; falls noch nicht bei Fragen drei bis fünf genannt.

6. Welche demographischen Veränderungen (2030) erwarten Sie?
Zeit / Antwort abwarten
Bild vorlegen und einzeichnen lassen.
Falls Änderungen erwartet werden; ansonsten weiter mit Frage neun.
Wie werden sich diese Änderungen auf:

- das Verkehrs- und Mobilitätsverhalten auswirken?
- die Versorgungssituation auswirken?

7. Welche (infra-)strukturellen Veränderungen (2030) erwarten Sie?
Zeit / Antwort abwarten
Auslastungsgrade von:

- Kindergärten,
- Schulen,
- Jugendclubs,
- Pflegeheimen,
- Busse und Bahnen

Wie werden sich diese Änderungen auf:

- das Verkehrs- und Mobilitätsverhalten auswirken?
- die Versorgungssituation auswirken?

8. Welche technologischen Veränderungen (2030) erwarten Sie?
Zeit / Antwort abwarten
Wie werden sich diese Änderungen auf:
   - das Verkehrs- und Mobilitätsverhalten auswirken?
   - die Versorgungssituation auswirken?

Ab hier weiter, falls Änderungen in Fragen drei bis acht beschrieben.

9. Wie gut ist Ihre Gemeinde auf die beschriebenen Änderungen vorbereitet? (von eins optimal bis fünf stark verbesserungsfähig)

10. Mit welchen Maßnahmen / Reaktionen müsste den gerade beschriebenen zukünftigen Änderungen in der Mobilität / in der Versorgung, gerade durch demographische, infrastrukturelle und technische Entwicklung, Rechnung getragen werden? Wo liegen bei Ihnen die Prioritäten / der dringendste Handlungsbedarf?
Zeit / Antwort abwarten
    a) Dauerhaft Dienstleistungen in die Gemeinde holen (Bürgerladen, Zeitbank, virtuelles Bürgerbüro, etc.),
    b) Mobile Dienstleistungen fördern (mobiler (Zahn-)Arzt, Bank, Post, Einkaufsladen),
    c) Nachhaltige Angebote ausbauen (Rufbus, Bürgerbus, Rad + Bus, Gruppentaxi),
    d) Aktive Seniorenpolitik betreiben (Wohnkonzepte, Seniorenheime, etc.),
    e) Sonstige.

11. Haben Sie bereits Erfahrungen in Ihrer Gemeinde mit diesen gerade genannten Maßnahmen gemacht?
    - Ja: Welche?
    - Nein: Wieso nicht?

    a) Gibt es Überlegungen hinsichtlich weiterer Maßnahmen bei Ihnen in der Gemeinde / Region / Kreis / Wirkungsbereich?
       - Ja: Welche?
       - Nein: Wieso nicht?

    b) Lässt sich ein verstärktes Zusammenarbeiten öffentlicher, privater und zivilgesellschaftlicher Akteure gerade im Hinblick auf Versorgung beobachten?

12. Wo sehen Sie Chancen zur (weiteren) Verbesserung der Mobilität in Ihrer Gemeinde?

13. Wo sehen Sie Hindernisse zur (weiteren) Verbesserung der Mobilität in Ihrer Gemeinde?

14. Wo sehen Sie Chancen zur (weiteren) Verbesserung der Versorgungsstrukturen in Ihrer Gemeinde?

15. Wo sehen Sie Hindernisse zur (weiteren) Verbesserung der Versorgungsstrukturen Ihrer Gemeinde?

16. Bestehen Kooperationen mit anderen Gemeinden / Region / Kreis / Unternehmen, um die Mobilität oder die Versorgung zu gewährleisten / zu verbessern?
    - Ja: Welche?
    - Nein: Wieso nicht?

17.
    - **Falls bei Fragen neun bis 12 noch keine nachhaltigen Angebote genannt wurden...**
      Welche Chancen sehen Sie, zukünftig nachhaltige Angebote (z. B. Elektromobilität, Car-Sharing, Sammeltaxi, Radstationen etc.) in Ihrer Gemeinde / Region / Kreis / Wirkungsbereich zu integrieren? Welche Infrastrukturen werden dafür nötig sein? Wer hat diese zu installieren?
    - **Falls bei Fragen neun bis 12 nachhaltige Angebote genannt wurden ...**
      Welche Chancen sehen Sie für eine Verbesserung der genannten nachhaltigen Angebote in Ihrer Gemeinde / Region / Kreis / Wirkungsbereich? Welche Infrastrukturen werden dafür nötig sein? Wer hat diese zu installieren?

18. Von wem müsste vorrangig die Initiative für eine Verbesserung der Mobilität in Ihrer Gemeinde / Region ausgehen?
    Zeit / Antwort abwarten
    - Bürger (Ehrenamt),
    - Vereine / Verbände,
    - Örtliche Politik / Verwaltung
    - Überörtliche Politik / Verwaltung
    - Wirtschaft

    a) Ist dieser Akteur bereits in der Lage diese Verbesserung herbeizuführen?
       - Nein: was müsste getan werden, um diesen in die Lage zu versetzen?

    b) Von wem müsste vorrangig die Initiative für eine Verbesserung der Versorgung in Ihrer Gemeinde / Region ausgehen?
       Zeit/Antwort abwarten
       - Bürger (Ehrenamt),
       - Vereine / Verbände,
       - Örtliche Politik / Verwaltung
       - Überörtliche Politik / Verwaltung
       - Wirtschaft

    c) Ist dieser Akteur bereits in der Lage diese Verbesserung herbeizuführen?
       - Nein: was müsste getan werden, um diesen in die Lage zu versetzen?

---

19. Die durchschnittlich monatlichen Haushaltsausgaben für die Teilnahme am Verkehr betrugen im Jahr 2010 14,2 % (= 319 €). Glauben Sie, dieser Satz liegt in Ihrer Gemeinde / Region höher oder niedriger?

20. Was für Dienstfahrzeuge besitzt Ihre Gemeinde?
    a) Was müsste getan werden, um interne (gemeindeeigene / betriebseigene), mit konventionellen Kraftstoffen angetriebene Fahrzeuge auf alternative Kraftstoffe umzurüsten?
    b) Würde eine Umrüstung von „außen / anderen“ registriert werden? Könnten Sie sich eine Imagewirkung vorstellen?

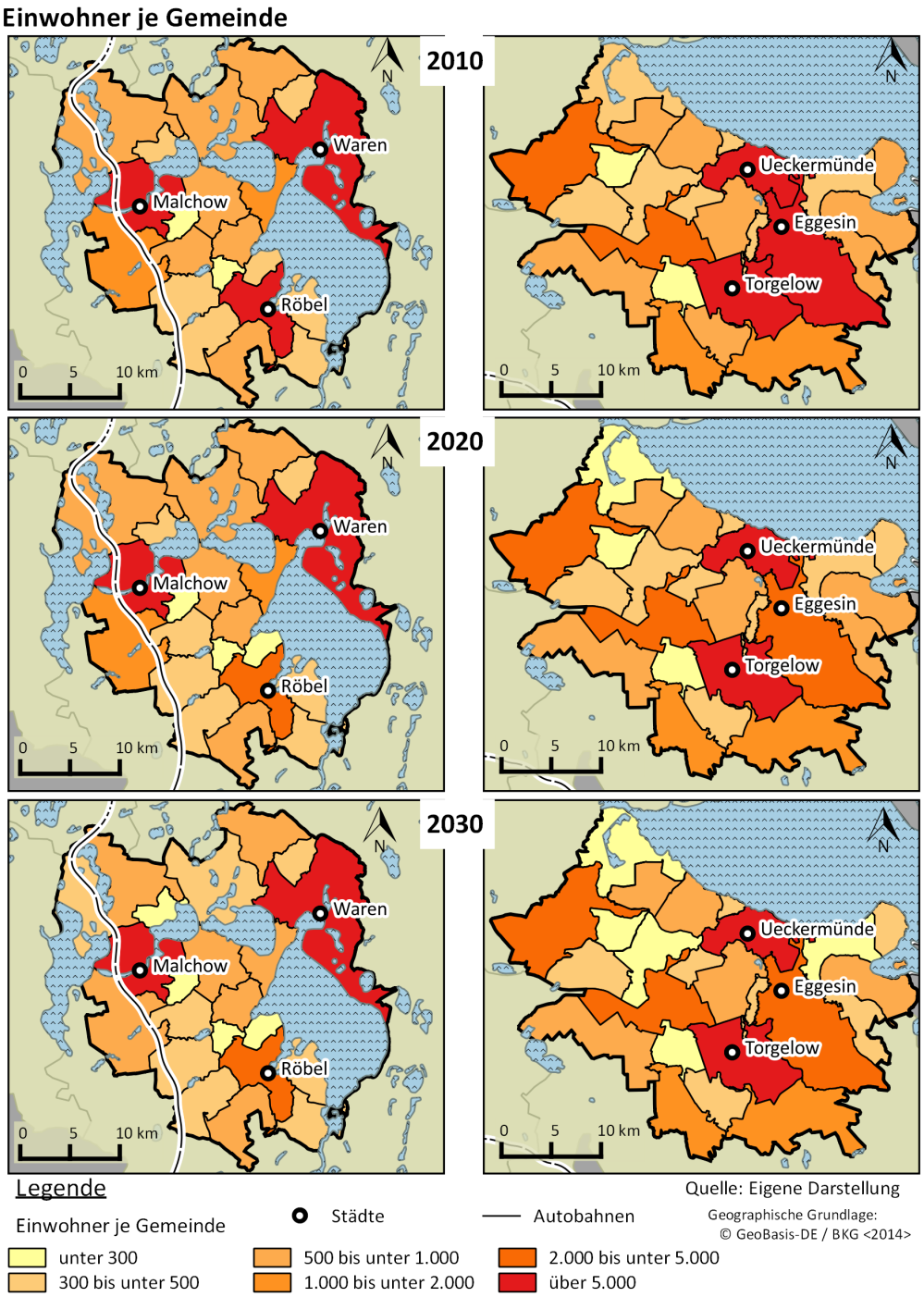
21. Könnten Sie sich persönlich vorstellen, einen Pkw auf Basis einer alternativen Kraftstoffform zu kaufen?
    - Ja: Was für eins? Welche Kraftstoffart?
    - Nein: Wieso nicht?

8.2 Transkriptionsregeln

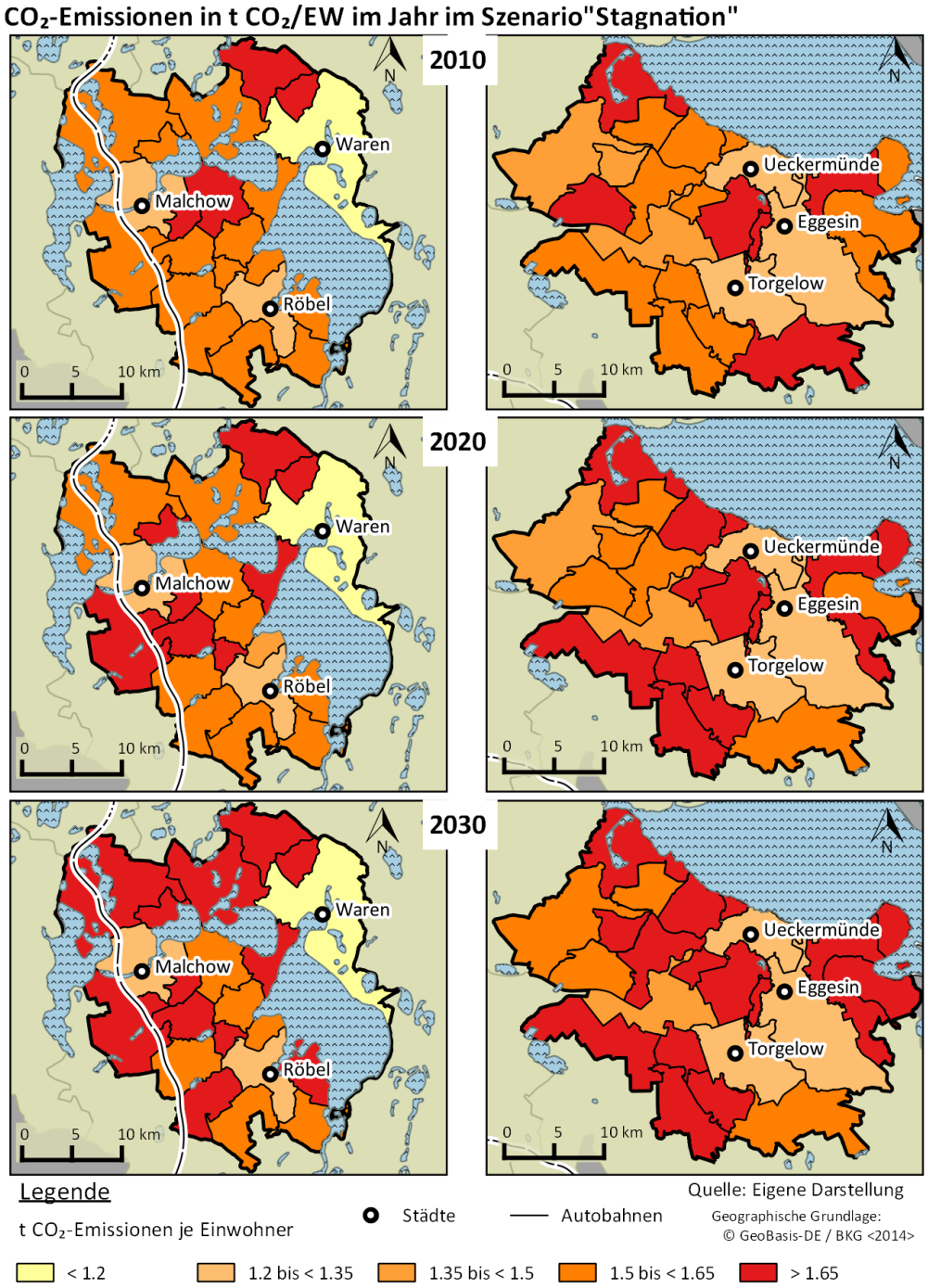
Angelehnt und angepasst nach Kuckartz (2010, S. 44)

1. Es wird wörtlich transkribiert, also nicht lautsprachlich oder zusammenfassend. Vorhandene Dialekte werden nicht mit transkribiert.
2. Die Sprache und Interpunktion wird leicht geglättet, d. h. an das Schriftdeutsch angenähert.
3. Alle Angaben, die einen Rückschluss auf eine befragte Person erlauben, werden anonymisiert.
4. Pausen werden durch zwei Auslassungspunkte („..“) und deutliche, längere Pausen durch drei Auslassungspunkte („...“) markiert.
5. Direkte Gedanken oder Anmerkungen, die während des Gesprächs verschriftlicht wurden und im Anschluss in das Protokoll eingegangen sind, werden durch [] markiert.
6. Ebenfalls unverständliche Passagen werden mit eckigen Klammern markiert. Vermutete Wörter oder Beschreibungen um was es geht, werden in die Klammern eingetragen. Die Zeit der unverständlichen Äußerungen wird notiert.
7. Zeiten von Gesprächsunterbrechungen werden notiert.
8. Zustimmende bzw. bestätigende Lautäußerungen der Experten (Mhm, Aha etc.) werden mit transkribiert, sofern sie den Redefluss der befragten Person nicht unterbrechen.
9. Lautäußerungen der befragten Person, die die Aussage unterstützen oder verdeutlichen (etwa Lachen oder Seufzen), werden in Klammern notiert.
10. Absätze der interviewten Person werden durch ein „Int“ und eine entsprechende Zahl für die Nummer des Interviewpartner gekennzeichnet, z. B. „Int6:“.
11. Absätze des Interviewführenden werden durch ein „HL:“ eingeleitet.
12. Jeder Sprecherwechsel wird durch die jeweiligen Kürzel gekennzeichnet.

