



NeueWege

Wege zur nachhaltigen Mobilität in Niedersachsen

Fachgutachten

20.05.2021

Autor*innen:

John Anderson, Claudia Nobis, Johannes Finger, Vera Maria Fahrner
DLR Institut für Verkehrsforschung

Nadine Jacobs, Peter Klement, Luis Granja, Dorothee Peters
DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme

Katharina Umpfenbach, Ricarda Faber
Ecologic Institut, gemeinnützige GmbH

Projektleitung: DLR Institut für Verkehrsforschung

Auftraggeber:

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU)

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
TABELLENVERZEICHNIS	7
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. EXECUTIVE SUMMARY	13
2. EINLEITUNG	17
2.1. VERANSTALTUNGEN	18
2.1.1. Kick-Off Veranstaltung	20
2.1.2. Auftaktveranstaltung	20
2.1.3. Stakeholder*innen Forum I.....	23
2.1.4. Fachworkshop I	25
2.1.5. Fachworkshop II	27
2.1.1. Stakeholder*innen Forum II.....	28
3. BESTANDSAUFNAHME VERKEHRSBEREICH	30
3.1. ENTWICKLUNG DES MOBILITÄTSVERHALTENS	30
3.1.1. Datenbasis.....	30
3.1.2. Rahmenbedingungen für Verkehr in Niedersachsen	31
3.1.3. Entwicklung von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung	32
3.1.4. Entwicklung zentraler Mobilitätskenngrößen.....	34
3.1.5. Mobilitätsoptionen der niedersächsischen Bevölkerung.....	36
3.1.6. Analyse der Wegezwecke	43
3.1.7. Verkehrsmittelnutzung in Niedersachsen.....	44
3.1.8. Nutzung von Carsharing.....	50
3.1.9. Stadtspezifische Betrachtung von Mobilitätskennwerten	52
3.2. FAHRZEUGBESTAND UND LADEINFRASTRUKTUR	58
3.2.1. Analyse des aktuellen Fahrzeugbestands	58
3.2.2. Entwicklung der Ladeinfrastruktur	62
3.3. WIRTSCHAFTSVERKEHR	80
3.4. ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNG DER VERKEHRSNACHFRAGE	83
3.4.1. Zugrundeliegende Verkehrsszenarien	84
3.4.2. Annahmen zur Entwicklung der Pkw-Fahrleistung in Niedersachsen.....	87
3.4.3. Entwicklung der Treibhausgasemissionen	89
4. ENERGIEANALYSE.....	92
4.1. KURZFASSUNG	92
4.2. ZIELE	94
4.3. METHODIK	94
4.4. ANNAHMEN UND EINSCHRÄNKUNGEN	98
4.4.1. Erneuerbare Energie Ressourcen	98
4.4.2. Energieertrag	99
4.4.3. Energiebedarf für elektrische Energie	99
4.4.4. Bedarf für den Sektor Mobilität	100
4.4.5. Backcasting Analyse	100
4.4.6. Sonstiges	100
4.5. ANALYSE	101
4.5.1. Biomasse	101
4.5.2. Photovoltaik	102
4.5.3. Wind Onshore	103
4.5.4. Wind Offshore.....	105
4.5.5. Gesamtschau Erneuerbare Energien Kapazitäten	105

4.6.	ERGEBNISSE	106
4.6.1.	Erträge aus erneuerbaren Energien	106
4.6.2.	Bedarfe an elektrischer Energie – Sektor Strom	107
4.6.3.	Wind Offshore	109
4.6.4.	Wind Onshore	109
4.6.5.	Photovoltaik	110
4.6.6.	Regionale Verteilung von Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien	111
4.6.7.	Energieertrag	112
4.6.8.	Mobilität	113
4.6.9.	Gesamtbilanz	115
4.6.10.	Diskussion	117
4.6.11.	Ausblick	119
4.7.	WASSERSTOFF ALS ENERGIETRÄGER FÜR DEN VERKEHRSEKTOR.....	121
4.7.1.	Erzeugung von Wasserstoff	122
4.7.2.	Speicherung von Wasserstoff	125
4.7.3.	Verwendung von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor	127
4.7.4.	Zukünftiger Wasserstoffbedarf	132
5.	PROJEKTANALYSE	135
5.1.	PROJEKTSTECKBRIEFE	137
5.2.	FAZIT PROJEKTANALYSE.....	145
6.	AKTEUR*INNEN- UND INSTITUTIONENANALYSE	148
6.1.	VORGEHEN BEI DER ANALYSE DES RECHTLICHEN UND POLITISCHEN RAHMENS	148
6.2.	IST-ANALYSE: POLITISCHE ZIELSETZUNG FÜR DIE VERBREITUNG VON ELEKTRO- UND WASSERSTOFFMOBILITÄT.....	149
6.3.	IST-ANALYSE: POLITIKINSTRUMENTE IM BEREICH ELEKTRO- UND WASSERSTOFFMOBILITÄT	152
6.4.	SOLL-ANALYSE: EMPFEHLUNGEN VON EXPERT*INNEN	157
6.5.	SOLL-ANALYSE: PRAXISBEISPIELE AUS ANDEREN LÄNDERN	161
6.6.	FAZIT RECHTSANALYSE	162
6.7.	AKTEUR*INNENANALYSE FÜR DEN BEREICH ELEKTROMOBILITÄT.....	164
6.8.	AKTEUR*INNENANALYSE FÜR DEN BEREICH WASSERSTOFF	167
6.9.	FAZIT AKTEUR*INNENANALYSE	171
7.	HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	172

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2-1: NEUEWEGE PROJEKTÜBERBLICK MIT DEN VIER ARBEITSPAKETEN.....	17
ABBILDUNG 2-2: NEUEWEGE PROJEKTÜBERBLICK MIT DEN VIER ARBEITSPAKETEN UND VERTIEFENDEN INFORMATIONEN.....	18
ABBILDUNG 2-3: EINFÜHRUNG IN DAS PROJEKT DURCH HERRN MINISTER LIES	21
ABBILDUNG 2-4: HERR DR. ANDERSON (DLR, VERKEHRSFORSCHUNG) UND FRAU DR. NOBIS (DLR, VERKEHRSFORSCHUNG).....	22
ABBILDUNG 2-5: AUSGEWÄHLTE ERGEBNISSE DES BRAINSTORMINGS ZU EXISTIERENDEN PROJEKTEN IN NIEDERSACHSEN SOWIE DEREN HERAUSFORDERUNGEN UND CHANCEN	22
ABBILDUNG 3-1: BEVÖLKERUNGSVERTEILUNG IN DEN BUNDESLÄNDERN NACH RAUMTYPEN.....	32
ABBILDUNG 3-2: ENTWICKLUNG VON VERKEHRSaufKOMMEN UND VERKEHRSLEISTUNG NACH VERKEHRSMITTELN IN NIEDERSACHSEN.....	34
ABBILDUNG 3-3: ENTWICKLUNG DER MITTLEREN WEGELÄNGE NACH RAUMTYP	34
ABBILDUNG 3-4: MOBILITÄTSQUOTE, UNTERWEGSZEIT, TAGESSTRECKE, MITTLERE WEGELÄNGE UND WEGEANZAHL NACH WOCHENTAG	35
ABBILDUNG 3-5: MOBILITÄTSQUOTE, UNTERWEGSZEIT, TAGESSTRECKE, MITTLERE WEGELÄNGE UND WEGEANZAHL NACH ALTERSGRUPPEN	36
ABBILDUNG 3-6: PKW PRO 1.000 EINWOHNER*INNEN INSGESAMT UND NACH RAUMTYP.....	37
ABBILDUNG 3-7: PKW BESITZ NACH RAUMTYP	38
ABBILDUNG 3-8: ANTEIL PERSONEN MIT PKW IM HAUSHALT UND MIT EIGENEM PKW NACH ALTER	39
ABBILDUNG 3-9: FAHRRADBesITZ NACH RAUMTYP UND HAUSHALTSTYP.....	40
ABBILDUNG 3-10: AUSSTATTUNG MIT PEDELECS NACH HAUSHALTSTYP UND RAUMTYP.....	41
ABBILDUNG 3-11: NUTZUNG VON ÖPNV-FAHRKARTENARTEN.....	42
ABBILDUNG 3-12: ANTEIL PERSONEN MIT ÖPNV-ZEITKARTE NACH RAUMTYP, PKW-BESITZ UND ALTER.....	42
ABBILDUNG 3-13: ANTEIL DER WEGE AM VERKEHRSaufKOMMEN NACH RAUMTYP	43
ABBILDUNG 3-14: ANTEIL DER WEGEZWECKE AM VERKEHRSaufKOMMEN NACH ALTERSGRUPPEN.....	44
ABBILDUNG 3-15: MODAL SPLIT DES VERKEHRSaufKOMMENS NACH RAUM.....	45
ABBILDUNG 3-16: MODAL SPLIT DES VERKEHRSaufKOMMENS NACH ALTER	46
ABBILDUNG 3-17: VERÄNDERUNG DER MODAL SPLIT ANTEILE BEI JUNGEN UND ÄLTEREN PERSONEN.....	47
ABBILDUNG 3-18: MODAL SPLIT DES VERKEHRSaufKOMMENS NACH DISTANZKLASSEN.....	47
ABBILDUNG 3-19: TAGESSTRECKE NACH VERKEHRSMITTEL, RAUMTYP, PKW-BESITZ UND ALTER	49
ABBILDUNG 3-20: MODALGRUPPEN – ANTEIL MONO- UND MULTIMODALER VERHALTENSWEISEN NACH RAUM.....	50
ABBILDUNG 3-21: ANTEIL DER HAUSHALTE MIT CARSHARING-MITGLIEDSCHAFT NACH RAUMTYP - DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN IM VERGLEICH.....	51
ABBILDUNG 3-22: BEDEUTUNG DER VERKEHRSMITTEL FÜR DIE ALLTAGSMOBILITÄT – 30 BIS 49-JÄHRIGE CARSHARER UND NICHT-CARSHARER AUS GROßEN NIEDERSÄCHSISCHEN STÄDTEN IM VERGLEICH.....	52
ABBILDUNG 3-23: ANTEIL DES MIV UND ÖV NACH POLITISCHER ORTSGRÖßENKLASSE.....	53
ABBILDUNG 3-24: MODAL SPLIT DES VERKEHRSaufKOMMENS – HANNOVER, BREMEN UND NÜRNBERG IM VERGLEICH	54
ABBILDUNG 3-25: AUSSTATTUNG MIT PKW, ÖPNV-ZEITKARTEN, FAHRRÄDERN – HANNOVER, BREMEN UND NÜRNBERG IM VERGLEICH	55
ABBILDUNG 3-26: MODAL SPLIT DES VERKEHRSaufKOMMENS – OSNABRÜCK UND WILHEMSHAVEN IM VERGLEICH ZUM MITTELWERT IHREN STADTGRUPPEN (NUR WEGE VON DIENSTAG BIS DONNERSTAG).....	56
ABBILDUNG 3-27: AUSSTATTUNG MIT PKW UND ÖPNV-ZEITKARTEN, FAHRRÄDERN – OSNABRÜCK UND WILHEMSHAVEN IM VERGLEICH ZUM MITTELWERT IHREN STADTGRUPPEN	57
ABBILDUNG 3-28: KFZ-BESTÄNDE HINSICHTLICH FAHRZEUGKLASSEN - DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN IM VERGLEICH - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG)	59
ABBILDUNG 3-29: ÜBERSICHT DER PKW-BESTÄNDE IN DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN HINSICHTLICH DER KRAFTSTOFFART - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG).....	60
ABBILDUNG 3-30: KRAFTSTOFFARTEN UNTER DEN ALTERNATIVEN ANTRIEBEN - DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN IM VERGLEICH - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG).....	61
ABBILDUNG 3-31: PKW-BESTÄNDE HINSICHTLICH EMISSIONSGRUPPEN - DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN IM VERGLEICH - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG).....	62
ABBILDUNG 3-32: ÜBERSICHT ÜBER DEN VERLAUF DER ANALYSE MITHILFE DES CURRENT WERKZEUGS.....	64
ABBILDUNG 3-33: BELEGUNG DER LADEINFRASTRUKTUR NACH LADEORTEN IM WOCHENVERLAUF. DER GRÖßTE TEIL DER BELEGTEN LADEINFRASTRUKTUR (ZU HAUSE) WIRD IN DEM UNTEREN DIAGRAMM GESONDERT AUSGEWIESEN.	68
ABBILDUNG 3-34: BELEGUNG DER LADEINFRASTRUKTUR NACH LADEORTEN IM WOCHENVERLAUF.	70
ABBILDUNG 3-35: LADEVORGÄNGE NACH LADEORTEN IM WOCHENVERLAUF.	71
ABBILDUNG 3-36: ANGESCHLOSSENE LEISTUNG NACH LADEORTEN IM WOCHENVERLAUF	73
ABBILDUNG 3-37: BEZOGENE ENERGIE NACH LADEORTEN IM WOCHENVERLAUF	74
ABBILDUNG 3-38: LADEBEDARFE NIEDERSACHSEN, AKTUELL, QUELLE: HTTPS://WWW.STANDORTTOOL.DE/STROM/AUSBAUPOTENZIAL/	77

ABBILDUNG 3-39: LADEBEDARFE NIEDERSACHSEN, PROGNOSE FÜR 2022, QUELLE:
[HTTPS://WWW.STANDORTTOOL.DE/STROM/AUSBAUPOTENZIAL/](https://www.standorttool.de/strom/ausbaupotenzial/)..... 78

ABBILDUNG 3-40: LADEBEDARFE NIEDERSACHSEN, PROGNOSE 2030, QUELLE: [HTTPS://WWW.STANDORTTOOL.DE/STROM/AUSBAUPOTENZIAL/](https://www.standorttool.de/strom/ausbaupotenzial/)79

ABBILDUNG 3-41: MODAL SPLIT DES GÜTERVERKEHRS IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2014, BASIEREND AUF DATEN DES UBA..... 83

ABBILDUNG 3-42: MODAL SPLIT DES GÜTERVERKEHRS IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2019, DATEN DES UBA..... 83

ABBILDUNG 3-43: VERGLEICH DER DURCHSCHNITTLICHEN TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN EINZELNER VERKEHRSMITTEL IM PERSONENVERKEHR IN DEUTSCHLAND – BEZUGSJAHR 2018..... 90

ABBILDUNG 4-1: INSTALLIERTE UND ANGENOMMENE KAPAZITÄT VON BIOMASSE MIT JÄHRLICHEN ZUBAURATEN (LINKE ORDINATE SÄULENDIAGRAMM) UND AKKUMULIERT (RECHTE ORDINATE FLÄCHIG) 101

ABBILDUNG 4-2: INSTALLIERTE UND ANGENOMMENE KAPAZITÄT VON PHOTOVOLTAIK-AUFDACH MIT JÄHRLICHEN ZUBAURATEN (LINKE ORDINATE SÄULENDIAGRAMM) UND KUMULIERT (RECHTE ORDINATE FLÄCHIG). DIE ANGENOMMENEN ZUBAURATEN ERGEBEN SICH AUS DEN ABGESTIMMTEN ZIELEN FÜR NIEDERSACHSEN..... 103

ABBILDUNG 4-3: INSTALLIERTE UND ANGENOMMENE KAPAZITÄT VON PHOTOVOLTAIK-FREIFLÄCHE MIT JÄHRLICHEN ZUBAURATEN (LINKE ORDINATE SÄULENDIAGRAMM) UND KUMULIERT (RECHTE ORDINATE FLÄCHIG). DIE ANGENOMMENEN ZUBAURATEN ERGEBEN SICH AUS DEN ABGESTIMMTEN ZIELEN FÜR NIEDERSACHSEN..... 103

ABBILDUNG 4-4: INSTALLIERTE UND ANGENOMMENE KAPAZITÄT VON WIND ONSHORE MIT JÄHRLICHEN ZUBAURATEN (LINKE ORDINATE SÄULENDIAGRAMM) UND AKKUMULIERT (RECHTE ORDINATE FLÄCHIG)..... 104

ABBILDUNG 4-5: INSTALLIERTE UND ANGENOMMENE KAPAZITÄT VON WIND OFFSHORE MIT JÄHRLICHEN ZUBAURATEN (LINKE ORDINATE SÄULENDIAGRAMM) UND AKKUMULIERT (RECHTE ORDINATE FLÄCHIG). 105

ABBILDUNG 4-6: INSTALLIERTE KAPAZITÄTEN VON WASSERKRAFT, BIOMASSE, PHOTOVOLTAIK, WIND ONSHORE UND WIND OFFSHORE. BEI WIND OFFSHORE WURDE BIS 2020 DIE IN NIEDERSACHSEN ANGEKUNDETE KAPAZITÄT DARGESTELLT. FÜR DIE PROGNOSE WURDEN IM VERGLEICH DAZU DIE BUNDESWEITEN WIND OFFSHORE KAPAZITÄTEN AUFGETRAGEN. 106

ABBILDUNG 4-7: ERTRÄGE INSTALLIERTER UND ZUKÜNFTIG ERWARTETER KAPAZITÄTEN VON WASSERKRAFT, BIOMASSE, PHOTOVOLTAIK, WIND ONSHORE UND WIND OFFSHORE. BEI WIND OFFSHORE WURDE BIS 2020 DER IN NIEDERSACHSEN ANGEKUNDETE WINDSTROM DARGESTELLT. FÜR DIE PROGNOSE WURDE IM GEGENSATZ DAZU DER BUNDEWEITE WINDSTROM DARGESTELLT. 107

ABBILDUNG 4-8: VERTEILUNG DER BEVÖLKERUNG IN NIEDERSACHSEN JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT 107

ABBILDUNG 4-9: FLÄCHENBEZOGENE VERTEILUNG DER BEVÖLKERUNG IN NIEDERSACHSEN JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT 107

ABBILDUNG 4-10: ENERGIEBEDARF JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT 108

ABBILDUNG 4-11: FLÄCHENBEZOGENER ENERGIEBEDARF JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT 108

ABBILDUNG 4-12: BEVÖLKERUNGSBEZOGENER ENERGIEBEDARF JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT IM JAHR 2017..... 109

ABBILDUNG 4-13: BEVÖLKERUNGSBEZOGENER ENERGIEBEDARF JE LANDKREIS BZW. KREISFREIE STADT IM ZUKUNFTSSZENARIO 2050 109

ABBILDUNG 4-14: INSTALLIERTE WIND ONSHORE LEISTUNG BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 110

ABBILDUNG 4-15: INSTALLIERTE WIND ONSHORE LEISTUNG FLÄCHENNORMIERT BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 110

ABBILDUNG 4-16: INSTALLIERTE PHOTOVOLTAIK-AUFDACH LEISTUNG BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 110

ABBILDUNG 4-17: INSTALLIERTE PHOTOVOLTAIK-AUFDACH LEISTUNG FLÄCHENNORMIERT BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE.. 110

ABBILDUNG 4-18: INSTALLIERTE PHOTOVOLTAIK-FREIFLÄCHE LEISTUNG BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 111

ABBILDUNG 4-19: INSTALLIERTE PHOTOVOLTAIK-FREIFLÄCHE LEISTUNG FLÄCHENNORMIERT BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 111

ABBILDUNG 4-20: INSTALLIERTE ERZEUGUNGSKAPAZITÄTEN FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. 111

ABBILDUNG 4-21: INSTALLIERTE ERZEUGUNGSKAPAZITÄTEN FÜR ERNEUERBARE ENERGIEN FLÄCHENNORMIERT BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE..... 111

ABBILDUNG 4-22: ERTRAG ERNEUERBARER ENERGIEN IM JAHR 2050 BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE..... 112

ABBILDUNG 4-23: ERTRAG ERNEUERBARER ENERGIEN IM JAHR 2050 FLÄCHENNORMIERT BEZOGEN AUF LANDKREISE UND KREISFREIE STÄDTE. . 112

ABBILDUNG 4-24: DIFFERENZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS JAHR 2017. 113

ABBILDUNG 4-25: DIFFERENZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS JAHR 2050 113

ABBILDUNG 4-26: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO LANDKREIS FÜR DAS SZENARIO 2030 114

ABBILDUNG 4-27: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO PERSON FÜR DAS SZENARIO 2030 114

ABBILDUNG 4-28: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO LANDKREIS FÜR DAS SZENARIO 2050A..... 115

ABBILDUNG 4-29: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO LANDKREIS FÜR DAS SZENARIO 2050B..... 115

ABBILDUNG 4-30: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO PERSON FÜR DAS SZENARIO 2050A. 115

ABBILDUNG 4-31: ENERGIEBEDARF FÜR MIV PRO PERSON FÜR DAS SZENARIO 2050B. 115

ABBILDUNG 4-32: GESAMTBILANZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN (STROM UND MIV) IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS 2030..... 116

ABBILDUNG 4-33: GESAMTBILANZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN (STROM UND MIV) IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS 2050A..... 117

ABBILDUNG 4-34: GESAMTBILANZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN (STROM UND MIV) IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS 2050b	117
ABBILDUNG 4-35: GESAMTBILANZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN (STROM UND MIV) IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS 2050b BEZOGEN AUF DIE FLÄCHE DES LANDKREISES BZW. DER KREISFREIEN STADT (ENERGIEDICHTE).	117
ABBILDUNG 4-36: GESAMTBILANZ AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN UND ELEKTRISCHEN BEDARFEN (STROM UND MIV) IN NIEDERSACHSEN FÜR DAS 2050b BEZOGEN AUF DIE FLÄCHE DES LANDKREISES BZW. DER KREISFREIEN STADT (ENERGIEDICHTE).	117
ABBILDUNG 4-37: ENERGIEBEDARF PRO FLÄCHE / BEDARFSDICHTE FÜR DAS SZENARIO 2050b	119
ABBILDUNG 4-38: ERTRAG ERNEUERBARER ENERGIEN PRO PERSON UND FLÄCHE FÜR DAS JAHR 2050.	119
ABBILDUNG 4-39: DARSTELLUNG DER VERSCHIEDENEN PFADE ZUR WASSERSTOFFGEWINNUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN.	121
ABBILDUNG 4-40 AUFBAU UND FUNKTIONSPRINZIP DER VERSCHIEDENEN ELEKTROLYSETECHNOLOGIEN (LINKS AEL, MITTE: PEMEL, RECHTS: HTEL).....	122
ABBILDUNG 4-41: A) PROGNOSTIZIERTE ENTWICKLUNG DER EFFIZIENZ DER ELEKTROLYSETECHNOLOGIEN.	123
ABBILDUNG 4-42: AUSFALLARBEIT LAUT BUNDESNETZAGENTUR AUS DER VERTEILUNG DER EINSMAN-MAßNAHMEN NACH BUNDESLÄNDERN. .	124
ABBILDUNG 4-43: DARSTELLUNG DER ENDENERGIEBEDARFE DER VERBRAUCHS- UND ENERGIESEKTOREN FÜR DEUTSCHLAND IN 2018.	125
ABBILDUNG 4-44: DARSTELLUNG DER LAGE DER SALZSTRUKTUREN IN NORDDEUTSCHLAND.	126
ABBILDUNG 4-45: ZUSAMMENSETZUNG DES FAHRZEUGBESTANDES FÜR NIEDERSACHSEN AM 01.01.2020 LT. KRAFTFAHRTBUNDESAMT.	128
ABBILDUNG 4-46 : EINSATZ VON ERNEUERBAREM STROM IN DEN VERSCHIEDENEN MOBILITÄTSKONZEPTEN.	129
ABBILDUNG 4-47 PLAUSIBLE BANDBREITEN FÜR DIE WASSERSTOFFNACHFRAGE UND DIE ELEKTROLYSEKAPAZITÄT IN DEUTSCHLAND FÜR DIE JAHRE 2030 UND 2050.	134
ABBILDUNG 6-1: VORGEHEN BEI RECHTSANALYSE IM ÜBERBLICK	149
ABBILDUNG 6-2: TREIBHAUSGASEINSPAREFFEKTE VERKEHRSPOLITISCHER INSTRUMENTE BIS 2030 JE NACH STRINGENZ (QUELLE: ECOLOGIC INSTITUT AUF BASIS VON AGORA VERKEHRSWENDE 2018 UND UBA 2019)	160
ABBILDUNG 6-3: DARSTELLUNG ZUSAMMENARBEIT – AKTEUR*INNEN IM BEREICH ELEKTROMOBILITÄT IN NIEDERSACHSEN (AUSWAHL)	167
ABBILDUNG 6-4: DARSTELLUNG ZUSAMMENARBEIT – AKTEUR*INNEN IM BEREICH ELEKTROMOBILITÄT IN NIEDERSACHSEN (AUSWAHL)	170
ABBILDUNG 7-1: DIMENSIONEN DER MOBILITÄTSKULTUR (QUELLE: KUHNIMHOF ET AL. 2019, S. 36)	174

Tabellenverzeichnis

TABELLE 2-1: ÜBERSICHT ÜBER VERANSTALTUNGEN IM PROJEKT NEUEWEGE.....	19
TABELLE 3-1: STICHPROBENGRÖÖRE DER MID 2002 UND 2017 AUF EBENE VON BUND UND NIEDERSACHSEN	31
TABELLE 3-2: BEVÖLKERUNGSENTWICKLUNG IN NIEDERSACHSEN NACH ALTERSGRUPPEN.....	31
TABELLE 3-3: PKW-BESTÄNDE HINSICHTLICH KRAFTSTOFFART IN DEUTSCHLAND UND NIEDERSACHSEN - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG)	59
TABELLE 3-4: PKW-BESTAND HINSICHTLICH KRAFTSTOFFART ALTERNATIVER ANTRIEBE IN NIEDERSACHSEN - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG)	60
TABELLE 3-5: PKW-BESTAND HINSICHTLICH KRAFTSTOFFART ALTERNATIVER ANTRIEBE IN DEUTSCHLAND - STICHTAG: 1. JANUAR 2020 (EIGENE DARSTELLUNG)	61
TABELLE 3-6. ANNAHMEN ZUM BETRACHTETEN SZENARIO FÜR DAS ZIELJAHR 2030 IN NIEDERSACHSEN	66
TABELLE 3-7. LADEINFRASTRUKTUR ANNAHMEN (ALLGEMEIN, VERFÜGBARKEIT, LEISTUNG, PREISE) ZUM BETRACHTETEN SZENARIO FÜR DAS ZIELJAHR 2030 IN NIEDERSACHSEN.....	67
TABELLE 3-8. MODIFIZIERBARE EINGANGSGRÖÖREN IM STANDORTTOOL	76
TABELLE 3-9: BEFÖRDERUNGSMENGE UND BEFÖRDERUNGSLEISTUNG NACH VERKEHRSTRÄGER – STICHTAG: 11. NOVEMBER 2020 (X = TABELLENFACH GESPERRT, WEIL AUSSAGE NICHT SINNVOLL. ... = ANGABE FÄLLT SPÄTER AN.).....	81
TABELLE 3-10: JAHRESFAHRLEISTUNG IN 1.000 KM IM JAHR 2019 – STICHTAG: 16. JULI 2020.....	81
TABELLE 3-11: GESAMTVERKEHR DEUTSCHEN LASTKRAFTFAHRZEUGE IM JAHR 2019 NACH GEBIET DER BE- BEZIEHUNGSWEISE ENTLADUNG SOWIE VERSAND UND EMPFANG (AUSSCHNITT, INSGESAMT UND NIEDERSACHSEN)	82
TABELLE 3-12: ENTWICKLUNG DER PERSONENVERKEHRSLEISTUNG IN DEN VEU SZENARIEN (MILLIONEN PERSONEN-KM PRO JAHR)	86
TABELLE 3-13: ENTWICKLUNG DER GÜTERVERKEHRSLEISTUNG IN DEN VEU SZENARIEN (MILLIONEN TONNEN-KM PRO JAHR)	86
TABELLE 3-14: ENTWICKLUNG DER FAHRLEISTUNG VON PKW UND LKW NACH ENERGIETRÄGERN (MILLIARDEN FAHRZEUGKM PRO JAHR), PV = PERSONENVERKEHR, GV = GÜTERVERKEHR	87
TABELLE 3-15: PKW-FAHRLEISTUNG UND VERTEILUNG NACH ANTRIEBSARTEN IN NIEDERSACHSEN FÜR DIE JAHRE 2017, 2030 UND 2050	89
TABELLE 3-16: TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN IN NIEDERSACHSEN FÜR DIE JAHRE 2017, 2030 UND 2050	91
TABELLE 4-1: AUSBAUPFADE VON NIEDERSACHSEN UND VOLLASTSTUNDEN, WELCHE IN DIESER STUDIE BERÜCKSICHTIGT WURDEN.....	97
TABELLE 4-2: ENERGIEBILANZEN, FAHRLEISTUNG MIT ELEKTROMOBILITÄT UND WIRKUNGSGRAD DER ELEKTROMOBILITÄT DER SZENARIEN 2030, 2050A UND 2050B UND HISTORISCHE ZAHLEN DES REFERENZJAHR 2017 LAUT LAK ENERGIEBILANZEN.....	118
TABELLE 4-3: H ₂ -VERBRAUCH VERSCHIEDENER VERKEHRSMITTEL FÜR 100 KM.....	131
TABELLE 4-4: AUFLISTUNG DER SZENARIEN, MIT KURZBESCHREIBUNG SOWIE ANGABEN ZU PtCH ₄ - UND PTL-NACHFRAGE IN DEUTSCHLAND IM JAHR 2050. (PtCH ₄ – SYNTHETISCHES METHAN; PTL – SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE; TR-TREIBHAUSGASREDUKTION)	133
TABELLE 4-5: PLAUSIBLE BANDBREITEN FÜR DIE WASSERSTOFF-NACHFRAGE UND DIE ELEKTROLYSE-KAPAZITÄT, FÜR DIE REGIONEN DEUTSCHLAND UND EU, FÜR DIE JAHRE 2030 UND 2050	133
TABELLE 6-1: ÜBERSICHT POLITISCHER ZIELE MIT RELEVANZ FÜR ELEKTROMOBILITÄT UND WASSERSTOFFNUTZUNG IM VERKEHR	151
TABELLE 6-2: ÜBERSICHT FAHRZEUGBEZOGENE POLITIKEN UND WASSERSTOFFNUTZUNG IM VERKEHR	152
TABELLE 6-3: ÜBERSICHT MAÖNNAHMEN FÜR AUFBAU VON LADE- UND WASSERSTOFFINFRASTRUKTUR	154
TABELLE 6-4: ÜBERSICHT AKTEUR*INNEN ZU ELEKTROMOBILITÄT IN NIEDERSACHSEN.....	165
TABELLE 6-5: ÜBERSICHT AKTEUR*INNEN ZU WASSERSTOFF IN NIEDERSACHSEN (AUSWAHL).....	168

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AG	Arbeitsgemeinschaft
AP	Arbeitspaket
BEV	Battery Electric Vehicle (batterieelektrisches Fahrzeug)
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CNG	Compressed Natural Gas (Erdgas)
CURRENT	Charging Infrastructure for Electric Vehicles Analysis Tool (Werkzeug zur Analyse von Ladinfrastruktur für elektrische Fahrzeuge)
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
ENaQ	Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EV	Electric Vehicle (elektrisch angetriebenes Fahrzeug)
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
FCV	Fuell Cell Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
Fkm	Fahrzeugkilometer
GEIG	Gebäude-Elektromobilitäts-Infrastrukturgesetz
GV	Güterverkehr

GW	Gigawatt
HTEL	Hochtemperaturelektrolyse
ICE	Internal Combustion Engine (Verbrennungsmotor)
ICE-Hyb	Internal Combustion Engine – Hybrid
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
kWh	Kilowattstunde
LPG	Liquefied Petroleum / Propane Gas (Flüssiggas)
MaStRV	Marktstammdatenregisterverordnung
MiD	Mobilität in Deutschland (Studie)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MU	Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz
MW	Megawatt
Nds.	Niedersachsen
NEMo	Nachhaltige Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen im ländlichen Raum (Projekt)
NKlimaG	Niedersächsisches Klimaschutzgesetz
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
ÖPFV	Öffentlicher Personenfernverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PEMEL	Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle (Plug-in Hybrid)
Pkm	Personenkilometer
SrV	System repräsentativer Verkehrserhebungen
THG	Treibhausgase
TJ	Terajoule

TWh	Terawattstunde
UBA	Umweltbundesamt
VEU	Projekt Verkehrsentwicklung und Umwelt
WEMoG	Wohnungseigentumsmodernisierungsgesetz

Vorwort des Niedersächsischen Ministers für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz Olaf Lies

Verehrte Leserinnen und Leser,

zentrales Ziel dieser niedersächsischen Landesregierung ist eine Defossilisierung des Verkehrssektors, ohne dabei die Mobilitätsbedarfe der Menschen und der Wirtschaft zu beschneiden. Hierzu müssen wir einen raschen Umstieg auf Erneuerbare Energieträger realisieren, um das Klima zu schützen, sprich die Lebensgrundlagen auch für die zukünftigen Generationen zu erhalten. Darum haben wir in der Landesverfassung festgeschrieben: In Niedersachsen wird spätestens 2040 der Energiebedarf aus Erneuerbaren gedeckt.

Das niedersächsische Umweltministerium hat deshalb auch das Fachgutachten „Neue Wege: Wege zur nachhaltigen Mobilität in Niedersachsen“ beauftragt. Es soll dazu dienen, den Status quo zu analysieren und daraus verschiedene Umsetzungsmaßnahmen für eine landesweit nachhaltige Mobilität zu entwickeln. Begleitet haben wir dieses Gutachten in einem umfangreichen Austausch mit den verschiedensten Akteur*innen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft.

Der Mobilitätssektor ist einer besonders dynamischen Entwicklung unterworfen und für Raumüberwindung sowie Daseinsvorsorge essentiell. Mobilität ist für uns alle ein Grundbedürfnis, das ist uns insbesondere in der aktuellen Corona-Pandemie sehr deutlich geworden. Wir haben gleichzeitig auch mit vielen Online-Veranstaltungen bewiesen, dass hier neue Wege möglich sind. Nachhaltiger Verkehr bietet Chancen, nutzt Digitalisierung. Durch flexible Arbeitszeitmodelle und versetzten Beginn in Schulen lassen sich beispielsweise Lastspitzen im ÖPNV abbauen. Neue Angebote im Umweltverbund helfen nicht nur, unsere Städte, sondern auch unseren ländlichen Raum besser zu erschließen.

Nicht verhehlen möchte ich aber auch die Probleme des ÖPNV und der Carsharing-Branche angesichts der Corona-Krise. Wegbrechende Einnahmen, die Angst der Reisenden vor Ansteckung, das sind Herausforderungen, die uns wohl noch länger begleiten werden. Hier brauchen wir ‚post Corona‘ einen wirklichen Neustart und deutliche Impulse, um den ÖPNV neu aufzubauen.

In der Vergangenheit war der Anstieg der Verkehrsleistung verbunden mit positiven Effekten wie wirtschaftlicher Entwicklung und zugleich verbunden mit einem erhöhten Ausstoß von Treibhausgasen durch den Einsatz fossiler Brennstoffe – auch in Niedersachsen.

Die Transformation im Bereich Mobilität geht aber weiter, hin zu batterieelektrischen Fahrzeugen im Individualverkehr und auch im ÖPNV. In niedersächsischen Städten werden zunehmend batterieelektrische Busse und brennstoffzellenelektrische Busse in die Flotten integriert.

Dabei kann Wasserstoff als Energieträger vielseitig eingesetzt werden: flüssig, gasförmig, in Brennstoffzellen, in der Veredelung von Kraftstoffen und als Energiespeicher. In den Bereichen, in denen Strom aus Erneuerbaren Energien nicht direkt eingesetzt werden kann, öffnen grüner Wasserstoff und seine Folgeprodukte „Power-to-X“ neue Dekarbonisierungspfade, beispielsweise durch synthetisches Kerosin. Mehr noch: Wenn es uns gelingt, im europäischen und nationalen Rahmen faire Marktchancen für Erzeugung, Transport und Nutzung von grünem Wasserstoff zu schaffen, dann verfügen wir auch über den Schlüssel zur Transformation unseres Energiesystems insgesamt. Da denke ich nicht allein an den Verbrauchssektor Verkehr, sondern auch an die Grundstoffindustrien – Stahl und Chemie. Neue Wertschöpfungsketten und Defossilisierung gehen Hand in Hand. Also werden unsere Fahrzeuge auch nachhaltiger, mit weniger Treibhausgasausstoß produziert werden.

Ich finde es gut, dass Verkehrsunternehmen und die Mobilitätsbranche insgesamt zunehmend und konsequent den Weg der Elektrifizierung gehen. Die Treibhausgasemissionen müssen gesenkt werden, sonst erreichen wir unsere Klimaziele nicht. Der Verkehrssektor hat hier einen wesentlichen Anteil und weiterhin Nachholbedarf. Ambitionierte europäische Umweltaforderungen fordern Unternehmen dazu heraus, innovative Produkte und Mobilitätslösungen anzubieten, also am Markt zu bleiben. Dabei bieten klare Standards Planungssicherheit für Wertschöpfung und Arbeitsplätze.

Die Stärkung emissionsarmer Mobilität muss Hand in Hand mit der Energiewende gehen. Wir müssen den Ausbau Erneuerbarer Energien parallel dazu massiv erhöhen, zum Beispiel Photovoltaik in Kombination mit Elektrofahrzeugen und Speichertechnologien. Der schnelle Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge steht im Fokus. Denn auch hier gilt: Klimaschutzmaßnahmen bedeuten Wachstumsimpulse; Investitionsprogramme sind gleichzeitig Konjunkturprogramme. Ziel muss aber auch eine sinnvolle Auslastung der öffentlichen Ladeinfrastruktur sein, um den dafür notwendigen Ausbau der Netze optimal zu synchronisieren.

Kluge Konzepte, um nachhaltiger mobil zu sein, sind also das Gebot der Stunde.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen und Weiterdenken, verbunden mit dem persönlichen Wunsch nach einer räumlich und dabei nachhaltig mobilen Zukunft.



Bildquelle und -rechte: picture alliance – Holger Holleman - dpa

1. Executive Summary

Hauptziel des Projekts „NeueWege“ war es, die Verkehrs- und Energiesituation in Niedersachsen zu evaluieren. Ausgangspunkt für das Projekt NeueWege war das Ziel der **Defossilisierung des Verkehrssektors** der niedersächsischen Landesregierung ohne dabei die Mobilitätsbedarfe der Bürger*innen und der Wirtschaft zu beschneiden. Die Energiewende im Verkehr ist zentral, um klimapolitische Ziele zu erreichen. Es scheinen jedoch insbesondere Hemmnisse und Herausforderungen der Umsetzung neuer Mobilitätskonzepte und der **Steigerung des Anteils Erneuerbarer Energien im Verkehrssektor zur Reduktion von Emissionen** zu bestehen. Niedersachsen verfolgt mit dem Niedersächsischen Klimagesetz (NKlimaG) ambitionierte Ziele und schreibt sowohl für den Verkehrs- als auch den Energiesektor gesetzlich fest, wie Energie- und Klimaschutz gestaltet und greifbar werden. Bis 2050 soll Niedersachsen klimaneutral werden und bereits 2040 soll der Energiebedarf Niedersachsens bilanziell umfassend mit Erneuerbaren Energien gedeckt werden.¹ Ganzheitliche Nachhaltigkeit bedarf sektorenübergreifender Perspektiven und den Einbezug relevanter Akteur*innen, insbesondere aus dem Verkehrs- und Energiesektor. Im Projekt NeueWege wurde daher auf folgende Aspekte fokussiert:

- die **Mobilitätswende** und die damit einhergehende Nutzung klima- und umweltverträglicher Verkehrsformen bzw. -mittel
- die **Energiewende** im Verkehr, dabei insbesondere die Nutzung Erneuerbarer Energien, die Erhöhung der Energieeffizienz und die Senkung des Energieverbrauchs
- die wissenschaftliche Analyse von **Chancen und Hemmnissen**, die sich in bereits abgeschlossenen, **niedersächsischen Projekten nachhaltiger Mobilität** gezeigt haben
- die Identifikation **relevanter niedersächsischer Akteur*innen bzw. Stakeholder*innen** der Mobilitäts- und Energiewende
- die Analyse **regionaler Mechanismen** zur Umsetzung der Energiewende im Verkehr unter Beachtung der Besonderheiten Niedersachsens als Flächenland mit einigen Großstädten, aber auch dem weniger verdichteten ländlichen Raum
- die Ableitung von **Handlungsempfehlungen**

Zu Beginn des Projekts wurden alle relevanten Akteur*innen, Strukturen und Prozesse in Niedersachsen identifiziert, die zur nachhaltigen Entwicklung der Mobilität beitragen können. Im Laufe des Projekts wurden verschiedene **Veranstaltungen** mit ausgewählten Teilnehmer*innen durchgeführt. In einem zweiteiligen Stakeholder*innen Forum ging es um das Thema „Energiewende und Mobilität“, dabei zunächst um den Rechtsrahmen für Elektromobilität und wasserstoffbasierte Mobilität in Niedersachsen und anschließend die Energiesystemanalyse für Niedersachsen. Es wurden u.a. die Einführung eines Grünstromprivilegs und die Einführung zentraler Infrastrukturen für Wasserstoff- und Elektromobilität, insbesondere im ÖPNV, diskutiert. Darüber hinaus haben zwei Fachworkshops stattgefunden. Die übergeordnete Fragestellung des ersten Fachworkshops lautete „Sektorenkopplung durch E-Mobilität: Mit welchen Instrumenten gelingt der bedarfsgerechte, netzorientierte Ausbau der Ladeinfrastruktur in Niedersachsen und Deutschland?“. Thema waren u.a. aktuelle Gesetze, die den Einbau privater Ladeinfrastruktur erleichtern sollen. Der zweite Fachworkshop fokussierte auf grünen Wasserstoff als Vehikel der Sektorenkopplung und Baustein für die Energiewende im Verkehr. Abschließend wurde den Stakeholder*innen in einem zweiten Stakeholder*innen Forum der Gutachtenentwurf vorgestellt und zu den abgeleiteten Handlungsempfehlungen diskutiert. Bei allen Veranstaltungen ging es auch um die bestehenden Herausforderungen bei der Umsetzung von Maßnahmen.

¹<https://www.klimaschutz-niedersachsen.de/themen/klimaschutz/klimaschutz-in-niedersachsen.php#Niedersaechsisches%20Klimagesetz>

Ein wesentlicher Bestandteil des Fachgutachtens war die Bestimmung des Status quo der Energie- und Mobilitätswende in Niedersachsen, dabei orientiert an den Zielsetzungen zur Energiewende im Verkehr und der Mobilitätswende. Die Analysen bilden Entwicklungen der Verkehrs- und Energienachfrage ab und helfen somit auch, zukünftige Bedarfe abzuschätzen. Die Ergebnisse sind im Fachgutachten in den beiden Kapiteln „Bestandsaufnahme Verkehrsbereich“ und „Energieanalyse“ dargestellt. Methodisch beruht das Fachgutachten auf tiefgehenden Literaturrecherchen und statistischen Auswertungen unterschiedlicher Datensätze für den Verkehrs- und Energiebereich.

Für die **Bestandsaufnahme im Verkehrsbereich** wurden u.a. die Daten der Studie **Mobilität in Deutschland** (MiD 2017) genutzt. Im Ergebnis zeigt sich: Von 2002 bis 2017 ist die Verkehrsleistung in Niedersachsen um 18 Prozent gestiegen. Öffentliche Verkehrsmittel und das Fahrrad haben im Vergleich zum Pkw überproportional zugenommen. Während der Gesamtanstieg des Verkehrs in Niedersachsen dem Bundesdurchschnitt entspricht, fällt der Zuwachs des Umweltverbunds geringer aus. Aufgrund des **hohen Anteils des motorisierten Individualverkehrs** (MIV) an allen Wegen und zurückgelegten Kilometer hat dieser absolut gesehen mit Abstand am stärksten zugenommen. Die sehr hohe Bedeutung des MIV in Niedersachsen zeigt sich auch beim Pkw-Besitz. Haushalte in Niedersachsen sind im bundesweiten Vergleich nicht nur häufiger im Besitz eines Pkw, v.a. die Mehrfachmotorisierung spielt hier eine bedeutende Rolle und hat im betrachteten Zeitraum von 15 Jahren deutlich zugenommen.

Neben dem Status quo wurde auch die zukünftige Entwicklung des Personenverkehrs betrachtet, insbesondere die Entwicklung bis zum Jahr 2030, aber auch bis zum Jahr 2050. Aufbauend auf drei **explorativen Verkehrsszenarien** mit unterschiedlichen Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage und der Zusammensetzung der Fahrzeugflotte, wurde die Personenverkehrsleistung bestimmt. Diese war die Grundlage für die weiteren Berechnungen im Rahmen der Energieanalyse sowie die Analyse der Auswirkungen auf die Treibhausgas-Emissionen im Verkehr.

Im Rahmen des Gutachtens wurde außerdem die bestehende **Ladeinfrastruktur** und der erwartete Ladebedarf untersucht. Dabei wurden die regionalen Bedingungen in Niedersachsen zugrunde gelegt. Zunächst wurde der aktuelle Fahrzeugbestand analysiert, wo sich zeigte, dass in Niedersachsen 97% der Pkws entweder diesel- oder benzinbetrieben sind (Stichtag 01.01.2020). Strombasierte Mobilität als Perspektive, um Treibhausgasemissionen zu reduzieren, ist dabei auch an die Bereitstellung bedarfsgerechter und flächendeckender Ladeinfrastruktur gebunden. Die Analyse der Ladenachfrage in Niedersachsen wurde mithilfe des CURRENT-Werkzeugs² durchgeführt. Es sollte ein Mix aus normaler und schnellladefähiger Infrastruktur angestrebt werden, der **Mittelweg zwischen effizienter und netzdienlicher** Ladeinfrastruktur ist somit entscheidend. Zudem wurde die prognostische Nachfrage nach Ladeinfrastruktur standortspezifisch durch das Standort-TOOL quantifiziert. Der Ausblick für 2022 und 2030 variiert in Abhängigkeit der angenommenen Anzahl an Elektrofahrzeugen deutlich. So können insbesondere zusätzliche Ladebedarfe in verdichteten Räumen (z.B. Osnabrück, Hannover oder Oldenburg) auftreten, es ist allerdings auch denkbar, dass sich für das gesamte Bundesgebiet zusätzliche Ladebedarfe ergeben.

Auch die **Energieanalyse** arbeitete mit Szenarien für die Jahre 2030 und 2050. Vertieft analysiert wurden die Bereiche Photovoltaik (Aufdach und Freiflächen), eine integrierte Betrachtung der Windenergie On- sowie Offshore, Biomasse und Wasserkraft. In diesen Analysen weist die Verteilung der Energieerzeugungskapazitäten ein **Gefälle zwischen Niedersachsens Nordwesten und Südosten** auf, welches sich nicht in der Dichte der Einwohner*innen oder dem flächenbezogenen Energiebedarf für Verkehr oder Strom widerspiegelt. Bspw. hat der Nordwesten Niedersachsens in Bezug auf die Potentiale für Windenergie einen Vorteil, beim Solarenergiepotential liegt allerdings der Südosten Niedersachsens vorne. Wasserstoff als Baustein für die

² Charging Infrastructure for Electric Vehicles Analysis Tool (CURRENT).

Transformation des Energiesystems wird zusätzlich diskutiert, insbesondere unter Gesichtspunkten der Sektorenkopplung.

Die **Analyse bestehender Projekte** beschäftigte sich mit bereits durchgeführten oder noch laufenden Projekten zur Förderung nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen. Zu Beginn wurde eine umfassende Übersicht aller relevanten Projekte in Niedersachsen und teilweise darüber hinaus (deutschlandweit) erstellt. Dies geschah, um anhand von bestehenden Projekten Chancen und Hemmnisse der Umsetzung nachhaltiger Mobilität zu identifizieren. Auf Basis der Gesamtübersicht wurden vier Projekte für eine differenziertere Analyse ausgewählt. Die ermittelten Ergebnisse wurden über Interviews mit Projektleiter*innen vertieft. Bei den Projekten **EcoBus** und **NEMO** („Nachhaltige Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen im ländlichen Raum“) ging es um die Möglichkeit, das bestehende Angebot des öffentlichen Verkehrs zu erweitern. Der Fokus lag hier besonders auf dem ländlichen Raum. Mit dem Projekt **eRadschnellweg** (Göttingen) wurde der Umstieg vom Pkw auf das Fahrrad, insbesondere im Pendelverkehr, thematisiert. Das Projekt **3connect** lieferte Erkenntnisse im Bereich der Sektorenkopplung. Im vorliegenden Fachgutachten sind die Kernergebnisse der vier Projekte, die auch in Bezug auf Chancen und Hemmnisse bei der Umsetzung analysiert wurden, zusammengefasst. Darüber hinaus wurden Handlungsempfehlungen für eine erfolgreiche Umsetzung zukünftiger Projekte abgeleitet. Generell werden ein interdisziplinärer Ansatz und der Einbezug aller relevanten Akteur*innen sowie Nutzer*innen für wesentliche Erfolgsfaktoren gehalten.

Ein weiterer Bestandteil des Projekts „NeueWege“ war die Durchführung einer **Akteur*innen- und Institutionenanalyse**. Es wurde untersucht, welche Strukturen in Niedersachsen bereits vorhanden sind, um nachhaltige Mobilität umzusetzen, und welche Akteur*innen sowie Institutionen und Gesetze, Normen und Politiken für eine erfolgreiche Mobilitätswende relevant sind. Im ersten Schritt wurden im Rahmen einer **Ist-Analyse** bestehende Zielsetzungen sowie bestehende Politikinstrumente systematisch erfasst, um sie im zweiten Schritt einer **Soll-Analyse** gegenüberzustellen.

Der Schwerpunkt lag auf den sektorenübergreifenden Themen **Elektromobilität und Nutzung von Wasserstoff im Verkehr**. Für diese beiden Bereiche werden im Fachgutachten die jeweils relevanten Akteur*innen sowie rechtliche Hemmnisse beschrieben. Im Weiteren werden **regulierende, fiskalische, marktbasierende und raumbezogene Maßnahmen** vorgestellt sowie Beispiele aus Forschung und Entwicklung betrachtet. Bisher stehen v.a. Regulierung und fiskalische Instrumente – hauptsächlich Fördermaßnahmen – im Vordergrund. Aus den ausgewerteten Szenarioanalysen geht jedoch hervor, dass für eine Erreichung des Treibhausgasreduktionsziels im Verkehr für 2030 auch Maßnahmen notwendig sind, die den MIV auf Basis von Benziner und Dieselauto weniger attraktiv machen, z. B. über CO₂-Bepreisung oder Maut, durch Enddaten für die Nutzung von konventionellen Pkws oder durch einschränkende Maßnahmen in Städten. Mit Blick auf die Elektromobilität wird angesichts des hohen MIV-Anteils in Niedersachsen insbesondere die Notwendigkeit des Ausbaus der Ladeinfrastruktur unterstrichen. Hervorzuheben sind die besonderen Bestrebungen in Niedersachsen eine Wasserstoffindustrie aufzubauen und der Vorbildcharakter der Landesregierung bspw. bei der Anschaffung von emissionsfreien bzw. -armen Fahrzeugen.

Aufbauend auf den Verkehrs- und Energieanalysen sowie der Untersuchung ausgewählter niedersächsischer Projekte werden im letzten Kapitel des Fachgutachtens **Handlungsempfehlungen** für die Förderung nachhaltiger Mobilität abgeleitet. Die Analysen mithilfe der Szenarien zeigen deutlich, dass eine Sektorenkopplung und eine gezielte Förderung sowohl der Elektromobilität als auch der Wasserstofftechnologie zentral für die Erreichung der gesetzten Reduktionsziele für Emissionen im Verkehrssektor sind. Angesichts der nach wie vor steigenden Pkw-Fahrleistung wird zusätzlich eine Verkehrsverlagerung vom MIV zu umweltfreundlicheren Modi (ÖPNV, Carsharing, Fuß- bzw. Fahrradverkehr) benötigt. Diese gilt es über verhaltenswirksame und einen **Mix aus Push- und Pull-Ansätzen** bestehende Maßnahmen voranzubringen.

Ein gut funktionierender öffentlicher Verkehr ist das Rückgrat für das Gelingen der Mobilitätswende, daher muss dieser sowohl in der Stadt als auch auf dem Land weiter ausgebaut werden. Da der öffentliche Verkehr besser bewertet wird, wenn Nutzungserfahrungen vorliegen, gilt es, durch verschiedenste Aktionen Nutzungsanlässe zu schaffen. Auch die ausgewählten niedersächsischen Projekte zeigen, dass die Berücksichtigung der jeweils **spezifischen örtlichen Besonderheiten** von hoher Bedeutung ist. Im Rahmen der analysierten Projekte wurden für den ländlichen Raum v.a. Ridepooling- und Ridesharing-Konzepte besprochen, bspw. als Zubringer zum ÖPNV, um so einen positiven Beitrag zur Verkehrs- und Emissionsreduktion zu leisten. Im Radverkehr sollten neben infrastrukturellen Gegebenheiten auch Pedelecs verstärkt in den Fokus genommen werden, um einen Einstieg in die Elektromobilität weiter zu fördern. Hemmnisse treten u.a. durch die mangelnde bzw. schwerfällige Digitalisierung auf.

Niedersachsen hat große Potentiale für die Erzeugung erneuerbarer Energien insbesondere im Bereich der Windkraft. Auch hier gilt es, die Besonderheiten von Stadt und Land zu beachten, bspw. in städtischen Gebieten Erneuerbare Energieanlagen zu schaffen, um den Energietransport aus dem Umland soweit wie möglich zu minimieren. Die Vorteile Niedersachsens als Windstandort sind auch für den Aufbau einer Wasserstoffindustrie entscheidend. Hier ist insbesondere der Aufbau von geeigneten Speichern zu beachten und weiter zu erforschen.

2. Einleitung

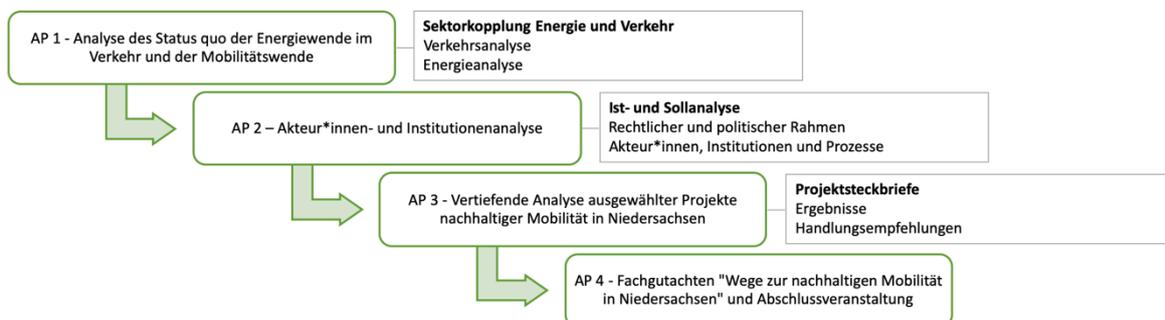
Das Projekt „NeueWege – Wege zur nachhaltigen Mobilität in Niedersachsen“ begann am 1. Oktober 2019 und endete am 31.03.2021. Das hier vorliegende Fachgutachten beinhaltet die Ergebnisse zur [Bestandsaufnahme des Verkehrsbereichs](#) und der [Energieanalyse](#). Darauf folgt die [Projektanalyse](#), in der ausgewählte Projekte u.a. in Bezug auf Chancen und Hemmnisse zur Verwirklichung nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen untersucht wurden. An die [Akteurs- und Institutionenanalyse](#) schließen sich abgeleitete [Handlungsempfehlungen](#) für politische Maßnahmen an. Das übergeordnete Ziel von „NeueWege“ ist es, anhand der Erfassung des Status quo der Energiewende im Verkehr und der Mobilitätswende, der Akteur*innen- und Institutionenanalyse und der vertiefenden Analyse ausgewählter Projekte, sektorenübergreifende Perspektiven für eine nachhaltige Mobilitätswende zu entwickeln. Durch die Betrachtung und Analyse von Energie und Verkehr und die damit einhergehende Identifikation relevanter Akteur*innen sowie Strukturen werden Wege für die weitere Dekarbonisierung des Verkehrs aufgezeigt.

Im Rahmen des Projekts wurde für Niedersachsen eine umfassende sektorenübergreifende Analyse des gegenwärtigen Standes der Forschung zum Thema nachhaltige Mobilität durchgeführt und die Chancen und Hemmnisse bei der Umsetzung neuer Mobilitätskonzepte identifiziert. Dabei standen folgende Projektziele im Vordergrund:

- Analyse der regionalen Bedingungen Niedersachsens (vorhandene Raum- und Wirtschaftsstrukturen, politische und gesellschaftliche Institutionen, vorhandenes Verkehrsangebot und bestehende Mobilitätsmuster) mit anschließender Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung nachhaltiger Mobilität
- Erarbeitung eines Gesamtüberblickes über bereits bestehende Projekte im Verkehrssektor
- Entwicklung von Maßnahmen zur Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien und der Reduktion von Emissionen

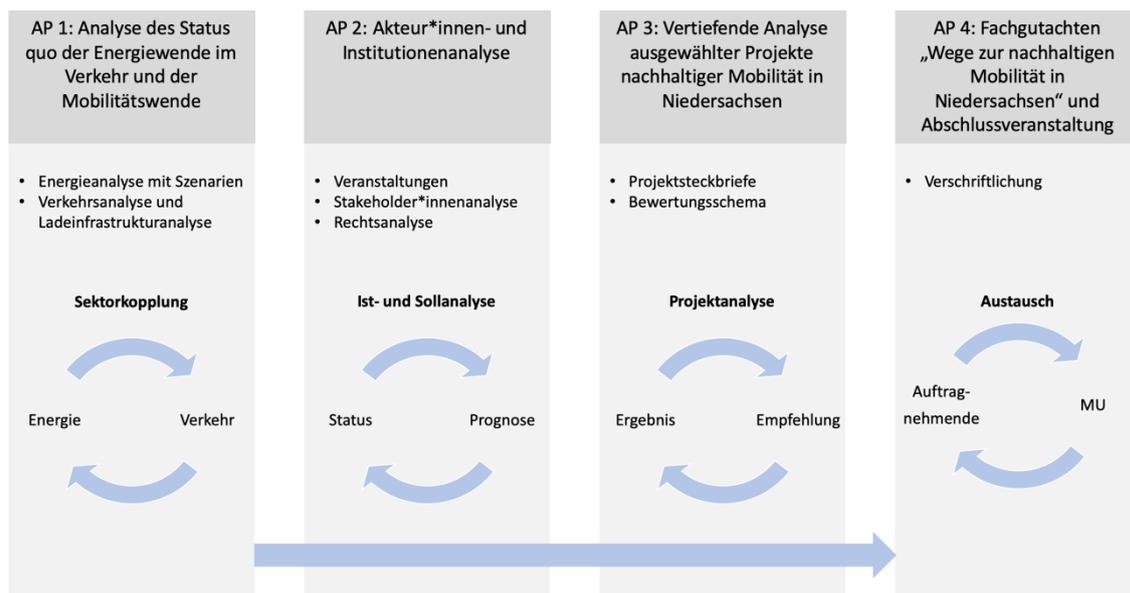
Das Projekt ist in vier Arbeitspakete (AP) aufgeteilt. Im ersten AP wurde für Niedersachsen eine Analyse des Status quo der Energiewende im Verkehr und der Mobilitätswende durchgeführt. Hierbei wurde zudem besonderer Fokus auf die Ladeinfrastruktur gelegt. Das zweite AP umfasste die Akteur*innen- und Institutionenanalyse mit dem Ziel, die regionalen Strukturen und Umsetzungsmechanismen für eine nachhaltige Mobilität in Niedersachsen zu untersuchen. Der Schwerpunkt des dritten APs lag in der vertiefenden Analyse ausgewählter Projekte. Abschließend wurden im vierten AP die Erkenntnisse und Ergebnisse in dem nun hier vorliegenden Fachgutachten „Wege zur nachhaltigen Mobilität in Niedersachsen“ zusammengetragen und auf einer Abschlussveranstaltung präsentiert. Die APs und ihr Verlauf werden in Abbildung 2-1 dargestellt.

Abbildung 2-1: NeueWege Projektüberblick mit den vier Arbeitspaketen



Innerhalb dieser APs stehen jeweils verschiedene Themen und Analysen im Vordergrund, die in dem Projekt „NeueWege“ als dynamische Prozesse betrachtet werden. So legt in AP eins die Sektorkopplung zwischen Energie und Verkehr den Fokus während in AP zwei auf den Vergleich des Ist- und Soll-Zustandes fokussiert wird. Die Ergebnisse der Projektanalyse aus AP drei führen zu Handlungsempfehlungen, die in den spezifischen Projektkontexten betrachtet werden müssen. Zum erfolgreichen Abschluss des Projektes „NeueWege“ war ein kontinuierlicher Austausch zwischen den Auftragnehmer*innen und MU erforderlich. Abbildung 2-2 stellt den Projektüberblick im Detail dar.

Abbildung 2-2: NeueWege Projektüberblick mit den vier Arbeitspaketen und vertiefenden Informationen



Die Gliederung des Fachgutachtens wird nachfolgend kurz beschrieben. Zuerst werden die bereits erfolgten [Veranstaltungen](#) kurz zusammengefasst. Darauf folgt die ausführliche Präsentation der [Bestandsaufnahme jeweils für den Verkehrsbereich](#) und anschließend für den [Energiebereich](#). Danach werden die [Projektanalyse](#) und [Akteurs- und Institutionenanalyse](#) präsentiert. Hierauf folgen die daraus abgeleiteten [Handlungsempfehlungen](#).

2.1. Veranstaltungen

Zu ausgewählten Zeitpunkten des Projektes „NeueWege“ wurden verschiedene Akteur*innen sowie Projektleiter*innen zu Veranstaltungen eingeladen (vgl. Tabelle 2-1). Dies geschah mit der Intention, bei der Durchführung von „NeueWege“ in fortlaufendem Austausch mit Expert*innen zu sein und so die praktische Umsetzbarkeit von Maßnahmen zur nachhaltigen Mobilität zu gewährleisten. Tabelle 2-1: Übersicht über Veranstaltungen im Projekt NeueWege führt die durchgeführten Veranstaltungen auf.

Tabelle 2-1: Übersicht über Veranstaltungen im Projekt NeueWege

Datum	Veranstaltung	Schwerpunkt
02.10.2019	Kick-Off Veranstaltung (projekt-intern)	insb. Ziele und Hintergrund des Projektes definieren
04.11.2019	Auftaktveranstaltung	Diskussion zu Netzen, ÖPNV, Stadt und Land sowie Wasserstoff (siehe ausgewählte Fotos)
29.04.2020 13.05.2020	Stakeholder*innen Forum I (zweigeteilt)	Rechtsrahmen für Elektromobilität und wasserstoff-basierte Mobilität in Niedersachsen, Energiesystemanalyse für Niedersachsen
23.09.2020	Fachworkshop I	Sektorenkopplung durch E-Mobilität, Identifikation von Instrumenten zum bedarfsgerechten und netzorientierten Ausbau der Ladeinfrastruktur
05.11.2020	Fachworkshop II	Grüner Wasserstoff: Vehikel der Sektorenkopplung und Baustein für die Energiewende im Verkehr
08.02.2021	Stakeholder*innen Forum II	Vorstellung Gutachtenentwurf, Diskussion von Handlungsoptionen

Durch die Kick-Off Veranstaltung wurde seitens des Ministeriums dargelegt, wie die Ziele im niedersächsischen Handlungskontext gesehen werden. Mit der Auftaktveranstaltung zu Beginn des Projektes „NeueWege“ fand eine Einstimmung auf das Thema nachhaltiger Mobilität im Kontext der Sektorenkopplung statt. Dabei war insbesondere die Situationsanalyse von Projekten und Stakeholder*innen sowie ein genereller Überblick über laufende Projekte in Niedersachsen relevant. In dem folgenden Stakeholder*innen Forum wurde der Fokus stärker auf niedersächsische Projekte gelegt. Auch in die Fachworkshops wurden Stakeholder*innen sowie Expert*innen eingebunden und Akteur*innen der Sektorenkopplung vernetzt. Durch die gemeinsame Diskussion wurde außerdem die Erreichung eines einheitlichen Informationsstandes angestrebt. Mit fortschreitender Projektlaufzeit wurden die Projektergebnisse in der Abschlussveranstaltung vorgestellt und diskutiert.

Nachfolgend werden Akteur*innen mit ihrer Institution oder ihrem zugeordneten Unternehmen, die an den einzelnen Veranstaltungen teilnahmen, vorgestellt. Somit wird ein Überblick gegeben, durch welche Akteur*innen die Erstellung des vorliegenden Gutachtens begleitet wurde. Dies wird im Zusammenhang mit den jeweiligen Schwerpunkten der Veranstaltungen dargestellt. Ergebnisse der Diskussion werden kurz dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass der Teilnehmer*innenkreis der jeweiligen Veranstaltungen variierte und somit immer nur einige ausgewählte Meinungen repräsentiert werden konnten. Die Veranstaltungen und Diskussionen sind protokolliert worden, es werden in dem hier vorliegenden Fachgutachten nur ausgewählte Diskussionsaspekte aufgegriffen und verortet. Es handelt sich dabei um Einzelmeinungen, die als besonders relevant eingeschätzt werden bzw. die weitere Diskussion und Analyse ermöglichen. Demnach werden noch keine Ergebnisse wissenschaftlicher Analysen präsentiert, sondern vielmehr Aspekte aufgenommen, die in ihrer zukünftigen Entwicklung beachtet werden sollten.

2.1.1. Kick-Off Veranstaltung

Die Kick-Off Veranstaltung erfolgte ausschließlich zwischen den Auftragnehmer*innen und den Auftraggeber*innen. Das Niedersächsische Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (MU) vergab den Auftrag. Die Projektleitung übernahm Dr. John Anderson des Instituts für Verkehrsforschung am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Vom DLR waren zudem Mitarbeiter*innen des Instituts für vernetzte Energiesysteme e.V. eingebunden. Neben dem DLR war das Ecologic Institut beteiligt.

Dabei wurde der Handlungsplan für NeueWege festgelegt, bspw. sollte insbesondere das Niedersächsische Klimaschutzgesetz (NKlimaG) Beachtung finden, genauso wie die differenzierte Stadt-Land Analyse, um den besonderen Anforderungen der Mobilitäts- und Energiewende des Flächenlandes Niedersachsen gerecht zu werden.

2.1.2. Auftaktveranstaltung

An der Auftaktveranstaltung nahmen Personen teil, die den nachfolgend aufgelisteten Institutionen bzw. Unternehmen angehörten. Die Teilnahme von Auftraggeber*innen und Auftragnehmer*innen wird für alle Veranstaltungen vorausgesetzt und nicht erneut explizit vermerkt.