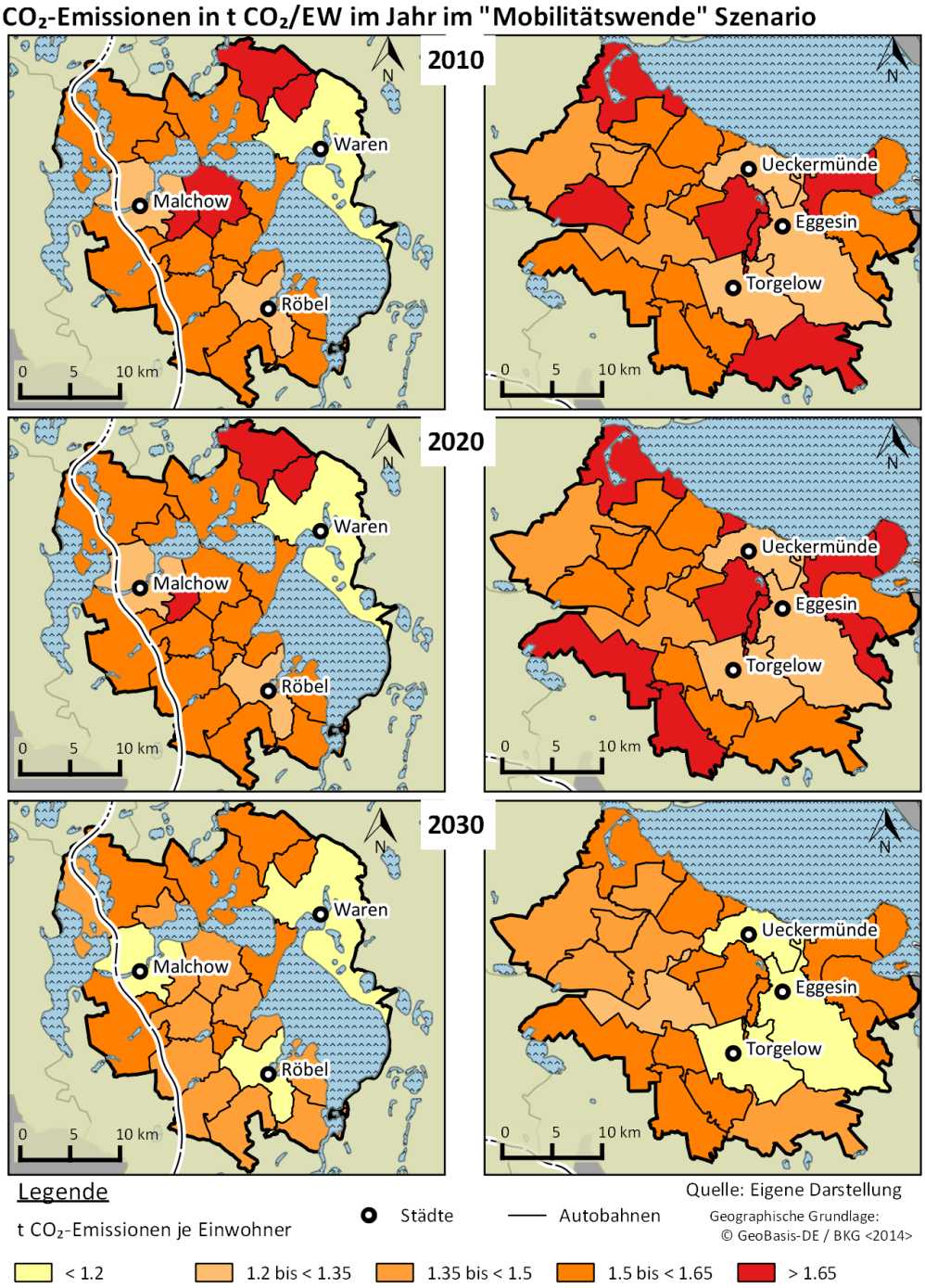
8.3 Einwohner je Gemeinde



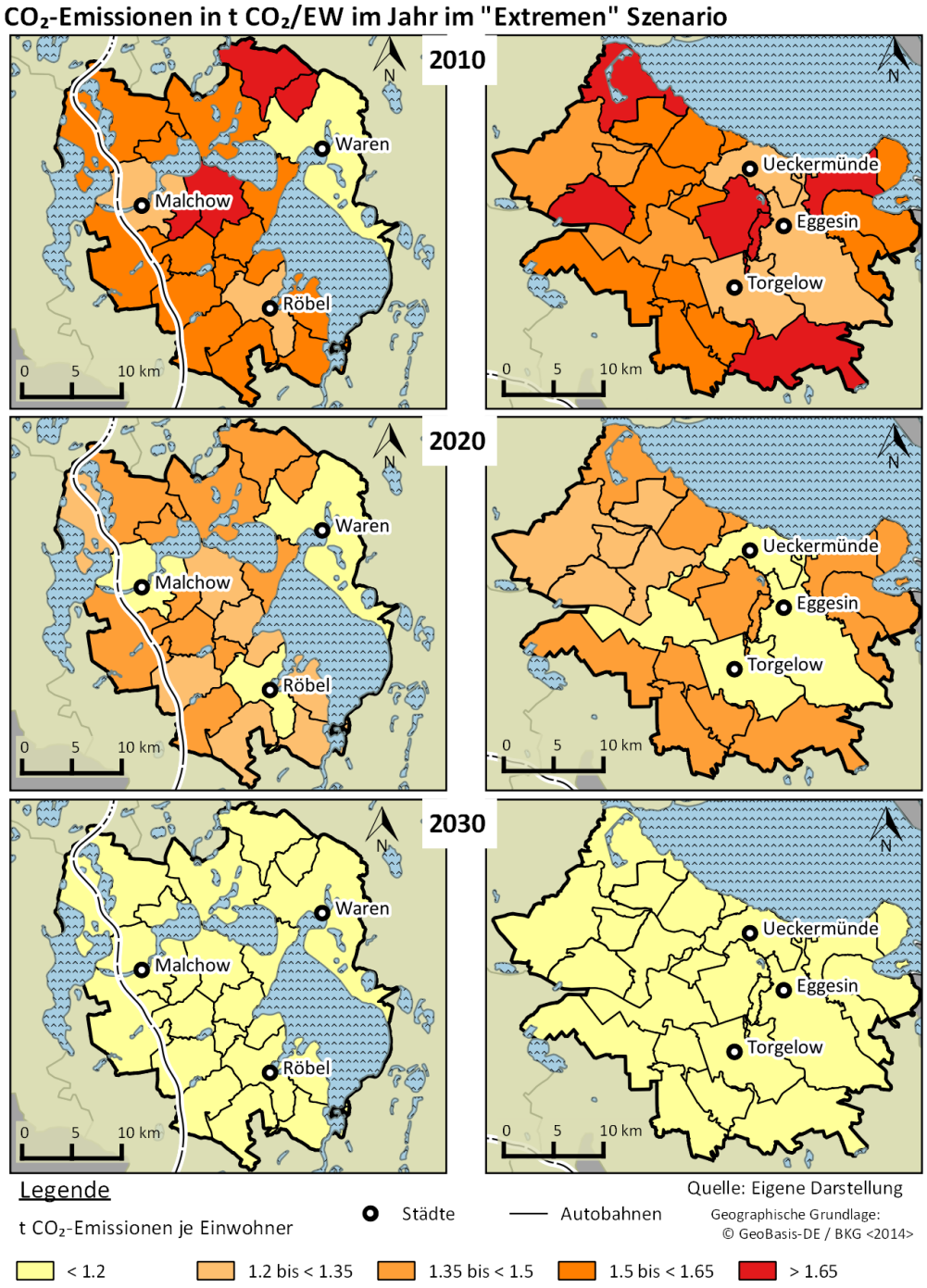
8.4 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „StS“



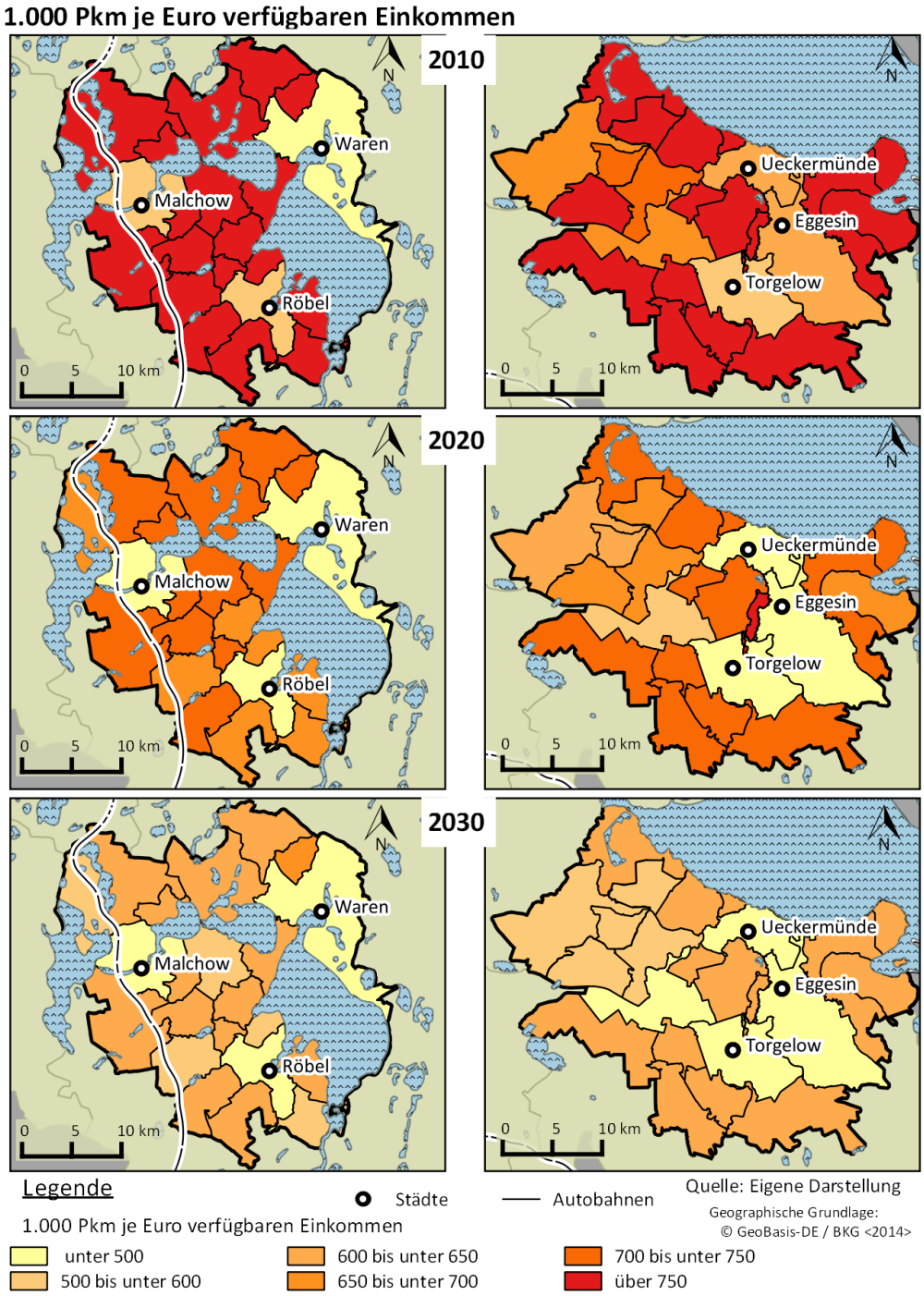
8.5 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „MoS“



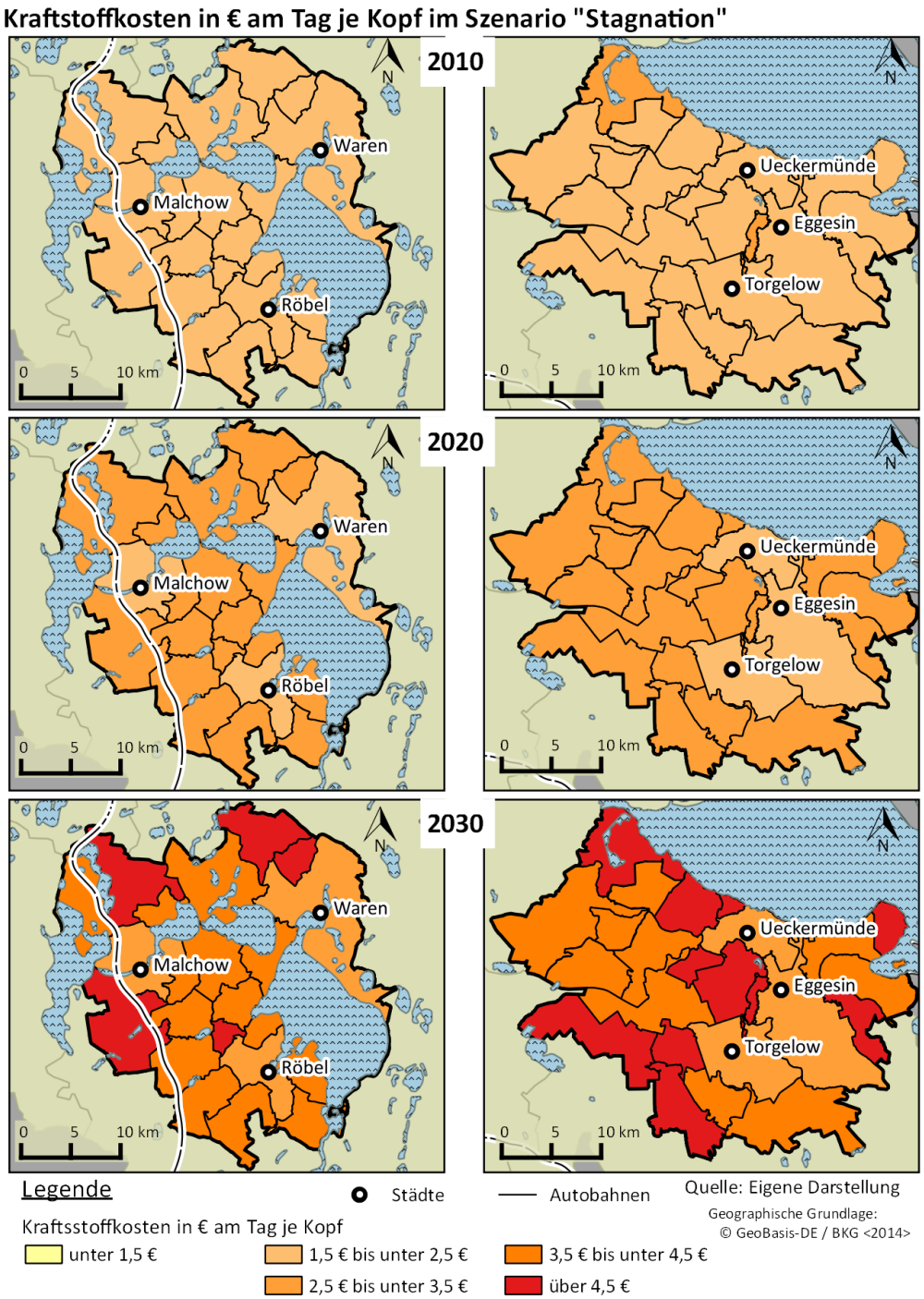
8.6 Verteilung der CO_2-Emissionen in t/EW; „ExS“



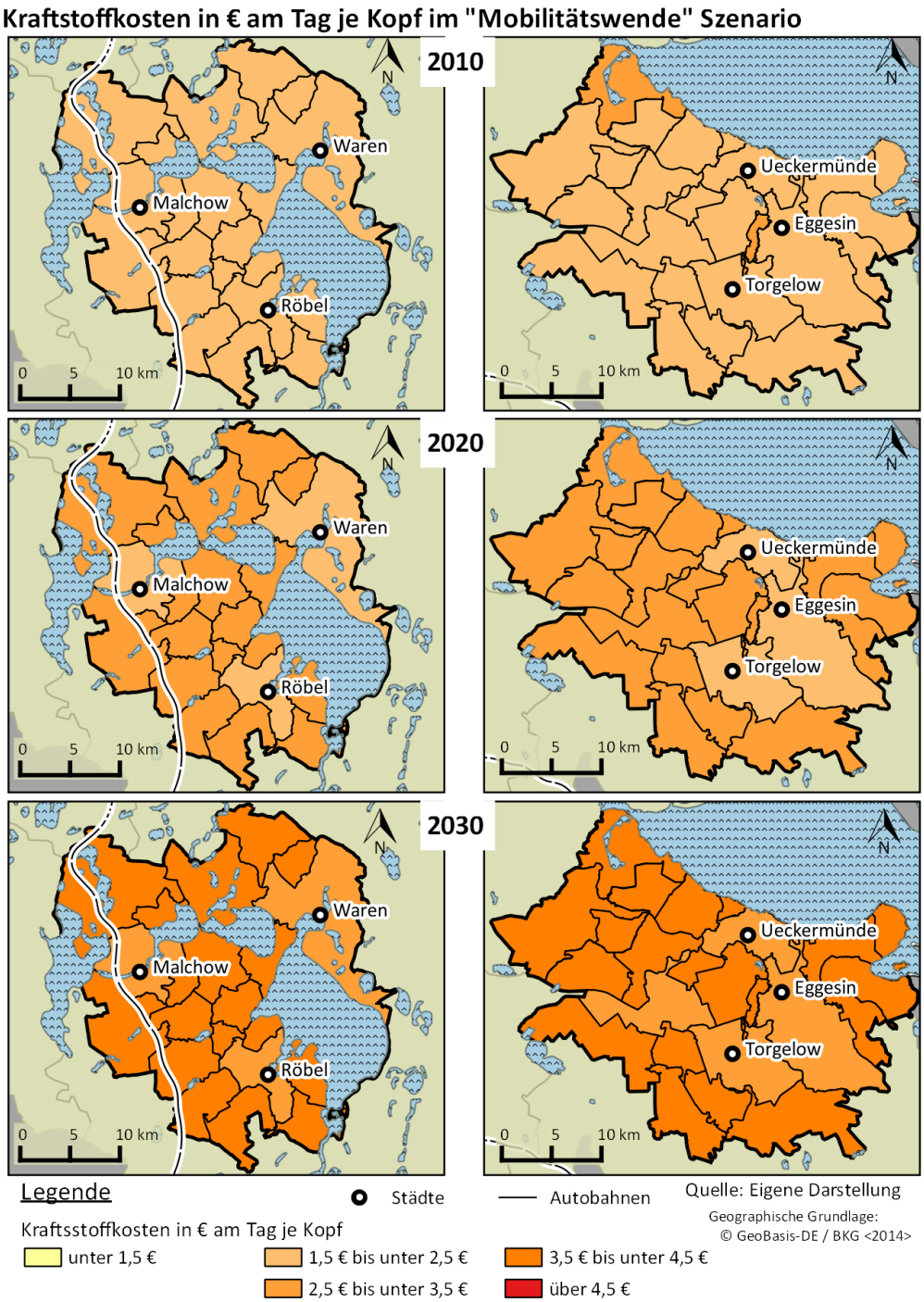
8.7 1.000 Pkm je € verfügbaren Einkommen



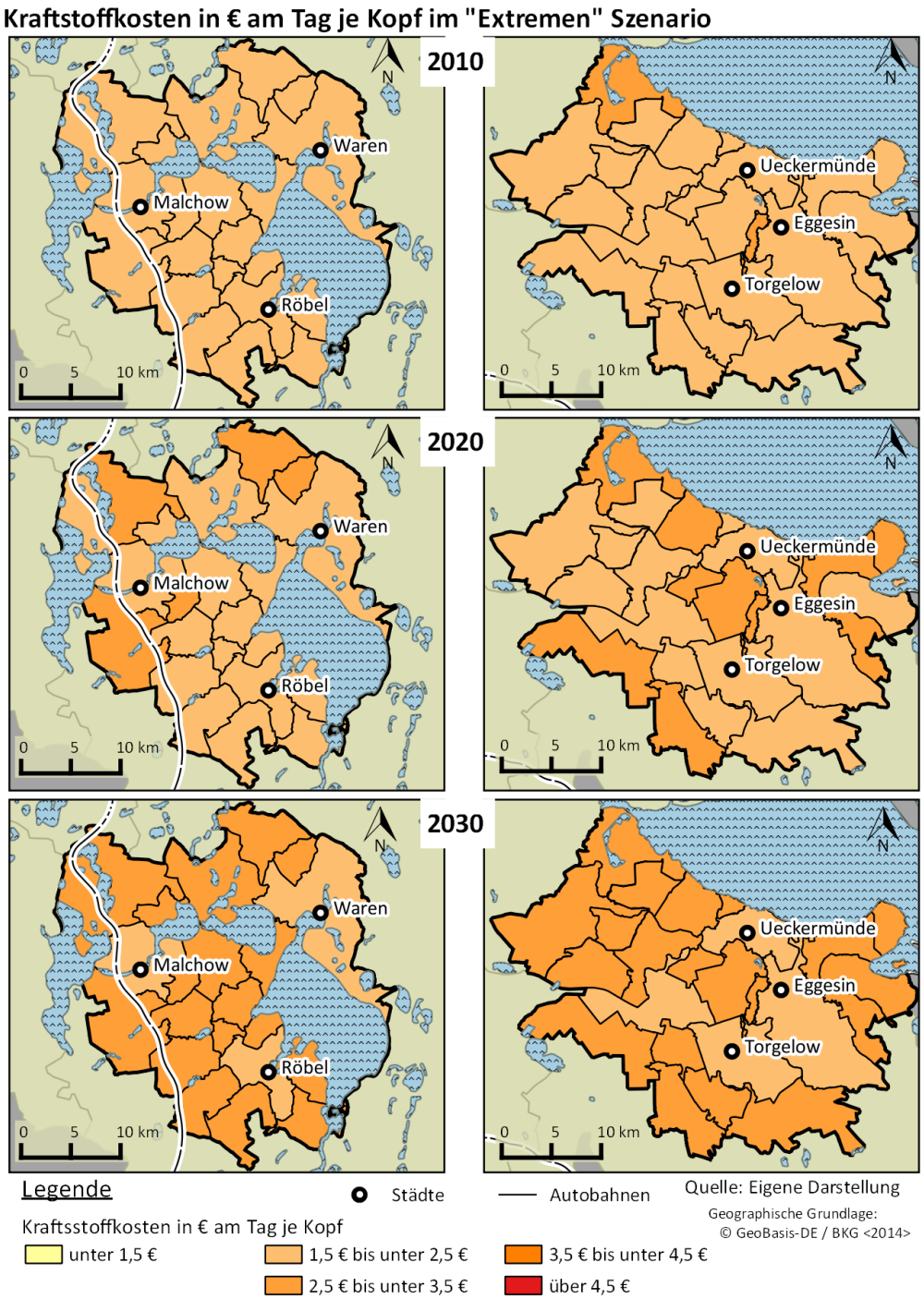
8.8 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „StS“



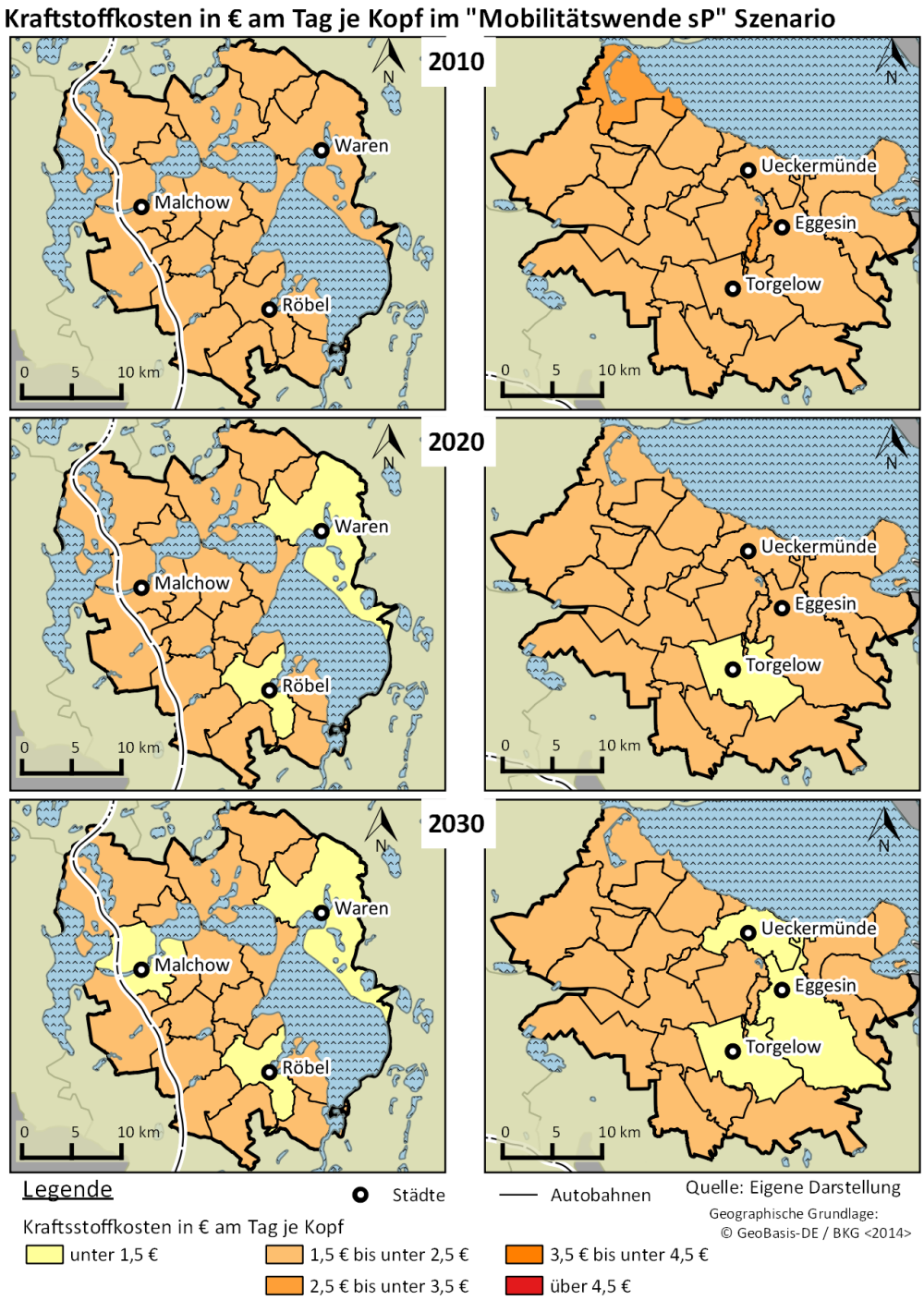
8.9 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „MoS“