- ADFC (Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club) Niedersachsen
- Arbeitsgemeinschaft Fahrradfreundlicher Kommunen Niedersachsen/Bremen e.V.
- BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft) – Landesgruppe Norddeutschland
- cambio Oldenburg (StadtTeilAuto Oldenburg cambio GmbH)
- EWE AG (ehemals Energieversorgung Weser-Ems)
- FUSS e.V. (Fachverband Fußverkehr Deutschland)
- GVH - Großraum-Verkehr Hannover GmbH
- Hochschule Hannover
- IHK Niedersachsen
- IG Metall Bezirk Niedersachsen und Sachsen-Anhalt
- Landeshauptstadt Hannover
- Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen mbH
- LEE Niedersachsen/Bremen (Landesverband Erneuerbare Energien Niedersachsen / Bremen e.V.)
- Leibniz Universität Hannover, Institut für Elektrische Energiesysteme
- Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation
- Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit
- Niedersächsischer Landtag
- Niedersächsische Staatskanzlei
- NSGB (Niedersächsischer Städte- und Gemeindebund)
- Stadt Hameln
- Stadt Hildesheim
- Unternehmerverbände Niedersachsen e.V.
- VCD (Verkehrsclub Deutschland e.V.)
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen LG Niedersachsen Bremen
- Verband Wohneigentum Nds.
- Verkehr und Wasser GmbH
- Volkswagen AG

Insbesondere niedersächsische Akteur*innen und Unternehmen nahmen an der Veranstaltung teil, um dem Fokus auf Niedersachsen gerecht zu werden. Zudem konnten relevante Vertreter*innen von Forschungs- und Wirtschaftseinrichtung mit Schwerpunkt auf Mobilität bzw. Energie für die Teilnahme gewonnen werden.

Die Vorträge der Auftaktveranstaltung wurden durch Herrn Minister Lies sowie Mitarbeiter*innen des DLR gestaltet.

Abbildung 2-3: Einführung in das Projekt durch Herrn Minister Lies

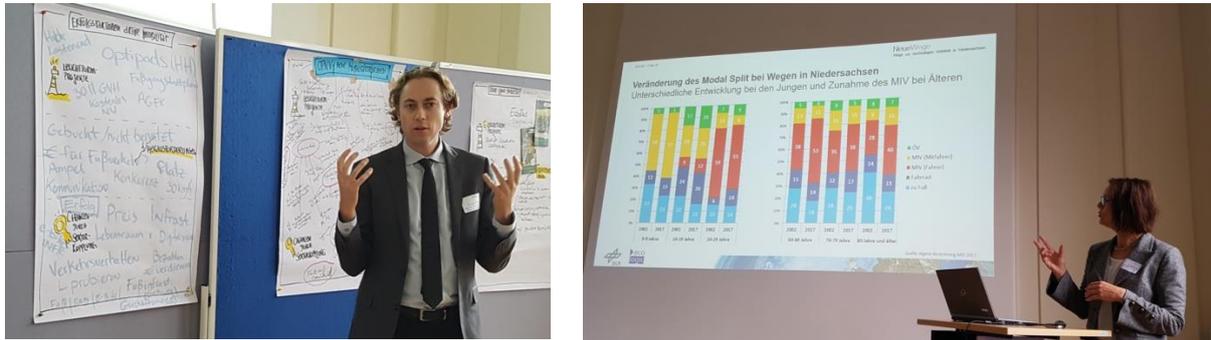


Zu Beginn der Auftaktveranstaltung (November 2019) wurde durch Herrn Minister Lies' Vortrag „NeueWege: Klimaschutz als Treiber für die Energiewende im Verkehr und die Mobilitätswende“ deutlich, dass es, um erfolgreich Klimaziele zu erreichen und nachhaltig zu agieren, ausschließlich eine ganzheitliche Energiewende geben kann. Hierfür müsse das gesamte Energiesystem (bspw. in einem Quartier) betrachtet werden. Mobilität solle bedarfsgerecht, gesundheitsfördernd, sozial- und umweltverträglich sowie wirtschaftlich sein.

Diskussionsaspekte zu diesem Vortrag werden nachfolgend aufgelistet:

- Der Personen- und Kraftverkehr habe bisher nur zu sehr geringen Teilen zur Erreichung der Klimaziele beigetragen
- Die Förderung des nachhaltigen Verkehrs fokussiere bislang fast ausschließlich auf die Stadt, es müssten allerdings auch Potentiale auf dem Land gefördert werden, bspw. durch den Ausbau von Schnellfahrstrecken für das Fahrrad oder der Stärkung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) durch Integration neuer Konzepte wie Ridepooling in Nahverkehrspläne
- Relevante Märkte auf dem Land müssten besetzt werden (u.a. CO₂ freie Busse)
- Laut Teilnehmer*innen sollte der ÖPNV insgesamt gestärkt werden und es müsste zugleich eine Umstellung auf alternative Antriebe forciert werden, hierzu bedürfe es alternativer Lösungsansätze, um bspw. den bislang hohen Mehrkosten von sowohl batterieelektrischen als auch Wasserstoff-Brennstoffzellenbussen beizukommen

Abbildung 2-4: Herr Dr. Anderson (DLR, Verkehrsforschung) und Frau Dr. Nobis (DLR, Verkehrsforschung)

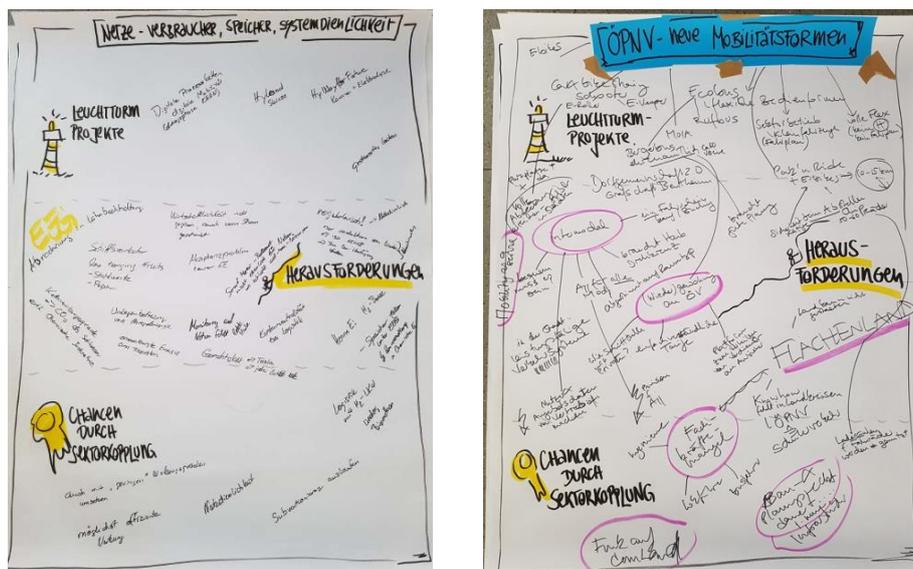


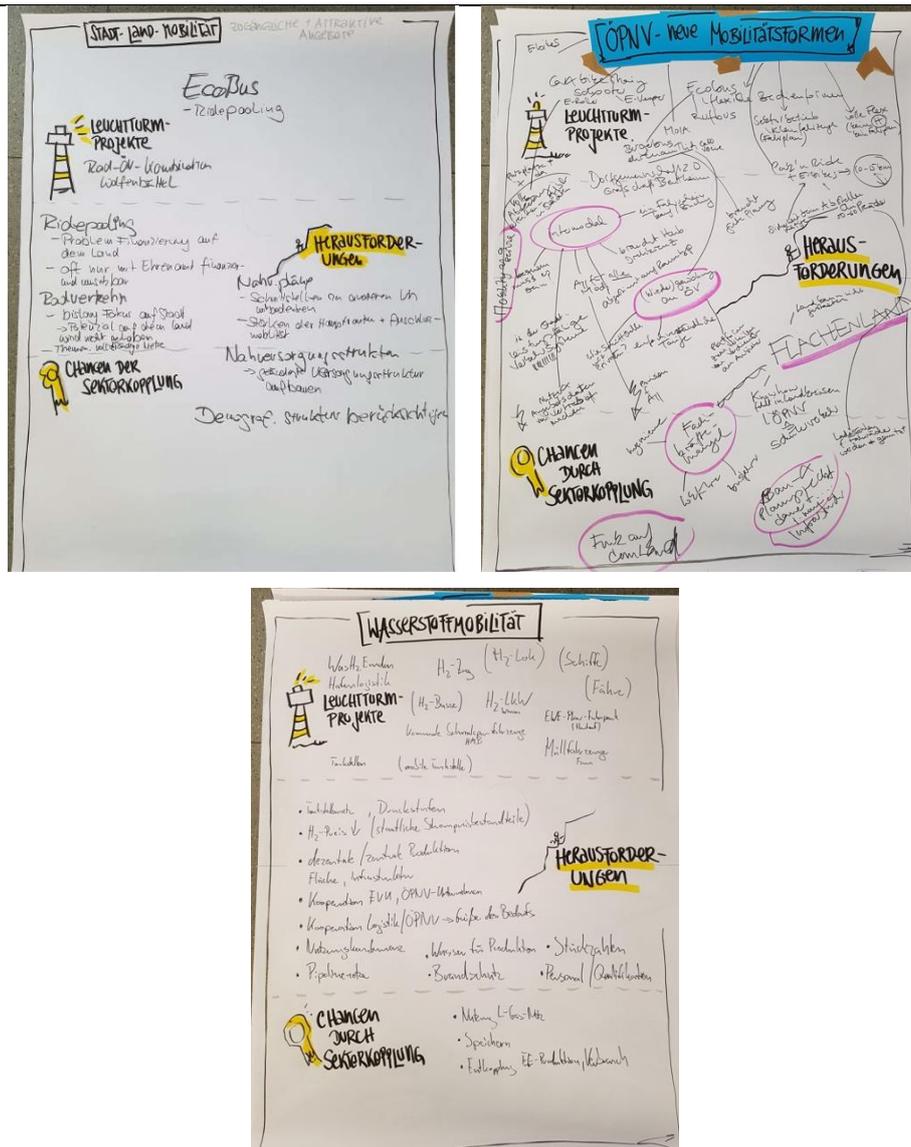
Frau Dr. Nobis (DLR, Verkehrsforschung) gab in ihrem Vortrag „Mobilität in Deutschland und Niedersachsen – wo stehen wir heute?“ einen Überblick über die Studie Mobilität in Deutschland (MiD) und präsentierte erste Ergebnisse der regionalen Auswertung für Niedersachsen. Darauf folgend hat Herr Dr. Anderson (DLR, Verkehrsforschung) das Projekt NeueWege mit seinen Inhalten kurz vorgestellt und auf weitere Veranstaltungen hingewiesen. Zum Abschluss des Vortragsteils stellte Herr Dr. Klement (DLR, Vernetzte Energiesysteme) das Forschungsprojekt ENaQ („Energetisches Nachbarschaftsquartier Fliegerhorst Oldenburg“) vor, das sich mit der Umsetzung eines Energiesystems beschäftigt, welches die Sektoren Wärme, Strom und Mobilität beinhaltet.

Im weiteren Verlauf der Veranstaltung wurde in Kleingruppen zu verschiedenen Themen diskutiert (Ergebnisse siehe Abbildung 2-5) und jeweils Leuchtturmprojekte, Chancen sowie Herausforderungen identifiziert. Die Themen der Kleingruppen waren

- Netze – Verbraucher*innen, Speicher, Systemdienlichkeit
- ÖPNV und neue Mobilitätsformen als Rückgrat der Verkehrswende
- Stadt-Land-Mobilität – zugängliche und attraktive Angebote in einem Flächenland
- Wasserstoffmobilität
- Erfolgsfaktoren aktiver Mobilität

Abbildung 2-5: ausgewählte Ergebnisse des Brainstormings zu existierenden Projekten in Niedersachsen sowie deren Herausforderungen und Chancen





2.1.3. Stakeholder*innen Forum I

Vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie entschieden Auftragnehmer*innen und Auftraggeber*innen, das Stakeholder*innen Forum als Online-Veranstaltung durchzuführen. Dies erforderte die Teilung des ursprünglich geplanten Stakeholder*innen Forums in zwei Veranstaltungen, die im Frühjahr 2020 als Online-Seminare durchgeführt wurden.

2.1.3.1. Stakeholder*innen Forum I, Teil 1

Der erste Teil des Stakeholder*innen Forums fand unter dem Titel „Rechtsrahmen für Elektromobilität und wasserstoff-basierte Mobilität in Niedersachsen“ statt. Das Ziel war die Entwicklung von sektorenübergreifenden Perspektiven für eine nachhaltige Verkehrswende, weswegen alle relevanten Sichtweisen vertreten sein sollten. Teilnehmer*innen gehörten den nachfolgend aufgelisteten Institutionen bzw. Unternehmen an:

- Cambio Carsharing
- DGB (Deutscher Gewerkschaftsbund)
- DOW
- EWE AG

-
- LEE Niedersachsen
 - Niedersachsen Allianz für Nachhaltigkeit
 - Stadt Hannover
 - Stadt Oldenburg
 - VDV (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen)
 - ZVBN (Zweckverband Verkehrsbund Bremen / Niedersachsen)

Nach einer Begrüßung durch MU und DLR führte Frau Dr. Umpfenbach (Ecologic Institut) mit einem Vortrag zum Rechtsrahmen für Elektromobilität und wasserstoffbasierte Mobilität inhaltlich in das Thema ein und diskutierte anschließend gemeinsam mit Stakeholder*innen. Frau Dr. Umpfenbach zog das Fazit, dass ambitionierte Ziele für Elektromobilität im Verkehrssektor vorhanden sind, dass für Wasserstoff allerdings eine Leitvision auf Bundes- und EU-Ebene fehle. Zudem sollten die Maßnahmen erweitert werden, dabei bewertete Frau Dr. Umpfenbach marktbasierende Instrumente als zentral. Teilnehmer*innen diskutierten die Leitfragen, welche Normen und Politiken die Verbreitung elektrischer und wasserstoffbetriebener Fahrzeuge auf niedersächsischen Straßen befördern können und welche Hemmnisse für Elektro- und Wasserstoffmobilität bestehen. Hierbei diskutierten Teilnehmer*innen über politische Ansatzmöglichkeiten, insbesondere der Landesregierung. Fokus waren

- relevante Gesetze, bspw. das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), die sich in gewissen Punkten widersprechen und somit Entwicklungen ausbremsen
- verschiedene Abgaben und Entgelte
 - Anschaffungskosten für E-Fahrzeuge
 - mögliche Umsätze bei Carsharing (weniger Einnahmen über Zeitentgelte verglichen mit herkömmlichen Fahrzeugen aufgrund der Ladezeiten)
 - Photovoltaik in Mietobjekten bspw. für Ladeinfrastruktur (Belegung mit Gewerbesteuer)
 - Wasserstoffmobilität (Netzsystemdienstleistung)
 - die Kombination der Energiewende mit Eigenstrom (Einspeisung ins Netz und EEG-Umlage)

Weitere Diskussionsaspekte sind nachfolgend zusammengetragen:

- Energie solle breiter und ganzheitlicher betrachtet werden, demnach solle bspw. herkömmlicher Strom durch grünen Strom ersetzt werden und Wärme und Mobilität in den Stromsektor integriert werden
- klare Signale (bspw. Abbau von Hürden und Hemmnissen sowie Aufbau von Ladesäulen, Anreize für Elektromobilität) sind nach Meinung der Teilnehmer*innen relevant
- diese Aspekte wurden anschließend auf Wasserstoff bezogen, d.h. es sollten grüner Wasserstoff und veredelte synthetische Kraftstoffe betrachtet werden
- die Einführung eines Grünstromprivilegs könne relevant sein
- finanzielle Förderung im Zusammenhang mit dem Ausbau von Wasserstoffantrieben und -infrastruktur sei laut Meinung der Teilnehmer*innen mindestens genauso stark benötigt, wie für Elektromobilität
- Teilnehmer*innen schlugen vor, die Mehrkosten der neuen Technologien zunächst über weitere Pilotprojekte zu finanzieren

2.1.3.2. Stakeholder*innen Forum I, Teil 2

Der zweite Teil des Stakeholder*innen Forums fokussierte auf die „Energiesystemanalyse für Niedersachsen“. Teilnehmer*innen gehörten den nachfolgend aufgelisteten Institutionen bzw. Unternehmen an:

- Cambio Carsharing
- EWE AG
- IHK (Industrie- und Handelskammer) Oldenburg
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung
- ZVBN

Nach Begrüßung durch MU und DLR präsentierte Herr Dr. Klement (DLR, Vernetzte Energiesysteme) die Ergebnisse der Energiesystemanalyse. Dabei stellte er den Stromverbrauch und die installierte Kapazität für 2017 vor. Auf die Technologiebewertung (Biomasse, Photovoltaik, Wind On- und Offshore) folgte die Vorstellung der Ziele für Niedersachsen 2030 und 2050. Außerdem wurden die erhaltenen Energien abgeschätzt und Bedarfe an Energie für E-Mobilität vorgestellt. Anschließend wurde erneut mit Stakeholder*innen diskutiert, insbesondere in Bezug auf die folgenden Aspekte:

- Hemmnisse regulatorischer Art, die den Ausbau der Erneuerbaren Energien erschweren
- zu beachtende Einflussfaktoren bei der Betrachtung eines zukünftigen Energiesystems
 - Vereinbarungen zwischen Landkreisen
 - wirtschaftliche Möglichkeiten für ländliche Gebiete
 - Bedarf an Netzverstärkungen in Orten, wo viele Ladestationen erwartet werden
 - Rolle der H2-Betankungsinfrastruktur
 - Rolle von Speichern

Teilnehmer*innen führten folgende Punkte an:

- Umlagen und die Bedingungen zum Ausbau Erneuerbarer Energien erschweren es laut Meinung der Teilnehmer*innen, diese rentabel und unter Gesichtspunkten der Sektorenkopplung (z.B. Strom mit Gasnetz), voranzutreiben
- die Förderung für die Anschaffung eines E-Fahrzeugs und die steuerliche Vergünstigung reichen noch nicht aus, um Elektromobilität in großem Maßstab umzusetzen
- elektrisches Carsharing sollte in bestehende Systeme integriert werden, um so unmittelbar Wirkung zugunsten einer Emissionsreduktion zu erzielen
- zentrale Infrastrukturen für Wasserstoff- und Elektromobilität sollten im ÖPNV geschaffen werden, um so einzelne Unternehmen von hohen Investitionskosten zu entlasten
- eine übergreifende Verkehrslösung sei anzustreben und es sei ferner notwendig, die Rolle von Speichern zu beachten
- um einen intelligenten und effizienten Netzausbau voranzutreiben, sollte die Politik regulierend eingreifen

2.1.4. Fachworkshop I

Der erste Fachworkshop mit dem Titel „Sektorenkopplung durch E-Mobilität: Mit welchen Instrumenten gelingt der bedarfsgerechte, netzorientierte Ausbau der Ladeinfrastruktur in Niedersachsen und Deutschland?“ fand im September 2020 online statt. Anlass war die Bundesgesetzgebung zum Wohnungseigentumsmodernisierungsgesetz (WEMoG) und zum Gebäude-

Elektromobilitäts-Infrastrukturgesetz (GEIG), mit deren Inkrafttreten³ u.a. Erleichterungen für den Einbau privater Ladevorrichtungen bei Ein- und Mehrfamilienhäusern geschaffen werden. Um das komplexe Handlungsfeld der Schaffung von Ladeinfrastruktur umfassend zu adressieren, skizzieren Expert*innen der Energiewirtschaft, der Automobilindustrie, der Wohnungswirtschaft und der Kommunen Herausforderungen in der Praxis. Nachfolgend werden Unternehmen und Institutionen, denen die Teilnehmer*innen angehörten, aufgelistet.

- EWE AG
- NOW GmbH (Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie)
- Landeshauptstadt Hannover
- smartlab Innovationsgesellschaft mbH, Projekt 3connect
- ubitricity
- Verband der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft in Niedersachsen und Bremen e. V.
- Volkswagen AG

Präsentationen im Fachworkshop behandelten die folgenden Themen, die die Standortbestimmung der Ladeinfrastruktur in Deutschland und Niedersachsen fokussierten:

- Ansatzpunkte eines bedarfsgerechten und netzorientierten Ladeinfrastruktur-Mix im öffentlichen sowie privaten Raum
- Bedeutung der Ladeinfrastruktur in verschiedenen Use-Cases – Laden ≠ Tanken
- Projekt 3connect: Elektromobilität in Flotten, Logistik, ÖPNV und Landwirtschaft

Darauf folgten Vorträge zu Herausforderungen in der Praxis, wobei auf Energieunternehmen, Automobilindustrie, Wohnungswirtschaft und Kommunen Bezug genommen wurde. Die Präsentationen fokussierten:

- Ladeinfrastrukturzuwachs: Netzkapazitäten und steuerbare Verbrauchseinrichtungen
- Wirksame Ladelösungen im öffentlichen und privaten Raum
- Ladeinfrastruktur im Spannungsfeld unterschiedlicher wohnungswirtschaftlicher Konzepte und Unternehmensformen
- Kommunen: Ziele, Bedarfe und Handlungskonflikte

In der Diskussion führten Teilnehmer*innen u.a. folgende Aspekte an:

- die Verantwortlichkeit für den weiteren Ausbau der Ladeinfrastruktur sei zu klären, viele Projekte wären nur aufgrund der umfangreichen Förderprogramme des Bundes umsetzbar und insbesondere Verbundprojekte mit lokalen Akteur*innen seien erfolgreich
- demnach könne der Ausbau der Ladeinfrastruktur durch weitere öffentliche Förderung vorangetrieben werden, aber auch privatwirtschaftliche Initiativen könnten Wirkung erzielen (vgl. bspw. Projekt Ionity⁴)

³ zu Verabschiedung des GEIG siehe bspw. <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Service/Gesetzesvorhaben/gebaeude-elektromobilitaetsinfrastruktur-gesetz.html>

⁴ <https://ionity.eu/de>

-
- der Ausbau der Ladeinfrastruktur solle auf Heim- und Firmenlösungen fokussieren, dabei seien Änderungen im Steuerrecht relevant, damit Wohnungsunternehmen und -genossenschaften die Errichtung von Ladesäulen in den Katalog der erlaubten Nebengeschäfte aufnehmen können
 - für die ausreichende Ladeversorgung empfohlen Teilnehmer*innen 1,5 Ladepunkte pro Fahrzeug (übereinstimmend mit Empfehlungen aus dem AFID-RL5 Bericht bzw. den Berechnungen der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW)⁶ oder der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM)⁷); weiterhin sei die Frage zu klären sei, wie viele dieser Ladepunkte öffentlich zu schaffen seien
 - der Produktionskreislauf (bspw. eines E-Fahrzeugs) solle CO₂ neutral realisiert werden, hierbei seien jedoch v.a. im Zusammenhang mit der Batterieproduktion Herausforderungen zu vermerken
 - eine der vertretenen Meinungen fokussierte auf den Wert der verwendeten Materialien, um zu forcieren, dass Batterien langfristig recycelt werden; in diesem Zusammenhang müsse auch beachtet werden, wie und wann eine Lebenszyklusbetrachtung im Verkehrssektor bzw. in den einzelnen Verkehrsbereichen realisierbar sei

2.1.5. Fachworkshop II

Der zweite Fachworkshop mit dem Titel „Grüner Wasserstoff: Vehikel der Sektorenkopplung und Baustein für die Energiewende im Verkehr“ fand im November 2020 in einem Online-Format statt. Herr Minister Lies stellte grünen Wasserstoff als „game changer“ vor. Dabei betonte Minister Lies, dass, um die CO₂-Emissionen zu senken, ein Ausstieg aus der Nutzung des fossilen Energieträgers Kohle erfolgen müsse, was auch beinhalte, dass die Erzeugungskapazitäten erneuerbarer Energien wesentlich schneller ausgebaut würden, laut Einschätzung der Teilnehmer*innen schneller, als im novellierten Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorgesehen. Teilnehmer*innen des Fachworkshops gehörten den folgenden Institutionen bzw. Unternehmen an:

- ALSTOM, Projekt Coradia iLint
- DLR, Institut für Maritime Energiesysteme
- E-Cap Mobility GmbH
- EWE AG, Projekt Hyways for Future
- FAUN (Fahrzeugfabriken Ansbach und Nürnberg AG) Umwelttechnik GmbH & Co. KG
- hySolutions
- H2 MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG
- H2.N.O.N (Wasserstoffnetzwerk-Nordostniedersachsen)
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen Niedersachsen / Bremen e.V.

Präsentationen und Vorträge in diesem zweiten Fachworkshop hatten folgende Inhalte zum Thema:

- Wie kann die Energiewende im Verkehr mithilfe von Wasserstoff gelingen? Pfade und Impulse durch Wissenschaft und Technik
- Die Rolle des Wasserstoffs bei der Verkehrswende

⁵ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=celex%3A32014L0094>

⁶ https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/11/Studie_Ladeinfrastruktur-nach-2025-2.pdf

⁷ <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/2/download/flaechendeckende-oeffentliche-ladeinfrastruktur/>

-
- Hyways for Future: Wasserstoff als Sektorenkopplungselement – Von der Erzeugung zum Einsatz im Verkehrssektor

Die Vorstellung von Beispielen aus der Praxis folgte. Dies waren:

- Wasserstoff im Schienenverkehr (Coradia iLint)
- Nutzfahrzeuge mit Wasserstofftechnologie – Abfallsammelfahrzeug und Kehrmaschine (FAUN BLUEPOWER)
- Entwicklung, Fertigung und Montage alternativer Antriebssysteme auf Wasserstoffbasis (E-Cap Mobility GmbH)

Mit Teilnehmer*innen wurden u.a. folgende Punkte diskutiert:

- vergleichsweise hohe Wasserstoffpreise (bspw. im Kontrast zu gesunkenen Ölpreisen) und die Möglichkeit der Reduktion dieser Preise durch verbesserte Distribution und Logistik
- Schlüsselrolle von Wasserstoff für die zeitliche Entkopplung von Energieerzeugung und -verbrauch
- die Rolle von Windkraft und Photovoltaik für die Produktion von grünem Wasserstoff
- den Vergleich von grünem und grauem Wasserstoff und ob auf dem Weg zur CO₂-Neutralität grauer Wasserstoff akzeptabel sei (bspw. bis ausreichend Speicher oder Erneuerbare Energien zur Produktion von Wasserstoff vorhanden sind)
- Beachtung von Bussen, Lkw und Bahninfrastruktur, hierbei auch die Möglichkeit Nutzfahrzeuge (elektrifiziert oder auf Wasserstoffbasis) in Serie zu produzieren
- Wasserstoffzüge seien in den Bestandskosten günstiger als herkömmliche Züge, allerdings bestehe für den Erfolg auch hier die Herausforderung, ausreichend Tankmöglichkeiten zu errichten
- Brennstoffzellenfahrzeuge als potentielle Lösung für Personen mit hohem Tagesfahrbedarf (bspw. Taxis)

2.1.1. Stakeholder*innen Forum II

In dem zweiten und zugleich abschließenden Stakeholder*innen-Forum stellten die beteiligten Wissenschaftler*innen die vorläufigen Ergebnisse des Projekts "Wege zur nachhaltigen Mobilität in Niedersachsen (NeueWege)" vor. Hierbei sollen insbesondere Handlungsoptionen für eine effektive Sektorenkopplung und die Stärkung nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen diskutiert werden. Teilnehmer*innen dieses Stakeholder*innen Forums gehörten den folgenden Institutionen bzw. Unternehmen an:

- Avacon AG
- BP Europa (ehemals British Petroleum)
- EWE AG bzw. EWE GASSPEICHER GmbH
- FAUN
- ITS mobility (Intelligent Transport Systems)
- NABU Niedersachsen (Naturschutzbund)
- Niedersächsischer Landkreistag
- Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung
- Unternehmensverbände Niedersachsen e.V.
- Volkswagen AG
- 3N Niedersachsen Netzwerk Nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie

Nach einer Begrüßung der Teilnehmer*innen durch MU und DLR präsentierte Frau Dr. Claudia Nobis (DLR, Verkehrsforschung) die regionale Verkehrsanalyse Niedersachsen, insbesondere Ergebnisse und Handlungsoptionen. Im zweiten Teil wurden durch Herrn Dr. Klement und Frau Jacobs (beide DLR, Vernetzte Energiesysteme) die Ergebnisse und Handlungsoptionen der regionalen Energieanalyse präsentiert. Anschließend stellte Dr. Anderson (DLR, Verkehrsforschung) die Ergebnisse der Ladeinfrastrukturanalyse und abgeleitet Handlungsoptionen vor. Die Ergebnisse der einzelnen Analysen werden in den folgenden Kapiteln detailliert dargestellt. Nachfolgend werden einige Aspekte gelistet, die die Teilnehmer*innen diskutierten:

- Verkehrsanalyse
 - zu geringe Betonung der Radverkehrsförderung durch Radschnellwege, hier zudem Herausforderungen durch variierende Geschwindigkeiten zwischen Fahrrädern und Pedelecs
 - Einfluss der Corona-Pandemie auf die ÖPNV Nachfrage und Nutzung (Möglichkeit der größeren Akzeptanz des ÖPNVs durch besser kommunizierte und sichtbare Hygienemaßnahmen auch ohne Pandemiesituation, Steigerung der Akzeptanz und des Sicherheitsgefühls)
 - bei Handlungsempfehlungen müsse darauf geachtet werden, dass diese zeitnah umgesetzt werden (Prioritätensetzung und Abbau von zeitlichen Hindernissen)
- Energieanalyse
 - Wasserstoff bietet nach Ansicht der Teilnehmer*innen große Potentiale für die Bereitstellung von nachhaltig erzeugtem Strom, da dieser das gesamte Jahr Strom zur Verfügung gestellt werden könne, dies sei bspw. mit Solaranlagen oder Wärmepumpen nicht möglich
 - eine Diskussion um Wasserstoff im Verkehr beinhaltet die Problematik, dass bspw. im Vergleich zu batterieelektrischen Fahrzeugen zunächst mehr Prozessschritte nötig seien, weswegen in Teilen die Empfehlung besteht, Wasserstoff dort einzusetzen, wo Elektrifizierung nicht möglich ist
 - allerdings könne durch die Integration von Wasserstoff in Projekte die Akzeptanz in Kommunen erhöht werden, zudem Vorteil von Wasserstoff durch die Möglichkeit der Speicherung verglichen mit der schwierigen Speicherung von Elektrizität
- Ladeinfrastrukturanalyse
 - Hervorhebung von Bezahlung bzw. Bezahlssystemen zur Verdeutlichung, welche Art des Ladens wie viel kostet und welche Anreize für netzdienliches Laden gegeben werden sollten
 - Teilnehmer*innen wünschen sich zudem den weiteren Ausblick auf den Nutzfahrzeugsektor und dortige Konzepte zur Elektrifizierung

3. Bestandsaufnahme Verkehrsbereich

Die Bestandsaufnahme des Verkehrsbereichs umfasst die Entwicklung in der Vergangenheit bis zum aktuellen Status quo und schließt mit einem Blick in die Zukunft ab. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem Personenverkehr. Im ersten Teil des Kapitels werden basierend auf empirischen Daten zum Mobilitätsverhalten die Entwicklungen der Verkehrsnachfrage dargestellt. Daran anschließend wird der Pkw-Bestand in Niedersachsen sowie die Entwicklung und der zukünftige Bedarf an Ladeinfrastruktur für die Nutzung von E-Fahrzeugen analysiert. Der Stand des Wirtschaftsverkehrs wird im Rahmen eines Exkurses (3.3) dargestellt. Das Kapitel endet mit der Vorstellung und Analyse von Szenarien möglicher Entwicklungen im Verkehr.

3.1. Entwicklung des Mobilitätsverhaltens

Im Jahr 2017 wurde die große bundesweite Querschnittserhebung „Mobilität in Deutschland“ (MiD)⁸ zum dritten Mal durchgeführt. Nach den Erhebungen im Jahr 2002 und 2008 steht damit erneut eine umfangreiche Datenbasis für die Analyse der Alltagsmobilität in Deutschland zur Verfügung. Die Studie „Mobilität in Deutschland“ ist die wesentliche Datenquelle für die Bestimmung des Status quo der Verkehrsnachfrage in Niedersachsen. Über den Vergleich mit den vorherigen Erhebungen wird die Entwicklung des Mobilitätsverhaltens der niedersächsischen Bevölkerung seit Beginn der Jahrtausendwende nachvollzogen.

Am Ende des Teilkapitels (3.1) werden stadtspezifische Kennwerte für die Städte Hannover, Osnabrück und Wilhelmshaven vorgestellt. Während die Ergebnisse für Hannover auf der MiD basieren, ist die Grundlage für die anderen beiden Städte die aktuellste Erhebung des „System repräsentativer Verkehrserhebungen“ (SrV) aus dem Jahr 2018. Bei der SrV handelt es sich um das ‚städtische‘ Pendant zur MiD, das für teilnehmende Städte und Kommunen die Berechnung prinzipiell ähnlicher Kennwerte wie bei der MiD ermöglicht.

3.1.1. Datenbasis

Mobilität in Deutschland

Bei der MiD handelt es sich um eine repräsentative Erhebung, die im Abstand mehrerer Jahre vom Bundesverkehrsministerium für die Analyse der Alltagsmobilität der deutschen Wohnbevölkerung in Auftrag gegeben wird. Wie bei den Vorgängererhebungen bestand auch im Jahr 2017 die Möglichkeit für Städte, Kommunen, Bundesländer oder z.B. Verkehrsbetriebe für die jeweils eigene Region Vertiefungsstichproben in Auftrag zu geben. Standen die Daten der Aufstockungsregionen in früheren Jahren ausschließlich dem Auftraggebenden zur Verfügung, so wurden sie für das Jahr 2017 erstmals mit den Daten des Bundes in einem gemeinsamen Datensatz bereitgestellt. Auf diese Weise ist ein Datensatz entstanden, der sowohl vom Umfang als auch der inhaltlichen Breite einzigartig ist. Im Rahmen der MiD wurden aus über 150.000 Haushalten mehr als 300.000 Personen befragt, die für einen fest vorgegebenen Stichtag insgesamt beinahe eine Millionen Wege berichtet haben. Auch für Niedersachsen ergibt sich eine solide Datenbasis mit gut 23.000 befragten Personen aus rund 12.000 Haushalten und fast 72.000 berichteten Wegen (vgl. Tabelle 3-1).

Im Jahr 2002, das im Fachgutachten als Vergleichsbasis für die Darstellung der Entwicklung über die Zeit herangezogen wird, fällt der Stichprobenumfang deutlich geringer aus. Während auf Bundeslandebene eine ausreichende Anzahl an Befragten gegeben ist, muss bei der Betrachtung sehr spezifischer Gruppen darauf geachtet werden, dass die Fallzahlen nicht zu niedrig ausfallen.

⁸ <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2017.html>

Tabelle 3-1: Stichprobengröße der MiD 2002 und 2017 auf Ebene von Bund und Niedersachsen

	Bundesstichprobe		Niedersachsen	
	2002	2017	2002	2017
Haushalte	25.848	156.420	2.542	11.694
Personen	61.729	316.361	6.253	23.316
Wege	176.546	960.619	18.377	71.775
Autos	33.768	216.844	3.454	16.799
Reisen*	/	38.905	/	3.459

* Im Jahr 2002 wurden Reisen pauschal abgefragt, es steht kein Datensatz mit Angaben zu einzelnen Reisen zur Verfügung

Die Größe des Datensatzes und die Integration der Vertiefungsstichproben lassen für das Jahr 2017 erstmals auch eine stadtspezifische Analyse auf Basis der MiD zu. Es können jedoch nicht alle, in der Gesamtstichprobe mit einer ausreichenden Fallzahl enthaltenen Städte, sinnvoll ausgewertet werden. Grund hierfür ist das Gewichtungungsverfahren, das auf den Eckwerten von sogenannten Elementargebieten beruht. Ist dieses größer gefasst als die betrachtete Stadt, so beziehen sich die Gewichte auf diese größere räumliche Einheit und gelten nur bedingt für die darin liegende Stadt. In diesem Fall sollte von einer Auswertung abgesehen werden. Am Ende des Kapitels wird daher bei der Vorstellung stadtspezifischer Kennwerte für Niedersachsen auf Basis der MiD ausschließlich auf die Werte von Hannover eingegangen. Die Werte der beiden Landkreise Uelzen und Cuxhaven blieben unberücksichtigt.

3.1.2. Rahmenbedingungen für Verkehr in Niedersachsen

Die Verkehrsnachfrage wird in hohem Maße von der Bevölkerungsstruktur beeinflusst. Die Anzahl der in Niedersachsen lebenden Menschen ist von 2011 – dem Jahr des Mikrozensus und der Bereitstellung korrigierter Bevölkerungswerte – bis 2017 migrationsbedingt um knapp 200.000 Menschen angewachsen (vgl. Tabelle 3-2). In den Jahren vor 2011 war ein Bevölkerungsrückgang zu verzeichnen. In Summe haben sich diese Entwicklungen weitgehend ausgeglichen.

Für den Zeitvergleich wurden die Daten der MiD 2002 rückwirkend an die Veränderungen durch den Mikrozensus angepasst. Damit basieren die Werte im Zeitvergleich jeweils auf zensuskorrigierten Werten. Die Bevölkerungswerte bei der MiD beziehen sich jeweils auf den Zeitpunkt der Stichprobenziehung ein Jahr vor der Erhebung. Die Bevölkerungsanzahl weicht daher für beide betrachteten Erhebungsjahre leicht von den in Tabelle 3-2 dargestellten Werten ab. Für das Jahr 2002 fällt die mit dem Hochrechnungsfaktor der MiD erzielte Gesamtbevölkerung Niedersachsens mit 7,88 Millionen Menschen geringfügig niedriger aus als 2017 mit 7,93 Millionen Menschen.

Tabelle 3-2: Bevölkerungsentwicklung in Niedersachsen nach Altersgruppen

	2002		2011		2017	
	absolut	Prozent	absolut	Prozent	absolut	Prozent
unter 18 Jahren	1.566.499	20	1.348.105	17	1.329.177	17
18 bis 65 Jahre	5.102.465	64	4.877.268	63	4.994.724	63
über 65 Jahre	1.311.508	16	1.548.880	20	1.638.874	21
Gesamt	7.980.472	100	7.774.253	100	7.962.775	100

Quelle: Statistisches Bundesamt, Destatis Onlinedatenbank

Während die Bevölkerungsanzahl weitgehend stabil geblieben ist, hat sich jedoch die Altersstruktur geändert. Der Anteil der unter 18-Jährigen ist im betrachteten Zeitraum um drei Prozentpunkte

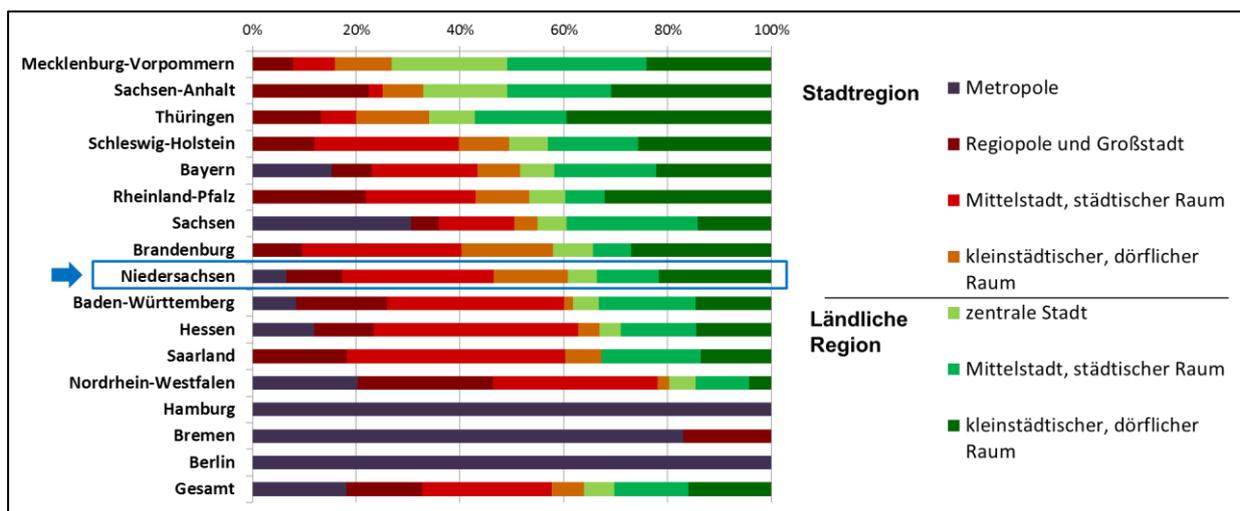
zurückgegangen, der Anteil der über 65-Jährigen ist um fünf Prozentpunkte gestiegen. Der Alterungsprozess der Gesellschaft ist damit auch in Niedersachsen zu spüren.

Auch die Raumstruktur hat einen großen Einfluss auf die Alltagsmobilität der Menschen. In verdichteten, urbanen Gebieten gibt es ein höheres Angebot an Arbeitsplätzen, Nahversorgungs- und anderen Infrastruktureinrichtungen als auf dem Land. Während in der Stadt kurze Wege prinzipiell möglich sind, müssen auf dem Land zur Ausübung derselben Aktivitäten oft weite Distanzen zurückgelegt werden.

In der MiD stehen verschiedene Variablen für räumliche Analysen zur Verfügung. Im vorliegenden Bericht wird der regionalstatistische Raumtyp verwendet. Dabei handelt es sich um eine vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Jahr 2018 entwickelte Raumtypologie, die speziell für Verkehrsanalysen geeignet ist. Die Zuordnung der einzelnen Gemeinden erfolgt auf Basis ihrer Bevölkerungsanzahl und Lage im Raum. Bei der hier genutzten 7er-Variante werden auf oberster Ebene die beiden Kategorien „Stadtregion“ und „ländliche Region“ unterschieden. Die Stadtregion untergliedert sich in Metropolen, Regiopole / Großstädte, Mittelstädte und den kleinstädtisch, dörflichen Raum. Die beiden zuletzt genannten Raumkategorien gibt es auch in der ländlichen Region, die in diesem Fall sehr peripher ohne Nähe zu einer größeren Stadt gelegen sind. Im ländlichen Raum gibt es zudem die Kategorie zentrale Stadt. Dabei handelt es sich um Städte mit mindestens 40.000 Einwohner*innen, wobei diese Städte bestimmte Mindestanforderungen in Bezug auf Infrastruktureinrichtungen erfüllen müssen.⁹

In Abbildung 3-1 ist die Verteilung der Bevölkerung in den einzelnen Bundesländern nach Raumtyp dargestellt. Niedersachsen nimmt dabei eine mittlere Position ein. Es sind prinzipiell alle Raumkategorien vertreten. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt ist der Anteil der niedersächsischen Bevölkerung in Metropolen, Regiopolyen und Großstädten etwas unterrepräsentiert, der Anteil in Mittelstädten und in kleinstädtisch, dörflichen Räumen dagegen überrepräsentiert.

Abbildung 3-1: Bevölkerungsverteilung in den Bundesländern nach Raumtypen



3.1.3. Entwicklung von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung

Entsprechend der vergleichsweise ähnlichen Verteilung der niedersächsischen Bevölkerung nach Raumtyp wie im Bundesdurchschnitt, gibt es auch bei der Entwicklung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung große Analogien zum bundesweiten Trend.

⁹ Mehr Informationen zur regionalstatistischen Raumtypologie sind zu finden unter: www.bmvi.de/regiostar.

Das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung, das heißt die insgesamt an einem durchschnittlichen Tag zurückgelegten Wege und Personenkilometer, haben sich zwischen 2002 und 2017 gegenläufig entwickelt (vgl. Abbildung 3-2). Während das Verkehrsaufkommen um sieben Prozent (bundesweiter Vergleichswert: fünf Prozent) zurückgegangen ist, ist die Verkehrsleistung in demselben Zeitraum genau wie im Bundesdurchschnitt um 18 Prozent gestiegen. Wurden an einem durchschnittlichen Tag im Jahr 2002 in Summe 27 Millionen Wege und 276 Millionen Personenkilometer in Niedersachsen zurückgelegt, so liegen die Vergleichswerte 15 Jahre später nur noch bei 25 Millionen Wegen, aber dafür bei 325 Millionen Personenkilometern.

Der Anstieg der Verkehrsleistung fällt in Niedersachsen bei den Verkehrsmitteln des ÖPNV und dem Fahrrad mit jeweils rund einem Viertel zwar überproportional hoch aus, aber dennoch niedriger als im Bundesdurchschnitt mit 36 Prozent beim ÖPNV und 37 Prozent beim Fahrrad. Dagegen fällt der Zuwachs beim MIV¹⁰ mit 24 Prozent höher aus als deutschlandweit mit 17 Prozent. Aufgrund des hohen MIV-Anteils an der Verkehrsleistung entfallen darauf auch die meisten der hinzugekommenen Personenkilometer. Das Plus von 49 Millionen Personenkilometern im Jahr 2017 gegenüber 2002 verteilt sich wie folgt: der MIV nimmt um 28 Millionen, der ÖPNV um fünf Millionen und das Fahrrad um drei Millionen Personenkilometer zu. Die verbleibenden 13 Millionen Personenkilometer entfallen auf den Öffentlichen Personenfernverkehr (ÖPFV), dem Verkehrsegment mit den insgesamt höchsten Wachstumsraten. Fernverkehrsfahrten im ÖPFV sind prinzipiell seltene Ereignisse und in Bezug auf das tägliche Verkehrsaufkommen mit unter 200.000 Wegen so gering, dass sie in der Abbildung zum Verkehrsaufkommen nicht zu erkennen sind. Aufgrund der hohen Entfernungen und des rasanten Zuwachses in den letzten Jahren stehen sie zusammen mit dem Fernverkehrsfahrten des MIVs bei der Betrachtung der Verkehrsleistung jedoch zunehmend im Fokus.

Der Anstieg der insgesamt zurückgelegten Kilometer bei abnehmender Wegeanzahl bedeutet zwangsläufig eine Zunahme der durchschnittlichen Wegelänge (vgl. Abbildung 3-3). Im Jahr 2017 legen die Menschen in Niedersachsen mit 13 Kilometern durchschnittlich drei Kilometer mehr zurück als 15 Jahre zuvor. Der Anstieg der Wegelängen zieht sich dabei quer durch alle Raumtypen. Besonders stark fällt die Zunahme in den kleinstädtisch, dörflichen Räumen aus, aber auch in den Metropolen und den Mittelstädten der ländlichen Regionen ist ein überproportional hoher Anstieg zu verzeichnen. Generell sind die Unterschiede in den Wegelängen zwischen den sehr ländlichen Gebieten und den großen Städten heute größer als vor 15 Jahren.

¹⁰ Der MIV umfasst Pkw, motorisierte Zweiräder, Lkw und weitere motorisierte Fahrzeuge. Nicht enthalten sind Pedelecs/ E-Bikes. Diese werden – wenn nicht separat ausgewiesen – zu den Fahrrädern gerechnet.

Abbildung 3-2: Entwicklung von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung nach Verkehrsmitteln in Niedersachsen

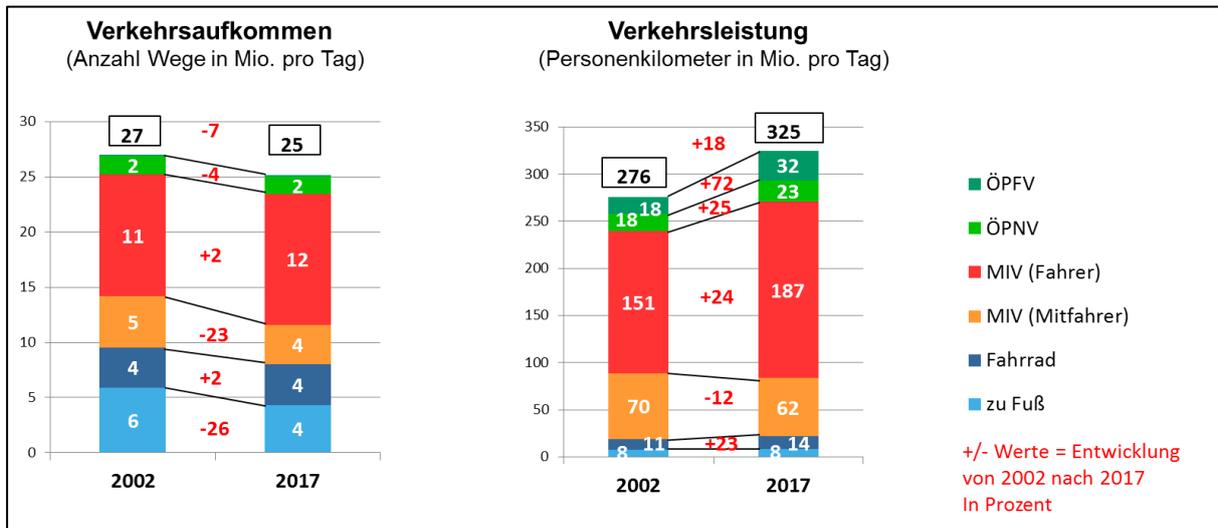
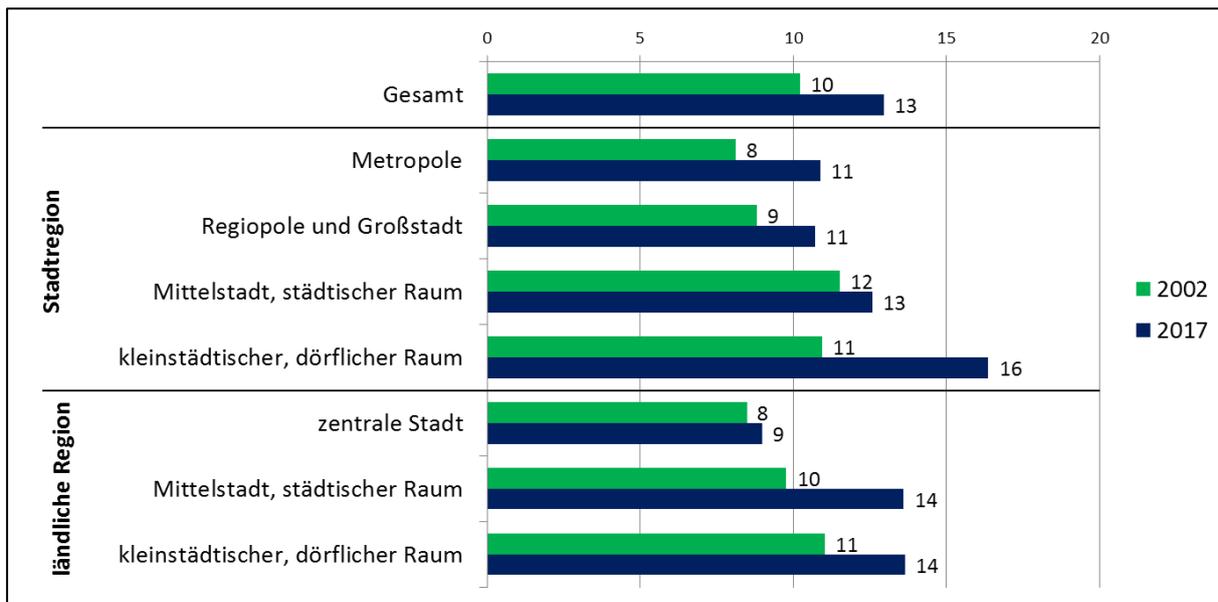


Abbildung 3-3: Entwicklung der mittleren Wegelänge nach Raumtyp



3.1.4. Entwicklung zentraler Mobilitätskenngrößen

Zentrale Kenngrößen zur Beschreibung von Mobilität sind:

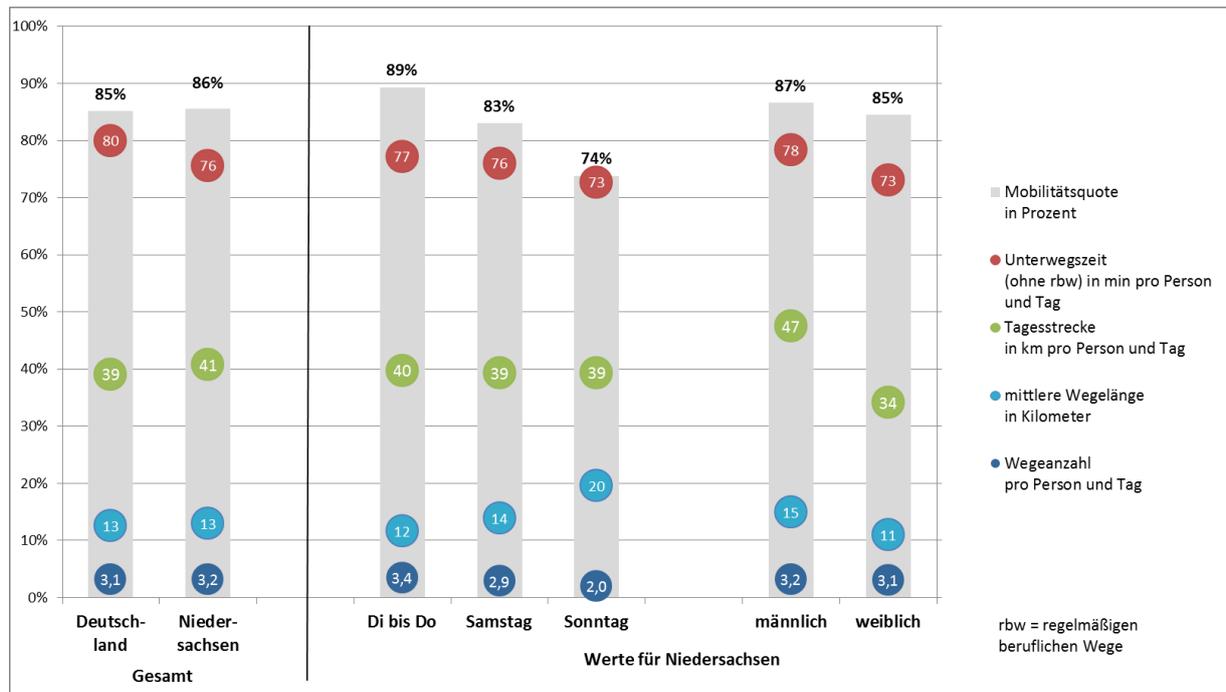
- der Anteil der Personen, die an einem Tag mindestens einmal das Haus verlassen (Mobilitätsquote oder Außer-Haus-Anteil),
- die insgesamt für das Zurücklegen von Wegen benötigte Zeit (Unterwegszeit) sowie
- die durchschnittliche Wegeanzahl, Wegelänge und Tagesstrecke.

Diese Kenngrößen sind in Abbildung 3-4 unterschieden nach Wochentag und Geschlecht und in Abbildung 3-5 unterschieden nach Alter dargestellt.

An einem durchschnittlichen Tag in Niedersachsen – das heißt gemittelt über alle Wochentage und Jahreszeiten – gehen 86 Prozent aller Personen aus dem Haus. Im Durchschnitt werden pro Person und Tag 3,2 Wege mit einer Gesamtstrecke von 41 Kilometern zurückgelegt. Der Zeitaufwand für diese Wege beträgt eine Stunde und 16 Minuten. Die in Niedersachsen und für das gesamte Bundesgebiet gemessenen Werte liegen sehr dicht beieinander.

An mittleren Werktagen (von Dienstag bis Donnerstag) verlassen mit 89 Prozent mehr Personen das Haus als an Samstagen mit 83 Prozent. Der Sonntag ist mit 74 Prozent der Tag mit dem geringsten Außer-Haus-Anteil. Ein Viertel aller Einwohner*innen Niedersachsens verbringt den Sonntag somit zu Hause. Da an Sonntagen Wege mit größeren Distanzen zurückgelegt werden, fällt die durchschnittliche Tagesstrecke, trotz des geringeren Außer-Haus-Anteils und der niedrigeren Wegeanzahl, mit 39 Kilometern nur einen Kilometer niedriger aus als an mittleren Werktagen. Nach Geschlecht unterschieden zeigt sich: Männer verursachen mehr Verkehr. Sie gehen etwas häufiger aus dem Haus als Frauen. Die Wegelänge fällt mit 15 Kilometern bei Männern durchschnittlich vier Kilometer länger aus als bei Frauen. Mit 47 Kilometern liegt die von Männern zurückgelegte Tagesdistanz im Durchschnitt 13 Kilometer über der von Frauen.

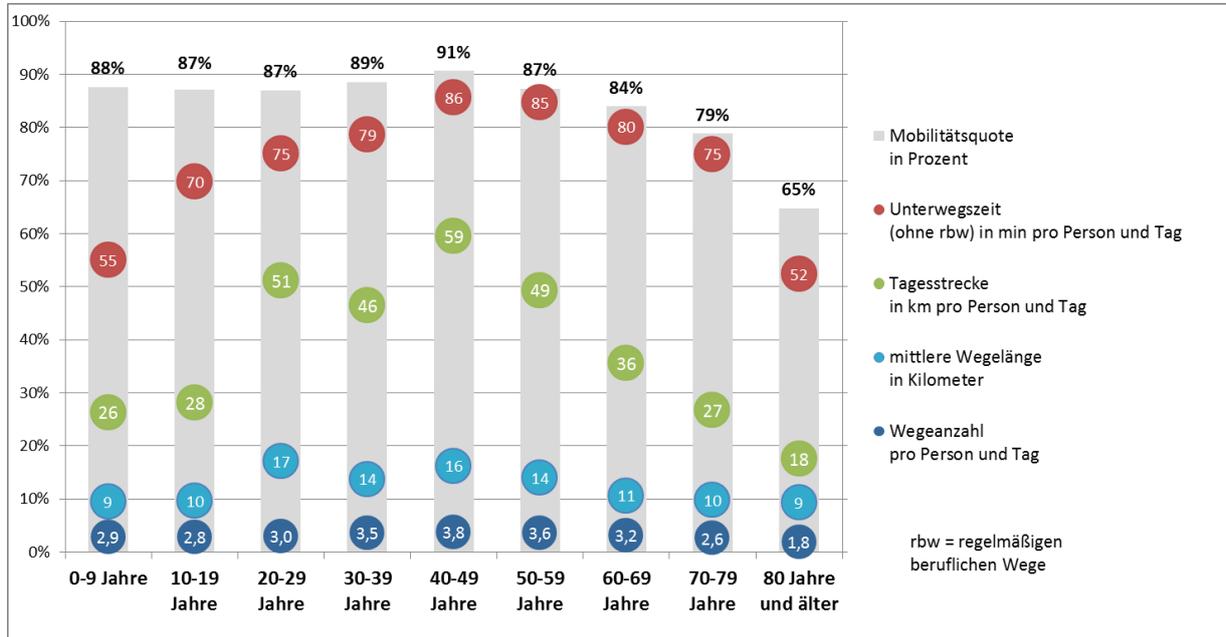
Abbildung 3-4: Mobilitätsquote, Unterwegszeit, Tagesstrecke, mittlere Wegelänge und Wegeanzahl nach Wochentag



Deutliche Unterschiede zeigen sich auch nach Alter: Besonders hoch fällt der Außer-Haus-Anteil bei den 40 bis 49-Jährigen aus. Personen ab 70 Jahren, vor allem aber hochaltrige Personen im Alter von 80 Jahren und mehr, verlassen das Haus dagegen weitaus seltener. Der Außer-Haus-Anteil der ab 80-Jährigen liegt mit 65 Prozent rund 20 Prozentpunkte unter dem Gesamtdurchschnitt.

Während der Außer-Haus-Anteil bei Kleinkindern bereits so hoch wie in späteren Lebensphasen ist, zeigen alle anderen Kennwerte den typischen Verlauf von niedrigen Werten im jungen Alter, hohen Werten in der mittleren Lebensphase und wieder absinkenden Werten im Alter. So legen Kinder und Jugendliche auf ihren Wegen im Durchschnitt 26 bis 28 Kilometer pro Tag zurück. Die Tagesstrecke steigt in der mittleren Lebensphase auf 59 Kilometer pro Tag an. Bei den 70- bis 79-Jährigen liegt die Tagesstrecke mit 27 Kilometern im Bereich der Tagesstrecke von Kindern. Die Wegeanzahl und Wegelänge sowie die für das Zurücklegen von Wegen benötigte Zeit weisen einen ähnlichen Verlauf nach Lebensphasen auf.

Abbildung 3-5: Mobilitätsquote, Unterwegszeit, Tagesstrecke, mittlere Wegelänge und Wegeanzahl nach Altersgruppen



3.1.5. Mobilitätsoptionen der niedersächsischen Bevölkerung

Die Art, wie sich Menschen im Raum fortbewegen, wird maßgeblich davon beeinflusst, welche Verkehrsmittel ihnen prinzipiell zur Verfügung stehen. Die vorgelagerten Entscheidungen über die Anschaffung eines Pkws, eines Fahrrads oder den Kauf eines ÖV-Abonnements führen zum Aufbau spezifischer, meist über längere Zeiträume stabile, Verhaltensroutinen. In der Vergangenheit fällt dabei eines auf: Die Ausstattung mit Pkw in Deutschland hat kontinuierlich zugenommen. Gab es zu Beginn des Jahres 2009 noch 41 Millionen Pkw, so sind es zehn Jahre später 47 Millionen (Stand 01.01.2019)¹¹. In den vergangenen, rund zehn Jahren, ist der Pkw-Bestand pro Jahr um jeweils 500.000 bis 700.000 Pkw angewachsen.

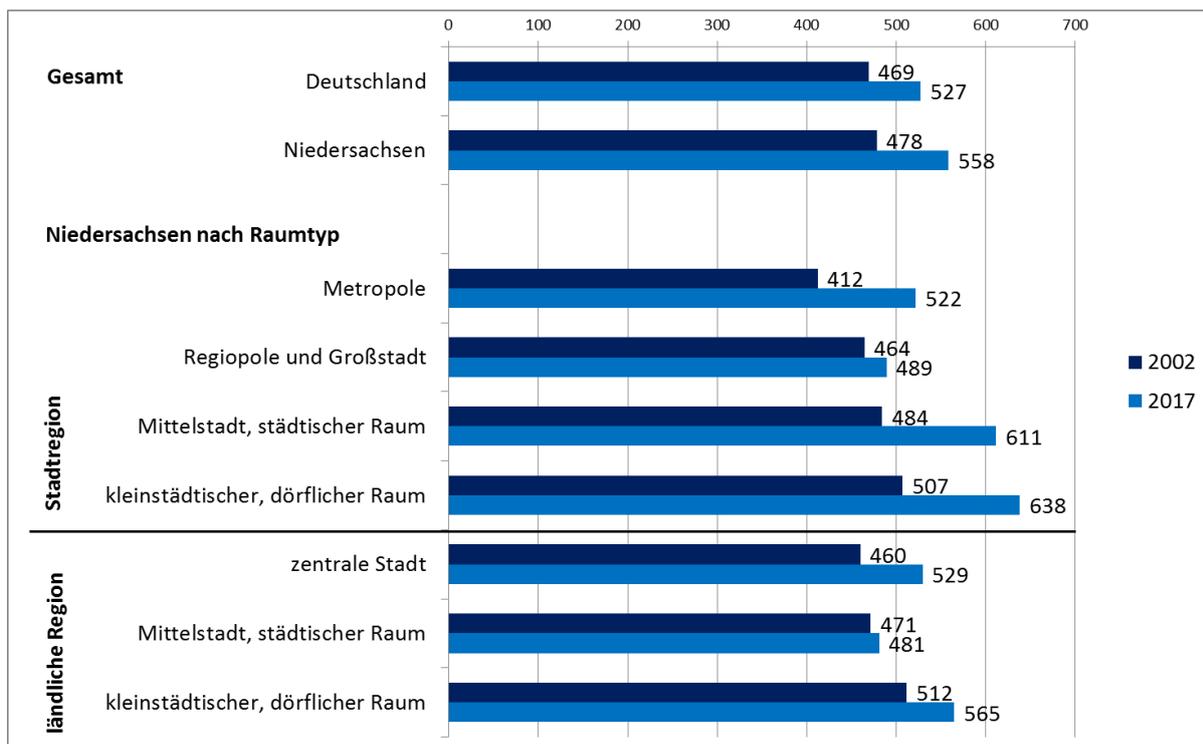
Diese Entwicklung ist auch in Niedersachsen zu sehen. Von 2009 bis 2019 ist der Pkw-Bestand von knapp 4,1 Millionen auf gut 4,7 Millionen Pkw angestiegen. Auf den Straßen Niedersachsens sind damit innerhalb von zehn Jahren rund 700.000 Pkw hinzugekommen. Nach Raumtyp unterschieden zeigt sich: Es handelt sich hierbei mitnichten um ein auf den ländlichen Raum beschränktes Phänomen (vgl. Abbildung 3-6). Zwar fällt der Pkw-Bestand im kleinstädtischen, dörflichen Raum der Stadtregion mit 638 Pkw pro 1.000 Einwohner*innen höher aus als in den anderen städtischen Kategorien. Der prozentuale Anstieg fällt aber insbesondere in den Metropolen sehr hoch aus. Auch in der ländlichen Region weisen die zentralen Städte deutliche Zuwachsraten auf. Prozentual ist der Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner*innen in Niedersachsen mit 17 Prozent stärker angestiegen als im gesamten Bundesgebiet mit zwölf Prozent.

Deutschlandweit sind die Metropolen der einzige Raumtyp, bei dem es zu einer Stagnation der Pkw pro 1.000 Einwohner*innen kommt. In Niedersachsen fällt mit Hannover nur eine Stadt in diese Kategorie. Im Gegensatz zu den meisten in diesem Raumtyp vertretenen Städten ist es in Hannover jedoch in den vergangenen Jahren zu einem sehr deutlichen Anstieg der Pkw-Dichte

¹¹ Die Werte zum Pkw-Bestand für Deutschland und Niedersachsen wurden der Internetseite des Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) entnommen: www.kba.de

gekommen. Dies belegen auch andere Quellen, die nicht auf Haushaltsbefragungen, sondern auf der Zulassungsstatistik beruhen. Nach den Zahlen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) und des niedersächsischen Landesamtes für Statistik betrug die Pkw-Anzahl pro 1.000 Einwohner*innen zu Beginn des Jahres 2017 501 Pkw, nur zwei Jahre später bereits 542 Pkw.¹² Auch in der Stadt Hannover, die im Vergleich zu anderen Regionen in Niedersachsen über vielfältige Alternativen zum Privat-Pkw verfügt, ist der Wunsch nach dem eigenen Pkw damit stark ausgeprägt.