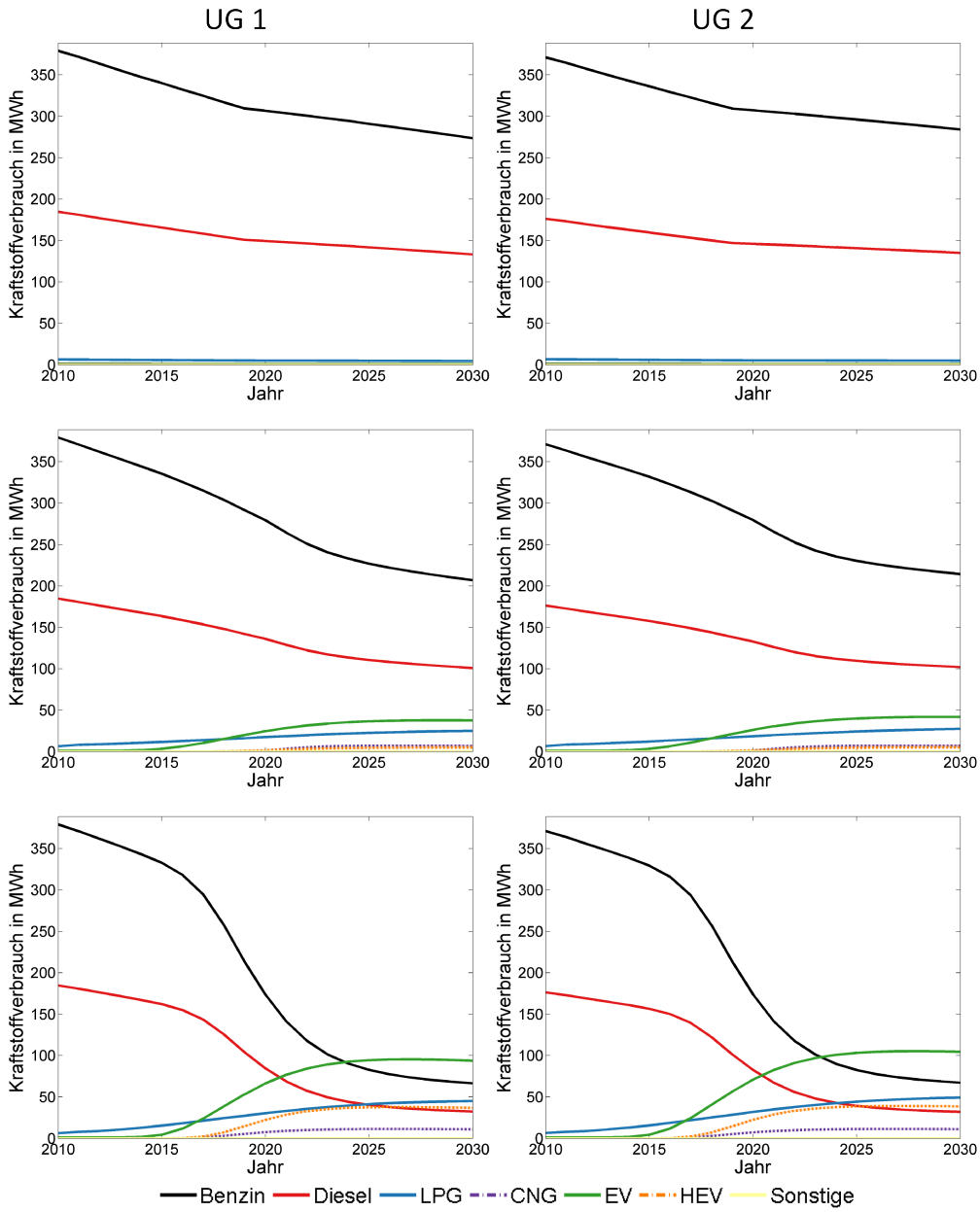
8.10 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „ExS“



8.11 Kraftstoffkosten in € am Tag je Kopf; „MoS sP“

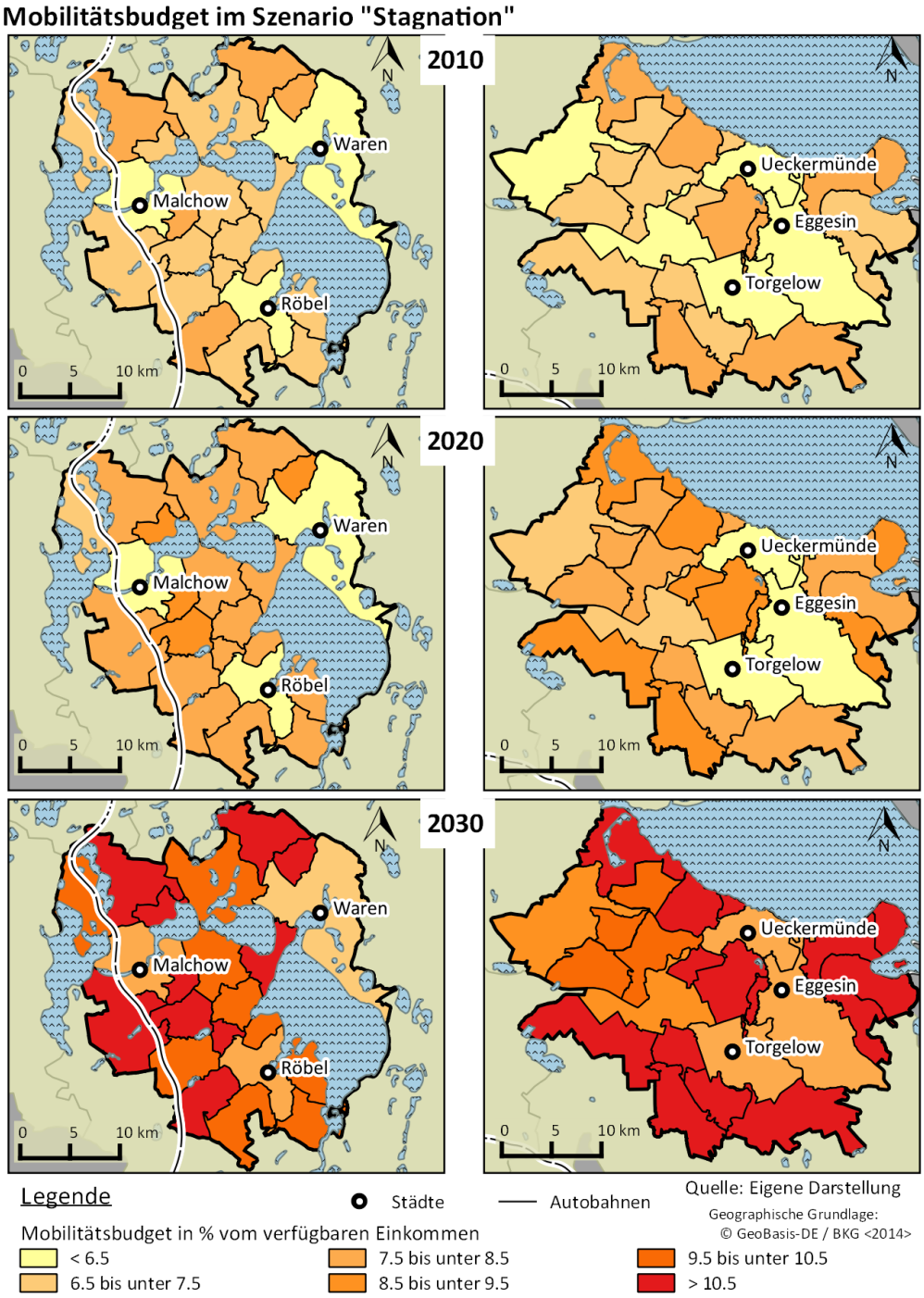


8.12 Kraftstoffverbrauch in MWh je Tag

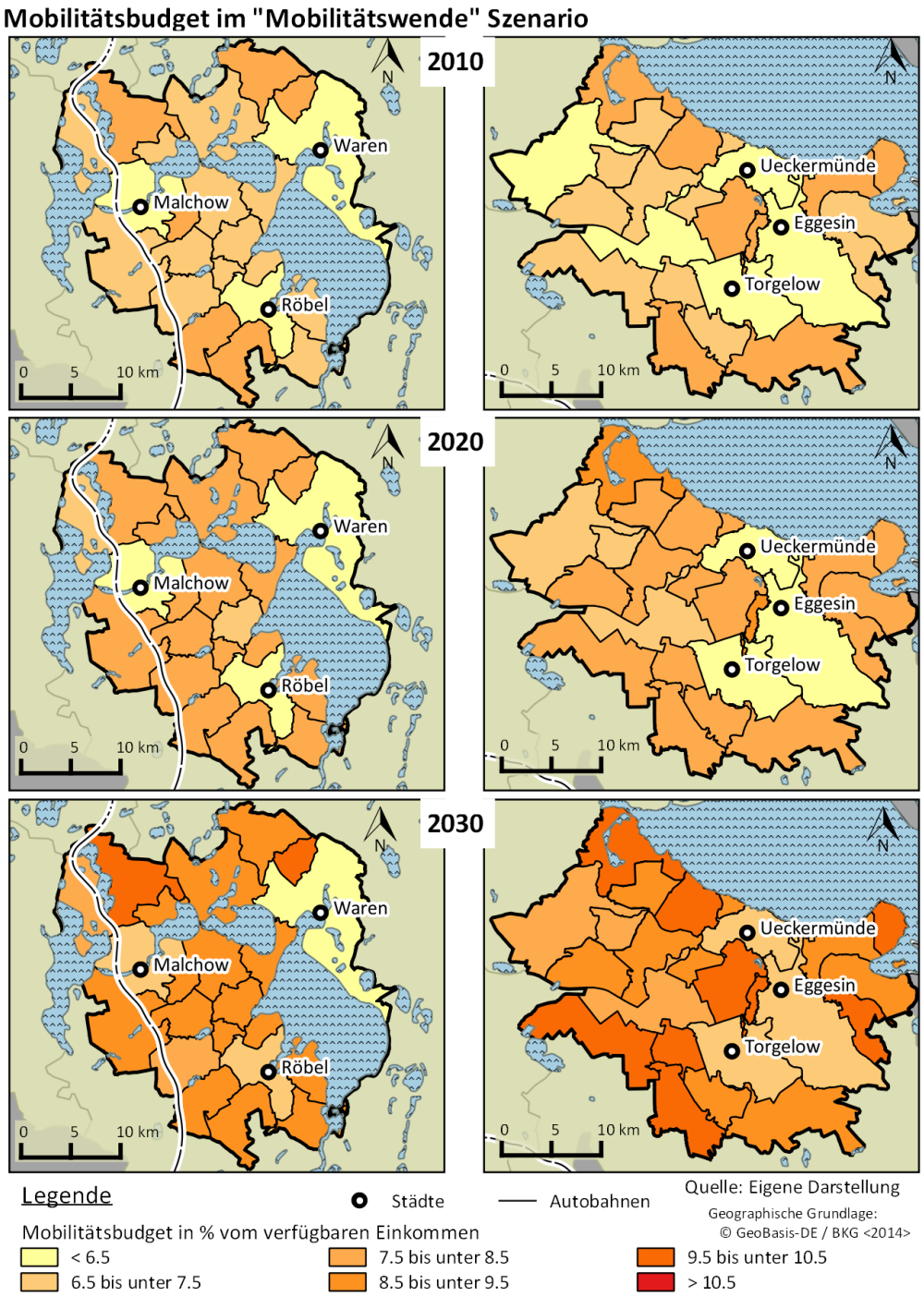


Die einzelnen Kraftstoffe wurden über die Heizwerte in kWh umgerechnet:					
Benzin:	8,9 kWh/l	Diesel:	9,8 kWh/l	LPG:	6,9 kWh/l
CNG:	13,893 kWh/kg	EV:	1 kWh/kWh	HEV:	(0,4*8,9 kWh/l)+(0,6*1 kWh/kWh)
Sonstige:	8,9 kWh/l				

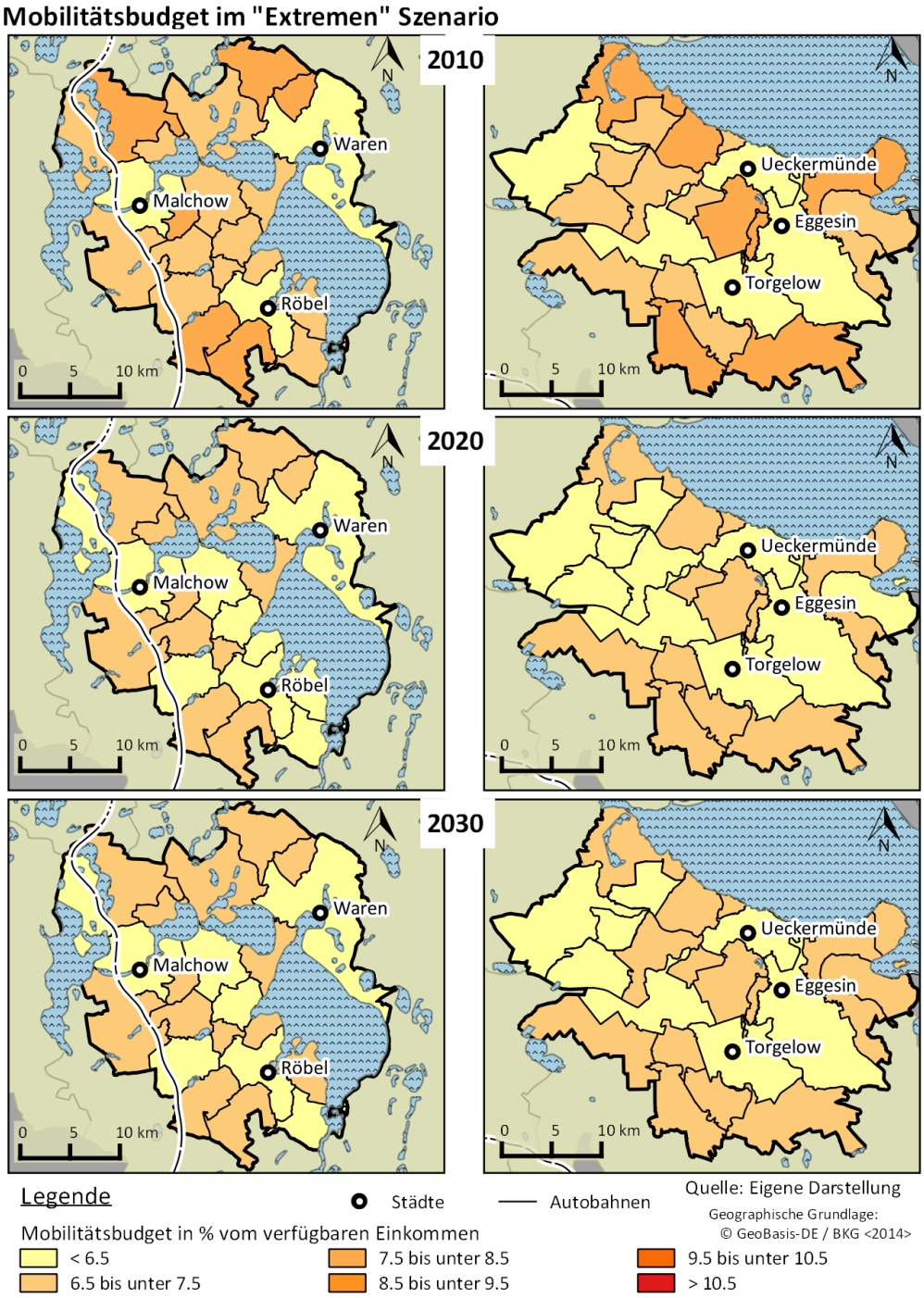
8.13 Mobilitätsbudget; „StS“



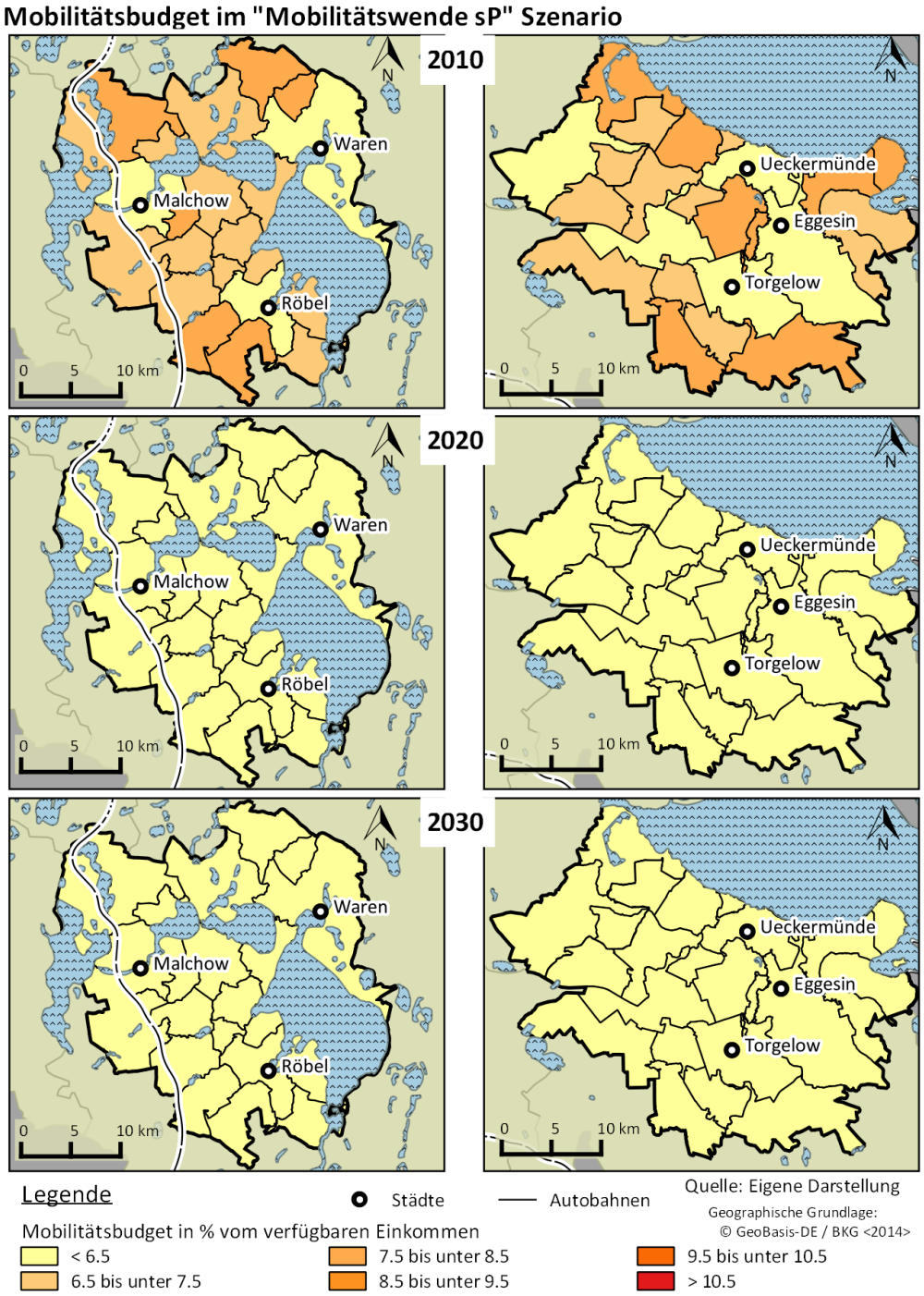
8.14 Mobilitätsbudget; „MoS“



8.15 Mobilitätsbudget; „ExS“



8.16 Mobilitätsbudget; „MoS sP“



8.17 Relativer Anteil der Senioren und der Hochbetagten an der Gesamtbevölkerung in MV von 2006 bis 2030

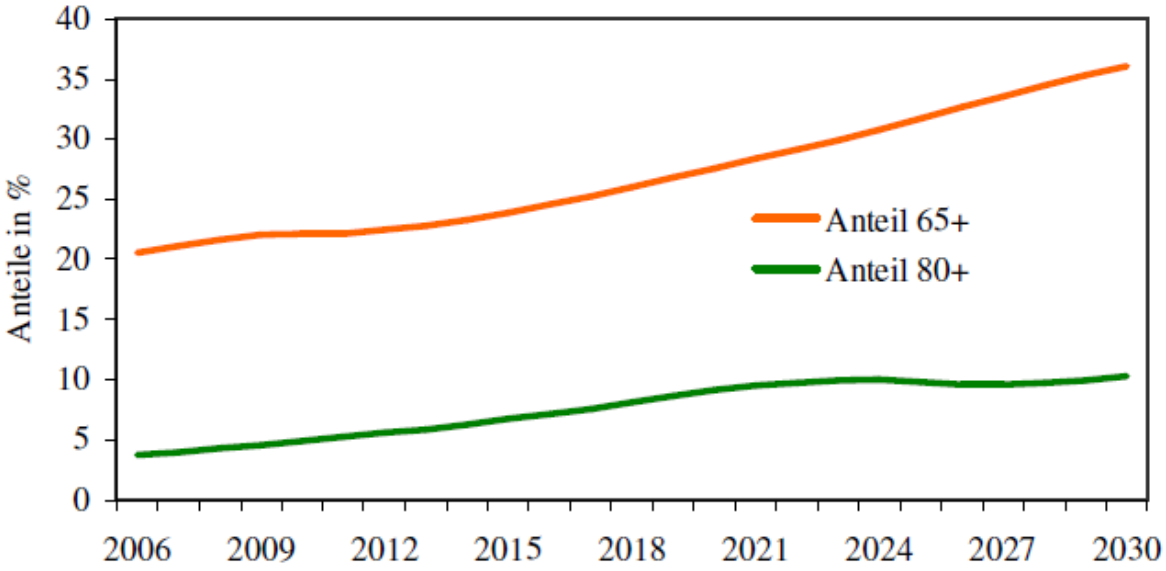
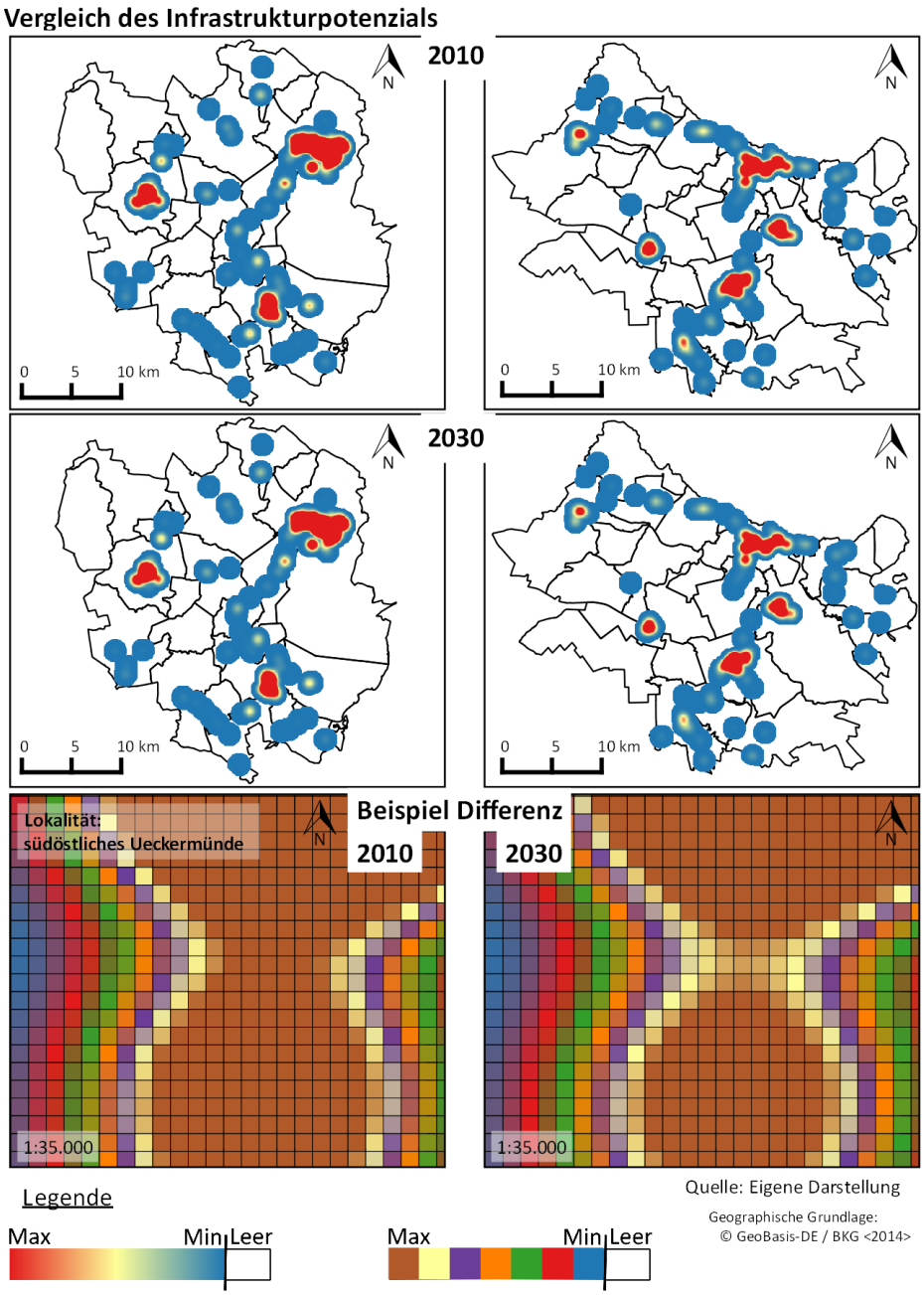


Abbildung 8.1: Relativer Anteil der Senioren und der Hochbetagten an der Gesamtbevölkerung in MV von 2006 bis 2030,
Quelle: Scholz u. a. (2008, S. 19)

8.18 Filterregeln für die Wohngebäude, abgeleitet aus dem ATKIS - Objektartenkatalog

GFK	Erklärung
1300	Wohngebäude
1301	Wohnhaus
1381	Behelfsmäßiges Wohngebäude, Baracke
1840	Wohn- und Handelsgebäude
ZUS	**Erklärung**
1200	außer Betrieb, stillgelegt
1700	verfallen, zerstört (Ruine)
1800	verlassen (Wüstung)

8.19 Vergleich Infrastrukturpotenzial



Die unteren beiden Bilder sind am Beispiel Ueckermünde so dargestellt, dass der Unterschied zwischen den Jahren 2010 und 2030 deutlich wird.