Abbildung 3-6: Pkw pro 1.000 Einwohner*innen insgesamt und nach Raumtyp



Der Zuwachs an Pkw spiegelt sich auch in Veränderungen beim Pkw-Besitz wider (vgl. Abbildung 3-7). Die Entwicklungen in Niedersachsen unterscheiden sich dabei zum Teil vom bundesweiten Trend. Zur Ermittlung des Pkw-Besitzes wird in der MiD die Frage gestellt, wie viele Autos dem eigenen Haushalt zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich zumeist um Pkw, die im unmittelbaren Besitz des Haushalts sind. Es können aber auch Pkw sein, die auf die Eltern zugelassen sind und von Kindern, die in einem eigenen Haushalt leben, genutzt werden. Hinzu kommen privat genutzte Dienstfahrzeuge. Im Gegensatz zur Statistik des Kraftfahrt-Bundesamtes ermittelt die MiD somit die von Privathaushalten genutzten Pkw unabhängig von der Halter*innenschaft. Auf dieser Basis zeigt sich folgendes Bild: Deutschlandweit fällt der Anteil der Haushalte ohne Pkw mit 22 Prozent deutlich höher aus als in Niedersachsen mit neun Prozent. Während der Anteil der Haushalte ohne Pkw bundesweit im betrachteten Zeitraum von 15 Jahren stabil geblieben ist, hat er in Niedersachsen um drei Prozentpunkte abgenommen. Auch der Anteil der Haushalte mit einem Pkw fällt in Niedersachsen im Jahr 2017 niedriger aus. Dementsprechend haben die Haushalte mit zwei sowie mit drei und mehr Pkw deutlich zugenommen. Auch nach Raumtyp differenziert zeigen sich Unterschiede zum Rest der Republik: Während deutschlandweit in den Metropolen, Regiopolen und Großstädten sowie den zentralen Städten der ländlichen Region

¹² Quellen: Landesamt für Statistik Niedersachsen, <https://www.statistik.niedersachsen.de>, Tabelle „M_Bestand_DE_Stand_01.01.17_FZ3.xlsx“ und Kraftfahrt-Bundesamt: Fahrzeugzulassungen (FZ): Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken, 1. Januar 2017.

Haushalte ohne Pkw anteilig leicht zugenommen haben, ist ihr Anteil in Niedersachsen in allen Raumtypen zurückgegangen.

Abbildung 3-7: Pkw Besitz nach Raumtyp

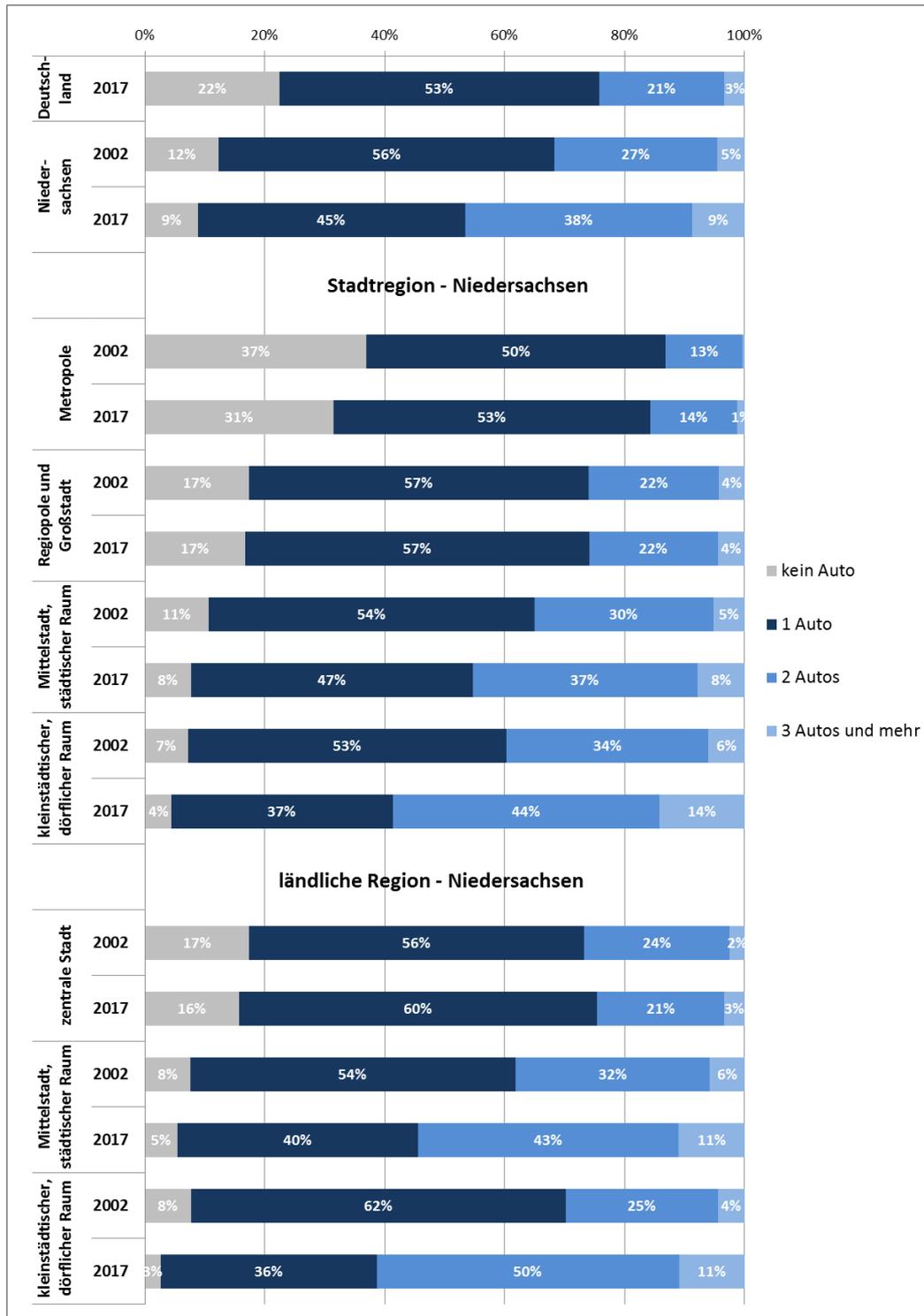
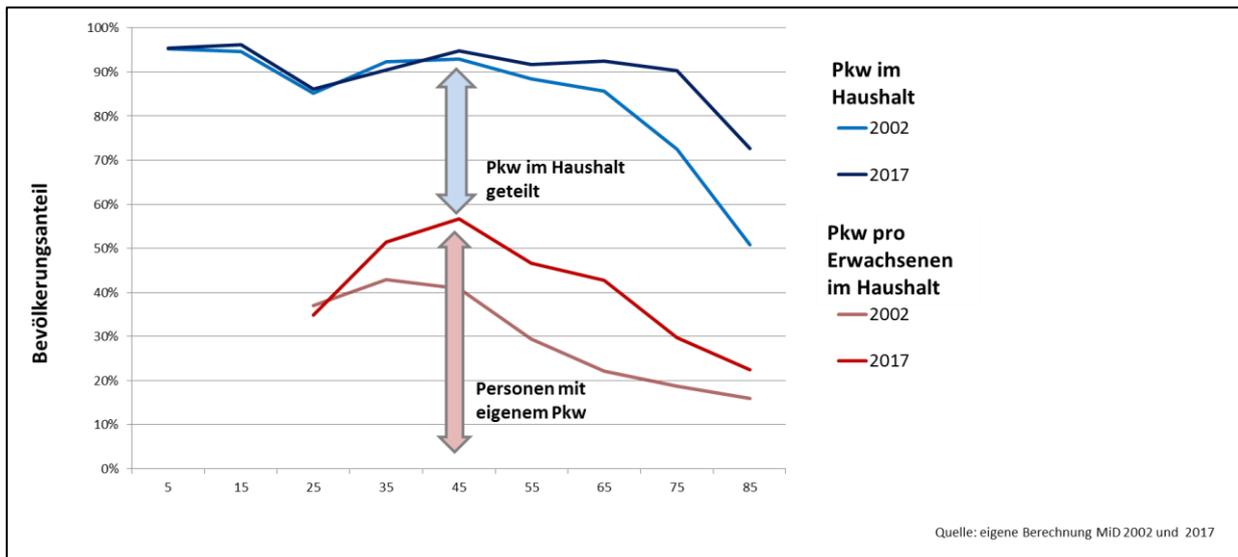


Abbildung 3-8 ist zu entnehmen, von welchen Altersgruppen die in Niedersachsen zusätzlich zur Verfügung stehenden Pkw genutzt werden. Die blauen Linien geben nach Alter differenziert an, wie viele Personen in einem Haushalt mit Pkw leben. Anhand der roten Linien ist zu erkennen, wie viele Personen jeweils in einem Haushalt leben, in dem jeder erwachsenen Person ein eigener Pkw zur Verfügung steht und wo somit kein Abstimmungsbedarf zwischen Haushaltsmitgliedern

besteht. Insgesamt sind zwei Effekte zu erkennen: Ältere Menschen leben immer häufiger in einem Haushalt mit Pkw. So lebten im Jahr 2002 noch 28 Prozent der 70- bis 79-Jährigen ohne Pkw im Haushalt, 2017 waren es nur noch zehn Prozent. Dagegen waren die Haushalte der mittleren Altersgruppen bereits 2002 zu einem hohen Anteil mit Pkw ausgestattet. Hier spielt vor allem die Zusatzmotorisierung eine große Rolle. Konnten 41 Prozent der 40- bis 49-Jährigen im Jahr 2002 über einen eigenen Pkw verfügen, so sind es heute 57 Prozent. Hier kommen zwei Effekte zusammen. Einerseits nimmt der Anteil der Ein-Personen-Haushalte zu. Ist ein Pkw vorhanden, kann diese Person automatisch alleine darüber verfügen. Andererseits steigt die Pkw-Anzahl pro Haushalt, sodass auch größere Haushalte immer häufiger mit einem Pkw pro erwachsene Person ausgestattet sind. Grob vereinfacht kann gesagt werden: Ein Drittel der zusätzlichen Pkw wird von Senior*innen genutzt, zwei Drittel der Pkw tragen zur Mehrfachmotorisierung der Haushalte bei.

Abbildung 3-8: Anteil Personen mit Pkw im Haushalt und mit eigenem Pkw nach Alter



Neben dem Pkw-Bestand ist auch die Anzahl der Fahrräder in Niedersachsen moderat von 7,8 Millionen im Jahr 2002 auf 8,2 Millionen im Jahr 2017 angestiegen. Dies entspricht einer Steigerungsrate von fünf Prozent. Die Zunahme liegt damit unter der Steigerungsrate bei Pkw und auch unter der deutschlandweiten Steigerungsrate bei Fahrrädern von neun Prozent.

Im Jahr 2017 wurde der Fahrradbestand bei der MiD erstmals differenziert nach herkömmlichen Fahrrädern und Pedelecs erfasst. Danach handelt es sich bei 7,7 Millionen Fahrrädern um herkömmliche Fahrräder. Der Bestand an Pedelecs beträgt etwas mehr als eine halbe Million. Damit sind sieben Prozent des niedersächsischen Fahrrad-Bestands mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet.

Nach Raum- und Haushaltstyp unterschieden zeigt sich (vgl. Abbildung 3-9): Mit abnehmender Siedlungsdichte nimmt die Ausstattung der Haushalte mit Fahrrädern zu. Dies gilt insbesondere für die Stadtregionen. Während 20 Prozent der Haushalte in Hannover (Raumkategorie Metropole) kein Fahrrad haben, sind es in den kleinstädtisch, dörflichen Räumen nur zwölf Prozent. Familienhaushalte sind mit 95 Prozent besonders oft im Besitz von Fahrrädern, 57 Prozent verfügen über vier und mehr Fahrräder. In Haushalten von Rentner*innen gibt es dagegen besonders oft kein Fahrrad. Die Aussage, dass die Haushalte von älteren Menschen schlechter mit Fahrrädern ausgestattet sind als Haushalte von jüngeren Menschen gilt allerdings nur in Bezug auf herkömmliche Fahrräder. Bei Pedelecs ist das Gegenteil der Fall (Abbildung 3-10). Mit einem Anteil von 15 Prozent verfügen Senior*innenhaushalte von allen Haushaltstypen am häufigsten über ein Pedelec, sehr häufig sogar über mehr als eines. Familienhaushalte sind zu fünf Prozent im Besitz eines Pedelecs. Bei Haushalten mit Personen unter 35 Jahren liegt der Anteil unter einem Prozent. Auch räumlich zeigt sich ein sehr klares Bild: Pedelecs sind vor allem in den Mittelstädten und im

kleinstädtischen, dörflichen Bereich verbreitet. Zusammenfassend kann daher gesagt werden: Während viele innovative Mobilitätskonzepte von jungen Personen in den Metropolen genutzt werden, sind es beim Pedelec die Senior*innen auf dem Land.

Abbildung 3-9: Fahrradbesitz nach Raumtyp und Haushaltstyp

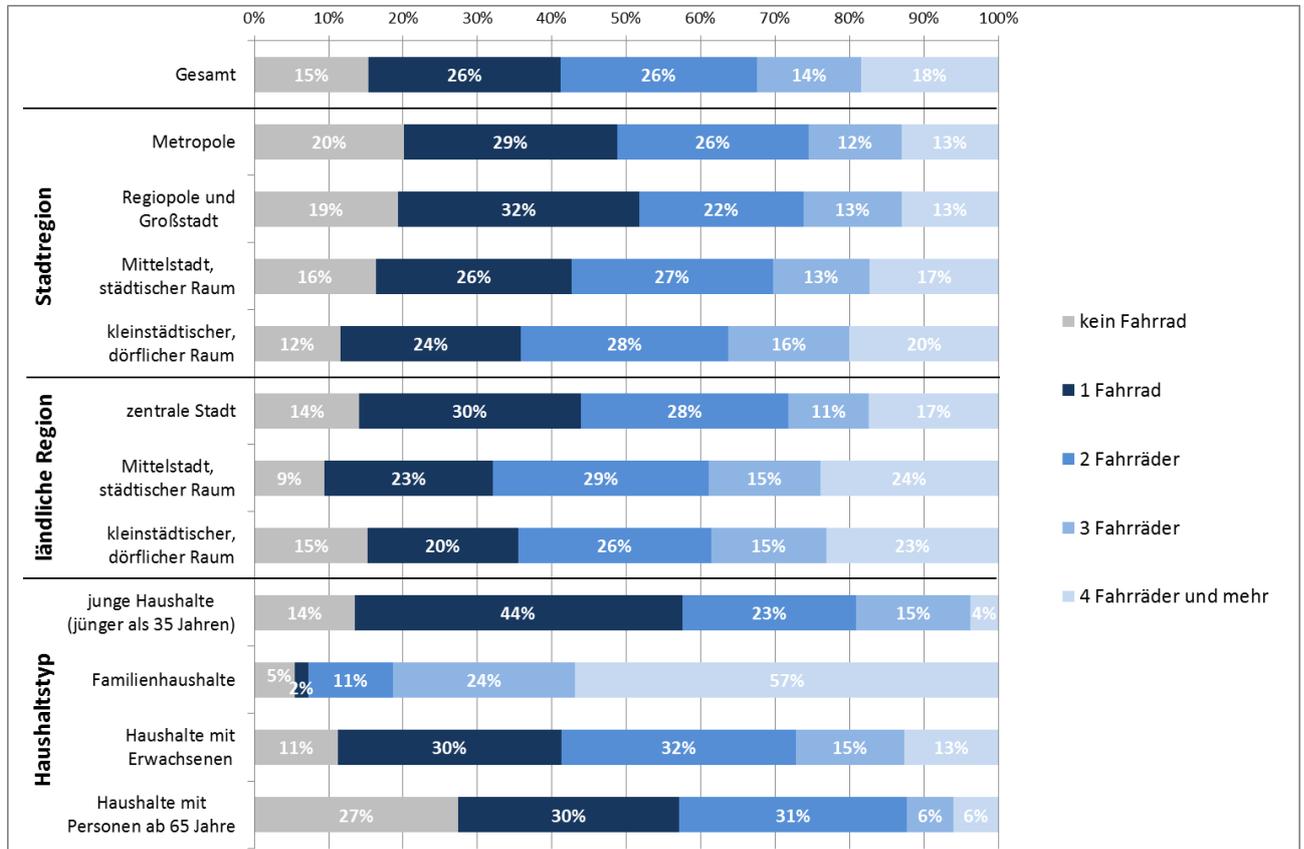
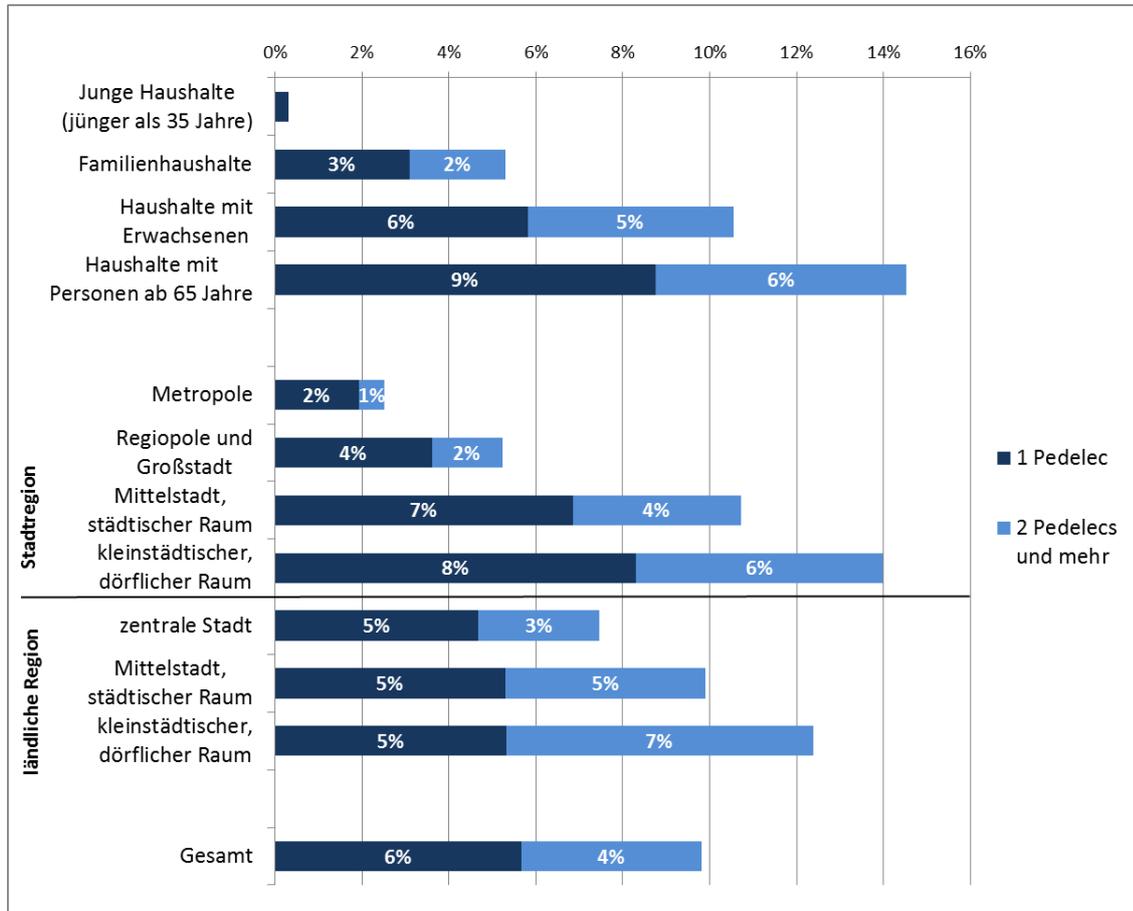


Abbildung 3-10: Ausstattung mit Pedelects nach Haushaltstyp und Raumtyp



Die Entwicklung beim ÖPNV kann im Wesentlichen mit Stagnation beschrieben werden. Dies gilt auch für die im ÖPNV genutzten Fahrkartenarten (vgl. Abbildung 3-11). Die Anteile von Einzelfahrscheinen, Monats- oder Wochenkarten haben sich in dem Zeitraum von 15 Jahren kaum verändert. Lediglich der Anteil von Mehrfach- und Streifenkarten hat leicht abgenommen; der Anteil von Personen, die angaben, nie mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu fahren, hat leicht zugenommen. Der bundesweite Trend zu etwas mehr Zeitkarten für den ÖPNV und einem stabilen Anteil an Nicht-Nutzer*innen ist in Niedersachsen damit nicht zu erkennen. Es zeigt sich vielmehr wie bei der Nutzung des ÖPNVs eine stagnierende bis leicht abnehmende Bedeutung.

Die Zeitkartenbesitzer*innen und damit die Stammkund*innen des ÖPNVs weisen ein recht klares Profil auf (vgl. Abbildung 3-12): Sie sind jung, leben in großen Städten und besitzen kein Auto. Während der Anteil der ÖPNV-Zeitkartenbesitzer*innen in Metropolen 27 Prozent beträgt, verfügen in den ländlichsten Gebieten Niedersachsens nur noch vier Prozent der Personen über eine entsprechende Karte. Besitzen 20 Prozent der Personen ohne Pkw im Haushalt eine Zeitkarte für den ÖPNV, sind es bei den Personen aus Haushalten mit Pkw lediglich sieben Prozent (ein Pkw im Haushalt) bzw. sechs Prozent (zwei und mehr Pkw im Haushalt). Die Hauptkund*innengruppe mit ÖPNV-Zeitkarten sind die 14- bis 19-Jährigen. 27 Prozent dieser Altersgruppe sind im Besitz einer Zeitkarte. Bei den 20- bis 29-Jährigen sind es noch 21 Prozent. Danach sinkt der Anteil unter die 10-Prozentmarke und nimmt mit zunehmendem Alter – mit Ausnahme der ab 80-Jährigen – kontinuierlich ab.

Abbildung 3-11: Nutzung von ÖPNV-Fahrkartenarten

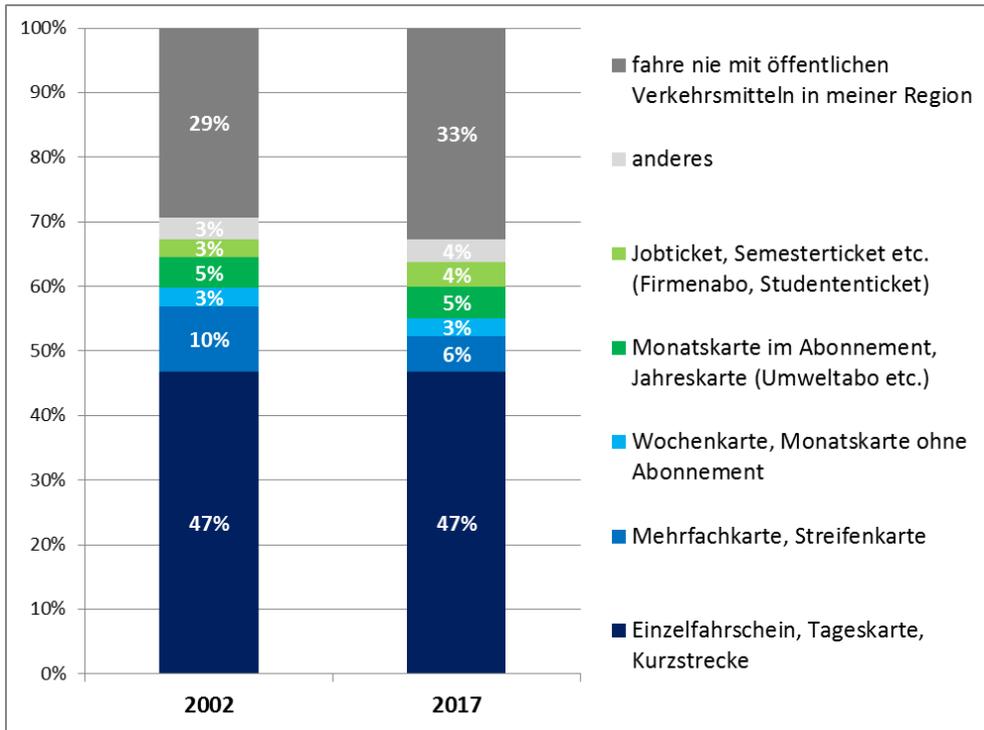
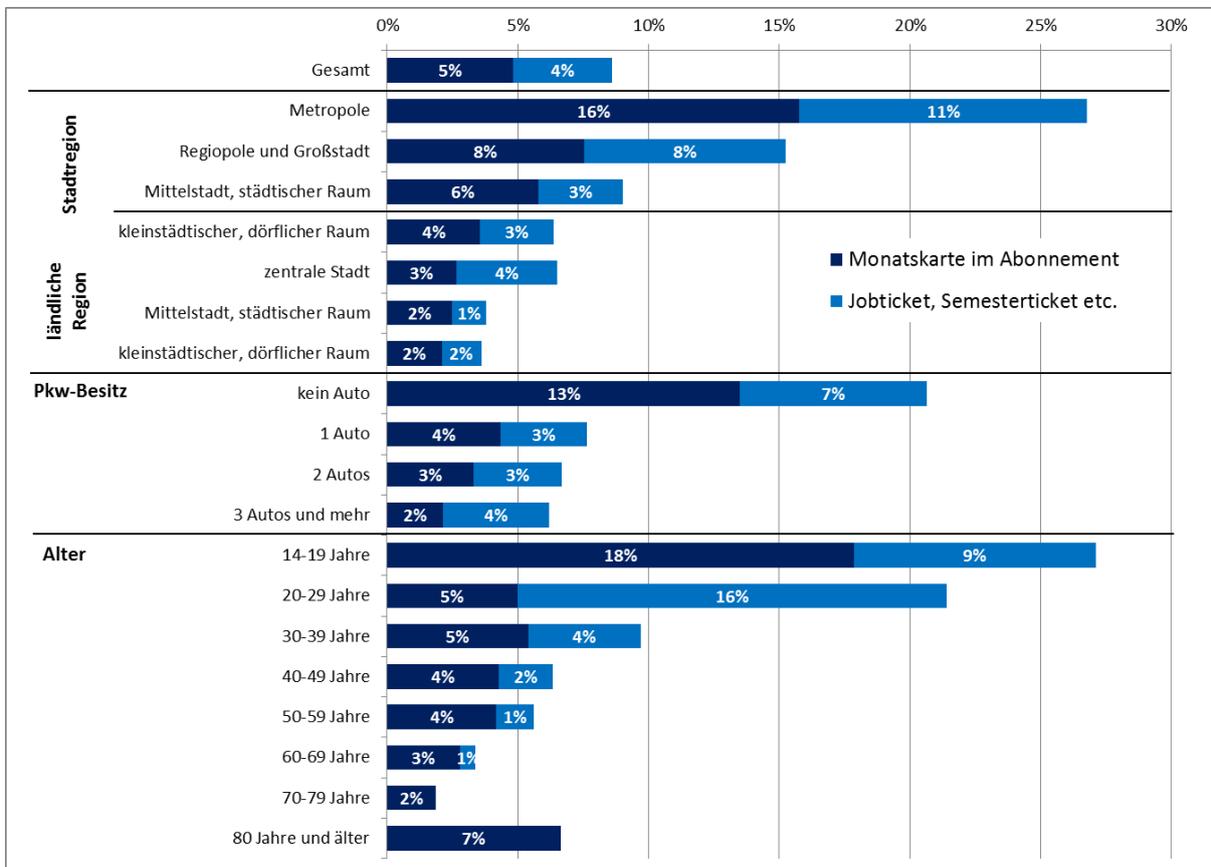


Abbildung 3-12: Anteil Personen mit ÖPNV-Zeitkarte nach Raumtyp, Pkw-Besitz und Alter



3.1.6. Analyse der Wegezwecke

Mobilität ist nur in seltenen Fällen – wie bspw. einem Spaziergang oder einer Fahrradtour – Selbstzweck. Zumeist werden Wege zurückgelegt, um bestimmten Aktivitäten nachzugehen, wie Arbeiten, zur Schule oder zum Sportverein gehen, Einkaufen oder Freunde besuchen. Die Gründe, warum Menschen das Haus verlassen, sind in allen Raumtypen mehr oder weniger gleich (vgl. Abbildung 3-13). Die Anteile der Wegezwecke am Verkehrsaufkommen weisen in Abhängigkeit des Raumes nur sehr geringe Unterschiede auf. Unabhängig davon, ob Menschen in Metropolen, Städten mittlerer Größe oder auf dem Land wohnen, sie gehen ähnlichen Aktivitäten nach, legen dabei aber unterschiedlich hohe Distanzen zurück (vgl. Kapitel 3.1.4).

In Abhängigkeit des Alters zeigen sich dagegen deutliche Unterschiede (vgl. Abbildung 3-14). Die Angaben zum Wegezweck geben Aufschluss darüber, wo sich Menschen aufhalten. Die Aufenthaltsorte sind wiederum eng an Lebensphasen geknüpft. Bis zum Alter von 20 Jahren stehen die Aktivitäten in Ausbildung und Freizeit im Vordergrund. In der mittleren Altersphase handelt es sich bei 40 bis 45 Prozent aller Fälle um den Weg zur Arbeit oder um dienstliche Wege. Im höheren Alter, bei einer insgesamt abnehmenden Mobilität, kommen vor allem Einkaufs- und Erledigungs-, aber auch Freizeitwegen eine hohe Bedeutung zu.

Bis zu einem Alter von zehn Jahren nehmen Begleitwege mit 19 Prozent einen hohen Anteil ein. Hierbei handelt es sich um Wege, bei denen Kinder ihre Eltern auf deren Wegen begleiten, da sie noch zu klein sind, um alleine zu Hause zu bleiben. In den folgenden Altersgruppen erreicht dieser Wegezweck sehr niedrige einstellige Werte. Erst bei den 30- bis 49-Jährigen gewinnt der Wegezweck wieder an Bedeutung. In diesem Fall handelt es sich vor allem um Wege, bei denen Eltern ihre Kinder zu deren Aktivitätsorten begleiten. So gibt auf einem Weg, bei dem ein Elternteil das Kind zur Schule bringt, das Kind als Wegezweck „Ausbildung“ und die Mutter oder der Vater „Begleitung“ an.

Abbildung 3-13: Anteil der Wege am Verkehrsaufkommen nach Raumtyp

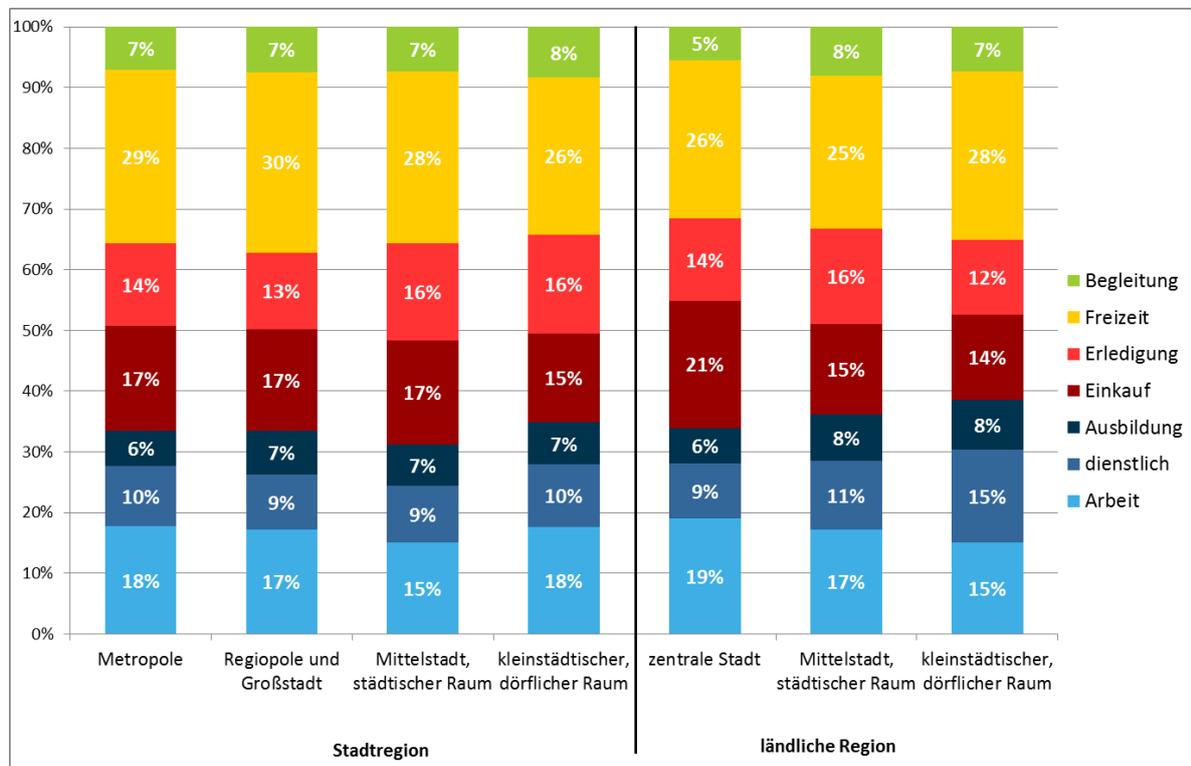
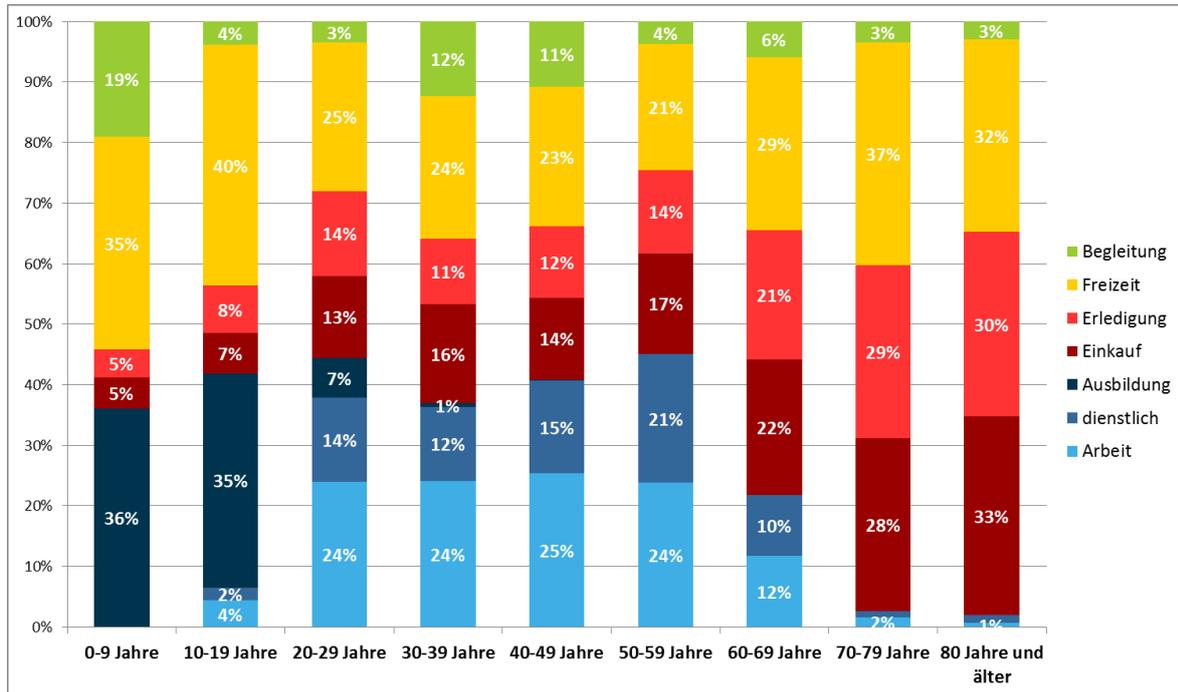


Abbildung 3-14: Anteil der Wegezwecke am Verkehrsaufkommen nach Altersgruppen



3.1.7. Verkehrsmittelnutzung in Niedersachsen

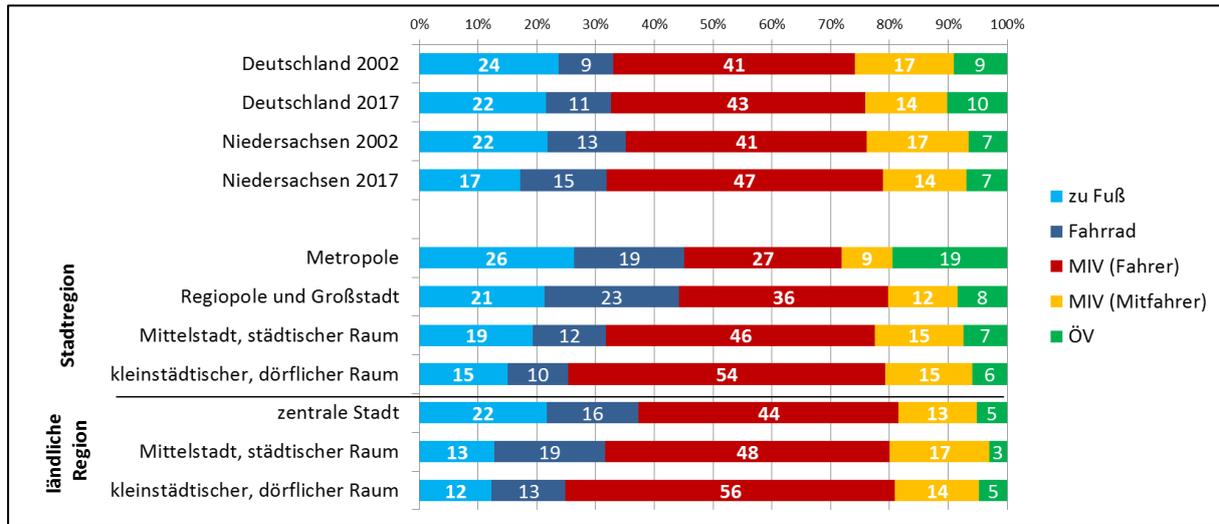
Trotz einer ähnlichen Wegezweckverteilung in den Städten und auf dem Land unterscheidet sich die Verkehrsnachfrage sehr deutlich in Abhängigkeit des Raums. Darüber hinaus hat auch der zunehmende Pkw-Besitz Einfluss auf die Verkehrsmittelnutzung.

In Abbildung 3-15 ist der Modal Split des Verkehrsaufkommens dargestellt, das heißt der prozentuale Anteil der Verkehrsmittel an den insgesamt zurückgelegten Wegen. Auf das Aggregat bezogen weist dieser Kennwert zumeist eine hohe Stabilität über die Zeit auf. Im Falle von Niedersachsen zeigt sich jedoch eine recht deutliche Entwicklung zugunsten des MIVs, der im bundesweiten Trend ebenfalls vorhanden, aber schwächer ausgeprägt ist. Wege mit dem MIV als Fahrer*in sind von 2002 bis 2017 um sechs Prozentpunkte auf einen Anteil von 47 Prozent angestiegen. Zwar ist der Anteil der Wege als MIV Mitfahrer*in im selben Zeitraum leicht zurückgegangen, dies bedeutet jedoch im Wesentlichen, dass der Pkw-Besetzungsgrad abgenommen hat. Pkw-Fahrten werden dadurch nicht eingespart.

Analog zur deutschlandweiten Entwicklung hat in Niedersachsen das Fahrrad Wegeanteile hinzugewonnen. Der Fußwegeanteil hat deutlich abgenommen, der Anteil öffentlicher Verkehrsmittel beträgt in Niedersachsen im Vergleich zu anderen Bundesländern recht niedrige sieben Prozent. Dieser Anteil ist im Zeitraum der betrachteten 15 Jahre stabil geblieben. Mit Ausnahme des steigenden Fahrradanteils entwickeln sich die Werte damit nicht im Sinne einer Mobilitätswende.

Nach Raum differenziert zeigt sich die weitaus höhere Bedeutung des MIVs in ländlichen Räumen. Beträgt der Anteil des MIVs als Fahrer*in in den Metropolen nur 27 Prozent, kommt er im kleinstädtisch, dörflichen Raum auf 54 bzw. 56 Prozent je nach Lage innerhalb der Stadtregion oder der ländlichen Region. Der ÖPNV erzielt lediglich in den Metropolen mit 19 Prozent des Verkehrsaufkommens zweistellige Wegeanteile. Die Anteile von Wegen zu Fuß und mit dem Fahrrad fallen umso höher aus, je höher die Siedlungsdichte ist. Im Vergleich zu 2002 hat der Anteil der MIV-Fahrer*in-Wege in fast allen Räumen – auch den Metropolen – deutlich zugenommen. Die Zunahme des Wegeanteils mit dem Fahrrad bleibt im Wesentlichen auf die größeren Städte beschränkt.

Abbildung 3-15: Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Raum



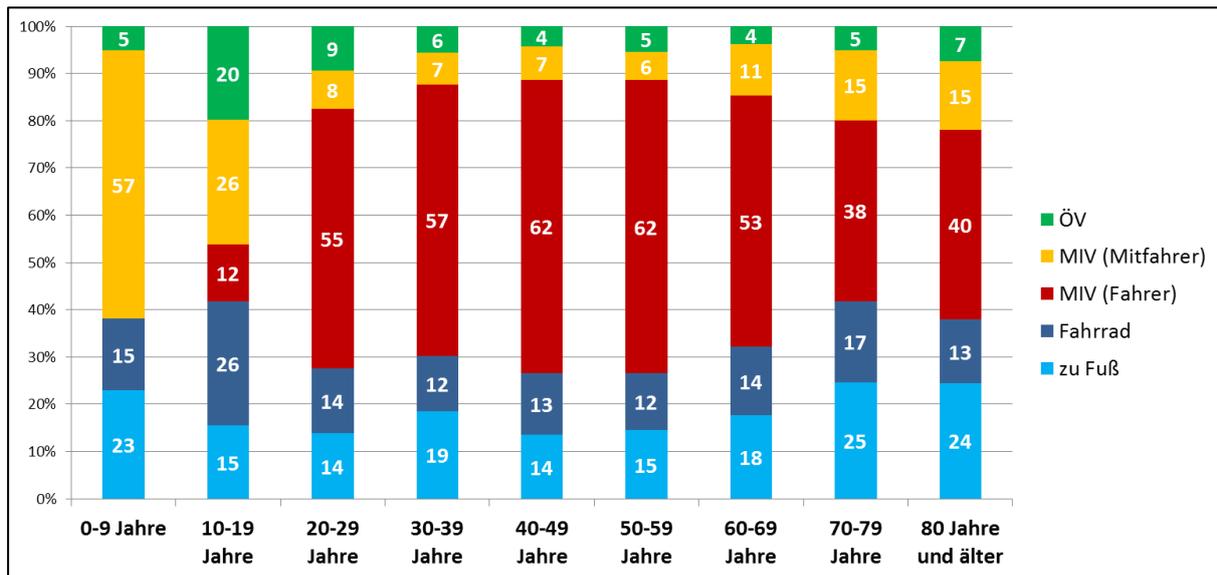
Ähnlich wie bei den Wegezwecken spiegeln sich auch beim Modal Split des Verkehrsaufkommens sehr deutlich die Lebensphasen wider (vgl. Abbildung 3-16). Kinder sind in ihrer Mobilität in hohem Maß von Erwachsenen abhängig. Bis zu einem Alter von neun Jahren werden sie zu mehr als der Hälfte mit dem Pkw gefahren. Steht das Auto bei der Verkehrssozialisation der Kinder in Deutschland damit stark im Vordergrund, zeigen hingegen Länder wie die Niederlande und die Schweiz, dass in allen Altersklassen, so auch bei Kindern, höhere Anteile des Umweltverbunds (zu Fuß, Fahrrad und ÖV) erzielt werden können. Während in den Niederlanden von klein auf viel Fahrrad gefahren wird, fallen in der Schweiz bei Kindern der hohe zu-Fuß-Anteil und später der ÖV-Anteil auf.¹³

Das Verkehrsverhalten der 10- bis 19-Jährigen wird durch eine zunehmende Selbstständigkeit geprägt. In diesem Alter stehen Verkehrsmittel, die unabhängig von anderen Personen genutzt werden können, im Vordergrund. In dieser Lebensphase werden mit 20 Prozent beim ÖV und mit 26 Prozent beim Fahrrad die jeweils höchsten Wegeanteile dieser Verkehrsmittel erreicht. Die 10- bis 19-Jährigen sind die einzige Altersgruppe, bei der der MIV mit einem Anteil von 38 Prozent unter die 50-Prozentmarke sinkt.

Mit Erreichen des Führerscheinalters steigt der MIV-Anteil sprunghaft an. Das Auto wird langfristig überwiegend als Fahrer*in genutzt. Im Alter von 40 bis 59 Jahren entfallen 62 Prozent aller Wege auf den MIV als Fahrer*in. Auch im hohen Alter wird der Pkw noch immer stark überwiegend selbst gefahren, wobei der abnehmende MIV-Anteil in diesem Alter vor allem mit einer Zunahme des Anteils an Wegen zu Fuß einhergeht.

¹³ Nobis, Claudia; Schulz, Angelika; Köhler, Katja; Bergk, Fabian; Dünnebeil, Frank (2016): Alltagsmobilität: Verlagerungspotenziale auf nicht motorisierte und öffentliche Verkehrsmittel im Personenverkehr. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin.

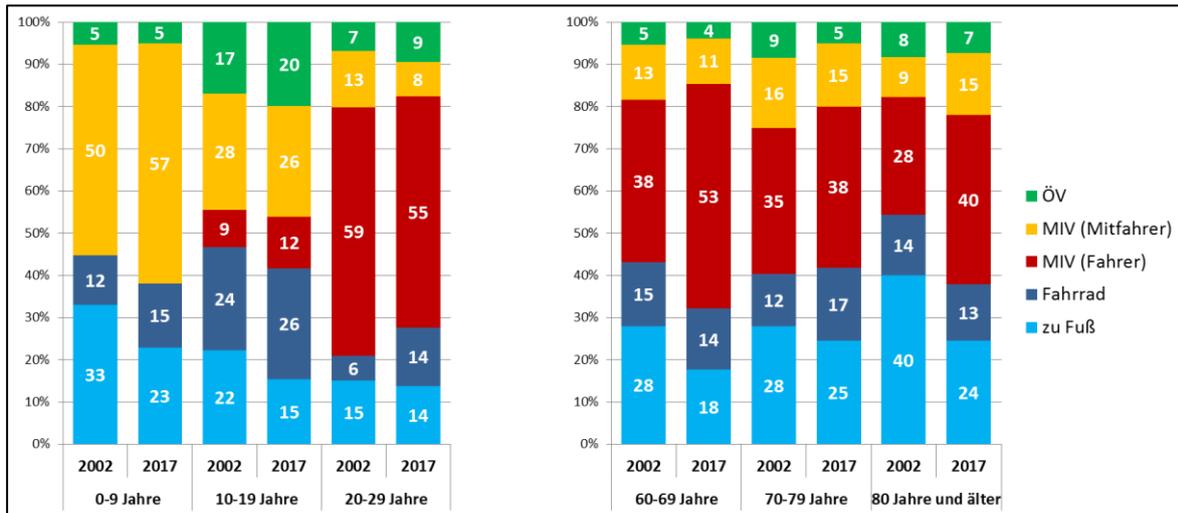
Abbildung 3-16: Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Alter



In Abbildung 3-17 ist die Entwicklung des Modal Splits von 2002 bis 2017 für die Altersgruppen bis 29 Jahren und ab 60 Jahren dargestellt. Während der MIV-Anteil bei den unter 10-Jährigen im Bundesdurchschnitt stabil geblieben ist, werden Kinder in Niedersachsen mehr mit dem Auto gefahren. Auf dem naturgemäß niedrigen Niveau des MIV-Fahrer*in-Anteils der 10- bis 19-Jährigen ist es zu einer leichten Zunahme gekommen, die zu Teilen auf die 2006 in Niedersachsen eingeführte Möglichkeit, den Führerschein bereits mit 17 Jahren erwerben zu können, zurückzuführen ist. Wie im Bundestrend zeigt sich bei den 20- bis 29-Jährigen – wenn auch etwas weniger stark ausgeprägt – die Abnahme des MIV-Fahrer*in-Anteils. Im Gegenzug nimmt vor allem der Anteil des Fahrrads, aber auch des ÖVs zu. Da es sich bei dieser Altersgruppe um die einzige handelt, bei der eine prozentual abnehmende Bedeutung des MIV-Fahrer*in-Anteils zu verzeichnen ist, erhält diese Entwicklung hohe Aufmerksamkeit. Es verbindet sich damit die Hoffnung, dass bei jungen Personen eine Trendumkehr stattfindet, die langfristig auch in späteren Lebensphasen zu einem veränderten Verhalten führt. Unter Umweltgesichtspunkten entscheidend sind jedoch die mit dem Pkw gefahrenen Kilometer. Im Bundesdurchschnitt kommt es trotz deutlicher Abnahme des MIV-Fahrer*in-Anteils in dieser Altersgruppe nur zu einer geringfügigen Abnahme der Personenkilometer mit dem Pkw. Grund hierfür sind die gestiegenen Wegelängen. In Niedersachsen nehmen auch in dieser Altersgruppe die mit dem Pkw als Fahrer*in zurückgelegten Kilometer zu.

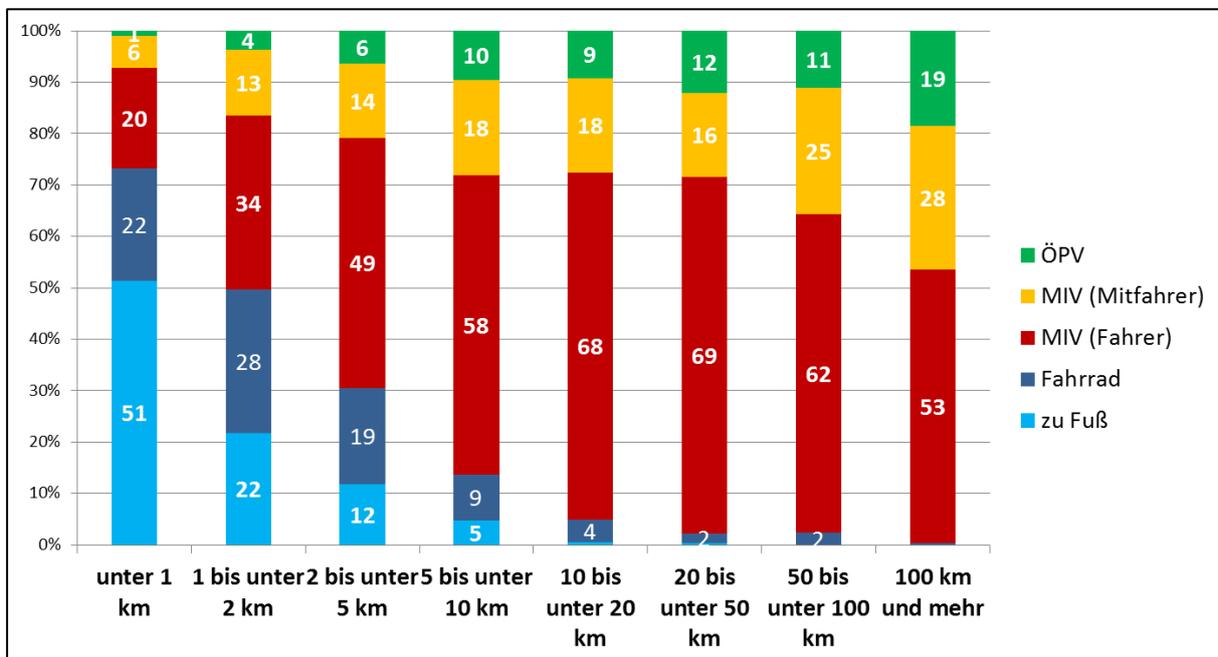
Dagegen nimmt am anderen Ende der Altersskala die Bedeutung des Pkws als Fahrer*in sowohl anteilig an den Wegen als auch absolut in Form von gefahrenen Kilometern stark zu. Im Gegensatz zur früheren, hat die heutige Generation älterer Menschen zu weiten Teilen in einer automobilen Gesellschaft gelebt und die massenhafte Verbreitung des Autos als alltäglich genutztes Verkehrsmittel spätestens seit den 1960er Jahren unmittelbar selbst erlebt. Entsprechend sind die Mobilitätsgewohnheiten dieser Generation weitaus stärker als früher auf die Nutzung des Autos ausgerichtet.

Abbildung 3-17: Veränderung der Modal Split Anteile bei jungen und älteren Personen



Bei der Betrachtung des Modal Splits der Wege nach Distanzklassen fällt der bereits auf kurzen Wegen hohe Anteil des MIVs auf (vgl. Abbildung 3-18). Ein Drittel aller Wege von einem bis unter zwei Kilometer Länge wird mit dem Pkw als Fahrer*in zurückgelegt. Zusammen mit dem MIV als Mitfahrer*in wird fast die Hälfte dieser kurzen Wege mit dem Auto zurückgelegt. Im bundesweiten Vergleich fällt der MIV-Anteil in jeder Distanzklasse etwas höher aus. Im Gegensatz zur deutschlandweiten Entwicklung zeichnet sich in Niedersachsen somit auf den kurzen Distanzklassen bislang keine Verlagerung zugunsten des Umweltverbundes ab.

Abbildung 3-18: Modal Split des Verkehrsaufkommens nach Distanzklassen



Nach Betrachtung der Wegeanteile geht es in Abbildung 3-19 um die insgesamt pro Tag zurückgelegten Kilometer und deren Verteilung auf Verkehrsmittel. Im Durchschnitt werden in Niedersachsen pro Tag 41 Kilometer zurückgelegt. Dies sind zwei Kilometer mehr als im Bundesdurchschnitt. Genau wie im deutschlandweiten Trend haben sich die pro Tag zurückgelegten Distanzen gegenüber dem Jahr 2002 um sechs Kilometer erhöht. Obwohl die Menschen den gleichen Aktivitäten nachgehen, ist die damit verbundene Mobilität entfernungsintensiver geworden. Die Zunahme der Tagesstrecke geht dabei nicht auf einzelne Teilgruppen oder -räume der Gesellschaft

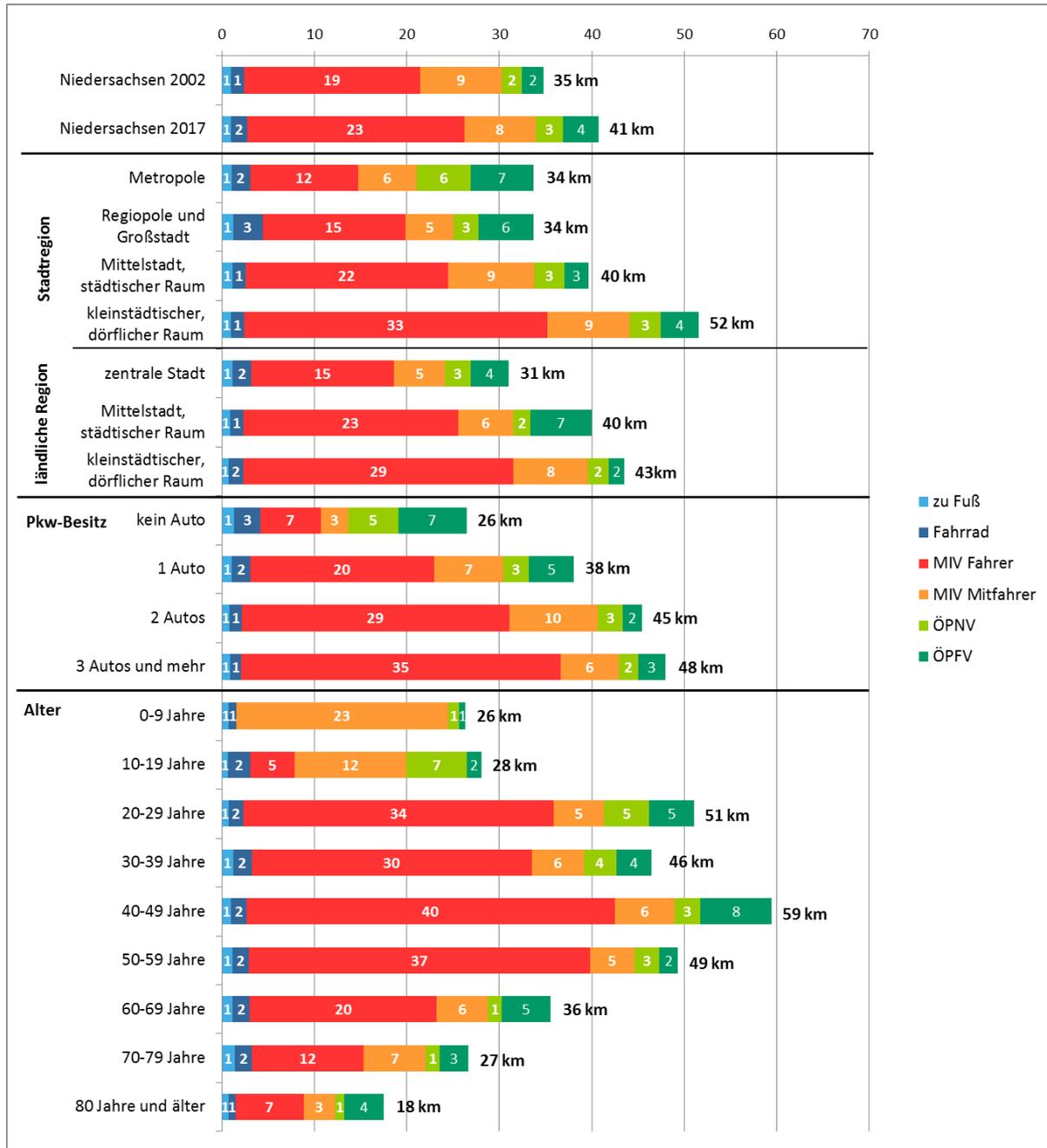
zurück. Es handelt sich vielmehr um ein Phänomen, das sich auf jeweils unterschiedlichem Niveau quer durch alle Altersklassen und Räume zieht und bei Personen mit Pkw im Haushalt ebenso auftritt wie bei Personen ohne Pkw.

Zwischen den Raumkategorien sind sehr große Unterschiede zu sehen. In den kleinstädtisch, dörflichen Räumen werden sehr viel weitere Distanzen zurückgelegt als in den dicht besiedelten Gebieten. Die höchste Tagesstrecke wird mit 52 Kilometern in den peripheren Gebieten innerhalb der Stadtregion zurückgelegt, die niedrigste mit 31 Kilometern in den zentralen Städten des ländlichen Raumes. Zwischen diesen beiden Werten liegen 21 Kilometer. Dieser hohe Unterschied verdeutlicht das Ausmaß an Verkehr, welches für das Zurücklegen von Wegen im ländlichen Raum heute notwendig ist.

Auch nach Alter variieren die täglich zurückgelegten Distanzen erheblich. In allen Altersgruppen dominiert dabei der MIV. Sowohl Kinder und Jugendliche als auch ältere Personen weisen mit maximal 28 Kilometern einen geringen Aktionsradius auf. Die niedrigste Tagesstrecke legen hochaltrige Personen ab 80 Jahren mit 18 Kilometern zurück. Davon fahren sie zehn Kilometer selbst mit dem Pkw, bei drei Kilometern sind sie Mitfahrer*in in einem Auto. Die höchste Tagesstrecke mit 59 Kilometern erreichen die 40- bis 49-Jährigen. Da es sich hierbei um eine der Gruppen mit dem höchsten Modal Split Anteil des Pkws handelt, erreicht diese Gruppe auch absolut mit 46 Kilometern die höchste mit dem MIV zurückgelegte Tagesstrecke. Demgegenüber weisen die 10- bis 19-Jährigen mit sieben von insgesamt 28 täglich zurückgelegten Kilometern die höchste Tagesstrecke mit dem ÖPNV auf.

Beim Pkw-Besitz zeigt sich: Personen aus Haushalten mit Pkw haben einen größeren Aktionsradius, der umso höher ausfällt, je mehr Pkw im Haushalt vorhanden sind. Während die Tagesstrecke bei Personen aus Haushalten ohne Pkw zu großen Teilen mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes zurückgelegt wird, fallen die entsprechenden Werte bei Personen mit Pkw im Haushalt trotz deutlich weiterer Tagesstrecken niedriger aus.

Abbildung 3-19: Tagesstrecke nach Verkehrsmittel, Raumtyp, Pkw-Besitz und Alter



Bisher lag der Fokus auf der Betrachtung von Durchschnittswerten für verschiedene Gruppen. Basis hierfür sind die Wege, die von den Personen für einen fest vorgegebenen Stichtag berichtet wurden. Dieser Stichtag, an dem die entsprechenden Wege berichtet werden, stellt immer nur einen kleinen Ausschnitt dar, der das Verhalten der einzelnen Person mal mehr und mal weniger gut abbildet. Die MiD Teilnehmer*innen wurden daher auch gefragt, wie häufig sie die verschiedenen Verkehrsmittel im Alltag nutzen. Über die Fragen zur allgemeinen Nutzung der Verkehrsmittel lässt sich auf individueller Ebene die Variationsbreite des Mobilitätsverhaltens bestimmen. Bei der nachfolgenden Analyse von Modalgruppen wird die Nutzung der Verkehrsmittel Auto, Fahrrad und ÖV berücksichtigt. Betrachtet wird das Verhalten in Bezug auf eine Woche, da es sich hierbei um eine Zeiteinheit handelt, in der viele Aktivitäten in einem typischen Rhythmus wiederkehren. Personen, die im Verlauf einer Woche nur eines der drei Verkehrsmittel nutzen, sind monomodal. Werden zwei oder alle drei Verkehrsmittel genutzt, handelt es sich um multimodales

Verhalten. In Summe gibt es drei monomodale Gruppen und in Abhängigkeit der Kombination der genutzten Verkehrsmittel vier multimodale Gruppen: Die Nutzer*innen von Pkw und Fahrrad, von Pkw und ÖV, von Fahrrad und ÖV sowie von Pkw, ÖV und Fahrrad.

In Abbildung 3-20 ist die Verteilung der Modalgruppen einmal für Niedersachsen im Vergleich zu Deutschland und einmal für Niedersachsen differenziert nach Raumtyp dargestellt. Demnach ist die Nutzung mehrerer Verkehrsmittel im Verlauf einer Woche für einen nicht unerheblichen Teil der niedersächsischen Bevölkerung gelebte Alltagspraxis. Zwar fällt die Gruppe der „ausschließlichen Autofahrer“ bei Personen ab 16 Jahren mit 42 Prozent am höchsten aus, in Summe erreichen multimodale Personen jedoch ebenfalls einen Gesamtanteil von 43 Prozent. Multimodale Personen nutzen dabei am häufigsten das Auto in Kombination mit einem anderen Verkehrsmittel, allen voran dem Fahrrad. Während das Auto als Universalverkehrsmittel sowohl bei monomodalen als auch multimodalen Verhaltensweisen eine Rolle spielt, kommt eine ausschließliche Nutzung von Fahrrad und ÖV selten vor.

Im Kontext der Mobilitätswende kommt der mit 40 Prozent großen Gruppe der Autofahrer*innen, die im Verlauf einer Woche auch andere Verkehrsmittel nutzen, eine hohe Bedeutung zu. Einerseits bewerten Personen Verkehrsmittel auch bei geringer Nutzungshäufigkeit positiver als Personen, die ein Verkehrsmittel gar nicht nutzen. Andererseits liegen bei multimodalen Personen Erfahrungen und Nutzungsroutinen mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes vor. Diese Gruppe ist mit Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung daher einfacher zu erreichen als die Gruppe der ausschließlichen Autofahrer*innen.

Im Vergleich zu Deutschland fällt in Niedersachsen der hohe Anteil an Auto-Fahrradfahrer*innen auf. Während in Niedersachsen ein Drittel der Personen zu dieser Gruppe gehört, sind es deutschlandweit nur ein Fünftel. Die Kombination von Auto und Fahrrad kommt vorrangig außerhalb der Metropolen vor. Vor allem in den sehr ländlichen Gebieten sind die ausschließliche Nutzung des Autos oder von Auto und Fahrrad vorherrschend. Die Metropolen weisen demgegenüber eine höhere Verhaltensvielfalt auf. Alle Gruppen ohne Pkw-Nutzung erzielen hier die höchsten Anteilswerte. Mehr als die Hälfte der Metropolbewohner*innen greift bei ihren Alltagswegen nicht regelmäßig auf ein Auto zu.

Abbildung 3-20: Modalgruppen – Anteil mono- und multimodaler Verhaltensweisen nach Raum



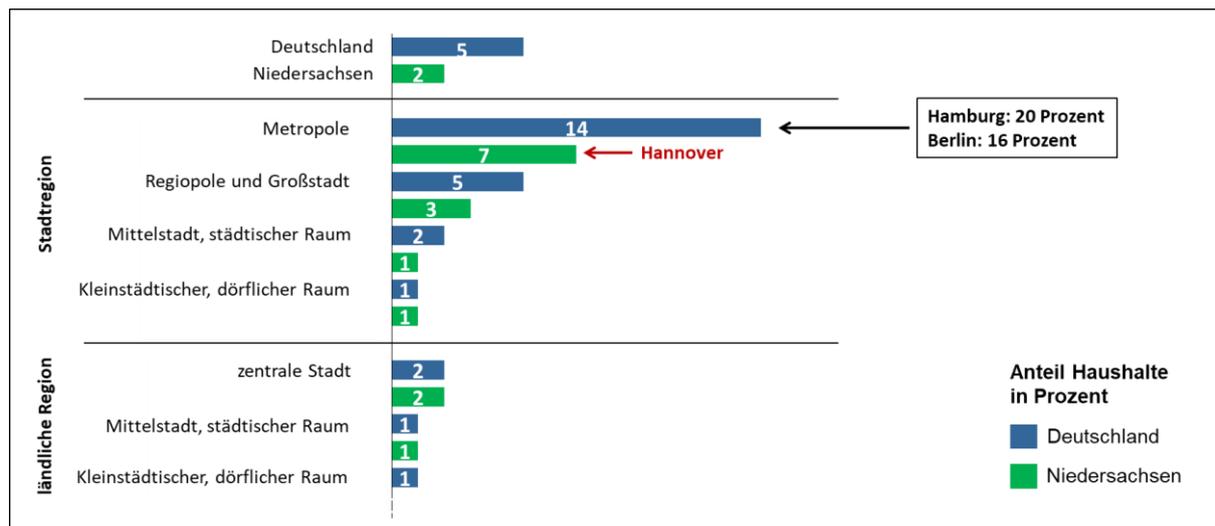
3.1.8. Nutzung von Carsharing

Das stationsbasierte Carsharing, bei dem Kund*innen Fahrzeuge an festen Stationen für eine Kurzzeitmiete abholen und nach Nutzung wieder abgeben, existiert bereits seit gut 30 Jahren. Im Jahr 2009 hat Daimler mit Car2go das erste deutsche freefloating Carsharing eingeführt. Bei diesem Angebot können frei in einem Geschäftsgebiet abgestellte Fahrzeuge per App gesucht,

gemietet und nach Ende der Fahrt abgestellt werden. Inzwischen existieren zahlreiche kombinierte Formen, bei denen stationsbasiertes und freefloating Carsharing aus einer Hand angeboten werden. Während stationsbasiertes Carsharing weit verbreitet ist und Anfang des Jahres 2020 in 840 Städten und Gemeinden angeboten wurde, konzentriert sich das reine freefloating Carsharing auf große Städte und ist in lediglich 17 Städten verfügbar (Bundesverband CarSharing 2020).