8.20 Kurzüberblick der Modellergebnisse

Bevölkerung	2010	2030	Abweichung in %	
UG 1	41.768	34.059	-18,5 %	
UG 2	44.106	38.205	-13,4 %	
Ø Nettoeinkommen pro Person in € je Monat	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
UG 1	1.269	1.685	32,8 %	
UG 2	1.267	1.683	32,8 %	
Anzahl Pkw	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
UG 1	20.479	16.937	-17,3 %	
UG 2	21.146	18.542	-12,3 %	
Anzahl Elektroautos	**2010**	**2030 im MoS**	**2030 im ExS**	
UG 1	0	1.473	2.354	
UG 2	0	1.627	2.599	
Ø Km im MIV je Tag	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
UG 1	24,11	25,28	4,9 %	
UG 2	24,20	24,99	3,3 %	
Kraftstoffpreise in €	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
Benzin € /l	1,405	2,846	102,6 %	
Diesel € /l	1,210	2,776	129,4 %	
LPG € /l	0,670	1,357	102,5 %	
CNG € /kg	0,900	1,823	102,6 %	
Elektro € /kWh	0,237	0,621	162,0 %	
Mobilitätsbudget	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
StS	7,110	10,01	40,8 %	
MoS	7,110	8,86	24,6 %	
ExS	7,110	6,52	-8,3 %	
MoS sP	7,110	4,42	-37,8 %	
EE Produktion in GWh je Jahr	**2010**	**2030**	**Abweichung in %**	
UG 1	51,91	143,11	175,7 %	
UG 2	26,32	106,75	305,5 %	
Regionale Wertschöpfung in € je Tag	**2010**	**2030**	**2010**	**2030**
StS	96	141	99	153
MoS	96	11.260	99	11.980
ExS	96	34.291	99	36.516
MoS sP	96	7.727	99	8.110
Veränderung des CO_2-Emissionen 2010 zu 2030 in t je Tag und in %	**UG 1**	**UG 2**	**UG 1**	**UG 2**
StS	-9.890	-6.866	-17,2 %	-12,2 %
MoS	-13.979	-10.861	-24,4 %	-19,2 %
ExS	-24.878	-21.824	-43,4 %	-38,7 %

Literatur

[ADAC, 2014] Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. *Kraftstoff-Durchschnittspreise*. Hrsg. von Allgemeine Deutsche Automobil-Club e. V. München, o. J.

[AltenbPeter, 2014] Sven Altenburg und Marcus Peter. „Steigende Energiepreise und ihre Wirkung auf planerische Strategien: Erfahrungen aus einem transdisziplinären Forschungsprojekt“. In: *Internationales Verkehrswesen* 66.3 (2014), S. 30–32.

[ARL, 2006] Akademie für Raumforschung und Landesplanung. *Folgen des demographischen Wandels für Städte und Regionen in Deutschland: Handlungsempfehlungen: Positionspapier*. Hrsg. von Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Hannover, 2006.

[ARL, 2006b] Jürgen Aring u.a. *Gleichwertige Lebensverhältnisse: eine wichtige gesellschaftspolitische Aufgabe neu interpretieren!* Hrsg. von Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Hannover, 2006.

[Attesl, 2010] Peter Atteslander. *Methoden der empirischen Sozialforschung*. 13. Aufl. ESV basics. Berlin: Schmidt, 2010.

[Audi, 2013] Audi. *Weltpremiere: Audi eröffnet Power-to-Gas-Anlage*. Ingolstadt und Werlte, 25.06.2013.

[BäumerReutte, 2005] Doris Bäumer und Ulrike Reutter. *Demographische Entwicklung und gesellschaftliche Trends - Konsequenzen für die Verkehrsnachfrage. Modul 1 des Projektes Üntersu-*

chung zentraler Rahmenbedingungen, Instrumente und Zielkriterien der Landesverkehrsplanung NRW: Abschlussbericht. Hrsg. von Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung und Bauwesen des Landes Nordrhein-Westfalen. Dortmund, 2005.

[BBSR, 2012] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *Raumordnungsprognose 2030. Bevölkerung, private Haushalte, Erwerbspersonen.* Hrsg. von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Bonn, 2012.

[BBSR, o. J.] Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. *BBSR Homepage - Raumabgrenzungen.* Hrsg. von Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. o. O., o. J.

[Beckma, 2013] Klaus J. Beckmann. „Entwicklungslinien der Mobilität im Alter – Bedingungen und Veränderungstendenzen“. In: *Mobilität und demografische Entwicklung.* Hrsg. von Bernhard Schlag und Klaus J. Beckmann. Bd. 07. Mobilität und Alter. Köln: TÜV-Verlag, 2013, S. 41–75.

[Benz C, 1986] Benz & Co. „Fahrzeug mit Gasmotorenbetrieb“. 37435. 1986.

[Bertel, 2013] Bertelsmann Stiftung. *Statistische Daten: Daten für Kommunen mit mehr als 5.000 Einwohnern.* Hrsg. von Bertelsmann Stiftung. Gütersloh, 2013.

[BertraBongar, 2014] Mathias Bertram und Stefan Bongard. *Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr: Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich.* SpringerLink : Bücher. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.

[BGR, 2009] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. *Energierohstoffe 2009: Reserven, Ressourcen, Verfügbarkeit: Erdöl, Erdgas, Kohle, Kernbrennstoffe, Geothermische Energie.* Hrsg. von Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, 2009.

[Bioene, o J] Bioenergie-Region Mecklenburgische Seenplatte. *Bioenergieregion Mecklenburgische Seenplatte: 1 von 25 Gewinner des Wettbewerbs „Bioenergie Regionen“ initiiert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz.* Hrsg. von Bioenergie-Region Mecklenburgische Seenplatte. o.O., o. J.

[Birg, 2005] Herwig Birg. *Die ausgefallene Generation: Was die Demographie über unsere Zukunft sagt.* München: C.H. Beck, 2005.

[BirolFatih, 2010] Birol und Fatih. *World Energy Outlook 2010.* Hrsg. von International Energy Agency. Paris, 2010.

[BLE, 2012] Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. *Interkommunale Kooperation in ländlichen Räumen. Untersuchung des Instruments hinsichtlich der Sicherung der Daseinsvorsorge in ländlichen Räumen: Gutachten.* Hrsg. von Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn, 2012.

[Block, 2014] Tobias Block. *Langstrecken-Mobilität mit der Energiewende im Erdgastank: Audi und Power-to-Gas.* Neumünster, 8.05.2014.

[BMG, 2003] Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung. *Nachhaltigkeit in der Finanzierung der sozialen Sicherungssysteme: Bericht der Kommission.* Hrsg. von Bundesministerium für Gesundheit und Soziale Sicherung. Berlin, 2003.

[BMVBS, 2013] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. *Die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS): Energie auf neuen Wegen.* Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin, 2013.

[BMVI, 2014a] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Verkehr in Zahlen: 2014/15.* Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2014.

[BMVI, 2014b] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Verkehrsverflechtungsprognose 2030: Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs: Schlussbericht.* Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. 2014.

[BMVI, o. J.] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. *Modellregionen Elektromobilität.* Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. o. O., o. J.

[BMWi, 2014] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. *Zahlen und Fakten Energiedaten: Nationale und Internationale Entwicklung: Gesamtausgabe.* Hrsg. von Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. o. O., 2014.

[Bohk, 2012] Christina Bohk. *Ein probabilistisches Bevölkerungsprognosemodell: Entwicklung und Anwendung für Deutschland.* Research. Wiesbaden: Springer VS, 2012.

[BonnReiche, 2013] Moritz Bonn und Götz Reichert. „Henne oder Ei? Wie die Europäische Kommission eine

Versorgungsinfrastruktur für Fahrzeuge mit alternativen Antrieben aufbauen will.“ In: *Internationales Verkehrswesen* 4 (2013), S. 17–19.

[COM(2013) 17] EUROPÄISCHE KOMMISSION. *Mitteilung der Kommission an das europäische Parlament, den Rat, den europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Saubere Energie für den Verkehr: Eine europäische Strategie für alternative Kraftstoffe: COM(2013) 17*. Hrsg. von EUROPÄISCHE KOMMISSION. Brüssel, 2013.

[COM(2013) 18] EUROPÄISCHE KOMMISSION. *Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe: COM(2013) 18*. Hrsg. von EUROPÄISCHE KOMMISSION. Brüssel, 2013.

[COUNCI, 2006] EUROPEAN COUNCIL. *COUNCIL DECISION of 20 February 2006 on Community strategic guidelines for rural development (programming period 2007 to 2013): 2006/144/EG*. Hrsg. von EUROPÄISCHE UNION. 25.02.2006.

[DAIMLE, 1886] GOTTLIEB DAIMLER. „Gas- bezw. Petroleum-Kraftmaschine“. 34926. 1886.

[DALKMALANZENSCHEIN, 2004] HOLGER DALKMANN u. a., Hrsg. *Verkehrsgenese: Entstehung von Verkehr sowie Potenziale und Grenzen der Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität ; mit 25 Tabellen*. Bd. 5. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Mannheim: MetaGIS-Infosysteme, 2004.

[DANNENLANGLEHMAN, 2012] PETER DANNENBERG u. a. „Einführung Ländliche Räumeïn Deutschland: neuere Zugänge zu einer alten Kategorie“. In: *Europa Regional* 18 (2012), S. 55–59.

[DEKRA; IFA 2008] DEKRA und IFA. *Gemeinsam im Dienste der Automobilwirtschaft. Die Ergebnisse der*

DEKRA/IFA-Studie Das Management der Cost-of Ownership. Hrsg. von DEKRA AUTOMOBIL GMBH und INSTITUT FÜR AUTOMOBILWIRTSCHAFT E.V. Stuttgart und Geislingen an der Steige, 2008.

[DESTATIS, 2008] STATISTISCHES BUNDESAMT. *Energieverbrauch der privaten Haushalte. Wohnen, Mobilität, Konsum und Umwelt*. Hrsg. von STATISTISCHES BUNDESAMT - DESTATIS. Wiesbaden, 2008.

[DESTATIS, 2009] STATISTISCHES BUNDESAMT. *Bevölkerung Deutschlands bis 2060 - 12. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung. Begleitheft zur Pressekonferenz*. Hrsg. von STATISTISCHES BUNDESAMT - DESTATIS. Wiesbaden, 2009.

[DESTATIS, 2011] STATISTISCHES BUNDESAMT. *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Haushalte und Familien. Ergebnisse des Mikrozensus 2010*. Hrsg. von STATISTISCHES BUNDESAMT - DESTATIS. Wiesbaden, 2011.

[DESTATIS, 2012] STATISTISCHES BUNDESAMT. *Bevölkerung und Erwerbstätigkeit: Sterbetafel Deutschland: 2009/2011*. Hrsg. von STATISTISCHES BUNDESAMT - DESTATIS. Wiesbaden, 2013.

[DESTATIS, 2014] STATISTISCHES BUNDESAMT. *Wirtschaftsrechnungen: Laufende Wirtschaftsrechnungen. Einnahmen und Ausgaben privater Haushalte*. Hrsg. von STATISTISCHES BUNDESAMT - DESTATIS. Wiesbaden, 2014.

[DGS, O. J.] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE E.V. (DGS). *EnergyMap - Mecklenburg-Vorpommern*. Hrsg. von DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR SONNENENERGIE E.V. (DGS). o. O., o. J.

[Die Bu, 2009] Die Bundesregierung. *Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung.* Hrsg. von Die Bundesregierung. o. O., 2009.

[Die Bu, 2013] Die Bundesregierung. *Zukunft der Mobilität - Entwicklung der Mobilitätsforschung des Bundes: Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Oliver Kaczmarek, Ute Kumpf, Dr. Ernst Dieter Rossmann, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der SPD: Drucksache 17/11860.* Berlin, 18.01.2013.

[DiezKohler, 2010] Willi Diez und Markus Kohler. *Otto-, Diesel-, Elektromotor – wer macht das Rennen? Handlungsfelder zur Sicherung des Automobilstandorts Region Stuttgart.* Hrsg. von Industrie- und Handelskammer Region Stuttgart. Stuttgart, 2010.

[DLR, 2008] infas und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. *Mobilität in Tabellen: Webanwendung zur Auswertung der Erhebung Mobilität in Deutschland 2008 (MiD 2008): eigene Auswertung über MiT 2008.* Hrsg. von infas und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. o. O., 2008.

[DLR, 2010] Robert Follmer u. a. *Mobilität in Deutschland 2008. Ergebnisbericht. Struktur – Aufkommen – Emissionen – Trends.* Hrsg. von infas und DLR. Bonn, 2010.

[DLR/IWES/IfnE 2012] Joachim Nitsch u. a. *Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der Erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global: Schlussbericht.* Hrsg. von Im Auftrag des BMU. 2012.

[DudenhBussmaDudenh, 2013] Ferdinand Dudenhöffer u. a. „Absatzprognosen und Technologiesprung-Produkte“. In: *Herausforderungen für das Automotive Engineering & Management.* Hrsg. von Heike Proff.

Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2013, S. 65–81.

[DudenhPietro, 2010] Ferdinand Dudenhöffer und Kai Pietron. *"CNG AS AUTOMOTIVE FUEL FOR EUROPE / CEE IS IT POSSIBLE TO ACHIEVE 5 % + X MARKET SHARE FOR CNG? NECESSARY STEPS AND ACTIONS TO ACHIEVE?"* Hrsg. von CAR-Center Automotive Research. Duisburg, 2010.

[Duphor, 1995] K. Duphorn u. a. *Die deutsche Ostseeküste.* Bd. 88. Sammlung geologischer Führer. Berlin und Stuttgart: Borntraeger, 1995.

[E.ON, o. J.] E.ON SE. *eon.de - Preiszusammensetzung: Stromanbieter und Preise.* Hrsg. von E.ON SE. Düsseldorf, o. J.

[Eckey, 2008] Hans-Friedrich Eckey. *Regionalökonomie.* 1. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: Gabler, 2008.

[Energi, 2011] Energie Agentur NRW. *Erhebung: Wo im Haushalt bleibt der Strom?* Hrsg. von Energie-Agentur NRW. 2011.

[ESMT, 2011] European School of Management and Technology. *Marktmodell Elektromobilität: Bericht, Teil 1. Ansatz und Ergebnisse.* Hrsg. von European School of Management and Technology. Berlin, 2011.

[Fahren, 2010] Kathrin Fahrenkrug u. a. *Regionale Daseinsvorsorgeplanung. Ein Leitfaden zur Anpassung der öffentlichen Daseinsvorsorge an den demographischen Wandel.* Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin, 2010.

[Finley, 2007] Darel Rex Finley. *Point-In-Polygon Algorithm: Determining Whether A Point Is Inside*

A Complex Polygon. Hrsg. von DAREL REX FINLEY. o. O., 1998; 2006; 2007.

[FORRES, 1968] JAY WRIGHT FORRESTER. *Principles of systems: Text and Workbook*. Waltham, MA: Pegasus Communications, Inc., 1968.

[FORRES, 1971] JAY WRIGHT FORRESTER. „Counterintuitive behavior of social systems“. In: *Theory and Decision* 2.2 (1971), S. 109–140.

[FORSTH, 1938] ERNST FORSTHOFF. *Die Verwaltung als Leistungsträger*. Königsberger rechtswiss. Forschungen. Stuttgart und Berlin: Kohlhammer, 1938.

[FORSTH, 1959] ERNST FORSTHOFF. *Rechtsfragen der leistenden Verwaltung*. Bd. 1. Beiträge zum öffentlichen Recht. Stuttgart: Kohlhammer, 1959.

[GATHERKAGERMLANZEN, 2008] MATTHIAS GATHER u. a. *Geographische Mobilitäts- und Verkehrsforschung: Mit 24 Tabellen*. Studienbücher der Geographie. Berlin und Stuttgart: Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, 2008.

[GEOFABRIK, 2014] GEOFABRIK. *GEOFABRIK*. Hrsg. von GEOFABRIK GMBH. Karlsruhe, 2014.

[GILBERTROITZ, 2005] G. NIGEL GILBERT und KLAUS G. TROITZSCH. *Simulation for the social scientist*. 2. Aufl. Maidenhead (England) und New York (NY): Open University Press, 2005.

[GNANNPLÖTZ, 2011] TILL GNANN und PATRICK PLÖTZ. *Status Quo und Perspektiven der Elektromobilität in Deutschland*. Hrsg. von FRAUNHOFER ISI. Karlsruhe, 2011.

[HABRICKIRCHNWEISSEN, 2015] CHRISTIANE HABRICH-BÖCKER u. a. *Fracking - Die neue Produktionsgeografie*. 2. Aufl. SpringerLink : Bücher. Wiesbaden: Gabler, 2015.

[Hannem, 2005] Christine Hannemann. *Die Platte: Industrialisierter Wohnungsbau in der DDR*. 3. Aufl. Bd. 4. Architext. Berlin: Schiler, 2005.

[Hartha, 2011] Ralph O. Harthan u. a. *Marktpotenziale und CO2-Bilanz von Elektromobilität - Arbeitspakete 2 bis 5 des Forschungsvorhabens OPTUM: Optimierung der Umweltentlastungspotenziale von Elektrofahrzeugen*. Hrsg. von Öko-Institut e.V. Oktober Berlin, 2011.

[Heinze, 2007] Wolfgang Heinze. „Öffentlicher Verkehr und demographischer Wandel: Chancen für Nordostdeutschland". In: *Die Zukunft der Infrastrukturen in ländlichen Räumen*. Hrsg. von Stephan Beetz. Bd. 14. Zukunftsorientierte Nutzung ländlicher Räume - LandInnovation -. Berlin, 2007, S. 21–30.

[Heitme, 2014] Wilhelm Heitmeyer. „Rechtsextremismus im ländlichen Raum". In: *Think Rural!* Hrsg. von Frieder Dünkel u. a. Wiesbaden: Springer VS, 2014, S. 131–146.

[HendlLiedtk, 1997] Manfred Hendl und Herbert Liedtke, Hrsg. *Lehrbuch der allgemeinen physischen Geographie: 160 Tabellen*. 3. Aufl. Perthes GeographieKolleg. Gotha: Perthes, 1997.

[Henkel, 2004] Gerhard Henkel. *Der ländliche Raum: Gegenwart und Wandlungsprozesse seit dem 19. Jahrhundert in Deutschland*. 4. Aufl. Studienbücher der Geographie. Berlin: Borntraeger, 2004.

[Hettne, 1897] Alfred Hettner. „Der gegenwärtige Stand der Verkehrsgeographie". In: *Geographische Zeitschrift* 3 (1897), S. 624–634.

[HohenbMühlen, 2014] Tilman Hohenberger und Jörg Mühlenhoff. „Energiewende im Verkehr: Potenziale für erneuerbare Mobilität". In: *Renews Spezial* 71 (2014), S. 1–80.

[HOLZAP, 2012] HELMUT HOLZAPFEL. *Urbanismus und Verkehr.* 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag, 2012.

[HOLZRAGÜNTHNKRUMMH, 2010] CHRISTIAN HOLZ-RAU u. a. „Daseinsvorsorge ist keine Dortseinsvorsorge. Hinweise zur Planung in dünn besiedelten Räumen". In: *Informationen zur Raumentwicklung (IzR)* 7 (2010), S. 489–504.

[HOPPENALBREC, 2009] CORD HOPPENBROCK und ANNE-KATHRIN ALBRECHT. *Diskussionspapier zur Erfassung regionaler Wertschöpfung in 100%-EE-Regionen - Grundlagen und Anwendung am Beispiel der Fotovoltaik: Grundlagen und Anwendung am Beispiel der Fotovoltaik.* Hrsg. von DEENET. Kassel, 2009.

[HURTIGFUKARESTÜBS, 1957] THEODOR HURTIG u. a. *Physische Geographie von Mecklenburg.* Berlin: Deutscher Verlag der Wissenschaften, 1957.

[IFMO, 2010] INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG. *Zukunft der Mobilität - Szenarien für das Jahr 2030: Zweite Fortschreibung.* Hrsg. von INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG. München, 2010.

[IFMO, 2013] INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG. *Mobility Y – The Emerging Travel Patterns of Generation Y.* Hrsg. von INSTITUT FÜR MOBILITÄTSFORSCHUNG. München, 2013.

[INFAS, 2005] INFAS und DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG BERLIN. *Demografischer Wandel und Mobilität: Grundlagenstudie für das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.* Hrsg. von INFAS und DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG BERLIN. Bonn, 2005.

[IÖW, 2010] BERND HIRSCHL u. a. *Kommunale Wertschöpfung durch erneuerbare Energien: Studie im Auftrag der Agentur für Erneuerbare Energien (AEE).* Hrsg. von INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE WIRTSCHAFTSFORSCHUNG. Berlin, 2010.

[IRWIN, 1977] RICHARD IRWIN. *Guide for local area population projections: technial paper.* Hrsg. von U.S. DEPTARTMENT OF COMMERCE und BUREAU OF THE CENSUS. Washington, DC, 1977.

[JENSSE, 2010] TILL JENSSEN. *Einsatz der Bioenergie in Abhängigkeit von der Raum- und Siedlungsstruktur: Wärmetechnologien zwischen technischer Machbarkeit, ökonomischer Tragfähigkeit, ökologischer Wirksamkeit und sozialer Akzeptanz.* 1. Aufl. Wissenschaft. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Research, 2010.

[JENTSCTROSTSTERNE, 2014] MAREIKE JENTSCH u. a. „Optimal Use of Power-to-Gas Energy Storage Systems in an 85% Renewable Energy Scenario“. In: *Energy Procedia* 46 (2014), S. 254–261.

[JERMAN, 2002] JÖRG JERMANN. *Vergleich verschiedener Ansätze der GIS gestützten Potenzialberechnung: Swiss Transport Research Conference.* Monte Verità (Ascona), 2002.

[KAMPMA, 2011] BETTINA KAMPMAN u. a. *Impacts of Electric Vehicles: Impact analysis for market uptake scenarios and policy implications: Deliverable 5.* Hrsg. von CE DELFT u. a. Delft, 2011.

[KBA,2011A] KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. *Fahrzeugzulassungen (FZ): Bestand an Kraftfahrzeugen nach Emissionen und Kraftstoffen: 1. Januar 2011.* Hrsg. von KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. Flensburg, 2011.

[KBA,2011B] KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. *Fahrzeugzulassungen (FZ): Bestand an Kraftfahrzeugen*

und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden: 1. Januar 2011. Hrsg. von KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. Flensburg, 2011.

[KBA,2014B] KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. *Fahrzeugzulassungen (FZ): Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen: 1. Januar 2014*. Hrsg. von KRAFTFAHRT-BUNDESAMT. Flensburg, 2014.

[KENDAL, 2008] GARY KENDALL. *Plugged In: The End of the Oil Age*. Hrsg. von WORLD WIDE FUND FOR NATURE. Brussels, 2008.

[KLOHNVOTH, 2010] WERNER KLOHN und ANDREAS VOTH. *Agrargeographie*. 1. Aufl. Geowissen kompakt. Darmstadt: WBG, 2010.

[KLUGE, 2007] THOMAS KLUGE u.a. *Wasserbedarfsprognose 2030 für das Versorgungsgebiet der Hamburger Wasserwerke GmbH (HWW): Ergebnisbericht*. Hrsg. von HAMBURGER WASSERWERKE GMBH. Frankfurt am Main und Darmstadt, 2007.

[KÖNIG, 2010] REINHARD KÖNIG. *Simulation und Visualisierung der Dynamik räumlicher Prozesse: Wechselwirkungen zwischen baulichen Strukturen und sozialräumlicher Organisation städtischer Gesellschaften*. 1. Aufl. Computersimulationen in den Sozialwissenschaften. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2010.

[KRAFTF, 1954] KRAFTFAHRZEUGTECHNIK. „Aus der Entwicklungsgeschichte des Automobils“. In: *Kraftfahrzeugtechnik* 4.4 (1954), S. 97–119.

[KRÖHNEMORGENKLINGH, 2007] STEFFEN KRÖHNERT u.a. *Talente, Technologie und Toleranz - wo Deutschland Zukunft hat*. Hrsg. von BERLIN-INSTITUT FÜR BEVÖLKERUNG UND ENTWICKLUNG. Berlin, 2007.

[KUCKAR, 2010] UDO KUCKARTZ. *Einführung in die computergestützte Analyse qualitativer Daten*. 3. Aufl. Lehr-

buch. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften, 2010.

[Kuckar, 2011] Udo Kuckartz. *Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren.* 1. Aufl. Lehrbuch. Wiesbaden: VS, Verlag für Sozialwissenschaften, 2011.

[Kunert, 2008a] Uwe Kunert u. a. *Mobilität 2025: Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demographie.* Hrsg. von Institut für Mobilitätsforschung. Berlin, 2008.

[Kunert, 2008b] Uwe Kunert u. a. *Mobilität 2025: Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demographie: Anhang 2: Die Einkommen der privaten Haushalte im Jahr 2025.* Hrsg. von Institut für Mobilitätsforschung. Berlin, 2008.

[KVMV, o. J.] Kassenärztliche Vereinigung Mecklenburg-Vorpommern. *Kassenärztliche Vereinigung Mecklenburg-Vorpommern (KVMV): Körperschaft des öffentlichen Rechts.* Hrsg. von Kassenärztliche Vereinigung Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin, o. J.

[Lienka, 2012] Markus Lienkamp. *Elektromobilität - Hype oder Revolution.* Berlin Heidelberg: Springer-Vieweg, 2012.

[Lorenz, 1972] Edward Norton Lorenz. *Predictability; Does the flap of a butterfly's wings in Brazil set off a tornado in Texas?* Washington, DC, 29.12.1972.

[MarkTurk, 2003] David M. Mark und Andrew G. Turk. „Ethnophysiography: Draft paper for presentation at: Workshop on Spatial and Geographic Ontologies on 23rd September, 2003 (prior to COSIT03)“. In: (2003).

[Meadow, 1972] Donella H. Meadows u. a. *The Limits to growth: A report for the Club of Rome's project*

on the predicament of mankind. Potomac Associates books. New York: Universe Books, 1972.

[Micros, 2010] Microsoft Corporation. *MicrosoftExcel.* Redmond (USA), 2010.

[Minist, 2005] Ministerium für Arbeit, Bau und Landesentwicklung. *Bevölkerungsentwicklung in den Kreisen bis 2020.* Hrsg. von Ministerium für Arbeit, Bau und Landesentwicklung. Schwerin, 2005.

[Minist, 2012] Ministerium für Energie, Infrastruktur und Landesentwicklung Mecklenburg-Vorpommern. *Aktualisierte 4. Landesprognose zur Bevölkerungsentwicklung in Mecklenburg-Vorpommern bis 2030. - Aktualisierung der 4. Landesprognose auf das Basisjahr 2010 -.* Schwerin, 2012.

[Mühlin, 2002] Sabine Mühlinghaus. „Eigenständige Regionalentwicklung als Strategie für periphere ländliche Räume? Eine Untersuchung aus dem Schweizer Berggebiet“. In: *Geographica Helvetica* 54.57 (2002), S. 127–134.

[Multiples Haus, o. J.] *Netzwerk „Am Stettiner Haff“: Multiple Häuser in den Nachbardörfern Vogelsang-Warsin, Altwarp, Rieth, Hintersee und Ahlbeck.* o. O., o. J.

[Neu, 2009] Claudia Neu. *Daseinsvorsorge: Eine gesellschaftswissenschaftliche Annäherung.* 1. Aufl. VS research : Demografischer Wandel–Hintergründe und Herausforderungen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009.

[Neubau, 1994] Hans-Otto Neubauer. *Die Chronik des Automobils.* Gütersloh und München: Chronik-Verlag, 1994.

[NuhnHesse, 2006] Helmut Nuhn und Markus Hesse. *Verkehrsgeographie*. 1. Aufl. Bd. 2687. UTB Geographie. Stuttgart: UTB GmbH, 2006.

[o V, 2013] o. V. *Gabler Kompakt-Lexikon Wirtschaft: 4.500 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden*. Wiesbaden, 2013.

[OECD, 2009] Organisation for Economic Co-operation and Development. *OECD Regions at a Glance 2009*. Hrsg. von Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris, 2009.

[Oeltze, 2006] Sven Oeltze u. a. *Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050: Abschlussbericht*. Magdeburg, 2006.

[OSM, 2004] OpenStreetMap Foundation. *OpenStreetMap*. 2004.

[Ossenb, 1978] Fritz Ossenbühl. *Daseinsvorsorge und gleichwertige Lebensverhältnisse: Die verfassungsrechtliche Bedeutung des Postulats nach gleichwertigen Lebensverhältnissen für Raumordnung und Landesentwicklungspolitik*. Hrsg. von Hessischer Landkreistag. Wiesbaden, 1978.