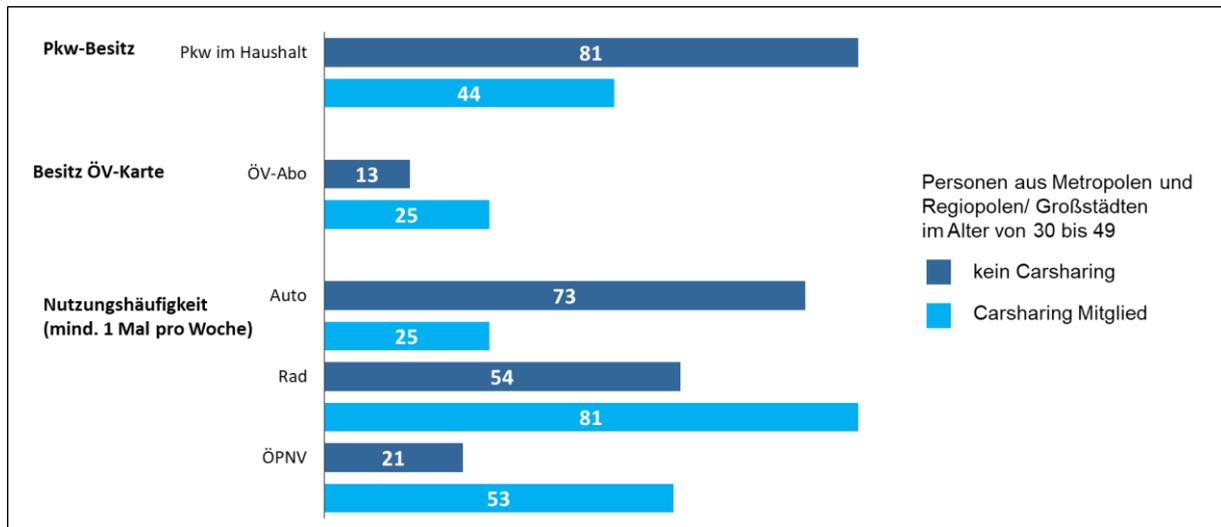
Bundesweit ist in fünf Prozent aller Haushalte mindestens eine Person Mitglied in einer Carsharing-Organisation (vgl. Abbildung 3-21). Berücksichtigt sind hier alle Formen des kommerziellen Carsharings. In Niedersachsen fällt der Wert mit zwei Prozent deutlich niedriger aus. Dies ist auf die geringeren Anteilswerte in den Kategorien Metropole sowie Groß- und Mittelstadt der Stadtregion zurückzuführen. Während sich die Werte in ländlichen Regionen und dem innerhalb von Stadtregionen gelegenen kleinstädtisch, dörflichen Raum auf demselben niedrigen Niveau wie sonst auch in der Bundesrepublik bewegen, liegt der Wert vor allem in der Kategorie Metropole weit unter dem bundesweiten Durchschnittswert von 14 Prozent. Für Deutschland setzt sich der Metropolwert aus 14 großen Städten zusammen und erreicht in Städten wie Hamburg 20 Prozent und Berlin 16 Prozent. In Hannover, Niedersachsens einziger Metropole, war im Jahr 2017 dagegen nur in sieben Prozent aller Haushalte mindestens eine Person Mitglied bei Carsharing.

Abbildung 3-21: Anteil der Haushalte mit Carsharing-Mitgliedschaft nach Raumtyp - Deutschland und Niedersachsen im Vergleich



Das Angebot ist sowohl bundesweit als auch in Niedersachsen durch eine seltene Nutzung gekennzeichnet: Ein Drittel der niedersächsischen Carsharing-Mitglieder fährt ein bis mehrmals pro Monat mit einem Carsharing-Wagen. Die Mehrheit nutzt es seltener als monatlich, ein gutes Fünftel so gut wie nie. Bislang zählen in Niedersachsen ebenso wie in anderen Teilen Deutschlands überproportional oft junge Personen mit hohem Bildungsabschluss und Männer zur Carsharing-Kundschaft. Auch das Profil der Alltagsmobilität von Carsharern weist deutliche Besonderheiten auf. Die Carsharing-Nutzer*innen sind im Vergleich zu Personen mit gleichem Wohnort und gleichen soziodemographischen Merkmalen weitaus seltener im Besitz eines Pkw, dafür häufiger im Besitz einer Zeitkarte für den öffentlichen Personennahverkehr und bei ihren alltäglichen Wegen weitaus häufiger mit dem Fahrrad und öffentlichen Verkehrsmitteln unterwegs (vgl. Abbildung 3-22). Das Rückgrat ihrer Mobilität ist der Umweltverbund. Die Möglichkeit der Nutzung von Carsharing ist eine Rückfallebene, die ein insgesamt nachhaltiges Mobilitätsverhalten fördert und unterstützt. Carsharing spielt daher eine bedeutende Rolle beim Gelingen der Mobilitätswende.

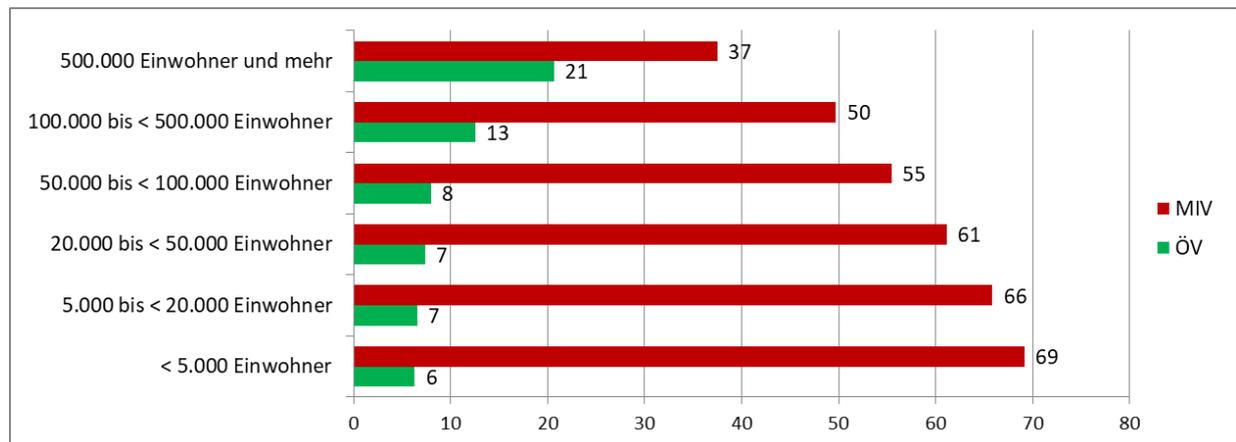
Abbildung 3-22: Bedeutung der Verkehrsmittel für die Alltagsmobilität – 30 bis 49-jährige Carsharer und Nicht-Carsharer aus großen niedersächsischen Städten im Vergleich



3.1.9. Stadtspezifische Betrachtung von Mobilitätskennwerten

Die in den vorangehenden Kapiteln nach Raumtyp differenzierten Ergebnisse haben gezeigt, dass das Mobilitätsverhalten der niedersächsischen Bevölkerung einen deutlichen Zusammenhang mit der Größe des Wohnorts aufweist. Menschen in ländlichen Regionen gehen prinzipiell den gleichen aushäusigen Aktivitäten im Alltag nach wie Menschen in Städten. Dagegen variiert die Art und Weise, wie sie diese Wege zurücklegen. Der Anteil des Autos an allen Wegen fällt im Durchschnitt umso höher aus, je ländlicher der Wohnort gelegen ist. Der Anteil öffentlicher Verkehrsmittel nimmt den gegenteiligen Verlauf. Trotz dieses sehr klaren Zusammenhangs von Mobilitätskennwerten und Raumtyp bzw. Ortsgrößenklassen (vgl. Abbildung 3-23), kommt es innerhalb eines Raumtyps oder einer Stadtgruppengröße zu starken Unterschieden. Deutschlandweit liegt der Fahrradanteil bei Städten mit 200.000 bis 500.000 Einwohner*innen bspw. zwischen zwei Prozent (Wuppertal) und über 30 Prozent in Städten wie Münster. Lassen sich die Extreme i.d.R. gut erklären – ausgeprägtes Relief und starke Höhenunterschiede in Wuppertal, hoher Student*innenanteil in Münster – können die Unterschiede in vielen anderen Fällen oft nicht klar benannt werden. Geringe Höhenunterschiede und ein hoher Student*innenanteil sind zudem kein Garant für hohe Fahrrad- und niedrige MIV-Anteile. Auch geht ein hoher Fahrradanteil nicht automatisch mit einem niedrigen ÖPNV-Anteil einher. Städte wie Freiburg zeigen, dass mit beiden Verkehrsmitteln Spitzenwerte im Vergleich zu anderen Städten gleicher Größe erzielt werden können.

Abbildung 3-23: Anteil des MIV und ÖV nach politischer Ortsgrößenklasse



Angesichts des breiten Spektrums der Mobilitätskennwerte von Städten ähnlicher Größe lohnt der Blick, wie sich die Werte einer spezifischen Stadt in dieses Bild einordnen. Abschließend werden daher die Kennwerte der niedersächsischen Städte, die auf Basis der MiD und der SrV untersucht werden können, vorgestellt und in Bezug zu den Werten der entsprechenden Stadtgruppengröße gesetzt. Hierbei handelt es sich um die Städte Hannover, Osnabrück und Wilhelmshaven.

Kennwerte der Stadt Hannover

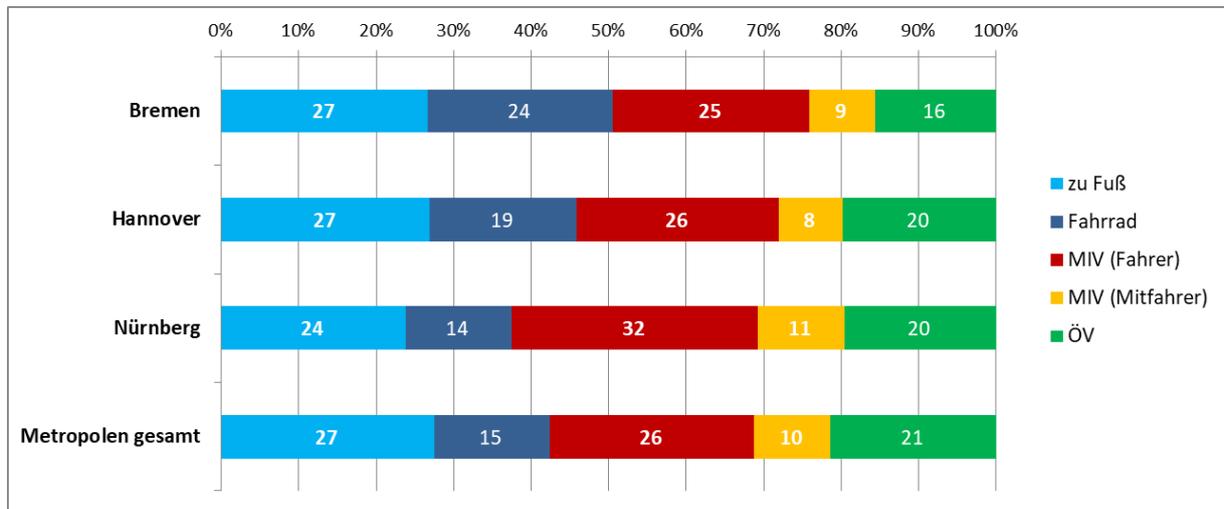
Mit 538.000 Einwohner*innen gehört Hannover zu den Metropolen. Darunter fallen alle Städte ab 500.000 Einwohner*innen. In Deutschland wird dieses Kriterium aktuell von 14 Städten erfüllt. Hannover ist die zweitkleinste aller deutschen Metropolen und bspw. nur rund halb so groß wie Köln (1,1 Mio.) und um ein Mehrfaches kleiner als Hamburg (1,8 Mio.) und Berlin (3,7 Mio.). Metropolen ähnlicher Größe sind Nürnberg (518.000 Einwohner*innen) und Bremen (569.000 Einwohner*innen). Diese beiden Städte werden neben Durchschnittswerten aller Metropolen nachfolgend zusätzlich zum Vergleich der Werte herangezogen.

Tagesstrecke und Verkehrsmittelnutzung

Im Durchschnitt legen die Menschen in Niedersachsens Landeshauptstadt 34 Kilometer pro Tag zurück. In Nürnberg fällt die Tagesstrecke im Mittel identisch, in Bremen mit 33 Kilometern nur geringfügig niedriger aus. Da der Gesamtdurchschnitt aller 14 deutschen Metropolen mit 37 Kilometer rund zehn Prozent höher ausfällt, ist der Alltag in den kleinen Metropolen weniger entfernungsintensiv als in den großen.

Deutlich variierende Werte ergeben sich beim Modal Split des Wegeaufkommens (vgl. Abbildung 3-24). Bremen genießt den Ruf einer Stadt, in der viel Fahrrad gefahren wird. Die MiD bestätigt dies: Mit einem 24-prozentigen Fahrradanteil liegt Bremen weit vor allen anderen deutschen Metropolen. Hannover folgt mit 19 Prozent auf Platz 2. Da in Hannover häufiger öffentliche Verkehrsmittel (20 Prozent) als in Bremen (16 Prozent) genutzt werden und der Fußwegeanteil in beiden Städten gleich ausfällt, kann der Umweltverbund jedoch sowohl in Hannover als auch in Bremen 66 Prozent aller Wege auf sich vereinen. In Nürnberg wird dagegen viel Auto gefahren. Der Umweltverbund kommt hier nur auf 56 Prozent. Hannover gehört damit zu den Städten, bei denen das Fahrrad und der ÖV gleichermaßen hohe Bedeutung haben. Der Anteil des MIV liegt mit 34 Prozent nur zwei Prozentpunkte über dem Durchschnitt aller Metropolen. Angesichts des starken Zusammenhangs von abnehmender Stadtgröße und steigendem MIV-Anteil ist dies für eine der kleinsten Städte unter den Metropolen ein guter Wert.

Abbildung 3-24: Modal Split des Verkehrsaufkommens – Hannover, Bremen und Nürnberg im Vergleich



Ausstattung mit Pkw, Fahrrädern und Zeitkarten für den ÖPNV

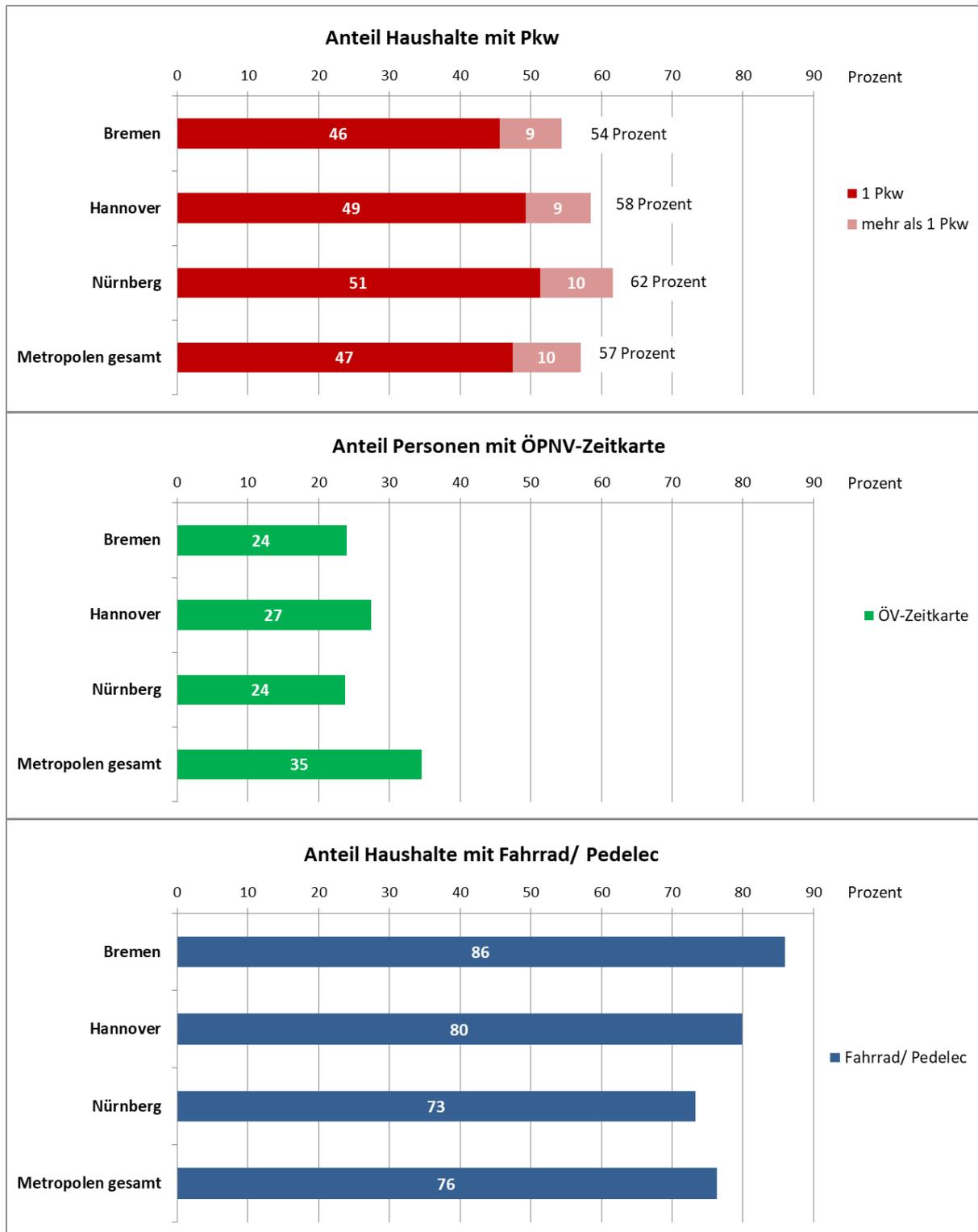
Bei der Haushaltsausstattung mit Pkw und Fahrrädern nimmt Hannover von den drei Metropolen ähnlicher Größe jeweils die mittlere Position ein (Abbildung 3-25). Die Haushalte der Niedersächsischen Landeshauptstadt verfügen mit 58 Prozent häufiger über einen Pkw als Bremer Haushalte (54 Prozent), aber seltener als diese über ein Fahrrad. Da es gerade in Bezug auf die Pkw-Ausstattung einen deutlichen Zusammenhang mit der Größe der Metropole gibt, ist der vergleichsweise hohe Anteil autofreier Haushalte, der im Mittel fast dem Gesamtdurchschnitt aller Metropolen entspricht, positiv zu werten.

Beim Besitz einer ÖPNV-Zeitkarte weisen alle drei betrachteten kleinen Metropolen deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt von Metropolen liegende Durchschnittswerte auf. Hannover schneidet mit einem 27-prozentigen Anteil von Personen ab 14 Jahren mit ÖPNV-Zeitkarte gegenüber einem jeweils nur 24 Prozent umfassenden Anteil in Bremen und Nürnberg am besten ab.

Neue Mobilitätsformen: Nutzung von Carsharing

Im Vergleich zu anderen Metropolen fällt in Hannover der Anteil der Haushalte, bei denen mindestens eine Person Mitglied bei Carsharing ist, mit sieben Prozent recht niedrig aus (vgl. Kapitel 3.1.8). In Nürnberg bewegt sich der Wert mit vier Prozent auf noch niedrigerem Niveau. Städte wie Bremen mit 12 Prozent, aber auch deutlich kleinere Städte wie Karlsruhe und Freiburg, bei denen in jeweils 17 Prozent aller Haushalte mindestens eine Person Mitglied bei Carsharing ist, zeigen, dass ein hoher Anteil an Carsharing-Mitgliedern nicht nur in großen Städten zu erzielen ist.

Abbildung 3-25: Ausstattung mit Pkw, ÖPNV-Zeitkarten, Fahrrädern – Hannover, Bremen und Nürnberg im Vergleich



Kennwerte der Städte Osnabrück und Wilhelmshaven

Osnabrück ist mit rund 165.000 Einwohner*innen eine kleine Stadt unter den Großstädten (100.000 bis 500.000 Einwohner*innen). Mit 76.000 Einwohner*innen zählt Wilhelmshaven zu den Mittelstädten (20.000 bis 100.000 Einwohner*innen). Die Kennwerte beider Städte werden jeweils im Vergleich zum Mittelwert ihrer Stadtgruppengröße dargestellt. Während die

stadtspezifischen Werte auf den SrV-Daten von 2018 beruhen, basieren die Stadtgruppenwerten auf der MiD 2017. Beide Erhebungen haben ein sehr ähnliches Erhebungsdesign und sind daher gut vergleichbar. Da bei der SrV nur Wege an mittleren Werktagen erhoben werden (Dienstag bis Donnerstag) wurden auch bei der MiD nur diese Tage bei der Auswertung berücksichtigt.

Verkehrsmittelnutzung an mittleren Werktagen

Sowohl in Osnabrück als auch in Wilhelmshaven weicht der Modal Split des Verkehrsaufkommens nicht sehr stark vom Mittelwert der Städte ähnlicher Größe ab. In den beiden niedersächsischen Städten fällt jeweils der Anteil der Wege zu Fuß etwas geringer, der des Fahrrads etwas höher aus. Dies trifft insbesondere auf Osnabrück zu. Während der Anteil des Fahrrads in Städten von 100.000 bis 500.000 Einwohner*innen bei 15 Prozent liegt, erreicht er in Osnabrück 21 Prozent.

Das Auto nimmt wie in anderen Städten auch den höchsten Anteil an allen Wegen ein. Der Anteil des Pkw als Fahrer*in liegt mit plus einem Prozentpunkt (Osnabrück) bzw. zwei Prozentpunkten (Wilhelmshaven) nur minimal über dem jeweiligen Wert der vergleichbaren Stadtgruppe. Auffällig ist dagegen der jeweils geringere Anteil öffentlicher Verkehrsmittel an den Wegen in Osnabrück und Wilhelmshaven.

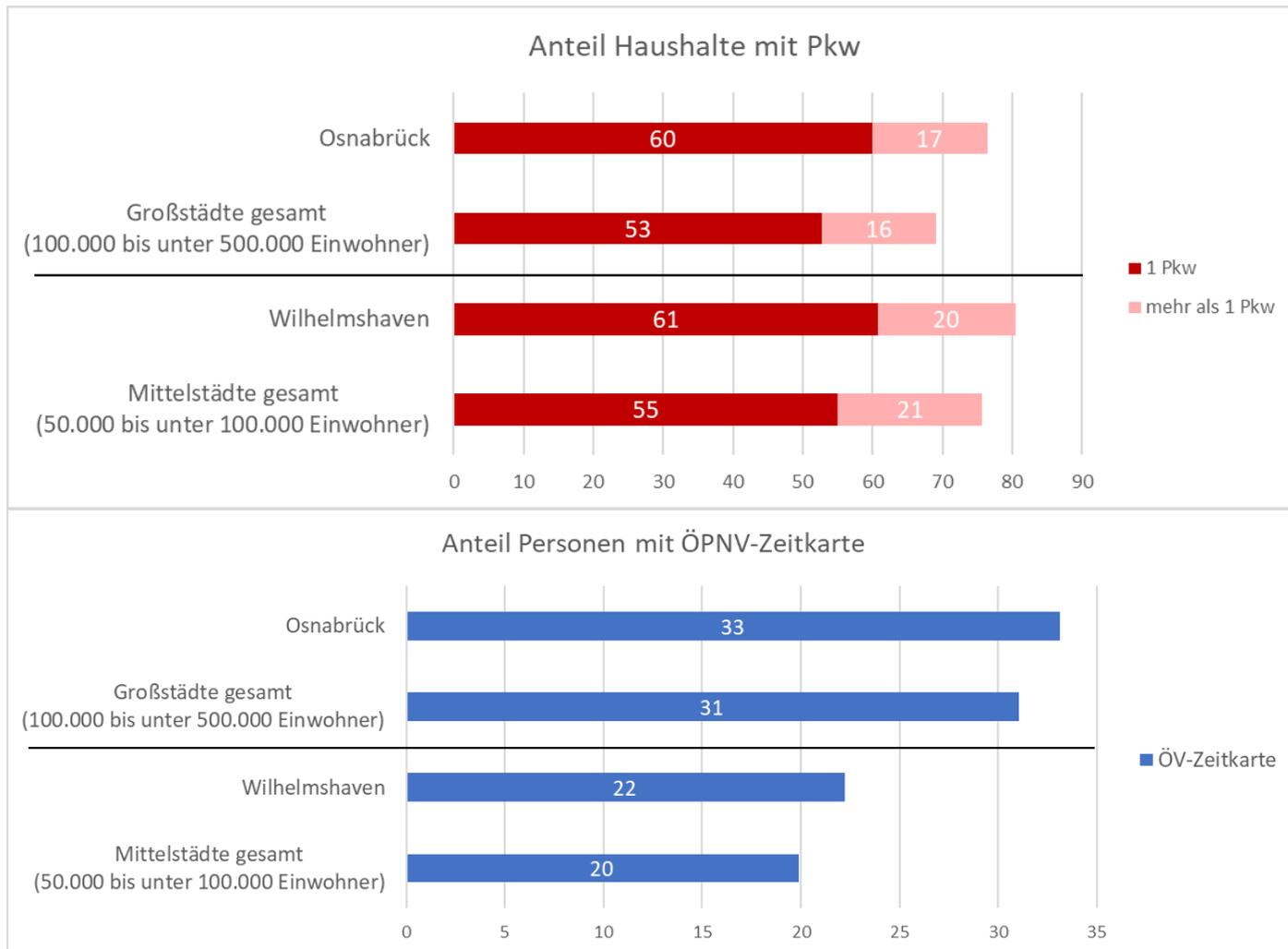
Abbildung 3-26: Modal Split des Verkehrsaufkommens – Osnabrück und Wilhelmshaven im Vergleich zum Mittelwert ihren Stadtgruppen (nur Wege von Dienstag bis Donnerstag)



Ausstattung mit Pkw, Fahrrädern und Zeitkarten für den ÖPNV

Trotz des geringeren Anteils an Wegen mit öffentlichen Verkehrsmitteln fällt der Anteil der Personen, die über eine ÖPNV-Zeitkarte verfügen in Osnabrück und Wilhelmshaven etwas höher aus als im Mittel der jeweiligen Stadtgruppe. Darüber hinaus gibt es sowohl in Osnabrück als auch in Wilhelmshaven mehr Haushalte mit Pkw. Während der Anteil der mehrfach motorisierten Haushalte dem Durchschnitt aller Städte ähnlicher Größe entspricht, fällt der Anteil der Haushalte mit einem Pkw 7 bzw. 6 Prozentpunkte höher aus.

Abbildung 3-27: Ausstattung mit Pkw und ÖPNV-Zeitkarten, Fahrrädern – Osnabrück und Wilhelmshaven im Vergleich zum Mittelwert ihren Stadtgruppen



3.2. Fahrzeugbestand und Ladeinfrastruktur

Neben der Entwicklung des Mobilitätsverhalten wird die Infrastruktur eine zentrale Rolle in der Zukunft der Transportsektors spielen. Dabei sind zwei Themen vom besonderen Interesse: der Fahrzeugbestand und die Ladeinfrastruktur für elektrische Fahrzeuge. Der Fahrzeugbestand ist insoweit wichtig, dass die Fahrzeuge auf den Straßen heute auch in mehreren Jahren noch genutzt werden. Darüber hinaus gab es in den letzten zehn Jahren eine sehr dramatische Entwicklung der Pkw-Flotte in Deutschland. In 2010 lag die Zahl der zugelassenen Pkw in Deutschland bei 41,7 Mio. Fahrzeugen¹⁴. Dies stieg auf 47,7 Mio. Pkw im Jahr 2020¹⁵, sodass ein Wachstum der deutschen Pkw-Flotte auf über 14% resultierte. Dieser drastische Anstieg der Pkw-Flotte in Deutschland stellt zahlreiche bedeutende Herausforderungen bei der Erfüllung von Umweltzielen im Verkehrssektor dar.

Zusätzlich zu den Entwicklungen und der Konstellation des Fahrzeugbestands in Deutschland wird die Ladeinfrastruktur für das Laden von elektrischen Fahrzeugen in Zukunft entscheidend sein. Der hinreichende und rechtzeitige Aufbau der Ladeinfrastruktur bildet eine Grundvoraussetzung für die erfolgreiche Einführung der Elektromobilität in Deutschland. Darum wird eine detaillierte Analyse des Bedarfs an Ladeinfrastruktur durchgeführt und vorgestellt.

3.2.1. Analyse des aktuellen Fahrzeugbestands

Dieses Unterkapitel konsultiert die Fahrzeugbestandsstatistiken¹⁶ des KBA und gibt Aufschluss über die Zusammensetzung der aktuellen Bestände in Deutschland (D) insgesamt und in Niedersachsen (Nds.). Stichtag ist jeweils der 1. Januar 2020. Die Bestände wurden hinsichtlich folgender Kategorien analysiert und die Ergebnisse tabellarisch bzw. grafisch aufbereitet. Die Darstellung erfolgt in dieser Reihenfolge: Fahrzeugklassen, Kraftstoffart und Emissionsgruppen.

Fahrzeugklassen

Kraftfahrzeuge werden in der Statistik des KBA in verschiedene Fahrzeugklassen unterschieden¹⁷. Die Analyse der Bestände in Deutschland und Niedersachsen ergibt, dass Personenkraftwagen am 1. Januar 2020 die größte Fahrzeugklasse darstellen. In den folgenden Analysen wird das Augenmerk daher auf diese Klasse an Fahrzeugen gerichtet. Weiterhin ist die Verteilung der Fahrzeugklassen in Deutschland und Niedersachsen nahezu identisch. Pkw stellen mit 82 % den überwiegenden Großteil aller Kraftfahrzeuge dar. Jedes 10. Fahrzeug ist ein Nutzfahrzeug (je 10 %) und Krafträder machen in Deutschland 8 %, in Niedersachsen 7 % der Gesamtflotte aus (Abbildung 3-28).

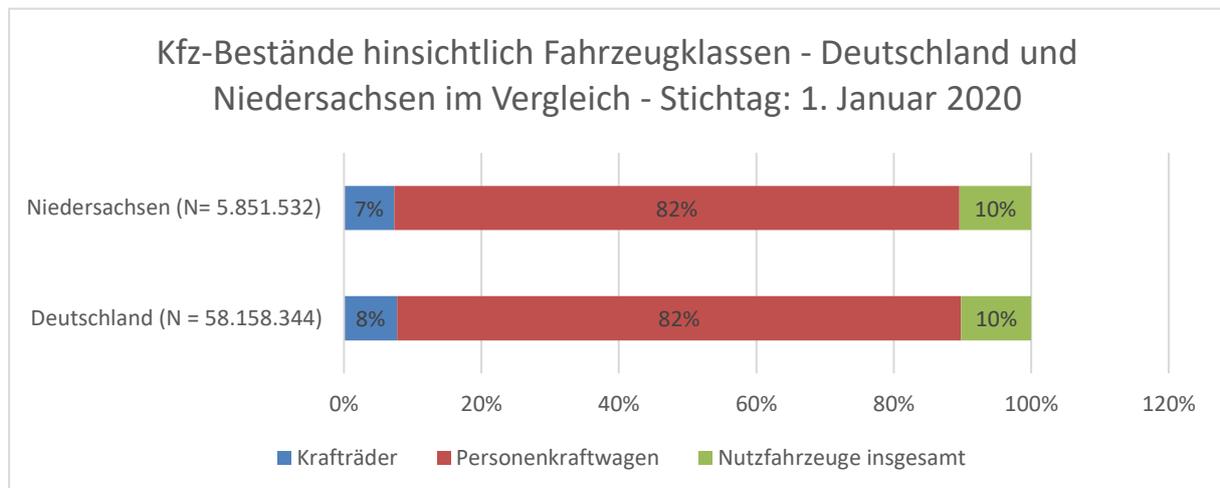
¹⁴ KBA, Pressemitteilung Nr. 6/2010, Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2010, https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2006_2010/2010/Fahrzeugbestand/fz_bestand_01_01_10_PDF.pdf?__blob=publicationFile&v=4

¹⁵ KBA, Der Fahrzeugbestand im Überblick am 1. Januar 2020, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/fz_b_jahresbilanz_zum_herunterladen/2020_b_ueberblick_pdf.pdf;jsessionid=3C1CC11797611B7E2B5CD6913244A391.live11294?__blob=publicationFile&v=1

¹⁶ Auf die genauen Dokumente wird im jeweiligen Abschnitt verwiesen.

¹⁷ Kraftfahrt-Bundesamt. (2020b). *Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken. FZ1.1 Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Januar 2020 nach Zulassungsbezirken* [Datensatz]. https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html

Abbildung 3-28: Kfz-Bestände hinsichtlich Fahrzeugklassen - Deutschland und Niedersachsen im Vergleich - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)



Kraftstoffart

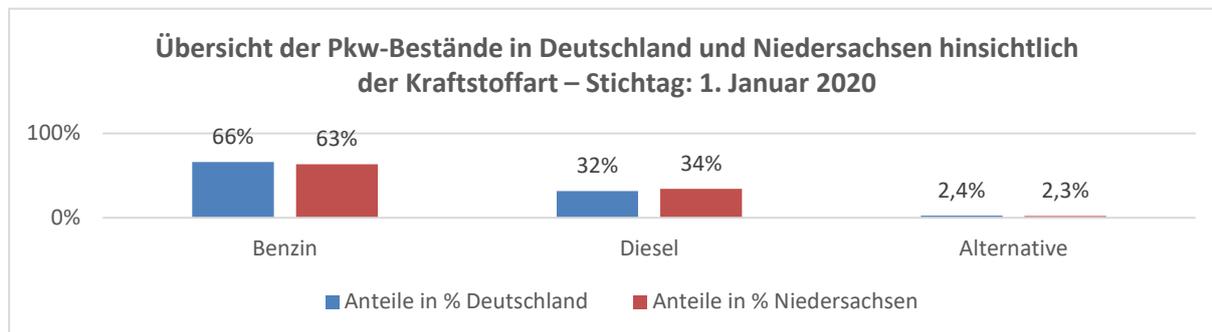
Hinsichtlich der Kraftstoffart ergibt sich zum Stichtag vom 1. Januar 2020 für Deutschland und Niedersachsen ein ähnliches Gesamtbild. Laut der diesbezüglichen KBA-Statistik¹⁸ tankt der überwiegende Großteil der Pkw nach wie vor Benzin und Diesel, wobei etwa zwei Drittel auf Benziner (D: 66 %, Nds.: 63 %) und etwa ein Drittel auf Diesel entfallen (D: 32 %, Nds.: 34 %). Nur jeweils gut 2 % der Pkw (D: 2,4 %, Nds. 2,3 %), also etwa jeder 50. Pkw, verwenden andere Antriebe (Tabelle 3-3 und Abbildung 3-29).

Tabelle 3-3: Pkw-Bestände hinsichtlich Kraftstoffart in Deutschland und Niedersachsen - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)

Kraftstoffart	Deutschland	%	Niedersachsen	%
Benzin	31.464.680	66%	3.051.706	63%
Diesel	15.111.382	32%	1.649.799	34%
Alternative	1.129.670	2,4%	110.640	2,3%
Summe	47.705.732	100%	4.812.145	100%

¹⁸ Kraftfahrt-Bundesamt. (2020a). Bestand an Personenkraftwagen am 1. Januar 2020 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut. Website des Kraftfahrt-Bundesamtes. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/fz_b_umwelt_archiv/2020/2020_b_umwelt_dusl.html?nn=2595996

Abbildung 3-29: Übersicht der Pkw-Bestände in Deutschland und Niedersachsen hinsichtlich der Kraftstoffart - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)



Innerhalb dieser alternativ betriebenen Pkw gibt es in Deutschland und Niedersachsen jedoch Unterschiede. In Deutschland ist der häufigste alternative Antrieb gegenwärtig eindeutig der Hybridantrieb (48 % der Pkw mit alternativen Antrieben), der in Niedersachsen mit 33 % nur den zweiten Platz belegt.¹⁹ Aktuell liegen dort mit Flüssiggas (LPG²⁰) betriebene Pkw an der Spitze (41 %), die in Deutschland insgesamt nur 33 % der alternativ betriebenen Pkw ausmachen und somit Platz zwei einnehmen. Der verbleibende Anteil verteilt sich in Niedersachsen recht gleichmäßig auf Pkw mit Erdgas (CNG²¹) und Elektro (12 %, resp. 11 %) (Tabelle 3-4), in Deutschland hingegen überwiegen Elektrofahrzeuge (12 %) gegenüber Erdgasfahrzeugen (7 %) (Tabelle 3-5) (Abbildung 3-30).

Tabelle 3-4: Pkw-Bestand hinsichtlich Kraftstoffart alternativer Antriebe in Niedersachsen - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)

Kraftstoffart	Niedersachsen	% an Alt.	% an Gesamt
Flüssiggas (LPG) (einschließlich bivalent)	44.988	41%	0,9%
Erdgas (CNG) (einschließlich bivalent)	12.828	12%	0,3%
Elektro	12.491	11%	0,3%
Hybrid insgesamt	40.333	36%	0,8%
(darunter Plug-in)	(8.066)		
Summe	110.640	100%	2,3%

¹⁹ Jedes fünfte Hybridfahrzeug ist dabei ein Plug-in-Hybrid (D: 19 %, Nds.: 20 %).

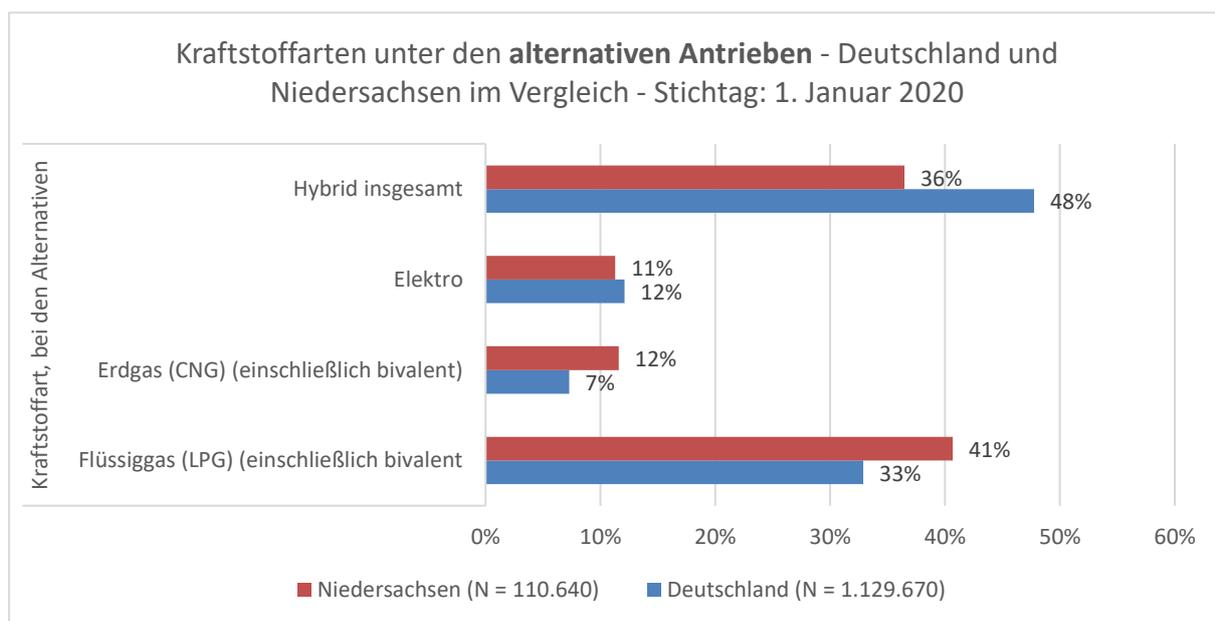
²⁰ LPG ist die Abkürzung für „Liquified Petroleum/Propane Gas“.

²¹ CNG ist die Abkürzung für „Compressed Natural Gas“.

Tabelle 3-5: Pkw-Bestand hinsichtlich Kraftstoffart alternativer Antriebe in Deutschland - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)

Kraftstoffart	Deutschland	% an Alt.	% an Gesamt
Flüssiggas (LPG) (einschließlich bivalent)	371.472	33%	0,8%
Erdgas (CNG) (einschließlich bivalent)	82.198	7%	0,2%
Elektro	136.617	12%	0,3%
Hybrid insgesamt	539.383	48%	1,1%
(darunter Plug-in)	(102.175)		
Summe	1.129.670	100%	2,4%

Abbildung 3-30: Kraftstoffarten unter den alternativen Antrieben - Deutschland und Niedersachsen im Vergleich - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)

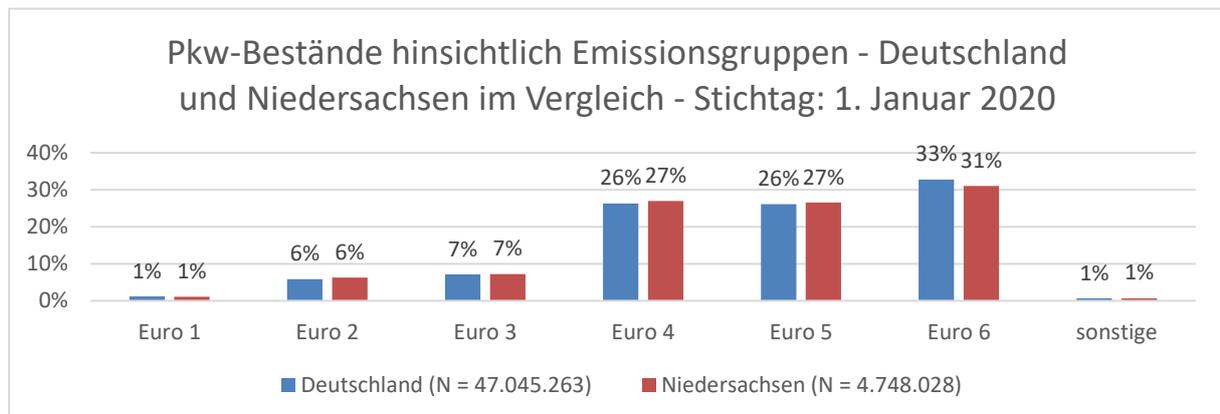


Emissionsgruppen

Hinsichtlich der Emissionsgruppen verzeichnet die Statistik des KBA zum Stichtag vom 1. Januar 2020²² keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Pkw-Beständen Deutschlands und Niedersachsens. Der überwiegende Großteil, nämlich 85 % der Bestände, entfallen auf die Gruppen Euro 6 (D: 33 %, Nds.: 31 %), Euro 5 (D: 26 %, Nds.: 27 %) und Euro 4 (D: 26 %, Nds.: 27 %). Die Gruppen Euro 3 und Euro 2 machen jeweils 7 %, respektive 6 % aus. Verschwindend gering (jeweils um die 1 %) sind die Anteile der Gruppen Euro 1 sowie „sonstige“ (Abbildung 3-31).

²² Kraftfahrt-Bundesamt. (2020c). Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken. FZ1.2 Personenkraftwagen am 1. Januar 2020 nach Zulassungsbezirken, Kraftstoffarten und Emissionsgruppen [Datensatz]. https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html

Abbildung 3-31: Pkw-Bestände hinsichtlich Emissionsgruppen - Deutschland und Niedersachsen im Vergleich - Stichtag: 1. Januar 2020 (eigene Darstellung)



3.2.2. Entwicklung der Ladeinfrastruktur

Strombasierte Mobilität wird eine essenzielle Rolle spielen, um die Reduktion der Treibhausgasemissionen sowie weitere Umwelt-, Klima- und Energieziele der Mobilitätswende zu erreichen. Elektrisch angetriebene Fahrzeuge (electric vehicles, EVs) werden als emissionsarme Lösung für den Individualverkehr angesehen, insbesondere in ländlichen Regionen mit eingeschränktem ÖPNV-Netz.

Der Erfolg der Elektromobilität ist jedoch stark abhängig von der Bereitstellung bedarfsgerechter, flächendeckender Ladeinfrastruktur. Langfristig wird Ladeinfrastruktur (v.a. konzentriert auf Betriebshöfe) auch für den ÖPNV und den Straßengüterverkehr benötigt, in dem hier vorliegenden Gutachten wird sich auf den motorisierten Individualverkehr (MIV) konzentriert. Die Ladeinfrastruktur für den motorisierten Individualverkehr wird an einer Vielzahl von Standorten (u.a. am eigenen Wohnort, bei der Arbeit, (halb-)öffentlich oder Standorte mit Schnellladeinfrastruktur) notwendig sein. Dieses Arbeitspaket des Projekts NeueWege fokussiert auf die Analyse und Bewertung des Ladebedarfs von batterieelektrischen Fahrzeugen (BEVs) und Plug-in Hybriden (PHEVs)²³ in Niedersachsen, aufbauend auf der durchgeführten regionalen Verkehrs- und Energieanalyse.

In diesem Unterkapitel werden die folgenden Fragen beantwortet:

- 1) Wie groß ist die Ladenachfrage für die elektrisierte Fahrzeugflotte in Niedersachsen im Jahr 2030?
- 2) Wo finden die Ladevorgänge statt (d.h. am eigenen Wohnort, bei der Arbeit, (halb-)öffentlich oder Standorte mit Schnellladeinfrastruktur)? Wie viel Ladeinfrastruktur wird benötigt?
- 3) Wie ist die ortsgebundene Nachfrage nach Ladeinfrastruktur?

Zunächst wurde eine Recherche zur Ladeinfrastruktur in Niedersachsen durchgeführt, um einen globalen Überblick zu erhalten. Für anschließende Analysen von Ladenachfrage respektive deren räumlicher Verortung wurden die Werkzeuge CURRENT respektive das StandortTOOL genutzt. Die

²³ Mit BEVs und PHEVs werden ausschließlich solche Elektrofahrzeuge betrachtet, die über eine externe Lademöglichkeit verfügen und damit für die Errechnung von Ladebedarfen durch das Stromnetz relevant sind. Andere Elektrofahrzeuge, z.B. Vollhybride, die nicht extern aufladbar sind, werden daher nicht berücksichtigt. Dieses Gutachten folgt somit der Begriffsbestimmung des Elektromobilitätsgesetz, §2 Nr. 1 bis Nr. 3, https://www.gesetze-im-internet.de/emog/_2.html.

für das Jahr 2030 zugrunde gelegte Anzahl an Elektrofahrzeugen wird aus den Berichten der NPM²⁴ abgeleitet. Aus dem Fortschrittsbericht 2019 der NPM²⁵ geht hervor, dass zur Sicherung der internationalen Spitzenposition der deutschen Mobilitätsbranche ein Markt mit 7 bis 10 Millionen Elektrofahrzeugen anzustreben sei²⁶. Der Ladenachfrage in Niedersachsen im Jahre 2030 wird eine Anzahl von 1 Mio. EVs zugrunde gelegt. Dieser Wert kommt zustande, weil die NPM mit 10 Mio. EVs in Deutschland im Jahre 2030 rechnet und auf Niedersachsen 10% der EVs in Deutschland entfallen.

3.2.2.1. Ladenachfrage in Niedersachsen – Analyse mittels CURRENT

Vorgehen

Die Analyse der Ladenachfrage wird mit dem Werkzeug CURRENT durchgeführt. CURRENT steht für "charging infrastructure for electric vehicles analysis tool" (Werkzeug zur Analyse von Ladeinfrastruktur für elektrische Fahrzeuge) und wurde am Institut für Verkehrsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt entwickelt. Das Tool ermöglicht die Simulation des Lade- und Ladeinfrastrukturbedarfs für Deutschland unter Berücksichtigung individueller Fahrprofile und spezifischer Annahmen zum Ladeverhalten verschiedener Nutzer*innen. CURRENT berechnet die stündliche Stromnachfrage der elektrischen Fahrzeugflotte über den Zeitraum einer Woche und zeigt Flexibilisierungsmöglichkeiten durch kontrolliertes Laden (smart charging) auf. Demnach handelt es sich um ein mikroskopisches Modell zur Ermittlung des Ladebedarfs von elektrischen Fahrzeugen, welches zeit- und ortspezifische Informationen bereitstellt.

Wie beschrieben bestimmt CURRENT den Ladebedarf einer elektrischen Fahrzeugflotte in Deutschland im Wochenverlauf. Datengrundlage für die Simulation des Ladebedarfs ist der Fahrzeug- und Wegedatensatz der MiD 2008²⁷. Zwei analyseübergreifende Annahmen erlauben die Anwendung von Mobilitätsdaten, die überwiegend von Fahrzeugen mit konventionellen Antrieben stammen (d. h. Otto- oder Diesel-Motoren). Zum einen wird davon ausgegangen, dass die Elektromobilität nur dann zum Massenmarkt wird, wenn das aktuelle Mobilitätsbedürfnis der Fahrzeugnutzer*innen gleichermaßen mit Elektrofahrzeugen bedient werden kann. Dieser Annahme folgend entsprechen die Fahrzeugnutzungsprofile von Elektrofahrzeugen weitgehend den Nutzungsprofilen konventioneller Fahrzeuge, EV-Nutzer*innen verändern ihr Mobilitätsverhalten nur unwesentlich. Zum anderen wird davon ausgegangen, dass Nutzer*innen von Elektrofahrzeugen bevorzugt dort laden, wo sie ohnehin parken. Lediglich bei zu geringer elektrischer Reichweite wird die Fahrt unterbrochen und ein Schnellladevorgang findet statt. Diese Annahmen stimmen mit anderen Forschungsarbeiten sowie Vorhersagen zum Nutzer*innenverhalten im EV-Massenmarkt überein.

Im Folgenden wird die Funktionsweise von CURRENT detaillierter beschrieben²⁸, *Abbildung 3-32* gibt einen groben Überblick über den Verlauf der Analyse. Zunächst erstellt CURRENT ein 24h-

²⁴ Die NPM wurde von der Bundesregierung einberufen, um den Wandel der Mobilität zu gestalten und Energie- und Klimaschutzziele zu erreichen. Dafür werden in sechs thematischen Arbeitsgruppen jeweilige Expertisen und relevante Akteur*innen zusammengebracht. <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de>

²⁵ <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-Fortschrittsbericht-2019.pdf>

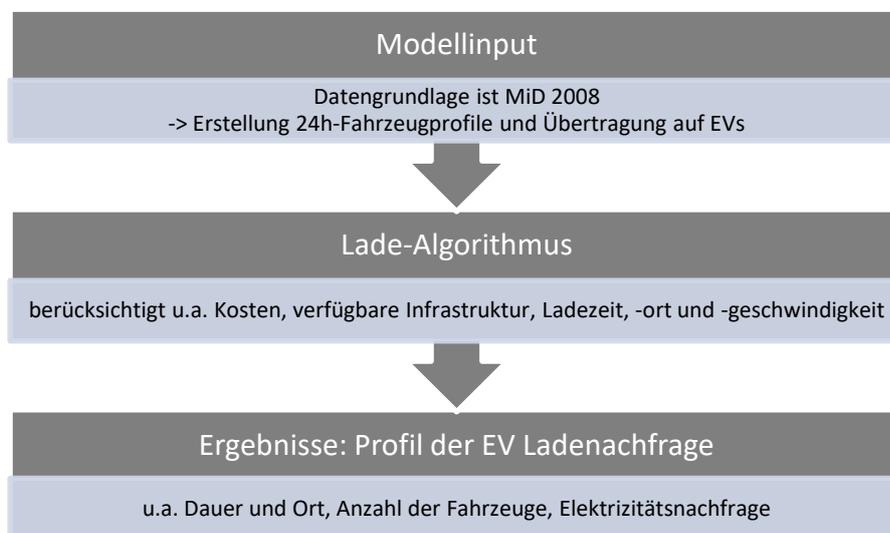
²⁶ ebd. S.11

²⁷ CURRENT verwendet die Daten der MiD 2008, da in der jüngsten MiD 2017 bei der Erfassung von Wegen keine Informationen zum genutzten Fahrzeug erhoben wurden. Dadurch können für CURRENT essentielle Informationen, wie die Batteriekapazität, Verbrauch und Stellplatzinformationen nicht aus dem Datensatz abgeleitet werden.

²⁸ Informationen über CURRENT finden sich auch unter https://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-12751/22270_read-69930/. Weiterführende Informationen und detaillierte Beschreibungen der

Fahrzugnutzungsmuster, mit Informationen zu allen Fahrt- und Parkvorgängen eines Tages. Für jedes Fahrzeug werden spezifische Fahrzeuginformationen hinzugezogen, um ein vergleichbares EV zu modellieren (z.B. Reichweite, Ladestromkapazität). Darauf folgt die Definition der Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur an verschiedenen Orten (z.B. zu Hause, bei der Arbeit, beim Einkaufen), die verfügbare Ladeleistung, die Kosten für die Nutzung sowie die minimale Parkzeit für einen Ladevorgang. Mittels dieser Annahmen und des 24h-Fahrzeugnutzungsmusters durchläuft jedes Fahrzeug einen Ladealgorithmus. Im Ladealgorithmus muss jedes Fahrzeug die täglichen Aktivitäten (Fahrten und Parkvorgänge) vollenden. Basierend auf den Ladepräferenzen und Lademöglichkeiten im Laufe des Tages, wird ein EV entweder während des Parkvorgangs oder während einer unterbrochenen Fahrt an einer Schnellladestation geladen. Daraus ergibt sich eine aggregierte stündliche Ladenachfrage für den Verlauf einer Woche, differenziert nach Orten für die gesamte EV-Fahrzeugflotte. Durch Gewichtung und Skalierung der Fahrzeuge kann CURRENT den Ladebedarf pro Stunde im Wochenverlauf für unterschiedliche elektrische Fahrzeugflottengrößen mit unterschiedlicher Flottenzusammensetzung (Anteil BEV zu PHEV) simulieren. Neben der zeitlichen Differenzierung des Ladebedarfs sind ebenso raumstrukturelle Informationen zur Aktivität (Arbeit, Einkaufen, zu Hause, Schnellladepunkte und Sonstiges) beim Laden und zur Zugänglichkeit (privat, halböffentlich und öffentlich) der Ladeinfrastruktur enthalten. Diese Informationen können genutzt werden, um den notwendigen Ladeinfrastrukturaufbau absolut und für spezifische Standorte zu quantifizieren und koordinieren. Abschließend kann somit einerseits ein zeitlich hochaufgelöster Strombedarf von BEV und PHEV bestimmt werden. Andererseits lässt sich über den Ladebedarf und der hiermit verbundenen Zeit, die ein Fahrzeug an einer Ladestation steht, ein deutschlandweiter Ladeinfrastrukturbedarf von Elektrofahrzeugen ableiten.

Abbildung 3-32: Übersicht über den Verlauf der Analyse mithilfe des CURRENT Werkzeugs



Annahmen, die CURRENT zugrunde liegen sowie der Funktionsweise des Algorithmus sind in zwei Artikeln dargestellt: [Wulff et al., Comparing Power-System and User-Oriented Battery Electric Vehicle Charging Representation and Its Implications on Energy System Modeling, Energies, 2020](#) & [Steck et al., Comprehensive transportation and energy analysis: A price sensitive, time-specific microsimulation of electric vehicles, Transportation Research Board \(TRB\), 2019](#)

Die Recherche ergab 2.952 öffentliche Normalladepunkte und 506 öffentliche Schnellladepunkte (Stand 09. Oktober 2020) in Niedersachsen²⁹. Bis Ende 2021 sollen deutschlandweit³⁰ 50.000 öffentlich zugängliche Schnell- und Normalladepunkte (bisher ca. 5.600 resp. 33.800³¹) errichtet werden.

Die Förderung der nicht öffentlichen Ladeinfrastruktur rückt zusätzlich in den Fokus. Für den Aufbau privater Ladeinfrastruktur in Betrieben in Niedersachsen werden von 2020 bis 2023 2,7 Mio. Euro bereitgestellt³². Laut der Niedersächsischen Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr³³ werden Einzelunternehmen, Einzelkaufleute, Freiberufler*innen, Gesellschaften des bürgerlichen Rechts, Kommanditgesellschaften, offene Handelsgesellschaften, Aktiengesellschaften, Partnerschaftsgesellschaften, eingetragene Vereine, Genossenschaften und Gesellschaften mit beschränkter Haftung gefördert. In der Förderung enthalten sind Planungs- und Beratungsleistungen, Installations- und Baumaßnahmen sowie Ersatzbeschaffungen und Nachrüstungen. Die Förderhöhe variiert dabei je nach Art der beschafften Infrastruktur (Normal- oder Schnellladeinfrastruktur) und Ladeleistung (in kW) von maximal 2.500 Euro pro Ladepunkt bis maximal 100.000 Euro, wobei in allen Fällen bis zu 80% der Gesamtausgaben gefördert werden.

Annahmen

Ausgehend von der Fragestellung an welchen Standorten Ladevorgänge stattfinden, werden Berechnungen des oben beschriebenen Modells CURRENT herangezogen. Grundlage für die Berechnungen bilden die in Tabelle 3-6 und Tabelle 3-7 aufgeführten Annahmen, die auch in anderen Forschungsprojekten mit dem Zieljahr 2030 zum Einsatz kamen. Die Annahme von 1 Mio. E-Fahrzeugen in 2030 entspricht in etwa dem niedersächsischen Anteil an dem von der NPM³⁴ prognostizierten Wert von ca. 10 Mio. E-Fahrzeuge für ganz Deutschland in 2030. Allgemeine Annahmen und Fahrzeugparameter finden sich in Tabelle 3-6 während Annahmen zur Ladeinfrastruktur in Tabelle 3-7 zu finden sind.

²⁹ basierend auf der Ladesäulenkarte Niedersachsen, die mit den der Bundesnetzagentur gemeldeten Daten arbeitet: https://map.strassenbau.niedersachsen.de/service/app.php/application/e_mobilitaet

³⁰ <https://automotive.nds.de/nationale-leitstelle-ladeinfrastruktur-in-betrieb/>

³¹ Stand vom 1. Februar 2021. https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/HandelundVertrieb/Ladesaeulenkarte/Ladesaeulenkarte_node.html

³² <https://www.mw.niedersachsen.de/startseite/aktuelles/presseinformationen/wirtschaftsministerium-fordert-elektromobilitat-mit-5-7-millionen-euro-188580.html>

³³ https://www.strassenbau.niedersachsen.de/startseite/aufgaben/elektromobilitat/forderung_einer_nichtoeffentlichen_ladeinfrastruktur/forderung-einer-nicht-offentlichen-ladeinfrastruktur-194599.html

³⁴ <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf>

Tabelle 3-6. Annahmen zum betrachteten Szenario für das Zieljahr 2030 in Niedersachsen

		Allgemeine Annahmen
Szenario Jahr		2030
min. Parkzeit für Ladevorgang	min	15
Fahrzeuge mit privatem Stellplatz	%	75%
Fahrzeugflotte	Anzahl	4,247,040
Verbrenner Fahrzeuge	Anzahl	3,247,040
Reine Elektrofahrzeuge	Anzahl	1,000,000
Plug-in Fahrzeuge	Anzahl	0
		Fahrzeugparameter BEV
Reichweite (S)	km	267
Reichweite (M)	km	350
Reichweite (L)	km	400
Batteriekapazität (S)	kWh	40
Batteriekapazität (M)	kWh	70
Batteriekapazität (L)	kWh	100
Verbrauch (S)	kWh/km	0.15
Verbrauch (M)	kWh/km	0.20
Verbrauch (L)	kWh/km	0.25

Tabelle 3-7. Ladeinfrastruktur Annahmen (allgemein, Verfügbarkeit, Leistung, Preise) zum betrachteten Szenario für das Zieljahr 2030 in Niedersachsen

	Ladeinfrastruktur allgemein	
max. SOC Schnellladen	%	80%
Ladewirkungsgrad	%	88%
	Ladeinfrastruktur Verfügbarkeit	
zu Hause privat, zu Hause halböff., Arbeit privat, Arbeit halböff., Einkaufen privat, Einkaufen halböff., Einkaufen öff.	%	100%
zu Hause öff., Arbeit öff.	%	0%
Sonstiges privat, Sonstiges halböff., Sonstiges öff.	%	30%
	Ladeinfrastruktur Ladeleistung	
zu Hause privat, zu Hause halböff., Arbeit privat, Arbeit halböff., Einkaufen privat, Sonstiges privat,	kW	11
zu Hause öff., Arbeit öff., Einkaufen halböff., Einkaufen öff., Sonstiges halböff., Sonstiges öff..	kW	22
Schnell	kW	150
	Ladeinfrastruktur Preise	
zu Hause privat	€/kWh	0.41
zu Hause halböff., zu Hause öff., Arbeit öff., Einkaufen öff., Sonstiges privat, Sonstiges halböff., Sonstiges öff.	€/kWh	0.43
Arbeit privat, Arbeit halböff., Einkaufen privat, Einkaufen halböff.	€/kWh	0.20
Schnell	€/kWh	0.57

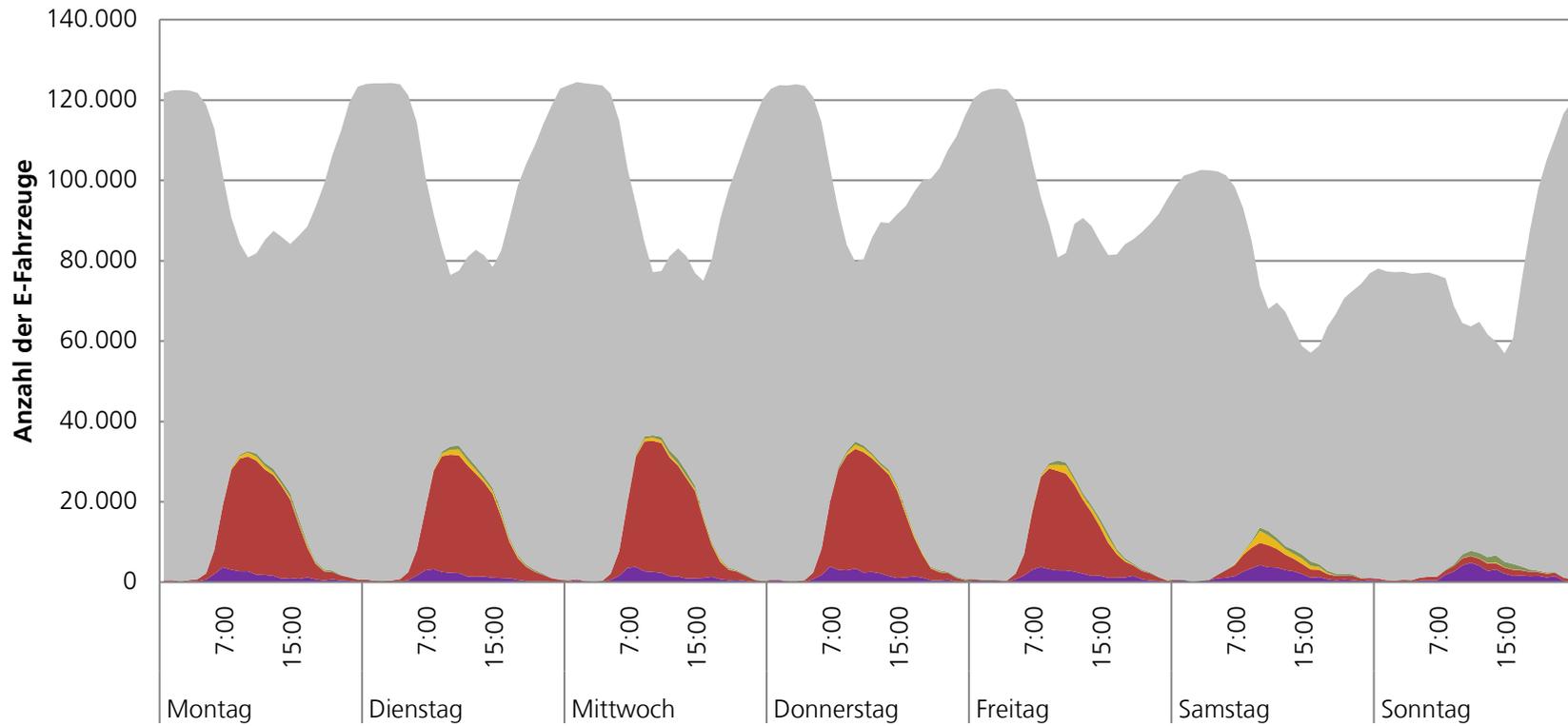
Analyse

Die in Tabelle 3-6 und Tabelle 3-7 beschriebenen Annahmen erlauben nun den Einsatz des Modells. Daraus hervorgegangene Ergebnisse werden in diesem Abschnitt präsentiert und diskutiert. Der Fokus liegt dabei auf der Belegung von Ladepunkten, der Nutzung von Ladepunkten, der zeitgleich angeschlossenen Leistung durch E-Fahrzeuge sowie dem Energiebezug durch Ladevorgänge.

Ladepunkte werden bei Parkvorgängen häufig über die eigentliche Ladedauer hinaus belegt. Während dieser Zeit können diese Ladepunkte nicht von anderen E-Fahrzeugen genutzt werden. In Abbildung 3-33 ist die Belegung von Ladeinfrastruktur differenziert nach Ladeorten im Wochenverlauf dargestellt. Dabei zeigt sich, dass vor allem private Ladepunkte zu Hause über Nacht belegt sind. Tagsüber, wenn viele Personen unterwegs oder bei der Arbeit sind, sind weniger als halb so viele E-Fahrzeuge mit einem privaten Ladepunkt zu Hause verbunden. Es zeigt sich, dass die Anzahl zum Laden angeschlossener E-Fahrzeuge stark von den jeweiligen Pkw-Nutzungsprofilen abhängen. Gleichzeitig bleibt aber ein Großteil der Fahrzeuge auch regelmäßig an einem privaten Stellplatz zuhause mit dem Stromnetz verbunden. Damit ergeben sich Potentiale zur Entlastung des Versorgungsnetzes durch ein flexibles Lademanagement.

Abbildung 3-33: Belegung der Ladeinfrastruktur nach Ladeorten im Wochenverlauf. Der größte Teil der belegten Ladeinfrastruktur (zu Hause) wird in dem unteren Diagramm gesondert ausgewiesen.

Belegung der Ladeinfrastruktur nach Ladeorten im Wochenverlauf



Legende

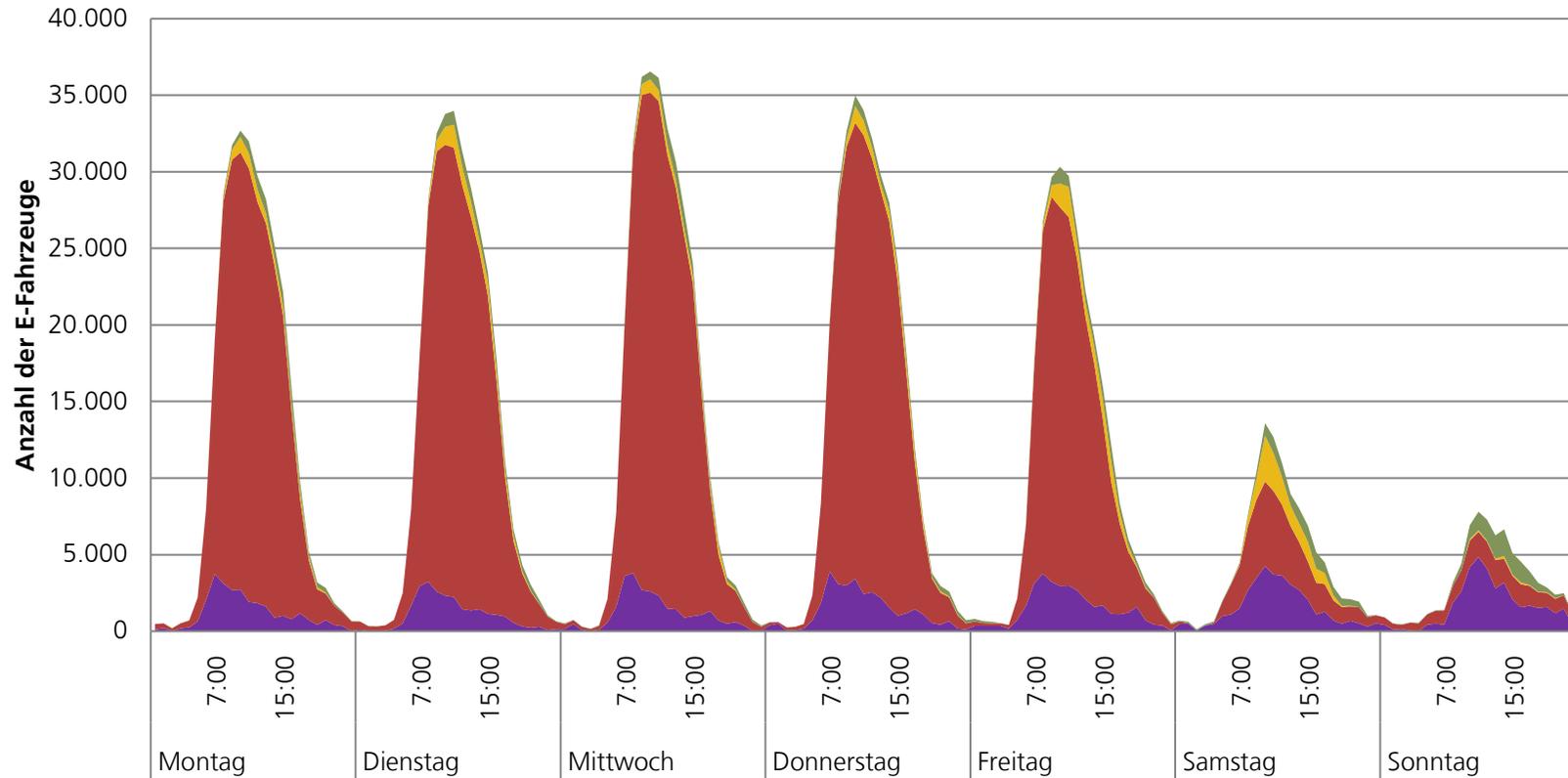
- Zu Hause
- Sonstiges
- Einkaufen
- Arbeit
- Schnell

Wie oben beschrieben, werden Ladepunkte häufig über die eigentliche Ladedauer hinaus belegt. Da die Effizienz von öffentlicher Ladeinfrastruktur maßgeblich von dem Verhältnis von tatsächlich genutzter Ladeinfrastruktur zu belegter Ladeinfrastruktur abhängt, sollte sichergestellt werden, dass öffentliche Ladepunkte nicht zu lange über den Ladevorgang hinaus belegt werden. In Abbildung 3-34 ist die Belegung und in Abbildung 3-35 ist die Nutzung der Ladeinfrastruktur dargestellt³⁵. Belegung sowie Ladevorgänge richten sich im Wesentlichen nach der Arbeitswoche mit deutlich weniger Auslastung am Wochenende. Zu Spitzenzeiten wird an etwa 2/3 der belegten Ladepunkte tatsächlich geladen.

³⁵ Ladevorgänge zu Hause werden hier ausgeblendet

Abbildung 3-34: Belegung der Ladeinfrastruktur nach Ladeorten im Wochenverlauf.

Belegung der Ladeinfrastruktur nach Ladeorten im Wochenverlauf (ohne zu Hause)

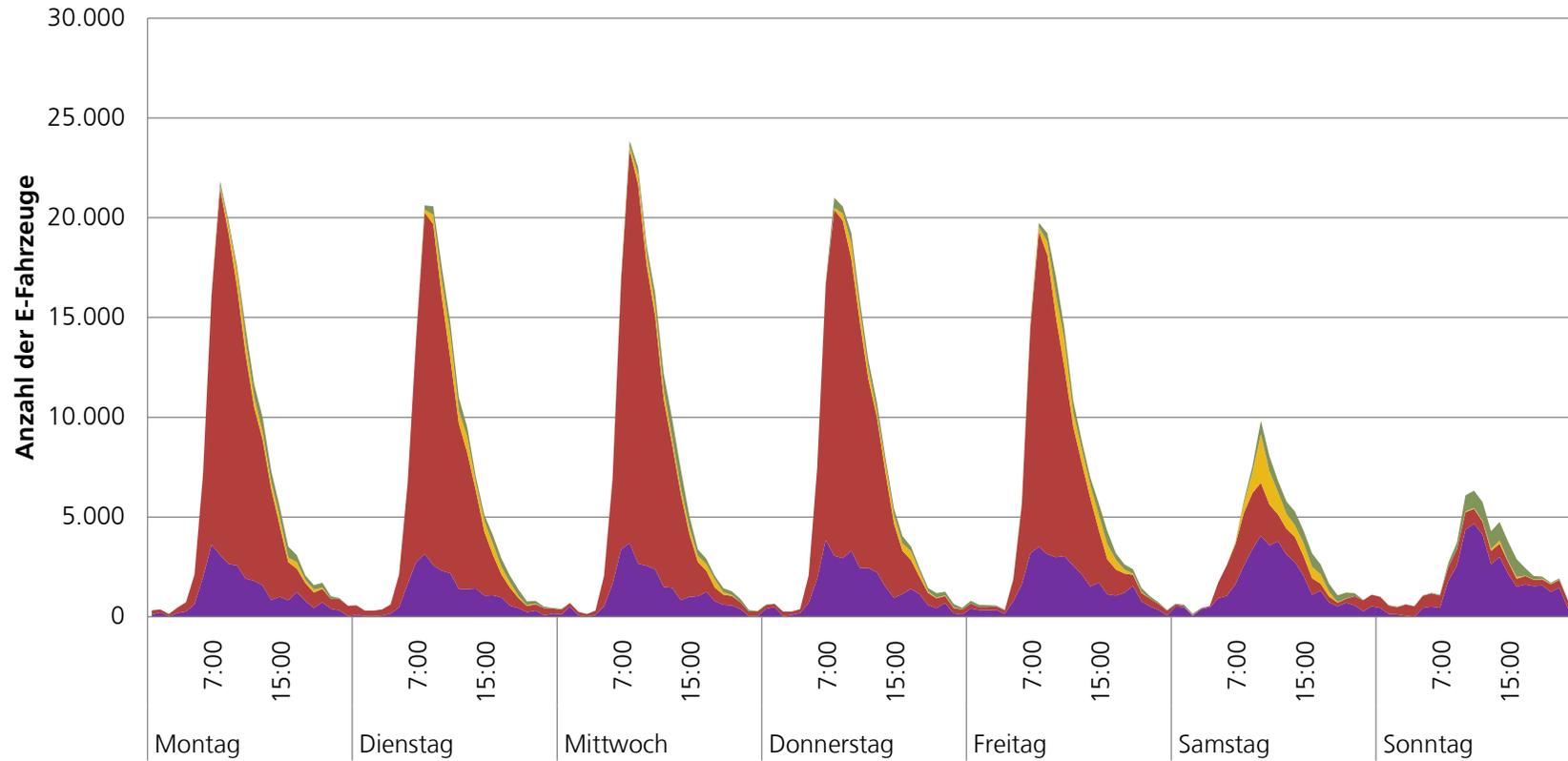


Legende

- Zu Hause
- Sonstiges
- Einkauf
- Arbeit
- Schnell

Abbildung 3-35: Ladevorgänge nach Ladeorten im Wochenverlauf.

Ladevorgänge nach Ladeorten im Wochenverlauf (ohne zu Hause)



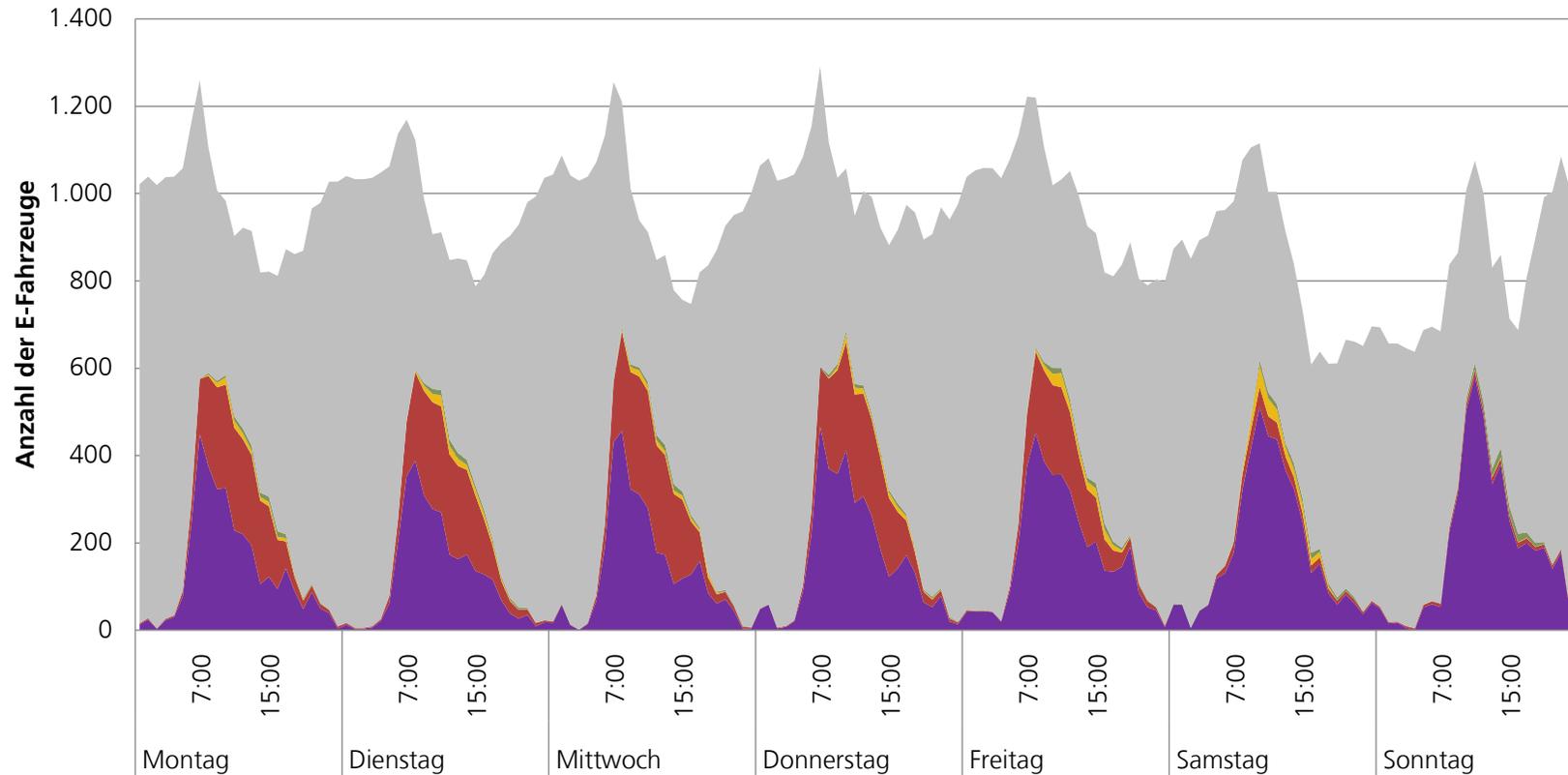
Legende

- Zu Hause
- Sonstiges
- Einkaufen
- Arbeit
- Schnell

Um den Einfluss auf das Energiesystem untersuchen zu können, muss zusätzlich die entsprechende Ladeleistung berücksichtigt werden. In Abbildung 3-36 und Abbildung 3-37 sind die angeschlossene Leistung und die bezogene Energie im Wochenverlauf abgebildet. Die angeschlossene Leistung (Abbildung 3-36) kann zur Analyse von Potentialen zu gesteuertem Laden oder Vehicle-to-Grid herangezogen werden. Der Energiebezug (Abbildung 3-37) kann zur Planung von Erzeugungskapazitäten genutzt werden. Hier wird deutlich, dass unflexible Schnellladevorgänge einen großen Anteil des Energiebezugs ausmachen. Zwar können Ladepunkte, wie oben beschrieben effizienter genutzt werden, wenn diese nach der Ladung nicht länger belegt werden. Für ein flexibles, netzdienliches Laden oder Vehicle-to-Grid gilt aber ein umgekehrtes Verhältnis. Bei der Planung von Ladeinfrastruktur sollte demnach darauf geachtet werden, einen guten Mix zwischen Ladeangeboten an typischen Parkplätzen und Schnellladepunkte an Hauptverkehrsachsen zu finden.

Abbildung 3-36: angeschlossene Leistung nach Ladeorten im Wochenverlauf

angeschlossene Leistung durch Belegung von Ladestationen nach Ladeorten im Wochenverlauf

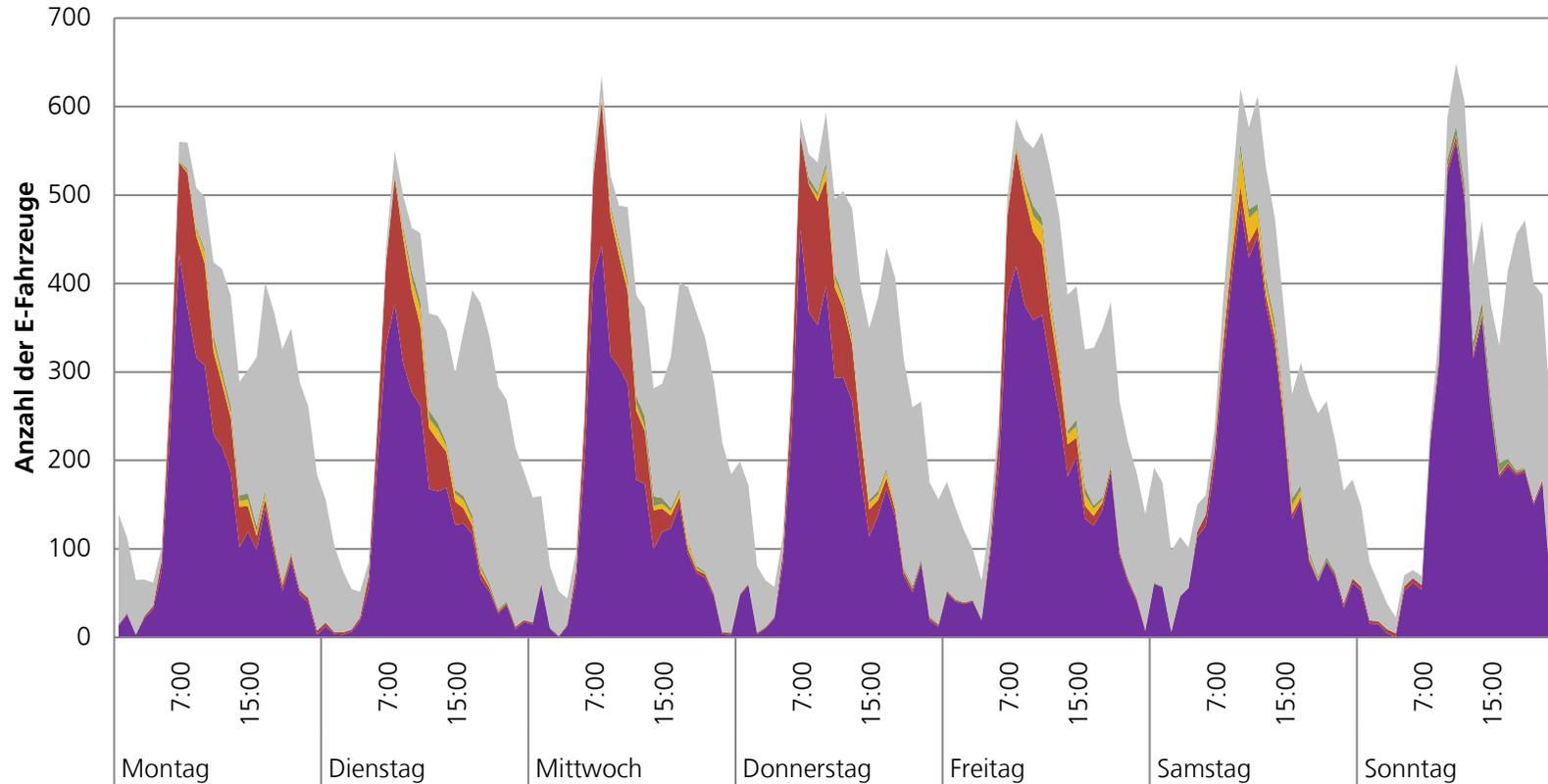


Legende

- Zu Hause
- Sonstiges
- Einkaufen
- Arbeit
- Schnell

Abbildung 3-37: bezogene Energie nach Ladeorten im Wochenverlauf

Energiebezug durch Ladevorgänge nach Ladeorten im Wochenverlauf



Legende

- Zu Hause
- Sonstiges
- Einkaufen
- Arbeit
- Schnell

Durch die Analyse mit CURRENT konnte die zeitliche Verteilung des Ladebedarfs in Niedersachsen quantifiziert werden. Es hat sich gezeigt, dass der Ladebedarf bzw. die Belegung von Ladeinfrastruktur stark von den Bewegungsmustern der Fahrzeuge abhängt. Weiterhin konnte ein großes Potential für flexibles Laden oder Vehicle-to-Grid auf privaten Stellplätzen zu Hause identifiziert werden. Um netzdienliches Laden zu fördern, sollte ein gesunder Mix aus normaler und schnellladefähiger Infrastruktur angestrebt werden. Es empfiehlt sich Schnellladeinfrastruktur im Wesentlichen an den Hauptverkehrsachsen aufzubauen. Für die Verortung der Ladeinfrastruktur, wird im nächsten Abschnitt eine geographische Analyse durchgeführt.

3.2.2.2. Ladeinfrastruktur Standpunkte: Analyse mittels Standort-TOOL

Vorstellung

Zusätzlich zu den Ergebnissen der CURRENT Analyse wird das StandortTOOL (<https://www.standorttool.de/>) genutzt, um ortsgebundene spezifische Informationen zur Nachfrage nach Ladeinfrastruktur zu präsentieren (Unterarbeitspaket 3). Das StandortTOOL wurde im Auftrag des BMVI und der NOW GmbH entwickelt.

Der Überblick über bereits existierende Ladeinfrastruktur wird mithilfe des StandortTOOLS ergänzt, zudem werden räumliche Aspekte, soweit möglich, mithilfe des StandortTOOLS analysiert und teilregional differenziert die Potentiale für benötigte Ladeinfrastruktur in Niedersachsen untersucht. Des Weiteren weist das StandortTOOL den zukünftigen Bedarf an Ladepunkten aus, wobei neben bestehender Ladeinfrastruktur auch Verkehrsströme, soziökonomische Daten und Fahrzeugzahlen berücksichtigt werden. Somit werden sowohl CURRENT als auch das StandortTOOL zur Erfassung und Charakterisierung des Bedarfs an Ladeinfrastruktur eingesetzt, wobei durch das StandortTOOL Prognosen für spezifische Regionen modelliert werden können. Das Vorgehen wird auf der Seite des StandortTOOLS³⁶ wie folgt beschrieben: Das Potenzial für benötigte Ladeinfrastruktur wird auf Grundlage der aktuell vorhandenen Verkehrsinfrastruktur, sowie des Fahrzeug- und Ladeinfrastrukturbestands berechnet und berücksichtigt zudem Daten über das Mobilitätsverhalten der Nutzer*innen. Es werden verschiedene Indikatorgruppen verwendet, um (potenzielle) Nutzer*innen alternativer Kraftstoffe und ihr Mobilitätsverhalten zu beschreiben und räumlich zu verorten. Die Datengrundlage für das StandortTOOL setzt sich aus Informationen zu Raumstrukturen und -analysen, Verteilung von Fahrzeugen, bereits existierender Infrastruktur für alternative Kraftstoffe sowie Daten zu Verkehrsinfrastrukturen zusammen. Der Prozess verläuft in vier Schritten. Zuerst findet eine Flächenanalyse statt, in der Gebäude und Verkehrsnetze typisiert werden. Zweitens wird die Fahrzeugflotte betrachtet, die alternative Kraftstoffe nutzt. Drittens wird der Fahrzeugbestand elektrifiziert und verortet. Zuletzt wird der Fahrzeugbestand mit dem Ladeverhalten der Nutzer*innen, Standzeiten und Fahrtzweck verknüpft.

Vorgehen

Das StandortTOOL gibt Informationen über den kurz- und mittelfristigen (Jahre 2022 und 2030) Bedarf an zusätzlicher Ladeinfrastruktur für die gesamte Bundesrepublik. Der prognostizierte Bedarf wird in neun farblichen Stufen angegeben, wobei die erste Stufe (1/9, grün) einen geringen und die letzte Stufe (9/9, pink) einen hohen zusätzlichen Bedarf an Ladeinfrastruktur beschreibt. Für die Berechnung künftiger Bedarfe lassen sich für die beiden unterschiedlichen Prognosejahre folgende Eingangsgrößen modifizieren (Tabelle 3-8).

³⁶ <https://www.standorttool.de/strom/methodik-daten/>

Tabelle 3-8. Modifizierbare Eingangsgrößen im StandortTOOL

Eingangsgröße	Prognose für 2022	Prognose für 2030
Anzahl EV (Mio.)	0,5 – 1,3 In 0,1er Schritten	3 – 10 In 1,0er Schritten
Ladeleistung (kW)	<=22; <=40; <=100; >100	
Anteil privates Laden (%)	60; 75; 85; 95	

Grundsätzlich können zum Einfluss der Einflussgrößen auf den zusätzlichen Ladebedarf in den Prognosen folgende Tendenzen festgehalten werden:

- Umso **größer** die Anzahl der EVs, desto **größer** der zusätzliche Ladebedarf.
- Umso **größer** die Ladeleistung in kW, desto **kleiner** der zusätzliche Ladebedarf.
- Umso **größer** der Anteil privaten Ladens in Prozent, desto **kleiner** der zusätzliche Ladebedarf.

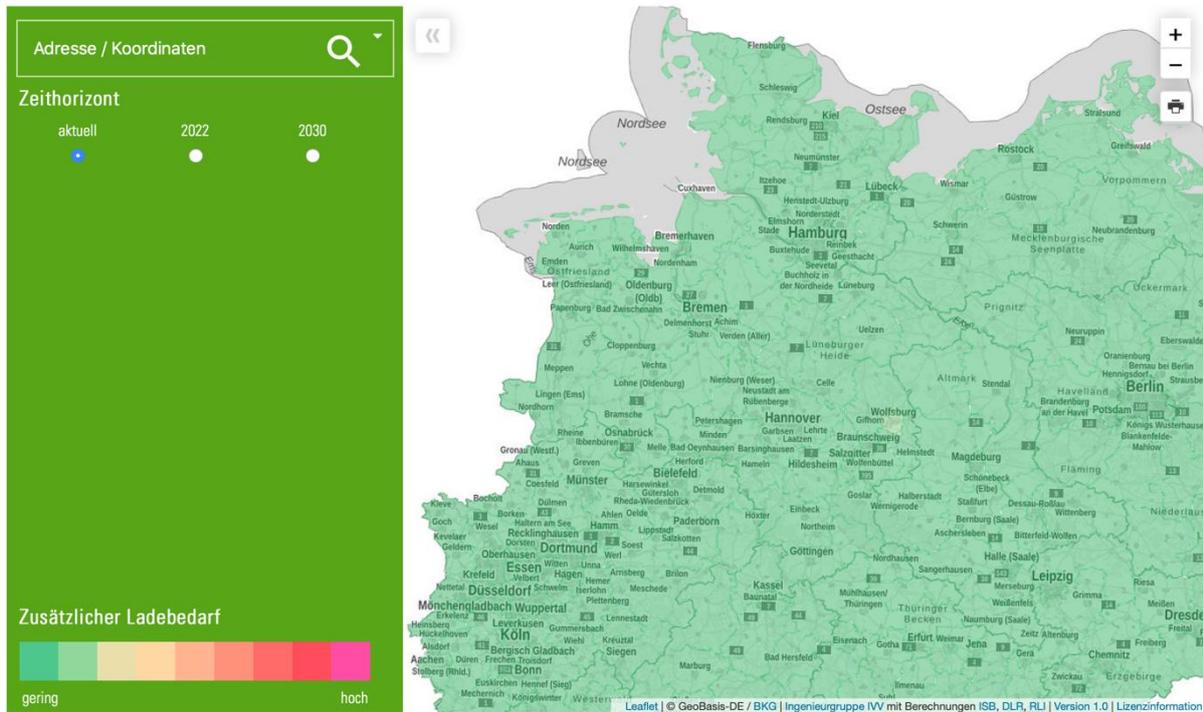
Diese Einstellungen beziehen sich dabei immer auf das gesamte Bundesgebiet - bundeslandspezifisch können die Eingangsgrößen nicht variiert werden. Durch Vergrößerung der Karte können jedoch Regionen (bspw. Landkreise) ausgewählt und ihre Ladebedarfe genauer betrachtet werden. Zwar werden die Annahmen der Anzahl an EVs, der Ladeleistung und des Anteils privaten Ladens somit für Deutschland insgesamt getroffen, differenzierte Ladebedarfe ergeben sich jedoch durch die Berücksichtigung regionaler Besonderheiten innerhalb des StandortTOOLS. Für dieses Arbeitspaket wird ausschließlich der Bedarf des Bundeslands Niedersachsen untersucht.

Für die hier angestrebte Untersuchung werden folgende Einstellungen vorgenommen. Für das Prognosejahr Jahre 2022 beträgt die optimistische Anzahl an Elektrofahrzeugen 1,0 Mio., die Ladeleistung <= 100 kW und der Anteil privaten Ladens 85 %. Das entspricht den (deutschlandweiten) Standardeinstellungen. Für das Prognosejahr 2030 weicht die Anzahl der EVs von der (deutschlandweiten) Standardeinstellung (6 Mio.) ab und wird auf den Annahmen der NPM auf 10 Mio. gesetzt. Da 10 % der EVs in Niedersachsen zugelassen sind, ergibt sich somit ein bundeslandspezifischer Wert von 1 Mio. EVs in Niedersachsen. Die beiden anderen Werte zu Ladeleistung und privatem Ladeanteil bleiben wie im Jahr 2022.

Ergebnisse

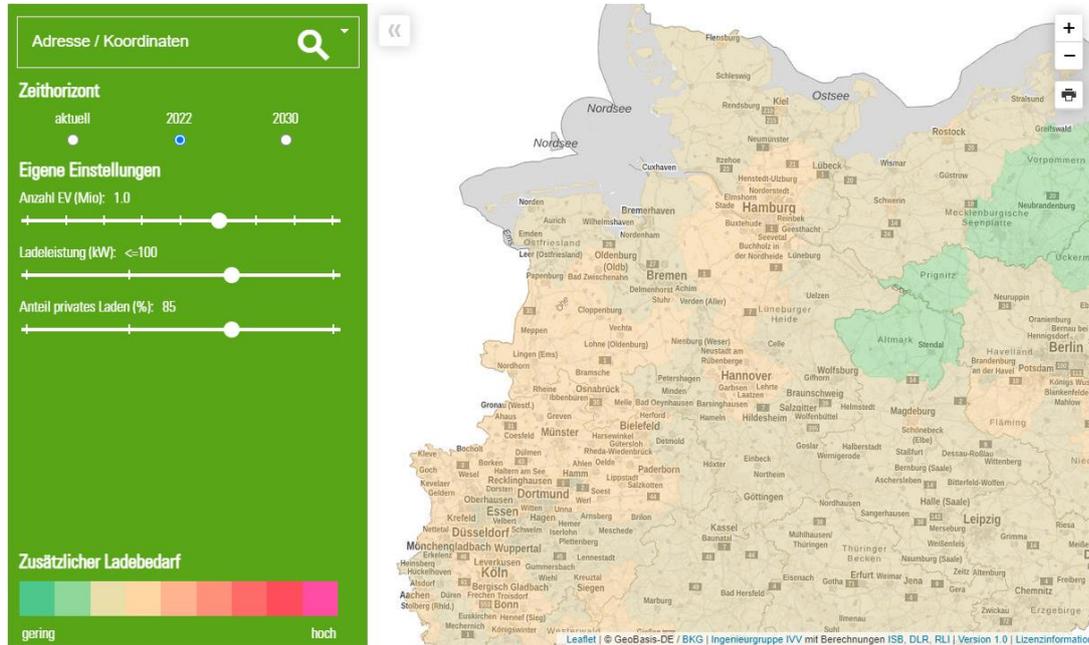
Der aktuelle Bedarf an Ladeinfrastruktur in Niedersachsen wird als relativ gering eingestuft (Stufe 2/9; Abbildung 3-38). Lediglich die Kreisfreie Stadt Wolfsburg gibt einen etwas gesteigerten Ladebedarf an (Stufe 3/9).

Abbildung 3-38: Ladebedarfe Niedersachsen, aktuell, Quelle: <https://www.standort-tool.de/strom/ausbaupotenzial/>



Der kurzfristige Bedarf für 2022 (Abbildung 3-39) mit den dort abgebildeten zusätzlichen Ladebedarfen zeigt eine Aufteilung in zwei Stufen (3-4/9). Dabei zeigt sich vor allem an der westlichen Grenze zu den Niederlanden sowie um die Städte Osnabrück, Hannover und Oldenburg, genauso wie süd-westlich von Hamburg ein vergleichsweise erhöhter Ladebedarf (Stufe 4/9). An der Küste im Norden, sowie im Süd-Osten des Bundeslandes und um die Städte Bremen, Wolfsburg, Braunschweig und Göttingen wird ein geringerer Ladebedarf (Stufe 3/9) prognostiziert. Somit ist der Bedarf in stärker verdichteten Räumen etwas höher als in weniger verdichteten Räumen.

Abbildung 3-39: Ladebedarfe Niedersachsen, Prognose für 2022, Quelle: <https://www.standort-tool.de/strom/ausbaupotenzial/>

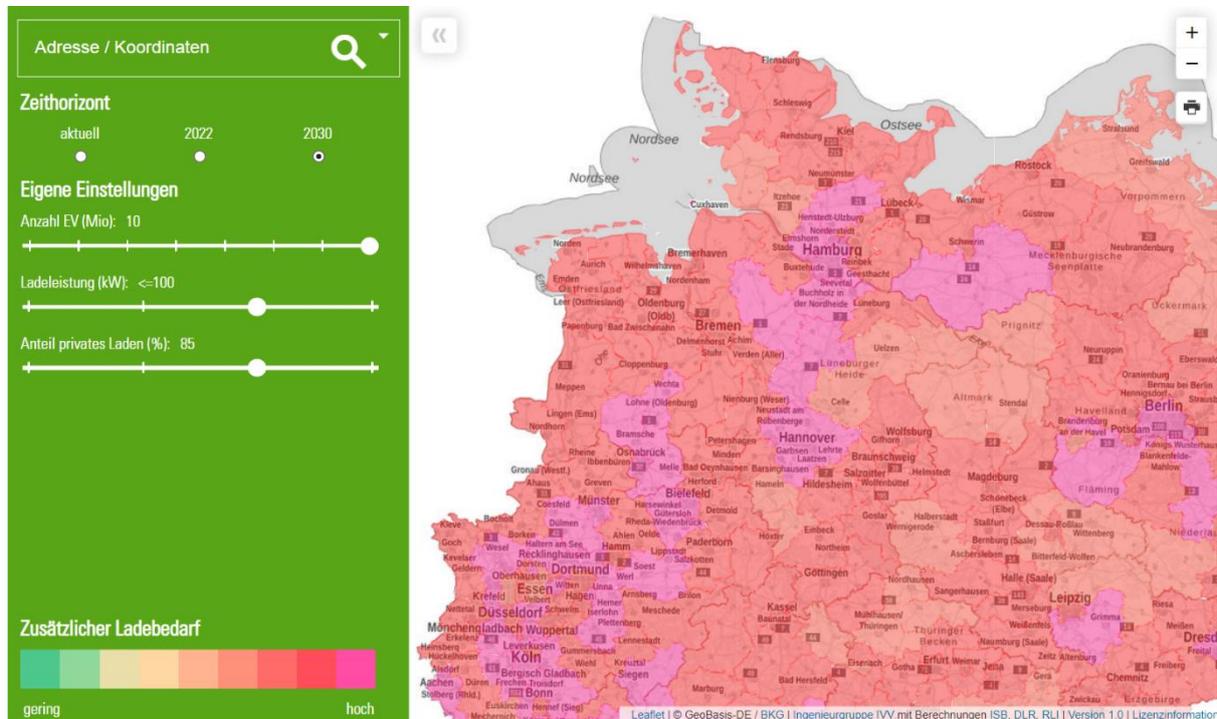


Es ist allerdings auch möglich, die Grundparameter beliebig zu verändern. Wird die Anzahl der EVs auf 500.000 für 2022 verringert (bei konstanter Ladeleistung und konstantem privatem Laden), so verringert sich der Ladebedarf, zumeist um eine Stufe.

Visualisiert man den Anstieg deutscher EVs auf 1,3 Mio. bis 2022, so nimmt der Bedarf im gesamten Bundesland zu (Stufe 4/9). Ausnahmen bilden der Landkreis Vechta und Grafschaft Bentheim sowie die Kreisfreie Stadt Oldenburg, welche einen höheren Ladebedarf aufweisen.

Für den mittelfristigen Bedarf im Jahre 2030 ist die Prognose deutlich verändert (Abbildung 3-40). Der zusätzliche Ladebedarf steigt für das gesamte Bundesland stark an und verteilt sich nun mehrheitlich über die drei höchsten Stufen (7-9/9). Einige Landkreise weisen nun den höchsten Ladebedarf (9/9) auf. Dazu zählen etwa die Region um Osnabrück, um Hannover und südlich von Hamburg. Lediglich südwestlich und nordöstlich von Hannover finden sich noch wenige Landkreise, die die Stufe 7/9 aufweisen. Im restlichen Bundesland wird hingegen ein nahezu maximaler Bedarf (Stufe 8/9) an zusätzlicher Ladeinfrastruktur prognostiziert.

Abbildung 3-40. Ladebedarfe Niedersachsen, Prognose 2030, Quelle: <https://www.standort-tool.de/strom/ausbaupotenzial/>



Wird in der Prognose für 2030 die Gesamtzahl der deutschen EVs verringert, so besteht v.a. eine Konzentration des erhöhten Ladebedarfs auf die Landkreise Osnabrück, Hannover und südlich von Hamburg (Stufe 7/9) und kein bundesweit erhöhter Ladebedarf.

3.2.2.3. Fazit

Teil des Projektes NeueWege war eine Betrachtung der bestehenden Ladeinfrastruktur in Niedersachsen und der Analyse der sich (bis 2022 bzw. 2030) entwickelnden Ladenachfrage. Hierfür wurde primär mit zwei Werkzeugen gearbeitet, CURRENT und dem StandortTOOL.

Für die Untersuchung des Ladebedarfs von 1 Mio. E-Fahrzeuge in Niedersachsen im Jahr 2030 wurde das DLR Modell CURRENT verwendet. Die Grundlage für die Analyse bildeten die oben aufgeführten Annahmen, die bereits für andere Projekte mit dem Zieljahr 2030 genutzt wurden. Wesentliches Ergebnis der Untersuchung ist, dass beim Aufbau öffentlicher Ladeinfrastruktur ein Mittelweg zwischen effizienter und netzdienlicher Ladeinfrastruktur gefunden werden muss.

Von prognostischem Wert waren die Analysen des Ladebedarfs innerhalb des StandortTOOLS, die für 2022 und 2030 vorgenommen und auf den aktuellen Ladebedarf rückbezogen wurden. Dabei wurde überwiegend mit den Standardeinstellungen für Deutschland gearbeitet, regionale Besonderheiten wurden im StandortTOOL berücksichtigt, wodurch die Analyse spezifisch für Niedersachsen durchgeführt werden konnte. Relevant zu bemerken ist, dass sich zusätzliche Ladebedarfe aufgrund der zu Beginn von Abschnitt 3.2.2.2 erläuterten, regional verschiedenen Ausgangsbedingungen, oftmals zunächst besonders in stärker verdichteten Landkreisen zeigen.

3.3. Wirtschaftsverkehr

Bisher lag der Fokus auf dem Personentransport, besonders dem MIV, da dieser für eine Vielzahl an Umweltauswirkungen innerhalb des Transportsektors verantwortlich ist. Die meisten CO₂ Emissionen entstehen durch den Personenverkehr, was den starken Fokus auf diesen Verkehrsbereich in dem Gutachten begründet. Auch aufgrund der Datengrundlage (MiD) wird die intensive Analyse des Personenverkehrs nachvollziehbar. Es ist dennoch wichtig, einen weiteren Sektor des Transportsektors zu beleuchten: den Wirtschaftsverkehr. Der Gesamtverkehr kann in privaten, öffentlichen und Wirtschaftsverkehr untergliedert werden³⁷. Allgemein lässt sich festhalten, dass der Wirtschaftsverkehr Ortsveränderungsprozesse von Gütern, Personen und Nachrichten bezeichnet, die zu geschäftlichen, gemeinwirtschaftlichen oder dienstlichen Zwecken stattfinden. Unter Wirtschaftsverkehr werden Güterwirtschaftsverkehr, Dienstleistungsverkehr mit Waren sowie Nutz- oder Geschäftsverkehr subsumiert. Der Güterwirtschaftsverkehr bezeichnet dabei den reinen Gütertransport, u.a. mit Lastwagen oder Bahn. Der Dienstleistungsverkehr ist dagegen eine Mischform aus Personen- und Güterwirtschaftsverkehr, ein Beispiel sind Handwerker*innen, die u.a. mit Lieferwägen unterwegs sind. Der Nutz- oder Geschäftsverkehr hingegen stellt den reinen Personentransport zur Ausübung des Berufes (ohne Pendler*innen) dar. Somit dient der Wirtschaftsverkehr immer einem wirtschaftlichen Zweck und beinhaltet Güter-, Fernbus-, Taxi-, Bus- oder Dienstleistungsverkehre (zu Baustellen). In dem vorliegenden Gutachten wird auf den Güterwirtschaftsverkehr fokussiert, da dieser im Vergleich zum Dienstleistungs- und Nutz- oder Geschäftsverkehr quantifizierbar und in Modellen abbildbar ist.

In diesem Abschnitt erfolgt eine grobe Übersicht zu kritischen Aspekten innerhalb dieses Transportbereichs, mit Schwerpunkt auf Jahresfahrleistung oder dem Modal Split. Angesichts des relativ geringen Beitrags durch den Wirtschaftsverkehr wird dieser Bereich allerdings nicht in der nachfolgenden Energieanalyse berücksichtigt.

Dieses Unterkapitel konsultiert die aktuelle Jahresfahrleistung und den Modal Split des Güterverkehrs³⁸ für Deutschland aus Ergebnissen des Umweltbundesamtes (UBA) und der Allianz pro Schiene für das Jahr 2018 (2019). Die Angaben hängen jeweils von der Aktualität der verfügbaren Daten ab, daher ist der Stichtag variabel. Die Darstellung erfolgt in dieser Reihenfolge: Jahresfahrleistung und Modal Split.

Jahresfahrleistung 2018

Die Güterverkehrsleistung hat in Deutschland in den letzten Jahrzehnten einen gewaltigen Zuwachs erfahren. Dieser Zuwachs ging jedoch vor allem zu Ungunsten der umweltfreundlicheren Verkehrsträger Bahn und Binnenschiff³⁹. In 1980 war deren Anteil noch in etwa mit dem des Straßengüterverkehrs vergleichbar, ist aber seitdem stetig zurückgegangen. Währenddessen hat sich der Luftverkehrsaufwand seit 1991 auf 1,6 Milliarden Tonnenkilometer vervierfacht. Seit 2009 nimmt der Verkehrsaufwand bei fast allen Verkehrsträgern wieder zu. Bis 2019 stieg die Verkehrsleistung des Schienenverkehrs um fast 39%, bei Rohrfernleitungen um 10,7%, beim Straßengüterverkehr um 20% und beim Luftverkehr um 22,7%. Bei der Binnenschiffahrt jedoch sank die Verkehrsleistung seit 2009 um 8,3%.

³⁷ Vgl. für eine detaillierte Übersicht https://www.rapp.ch/sites/default/files/uploads/documents/201610-strasse_verkehr_wirtschaftsverkehr.pdf

³⁸ Auf die genauen Dokumente wird im jeweiligen Abschnitt verwiesen.

³⁹ UBA (2020): Fahrleistung, Verkehrsaufwand und „Modal Split“. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#guterverkehr>

Destatis stellt zum Güterverkehrsaufwand eine tabellarische Darstellung zur Verfügung, die dessen Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträger aufteilt (Tabelle 3-9).⁴⁰

Tabelle 3-9: Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträger – Stichtag: 11. November 2020 (X = Tabellenfach gesperrt, weil Aussage nicht sinnvoll. ... = Angabe fällt später an.)

Jahr	Insgesamt	Davon					
		Eisenbahnverkehr	Straßenverkehr	Binnenschifffahrt	Seeverkehr	Rohöl-Rohrleitungen	Luftverkehr
Beförderungsmenge in 1.000 t							
2019	...	411.457	...	205.114	209.233	85.127	4.772
2018	4.726.810	402.269	3.746.600	197.904	290.621	84.481	4.935
Beförderungsleistung in Millionen Tonnenkilometer							
2019	...	129.083	...	50.945	X	17.649	1.587
2018	702.662	129.990	506.900	46.901	X	17.234	1.637

Das KBA hingegen bezieht sich lediglich auf den Straßengüterverkehr in Deutschland 2019⁴¹ sowie eine bundesweite Unterteilung der Be- und Entladegebiete nach Bundesland in Gütergewicht und Beförderungsleistung deutscher Lastkraftfahrzeuge im Jahr 2019 (Tabelle 3-10 und Tabelle 3-11).⁴²

Tabelle 3-10: Jahresfahrleistung in 1.000 km im Jahr 2019 – Stichtag: 16. Juli 2020

Jahr	Insgesamt	Davon		
		Lkw bis 3,5 t zGM	Lkw über 3,5 bis 7,5 t zGM	Lkw über 7,5 t zGM
2019	67.284.358	51.318.456	4.020.121	11.945.781

⁴⁰ Destatis (2020): Güterverkehr. Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträger. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-lr.html>

⁴¹ KBA (2020a): Verkehr in Zahlen. Inländerfahrleistung, Jahresfahrleistung nach Fahrzeugart für das Jahr 2019. https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_inhalt.html?nn=2351604

⁴² KBA (2020b): Gütergewicht und Beförderungsleistung im Gesamtverkehr im Jahr 2019. https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/deutscherLastkraftfahrzeuge/vd_Verkehrsaufkommen/vd_verkehrsaufkommen_archiv/2019/2019_vd1_gesamt.html?nn=2351604

Tabelle 3-11: Gesamtverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge im Jahr 2019 nach Gebiet der Beziehungsweise Entladung sowie Versand und Empfang (Ausschnitt, Insgesamt und Niedersachsen)

Gebiet der Be- bzw. Entladung	Versand aus dem Gebiet in 1.000t	Veränderungen gegenüber 2018 in %	Empfang in dem Gebiet in 1.000t	Versand aus dem Gebiet in Mio. tkm	Veränderungen gegenüber 2018 in %	Empfang in dem Gebiet in Mio. tkm	Veränderungen gegenüber 2018 in %
Niedersachsen	345.640,4	+3,2	345.483,5	33.858,6	/	33.163,9	/
Insgesamt In-land	3.151.838,1	/	3.134.015,2	293.065,6	-1,2	287.873,6	-1,2
Ausland	56.358,4	-6,2	74.181,4	18.803,2	-6,1	23.995,1	-5,6

Modal Split 2018

Für den Modal Split gibt es verschiedene Quellen. Während sich Statista auf den europäischen Raum konzentriert und der Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung (BGL)⁴³ lediglich Daten von 2014 zur Verfügung stellt, sind die Angaben der Allianz pro Schiene⁴⁴ am aktuellsten, beinhalten jedoch nicht den Luftverkehr. In dem hier vorliegenden Gutachten werden die Daten zur Güterverkehrsleistung nach Verkehrsmitteln des Umweltbundesamtes verwendet⁴⁵, wobei das UBA die Daten aus dem Standardwerk *Verkehr in Zahlen* bezieht⁴⁶. Es wird der Modal Split für 2014 und 2019 präsentiert (Abbildung 3-41 und Abbildung 3-42), um die Entwicklungen über einen Zeitraum von fünf Jahren aufzuzeigen. Dabei wird für Rohrfernleitungen nur Rohöl betrachtet, der Luftverkehr ist aufgrund seines geringen Anteils beinahe nicht abbildbar.

⁴³ BGL (2016): Modal-Split im Güterverkehr 2014 nach Tonnenkilometern. https://www.bgl-ev.de/images/daten/verkehr/modalsplittkm_tabelle.pdf

⁴⁴ Allianz pro Schiene (2020): Güterverkehr. Die Marktanteile der Verkehrsträger im Güterverkehr. <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/gueterverkehr/marktanteile/>

⁴⁵ <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#güterverkehr>

⁴⁶ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/verkehr-in-zahlen.html>

Abbildung 3-41: Modal Split des Güterverkehrs in Deutschland im Jahr 2014, basierend auf Daten des UBA

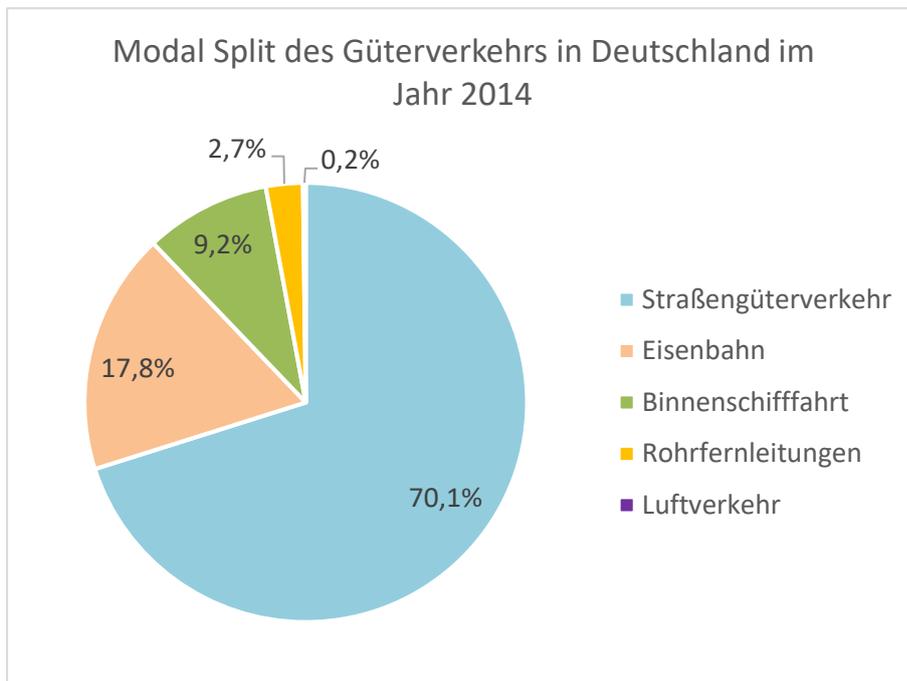
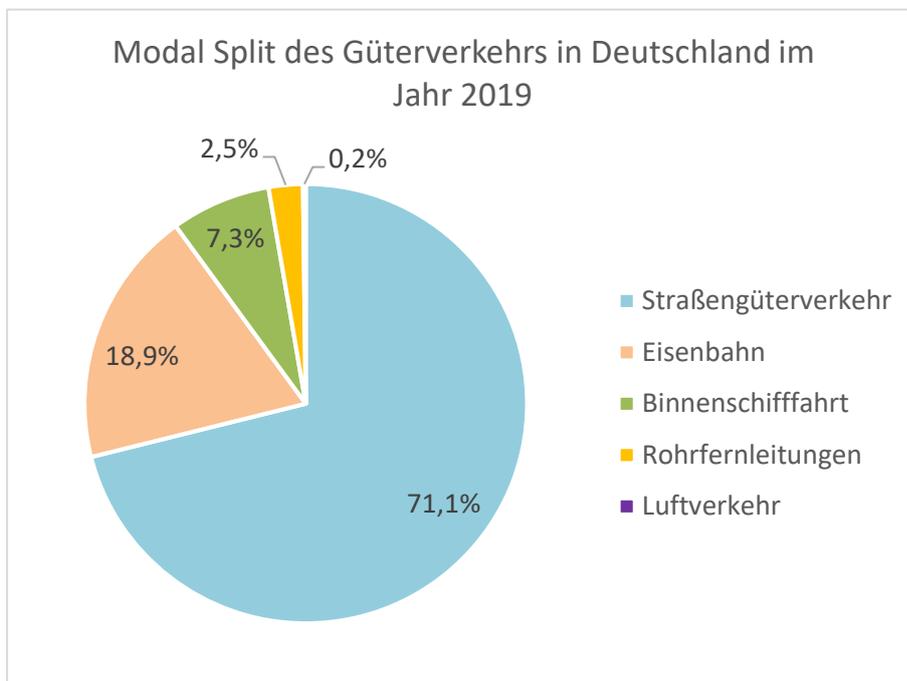


Abbildung 3-42: Modal Split des Güterverkehrs in Deutschland im Jahr 2019, Daten des UBA



3.4. Zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage

Die zukünftige Umweltbilanz des Verkehrs hängt maßgeblich davon ab, wie sich die Verkehrsnachfrage im Personenverkehr entwickelt. Im Rahmen des mehrjährigen Projekts

Verkehrsentwicklung und Umwelt (VEU) des DLR wurden umfassende Analysen der verschiedenen Determinanten der Verkehrsentwicklung und deren gegenseitigen Abhängigkeiten durchgeführt. Basierend auf diesem Prozess wurden drei Verkehrsszenarien einer möglichen zukünftigen Entwicklung abgeleitet. Im ersten Unterkapitel werden die Methodik und die drei Szenarien vorgestellt. Die Ergebnisse des Projekts VEU werden im nächsten Schritt als Grundlage für die Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung in Niedersachsen genutzt. Diese bildet zusammen mit Annahmen zur Verteilung der Pkw-Fahrleistung nach Antriebsarten die Ausgangsbasis für die Energieanalysen des Mobilitätssektors in Kapitel 4.

3.4.1. Zugrundeliegende Verkehrsszenarien

Im Rahmen des Projekts VEU wurden verschiedene zukünftige Entwicklungspfade des Verkehrssystems unter ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Gesichtspunkten analysiert.⁴⁷ Insbesondere wurden dabei die Wirkungen auf Mobilitätsverhalten und Umwelt (Lärm, Luftqualität, Wetter und Klima) beleuchtet.

Durch einen qualitativen Szenario-Prozess konnten drei explorative Szenarien ausgewählt werden, die nachfolgend zusammengefasst und in ihren Eigenschaften beschrieben werden. Ein Szenario-Prozess ist ein explorativer Prozess⁴⁸, bei dem sich sukzessive von einer Sammlung wichtiger Einflussfaktoren für die Mobilitätssysteme der Zukunft der konkreten Ausgestaltung von verschiedenen Entwicklungspfaden genähert wird. Zunächst wurden in einem strukturierten Brainstorming-Prozess Variablen gesammelt und mittels einer Impact-Uncertainty-Analyse auf solche eingegrenzt, die einen vermuteten signifikanten Einfluss auf das Verkehrssystem der Zukunft haben (Deskriptoren). In dem qualitativen Szenarioprozess des VEU-Projektes wurden zunächst 13 kritische Deskriptoren ausgewählt und einer Deskriptorenanalyse unterzogen. In einem Folgeschritt wurden denkbare Ausprägungen der Deskriptoren in Projektionen für die Zieljahre 2030 und 2040 definiert. In anschließenden Analyseschritten wurden die Deskriptoren untereinander in Beziehung gesetzt und Interdependenzen identifiziert. Mit Hilfe einer Cross-Impact-Analyse wurden dann systematisch die Konsistenzen der Projektionen-Kombinationen analysiert. Daraus resultieren verschiedene in sich konsistente Entwicklungspfade, aus denen die VEU-Szenarien ausgewählt wurden. Erst nach diesem Schritt taucht der Szenario-Prozess in die Details von einzelnen Politikmaßnahmen und Entwicklungen ein und arbeitet diese quantitativ für die Modellierung auf. Zusammengefasst wurden also die ausgewählten Distraktoren einer Distraktorenanalyse unterzogen, wobei wiederum die Ergebnisse dieser Analyse die Auswahl dreier Szenarien begründeten, die anschließend zur Quantifizierung und Modellierung genutzt wurden. Die drei auf diese Weise entwickelten Szenarien heißen „Geregelter Ruck“, „Freies Spiel“ und „Referenz Szenario“. Hierbei soll die Unterscheidung zwischen Szenarien und Prognosen betont werden.⁴⁹ Als Grundprinzip

⁴⁷ Quelle: Stefan Seum, Christian Winkler, Tobias Kuhnimhof, Simone Ehrenberger, Internationales Verkehrswesen (71) 2, 2019, Verkehr und seine Umweltwirkungen, Szenarien für Deutschland 2040, Seiten 49-53

⁴⁸ Quelle: Stefan Seum, Mirko Goletz, Tobias Kuhnimhof, Internationales Verkehrswesen (69) 1, 2017, Verkehrsforschung am DLR – Mobil in Deutschland 2040, Teil 1: Der methodische Szenario-Ansatz im Projekt Verkehrsentwicklung und Umwelt, Seiten 60-63

⁴⁹ Die Erarbeitung von Szenarien ist ein wesentliches Instrument zur Beschreibung möglicher Entwicklungen, einschließlich verkehrlicher Entwicklungen. Im Gegensatz zu Prognosen versuchen Szenarien nicht, eine möglichst realistische, auf den Kenntnissen des Status-Quo basierende Extrapolation des heutigen Zustandes in die Zukunft abzubilden. Stattdessen beschreiben Szenarien sowohl eine zukünftige Situation als auch die Entwicklung bzw. Darstellung des Weges, der aus dem Heute in die Zukunft hineinführt (Wilson 1978: 5; v. Reibnitz 1992: 14). In VEU wird für die Konstruktion der Kontext-Szenarien eine weitgehend explorative Vorgehensweise gewählt, d.h. es werden unterschiedliche hypothetische Entwicklungspfade beschrieben und ihre Auswirkungen adressiert. Dabei sollen diese Pfade denkbare und plausible Wege aufzeigen, wie ein Verkehrssystem der Zukunft aussehen kann, das den Transport von Personen und Gütern sicherstellt.

aller Szenarien wird angenommen, dass die aktuellen, in Deutschland und Europa bestehenden politischen Systeme, fortbestehen und folglich die dargestellten Entwicklungen jeweils gesellschaftlich unterstützt werden.

Im Folgenden werden die drei Szenarien kurz umschrieben.⁵⁰ Das Szenario *Geregelter Ruck – die Energiewendegewinner* bildet ein Verkehrssystem ab, welches durch Steuerungs- und Entwicklungsimpulse aus Politik, Gesellschaft und Technologie besonders umwelt- und ressourcenschonend gestaltet ist. Hierbei bewiesen sich die Politikentscheidungen rückblickend als richtige Weichenstellungen angesichts der zunehmenden Verknappung fossiler Ressourcen. Dahingegen zeigt das Szenario *Freies Spiel – Wohlfahrt nach Marktkräften* eine Entwicklung des Verkehrssystems auf, die von schwacher Priorisierung des Umweltschutzes und von geringen regulatorischen Steuerungsimpulsen für mehr Umwelt- und Ressourceneffizienz im Verkehrssektor gekennzeichnet ist. Vor dem Hintergrund ausreichend verfügbarer fossiler Ressourcen erwiesen sich die Politikentscheidungen rückblickend als die logische und richtige Wahl. Das *Referenz Szenario – moderate Fortsetzung der Trends* stellt eine Verkehrsentwicklung unter Fortschreibung der zu beobachtenden Trends dar, ohne dass signifikante, vom heutigen „Mainstream“ abweichende Impulse von Politik, Gesellschaft und Technologie ausgehen.

Die Ergebnisse der auf diesen drei Szenarien beruhenden Verkehrsnachfrageberechnungen sind in den nachfolgenden Tabellen zusammenfassend dargestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Modellergebnisse ist der Publikation Seum, Winkler, Kuhnimhof & Ehrenberger (2019)⁵¹ zu entnehmen. Tabelle 3-12 bezieht sich auf die Verkehrsnachfrage in Bezug auf die Gesamtpersonenverkehrsleistung. Dabei zeigen sich bei der Personenverkehrsleistung deutliche Unterschiede zwischen dem Szenario geregelter Ruck verglichen mit den beiden Szenarien Freies Spiel und Referenz. Bei der Betrachtung der Güterverkehrsleistung weisen alle drei Szenarien einen deutlichen Anstieg über die Zeit auf (Tabelle 3-13). In Tabelle 3-14 wird dagegen der Anteil der Fahrleistungen nach Antriebsarten beleuchtet und zudem beachtet, inwieweit Strom aus dem Stromnetz zur Bewältigung der elektrischen Fahrleistung genutzt wird. Auch hierbei gibt es relevante Unterschiede zwischen den drei Szenarien.

⁵⁰ für eine detailliertere Beschreibung siehe Quelle: Stefan Seum, Mirko Goletz, Tobias Kuhnimhof, Internationales Verkehrswesen (69) 2, 2017, Verkehrsforschung am DLR – Mobil in Deutschland 2040, Teil 2: Die Szenarien des VEU-Projektes, Seiten 78-81

⁵¹ Quelle: Stefan Seum, Christian Winkler, Tobias Kuhnimhof, Simone Ehrenberger, Internationales Verkehrswesen (71) 2, 2019, Verkehr und seine Umweltwirkungen, Szenarien für Deutschland 2040, Seiten 49-53

Tabelle 3-12: Entwicklung der Personenverkehrsleistung in den VEU Szenarien (Millionen Personen-km pro Jahr)

		Basis 2010	2030	2040	Veränderung 2040 gg. 2010
Referenz Szenario	Fuß & Rad	67.874	68.659	68.516	0,9 %
	PKW	923.366	1.001.071	1.015.195	9,9 %
	Car-Sharing		-	-	
	ÖV	154.027	164.482	167.570	8,8 %
	Summe	1.145.268	1.234.212	1.251.282	9,3 %
Freies Spiel Szenario	Fuß & Rad		65.798	64.522	-4,9 %
	PKW		1.033.473	1.034.983	12,1 %
	Car-Sharing		-	-	
	ÖV		148.587	144.759	-6,0 %
	Summe	1.145.268	1.247.857	1.244.264	8,6 %
Geregelter Ruck Szenario	Fuß & Rad		77.608	77.051	13,5 %
	PKW		878.960	837.862	-9,3 %
	Car-Sharing		7.499	11.338	NA
	ÖV		213.340	226.748	47,2 %
	Summe	1.145.268	1.177.407	1.152.998	0,7 %

Tabelle 3-13: Entwicklung der Güterverkehrsleistung in den VEU Szenarien (Millionen Tonnen-km pro Jahr)

		Basis 2010	2030	2040	Veränderung 2040 gg. 2010
Referenz Szenario	LKW	437.841	602.012	695.191	58,8 %
	Bahn	107.600	139.200	146.900	36,5 %
	Binnenschiff	62.300	74.500	79.800	28,1 %
	Summe	607.741	815.712	921.891	51,7 %
Freies Spiel Szenario	LKW		607.301	697.358	59,3 %
	Bahn		139.700	151.000	40,3 %
	Binnenschiff		80.400	86.800	39,3 %
	Summe	607.741	827.401	935.158	53,9 %
Geregelter Ruck Szenario	LKW		580.333	649.377	48,3 %
	Bahn		182.900	206.300	91,7 %
	Binnenschiff		77.500	79.200	27,1 %
	Summe	607.741	840.733	934.877	53,8 %

Tabelle 3-14: Entwicklung der Fahrleistung von Pkw und Lkw nach Energieträgern (Milliarden Fahrzeugkm pro Jahr), PV = Personenverkehr, GV = Güterverkehr⁵²

		Basis 2010	2030	2040	Veränderung 2040 gg. 2010
Referenz-Szenario	PV-Benzin	360,0	374,7	390,2	8,4 %
	PV-Diesel	259,7	280,6	226,7	-12,7 %
	PV-Gas	0,2	5,7	4,2	
	PV-Strom	-	30,6	74,4	
	PV-H ₂	-	-	-	
	GV-Diesel	101,7	163,0	173,2	70,3 %
	GV-Gas	-	6,7	7,2	
	GV-Strom	-	12,5	23,8	
	GV-H ₂	-	-	-	
	Summe	721,6	873,8	899,7	24,7 %
Szenario Freies Spiel	PV-Benzin		398,2	500,0	38,9 %
	PV-Diesel		295,2	197,5	-24,0 %
	PV-Gas		7,4	8,9	
	PV-Strom		5,3	0,6	
	PV-H ₂		-	-	
	GV-Diesel		131,4	105,4	3,7 %
	GV-Gas		38,5	73,6	
	GV-Strom		6,1	14,4	
	GV-H ₂	-	-	-	
	Summe	721,6	882,1	900,4	24,8 %
Szenario Geregelter Ruck	PV-Benzin		372,6	325,8	-9,5 %
	PV-Diesel		146,0	62,4	-76,0 %
	PV-Gas		6,0	4,9	
	PV-Strom		30,3	159,8	
	PV-H ₂		1,6	12,3	
	GV-Diesel		139,4	88,3	-13,2 %
	GV-Gas		13,4	7,1	
	GV-Strom		30,3	102,3	
	GV-H ₂		0,2	2,9	
	Summe	721,6	739,7	765,7	6,1 %

3.4.2. Annahmen zur Entwicklung der Pkw-Fahrleistung in Niedersachsen

Wie hoch der Bedarf an erneuerbaren Energien im Mobilitätssektor in Zukunft ausfällt, hängt maßgeblich von zwei Faktoren ab: der Entwicklung der Pkw-Fahrleistung und deren Verteilung nach Antriebsarten. Für beide Faktoren wird nachfolgend eine Abschätzung für die Jahre 2030 und 2050 vorgenommen. Bei der Ableitung der zukünftigen Entwicklung der niedersächsischen Pkw-Fahrleistung wird das zuvor beschriebene Referenz-Szenario für Deutschland zugrunde

⁵² Quelle: Stefan Seum, Christian Winkler, Tobias Kuhnimhof, Simone Ehrenberger, Internationales Verkehrswesen (71) 2, 2019, Verkehr und seine Umweltwirkungen, Szenarien für Deutschland 2040, Seiten 49-53

gelegt. Anschließend werden Annahmen zu deren Verteilung nach Antriebsarten getroffen. Da die Werte für die im nächsten Kapitel stattfindende Energieanalyse auf Ebene von Landkreisen vorliegen muss, bedarf es zunächst ein Verfahren für die kleinräumige Umlegung der Pkw-Fahrleistung für das Ausgangsjahr 2017.

Berechnung der Pkw-Fahrleistung in Niedersachsen für das Ausgangsjahr 2017

Die Studie Mobilität in Deutschland bietet eine gute Grundlage für die Ermittlung der Pkw-Fahrleistung für das Ausgangsjahr 2017. Danach wurden 187 Mio. Personenkilometer in Niedersachsen mit dem Pkw als Fahrer*in zurückgelegt (vgl. 3.1.3). Dieser Wert kann gleichgesetzt werden mit der Pkw-Fahrleistung. Da die räumliche Tiefe der Originärdaten der MiD auf der Ebene von Raumtypen innerhalb eines Bundeslandes endet, wurde für die Bereitstellung der Werte für Kreise folgende Berechnungsmethode gewählt:

Im Rahmen des MiD-Projekts wurden mit Hilfe des Small Area Verfahrens regionale Werte für grundlegende Mobilitätskennwerte ermittelt⁵³. Dabei handelt es sich um ein regionalstatistisches Schätzverfahren, das für Gebiete (hier Kreise), in denen es keine oder nur wenige Beobachtungen gibt, Kennwerte aus Gebieten mit ähnlichen Merkmalen ableitet. Bundesweit stehen so für jeden Kreis Kennwerte für die durchschnittliche Tagesstrecke und den Anteil der verschiedenen Verkehrsmittel zur Verfügung. Im Rahmen des vorliegenden Projekts wurde nur der mit dem Pkw als Fahrer*in zurückgelegte Anteil der Tagesstrecke berücksichtigt. Multipliziert mit der Einwohner*innenzahl sowie einem Korrekturfaktor, der sich aus der Abweichung des Gesamtwertes für Niedersachsen auf Basis der Originärdaten und der Summe der kleinräumig bestimmten Werte ergibt, konnte so pro Kreis in Niedersachsen die insgesamt an einem Tag zurückgelegte Pkw-Fahrleistung für das Ausgangsjahr 2017 bestimmt werden.

Berechnung der Pkw-Fahrleistung in Niedersachsen für die Jahre 2030 und 2050

Auf Grundlage der im Projekt VEU für Deutschland berechneten Pkw-Verkehrsleistung für die Jahre 2010, 2030 und 2040 (vgl. Tabelle 3-12) wurde zunächst die jährliche Wachstumsrate für die Zeit von 2010 bis 2030 berechnet. Diese wurde genutzt, um die Pkw-Verkehrsleistung der niedersächsischen Kreise vom Jahr 2017 bis zum Jahr 2030 fortzuschreiben. Da im Rahmen des Projekts VEU umfangreiche Analysen der Weiterentwicklung im Verkehr durchgeführt wurden, basiert die Fortschreibung damit auch für Niedersachsen auf einer fundierten Grundlage. Analog dazu wurde die Wachstumsrate in VEU von 2030 bis 2040 ermittelt und bei der Fortschreibung der niedersächsischen Werte auf Kreisebene vom Jahr 2030 bis zum Jahr 2050 angewendet.