[ParlamEuropä, 2009] Europäische Parlament und Rat der Europäische Union. *Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen: 443/2009/EG*. Hrsg. von Europäische Union. 23.04.2009.

[ParlamEuropä, 2013] Europäische Parlament und Rat der Europäische Union. *Verordnung (EU) Nr. 1303/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Dezember 2013 mit gemeinsamen*

Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds, den Europäischen Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds sowie mit allgemeinen Bestimmungen über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung, den Europäischen Sozialfonds, den Kohäsionsfonds und den Europäischen Meeres- und Fischereifonds und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1083/2006 des Rates: 1303/2013. Hrsg. von Europäische Union. 20.12.2013.

[ParlamEuropä, 2014] Europäische Parlament und Rat der Europäische Union. *Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO2-Emissionen neuer Personenkraftwagen: 333/2014/EG*. Hrsg. von Europäische Union. 11.03.2014.

[Plötz, 2013] Patrick Plötz u. a. *Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge: Langfassung*. Hrsg. von Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung. Karlsruhe, 2013.

[PongraKreil, 1991] Hans Pongratz und Mathilde Kreil. „Möglichkeiten einer eigenständigen Regionalentwicklung“. In: *Zeitschrift für Agrargeschichte und Agrarsoziologie* 39.1 (1991), S. 91–111.

[Proff, 2012] Heike Proff u. a. *Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität. Betriebswirtschaftliche und technische Aspekte*. Bd. 1. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012.

[Prognos, 2013] Prognos. *Zukunftsatlas 2013*. Hrsg. von Prognos. o. O., 2013.

[Proske, 2011] Matthias Proske. „Demographischer Wandel und Daseinsvorsorge: Auswirkungen kommuna-

ler Angebote auf die Wohnortwahl“. Diss. Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern, 2011.

[QGIS, 2014] QGIS Development Team. *QGIS: Chugiak*. 2014.

[Rasmus, 2012] Ulla Rasmussen. „Infrastrukturen für Elektro-Mobilität gewinnen an Bedeutung“. In: *VCÖ-Factsheets* 02.02 (2012), S. 1–4.

[Raumor, 2008] Raumordnungsgesetz. *Raumordnungsgesetz (ROG): ROG*. 22. Dezember 2008.

[ReimanLustig, 2012] Elke Reimann und Christoph Lustig-Perske. *Mobilität in ländlichen Räumen in Niedersachsen: Ergebnisbericht*. Hrsg. von Planungsbüro VIA eG und büro thiemann-linden. Köln, 2012.

[Rich, 1980] D. C. Rich. *Potential models in human geography*. Bd. 26. Concepts and techniques in modern geography. Norwich, Norfolk: Geo Abstracts, 1980.

[Ritter, 2005] Ernst-Hasso Ritter. *Handwörterbuch der Raumordnung*. 4. Aufl. Hannover: ARL, 2005.

[RPV MSP, 2009] Regionaler Planungsverband Mecklenburgische Seenplatte. *Bevölkerungsvorausberechnung in den Kreisen der Mecklenburgischen Seenplatte bis zum Jahr 2030*. Hrsg. von Regionaler Planungsverband Mecklenburgische Seenplatte. Neubrandenburg, 2009.

[Rümena, 2014] Jens Rümenapp. *Kleinräumige Bevölkerungsprognose für den Landkreis Vorpommern-Greifswald: Schlussbericht*. Hrsg. von Gertz Gutsche Rümenapp GbR. Hamburg und Berlin, 2014.

[Schaff, 2007] Claire Schaffnit-Chatterjee. „Wie werden ältere Deutsche ihr Geld ausgeben?“ In: *Deutsche Bank Research. Aktuelle Themen* 385 (2007), S. 30.

[Schätz, 2003] Ludwig Schätzl. *Wirtschaftsgeographie 1 Theorie*. 1. Aufl. UTB. Stuttgart: UTB GmbH, 2003.

[SchillSieden, 2005] Georg Schiller und Stefan Siedentop. *Infrastrukturfolgekosten der Siedlungsentwicklung unter Schrumpfungsbedingungen*. Hrsg. von Leibnitz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. Dresden, 2005.

[Scholz, 2008] Rembrandt Scholz u. a. *Bevölkerungsprognose für Mecklenburg-Vorpommern auf Kreisebene bis zum Jahr 2030: Diskussionspapier*. Rostock, 2008.

[Scope , 2014] Scope Capital Services GmbH. *Tankstellenmarkt Deutschland 2013/2014: Branchenstudie*. Hrsg. von Scope Capital Services GmbH. Berlin, 2014.

[Shell, 2009] Shell Deutschland Oil GmbH. *Shell PKW-Szenarien bis 2030: Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität*. Hrsg. von Shell Deutschland Oil GmbH. Hamburg, 2009.

[Shell, 2014] Shell Deutschland Oil GmbH. *Shell PKW-Szenarien bis 2040: Fakten, Trends und Perspektiven für Auto-Mobilität*. Hrsg. von Shell Deutschland Oil GmbH. Hamburg, 2014.

[Sieden, 2006] Stefan Siedentop u. a. *Infrastrukturkostenrechnung in der Regionalplanung. Ein Leitfaden zur Abschätzung der Folgekosten alternativer Bevölkerungs- und Siedlungsszenarien für soziale und technische Infrastrukturen*. Hrsg. von Bundesministerium für Verkehr, Bau und

Stadtentwicklung und Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung. Berlin, 2006.

[SlupetStroj, 2012] Walter Slupetzky und Nicole Stroj. „Chancen und Potentiale von Elektromobilität im ländlichen Raum am Beispiel des Forschungsprojekts eMORAIL“. In: *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik* 129.3 (2012), S. 123–127.

[Spektrum, 2001] Spektrum Akademischer Verlag. *Lexikon der Geographie*. Hrsg. von Spektrum Akademischer Verlag. o. O., 2001.

[StaLa SN, 2012] Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen. *Modellrechnung zur Entwicklung der privaten Haushalte für den Freistaat Sachsen bis 2025*. Kamenz, 2012.

[StatA MV, 2011] Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. *Bevölkerung, Haushalte und Familien in Mecklenburg-Vorpommern (Mikrozensus): 2010: Teil 1 - Bevölkerung und Haushalte*. Hrsg. von Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin, 2011.

[StatA MV, 2013] Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. *Statistisches Informationssystem: Statistische Tabellenauskunftssystem SIS-Online*. Hrsg. von Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern. Schwerin, 2013.

[Steinm, 2010] Karlheinz Steinmüller. „Zukunftsforschung: Hundert Jahre Geschichte“. In: *swissfuture. Magazin für Zukunftsmonitoring* 3 (2010), S. 16–22.

[Sterne, 2009] Michael Sterner. *Bioenergy and renewable power methane in integrated 100% renewable ergy systems: Limiting global warming by transforming energy systems*. Bd. 14. Erneuerbare

Energien und Energieeffizienz. Kassel: Kassel Univ. Press, 2009.

[Stille, 2010] Christoph Stiller u. a. *CNG and LPG for Transport in Germany: Environmental Performance and Potentials for GHG Emission Reductions until 2020.* Hrsg. von Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. München, 2010.

[StK MV, 2011] Staatskanzlei Mecklenburg-Vorpommern. *Mecklenburg - Vorpommern: Weltoffen, modern, innovativ. Den demografischen Wandel gestalten: Strategiebericht der IMAG Demografischer Wandel.* Schwerin, 2011.

[TEAMve, o J] TEAMverkehr.winterthur. *GIS +ÖV Fahrgastpotential.* Hrsg. von TEAMverkehr.winterthur. Winterthur, o. J.

[The Ma, 2009] The MathWorks. *Matlab.* Natick (Massachusetts, USA), 2009.

[Tolle, 2014] Alexander Tolle. „Potenzialanalyse zur optimalen Standortbestimmung der Ladeinfrastruktur für den Ausbau der Elektromobilität im Gebiet der Wirtschaftsförderung (WFG) Bruchsal“. Diss. Karlsruhe: Hochschule Karlsruhe, 2014.

[UngerHurtad, 2013] Jochem Unger und Antonio Hurtado. *Energie, Ökologie und Unvernunft.* Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.

[ValentBernha, 2008] Michael Valentine-Urbschat und Wolfgang Bernhart. *2020 Powertrain - The Future Drives Electric: Study.* Hrsg. von Roland Berger Strategy Consultants. o. O., 2008.

[VanstoHodges, 2004] Lawrence K. Vanston und Ray L. Hodges. „Technology forecasting for telecommunications:

Telecommunications Forecasting". In: *Telektronikk* 100.4 (2004), S. 32–42.

[VGRDL, 2013] VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER. *Einkommen der privaten Haushalte in den kreisfreien Städten und Landkreisen der Bundesrepublik Deutschland 2000 bis 2012*. Hrsg. von VOLKSWIRTSCHAFTLICHE GESAMTRECHNUNGEN DER LÄNDER. Frankfurt am Main, 2013.

[WEFT QDA, 2006] ALEXANDER FRANK FENTON. *Weft QDA*. o. O., 2006.

[WEISS, 2002] WOLFGANG WEISS. „Der Ländlichste Raum — Regional-demographische Begründung einer Raumkategorie". In: *Raumforschung und Raumordnung (RuR)* 60.3 (2002), S. 248–254.

[WEISSFRITZS, 2012] WOLFGANG WEISS und JANA FRITZSCH. „Folgen der demographischen Entwicklung in ländlichen Räumen: Ergebnisse einer Fallstudie in einer Region mit besonders geringer Bvölkerungsdichte und hoher Bevölkerungsdynamik". In: *Demographischer Wandel als Querschnittsaufgabe*. Hrsg. von KLAUS FRIEDRICH und PEER PASTERNACK. Halle: Universitätsverlag Halle-Wittenberg, 2012, S. 69–84.

[WEISSPETRIC, 2011] WOLFGANG WEISS und MARTIN PETRICK. *Was anderen noch bevorsteht: Ländliche Regionen in Ostdeutschland als Beobachtungslabor für den demographischen Wandel*. Halle, 2011.

[WIETSC, 2011] MARTIN WIETSCHEL u. a. *Gesellschaftspolitische Fragestellungen der Elektromobilität*. Hrsg. von FRAUNHOFER ISI. Karlsruhe, 2011.

[WOLZWEISSHERZFE, 2014] AXEL WOLZ u. a. *Landwirtschaft im ländlichsten Raum: Letzte Hoffnung zur Sicherung der Daseinsvorsorge*. Halle, 2014.

[ZÄNGLEKARG, 2004] THOMAS W. ZÄNGLER und GEORG KARG. „Entstehung von Verkehr aus konsumwissenschaftlicher Sicht“. In: *Verkehrsgenese*. Hrsg. von HOLGER DALKMANN u. a. Bd. 5. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung. Mannheim: MetaGIS-Infosysteme, 2004, S. 111–127.

[ZUMKEL, 2011] DIRK ZUMKELLER u. a. *Deutsches Mobilitätspanel (MOP) - wissenschaftliche Begleitung und erste Auswertungen: Bericht 2011: Alltagsmobilität und Tankbuch*. Hrsg. von KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE. Karlsruhe, 2011.

Danksagung

Die Motivation zu der behandelten Thematik entstammt aus meinem persönlichen Interesse. Eine anfänglich unscharfe Idee und nicht näher definiertes Projekt wurde von Prof. Dr. Schneider aufgenommen und in konkrete Fragestellungen gegossen. Zudem hatte er großen Anteil bei der Beantragung und Gewinnung eines Stipendiums. Darüber hinaus stand er mir täglich mit Rat und Tat bei Seite. So möchte ich mich als Erstes ausdrücklich bei Prof. Dr. Ralf Schneider für die Unterstützung und Zusammenarbeit bedanken.

Einen nicht geringeren Dank gilt PD. Dr. Wolfgang Weiß. Auf der einen Seite leisteten seine Anregungen und Denkanstöße wichtige Beiträge und Impulse für die Arbeit. Auf der anderen Seite war die Balance mit dem Vertrauen in meine Fertigkeiten und das große Selbstbestimmungsrecht förderlich für diese Arbeit. Abseits der Dissertation bezog er mich in diverse interessante Projekte mit ein und förderte so mein wissenschaftliches Profil.

Ich bedanke mich bei der „Akademie für Nachhaltige Entwicklung Mecklenburg-Vorpommern“ (ANE) für das Stipendium. Dieses sicherte die finanzielle Basis und ermöglichte die volle Konzentration für die Bewältigung der Arbeit.

Ferner möchte ich der gesamten Arbeitsgruppe „Computational Science“ am Institut für Physik für die Aufnahme eines Geographen unter ihnen danken. Ihnen bin ich sowohl für zahlreiche technische Ratschläge und Ausführungen als auch für moralische Unterstützung zum Dank verpflichtet.

Im gleichen Maße bedanke ich mich bei Dr. Solvejg Jenssen, Dr. Stephan Braun und Uwe Bittermann. Ihre ständige Bereitschaft zu fachlichen Diskussionen und außerfachlichen Gesprächen mit vielen wertvollen Ratschlägen und konstruktiven Anregungen sowie ihre Motivationen haben maßgeblich zur Realisierung dieser Arbeit beigetragen.

Nicht vergessen möchte ich die zahlreichen Entwickler von freien und kostenlosen Softwareprogrammen, wie QGIS, LATEX oder Weft QDA. Ihnen danke ich für das Bereitstellen von sehr wertvollen sowie zuverlässigen Werkzeugen. Sie waren mir ein ständiger Wegbegleiter in den letzten Jahren.

Ebenfalls will ich meine Kollegen vom Dezernat 2 der Verwaltung der EMAU Greifswald meinen Dank äußern. Für ihr großes Verständnis für mein Projekt, das gute Arbeitsklima und die großen Freiräume recht herzlichen Dank.

Besonderen und zugleich meinen größten Dank schulde ich schließlich meiner Familie. Ihre unerschöpfliche Unterstützung war während des gesamten Prozesses förderlich. Der Rückhalt, die Ermutigungen und der Humor von Marita, Hartmut, Liane, Lars, Susanne, Werner und vor allem meiner Frau Julia ließen mich diese Arbeit schreiben.