Nach dieser Berechnung nimmt die Pkw-Verkehrsleistung in den niedersächsischen Kreisen von 2017 bis 2030 um 5,4 Prozent zu. Dies entspricht einer deutlichen Abschwächung des bisherigen Verkehrswachstums. Die Daten der MiD ergeben für die Zeit von 2002 bis 2017 eine Zunahme der Pkw-Verkehrsleistung von 24 Prozent (vgl. Kapitel 3.1.3). Nach dem Jahr 2030 wird im VEU Referenz-Szenario von einem nochmals langsameren Wachstum ausgegangen. Auf Niedersachsen angewendet ergibt sich ein Wachstum der Verkehrsleistung von 2030 bis 2050 um 2,8 Prozent. Auch im VEU-Referenzszenario, das von einer moderaten Fortschreibung bisheriger Trends ohne größere Veränderungsimpulse ausgeht, kommt es damit zu einer Abschwächung der

⁵³ Bäumer, Marcus; Hautzinger, Heinz; Pfeiffer, Manfred (2018): Mobilität in Deutschland 2017: Regionalisierung von MiD-Ergebnissen – Small Area-Methode zur Schätzung von Verkehrskennzahlen in kleinräumiger Gliederung. <http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2017.html>

infas, DLR, IVT und infas 360 (2019): Mobilität in Deutschland - Ergebnisse der regionalstatistischen Schätzung (im Auftrag des BMVI). <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/mobilitaet-in-deutschland.html>

bisherigen Wachstumsdynamik. Aufgrund des bereits sehr hohen Ausgangsniveaus jedoch auch ein geringeres Wachstum eine kritische Entwicklung für das Gesamtsystem dar.

Annahmen zur Verteilung der Pkw-Fahrleistung nach Antriebsarten

Im letzten Schritt wurde eine Verteilung der pro Landkreis in Niedersachsen ermittelten Pkw-Fahrleistung nach Antriebsarten vorgenommen. Auch diese Information war für die nachfolgende Energieanalyse auf dieser kleinräumigen Ebene notwendig. Hierfür werden vereinfachte, wenn auch realistische Annahmen getroffen. Als erstes wird angenommen, dass elektrische Fahrzeuge in ähnlicher Weise wie konventionelle Fahrzeuge genutzt werden⁵⁴. Als Zweites wird der Anteil der Fahrleistung, die im Jahr 2030 durch Elektrofahrzeuge erbracht werden soll, ermittelt. Im Jahr 2020 wurden insgesamt 394.940 Neuwagen (BEV und PHEV) mit elektrischem Antrieb neu zugelassen⁵⁵. Ausgehend von einem stetigen Wachstum an elektrischen Fahrzeugen in Deutschland wird ein zehnfacher Anstieg der von elektrischen Fahrzeugen im Jahr 2030 erbrachten Fahrleistung angenommen. Daraus folgt die Annahme, dass 10% der Fahrleistung in Niedersachsen im Jahr 2030 von elektrischen Fahrzeugen erbracht wird. In der nachfolgenden Tabelle sind die Übergabewerte für die Energieanalyse im Aggregat für Niedersachsen dargestellt.

Tabelle 3-15: Pkw-Fahrleistung und Verteilung nach Antriebsarten in Niedersachsen für die Jahre 2017, 2030 und 2050

	2017	2030	2050
Pkw-Fahrleistung [Mio. Personen-km pro Tag]	187,3	197,4	203,0
Anteil alternativer Antriebe			
Szenario 2030		10% BEV	
Szenario 2050 a			100% BEV
Szenario 2050 b			50% BEV 25% Wasserstoff 25% synth. Kraftstoffe

3.4.3. Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Abschließend werden die mit der Pkw-Fahrleistung verbundenen Treibhausgas-Emissionen berechnet. Dabei wird auf die mit dem Computerprogramm TREMOD (Transport Emission Model) ermittelten Werte zurückgegriffen. Das Programm TREMOD wurde vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (Ifeu gGmbH) im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelt. TREMOD berücksichtigt bei der Abbildung der Emissionen des Personenverkehrs alle Personenverkehrsarten – Zweiräder, Pkw sowie alle Verkehrsmittel des öffentlichen Personennah- und Personenfernverkehr. Für jede Verkehrsart werden die Fahr- und Verkehrsleistung, der Auslastungsgrad, der spezifische Energieverbrauch und der Emissionsfaktor ermittelt. Auf dieser Basis wird eine Gesamtemissionsrechnung für Deutschland durchgeführt. Die Berechnung der spezifischen Schadstoffmengen der einzelnen Verkehrsarten erfolgt anhand des Handbuchs für Emissionsfaktoren (HBEFA). Berücksichtigt werden Stickstoffoxide, Kohlenwasserstoffe, Benzol, Kohlenmonoxid, Partikel, Ammoniak, Distickstoffoxid, Kohlendioxid und Schwefeldioxid. Neben dem

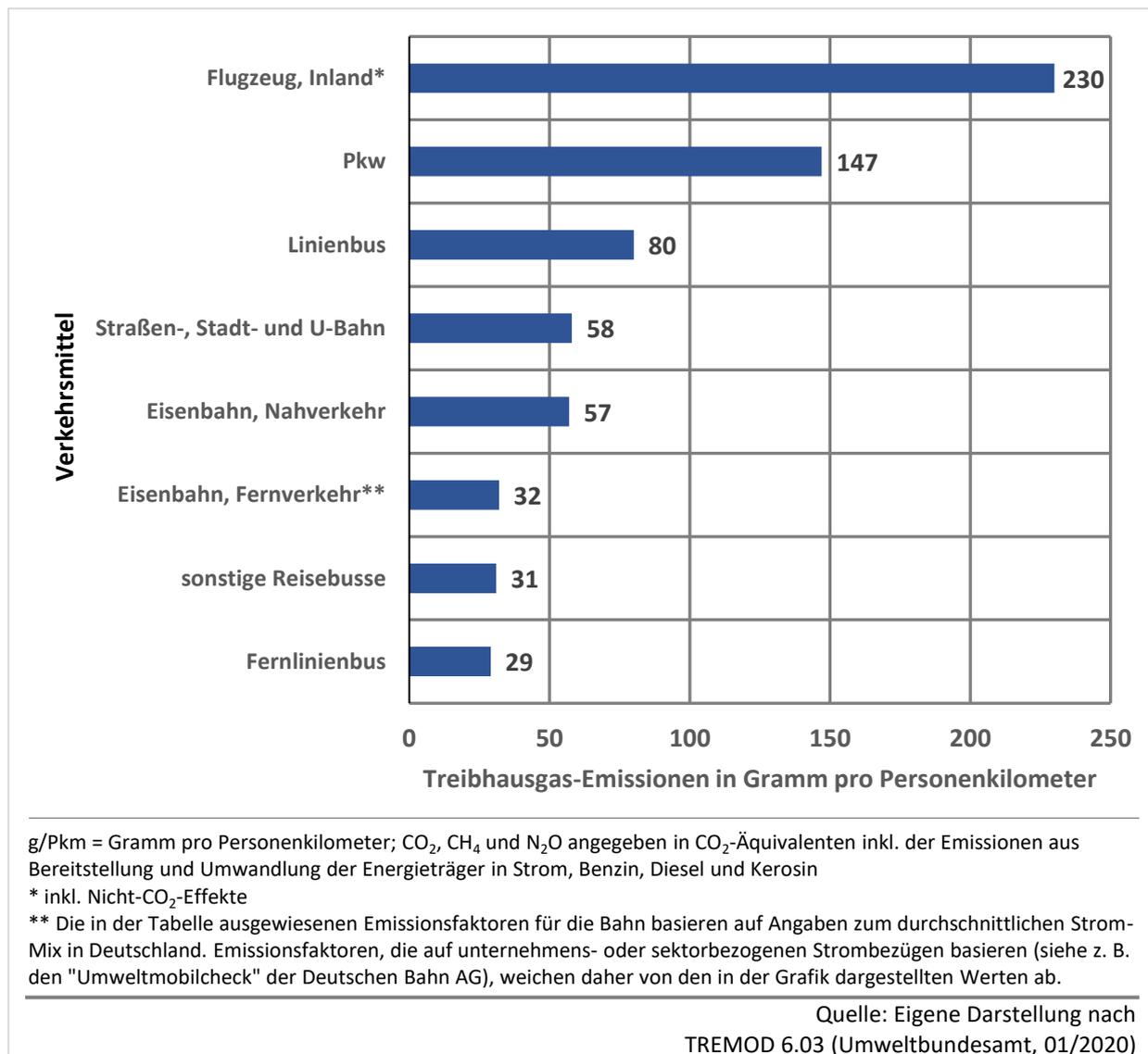
⁵⁴ Wulff et al., Comparing Power-System and User-Oriented Battery Electric Vehicle Charging Representation and Its Implications on Energy System Modeling, *Energies*, 2020, <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/5/1093>

⁵⁵ KBA, Elektromobilität in Deutschland auf der Überholspur, 2020, https://www.kba.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2021/pm_01_2021_E_Antrieb_pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=6

Endenergieverbrauch werden auch die bei der vorgelagerten Prozesskette entstehenden Emissionen berücksichtigt.⁵⁶

Für die vorliegende Berechnung wird der mit TREMOD für Pkw ermittelte Emissionsfaktor genutzt. Dieser beträgt für das Jahr 2018, das dem Analysejahr der Datenrundlage MiD sehr nahe kommt, 147 Gramm pro Personenkilometer (vgl. Abbildung 3-43). Dabei handelt es sich um CO₂-Äquivalente inklusive der Emissionen aus Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger Strom, Benzin und Diesel. Der Berechnung des Wertes mit TREMOD liegt eine empirisch ermittelte durchschnittliche Auslastung von 1,5 Personen pro Pkw zugrunde. Der Wert beinhaltet zudem die im Jahr 2018 gegebene Zusammensetzung der Pkw-Flotte nach Antriebsarten.

Abbildung 3-43: Vergleich der durchschnittlichen Treibhausgas-Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr in Deutschland – Bezugsjahr 2018



Wird die im Projekt für Niedersachsen ermittelte Pkw-Fahrleistung von 187,3 Mio. Personenkilometer (Pkm) pro Tag im Basisjahr 2017 mit dem oben beschriebenen Emissionsfaktor von 147

⁵⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#TREMOD>

g/Pkm multipliziert, ergibt sich eine Gesamtmenge an Treibhausgas-Emissionen von 27.532 Tonnen pro Tag.

Für das Szenario 2030 und die beiden Szenarien 2050 a und 2050 b ergeben sich die folgenden Werte: Unter der Annahme, dass (1) sich der Emissionsfaktor für Pkw durch technische Verbesserungen und Effizienzsteigerungen bis zum Jahr 2030 um 10% reduziert und damit den Wert von 132 g/Pkm erreicht und dass (2) die im Szenario angenommenen 10% Fahrleistung mit elektrischen Fahrzeuge ausschließlich auf Erneuerbare Energien entfallen (Emissionsfaktor = Null), liegen die Treibhausgasemissionen bei 23.504 Tonnen pro Tag. Trotz einer angenommenen Fahrleistungssteigerung von gut 5% bis 2030 würden die Treibhausgas-Emissionen gegenüber dem Ausgangsjahr damit um 15% sinken. Diese Entwicklung reicht jedoch nicht aus, um die angestrebten Klimaziele für Niedersachsen und Deutschland zu erreichen.

In den beiden für das Jahr 2050 angenommenen Szenarien spielen die direkten Treibhausgas-Emissionen bei der Nutzung der Pkw keine Rolle mehr, da von einer ausschließlichen Nutzung erneuerbarer Energien und einem Emissionsfaktor von Null ausgegangen wird. Die Emissionen der Vorkette, d.h. die der eigentlichen Energienutzung vorgelagerten Prozessketten, bleiben hier unberücksichtigt.

Auch wenn langfristig mit einem Rückgang der Emissionen zu rechnen ist, können über die moderaten Veränderungen des zugrunde gelegten Referenzszenarios insbesondere im ersten Teil des betrachteten Zeitraums keine grundlegenden Veränderungen der bisherigen Verkehrsentwicklung erzielt werden. Es werden daher zusätzliche Anstrengungen benötigt, um die gesetzten Klimaziele im Verkehr zu erreichen.

Tabelle 3-16: Treibhausgas-Emissionen in Niedersachsen für die Jahre 2017, 2030 und 2050

Jahr	Pkw-Fahrleistung [Mio. Personen-km pro Tag]	Anteil alternativer Antriebe	Treibhausgas-Emissionen [in Tonnen pro Tag]
2017	187,3		27.532
Szenario 2030	197,4	10% BEV	23.504
Szenario 2050 a	203,0	100% BEV	0
Szenario 2050 b	203,0	50% BEV 25% Wasserstoff 25% synth. Kraftstoffe	0

4. Energieanalyse

4.1. Kurzfassung

Derzeit wird die Energie für den Sektor Mobilität zu ca. 95%⁵⁷ aus fossilen Energiequellen zur Verfügung gestellt. Für eine Umstellung auf Erneuerbare Energiequellen sind entsprechende Erzeugungs- und Speicherkapazitäten aufzubauen und zur Verfügung zu stellen.

Seit 1. Juli 2017 gilt die Verordnung über das zentrale elektronische Verzeichnis energiewirtschaftlicher Daten - Marktstammdatenregisterverordnung ([MaStRV](#))⁵⁸. Die MaStRV regelt, wer sich registrieren muss und welche Einheiten bzw. Anlagen gemeldet werden müssen⁵⁹. Die Novellierung der MaStRV ist am 21.11.2018 in Kraft getreten. Darin wurden Fristen angepasst, die durch den verzögerten Start des MaStR-Webportals notwendig wurden. Bis zum 31. Januar 2021 müssen alle Bestandsanlagen erstmalig registriert werden. Andernfalls soll der*die Netzbetreiber*in die Zahlung für die nicht registrierte Anlage einstellen.

In dem MaStR-Verzeichnis⁶⁰ sind erstmalig Anlagendaten verzeichnet, die es erlauben, den Standort den Landkreisen bzw. kreisfreien Städten bundesweit zuzuordnen. Dies ermöglicht eine Untersuchung der Entwicklung der erneuerbaren Energieanlagen mit örtlichem Bezug. Die Daten des MaStR wurden für diese Studie verwendet und mit den Daten des Verzeichnisses der Agentur für Erneuerbare Energien⁶¹ auf Plausibilität überprüft. Eine abschließende Datenbereinigung des Verzeichnisses ist nur dem*der Netzbetreiber*in möglich, so dass Eintragungsfehler oder Dopplungen nicht ausgeschlossen werden können.

Daten zur derzeitigen Ausgangslage sollten ursprünglich aus dem EE-Monitor des Helmholtz Zentrum für Umweltforschung⁶² bezogen werden. Diese Daten stammen aus einer Studie⁶³, die Datensätze bis 2015 zusammengetragen und aufbereitet hat. Der Datensatz wird derzeit jedoch nicht weiter fortgeführt, weswegen dort keine neueren Ausbauzahlen für Erneuerbare Energie zur Verfügung gestellt werden und dieser Datensatz somit nicht für den Bezug neuer Ausbauzahlen der Erneuerbaren Energien genutzt werden konnte.

⁵⁷ Bundesverband Erneuerbare Energie e.V., Erneuerbare Energie im Mobilitätssektor – Klare Signale für den Klimaschutz, https://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Positionspapiere_Stellungnahmen/BEE/BEE_Positionspapier_Erneuerbare_Energie_im_Mobilit%C3%A4tssektor_25Apr2019.pdf bzw.

Umweltbundesamt, Erneuerbare Energien in Deutschland 2019 – Daten zur Entwicklung im Jahr 2019 – Hintergrundpapier, März 2020, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erneuerbare-energien-in-deutschland-2019>

⁵⁸ <https://www.gesetze-im-internet.de/mastrv/>

⁵⁹ Bundesnetzagentur, 2021, Stand vom 26. Januar 2021, Historie des Marktstammdatenregisters: https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/DatenaustauschundMonitoring/Marktstammdatenregister/Historie/historie-node.html

⁶⁰ Marktstammdatenregister (MaStR): <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

⁶¹ <https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/strom>

⁶² Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Naturschutzfachliches Monitoring des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Strombereich und Entwicklung von Instrumenten zur Verminderung der Beeinträchtigung von Natur und Landschaft <https://www.ufz.de/ee-monitor-app/webgis>

⁶³ Eichhorn, M.; Scheftelowitz, M.; Reichmuth, M.; Lorenz, C.; Louca, K.; Schiffler, A.; Keuneke, R.; Bauschmann, M.; Ponitka, J.; Manske, D.; Thrän, D. Spatial Distribution of Wind Turbines, Photovoltaic Field Systems, Bioenergy, and River Hydro Power Plants in Germany. *Data* 2019, 4, 29. <https://doi.org/10.3390/data4010029>

In der Studie wurden Aufdach- und Freiflächen-Photovoltaik, Onshore und Offshore (flächenanteilig für Niedersachsen im Vergleich zum Bundesgebiet⁶⁴) Windenergie, Wasserkraft und Biomasse berücksichtigt. Für einige Technologien wurden in der vorliegenden Studie Ziele für unterschiedliche Jahre entsprechend politisch definierter Ziele festgelegt. Die Festlegung der Klimaschutzziele in der niedersächsischen Landesverfassung am 09.12.2020 erfolgte nach Definition der dieser Studie zugrundeliegenden Ziele. Anhand des jetzigen Bestandes, angenommenen Jahresvolllaststunden und den Zielen, wurde eine lineare Entwicklung des Zubaus angenommen und entsprechende Zubauraten ermittelt. Es handelt sich bei der Untersuchung um eine reine Bilanzrechnung. Für elektrische Energie wurde der Energiebedarf (auf Landkreisebene) basierend auf der örtlichen Verteilung des demandRegio-Modells⁶⁵ mit Skalierung auf die Energiebilanzen des Länderarbeitskreis Energiebilanzen⁶⁶ festgelegt, da sonst keine Energiebedarfe mit einer Auflösung auf Landkreisebene zur Verfügung standen. Der Energiebedarf berücksichtigt regionale Unterschiede bei industriellen Verbräuchen und zeigt deutlich, dass ein mittelnder Ansatz über die Bevölkerungsdichte regionale Unterschiede verdecken würde. Aufbauend auf der bereits durchgeführten Verkehrsanalyse wird der Mobilitätsbedarf wurde aus den MiD 2017 Daten errechnet (bei ausschließlicher Berücksichtigung der per Pkw gefahrenen km der Personen).

Insgesamt wurden drei Backcasting-Szenarien betrachtet, bei denen ausgehend von den Zielgrößen auf vorangehende Jahre zurückgeschlossen bzw. interpoliert wird. **Szenario 2030** betrachtet das Ziel für Deutschland für 2030⁶⁷ mit mindestens 10 Mio. Fahrzeugen. Für Niedersachsen ist wie in der Verkehrsprognose beschrieben (3.4) ein Anteil berücksichtigt. Gemäß diesem Anteil wurde angenommen, dass die Fahrzeuge mit einem Wirkungsgrad von 15 kWh/100km betrieben werden, womit zukünftigen Entwicklungen Rechnung getragen werden soll. Heute üblich ist ein Durchschnitt von ungefähr 20 kWh/100km. Damit ergibt sich ein Strombedarf von ca. 1,1 TWh/a für die Elektromobilität in 2030. Für **Szenario 2050a** wurde das Ziel von 100% Elektrofahrzeugen in der niedersächsischen Flotte mit einem Wirkungsgrad von 15 kWh/100km angenommen. Der resultierende Strombedarf beträgt ca. 11,1 TWh/a. Im **Szenario 2050b** wurde ebenso eine 100%ige Elektrifizierung des MIV angenommen. Diesmal wurde jedoch angenommen, dass 50% mit BEV zu 15 kWh/100km, 25% mit FCEV⁶⁸ zu 28 kWh/100km und 25% mit synthetischem Kraftstoff zu je 73 kWh/100km betrieben werden. Der resultierende Strombedarf beträgt dann ca. 24,3 TWh/a.

Der vertiefte Blick auf die Bilanzen in 2030 und 2050 zeigt ein Gefälle zwischen dem Nordwesten und dem Südosten Niedersachsens, denn die Verteilung der Überschüsse kommt durch die

⁶⁴ Niedersachsen hat mit einer Fläche von ca. 47.709 km² einen Flächenanteil von ca. 13.3% am gesamten Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit ca. 357.582 km². Dieser Anteil der gesamten offshore Windleistung bzw. Windenergie wurde Niedersachsen in dieser Betrachtung gutgeschrieben.

⁶⁵ Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., DemandRegio – Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen, 1.2017-3.2020, FKZ: 03ET4040A/B/C <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/erzeugung-und-markt/735-demand-regio-harmonisierung-und-entwicklung-von-verfahren-zur-regionalen-und-zeitlichen-aufloesung-von-energienachfragen>

⁶⁶ Länderarbeitskreis Energiebilanzen durch das Statistische Landesamt Bremen, Download Stand: 12.01.2021, <https://www.lak-energiebilanzen.de/ingabe-dynamisch/?a=e900>

⁶⁷ Bundesregierung (2019a): Klimaschutzprogramm 2030, S. 76., Dokumentenname Zuleitungs-exemplar_1916040.docx, Ersteller BMU, Stand 08.10.2019 13:58 <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf>

⁶⁸ Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) sind Wasserstofffahrzeuge, bei denen Wasserstoff in einer Brennstoffzelle zur Energiegewinnung verwendet wird. Alternativ gibt es die Möglichkeit, Wasserstoff in einem Gasverbrennungsmotor zur Erzeugung von Antriebsenergie zu nutzen.

Verteilung erneuerbarer Erzeugungskapazitäten (vgl. auch Abbildung 4-23). Auch bei Betrachtung der Potentiale für Windenergie⁶⁹ (siehe Abbildung 4-40) stellt sich heraus, dass der Nordwesten einen Vorteil hat. Ein Vorteil beim Solarenergiepotential⁷⁰ liegt hingegen eher im Südosten Niedersachsens.

Bei der Bilanzrechnung waren auch die kreisfreien Städte mit hoher Bevölkerungsdichte (bspw. die Region Hannover, Oldenburg, Osnabrück, Braunschweig und Delmenhorst) deutlich zu erkennen. Solch dicht besiedelte Regionen beheimaten eine große Anzahl an Menschen, was zu einem erhöhten Energiebedarf pro Fläche führt. In dicht besiedelten Gebieten stehen weniger Freiflächen für Windenergieanlagen zur Verfügung, daher ist in diesen Regionen der Anteil erneuerbarer Energien stark reduziert. Lediglich durch einen hohen Einsatz von Photovoltaik könnte dieser Umstand etwas kompensiert werden. Insgesamt ist aber zu erwarten, dass in urbanen Gebieten eine vollständige Eigenversorgung mit erneuerbaren Energien eher unwahrscheinlich ist und ein Bilanzausgleich durch Überschüsse aus dem Umland erfolgen muss. Ausnahmen wie Emden mit Wind Onshore oder Oldenburg (Oldb) zeigen Highlights mit erneuerbaren Energien in dicht besiedelten Gebieten auf. Ob sich derartige Erzeugungszentren auch in anderen dicht besiedelten Gebieten darstellen lassen, muss die Zukunft zeigen.

4.2. Ziele

Die Energie für Mobilität wird zukünftig auch wie allgemein alle Energie aus regenerativen Energiequellen bereitgestellt werden müssen, um im Sinne des Klimaschutzes CO₂-Emissionen vermeiden zu können. In dieser Studie wird der aktuelle Stand bei der Erzeugung regenerativer Energien, der elektrischen Lasten (Stromsektor) und der Bedarfe für die Mobilität (Mobilitätssektor) erfasst⁷¹. Abschließend wird daraus eine Abschätzung für zukünftige Szenarien erstellt. Dabei liegt der Fokus auf einer Bewertung mit einer räumlichen Auflösung von Landkreisen und kreisfreien Städten.

4.3. Methodik

Vor diesem Hintergrund wurden folgende Daten für das Referenzjahr 2017 und ausgewählte Szenarien für 2030 und 2050 zusammengetragen:

- Installierte erneuerbare Kapazität, die durch verschiedene Technologien bereitgestellt wird⁷²
- Jahresvolllaststunden der verschiedenen Technologien
- Ziele für die zukünftigen erneuerbaren Kapazitäten

⁶⁹ Global Wind Atlas 3.0, a free, web-based application developed, owned and operated by the Technical University of Denmark (DTU). The Global Wind Atlas 3.0 is released in partnership with the World Bank Group, utilizing data provided by Vortex, using funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://www.globalwindatlas.info/>

⁷⁰ Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info/>

⁷¹ Der Wärmesektor wird bewusst außer Acht gelassen, da der Fokus dieser Studie auf der Mobilität liegt. Auch der Wärmesektor wird zu einem großen Teil elektrifiziert werden müssen, da abgesehen von Strom aus Photovoltaik und Wind nur mehr heimische Bioenergie bzw. Umweltwärme und Wasserstoff bzw. Methan aus regenerativen Energiequellen des Auslands zur Verfügung stehen werden.

⁷² <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht>

- Strombedarf pro Landkreis bzw. Stadt⁷³
- Bevölkerung von Landkreisen und Städten⁷⁴
- Territoriale Größen von Landkreisen und Städten⁷⁵
- Bedarfe für die Mobilität bezogen auf Landkreise bzw. kreisfreie Städte (siehe Verkehrsprognose, 3.4)

Die Ergebnisse sollen in Form von Karten der Region dargestellt werden. In dieser Weise können die elektrischen Verbräuche und Bedarfe der Mobilität mit der regenerativen Energie in Relation gebracht werden.

Um die installierte erneuerbare Kapazität für 2017 zu erhalten, wurde das Marktstammdatenregister ausgewertet⁷⁶, welches zukünftig nach dem Willen des Gesetzgebers das Mittel sein soll, um die Entwicklung regenerativer Energiequellen in Deutschland zu dokumentieren und bisher als einziges Register landkreis aufgelöste Standortdaten enthält. Die Technologien Biomasse, Wind Onshore, Photovoltaik Freifläche, Photovoltaik Aufdach⁷⁷ und Wasserkraft wurden kartiert und dem Landkreis oder der Stadt entsprechend ihrem Standort zugeordnet. Im Bereich Wind Offshore wurde die installierte Kapazität im ganzen Bundesgebiet ausgewertet und eine flächenanteilige Zuordnung der Erzeugung vorgenommen. Das bedeutet, dass dem Land Niedersachsen jener Teil der Offshore-Erzeugung zugerechnet wurde, der dem flächenmäßigen Anteil Niedersachsens am gesamten Bundesgebiet entspricht (ca. 47.709 km² von ca. 357.582 km², d.h. ca. 13,3 Prozent). Damit ergibt sich zwar eine Abweichung von der üblichen statistischen Erfassungsmethodik, die von den Bundesländern und vom Länderarbeitskreis Energiebilanzen genutzt wird und bei der jedem Bundesland jene Menge an Offshore-Windstrom zugerechnet wird, die im jeweiligen Bundesland angelandet wird. Aus Sicht der Gutachter*innen ist dieser abweichende methodische Ansatz in der vorliegenden Untersuchung jedoch vorzuziehen, da er eine bessere Betrachtung der Situation in ganz Deutschland ermöglicht.

Zusätzlich wurde anhand der Daten zur installierten Kapazität eine erzeugte Strommenge geschätzt, indem Jahresvolllaststunden zu Grunde gelegt wurden. Diese entwickeln sich im Laufe der Zeit und sind darüber hinaus auch witterungsabhängig. Dies erhöht die Unsicherheit bei den ermittelten Erträgen.

Um die Entwicklung beim Ausbau der Erneuerbaren Energien abschätzen zu können, wurden die Zielsetzungen des Landes, soweit für den jeweiligen Energieträger festgelegt, (siehe Tabelle 4-1) hinterlegt und ausgehend von 2017 ein linearer Zubau zur Zielerreichung angenommen. Für Biomasse und Wasserkraft wurden keine Ziele definiert und damit kein weiterer Zubau angenommen. Zur Verortung auf die Landkreise wurden die Zubauraten anhand des Ausbaustandes von 2017 aufgeteilt. Dieser Ansatz spiegelt wider, dass in einigen Gebieten bisher kein Zubau erfolgt ist,

⁷³ Stromverbrauch der Haushaltsgroesse, 1990..2060, http://opendata.ffe.de:4000/rpc/v_demandregio_spatial?id_spatial=55

⁷⁴ Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020, Daten aus dem Gemeindeverzeichnis, Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, Gebietsstand: 31.12.2019, Erscheinungsmonat: September 2020 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/04-kreise.html>

⁷⁵ Statistisches Bundesamt (Destatis), 2020, Daten aus dem Gemeindeverzeichnis, Kreisfreie Städte und Landkreise nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, Gebietsstand: 31.12.2019, Erscheinungsmonat: September 2020 <https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/04-kreise.html>

⁷⁶ Das MaStR wurde am 17.11.2020 ausgelesen und dieser Stand im Gutachten ausgewertet.

⁷⁷ Das MaStR ist bei der Bezeichnung der „ENH_SolarLage“ nicht konsistent und der Parameterraum wurde im Laufe der Zeit erweitert. Deshalb wurden als Photovoltaik-Freifläche nur Anlagen registriert, die diesen Eintrag vorweisen. Alle anderen Photovoltaikanlagen wurden den Photovoltaik Aufdachanlagen zugeschrieben.

weil dafür die Bedingungen zum Beispiel in kreisfreien Städten schwieriger sind. Allerdings kann der bisherige Ausbau mit einer derartigen Fortschreibung auch zur Überschreitung von möglichen Ausbaupotentialen führen. Dies wurde im Rahmen der Studie jedoch nicht weiter untersucht. Hier wird es eine Aufgabe der Zukunft sein, positive Entwicklungen weiterhin zu fördern und neue Impulse in Regionen zu fördern, die bisher die Potentiale noch nicht forciert genutzt haben.

Zudem wird der Stromverbrauch anhand der örtlichen Verteilung des demandRegio-Projekts modelliert. Da die Jahresbedarfe des demandRegio-Modells nicht mit den Werten des Länderarbeitskreis Energiebilanzen übereinstimmen, wurden die Landkreiswerte des demandRegio-Modells auf die Gesamtbilanz des Länderarbeitskreis Energiebilanzen umskaliert. Mit dem gleichen Verhältnis wurden die Bedarfe des demandRegio-Modells für die Szenarien in 2030 und 2050 skaliert. Zu beachten ist, dass dem demandRegio-Modell auch Annahmen bezüglich der Bevölkerungszahlentwicklung zugrunde liegen. Diese decken sich nicht notwendigerweise mit den Annahmen zur Mobilitätsentwicklung, konnten aber nicht heraus- oder umgerechnet werden. Der hier skizzierte Energiebedarf stellt lediglich den Energiebedarf für den Stromsektor dar. Der Sektor Wärme wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt. Um aber einen Vergleich der Größenordnungen zu geben, sei hier erwähnt, dass 2017 der Länderarbeitskreis Energiebilanzen für Niedersachsen einen Endenergieverbrauch von 906962 TJ bzw. ca. 252 TWh und einen über Strom gedeckten Teil des Endenergieverbrauchs von 179 551 TJ bzw. ca. 49,9 TWh als ca. einem Fünftel angegeben hat. In diesem Sinne wurden der jährliche Energiebedarf und die geschätzte Stromerzeugung verglichen, um den Fortschritt Richtung 100%-igen Ökostromziel und die Auswirkungen der Elektromobilität auf dessen Erreichung darzustellen.

Den Backcasting-Szenarien liegen folgende Ziele und Jahresvolllaststunden zu Grunde (siehe Tabelle 4-1). Zu beachten ist, dass die Jahresvolllaststunden sich in Entwicklung befinden⁷⁸ und derzeit diese Werte z.B. bei Windkraftanlagen noch nicht erreicht werden, es aber davon ausgegangen wird, dass diese Werte zukünftig erreicht bzw. sogar übertroffen werden können. In Konsequenz können heutige Erträge in der hier vorliegenden Studie von Literaturwerten abweichen.

⁷⁸ Deutsche Windguard, VOLLASTSTUNDEN VONWINDENERGIEANLAGEN AN LAND –ENTWICKLUNG, EINFLÜSSE, AUSWIRKUNGEN, Varel, 05. Oktober 2020, https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_lay-out/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2020/Volllaststunden%20von%20Windenergieanlagen%20an%20Land%202020.pdf

Tabelle 4-1: Ausbaupfade von Niedersachsen und Volllaststunden, welche in dieser Studie berücksichtigt wurden.

Jahr	Werte in GW				Volllaststunden
	2017	2030	2040	2050	2017-2050
Biomasse	2,1	konst.	konst.	konst.	6800 ⁷⁹
Photovoltaik (Aufdach)	2,8	n.d.	n.d.	18	856 ⁸⁰
Photovoltaik (Freifläche)	0,5	5 ⁽¹⁾	10 ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾	932 ⁸¹
Wasserkraft	0,1	konst.	konst.	konst.	3700 ⁸²
Wind Onshore	13,6	20	n.d.	30	2500 ⁸³
Wind Offshore ⁽²⁾	2,3 ⁽³⁾ / 5,387 ⁽⁴⁾	20	40	54 ⁽⁵⁾	4500 ⁸⁴
Summe⁽⁶⁾	19,8	38,7	55,9	72,4	-

⁽¹⁾ Obergrenze für die maximal auf Freiflächen installierbare Photovoltaik-Leistung, ansonsten bislang keine formalen Photovoltaikausbauziele

⁽²⁾ gesamtdeutsche Ziele

⁽³⁾ in Niedersachsen angelandet

⁽⁴⁾ in BRD gesamt angelandet

⁽⁵⁾ Maximales Ausbaupotential für Deutschland

⁽⁶⁾ Wind Offshore flächenanteilig Niedersachsen
n.d. nicht definiert

⁷⁹ Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2016). Anlagen, installierte Leistung, Stromerzeugung, EEG-Auszahlungen, Marktintegration der Erneuerbaren Energien und regionale Verteilung der EEG-Anlagen. Berlin, Februar 2016., Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015). Anlagen, installierte Leistung, Stromerzeugung, EEG-Auszahlungen, Marktintegration der Erneuerbaren Energien und regionale Verteilung der EEG-induzierten Zahlungsströme. Berlin, Mai 2015. https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/bioenergie/auswahl/814-durchschnittliche_ja

⁸⁰ M. Faulstich et. al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050. (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover, 2016), Anhang A, S. 11-15 https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/106468/Szenarien_zur_Energieversorgung_in_Niedersachsen_im_Jahr_2050_-_Gutachten_-_April_2016_.pdf

⁸¹ M. Faulstich et. al., Szenarien zur Energieversorgung in Niedersachsen im Jahr 2050. (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz, Hannover, 2016), Anhang A, S. 11-15 https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/106468/Szenarien_zur_Energieversorgung_in_Niedersachsen_im_Jahr_2050_-_Gutachten_-_April_2016_.pdf

⁸² Länderarbeitskreis (LAK) Energiebilanzen: Energie- und CO2-Bilanzen der Bundesländer. Stand: 5. März 2019, <http://www.lak-energiebilanzen.de>, Abruf: 13. Mai 2019.

Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft: Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken (2015). Anlagen, installierte Leistung, Stromerzeugung, EEG-Auszahlungen, Marktintegration der Erneuerbaren Energien und regionale Verteilung der EEG-induzierten Zahlungsströme. Berlin, Mai 2015.

https://www.foederal-erneuerbar.de/landesinfo/bundesland/Nl/kategorie/wasser/auswahl/840-durchschnittliche_ja/#goto_840

⁸³ Deutsche Windguard, VOLLLASTSTUNDEN VONWINDENERGIEANLAGEN AN LAND –ENTWICKLUNG, EINFLÜSSE, AUSWIRKUNGEN, Varel, 05. Oktober 2020, https://www.windguard.de/veroeffentlichungen.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/veroeffentlichungen/2020/Volllaststunden%20von%20Windenergieanlagen%20an%20Land%202020.pdf

⁸⁴ A. Breitkopf, 18.08.2020, Wind-Volllaststunden nach typischen Standorten für Windenergieanlagen 2018 <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/224720/umfrage/wind-volllaststunden-nach-standorten-fuer-wea/>

Zusätzlich sei an dieser Stelle auf das im Sommer 2020 durch Bundestag und Bundesrat verabschiedete Gesetzespaket zum Gebäudeenergiegesetz hingewiesen, durch das die Länder nun entscheiden können, ob und wie sie gesetzliche Mindestabstände für Windenergieanlagen definieren (Länderöffnungsklausel gem. § 249 III 1 Baugesetzbuch (BauGB) n.F.) Dies hat einen großen Einfluss darauf, ob die Ziele für den Ausbau der Windenergie realisiert werden können oder nicht. Weitere Erneuerbare Energiequellen, abgesehen von Wind on- bzw. Offshore, Photovoltaik, Biomasse und Wasserkraft, wurden nicht berücksichtigt.

Um den Mobilitätsbedarf (MIV) zu ermitteln, wurden die Daten der MiD 2017 Studie bezüglich der täglich zurückgelegten Wegstrecken pro Person und Pkw ausgewertet. Anhand der Bevölkerungszahlen der einzelnen Landkreise und kreisfreien Städte wurde so der jährliche Bedarf an zurückgelegten Kilometer abgeschätzt. Details sind dem Unterkapitel *Zukünftige Entwicklung der Verkehrsnachfrage* (3.4) zu entnehmen.

Der Energiebedarf pro gefahrene Strecke beträgt anhand einer Marktübersicht der heute erhältlichen Elektrofahrzeuge ca. 20 kWh/100km. Für die Szenarien wurden dann aber zukünftigen Entwicklungen Rechnung tragend für 2030 15 kWh/100km, für das Szenario 2050a 100% BEV zu 15 kWh/100km bzw. für das Szenario 2050b 50% mit BEV zu 15 kWh/100km, 25% mit FCEV zu 28 kWh/100km und 25% mit synthetischem Kraftstoff zu je 73 kWh/100km angenommen. Die Szenarien für die Entwicklung der Elektromobilität wurden oben bei der Verkehrsprognose definiert und beschrieben.

Allgemein wurde in der Studie ein eher konservativer Ansatz verfolgt, um eine Überbewertung der Potentiale zu vermeiden.

4.4. Annahmen und Einschränkungen

4.4.1. Erneuerbare Energie Ressourcen

Grundlegend wurden Photovoltaik-Aufdach, Photovoltaik-Freiflächen, Windenergie Onshore, Windenergie Offshore, Biomasse und Wasserkraft in der Studie berücksichtigt.

Die installierten Kapazitäten beruhen auf den Daten des Marktstammdatenregisters vom Stand 22. Oktober 2020. Hierbei ist zu beachten, dass es sich um ein behördliches Register handelt, welches sich noch im Aufbau befindet. Historische Daten sollten bis zum 31. Januar 2021 nachgetragen werden. Neuinstallationen müssen anschließend binnen Monatsfrist nach Netzanschluss registriert werden. Auch nach dem Stichtag zum 31. Januar 2021 sind noch viele Anlagen nicht registriert. Die Plausibilitätsuntersuchungen an dem Registerauszug zeigen, dass auch noch eine Vielzahl von unvollständigen Daten enthalten ist. An manchen Stellen wurden Korrekturen vorgenommen, weil z.B. offensichtlich Nennleistungen in Watt und nicht wie im Verzeichnis gefordert kW⁸⁵ angegeben wurden.

Als Basisjahr der Studie dient das Jahr 2017 (Stichtag 31.12.2017), da aus diesem Jahr die MiD 2017-Studie stammt, obwohl im Marktstammdatenregister zum letzten Zugriff bereits Daten aus dem Jahr 2020 vorlagen. Offshore Windenergie wurde bei dieser Studie separat ohne örtliche Zuordnung flächenanteilig für Niedersachsen bzw. pro Fläche des Landkreises/Kreisfreien Stadt berücksichtigt. Die Studie nutzt den gesamten Zeitraum des Registers beginnend mit dem ersten Eintrag für eine Anlage mit dem Inbetriebnahmedatum in 1899.

⁸⁵ Bei Überschreitung einer Nettonennleistung von 50MW; 20MW bzw. 200MW wurden die Nettonennleistungen der Technologien Biomasse, Wind bzw. Photovoltaik um den Faktor 1000 reduziert.

Vor dem Jahr 1990 waren 910 kW im Gebiet Aurich, Friesland, Emsland, Cloppenburg, Wesermarsch, Wittmund und Diepholz an Windkraftanlagen installiert. Die erste Installation einer Windkraft-Anlage datiert zurück auf den 14. Januar 1985 in Aurich mit einer Leistung von 55 kW. Biomasse datiert zurück auf das Jahr 1988 und 1989 mit einer Leistung von 620 kW in den Landkreisen Celle und Aurich. Wasserkraft hat die längste Historie mit der größten Kapazität von 45,87 MW vor 1990. Die ersten Installationen sind auf den 1.1.1900 registriert. Vor 1990 gab es keine Installationen von Photovoltaik.

Wasserkraft und Biomasse wurden nur insoweit berücksichtigt, als dass keine Ziele für diese Technologie vorliegen und damit keine Vorhersage bzw. Prognose erstellt wurde. Der Anlagenstatus des Referenzjahrs 2017 wird deshalb eingefroren und bis 2050 fortgeschrieben.

In der Studie wurden die Daten des Marktstammdatenregisters in jährlicher Auflösung berücksichtigt.

4.4.2. Energieertrag

Der Energieertrag der erneuerbaren Energieanlagen wurde für die Studie anhand der Jahresvolllaststunden aus Tabelle 4-1 ermittelt. Dabei wurden keine standortspezifischen Eigenschaften, wie z.B. höhere Winderträge im Norden oder höhere Photovoltaik-Erträge im Süden berücksichtigt.

Die Erträge für Niedersachsen verstehen sich als Abschätzungen und berücksichtigen keine Vorhersagen für zukünftige Erträge anhand von geänderten Klimabedingungen. Die abgeschätzten Energien berücksichtigen technologische Weiterentwicklungen der nahen Zukunft sofern sie in den Quellen genannt sind, aber keine unerwartete Wetterschwankungen. Die technologischen Weiterentwicklungen sind zeitlich als konstant angenommen, berücksichtigen deshalb keine weiteren zukünftigen Potentiale aus der fernen Zukunft und sind somit als konservativ zu bewerten.

4.4.3. Energiebedarf für elektrische Energie

Der elektrische Energiebedarf bezogen auf Landkreisebene wurde anhand des demandRegio-Modells⁸⁶ abgeschätzt und für die Zukunftsszenarien verwendet. Da die Energiebilanz des demandRegio-Modell im Jahr 2017 nicht mit den Bilanzen des Länderarbeitskreis Energiebilanzen⁸⁷ übereinstimmen, wurden die Bilanzen des demandRegio-Modells auf den Gesamtstromverbrauch des Länderarbeitskreis hochskaliert. Dieser Skalierungsfaktor wurde auch für die Jahre 2030 und 2050 verwendet.

Da das demandRegio-Modell eine Bevölkerungsentwicklung für die Zukunftsszenarien annimmt, sind diese auch in den hier verwendeten Szenarien enthalten.

Obwohl die Regionen Bremen und Hamburg einen großen Einfluss auf das Umland haben, wurden die beiden Bundesländer in der Studie nicht berücksichtigt. In der Modellierung wurden keine Im- bzw. Exporte berücksichtigt.

⁸⁶ Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. , DemandRegio – Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen, 1.2017-3.2020, FKZ: 03ET4040A/B/C <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/erzeugung-und-markt/735-demand-regio-harmonisierung-und-entwicklung-von-verfahren-zur-regionalen-und-zeitlichen-aufloesung-von-energienachfragen>

⁸⁷ Länderarbeitskreis Energiebilanzen durch das Statistische Landesamt Bremen, Download Stand: 12.01.2021, <https://www.lak-energiebilanzen.de/eingabe-dynamisch/?a=e900>

4.4.4. Bedarf für den Sektor Mobilität

Die Annahmen für die Szenarienbildung der Mobilität sind in Verkehrsprognose (3.4) bereits beschrieben. Daraus ergeben sich für das Szenario 2030 eine Fahrleistung von 197 Mio. Pkw-km/Tag und für 2050 203 Mio. Pkw-km/Tag. Der Energieverbrauch pro gefahrene km entspricht heute gemäß der Studie der EPA⁸⁸ in den USA 20 kWh / 100 km. Für die Szenarien wurden für das **Szenario 2030** 15 kWh / 100 km, für das **Szenario 2050a** 100% BEV zu 15 kWh / 100km bzw. für das **Szenario 2050b** 50% mit BEV zu 15 kWh / 100 km, 25% mit FCEV zu 28 kWh / 100 km und 25% mit synthetischem Kraftstoff zu je 73 kWh / 100 km angenommen.

4.4.5. Backcasting Analyse

Es wurden keine weiteren Annahmen für die Bevölkerungsentwicklung auf Landkreisebene angenommen, als diese im Modell zur Mobilitätsentwicklung und Bedarfsentwicklung hinterlegt sind. Als Basisjahr, auch für Berechnungen, welche auch auf die Bevölkerungsdichte beruhen, wurde die Bewohner*innenzahl von 2017 zu Grunde gelegt.

Die Backcasting Analyse basiert auf den Zielen für 2030, 2040 und 2050 für die installierten Leistungen von regenerativen Energieerzeugungsanlagen und die Anteile von elektrisch betriebenen Pkw.

Dem Ansatz dieser Studie liegt zu Grunde, dass sich der Ausbau der erneuerbaren Energieanlagen bereits jetzt am Angebot von Flächen orientiert, so z.B. in städtischen Regionen wie Hannover, Braunschweig, Oldenburg etc., keine Windenergie installiert wurde und zukünftig im Wesentlichen auch kein Zuwachs stattfinden wird. Grenzen für den Ausbau von Windkraftanlagen wurden von Tröndle et al.⁸⁹ diskutiert, aber bei der final abschließenden Energiebilanzrechnung dieser Studie nicht berücksichtigt. Für die anderen Quellen wie Wind Offshore, Photovoltaik und Biomasse wurden keine Grenzen angenommen, wobei sich die Ziele an möglichen Grenzen orientieren. Alterungseffekte bei den Anlagen wurden vernachlässigt. Rückbau von Anlagen wurde ebenso außer Acht gelassen, so dass hier nur die Nettozubauzahlen genannt werden.

Die Installationen erneuerbarer Kapazitäten werden voraussichtlich, wie in der Vergangenheit auch, in Zukunft stark schwanken. Diese sind weiterhin von regulatorischen und ökonomischen Bedingungen abhängig und deshalb voraussichtlich in Zukunft nicht stabil. Dennoch wurden der Einfachheit halber konstante Wachstumsraten für die Installationen angenommen und keine künstlichen Spitzen oder Einbrüche eingefügt.

Für den Bereich der Wasserkraft und Biomasse wurden vor dem Hintergrund bereits starken Ausbaus, der die Potentiale jetzt schon annähernd ausnutzt, keine Wachstumsraten angenommen.

4.4.6. Sonstiges

Es handelt sich bei der Untersuchung um eine reine Bilanzrechnung. Speicherung von Energie ist deshalb kein Thema der Studie. Außerdem werden keine Netzengpässe in der Studie berücksichtigt.

⁸⁸ United States Environmental Protection Agency, 2018 EPA Automotive Trends Report: Greenhouse Gas Emissions, Fuel Economy, and Technology since 1975, 2019, EPA-420-R-19-002, <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockkey=P100Z9BX.txt>

⁸⁹ Tröndle, T., Süßner, D., Lilliestam, J. (2019): Ohne Windenergie keine Energiewende. Die 1000 Meter-Abstandsregelung macht Windenergieausbau unmöglich und stellt damit den Kohleausstieg in Deutschland in Frage. - IASS Discussion Paper, November 2019. Zitierlink: https://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/item_4801899

Wirkungsgrade und die dadurch hervorgerufenen Verluste wurden nicht gesondert berücksichtigt und sind bei den Abschätzungen enthalten.

4.5. Analyse

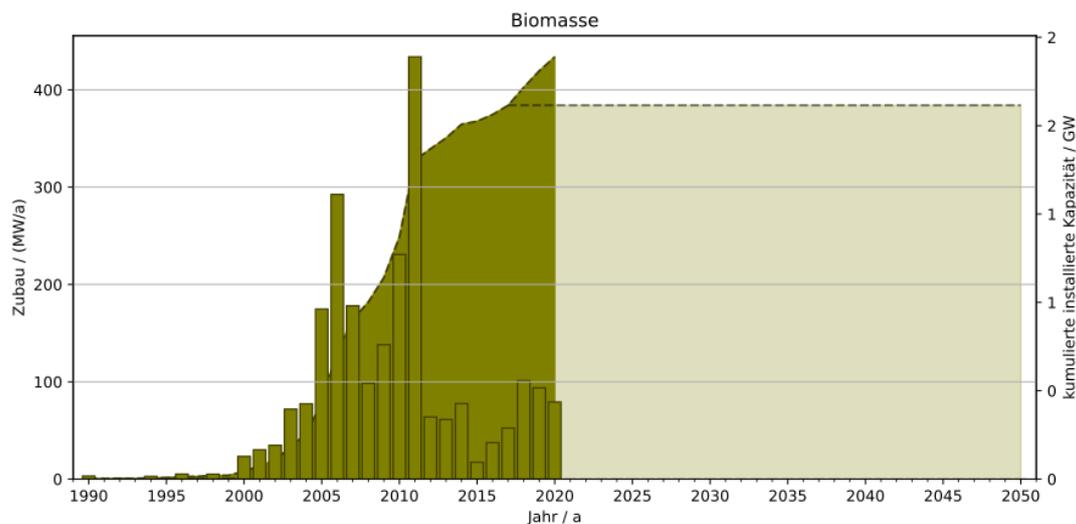
Im Folgenden werden die Ergebnisse für die erneuerbaren Erzeugungsanlagen technologiespezifisch dargestellt.

Auf eine detaillierte Betrachtung von Wasserkraft wird aufgrund der geringen Installationen und des insgesamt geringen Beitrags zur Gesamterzeugung verzichtet.

4.5.1. Biomasse

Nach dem Jahr 2011 (Maximum 434 MW) ist die Installation neuer Biomasse-Kapazitäten deutlich rückläufig. Vor dem Hintergrund, dass angenommen wird, dass Biomasse langsam an den Kapazitätsgrenzen angelangt ist und in Zukunft sogar ein Rückbau erfolgen wird, sind ab 2017 keine Zubauraten für Biomasse angenommen worden. Das Potential wird als konstant angenommen, so dass in den Szenarien ab 2017 eine kumulierte installierte Kapazität von ca. 2,1 GW vorhanden ist, obwohl nach 2017 weitere Kapazitäten zugebaut wurden (siehe Abbildung 4-1). Es wird folglich davon ausgegangen, dass der Zubau nach 2017 im Laufe der Zeit durch Rückbau wieder für die Gesamtbilanz verloren geht.

Abbildung 4-1: Installierte und angenommene Kapazität von Biomasse mit jährlichen Zubauraten (linke Ordinate Säulendiagramm) und akkumuliert (rechte Ordinate flächig)



Hierbei sei darauf hingewiesen, dass Biomasse allgemein nicht unbegrenzt zur Verfügung steht und Flächenkonkurrenzen zwischen Lebensmittelanbau und Anbau von Biomasse für die Energiegewinnung bestehen.

Der Beitrag für die zukünftige Energieversorgung wird aufgrund der Gesamtkapazität im Vergleich zu Photovoltaik und Wind gering ausfallen. Allerdings wird Bioenergie vor dem Hintergrund der regelbaren Energieproduktion bei der Diskussion von Speicherbarkeit von Strom eine wichtige Rolle spielen.

4.5.2. Photovoltaik

In 2017 war nach dem Marktstammdatenregister in Niedersachsen eine Photovoltaik-Gesamtkapazität von 3,38 GW installiert (siehe Abbildung 4-2 für Photovoltaik-Aufdach und Abbildung 4-3 für Photovoltaik-Freifläche). Zirka 60% der Kapazität von 2017 wurden in dem Zeitraum 2010 bis 2012 installiert. Im Zeitraum zwischen 2010 und 2015 waren die Zubauraten rückläufig und sind seither wieder steigend.

Die angenommenen Zubauraten ergeben sich aus den Ausbauzielen für Photovoltaik-Aufdach bzw. Photovoltaik-Freifläche. Die Zubauraten für Photovoltaik-Aufdach müssen um das Ziel von 18 GW für 2050 zu erreichen ab 2017 bei ca. 460 MW/a liegen. Für Photovoltaik (Freifläche) müssen zwischen 2017 und 2030 bei ca. 344 MW/a und ab 2030 bis 2050 bei 500 MW/a zugebaut werden um die Ziele für 2030, 2040 und 2050 zu erreichen. Die Zubaurate für Photovoltaik-Aufdach lag nur in den Hochjahren 2010 und 2011 über den notwendigen Raten. Die zur Zielerreichung notwendige Zubauraten für Photovoltaik-Freifläche wurden bisher nicht erreicht. Aus den historischen Zahlen für 2018 bis 2020 wird ersichtlich, dass bereits jetzt ein Defizit beim Zubau in der Photovoltaik eingefahren wurde.

Abbildung 4-2: Installierte und angenommene Kapazität von Photovoltaik-Aufdach mit jährlichen Zubauraten (linke Ordinate Säulenendiagramm) und kumuliert (rechte Ordinate flächig). Die angenommenen Zubauraten ergeben sich aus den abgestimmten Zielen für Niedersachsen.

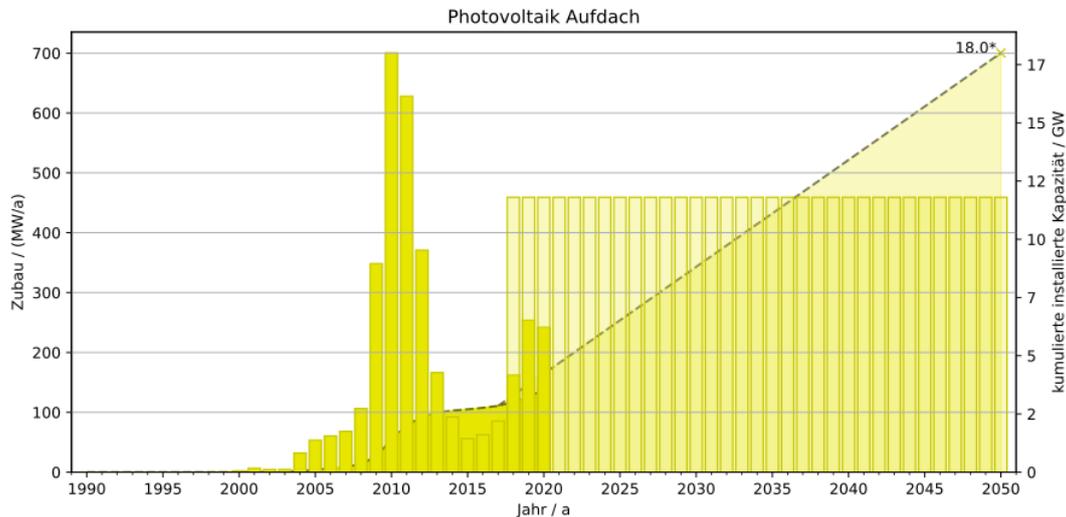
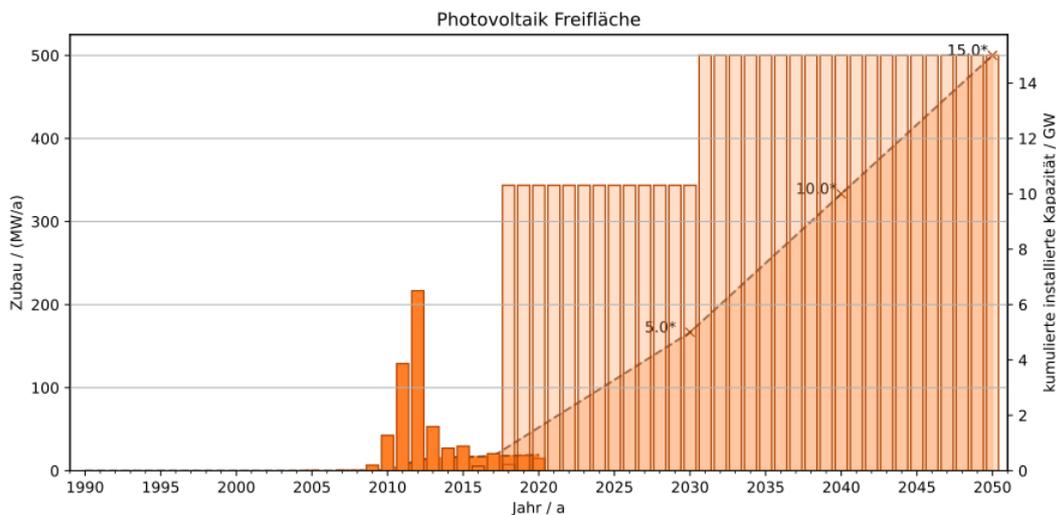


Abbildung 4-3: Installierte und angenommene Kapazität von Photovoltaik-Freifläche mit jährlichen Zubauraten (linke Ordinate Säulenendiagramm) und kumuliert (rechte Ordinate flächig). Die angenommenen Zubauraten ergeben sich aus den abgestimmten Zielen für Niedersachsen



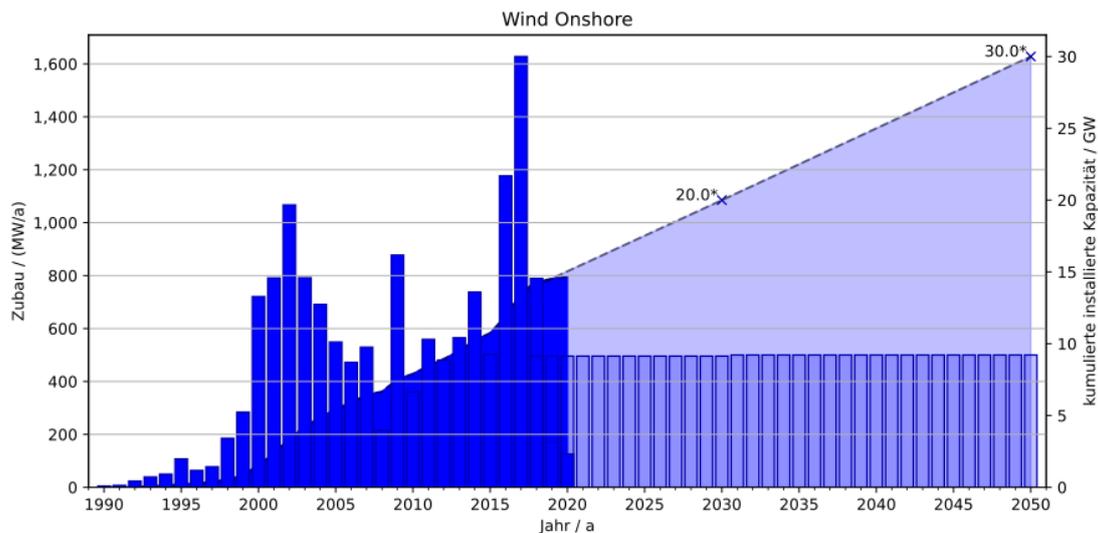
4.5.3. Wind Onshore

Bis zum Jahr 2017 wurden in Niedersachsen ca. 13,6 GW entsprechend der MaStR-Daten vom Stichtag an Wind Onshore Kapazität installiert (siehe Abbildung 4-4). Die größten Zubauraten konnten in 2016 und 2017 verzeichnet werden, als in Summe ca. 2,8 GW installiert wurden. Seit 2017 sind die Zubauraten jedoch stark rückläufig. In 2018 war die Zubaurate noch über der

notwendigen Zubaurate, um die Ziele für 2030 zu erreichen. In 2019 wurde die notwendige Zubaurate jedoch deutlich unterschritten. Dies mag abgesehen von einem starken Einbruch des Zubaus von Wind Onshore Anlagen daran liegen, dass möglicherweise bis zur Abfrage des Marktstammdatenregisters nicht alle bis dato installierten Anlagen registriert wurden.

Generell zeigt sich im Bereich Wind Onshore sehr deutlich, dass die Daten aus dem Marktstammdatenregister gegenwärtig noch mit einer gewissen Unsicherheit verbunden sind. So weicht die installierte Kapazität an Windenergieanlagen laut Marktstammdatenregister teilweise deutlich von den Daten aus anderen Quellen ab. Die Deutsche WindGuard kommt in ihren Berechnungen beispielsweise zu dem Ergebnis, dass in Niedersachsen bis Ende des Jahres 2017 erst 10,6 GW⁹⁰ an Onshore-Leistung installiert war und damit rund 3 GW weniger, als es das Marktstammdatenregister auf Basis der oben dargestellten Recherche für diesen Zeitpunkt ausweist. Ein Grund dafür kann sein, dass Anlagen im MaStR mit leicht unterschiedlichen Angaben mehrfach eingetragen oder Leistungen fehlerhaft angegeben wurden. Zudem ist zu berücksichtigen, dass sich das MaStR noch im Aufbau befindet.

Abbildung 4-4: Installierte und angenommene Kapazität von Wind Onshore mit jährlichen Zubauraten (linke Ordinate Säulenendiagramm) und akkumuliert (rechte Ordinate flächig).



Für den Zeitraum bis 2030 ist eine Zubaurate von ca. 495 MW/ pro Jahr notwendig, um die Wind Onshore Ziele zu erreichen.

In der Zeitspanne von 2030 bis 2050 sind, um die Ziele für 2050 zu erreichen, noch 500 MW pro Jahr zu installieren, sofern die Ziele für 2030 erreicht werden. In Summe stünden dann bei den angenommenen Jahresvolllaststunden in Niedersachsen ca. 75 TWh an erneuerbarer Energie durch Wind Onshore zur Verfügung.

Im Vergleich zu historischen Daten wurden diese Zubauraten bereits etliche Male überschritten aber auch schon mehrmals unterschritten. Die Zubauraten sind also als machbar, aber auch als ambitioniert anzusehen, da in der Vergangenheit das Thema Abstandsregelung nicht so im Fokus stand und für die Zukunft mögliche Flächen nicht mehr so leicht zu erschließen sein werden.

⁹⁰ STATUS DES WINDENERGIEAUSBAUSAN LAND IN DEUTSCHLAND, Deutsche WindGuard GmbH, https://www.wind-guard.de/windenergie-statistik-jahr-2017.html?file=files/cto_layout/img/unternehmen/windenergiestatistik/2017/Status%20des%20Windenergieausbaus%20an%20Land%20in%20Deutschland%2C%20Gesamtjahr%202017.pdf

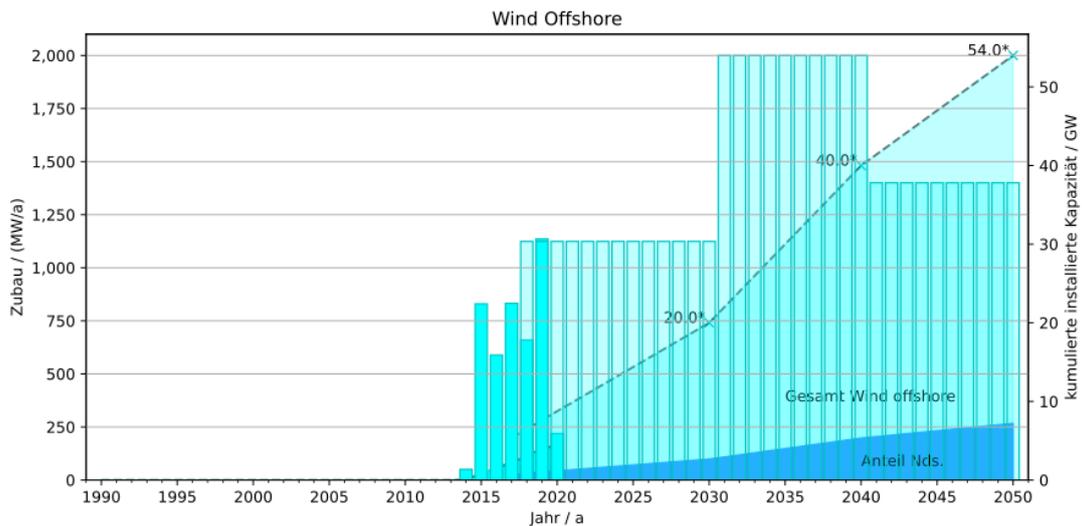
4.5.4. Wind Offshore

Zum Stichtjahr 2017 waren in der Nordsee mit Anlandung in Niedersachsen 2,3 GW an Wind Offshore Kapazität installiert (siehe Abbildung 4-5), die bis 2019 auf ca. 4,1 GW ausgebaut wurden. Gemäß der Ziele für 2030 und 2050 für Wind Offshore sind durchschnittlich ca. 1,1 GW im Zeitraum bis 2030, 2,0 GW zwischen 2030 und 2040 und 1,4 GW ab 2040 bis 2050 Deutschlandweit zu installieren. Bereits 2018 wurden die notwendigen Zubauraten nicht erreicht. In der weiteren Betrachtung wurde Wind Offshore flächenanteilig Niedersachsen zu geordnet.

Wie der Vergleich der installierten Kapazitäten mit Anlandung in Niedersachsen in der kurzen Geschichte der Wind Offshore zeigt, sind die bisher definierten Ziele ambitioniert, erscheinen aber möglich. Verglichen mit Wind Onshore zeigt sich aber auch, dass die notwendigen Zubauraten über den langen Zeitraum beachtlich sind.

Um die Verhältnismäßigkeiten beim Ausbau in Bezug auf die Anlandung in Niedersachsen einschätzen zu können, sei hier darauf hingewiesen, dass in den letzten Jahren etwas mehr als die Hälfte des gesamtdeutschen Wind Offshore in Niedersachsen angelandet wurden. Der flächenmäßige Anteil der Wind Offshore für Niedersachsen beträgt allerdings nur ca. 13,3%.

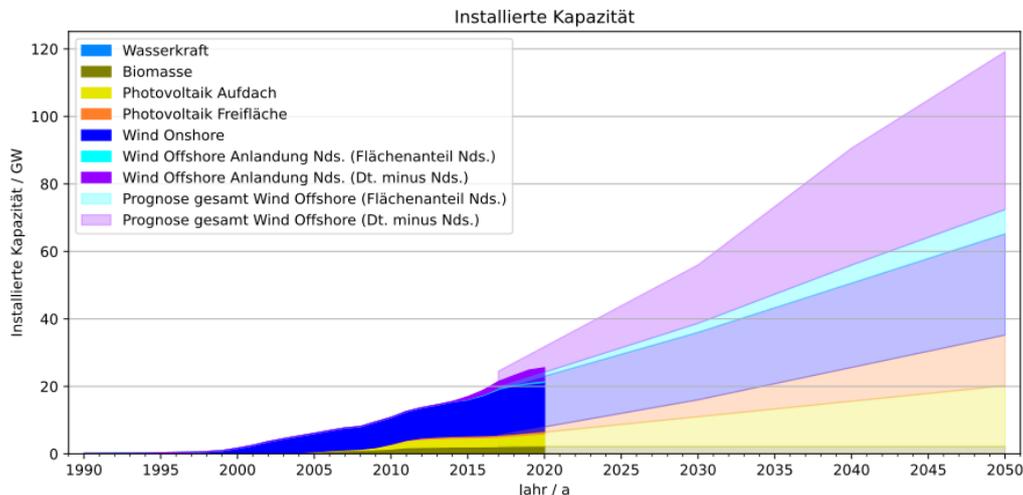
Abbildung 4-5: Installierte und angenommene Kapazität von Wind Offshore mit jährlichen Zubauraten (linke Ordinate Säulendiagramm) und akkumuliert (rechte Ordinate flächig).



4.5.5. Gesamtschau Erneuerbare Energien Kapazitäten

In Summe sind an Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik, Wind Onshore und Wind Offshore (flächenanteilig Nds.) in 2017 ca. 19,8 GW an Leistung installiert gewesen (siehe Abbildung 4-6). Entsprechend der aktuell gültigen Ziele sollen unter Berücksichtigung einer flächenanteiligen Gut-schrift von Wind Offshore in Niedersachsen in 2030 ca. 38,7 GW, in 2040 ca. 55,9 GW und in 2050 ca. 72,4 GW Leistung anhand des Backcastingansatzes installierte Kapazität zur Verfügung stehen.

Abbildung 4-6: Installierte Kapazitäten von Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik, Wind Onshore und Wind Offshore. Bei Wind Offshore wurde bis 2020 die in Niedersachsen angelandete Kapazität dargestellt. Für die Prognose wurden im Vergleich dazu die bundesweiten Wind Offshore Kapazitäten aufgetragen.



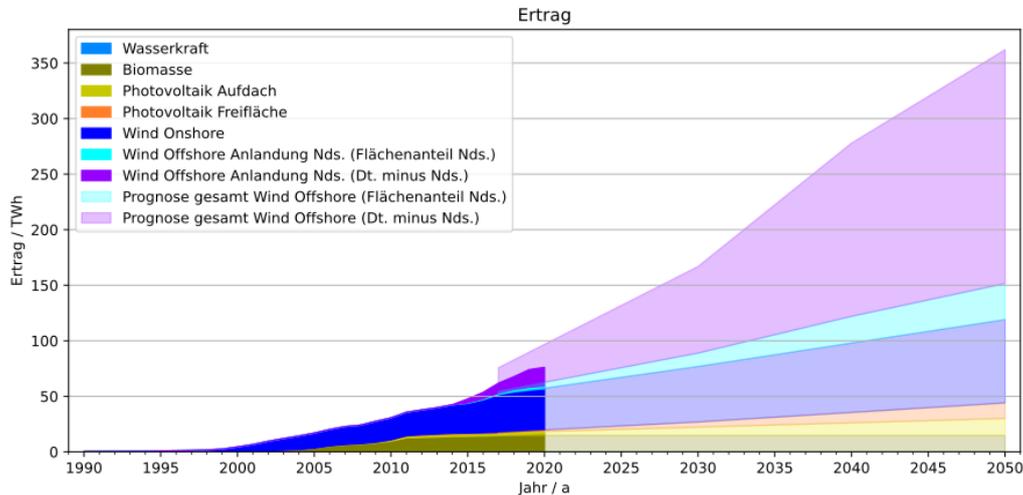
4.6. Ergebnisse

4.6.1. Erträge aus erneuerbaren Energien

Mit den zukünftig installierten Kapazitäten sind in Niedersachsen anhand der Jahresvollaststunden aus Tabelle 4-1 mit ca. 89 TWh/a in 2030, mit ca. 122 TWh/a in 2040 und mit ca. 151 TWh/a in 2050 an Erträgen aus Erneuerbaren zu erwarten (siehe Abbildung 4-7).

Bei Wind Offshore wurden die in Niedersachsen angelandeten Erträge bis 2020 dargestellt. Für den Ausblick wurde im Gegensatz dazu der bundesweite Windstrom ab 2017 dargestellt. Dies erklärt auch die Unstetigkeit im Jahr 2017. Hintergrund dieser Darstellung ist, den Anteil des in Niedersachsen angelandeten Windstroms darzustellen und diesen im Vergleich zu den Bundeszielen darzustellen. Deutlich wird an der Darstellung, dass in Niedersachsen in 2017 bereits etwas mehr als 50% des Wind Offshore angelandeten wurden.

Abbildung 4-7: Erträge installierter und zukünftig erwarteter Kapazitäten von Wasserkraft, Biomasse, Photovoltaik, Wind Onshore und Wind Offshore. Bei Wind Offshore wurde bis 2020 der in Niedersachsen angelandete Windstrom dargestellt. Für die Prognose wurde im Gegensatz dazu der Bundeweite Windstrom dargestellt.

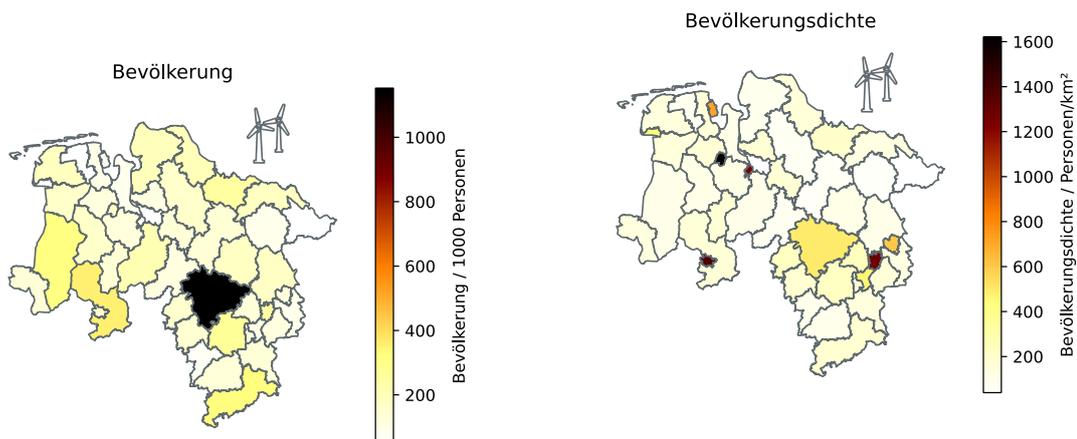


4.6.2. Bedarfe an elektrischer Energie – Sektor Strom

Niedersachsen ist ein Flächenbundesland. Die Bevölkerung je Landkreis bzw. kreisfreier Stadt ist in Abbildung 4-8 dargestellt. Die kreisfreien Städte werden mit ihrer erhöhten Bevölkerungsdichte deutlich, wenn die Bevölkerung mit der Fläche normiert wird (siehe Abbildung 4-9). Die Metropolregion Hannover fällt in aufgrund der großen Bevölkerung zwar bei den absoluten Zahlen, nicht aber bei der Bevölkerungsdichte auf.

Abbildung 4-8: Verteilung der Bevölkerung in Niedersachsen je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt

Abbildung 4-9: Flächenbezogene Verteilung der Bevölkerung in Niedersachsen je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt

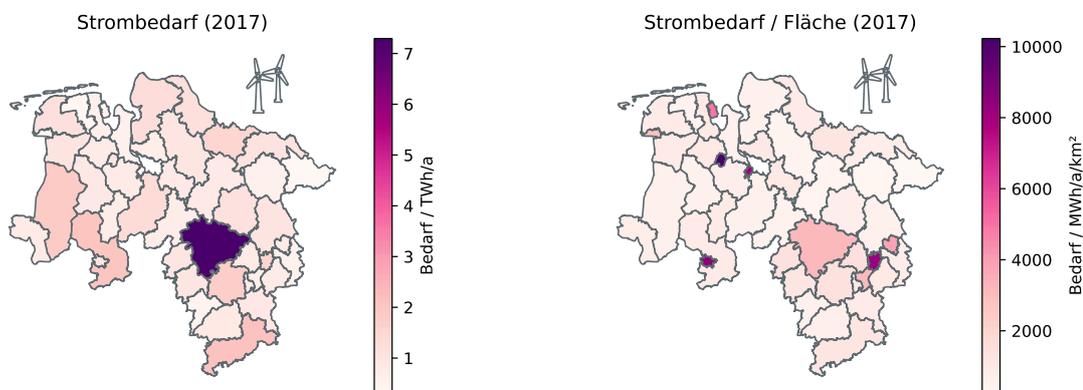


Der Energieverbrauch auf Ebene der Landkreise bzw. der kreisfreien Städte ist Abbildung 4-10 zu entnehmen. In Niedersachsen ist in 2017 ein über Strom gedeckter Anteil am

Endenergieverbrauch von ca. 49,9 TWh⁹¹ zu verzeichnen. Unnormiert sticht der Großraum Hannover mit einem hohen Energieverbrauch aus den Regionen heraus. Andere Ballungsräume und insbesondere die kreisfreien Städte fallen erst auf, wenn die Verbräuche auf die Flächen normiert werden (siehe Abbildung 4-11). Der Strombedarf bezogen auf die Bevölkerung ist vergleichsweise homogen (siehe Abbildung 4-12). Hier fallen eher die Regionen auf, in denen sich vermehrt Industrie (erhöhte Verbräuche) bzw. Landwirtschaft (reduzierte Verbräuche) befindet. Auch in dem Zukunftsszenario für 2050 zeigt sich eine ähnliche homogene Verteilung (siehe Abbildung 4-13) mit vergleichbaren absoluten Werten aber anderen örtlichen Gewichtungen. Für die Erklärung der Veränderung der Verteilung ist auf das demandRegio-Modell⁹² verwiesen.

Abbildung 4-10: Energiebedarf je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt

Abbildung 4-11: Flächenbezogener Energiebedarf je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt



⁹¹ Länderarbeitskreis Energiebilanzen durch das Statistische Landesamt Bremen, Download Stand: 12.01.2021, <https://www.lak-energiebilanzen.de/eingabe-dynamisch/?a=e900>

⁹² Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V., DemandRegio – Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen, 1.2017-3.2020, FKZ: 03ET4040A/B/C <https://www.ffe.de/themen-und-methoden/erzeugung-und-markt/735-demand-regio-harmonisierung-und-entwicklung-von-verfahren-zur-regionalen-und-zeitlichen-aufloesung-von-energienachfragen>

Abbildung 4-12: Bevölkerungsbezogener Energiebedarf je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt im Jahr 2017

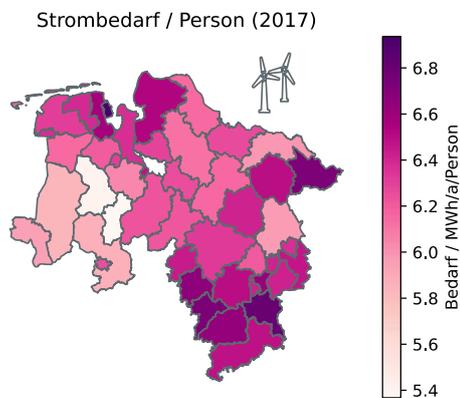
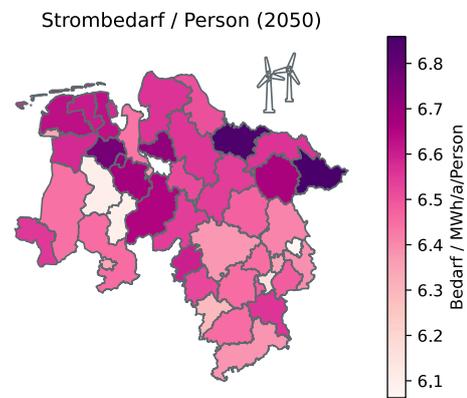


Abbildung 4-13: Bevölkerungsbezogener Energiebedarf je Landkreis bzw. kreisfreie Stadt im Zukunftsszenario 2050



4.6.3. Wind Offshore

Das Bundesland Niedersachsen im Norden Deutschlands bietet ein besseres Potential für die Windenergieerzeugung als viele andere Teile des Landes. In diesem Sinne bietet die Nordsee auch ein großes Potenzial für Offshore-Windenergie. In der Nordsee gab es 2017 bereits eine beträchtliche Anzahl von Offshore-Windparks mit einer installierten Gesamtleistung von 2,3 GW die in Niedersachsen angelandet wurde und einer noch größeren Anzahl von Anlagen, die entweder geplant oder genehmigt sind.

Die Kapazitäten und später auch die Erträge des Wind Offshore werden im Folgenden flächenanteilmäßig den Landkreisen zugeordnet, obwohl der gesamte Anteil der Offshore-Windleistung, der in Niedersachsen angelandet wird, gemäß der Arbeitsgemeinschaft und des Länderarbeitskreises Energiebilanzen bilanziell Niedersachsen zugeordnet wird. Das bedeutet, dass er für die Deckung des niedersächsischen Energiebedarfs und für den Export in Nachbarländer herangezogen wird. Dies soll gleichwohl keine Auswirkungen auf die anderen Ziele haben.

4.6.4. Wind Onshore

In Bezug auf die Windkraftkapazität wurden bis zum Jahr 2017 in Niedersachsen 13,6 GW installiert. In den Jahren 2016 und 2017 wurde am meisten Leistung, insgesamt 2,8 GW, zugebaut. Hier zeigt sich eine deutliche Konzentration von Windenergieanlagen in küstennahen Regionen, insbesondere bedingt durch die historische Zubauentwicklung, (siehe Abbildung 4-14 bzw. flächennormiert Abbildung 4-15).

Abbildung 4-14: Installierte Wind Onshore Leistung bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

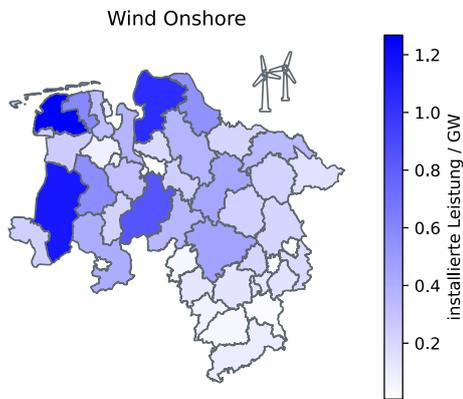
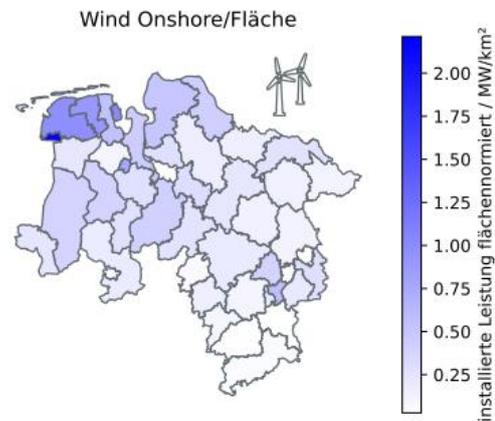


Abbildung 4-15: Installierte Wind Onshore Leistung flächennormiert bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.



Ausschließlich bezogen auf die installierte Kapazität ist der Kreis Aurich die Region mit der meisten Kapazität von ca. 1,27 GW. Normiert auf die Fläche ist die Dichte allerdings in Emden am größten.

4.6.5. Photovoltaik

Für die Stromerzeugung aus Photovoltaik-Aufdach bzw. Photovoltaik-Freifläche waren nach den vorliegenden Informationen 2017 eine Leistung von 2,8 GW bzw. 0,5 GW installiert. Rund 62 % dieser Leistung (2,1 GW) wurden im Zeitraum zwischen 2010 und 2012 installiert. Von 2010 bis 2017 ging die Wachstumsrate der neu installierten Photovoltaik-Anlagen zurück.

Die Installationen konzentrieren sich in absoluten Zahlen eher im Westen Niedersachsens. Flächenbezogen sind die Kreisfreie Stadt Oldenburg und Vechta an vorderster Stelle (siehe Abbildung 4-16 und flächenbezogen Abbildung 4-17).

Abbildung 4-16: Installierte Photovoltaik-Aufdach Leistung bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

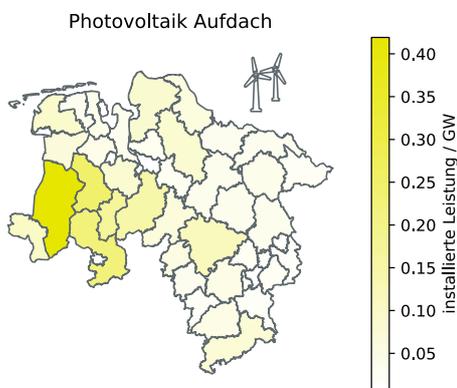


Abbildung 4-17: Installierte Photovoltaik-Aufdach Leistung flächennormiert bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

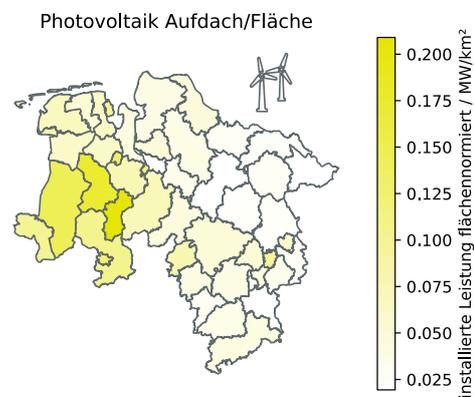


Abbildung 4-18: Installierte Photovoltaik-Freifläche Leistung bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

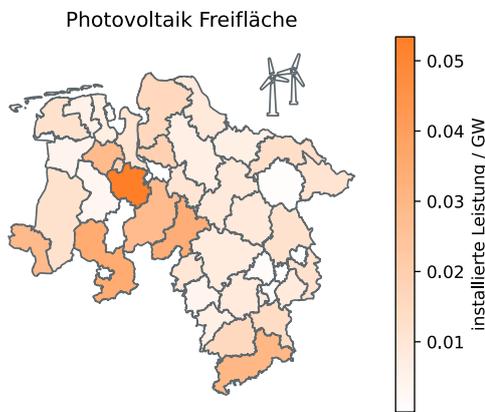
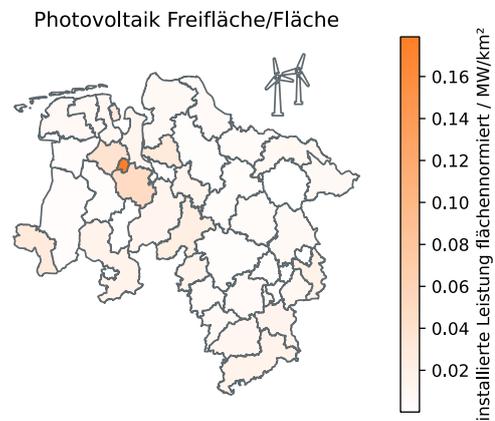


Abbildung 4-19: Installierte Photovoltaik-Freifläche Leistung flächennormiert bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.



Basierend auf den Schätzungen für die Stromerzeugung liefert die installierte Photovoltaik-Kapazität 2017 rund 6% des über Strom gedeckten Teils des Endenergieverbrauchs in Niedersachsen.

4.6.6. Regionale Verteilung von Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien

Gemäß Abbildung 4-20 bzw. Abbildung 4-21 ist die Region im Nordwesten Niedersachsens die Gegend mit der größten installierten Leistung sowohl bezogen auf den Landkreis bzw. die kreisfreie Stadt als auch auf die flächennormierte Dichte.

Abbildung 4-20: Installierte Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

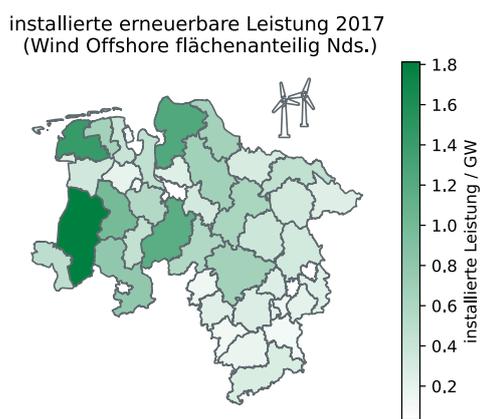
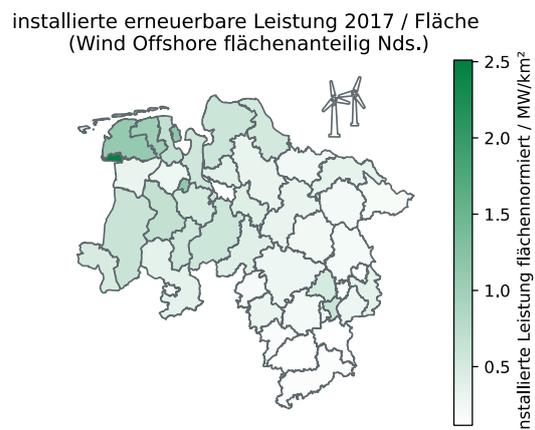


Abbildung 4-21: Installierte Erzeugungskapazitäten für Erneuerbare Energien flächennormiert bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.



Emsland ist die Region mit der größten Kapazität an Erneuerbaren Energien Anlagen. Bezogen auf die Fläche liegt die größte Dichte in Emden.

4.6.7. Energieertrag

Um den Energieertrag der installierten Kapazitäten zu erhalten wurden die Jahresvolllaststunden der entsprechenden Technologien aus Tabelle 4-1 herangezogen und entsprechend flächenanteilig verrechnet. Das heißt, die zu erwartenden Gesamterträge der Zielinstallationen wurden berechnet und den Landkreisen entsprechend des Anteils aus dem Jahr 2017 den jeweiligen Landkreisen zugeordnet.

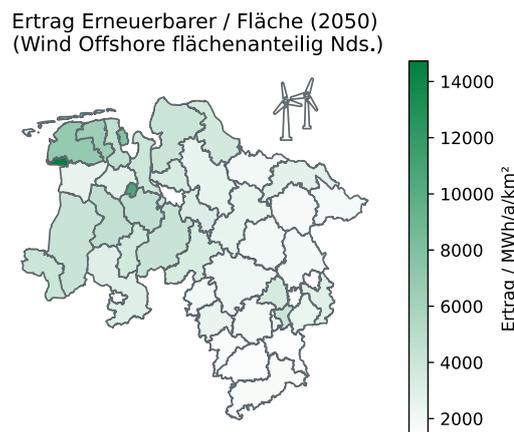
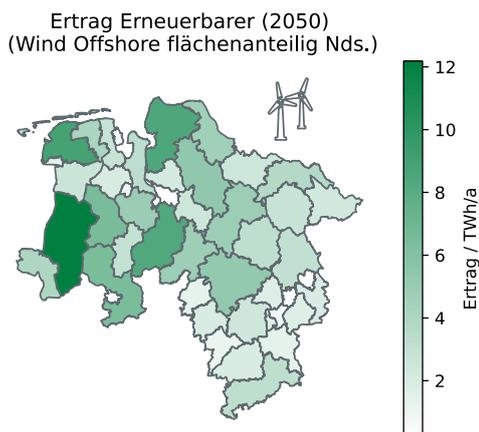
Der gesamte Ertrag erneuerbarer Energien im Jahr 2017 beläuft sich nach dieser Rechnung auf 54,7 TWh mit Wind Onshore Anlandung in Niedersachsen. Zirka 23% der Energie entstammen aus Biomasse, 54% aus Wind Onshore, 4% aus Photovoltaik.

Für das Szenario in 2030 ergeben sich für Biomasse 14,4 TWh, Wasserkraft 0,3 TWh, Photovoltaik-Aufdach 7,5 TWh, Photovoltaik Freifläche 4,7 TWh und Wind Onshore 50 TWh an Erträgen. Deutschlandweit sind nach dem Szenario 2030 90 TWh und flächenanteilig für Niedersachsen ca. 12 TWh zu erwarten. Im Jahr 2050 werden aus Photovoltaik-Aufdach 15,4 TWh, aus Photovoltaik-Freifläche 14 TWh und aus Wind Onshore 75 TWh erwartet. Deutschlandweit sollten aus Wind Offshore 243 TWh bzw. flächenanteilig für Niedersachsen ca. 32 TWh zur Verfügung stehen. Unter Berücksichtigung der flächenanteiligen Wind Offshore Leistung werden 2050 somit ca. 151 TWh Erneuerbare Energien in Niedersachsen zur Verfügung stehen.

Die räumliche Verteilung für das Jahr 2050 ist der Abbildung 4-22 bzw. flächenbezogenen Abbildung 4-23 zu entnehmen. Letztere Abbildung verdeutlicht wie stark Erneuerbare Energien in den jeweiligen Landkreisen ausgebaut wurden. Genau genommen müsste man diese Ertragsdichte noch mit den Potentialen und Flächennutzungen verschneiden um die Gebiete auch entsprechend der möglichen Ressourcen beurteilen zu können. Einen groben Eindruck des Ausbaus kann man aber mit dieser Darstellung bereits erhalten. So ist Emden ein Vorreiter unter den Landkreisen und kreisfreien Städten beim Ausbau erneuerbarer Energien, obwohl dort die Bevölkerungsdichte im Vergleich zu Landkreisen bereits erhöht und damit die Flächennutzung eingeschränkt ist.

Abbildung 4-22: Ertrag erneuerbarer Energien im Jahr 2050 bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

Abbildung 4-23: Ertrag erneuerbarer Energien im Jahr 2050 flächennormiert bezogen auf Landkreise und kreisfreie Städte.

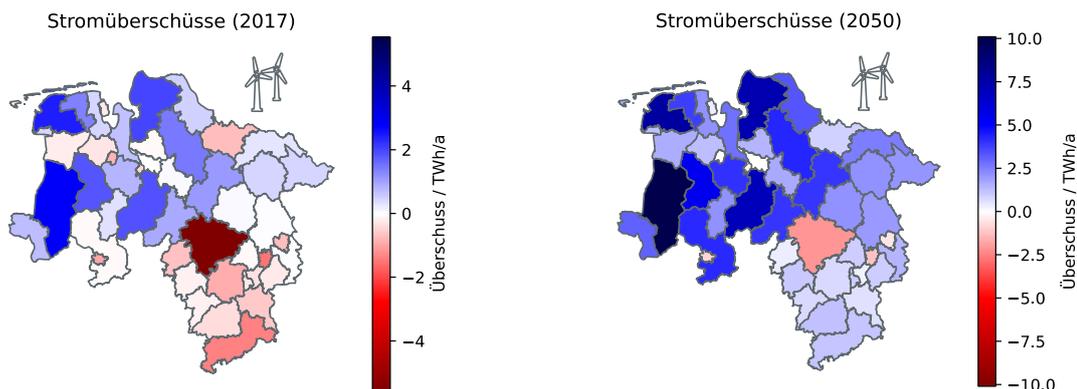


In der Abbildung 4-24 ist die Differenz aus erneuerbaren Energien und den elektrischen Bedarfen in Niedersachsen für das Jahr 2017 dargestellt. Wind Offshore wurde flächenanteilig berücksichtigt. Bereits 2017 weisen diverse Landkreise im Norden Niedersachsens einen Überschuss an Energie aus erneuerbaren Quellen auf.

Im Jahr 2050 werden deutlich mehr Landkreise eine positive Bilanz aufweisen, wenn die Zubauziele bzw. maximalen Ausbaupotentiale erfüllt werden, wie Abbildung 4-25 zu entnehmen ist. Deutlich ist zu erkennen, dass Regionen mit Überschüssen, 2050 noch größere Überschüsse produzieren werden. Dies ist vor dem Hintergrund, dass bisherige Trends in die Zukunft fortgeschrieben wurden nicht anders zu erwarten. Die Regionen mit positiver Bilanz konzentrieren sich dabei vorwiegend im Nordwesten Niedersachsens. Regionen mit sehr hohem Energieverbrauch werden zukünftig entsprechend des Szenarios für 2050 auch weiterhin nicht ausreichend regenerative Energien auf den eigenen Flächen gewinnen können. Die kreisfreien Städte und die Region Hannover weisen eine sehr hohe Energiebedarfsdichte auf und sind auch zukünftig auf Energie aus dem Umland angewiesen. Die Energiebedarfsdichte ist z.B. in Oldenburg Stadt so groß, dass selbst 2050 noch Defizit von ca. 15 GWh übrig bleibt. Dabei ist sogar in der Simulation vorausgesetzt, dass Oldenburg Stadt zukünftig auch ein Engagement zeigt, wie es bis zum Jahr 2017 aufsummiert wurde. Bei der Gelegenheit ist anzumerken, dass in Oldenburg bis Ende 2011 eine Photovoltaik-Freiflächenanlage von ca. 14,7 MW installiert wurde und diese Anlage deutlich auf das Konto erneuerbarer Energien in Oldenburg Stadt einzahlt.

Abbildung 4-24: Differenz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen in Niedersachsen für das Jahr 2017.

Abbildung 4-25: Differenz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen in Niedersachsen für das Jahr 2050



Das Ergebnis der durchgeführten Arbeiten gibt einen Überblick über die aktuelle Situation der Erzeugung und des Überschusses an erneuerbarem Strom sowie eine Prognose für die Situation im Jahr 2050. Im folgenden Abschnitt werden die Bedarfe des Sektors Mobilität in elektrische Verbräuche umgerechnet und für das Szenario 2030 bzw. 2050 den übrigen erneuerbaren Energien in Abzug gebracht. Unberücksichtigt bleibt dabei weiterhin der Sektor Wärme.

4.6.8. Mobilität

Die Randbedingungen für die Abschätzung des Mobilitätsbedarfes waren für diese Berechnung einerseits die Population innerhalb der einzelnen Landkreise und andererseits die durchschnittlich täglich zurückgelegten Kilometer pro Bürger*in gemäß den Daten der MiD 2017.

Die Energiebedarfe der Mobilitätsszenarien 2030, 2050a und 2050b sind in Abbildung 4-26, Abbildung 4-27 und Abbildung 4-28 dargestellt. Details zu Szenarienbildung für die Mobilität sind in der Verkehrsprognose (3.4) zu finden. Entsprechend der zu Grunde liegenden Verkehrsszenarien für 2030 zu ca. 198 Mio. Pkm/Tag, 2050a zu ca. 203 Mio. Pkm/Tag und 2050b zu ca. 203 Mio. Pkm/Tag ergeben sich Energiebedarfe von ca. 1 TWh, 11 TWh bzw. 24 TWh.

Erwartungsgemäß nimmt der Energiebedarf mit steigender Elektromobilitätsquote und sinkendem Wirkungsgrad zu. Der Bedarf des Verkehrsszenarios 2050b entspricht ca. der Hälfte des gesamten Energieverbrauchs des Sektors Strom. Für andere Arten der Mobilität werden 2050 zusätzliche Bedarfe entstehen, so dass dies nur ein Teil des gesamten Bedarfs darstellt.

Aus den Abbildungen wird auch ersichtlich, dass ein großer Energiebedarf in der Region Hannover entstehen wird. Bevölkerungsanteilig (siehe Abbildung 4-27 für 2030 und Abbildung 4-30 für 2050a bzw. Abbildung 4-31 für 2050b) fällt in der Metropolregion Hannover allerdings der Bedarf an Energie für MIV nicht so hoch aus wie im Umland. Es ist davon auszugehen, dass die Bevölkerung der Metropolregion Hannover aufgrund der angebotenen Infrastruktur auch leichter auf andere Mobilitätsformen zurückgreifen kann. An dieser Stelle werden zukünftige Entwicklungen beim Mobilitätsverhalten der Bevölkerung zum Tragen kommen. Dies betrifft insbesondere die Unterschiede zwischen ländlichen und urbanen Gebieten.

Der reduzierte Mobilitätsbedarf in urbanen Gebieten wiegt die höhere Bevölkerungsdichte nicht unter allen Umständen auf. So sticht die Metropolregion Hannover beim Energiebedarf für MIV als großer Energieabnehmer hervor. Abgesehen davon sind die Zusammenhänge von urbanen und ländlichen Regionen nicht eindeutig.

Unterschiede im Mobilitätsverhalten in ländlichen und urbanen Gebieten wurden in dieser Studie durch die geforderten Fahrleistungen Rechnung getragen. Auswirkungen auf den Energiebedarf durch eine mögliche unterschiedliche Technologieauswahl in ländlichen und urbanen Gebieten hinsichtlich BEV oder FCEV wurde nicht getroffen, da noch nicht klar ist, ob mögliche Reichweitevorteile von FCEV in ländlichen Gebieten zu einer entsprechenden Nachfrage führen. Denn den möglichen Reichweitevorteilen von FCEV stehen lokale Eigenversorgung mittels Photovoltaik und eigener Ladeinfrastruktur bei BEV gegenüber, welche in ländlichen Regionen aufgrund eines leichteren Zugangs besser realisierbar sein können.

Allgemein wird aus dem Energiebedarf für MIV pro Person bzw. Bevölkerung deutlich, dass kreisfreie Städte einen eher reduzierten Bedarf im Vergleich zum Umland aufweisen. Lediglich Wolfsburg folgt diesem Muster hier nicht. Mögliche Erklärversuche bieten sich an: Standort eines großen Automobilherstellers, vermutlich hohe Zahl an Pendelverkehren/Ein- und Auspendler*innen und vermutlich vergleichsweise hoher Besatz an Ladeinfrastruktur.

Abbildung 4-26: Energiebedarf für MIV pro Landkreis für das Szenario 2030

Abbildung 4-27: Energiebedarf für MIV pro Person für das Szenario 2030

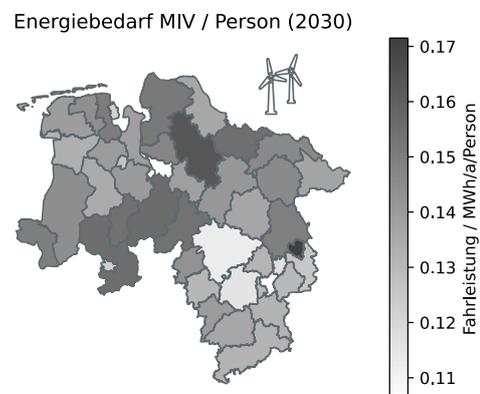
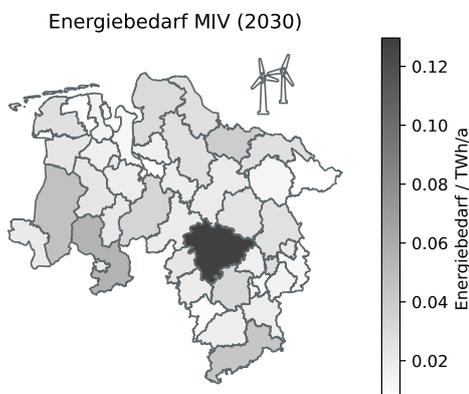


Abbildung 4-28: Energiebedarf für MIV pro Landkreis für das Szenario 2050a

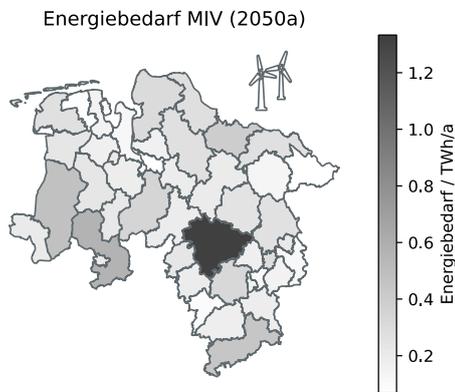


Abbildung 4-29: Energiebedarf für MIV pro Landkreis für das Szenario 2050b

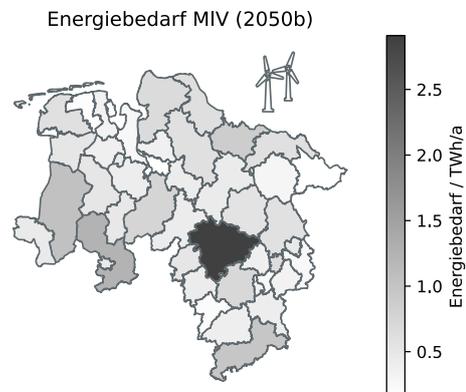


Abbildung 4-30: Energiebedarf für MIV pro Person für das Szenario 2050a.

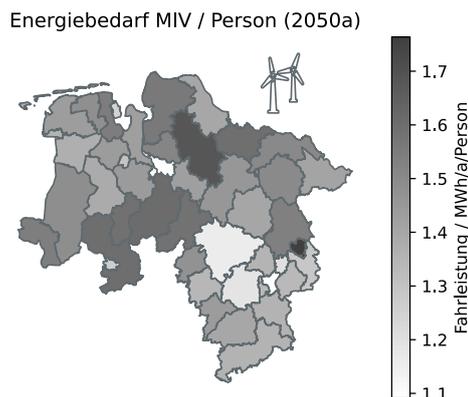
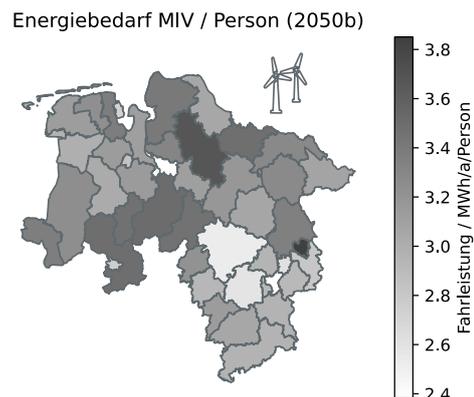


Abbildung 4-31: Energiebedarf für MIV pro Person für das Szenario 2050b.



4.6.9. Gesamtbilanz

Bei Verrechnung der Energiebedarfe aus dem Sektor Strom mit dem Bedarf aus der Mobilität MIV und den möglichen Erträgen ergeben sich die Bilanzen für das Szenario 2030 (Abbildung 4-32), das Szenario 2050a (Abbildung 4-31) und das Szenario 2050b (Abbildung 4-32). In Abbildung 4-35 und Abbildung 4-36 sind der Energiebedarf pro Fläche oder mit anderen Worten die Energieflächendichte für das Szenario 2050a bzw. für das Szenario 2050b aufgetragen. Da, abgesehen vom Energiebedarf für die Mobilität in beiden Szenarien die Bedingungen gleich sind, fallen im Szenario 2050b die Überschüsse kleiner aus, bzw. der ungedeckte Bedarf nimmt zu. Insbesondere Bevölkerungszentren stechen als Energiesenken besonders hervor. Um die Energiebilanz der Bevölkerungszentren auszugleichen, ist im Szenario 2050b das Umland stärker gefragt und es bleiben weniger Überschüsse übrig.

Unter Berücksichtigung des Mobilitätsbedarfes ergibt sich unter Berücksichtigung der bisherigen Annahmen eine Differenz zwischen Stromerzeugung und Energiebedarf von ca. 32 TWh Überschuss im Jahr 2030. Bei der Bilanz für das Szenario 2050a ergibt sich ein Überschuss von ca.

88 TWh und im Szenario 2050b von ca. 75 TWh unter Berücksichtigung der erneuerbaren Erträge an Land und flächenanteiligem Wind Offshore.

Abbildung 4-32: Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen (Strom und MIV) in Niedersachsen für das 2030

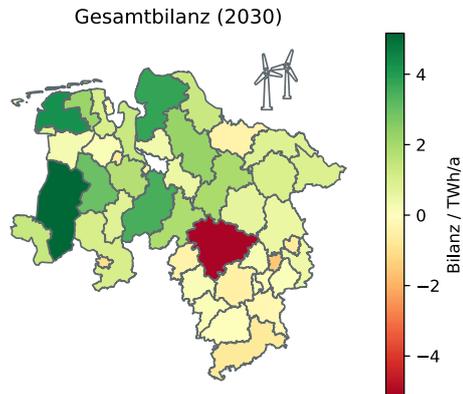


Abbildung 4-33: Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen (Strom und MIV) in Niedersachsen für das 2050a

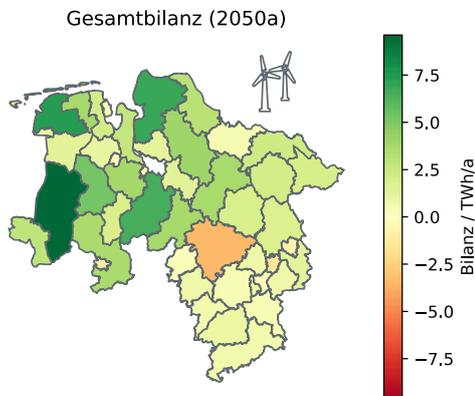


Abbildung 4-34: Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen (Strom und MIV) in Niedersachsen für das 2050b

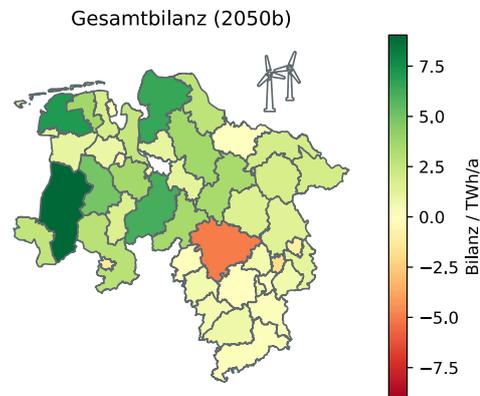


Abbildung 4-35: Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen (Strom und MIV) in Niedersachsen für das 2050b bezogen auf die Fläche des Landkreises bzw. der kreisfreien Stadt (Energiedichte).

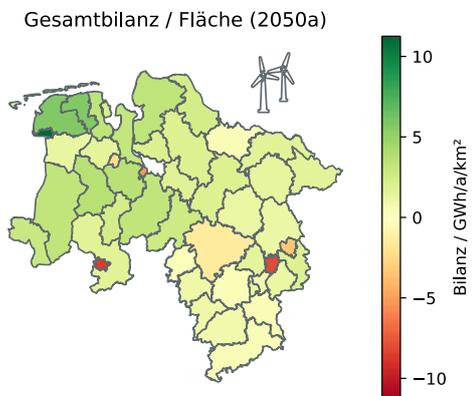
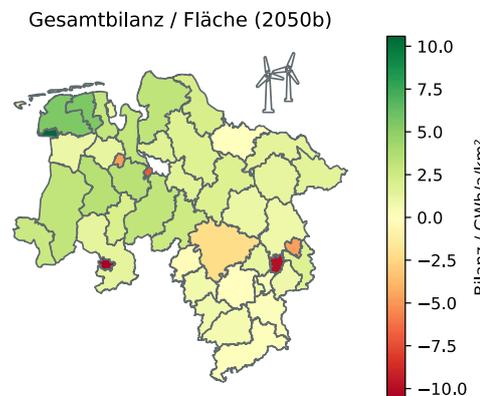


Abbildung 4-36: Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien und elektrischen Bedarfen (Strom und MIV) in Niedersachsen für das 2050b bezogen auf die Fläche des Landkreises bzw. der kreisfreien Stadt (Energiedichte).



4.6.10. Diskussion

Der genauere Blick auf die Bilanzen in 2030 und 2050 zeigt ein deutliches Gefälle zwischen dem Nordwesten und dem Südosten. Dieses Gefälle ist weder bei der Bevölkerungsdichte (siehe Abbildung 4-9) noch beim flächenbezogenen Energiebedarf für den Sektor Strom (siehe Abbildung 4-11) noch beim flächenbezogenen Energiebedarf für den Sektor Verkehr (siehe Abbildung 4-27) zu erkennen. Insbesondere küstennahe Regionen wie Emden, Wittmund oder Aurich haben eine hohe Wind Onshore Dichte. Zusätzlich haben westliche Regionen wie Cloppenburg, Vechta oder Emsland einen relativ hohen Anteil an Photovoltaik. Die Verteilung der Überschüsse stammt folglich aus der Verteilung erneuerbarer Erzeugungskapazitäten (siehe Abbildung 4-23).

Bei Betrachtung der Potentiale für Windenergie⁹³ und Solarenergie⁹⁴ stellt sich heraus, dass der Nordwesten einen Vorteil hinsichtlich des Windenergiepotentials gegenüber dem Rest Niedersachsens hat. Ein Vorteil beim Solarenergiepotential liegt hingegen eher im Südosten Niedersachsens. Vor dem Hintergrund der zitierten Jahresvolllaststunden (siehe Tabelle 4-1) ist davon auszugehen, dass der Nordwesten auch zukünftig die dominante Rolle bei der Energieversorgung behalten wird, sofern nicht ein massiver Ausbau der Photovoltaik und eine deutliche Reduzierung des Windausbaupotentials die bisherigen Bedingungen ändern. Möglicherweise stößt der Ausbau bei Wind Onshore auch in dem ein oder anderen Landkreis an die Ausbaugrenzen. Dadurch würden sich die Verhältnisse zukünftig ändern.

Laut dem Länderarbeitskreis Energiebilanzen belief sich 2017 der Gesamtenergiebedarf auf 252 TWh und für den Sektor Verkehr insgesamt auf 69 TWh. Dem steht ein Ertrag von ca. 55 TWh aus Erneuerbaren Energien gegenüber, bei dem flächenanteilig Wind Offshore Niedersachsen zugeordnet wurde. Am Gesamtenergiebedarf und dem Bedarf für den Sektor Verkehr wird sich bis 2050 noch viel ändern, insbesondere, weil in Zukunft andere Technologien wie Wasserstoff mit anderen Wirkungsgraden eingesetzt werden können. Anhand der hier entwickelten Szenarien bleibt bei Berücksichtigung der genannten Lasten ein Überschuss für 2030 und 2050 (siehe Tabelle 4-2). Der Vergleich mit den Zahlen aus 2017 zeigt aber deutlich, dass in den hier vorgestellten Szenarien für 2030 und 2050 nur ein Teil der Energiebedarfe diskutiert wurde und die Erträge in diesen Jahren zu zirka der Hälfte aufgebraucht werden.

Tabelle 4-2: Energiebilanzen, Fahrleistung mit Elektromobilität und Wirkungsgrad der Elektromobilität der Szenarien 2030, 2050a und 2050b und historische Zahlen des Referenzjahrs 2017 laut LAK Energiebilanzen⁹⁵

Jahr	2017	2030	2050a	2050b
Ertrag ⁹⁶ / TWh	55	89	151	151
Bedarf (Strom) / TWh	-50	-56	-52	-52
Elektrische Mobilität Fahrleistung / Mio. Pkm/Tag	-	197	203	203
Durchschnittlicher Wirkungsgrad / kWh/100km	-	150	150	327,5
Bedarf (MIV) /TWh	-	-1	-11	-24
Summe Energiebedarf/-überschuss / TWh	5	32	88	75

Die flächenbezogene Energiedichte (siehe Abbildung 4-35 bzw. Abbildung 4-36) ist in kreisfreien Städten mit hohen Bevölkerungsdichten, wie die Region Hannover, Oldenburg (Oldb.), Osnabrück, Braunschweig und Delmenhorst deutlich erhöht und somit sind diese Regionen gut zu erkennen. Diese Gebiete sind auch die Top fünf Regionen in Niedersachsen mit der größten Bevölkerungsdichte. Lediglich Emden kann durch die stark ausgebaute Windkraft eine positive Bilanz aufweisen. Derart dicht besiedelte Regionen beheimaten eine größere Anzahl an Menschen, was wiederum zu einem erhöhten Energiebedarf pro Fläche führt. Da in dicht besiedelten Gebieten weniger Freiflächen für Windenergieanlagen zur Verfügung stehen, ist in diesen Regionen der

⁹³ Global Wind Atlas 3.0, a free, web-based application developed, owned and operated by the Technical University of Denmark (DTU). The Global Wind Atlas 3.0 is released in partnership with the World Bank Group, utilizing data provided by Vortex, using funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://www.globalwindatlas.info/>

⁹⁴ Global Solar Atlas 2.0, a free, web-based application is developed and operated by the company Solargis s.r.o. on behalf of the World Bank Group, utilizing Solargis data, with funding provided by the Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). For additional information: <https://globalsolaratlas.info/>

⁹⁵ Länderarbeitskreis Energiebilanzen durch das Statistische Landesamt Bremen, Download Stand: 12.01.2021, <https://www.lak-energiebilanzen.de/eingabe-dynamisch/?a=e900>

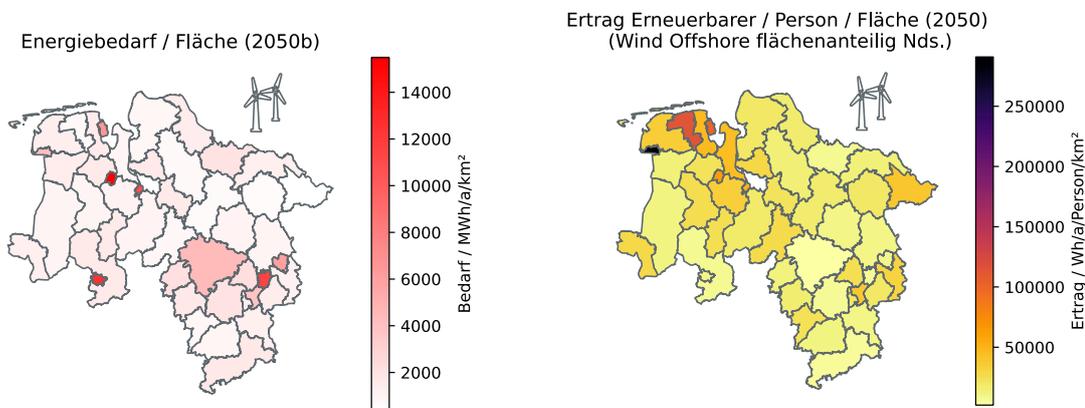
⁹⁶ Wind Offshore flächenanteilig

Anteil erneuerbarer Energien auch stark reduziert. Lediglich durch einen hohen Einsatz von Photovoltaik könnte dieser Umstand etwas kompensiert werden. Insgesamt ist aber zu erwarten, dass in urbanen Gebieten eine vollständige Eigenversorgung mit erneuerbaren Energien eher unwahrscheinlich ist und ein Bilanzausgleich durch Überschüsse aus dem Umland erfolgen muss. Diesem Umstand tragen die Netzbetreiber*innen heute bereits Rechnung und werden in Zukunft weiterhin die Energieversorgung sicherstellen.

Bei Betrachtung des Ertrags erneuerbarer Energien pro Personen und Fläche (siehe Abbildung 4-38) fällt auf, dass in Emden bereits sehr viel Erneuerbare Energien installiert wurden (vergleiche Abbildung 4-23) aber auch pro Einwohner*in viel für die Erzeugung Erneuerbarer Energien getan wurde. Auch in Wittmund und Wilhelmshaven wurde bereits viel in Erneuerbare Energie investiert. Oldenburg kann durch die großen Freiflächenanlagen einiges erreichen, die Bilanz aber nicht ausgleichen.

Abbildung 4-37: Energiebedarf pro Fläche / Bedarfsdichte für das Szenario 2050b

Abbildung 4-38: Ertrag Erneuerbarer Energien pro Person und Fläche für das Jahr 2050.



4.6.11. Ausblick

Vor dem Hintergrund, dass urbane Gebiete sich voraussichtlich auch in Zukunft nicht selbst ausreichend mit erneuerbaren Energien versorgen können werden, wird es zukünftig für umliegende ländlich geprägte Regionen wirtschaftliche Möglichkeiten geben. Dieser Umstand wird voraussichtlich nicht nur für die urbanen Gegenden in Niedersachsen, sondern auch für Bremen und Hamburg zum Tragen kommen.

Niedersachsen hat ein vergleichsweise geringes aber dennoch nicht zu vernachlässigendes Ertragspotential für Photovoltaik. Andererseits kommt Niedersachsen die geographische Lage im Norden Deutschlands mit dem hohen Potential für Windkraft Onshore wie auch Wind Offshore zugute. Der Zugang zur Nordsee erweist sich bereits jetzt als eine große Chance, zusätzlich Erneuerbare Energien zu gewinnen. Die Ausbauziele deuten bereits heute an, dass Niedersachsen eine Schlüsselrolle bei der Versorgung Deutschlands mit erneuerbaren Energien innehält und bei entsprechender Weiterentwicklung auch zukünftig einnehmen kann.

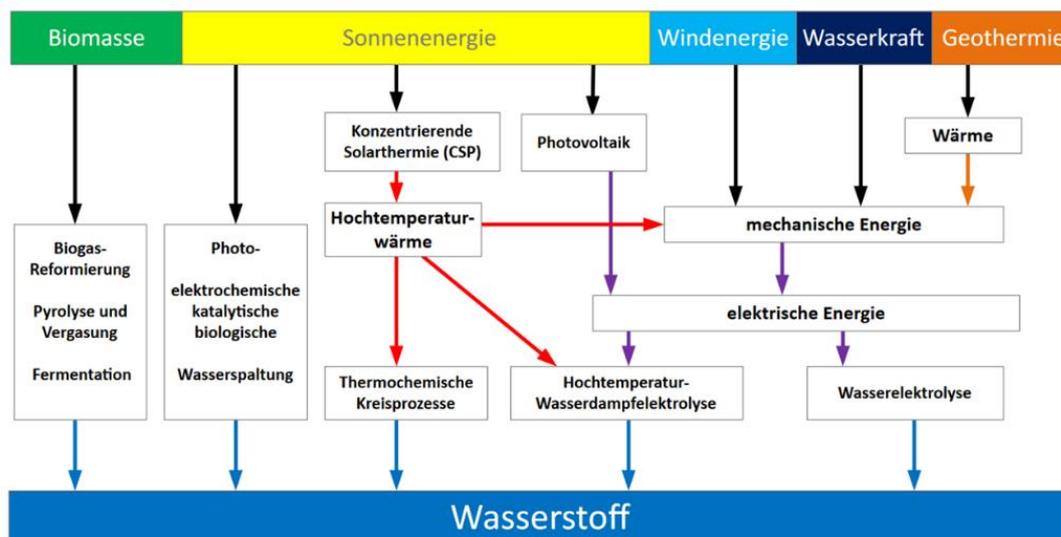
Nach Durchführung der Backcasting Analyse wird deutlich, dass bei Berücksichtigung der Mobilität mit Hilfe von Wind Offshore potentielle Überschüsse für den Export zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 4-32, Abbildung 4-33 und Abbildung 4-34). Dies wird ggf. nicht mehr erfüllt sein, wenn andere Sektoren in die Modellierung einbezogen werden. Entscheidend ist bei dabei insbesondere die Anrechnung der Wind Offshore. Zu beachten ist bei dieser Analyse insbesondere, dass beim Sektor Mobilität nur ein Teil des Bedarfs (MIV) und der Sektor Wärme gänzlich

nicht berücksichtigt wurden. Vor diesem Hintergrund gewinnen Investitionen in Netze und die Errichtung von Speicherkapazitäten z.B. in Form von grünem Wasserstoff in Zukunft an Bedeutung. Dies ist insbesondere wichtig, als dass damit Abregelungen vermieden und so die Potentiale erneuerbarer Energien vollständig ausgeschöpft werden könnten.

4.7. Wasserstoff als Energieträger für den Verkehrssektor

Wasserstoff gilt als ein fundamentaler Baustein für die Transformation des Energiesystems und der daraus resultierenden THG-Reduktion. Durch seinen hohen gravimetrischen Energiegehalt, die Möglichkeit der Gewinnung durch die Nutzung regenerativer Energien und der sauberen Verbrennung kann man ihn als einen zentralen Energievektor betrachten, der als Energie- und Materieträger sowohl als Speichermedium (u.a. zur zeitlichen Entkopplung) als auch als Reaktant genutzt werden kann.⁹⁷ So wird Wasserstoff aufgrund seiner etwa dreifach höheren gravimetrischen Energiedichte im Vergleich zu fossilen Brennstoffen perspektivisch sowohl im Mobilitäts- als auch im Wärme- und Energiesektor sowie in der chemischen Industrie eine maßgebliche Rolle spielen. Die nachhaltige Produktion von Wasserstoff lässt sich nur durch Einsatz erneuerbarer Energien realisieren (Abbildung 4-39).

Abbildung 4-39: Darstellung der verschiedenen Pfade zur Wasserstoffgewinnung aus erneuerbaren Energien.⁹⁸



Der aus erneuerbaren Energien erzeugte Wasserstoff wird als grüner Wasserstoff bezeichnet. Daneben gibt es noch grauen Wasserstoff (aus fossilen Energieträgern), blauen Wasserstoff (aus fossilen Energieträgern mit CCS, *carbon capture storage*) und türkisen Wasserstoff (aus thermischer Spaltung von Methan und festem Kohlenstoff als Nebenprodukt). Durch die Verfügbarkeit von Wasserstoff aus den diversen Quellen ließe sich schon heute die Infrastruktur für zukünftig ausschließlich grünen Wasserstoff auf- und ausbauen.

97 A) M. Balat, Potential importance of hydrogen as a future solution to environmental and transportation problems, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2008, 33, 4013-4029. B) J. Adolf, C. H. Balzer, J. Louis, U. Schabla, M. Fishedick, K. Arnold, A. Pastowski, D. Schüwer, *Energy of the future?: Sustainable mobility through fuel cells and H2; Shell hydrogen study*, Shell Deutschland Oil GmbH, 2017. C) P. P. Edwards, V. L. Kuznetsov, W. I. F. David, N. P. Brandon, *Hydrogen and fuel cells: Towards a sustainable energy future*, *Energy Policy*, 2008, 36, 4356-4362. D) J. Michalski, *Wasserstoffstudie Nordrhein-Westfalen*, Innovation Ministerium für Wirtschaft, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, 2019

⁹⁸ <https://www.dlr.de/content/de/downloads/publikationen/broschueren/2020/wasserstoffstudie-teil-1.html>; 25.03.2021

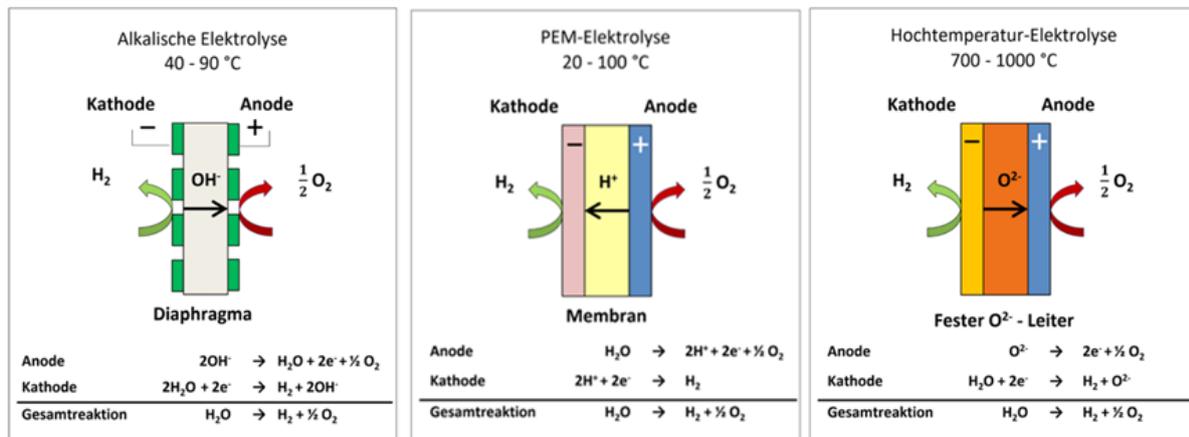
4.7.1. Erzeugung von Wasserstoff

Für die Erzeugung von grünem Wasserstoff stehen u.a. verschiedene Verfahren der Wasserelektrolyse zur Verfügung:

- Alkalische Elektrolyse (AEL)
- Protonen-Austausch-Membran-Elektrolyse (PEMEL)
- Hochtemperaturelektrolyse (HTEL)

Die *Abbildung 4-40* zeigt schematisch den Aufbau und das Funktionsprinzip der verschiedenen Elektrolysetechnologien (Links AEL, Mitte: PEMEL, Rechts: HTEL). Die Gesamtreaktion, die Spaltung von einem Mol Wasser in ein Mol Wasserstoff und 0,5 Mol Sauerstoff ist bei allen gleich. Dabei entsteht stets an der Kathode (negative Elektrode) Wasserstoff und an der Anode (positive Elektrode) Sauerstoff. Signifikante Unterschiede zeigen die Elektrolysetechnologien dagegen in der Betriebstemperatur sowie in der Art des Elektrolyten – und damit bei den transportierten Ladungsträgern. Die AEL ist die wohl ausgereifteste Technologie, die bereits 1927 in Norwegen in Betrieb genommen wurde. Die derzeit größte Anlage verfügt über eine Nennleistung von 156 MW. Nachteilig ist jedoch, dass bei dieser Form der Elektrolyse im Teillastbereich die Gasreinheit sinkt und vermehrt Degradationsprozesse auftreten.⁹⁹ Auch die Kaltstartphase der AEL ist mit etwa 50 Minuten relativ lang.¹⁰⁰

Abbildung 4-40 Aufbau und Funktionsprinzip der verschiedenen Elektrolysetechnologien (Links AEL, Mitte: PEMEL, Rechts: HTEL).



Bei der PEM-Elektrolyse handelt es sich um eine deutlich jüngere Technologie, die bereits kommerziell verfügbar ist. Die Nennleistung der aktuellsten Modelle liegt im zweistelligen Megawatt-Bereich.¹⁰¹ Die PEM-Elektrolyse ist für fluktuierende Stromquellen besser geeignet, da die weniger aufwändige Peripherie eine dynamischere Betriebsführung zulässt und zusätzlich eine hohe Reinheit, wie sie im Mobilitätssektor erforderlich ist, auch im Teil- und Überlastbetrieb erzeugt. Als Herausforderung ist hier der Bedarf an seltenen Erden zu nennen. Langfristig könnte die Iridium-Beladung von heute 0,667 g auf 0,05 g pro Kilowatt installierte Elektrolyseleistung gesenkt

99 J. Mitzel, K. A. Friedrich, Wasserstoff und Brennstoffzellen, Springer, 2019.

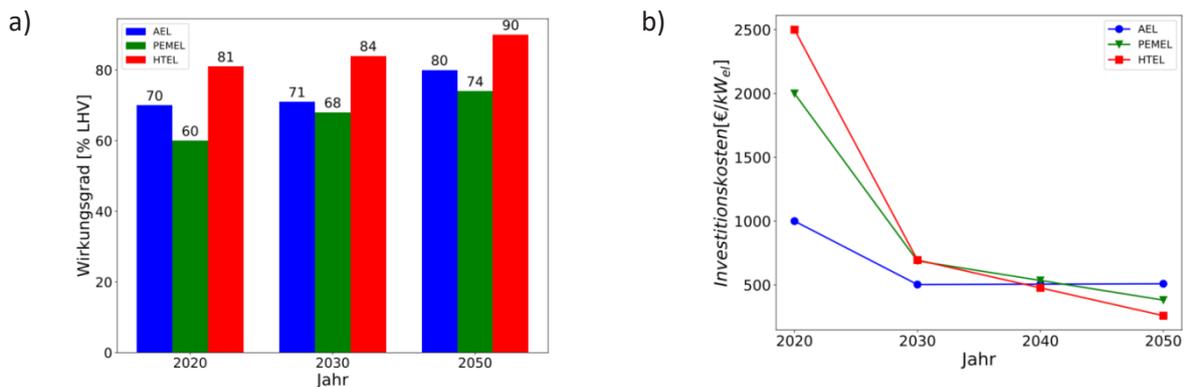
100 T. Smolinka, Studie IndWEde Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme, now-gmbh.de, 2018

101 SILYZER 300 Datenblatt, Siemens AG, Erlangen, 2018

werden.¹⁰² Alternativ werden derzeit neue Elektrodenmaterialien erforscht, die zudem günstiger als Iridium sind.

Die höheren Effizienzpotentiale, mit Wirkungsgraden bis zu 90%, sind der Vorteil der HTEL.¹⁰³ Zusätzlich ist die HTEL auch für die Kobalt-Elektrolyse und damit für die direkte Synthesegas-Erzeugung geeignet. Bisher gibt es nur Pilotanlagen, z.B. der Firma Sunfire bei denen die Wasserstoffherzeugungsraten bei 40 Nm³/h und einem spezifischen Energieaufwand von etwa 3,7 kWh/Nm³ liegen.¹⁰⁴ Das entspricht einer Leistungsaufnahme von 148 kW. Derzeit liegt die Kaltstartzeit des Systems noch bei mehreren Stunden, dies soll möglicherweise zukünftig auf etwa 1 Stunde abgesenkt werden können.¹⁰⁵ Abbildung 4-41 zeigt die prognostizierte Entwicklung Effizienz und Investitionskosten der verschiedenen Elektrolysetechnologien.¹⁰⁶ Optimierungspotenzial besteht bei allen Verfahren, wobei die Hochtemperaturelektrolyse bereits heute höhere Wirkungsgrade aufweist als die anderen beiden Technologien bis zum Jahr 2050 erreichen könnten. b) Prognostizierte Entwicklung der Investitionskosten der Elektrolysetechnologien. Die Grafik verdeutlicht, dass sich die derzeit hohen Preisunterschiede bereits innerhalb der nächsten zehn Jahre stark angleichen werden.¹⁰⁷

Abbildung 4-41: a) Prognostizierte Entwicklung der Effizienz der Elektrolysetechnologien.¹⁰⁸



102 T. Smolinka, Studie IndWEde Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme, now-gmbh.de, 2018

103 The Future of Hydrogen. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Seizing today's opportunities, International Energy Agency (IEA), Paris, 2019

104 J. Töpler, J. Lehmann, Wasserstoff und Brennstoffzelle: Technologien und Marktperspektiven, 2. Aufl. 2017 ed., Springer Berlin Heidelberg, Germany, 2017

105 T. Smolinka, Studie IndWEde Industrialisierung der Wasserelektrolyse in Deutschland: Chancen und Herausforderungen für nachhaltigen Wasserstoff für Verkehr, Strom und Wärme, now-gmbh.de, 2018

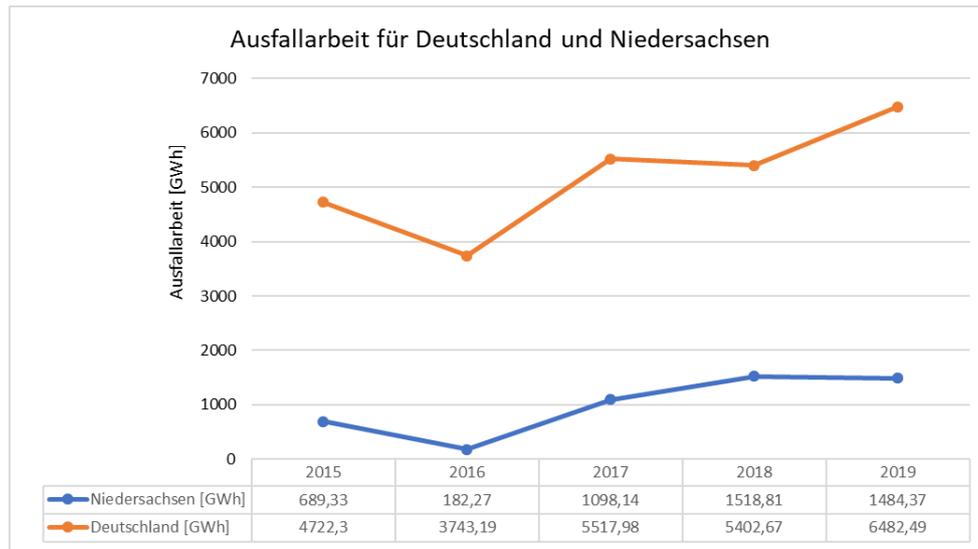
106 S. Milanzi, C. Spiller, B. Grosse, L. Hermann, J. Kochems, J. Müller-Kirchenbauer, Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens, Berlin, 2018

107 S. Milanzi, C. Spiller, B. Grosse, L. Hermann, J. Kochems, J. Müller-Kirchenbauer, Technischer Stand und Flexibilität des Power-to-Gas-Verfahrens, Berlin, 2018

108 The Future of Hydrogen. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Seizing today's opportunities, International Energy Agency (IEA), Paris, 2019

Derzeit lässt sich durch Elektrolyse 1 kg Wasserstoff mit etwa 55 kWh erzeugen.¹⁰⁹ Zur Erreichung der Klimaschutzziele und nachhaltigen Reduktion der THG-Emissionen sollte dieser dabei aus regenerativen Quellen stammen. Laut Bundesnetzagentur¹¹⁰ lag die Ausfallarbeit für Deutschland im Jahr 2019 bei 6483 GWh, für Niedersachsen bei 1484 GWh. Daraus ließen sich folglich für Deutschland ~117.000 t und für Niedersachsen etwa ~27.000 t pro Jahr erzeugen. Abbildung 4-42 zeigt die Entwicklung der Ausfallarbeit laut Bundesnetzagentur.

Abbildung 4-42: Ausfallarbeit laut Bundesnetzagentur aus der Verteilung der EinsMan-Maßnahmen nach Bundesländern.¹¹¹



Der Einsatz von Elektrolyse zum Ausgleich von Lastspitzen ist vor dem Hintergrund der mitunter langen Anlaufzeiten nicht sinnvoll. Außerdem sprechen hohe Investitionskosten gegen kurze Laufzeiten wie sie bei Lastspitzenkappungen nötig wären. Betreiber*innen würden bei den Investitionskosten auf lange Betriebszeiten und entsprechend große Jahresvolllaststunden setzen.

¹⁰⁹ <https://cleanenergypartnership.de/faq/wasserstoffproduktion-und-speicherung/>, 26.01.2021

¹¹⁰ https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html; 17.12.2020

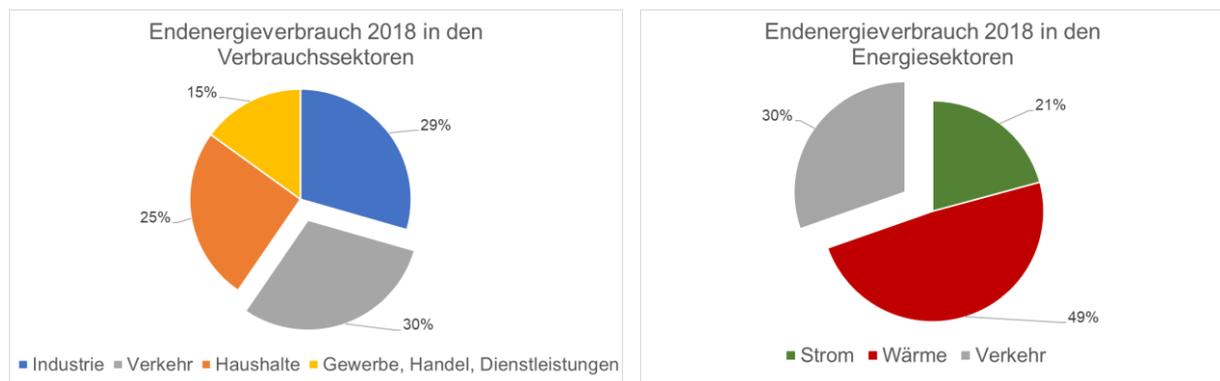
¹¹¹ https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Versorgungssicherheit/Netz_Systemsicherheit/Netz_Systemsicherheit_node.html; 17.12.2020

4.7.2. Speicherung von Wasserstoff

Da grüner Wasserstoff nicht nur im Verkehrs-, sondern in allen Sektoren eingesetzt werden kann und zur Reduktion der THG-Emissionen auch eingesetzt werden sollte ist mit einem enormen Synergiepotential der Wasserstofftechnologien und der dazugehörigen Infrastruktur zu rechnen.¹¹² Die geringe volumetrische Energiedichte von gasförmigem Wasserstoff bei Umgebungstemperatur führt zu Herausforderungen bei der Speicherung und dem Transport.¹¹³

Der Bedarf des Verkehrssektors hat in 2018 etwa 30% des Gesamtenergieverbrauchs in Deutschland betragen. Um dies perspektivisch bedienen zu können, müssen große Mengen Wasserstoff produziert und gespeichert werden, da Wasserstoff auch für die Erzeugung von Wärme, Strom und als Edukt in der chemischen Industrie benötigt wird. In Abbildung 4-43 sind die Endenergiebedarfe der Verbrauchs- und Energiesektoren für Deutschland in 2018 dargestellt. Es wird deutlich, dass der Verkehr, zusammen mit den Haushalten, einen bedeutenden Anteil am Gesamtverbrauch hat. Zusätzlich wird ersichtlich, wie groß die erforderlichen Energiemengen für einen sektorenübergreifenden Einsatz sind.¹¹⁴

Abbildung 4-43: Darstellung der Endenergiebedarfe der Verbrauchs- und Energiesektoren für Deutschland in 2018.



Salzkavernen sind ein möglicher Speicherort für große Mengen an Wasserstoff. Man nimmt an, dass das Abdichtvermögen und die inerten Eigenschaften des Steinsalzes eine Kontamination und den Austritt des Wasserstoffs verhindern.¹¹⁵

¹¹² J. Adolf, C. H. Balzer, J. Louis, U. Schabla, M. Fishedick, K. Arnold, A. Pastowski, D. Schüwer, Energy of the future?: Sustainable mobility through fuel cells and H₂; Shell hydrogen study, Shell Deutschland Oil GmbH, 2017.

¹¹³ A) J. O. Abe, A. P. I. Popoola, E. Ajenifuja, O. M. Popoola, Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation, International Journal of Hydrogen Energy, 2019, 44, 15072-15086; B) K. Mazloomi, C. Gomes, Hydrogen as an energy carrier: Prospects and challenges, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012, 16, 3024-3033.

¹¹⁴ Auswertungstabellen zur Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2018, AG Energiebilanzen e.V. (AGEB), 2020.

¹¹⁵ D. Caglayan, N. Weber, H. U. Heinrichs, J. Linßen, M. Robinius, P. A. Kukla, D. Stolten, Technical Potential of Salt Caverns for Hydrogen Storage in Europe, International Journal of Hydrogen Energy, 2019, 45, 6793-6805.

Abbildung 4-44: Darstellung der Lage der Salzstrukturen in Norddeutschland.¹¹⁶

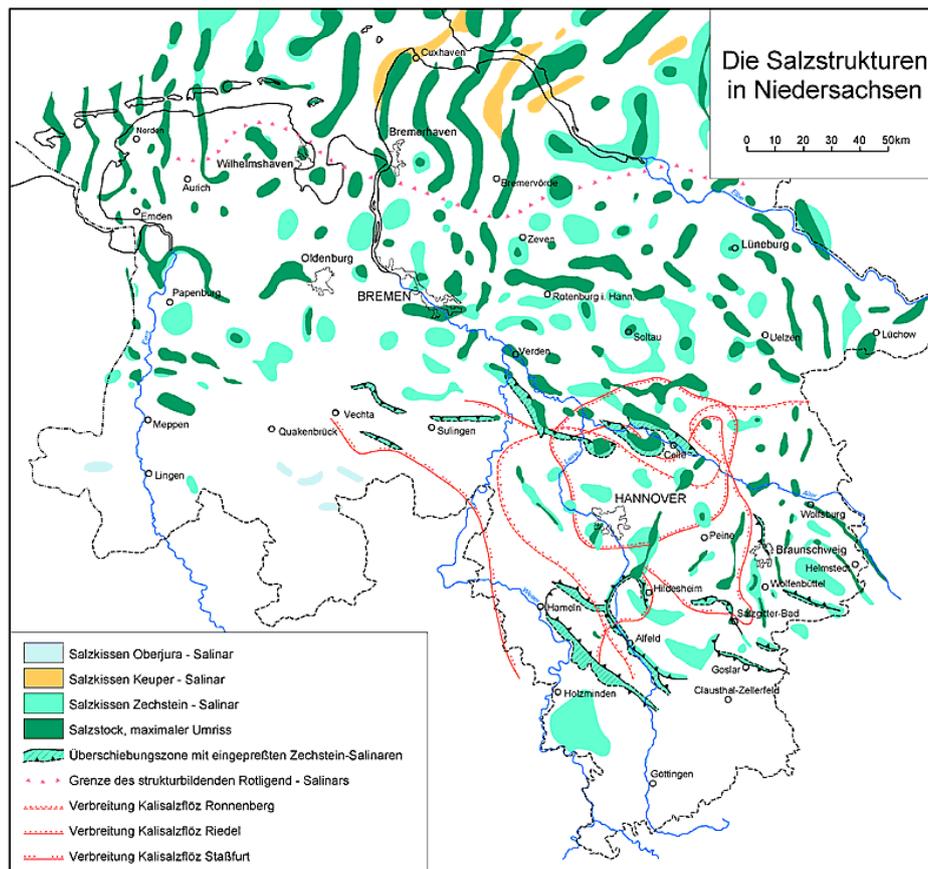


Abbildung 4-44 zeigt deutlich, dass in Norddeutschland ein großes Potential für die Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen vorhanden ist. Aber nicht nur für die Speicherung bieten sich im Nordwesten ausreichend große Potentiale, auch für die Erzeugung von regenerativen Energien durch Wind besteht ein Potential in einer Größenordnung von etwa 75 TWh. Die Erschließung und der Ausbau neuer Salzkavernen bedarf etwa einer Vorlaufzeit von zehn Jahren, so dass zunächst vorhandene Kavernen umgewidmet werden müssten. Dazu laufen derzeit Forschungsprojekte in Deutschland, um die Speicherung von Wasserstoff in Salzkavernen zu untersuchen.

Sinnvoll ist es den Ausbau der erneuerbaren Energien für die Herstellung von Wasserstoff in örtlicher Nähe zu geeigneten Salzstrukturen auszubauen, so dass die erzeugte Energie direkt konvertiert und gespeichert werden kann. Da die bereits vorhandenen Kavernen an das Gasnetz angebunden sind, kann so auch eine dezentrale Distribution des Wasserstoffs für Niedersachsen und das Bundesgebiet erfolgen.

Neben der Kavernenspeicherung verfügt auch das bereits vorhandene Erdgasnetz mit rund 40.000 km Verteilnetzen und einem Arbeitsgasvolumen von ca. 24,3 Milliarden Kubikmetern, dies entspricht etwa einem chemischen Energiegehalt von 270 TWh, über die größte Erdgasspeicherkapazität in Europa.

¹¹⁶ https://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/rohstoffe/salz/salzlagerstaetten-555.html; 17.12.2020

4.7.3. Verwendung von grünem Wasserstoff im Verkehrssektor

Für einen sinnvollen Einsatz von Wasserstoff ist eine Integration in das Gesamtenergiesystem unumgänglich. Dazu ist es notwendig, dass die Netze im ständigen Informationsaustausch zu allen anderen Komponenten des Gesamtsystems stehen (Erzeugung, Nutzung, Speicherung). Der Individualverkehr stellt nur einen Teil des Gesamtsystems dar, dabei kann Wasserstoff in nahezu allen Verkehrsträgern eingesetzt werden. Es kann sich sowohl um die direkte Verbrennung als auch um den Einsatz in der Brennstoffzelle handeln.

Im Bereich des Verkehrs befindet sich Wasserstoff noch am Anfang der Entwicklung. Anfang 2020 waren etwa 1.000 Fahrzeuge in Deutschland zugelassen.¹¹⁷ Dem gegenüber stehen derzeit etwa 92 von der H2Mobility¹¹⁸ betriebene Tankstellen, wie Herr Iwan bei dem Fachworkshop „Grüner Wasserstoff: Vehikel der Sektorenkopplung und Baustein für die Energiewende im Verkehr“. ¹¹⁹ Diese wurden zumeist durch Bundes- und EU-Förderung bezuschusst, um den Infrastrukturaufbau voranzutreiben. Die bestehenden Tankstellen sind mehrheitlich für Pkw ausgelegt. Der Einsatz im ÖPNV oder für kommunale Verkehrsbetriebe befindet sich derzeit noch in Projekten in Erprobung. Für die Betankung und Speicherung gelten weltweite Standards von 350 bar für Schwerlast- und Schienenverkehr, sowie 700 bar für Pkw und Anwendungen, die eine hohe Energiedichte auf begrenztem Raum benötigen.

Unter der hypothetischen Annahme, dass die durch die bereits anfallende Ausfallarbeit in Niedersachsen, oben genannten 27.000 t Wasserstoff vollständig dem Verkehrssektor zur Verfügung stünden und unter Berücksichtigung der durchschnittlichen Fahrleistung von etwa 12.237 km¹²⁰ pro Pkw könnten 220.642 dieser Fahrzeuge pro Jahr betrieben werden. Diese Hypothese berücksichtigt dabei nicht die Bedarfe der restlichen Sektoren.

Abbildung 4-45 zeigt die Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes am 01.01.2020.¹²¹ Der Anteil der Pkw im Fahrzeugbestand ist mit 82 % (4.812.978 Fahrzeuge), der mit Abstand größte Verkehrsträger, so dass grundsätzlich etwa 4,6 % dieser Fahrzeuge derzeit mit Wasserstoff betrieben werden könnten. Besondere Potentiale für den Einsatz von Wasserstoff bestehen im Schwerlastbereich. In Relation zum Szenario 2050b ist dies nur ein Fünftel der dort angenommenen Fahrzeuge. Dabei gilt weiterhin, dass erzeugter Strom am besten direkt genutzt werden sollte, bevor eine Konversion in einen anderen Energieträger erfolgt.

¹¹⁷ Kraftfahrt-Bundesamt, https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/b_jahresbilanz.html?nn=644526, 01.01.2020.

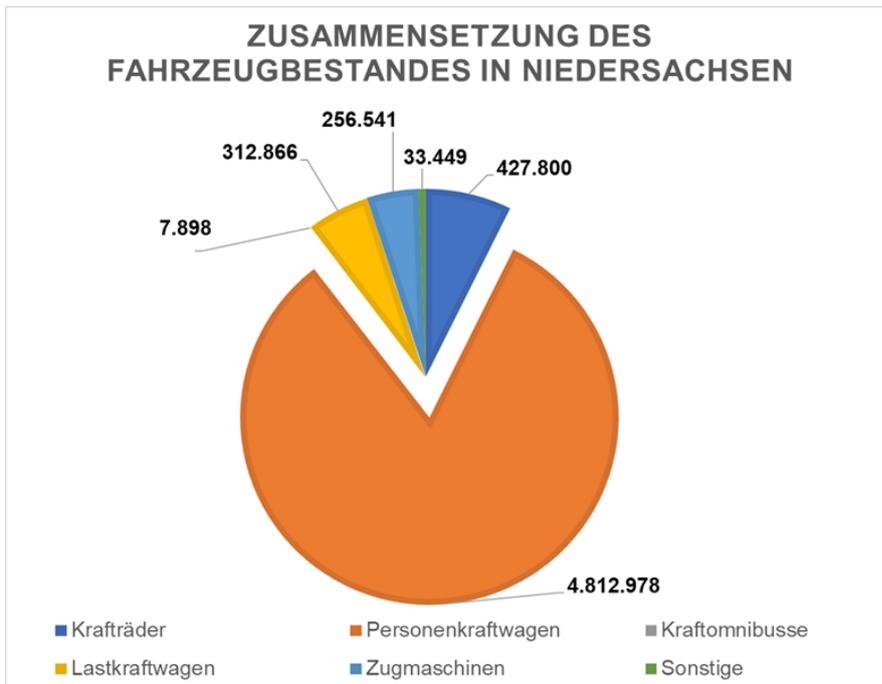
¹¹⁸ <https://h2.live/>, 29.03.2021

¹¹⁹ Nikolas Iwan, Vortrag 05.11.2020, Fachworkshop II „Grüner Wasserstoff: Vehikel der Sektorenkopplung und Baustein für die Energiewende im Verkehr,“; Die Rolle des Wasserstoffs bei der Verkehrswende

¹²⁰ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/644381/umfrage/fahrleistung-privater-pkw-in-deutschland-nach-bundesland/>, 28.03.2021

¹²¹ https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2016_2020/2020/Fahrzeugbestand/pm06_fz_bestand_pm_komplett.html, 27.03.2021

Abbildung 4-45: Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes für Niedersachsen am 01.01.2020 lt. Kraftfahrtbundesamt.¹²²



Wirkungsgrad für die Produktion von wasserstoffbasierten Treibstoffen

Abbildung 4-46 zeigt die Nutzung von erneuerbarem Strom für die Erzeugung von Wasserstoff als Kraftstoff und die dazugehörigen Wirkungsgrade mit optimistischen Kennwerten für 2050.¹²³ Die dargestellten Nutzungspfade zeigen die Wirkungsgrade für verschiedene Mobilitätskonzepte für Brennstoffzellenfahrzeuge (FCV), Verbrennungsmotoren (internal combustion engine; ICE), als Hybrid (ICEHyb), Plug-in-Hybrid (extended range electrical vehicle; EREV) und Vollelektrofahrzeuge (BEV) sowie den spezifischen Verbrauch der einzelnen Antriebsarten (modifiziert nach¹²⁴) für 2050 mit optimistischen Kennwerten. (1 Fahrzeugkilometer (Fkm) entspricht 1,5 Personenkilometer (Pkm)). Der in der Studie zugrunde liegende Wert für die Energieanalyse für das Szenario 2050b für den Anteil von 50% wasserstoffbasierten Treibstoffen (Wasserstoff (25%), synthetische Treibstoffe (25%)) wurden aus diesen Berechnungen entnommen. Zunächst wird für alle wasserstoffbasierten Antriebsarten durch Elektrolyse entsprechend Wasserstoff erzeugt. Dieser wird für FCEV in dezentralen Speichern zwischengelagert bevor er für den Einsatz in Pkw weiter komprimiert

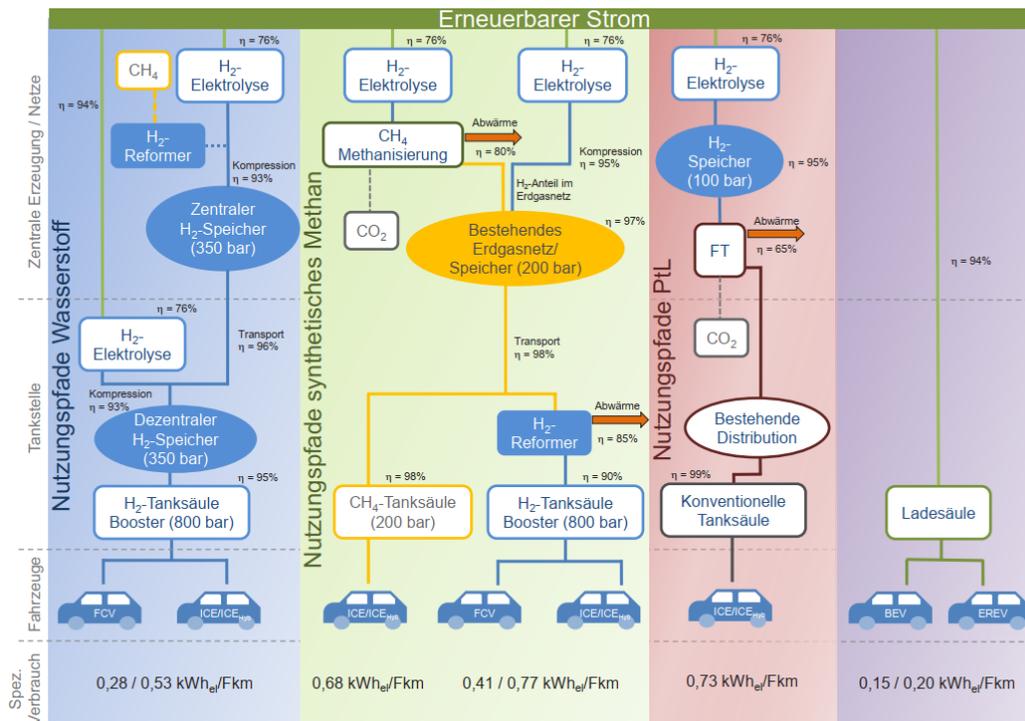
¹²² https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2016_2020/2020/Fahrzeugbestand/pm06_fz_bestand_pm_komplett.html, 27.03.2021

¹²³ J. Nitsch, T. Pregger, T. Naegler, D. Heide, D. L. de Tena, F. Trieb, Y. Scholz, K. Nienhaus, N. Gerhardt, M. Sterner, T. Trost, A. von Oehsen, R. Schwinn, C. Pape, H. Hahn, M. Wickert, B. Wenzel, Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – Schlussbericht, Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE), 2012

¹²⁴ J. Nitsch, T. Pregger, T. Naegler, D. Heide, D. L. de Tena, F. Trieb, Y. Scholz, K. Nienhaus, N. Gerhardt, M. Sterner, T. Trost, A. von Oehsen, R. Schwinn, C. Pape, H. Hahn, M. Wickert, B. Wenzel, Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global – Schlussbericht, Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE), 2012

wird. Wird der erzeugte Wasserstoff zunächst durch Methanisierung in Erdgas umgesetzt, so könnte die Speicherung durch das bestehende Erdgasnetz erfolgen. Für den Einsatz in FCEV bedarf es vor der Nutzung noch der Reformierung des Methans. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung von Wasserstoff für die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen (PtL – Power-to-Liquid). Synthetische Kraftstoffe könnten in der bestehenden Kraftstoffinfrastruktur eingesetzt werden, sind jedoch mit erheblichen Wirkungsgradverlusten sowohl in der Herstellung als auch in der Nutzung verbunden.

Abbildung 4-46 : Einsatz von erneuerbarem Strom in den verschiedenen Mobilitätskonzepten.



Synthetische Kraftstoffe

Durch den Ersatz von fossilen Treibstoffen durch synthetische Kraftstoffe lassen sich im Transportsektor erhebliche CO₂-Einsparungen, bis hin zur vollständigen Klimaneutralität, erreichen. Das bedeutet, dass idealerweise lediglich das zur Gewinnung genutzte CO₂ wieder emittiert wird. Dies leistet jedoch keinen aktiven Beitrag zur CO₂-Reduktion. Der zusätzliche Energiebedarf, der bei der Konvertierung aufgewendet werden muss, führt zwangsläufig zu geringen Effizienzen bei der Herstellung. Insbesondere in den Bereichen der Schiff- und Luftfahrt lassen sich die konventionellen Kraftstoffe aufgrund Ihrer hohen volumetrischen Energiedichte nicht ohne weiteres durch emissionsärmere Kombinationen von Antriebsart und regenerativen Kraftstoffen (z.B. H₂ und Brennstoffzellen oder batterieelektrische Antriebe) ersetzen. Aus Erneuerbaren Energien hergestellter Wasserstoff kann allerdings bereits jetzt einen Beitrag leisten bei der Veredelung von Kohlenwasserstoffen im konventionellen Prozess der Kraftstoffherstellung. Dieser wird teilweise bereits in vorangegangenen Schritten gewonnen, dies deckt jedoch nicht den Gesamtbedarf der Raffinerien.

Synthetische Kraftstoffe haben den Vorteil, dass sie problemlos in der bestehenden Infrastruktur genutzt werden können und keine Anpassungen bei Betankung, Lagerung u. ä. notwendig sind. Die hohen Energieverluste und Produktionskosten, sowie der Ausstoß von Treibhausgasen sind allerdings von Nachteil, so lässt sich eine Klimaneutralität nur erreichen, wenn das zur Herstellung

notwendige CO₂ aus der Luft oder nachwachsenden Quellen gewonnen wird.¹²⁵ Für die beiden elementaren Herstellungsverfahren, das Fischer-Tropsch Verfahren und die Umwandlung aus Estern und Fettsäuren, ist der Einsatz von grünem Wasserstoff und Abfall-Biomasse ideal.

Im Verkehrssektor wird bereits seit Jahrzehnten an der Nutzung von Wasserstoff geforscht – sowohl in Verbindung mit Brennstoffzellen als auch für die direkte Verbrennung. Im Folgenden werden die derzeit verfügbaren oder in Projekten entwickelten Fahrzeuge, sowie die dazu gehörigen Randbedingungen kurz benannt.

Fahrzeugflotte

Für den motorisierten Individualverkehr stehen bereits heute Serienmodelle zur Verfügung, wenn auch nur in geringer Stückzahl. Inwieweit die Technologie relevante Marktanteile erreichen kann, hängt an der preislichen Konkurrenzfähigkeit gegenüber weiteren alternativen Antrieben, dem Aufbau der dazugehörigen öffentlichen Tankstelleninfrastruktur und der Akzeptanz der Bevölkerung. Potentielle Einsatzgebiete von Brennstoffzellen-Pkw bestehen vor allem bei Anwendungen mit geringen Standzeiten (Mietwagen, Taxi) als auch für Langstreckenfahrten (Dienstfahrzeuge). Auch sind für eine erfolgreiche Marktdurchdringung Kostensenkungen von großer Bedeutung. In Anbetracht von Verfügbarkeit und Kosten des grünen Wasserstoffs und Fahrzeugen geht die Arbeitsgruppe 2 der Nationalen Plattform Mobilität von maximal 350.000 Brennstoffzellen-Pkw im Jahr 2030 in Deutschland aus. Dies entspricht nach heutigem Kenntnisstand weniger als 0,1 % der gesamten in Deutschland derzeit zugelassenen Pkw. Um eine substantielle Reduktion der THG- und Luftschadstoffemissionen des Pkw-Bestandes zu erreichen, müssen vor allem emissionsärmere bzw. -freie Antriebe zum Einsatz kommen. Derzeit zeigt sich ein Wachstum batterieelektrisch betriebener Fahrzeuge im Individualverkehr. Diese Annahmen wurden für das Szenario 2050b zugrunde gelegt und die Anteile an wasserstoffbetriebenen und auf wasserstoffbasierenden Treibstoffen entsprechend hoch gewählt.

Einsatz von Wasserstoff im ÖPNV

Der ÖPNV bietet ein sehr großes Potential für den Einsatz von Wasserstoff im Schienen- und Busverkehr. So können wasserstoffbetriebene Triebwagen auf bisher nicht elektrifizierten Strecken die konventionellen dieselbetriebenen Triebwagen ersetzen. Zusätzlich garantieren dabei der sehr gut planbare Einsatz und hohe Auslastungen eine langfristige und stabile Abnahme des Wasserstoffs. Dies ermöglicht eine kontinuierliche Erzeugung zu günstigeren Preisen. Im Busverkehr ist im Besonderen der Einsatz im urbanen Raum durch den emissionsfreien Betrieb sinnvoll. Dies ist bereits durch geringere Anpassung der betrieblichen Infrastruktur (Betriebshöfe, Werkstätten, Tankstellen) möglich, zieht aber eine relativ hohe Investition für die Betreiber*innen nach sich.

Einsatz von Wasserstoff im Wirtschaftsverkehr

Für den Schwerlastverkehr bietet sich der Einsatz von Wasserstoff zur Erhöhung der Reichweite an. Im schweren Fahrzeugsegment wird aktuell begonnen, die ersten Lkw zu betreiben. Der Ersatz von Dieselfahrzeugen im leichten und schweren Güterfahrzeugsegment könnte in Baden-Württemberg in 2030 eine Reduktion von etwa 7,3 % an den gesamten CO₂-Minderungen im Verkehr ausmachen.¹²⁶ Das Einsatzpotential von alternativen Technologien in diesem Sektor wird vorrangig über die Gesamtbetriebskosten bewertet, daher gelten hier die hohen Investitionskosten, die Tankstellenverfügbarkeit sowie hohe Instandhaltungs- und Kraftstoffkosten als Hemmnis.

125 Potentialatlas für Wasserstoff – Analyse des Marktpotentials für Wasserstoff, der mit erneuerbaren Strom hergestellt wird, im Raffineriesektor und im zukünftigen Mobilitätssektor, ENCON.Europe GmbH, 2018

126 U. Bünge, J. Michalski, J. Zerhusen, F. Borggreffe, T. Pregger, H. C. Gils, F. Kleiner, J. Pagenkopf, S. Schmid, Commercialization of hydrogen energy in Baden-Württemberg – Framework and perspectives, World of Energy Solutions (WES), 2015

Einsatz von Wasserstoff im Schiffs- und Luftverkehr

Wasserstoff im maritimen Sektor wird für den Personenverkehr erprobt. Aber auch für Frachtschiffe bietet sich Wasserstoff als Energieträger an. Dazu muss die Betankungsinfrastruktur in den Zielhäfen sichergestellt werden. Die benötigten Tanks für das Betreiben von Frachtschiffen nehmen noch deutlich größere Volumina ein als die Tanks für konventionelle Kraftstoffe, dies lässt sich nur durch effizientere Brennstoffzellensysteme kompensieren oder durch Tanksysteme auf Metallhydridbasis wie sie in U-Booten eingesetzt werden.¹²⁷

Mittels Wasserstoffs lässt sich anstelle von fossilem auch synthetisches Kerosin herstellen, das in der Luftfahrt genutzt werden kann. Mit Brennstoffzellen, als leisem und emissionsarmem Antrieb, lässt sich das Fliegen mit reinem Wasserstoff realisieren. Ebenso kann dieser für größere Flugzeugklassen durch die Nutzung angepasster Gasturbinen zur Dekarbonisierung des Flugverkehrs zu beitragen.

Wasserstoff Verbrauch pro Verkehrsträger

Exemplarisch sind in *Tabelle 4-3* die H₂-Verbräuche der verschiedenen Verkehrsmittel aufgezeigt. In Szenario 2050b wurde ein Anteil von 25% FCEV für den Individualverkehr (Pkw) angenommen. Für ein Szenario mit einer Variation aus den diversen Verkehrsmitteln steigen die Bedarfe durch die höheren H₂-Bedarfe von Bussen, Zügen und LKW.

Tabelle 4-3: H₂-Verbrauch verschiedener Verkehrsmittel für 100 km.

Verkehrsmittel	Kg H₂ pro 100 km
Pkw	1,0
Busse	8,5 - 10,5 ¹²⁸
Zug	30 - 32 ¹²⁹
Schwerlastverkehr (36 t)	8,0 ¹³⁰

Fazit zum Einsatz von Wasserstoff im Verkehrssektor

Wasserstoff kann in bedeutendem Maß zur Dekarbonisierung des Verkehrs beitragen, da er nicht nur in Brennstoffzellen, sondern auch in Verbrennungsmotoren und Turbinen eingesetzt werden kann. Bisher hat der Verkehr als einziger Sektor in Deutschland nicht zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beigetragen, europaweit sogar zugenommen.¹³¹ Bei der direkten Nutzung von

¹²⁷ <https://www.dlr.de/content/de/downloads/publikationen/broschueren/2020/wasserstoffstudie-teil-2.html>, 27.03.202

¹²⁸ https://www.xn--starterset-elektromobilitaet-4hc.de/content/1-Bausteine/5-OEPNV/nw_leitfaden_einfuehrung-wasserstoffbusse.pdf, 25.03.2021

¹²⁹ SCHOLZ, R.: Wasserstoff-Infrastruktur für die Schiene. NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie, 2016

¹³⁰ <https://www.hyundai.news/de/unternehmen/erste-brennstoffzellen-lkw-hyundai-xcient-fuel-cell-kommen-nach-europa/>, 25.03.2021

¹³¹ Statistical pocketbook 2019: EU transport in figures, European Commission, Luxemburg, 2019

Wasserstoff in Brennstoffzellen zeigen sich durch die kurze Betankungszeit Vorteile vor allem im Schwerlast- und Fernverkehr als auch bei Fahrzeugen mit dauerhaften Einsatzzeiten wie z.B. Mietwagen. Zusätzlich kann er als grüner Wasserstoff zu CO₂-neutralen Kraftstoffen beitragen, indem er bei der Herstellung synthetischer Kraftstoffe eingesetzt wird.¹³² Die Herstellung der synthetischen Kraftstoffe erfordert jedoch einen hohen Energiebedarf und jeder Konversionsschritt führt zu weiteren Effizienzverlusten (Abbildung 4-46). Wesentlich ist für alle Sektoren, dass der eingesetzte Wasserstoff aus regenerativen Quellen stammt. Die mangelnde Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff sollte aber nicht davon abhalten, die Infrastruktur auch heute schon für Wasserstoff als Sektorenkopplungselement vorzubereiten und auszubauen.

4.7.4. Zukünftiger Wasserstoffbedarf

In einer Studie des Fraunhofer ISE und ISI¹³³ wurden unter der Annahme verschiedener Szenarien die zukünftigen Wasserstoffbedarfe für Deutschland ermittelt.¹³⁴ Der Einsatz von Wasserstoff in allen Sektoren ist unumgänglich, wenn das Ziel von 95%-Treibhausgasreduktion erreicht werden soll. Bislang spielt Wasserstoff im Energiesektor nahezu noch keine Rolle. Der heute verwendete Wasserstoff wird fast ausschließlich aus fossilen Quellen hergestellt (ca. 70 Mio. t/a zzgl. 48 Mio. t/a als Beiprodukt).¹³⁵ Ca. 95 % dieses Wasserstoffs wird vor Ort produziert, so dass es bisher keinen signifikanten Transport von Wasserstoff gibt.

Die in *Tabelle 4-4* dargestellten Studien kommen zu unterschiedlichen zukünftigen Bedarfen an Wasserstoff. Dies ist darauf zurückzuführen, dass jeweils unterschiedliche Szenarien und Randbedingung angenommen wurden.

132 M. Balat, Potential importance of hydrogen as a future solution to environmental and transportation problems, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2008, 33, 4013-4029.

¹³³ Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und für System- und Innovationsforschung (ISI).

¹³⁴ https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf, 29.03.2021

¹³⁵ The Future of Hydrogen, Seizing today's opportunities. Final Report. International Energy Agency, Juni 2019. Web-Link: <https://webstore.iea.org/the-future-of-hydrogen>

Tabelle 4-4: Auflistung der Szenarien, mit Kurzbeschreibung sowie Angaben zu PtCH₄- und PtL-Nachfrage in Deutschland im Jahr 2050. (PtCH₄ – synthetisches Methan; PtL – synthetische Kraftstoffe; TR-Treibhausgasreduktion)¹³⁶

Studie	Szenario	Beschreibung	Wasserstoff Nachfrage 2050	Nachfrage PtCH ₄ und PtL in 2050
NOW (2018) ¹³⁷	S85 S90 S95	80-95 %-CO ₂ -Reduktionsziel in 2050, Stromimport generell möglich sowie Import synthetischer Kraftstoffe ab 2025	S85: 402 TWh S90: 522 TWh S95: 433 TWh	S85: 126 TWh gesamt S90: 230 TWh gesamt S95: 645 TWh gesamt
Dena (2018) ¹³⁸	EL95 TR95	EL95: Elektrifizierungsszenario mit 95-%-Reduktion TR95: Technologiemix-Szenario mit 95-%-Reduktion	TR80: 169 TWh H ₂ TR95: 169 TWh H ₂	EL95: 321 TWh PtCH ₄ und 43 TWh PtL TR95: 630 TWh PtCH ₄ und 108 TWh PtL
BDI (2018) ¹³⁹	95-%-Pfad	95-%-Reduktion	25 TWh	383 TWh PtCH ₄ PtL

Für die Ermittlung plausibler Wasserstoffbedarfe für das Jahr 2050 wurden zwei Szenarien angenommen. In Szenario A wird davon ausgegangen, dass alle Sektoren vollständig elektrifiziert werden. In Szenario B nimmt man an, dass auch größere Teile an stofflichen Energieträgern (PtCH₄, PtL) zum Einsatz kommen werden. Dazu hat das Fraunhofer-Institut diverse Studien analysiert und ist zu den in Tabelle 4-5 angegebenen Ergebnissen gelangt.

Tabelle 4-5: Plausible Bandbreiten für die Wasserstoff-Nachfrage und die Elektrolyse-Kapazität, für die Regionen Deutschland und EU, für die Jahre 2030 und 2050¹⁴⁰

Parameter	Region	2030		2050	
		Szenario A	Szenario B	Szenario A	Szenario B
Wasserstoff-Nachfrage (TWh)	Deutschland EU	4 30	20 140	250 800	800 2250
Elektrolyse-Kapazität (GW)	Deutschland EU	1 7	5 35	50 341	80 511

¹³⁶ https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf, 29.03.2021

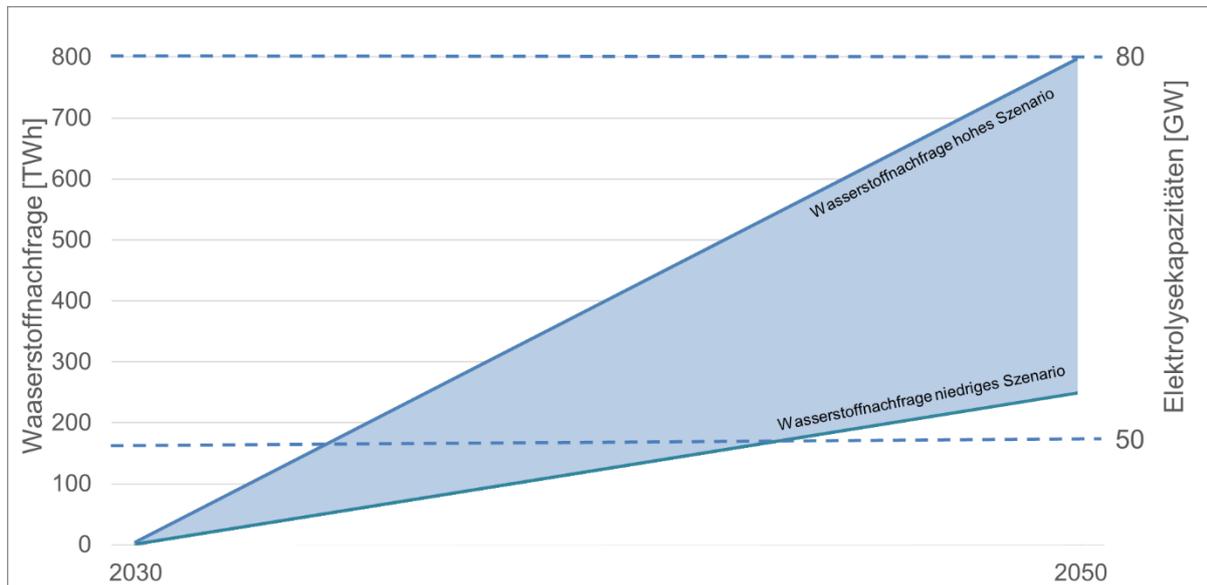
¹³⁷ IEK2050-Studie. Rechtliche Rahmenbedingungen für ein integriertes Energiekonzept 2050 und die Einbindung von EE-Kraftstoffen; Kurzfassung. Hg. v. Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie – NOW GmbH für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin, November 2018.

¹³⁸ dena-Leitstudie – Integrierte Energiewende. Deutsche Energie-Agentur, Berlin

¹³⁹ BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.), [Klimapfade für Deutschland. Studie im Auftrag des BDI durchgeführt von BCG und Prognos. BCG: Berlin](#)

¹⁴⁰ https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/2019-10_Fraunhofer_Wasserstoff-Roadmap_fuer_Deutschland.pdf, 29.03.2021

Abbildung 4-47 Plausible Bandbreiten für die Wasserstoffnachfrage und die Elektrolysekapazität in Deutschland für die Jahre 2030 und 2050.



Der Bedarf für die Mobilität wird nach Studienlage sehr unterschiedlich angegeben. Dies beruht u.a. auf der Unsicherheit im Hinblick auf die Kostenentwicklung, zusätzlich wird Wasserstoff auch für synthetische Kraftstoffe benötigt. Nach Abschätzungen des Fraunhofer ISE/ISI und der Studie der NOW ergibt sich für den Verkehr 2030 bzw. 2050 ein Gesamtbedarf (Pkw/Lkw) von 1-9 TWh für 2030 und 200-290 TWh für 2050. Damit Wasserstoff im Verkehr für die verschiedenen Verkehrsträger flächendeckend eingesetzt werden kann, bedarf es einer Reduktion des Wasserstoffpreises, schneller Genehmigungsketten für den Aufbau einer geeigneten Infrastruktur (Pipelines, Tankstellen, Großspeicher) für Pkw und Lkw sowie Anreize für die Fahrzeugnutzung zur Unterstützung (z.B. CO₂-Bepreisung) des Markthochlaufs.

5. Projektanalyse

Methodisches Vorgehen

Wichtiger Teil des Projekts „NeueWege“ war es, eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme vorhandener Projekte zur Förderung nachhaltiger Mobilität durchzuführen. Es wurden bereits durchgeführte Projekte identifiziert und grob charakterisiert, um einen allgemeinen Überblick zu erhalten und geeignete Indikatoren für die Projektauswahl zu bestimmen. Formale Kriterien waren, dass die Projekte grundlegend nachhaltige Mobilität thematisieren und Aktualität besitzen (Projektabschluss nicht mehr als sechs Jahre zurückliegend oder in naher Zukunft zum Abschluss kommend).

Zudem sollten die Projekte einen inhaltlichen Bezug zu Niedersachsen aufweisen bzw. in niedersächsischen Städten oder niedersächsischen ländlichen Regionen durchgeführt worden sein. Es zeigte sich jedoch, dass die wenigsten der identifizierten Projekte einen expliziten Bezug zu Niedersachsen hatten. Um sich bei der ersten intensiven Projektrecherche nicht zu stark einzuengen und dem großen inhaltlichen Spektrum gerecht zu werden, wurden daher zunächst auch überregionale Projekte berücksichtigt. Es konnten insgesamt über 200 Projekte identifiziert werden, die verschiedene Technologien (u.a. Wasserstoff, Elektromobilität), Räume (u.a. städtische, ländliche Räume) und Verkehrsmittel (u.a. Aktive Mobilität, ÖPNV, ÖPFV, MIV) thematisieren.

Ferner wurden neue Mobilitätskonzepte (Car- / Ridesharing, Micro-Mobility, multimodale Reiseplanung) und indirekte Mobilitätsaspekte (bspw. Ladeinfrastruktur) beleuchtet; all diese Aspekte sowohl in Projekten zum Personenverkehr. Es sollten inhaltlich demnach verschiedenste Bereiche abgedeckt werden.

Auch weitere Kriterien spielten eine Rolle, so war insbesondere die Sektorenkopplung von Interesse, da Projekte mit diesem Fokus mittelbar eine große Bedeutung für die Defossilisierung oder Dekarbonisierung des Verkehrssektors haben können. Neben umfangreichen Projekten mit guter Datengrundlage (bspw. hohe Teilnehmer*innenanzahl) wurden auch kleinere Projekte beachtet, die aufgrund ihres alternativen Ansatzes eine gewisse Signalwirkung ausstrahlen und auf diese Weise einen großen zu erwartenden Einfluss auf nachhaltige Mobilität erreichen. In diesem anfänglichen Schritt der Projektanalyse war somit alles darauf gerichtet, die Literatur dahingehend zu sichten und zu evaluieren, welche Projekte für eine eingehendere Analyse hinsichtlich Chancen und Hemmnissen in der Projektumsetzung in Frage kämen.

In dem darauffolgenden Schritt der Projektanalyse musste die Vielfalt an Projekten reduziert werden, als Anhaltspunkt sollten mindestens 15 niedersächsische und zehn überregionale Projekte bestimmt werden. Diese Reduktion geschah anhand von fünf Indikatoren. Wichtigstes Ziel und für alle Projekte erforderlich war die Reduktion der Treibhausgasemissionen (Indikator 1) durch das Projekt in möglichst großem Umfang. Wünschenswert war, dass dabei auf Erneuerbare Energien zurückgegriffen wurde (Indikator 2) und ebenfalls Potentiale für Sektorenkopplung (Indikator 3) bestünden, auch wenn am Beispiel der aktiven Mobilität in Form von Fuß- und Radverkehr deutlich wird, dass die Sektorenkopplung in manchen Fällen nicht sinnvoll umzusetzen ist. Die erforderliche Reproduzierbarkeit (Indikator 4) bedeutet, dass das Projekt möglichst auch in anderen Regionen Niedersachsens anwendbar und nicht allzu sehr an spezifische Lokalitäten gebunden sein darf. Die erforderliche Skalierbarkeit (Indikator 5) hingegen bedeutet, dass sich Maßnahmen aus dem Projekt möglichst auch in größerem Maßstab realisieren lassen müssen.

Als Ergebnis dieser vorläufigen Projektauswahl ergaben sich 18 niedersächsische Projekte und zehn überregionale Projekte. All diese Projekte wurden in Hinblick auf ihre Inhalte und Ziele sowie ihre zentralen Befunde hin analysiert. Es wurde zudem abstrahiert, welcher Bereich nachhaltiger Mobilität in dem Projekt adressiert wurde, z.B. welches Verkehrsmittel, welche Art der Region oder welche Technologie jeweils behandelt wurden. Zudem erfolgte eine zeitliche Verordnung

und eine Zusammenfassung von Informationen zu Methodik und Datengrundlage. Es wurde zudem eine erste Einschätzung, wie hoch die Relevanz für das Projekt „NeueWege“ ist, vorgenommen, wobei bspw. Überlegungen zur technischen Umsetzbarkeit, zur Ausführlichkeit und Datengrundlage des Projektes mit einfließen.

Im abschließenden Schritt der Projektanalyse in AP 1 wurden in Abstimmung mit den Auftraggeber*innen fünf niedersächsische Projekte ausgewählt, die in AP 3 vertieft untersucht werden. Die fünf Projekte sind EcoBus, NEMo, der eRadschnellweg Göttingen, 3connect und Hyways for Future.

Diese fünf Projekte wurden gewählt, da sie verschiedene Mobilitätsaspekte behandeln, bspw. die Erweiterung des bestehenden Verkehrssystems (EcoBus, NEMo) oder den Fahrradverkehr im Zusammenhang mit dem Umstieg vom Pkw auf das Fahrrad im Pendelverkehr (eRadschnellweg Göttingen). Aspekte der Sektorenkopplung (3connect) wurden zudem als Kriterium untersucht. Ferner wurde beachtet, Projekte aus dem ländlichen Raum (EcoBus, NEMo) einzubeziehen. Nachfolgend sind kurze Projektsteckbriefe der ausgewählten Projekte mit Projektbeschreibung und Problemstellung, Projektziel, Methodik und Durchführung, Hauptergebnissen und Handlungsempfehlungen dargestellt. Diese Projektsteckbriefe wurden einerseits anhand von Informationen der Abschlussberichte der jeweiligen Projekte erstellt, andererseits fließen Informationen, die durch Online-Interviews mit Ansprechpartner*innen gewonnen werden konnten, mit hinein.

Auf eine detailliertere Darstellung der Interviews wird verzichtet. Diese dienten vordergründig dazu, zusätzliche Informationen und Erfahrungen, die nicht in den Abschlussberichten dargestellt wurden, zu erfragen. Ein besonderer Fokus lag darauf, mit Hilfe von gezielten Fragen die Relevanz für das Projekt „NeueWege“ zu erfragen und zu bewerten. Interviews wurden mit Ansprechpartner*innen der Projekte EcoBus, NEMo, eRadschnellweg und 3connect durchgeführt. Das Projekt HyWays for Future muss weiterhin beachtet werden, jedoch ist das Projekt laufend bzw. beginnend, weswegen noch keine Ergebnisse und Empfehlungen darstellbar sind.

5.1. Projektsteckbriefe

Ecobus



Bildquelle, aufgerufen am 07.10.2020 um 08:25:00
Uhr: <https://www.ecobus.jetzt/ueber-das-projekt.html>

Projektbeschreibung und Problemstellung

Vorstellung und Ziel, dass Kleinbus bedarfsorientiert zu Nutzer*in im ländlichen Raum kommt und diese zu Ziel bringt (bspw. zu einer Linienstation). Gleichzeitig wird durch Bündelung von Fahrten und die Vermeidung von MIV umweltbewusster agiert. Somit angestrebter Wandel der Mobilität durch alternatives / erweitertes Verkehrssystem im ÖPNV und Verkehrsverlagerung.

Projektziel

Die Attraktivität des ÖPNV steigern, den MIV verringern (somit Energieeffizienz verbessern) und allgemein flexiblere Mobilität im ländlichen Raum schaffen. Somit Verbesserung des ländlichen Verkehrssystems und Erhöhung der Effizienz dessen durch den Einsatz nachfragegesteuerter Kleinbusse mit Poolingfunktion.

Methodik und Durchführung

Testgebiet waren zunächst die Region um die Gemeinde Kalefeld und Bad Gandersheim (südliches Niedersachsen), später auch der Harz. Implementierung des Systems und anschließende Auswertung der Daten hinsichtlich Pooling, Fahrzeiten und ähnlichen Variablen. Parallel dazu sozialwissenschaftliche Studien, um bspw. die Akzeptanz durch Nutzer*innen zu erfassen.

Untersuchung des Mobilitätsverhaltens (u.a. Art und Radius der Fortbewegung, Einstellung zu konventionellem ÖPNV, finanzielle Aspekte) der Einwohner*innen der Testregion Bad Gandersheim und Kalefeld. Bestandsaufnahme von Mobilitätscharakteristika durch schriftliche Haushaltsumfrage, wobei 10.000 Exemplare verteilt wurden. Zudem identische Umfrage in Online-Version möglich. Insgesamt 156 verwertbare Fragebögen (ca. ¼ davon online), damit repräsentiert die Stichprobe einen Anteil von weniger als 1% der Bevölkerung von Bad Gandersheim und Kalefeld (16.086 Einwohner*innen).

EcoBus

Koordinator*in

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation
Projekt EcoBus

Am Faßberg 17

37077 Göttingen

Tel.: 0551 - 99 78 99 78

E-Mail: info@ecobus.jetzt oder ecobus@ds.mpg.de

Ansprechpartner*in

Prof. Dr. Stephan Herminghaus
(Projektleiter)

Tel.: +49 551 5176-200

stephan.herminghaus@ds.mpg.de

Michael Patscheke (Mobilitätsmanager)

Tel.: 0551 5176-505

michael.patscheke@ds.mpg.de

Projektvolumen

Insgesamt 2,8 Mio. € Förderung, 800.000€ gehen auf Niedersachsen und davon die Hälfte auf die EU (EFRE) zurück.

Hauptergebnisse

In der Region Bad Gandersheim und Kalefeld konnte eine kontinuierliche Steigerung der täglichen Nutzer*innenzahlen beobachtet werden (zum Schluss viermal so viele Nutzer*innen wie zu Beginn). Knapp 6% der Bevölkerung (800 Personen) hatten abschließend ein Nutzer*innenkonto erstellt. Im Oberharz wurde bereits in der ersten Betriebswoche die Kapazität der vorhandenen Busse erreicht, später weitere Verfügbarkeit durch zusätzliche Busse und Fahrer*innen. Die Zahl der Nutzer*innenkonten stieg kontinuierlich weiter und entsprach am Ende der Pilotzeit (nach über sechs Monaten) 13% der Bevölkerung, also knapp 8.000 Personen. In beiden Piloträumen wurden in großem Maße Fahrten durchgeführt, die sonst mit dem Privat-Pkw oder gar nicht durchgeführt würden (spricht für eine Erhöhung der Mobilität). Dies verdeutlicht, dass das System funktioniert, derzeit ist es allerdings etwas teurer als der Linienverkehr. Die politische Finanzierung ist relevant (Annahme, dass für das Angebot eines EcoBus Systems ca. 15-30€ pro Bürger*in pro Jahr ausgegeben werden müssten).

Handlungsempfehlungen

Der Parallelverkehr von Ridepooling und Linienverkehr soll vermieden werden. Es sollte laut Projektbeteiligten, wie inzwischen bei Flexa Leipzig, fokussiert werden, eine Kombination aus Ridepooling als Nahbereichszubringer und Linienverkehr für die längere Strecke zu erreichen. Handlungsempfehlungen richten sich v.a. an die Politik zur Schaffung eines sicheren Rechtsrahmens und zur Finanzierung passender Projekte (es sollten nur Projekte gefördert werden, die nicht in Konkurrenz zum Linienverkehr stehen, sondern diesen unterstützen).

Zudem Entwicklungen zum autonomen Fahren im Zusammenhang mit den Projektgedanken sehr spannend (großer Posten für Ausgaben im Projekt bspw. Fahrer*innenkosten).

Chancen / Hemmnisse

Als ÖPNV-System hat das Projekt eine große Reichweite, schnellere Akzeptanz bei Erfolg, zudem u.a. als Europäisches Förderprogramm finanziell gesichert, dabei mögliche Bedeutsamkeit über Deutschland hinaus. Geringe Rücklaufquote bei Untersuchung des Mobilitätsverhaltens als Limitation. Bestehende Probleme des Formates Anrufbusses könnten erneut auftreten (wird EcoBus nicht ausreichend genutzt), hierbei ist aber zu beachten, dass sich Know-How (zu Digitalisierung / RideSharing) weiterentwickelt hat. In dem Projekt Flexa (Leipzig) wird mit dem Eco-Bus Algorithmus weitergearbeitet.

Projektlaufzeit

Projektstart im Juli 2017, Pilotphase im Sommer 2018, anschließend bis Ende Februar 2018 Pilotbetrieb mit bis zu zehn EcoBussen

Projektpartner*innen

Max-Planck-Gesellschaft, Regionalverband Großraum Braunschweig, DB Süd-niedersachsenbus, Europäische Union (europäischer Fonds für regionale Entwicklung), Europa für Niedersachsen (EFRE Fonds), ZVNS

Abschlussbericht

Auf Anfrage.

NEMo

Projektbeschreibung und Problemstellung

Erweiterung nachhaltiger und innovativer Mobilitätsdienstleistungen für den ländlichen Raum. Dies geschieht durch ein erweitertes Verkehrssystem mit Einbezug der Nutzer*innen (also Bürger*innen ländlichen Raumes) als Mobilitätsdienstleistende (u.a. durch Fahrgemeinschaften) in einer App („Fahrkreis“).

Projektziel

Private Personen sollen sowohl Nutzer*innen als auch Akteur*innen (also Fahrer*innen Mitfahrer*innen) darstellen. Zielgrößen sind die Verringerung von Energieverbrauch und Verkehrsaufkommen mit gleichzeitiger Erhöhung bzw. Verbesserung der Mobilität.

Methodik und Durchführung

Methodisch hervorzuheben ist der interdisziplinäre Ansatz, so wurden bspw. technische Entwicklungen durch Informatiker*innen, Anforderungserhebungen durch Sozialwissenschaftler*innen u sowie Rechtsfragen durch Jurist*innen behandelt. Des Weiteren fand eine Einbindung assoziierter Partner*innen statt, bspw. um Praxiszenarien umzusetzen.

Durchführung in den Modellregionen Landkreis Wesermarsch und Stadt Oldenburg. Insgesamt ca. 100-120 beteiligte Bürger*innen in den Feldversuchen sowie in der Modellregion, dem Landkreis Wesermarsch, ca. 25-30.

Allgemein wurden in den Modellregionen qualitative und quantitative Befragungen durchgeführt. In der Arbeitsgruppe Sozialtheorie wurden bspw. zunächst explorative Interviews durchgeführt. Anschließend wurden fünf Gruppengespräche mit je fünf Teilnehmer*innen (Alter 12-82 Jahre) zu Fragen der Alltagsmobilität mit besonderem Fokus auf Einstellung zur Nachhaltigkeit, Gemeinschaftsmobilität und Engagement-Aktivität zur Verbesserung der Mobilitätssituation geführt. Die Arbeitsgruppe Dienstleistungsmanagement führte zudem zwei Online-Umfragen durch (Raum Oldenburg, von Ende 2016 bis Anfang 2017 Befragung von 143

NEMo - Mobilität

Nachhaltige Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen im ländlichen Raum



Bildquelle, aufgerufen am 07.10.2020 um 08:39:00 Uhr:
<https://nemo-mobilitaet.de/blog/de/2020/09/03/nemo-abschlussbericht-nun-verfuegbar/>

NEMo – Nachhaltige Erfüllung von Mobilitätsbedürfnissen im ländlichen Raum

Koordinator*in

Prof. Dr.-Ing. Jorge Marx Gómez
(Verbundkoordinator)

jorge.marx.gomez@uol.de

Ansprechpartner*in

Johannes Schering

Tel.: +49 4417984784

johannes.schering@uni-oldenburg.de

Projektvolumen

VolkswagenStiftung förderte das Projekt mit ca. 1,53 Millionen Euro. Neben acht beteiligten Lehrstühlen wurde das Projekt durch eine Vielzahl assoziierter Partner*innen (Kommunen, Kammern, Unternehmen und weitere Forschungseinrichtungen) unterstützt.

Projektlaufzeit

März 2016 – März 2020

Personen, zweite Erhebung Mitte 2017 im Raum Wesermarsch mit 338 Befragten).

Hauptergebnisse

Hauptergebnisse sind die Mobilitätsplattform und die App. Dabei ist die Plattform flexibel und individualisierbar, in der Fahrkreis-App ist es zudem möglich spätere Fragestellungen zu integrieren.

Es zeigt sich, dass v.a. Fahrgemeinschaften in Familien-, Freundes- oder Kolleg*innenkreis stattfinden, wobei soziale Medien, das Telefon oder persönliche Absprachen Organisationsmedien sind. In der Wesermarsch-Umfrage zeigte sich, dass Fahrgemeinschaften eher mit Frauen und tagsüber gebildet werden. Zudem zeigte und bestätigte sich die wichtige Rolle des Autos als Fortbewegungsmittel im ländlichen Raum.

Handlungsempfehlungen

Integration der Bürger*innen als zukünftige Nutzer*innen sowie weiterer Stakeholder*innen und Expert*innen. Umsetzung in die Praxis möglicherweise durch die Einbindung in Organisationen (u.a. mit Schichtbetrieb, wo Personen zu gleichen Zeiten ihre Arbeit beginnen, was den Präsenzbetrieb sehr vorhersehbar macht).

Chancen / Hemmnisse

Akzeptanz durch individuelle Kostenersparnis denkbar, allerdings rechtliche Hürden (Haftungs- und Versicherungsfragen bei geteilten Fahrten von Fahrer*innen als auch Mitfahrer*innen, Sicherheit und auch datenschutzrechtliche Vorgaben) und Rolle des Vertrauens zu beachten. Die Anwendung der derzeitigen App benötigt zudem eine permanente Internetverbindung, was als ein Hemmnis gewertet wird, da diese (im ländlichen Raum) nicht immer gegeben ist. Zudem finanzieller Aufwand für erfolgreiche Umsetzung des Projektes als Hemmnis. Befragte gaben als Nutzungshemmnisse soziale Hemmnisse, Sicherheitsbedenken sowie den Aufwand für Umwege an. Chancen sind die Förderung der Mobilität im ländlichen Raum durch Einbindung der Bürger*innen und dabei auch die Reduktion von Emissionen und die bessere Auslastung von Pkws durch geteilte Fahrten.

Projektpartner*innen

Universität Oldenburg, Universität Vechta, TU Braunschweig,

gefördert vom Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur, VolkswagenStiftung und DLR (Übertragung auf die Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM))

Abschlussbericht

https://nemo-mobilitaet.de/blog/wp-content/uploads/2020/08/20200823_NEMo-Abschlussbericht.pdf

eRadschnellweg

Projektbeschreibung und Problemstellung

Erweitertes Verkehrssystem mit Fokus auf Radverkehr, Akzeptanz von Pedelecs im Berufsverkehr.

Projektziel

Das Fahrradfahren in Göttingen sicher und attraktiv durch Fahrradstraßen gestalten. Die Stadt unterstützt damit den Umstieg auf das umweltfreundliche Rad und leistet einen Beitrag zur Verkehrsberuhigung in anliegenden Wohngebieten. Zielgruppe sind Pendler*innen (insbesondere Berufspendler*innen sowie Student*innen). Zielgrößen sind der Umstieg vom Pkw auf das Zweirad (Entlastung des (Pendler*innen)Verkehrs), d.h. neue Nutzer*innengruppen für die Zweiradelektromobilität anzusprechen und das (automobile) Verkehrsaufkommen zu verringern.

Methodik und Durchführung

Die Verkehrsplanung folgt grundsätzlich einem festen Muster, für den Radschnellweg wurde davon nicht abgewichen bzw. keine besondere Methodik eingesetzt. Es wurde keine Nutzer*innenbefragung durchgeführt, aber im Rahmen einer alle zwei Jahre stattfindenden Befragung des ADFC (sog. Fahrradklimatest) konnte die subjektive Stimmung und Zufriedenheit der Nutzer*innen erfragt werden.

Zudem Feldtest zur Akzeptanz von Pedelecs zum beruflichen Pendeln durch das Forschungsprojekt „Umstiege erleichtern“ durch die Sustainable Mobility Research Group der Universität Göttingen. In diesem Feldtest bekamen 20 Proband*innen jeweils für acht Wochen ein Pedelec zur Verfügung gestellt. Des Weiteren drei Umfragen mit den Proband*innen, um Gründe und Motivation für möglichen Umstieg zu klären.

Durchführung in Göttingen, vom Göttinger Bahnhof zu verschiedenen Arbeitsplatzschwerpunkten (Universitätsklinikum und große universitäre Einrichtungen). Dadurch konnten auch viele Student*innen erreicht werden.



Bildquelle, aus Abschlussbericht, aufgerufen am 07.10.2020 um 13:55:00 Uhr

eRadschnellweg Göttingen

Koordinator*in

Forschungsprojekt Universität Göttingen / Sustainable Mobility Research Group

Ansprechpartner*in

Sören Koss / Norman Krieger (Specialist Services in Traffic Planning City of Göttingen)

s.koss@goettingen.de

n.krieger@goettingen.de

Projektvolumen

Förderung der Umsetzung aller Projekte durch den Bund mit bis zu 50 Mio. € je Schaufenster, zusätzliche Fördermittel durch die jeweiligen Bundesländer,

Kosten des vier Kilometer langen eRadschnellweges belaufen sich auf ca. 1,8 Mio. €, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung steuerte 1 Mio. € bei, Stadt Göttingen trug 600.000 € und Landkreis Göttingen 120.000€ (diese Zahlen alle Stand 13. Juni 2013).

Hauptergebnisse

Hohe Akzeptanz des eRadschnellweges bei den Verkehrsteilnehmer*innen, zudem stellt der eRadschnellweg einen Sicherheitsgewinn dar. Des Weiteren kann durch den eRadschnellweg eine Reisezeitersparnis für den Radverkehr erreicht werden. Durch das Projekt konnte gezeigt werden, dass mit Überzeugungsarbeit auch neue Infrastrukturelemente realisiert werden können und Skepsis mit etwas Arbeit überwunden werden kann. Zudem wird deutlich, dass dieses und ähnliche Projekte (mit der vorhandenen Förderung) finanzier- und realisierbar sind. Die Herstellung adäquater Infrastruktur (bspw. ebener Belag mit geringem Rollwiderstand, konfliktarme Wegführung, ausreichende Querschnittsbreiten) ist notwendig, um Radfahren zügig und sicher zu ermöglichen.

Handlungsempfehlungen

Aus dem Radverkehrsentwicklungsplan geht hervor, dass der eRadschnellweg Maßstab für künftige Maßnahmen ist, bspw. für eine Erweiterung. Ein darüber hinausgehendes Potenzial für Radschnellwege wird in Stadt-Umland Verbindungen nicht gesehen, da die Errichtung erst bei hoher zu erwartender Nutzung sinnvoll erscheint. Abseits der bisherigen Verbindungen könne laut Bericht keine ausreichende Anzahl an Nutzer*innen erreicht werden.¹⁴¹

Chancen / Hemmnisse

Eine Erweiterung des eRadschnellweges (Richtung Rosdorf¹⁴²) spricht für den Erfolg im städtischen Kontext. Ein Hemmnis ist der große finanzielle Aufwand, um den hohen Standard des Radschnellweges zu schaffen bzw. zu erhalten, zudem Berücksichtigung verschiedener Eigentümer*innen relevant (allgemeiner Aspekt der Straßenplanung). Eine Chance bzw. ein Vorteil ist die Verkehrsverlagerung zugunsten des Radverkehrs. Die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch die Reduktion der Zahl der Unfälle ist von besonderer Wichtigkeit.

Projektlaufzeit

Juni 2013 – Frühling 2016

Projektpartner*innen

Teil des Projektes „Schaufenster Elektromobilität“, Akteur*innen sind die Stadt Göttingen (als Konsortialpartner) und Durchführung des begleitenden Forschungsprojektes durch die „Sustainable Mobility Research Group“ der Universität Göttingen

Stadt Aachen, Stadt Herzogenrath, Parkstad Limburg, Provinzie Limburg, Gemeinde Heerlen, Beleaf Kerkrade

Abschlussbericht

<https://www.mw.niedersachsen.de/download/108947>

¹⁴¹ Siehe auch nachfolgende Veröffentlichung mit Handlungsempfehlungen: „Das FGSV-Arbeitspapier zu Radschnellverbindungen“, <https://www.fgsv.de/gremien/strassenentwurf/fussgaenger-radverke/254-radschnellverbindungen.html>

¹⁴² <https://www.goettingen.de/leben/mobilitaet/radfahren.html>

3connect



Bildquelle, aufgerufen am 21.09.2020 um 13:55:00
Uhr: <http://www.3connect-projekt.de>

Projektbeschreibung und Problemstellung

Drei verschiedene Hubs zu gewerblicher Elektromobilität in Energienetzen und Smart Grids, E-Nutzfahrzeugen und Pkw in der gewerblichen Nutzung sowie verschiedene Fahrzeugeinbindung in ganzheitliche Mobilitäts- und Plattformkonzepte. Zusammengefasst werden Energie-/ Verkehrssystem bzw. -markt beleuchtet sowie Smart Traffic und Smart Grid (mittels Informations- und Kommunikationstechnologie).

Projektziel

Entwicklung von Algorithmen, Schnittstellen und Standards zur interoperablen Vernetzung der Sektoren (u.a. gewerbliche Mobilität, Stromnetz und Fahrzeugtechnologie). Zielgrößen sind gesenkter Energieverbrauch bzw. gesteigerte Energieeffizienz. Zudem wurde eine E-Mobilitätsplattform angestrebt, mit Integration von E-Car-sharing, E-Taxi, E-Fahrräder und Ladesäulen in ÖPNV und Stromnetz.

Methodik und Durchführung

Es wurden verschiedene Feldversuche in den drei Hubs durchgeführt. In Aachen lag der Fokus auf Flottenlogistik, bspw. wurde mit elektrisch betriebenen Flotten der Stadt Aachen gearbeitet. Zudem wurden Datenübertragung und Second Life Batterien untersucht. Im Allgäu wurden E-Gewerbeflotten und Landwirtschaft untersucht, hier beschreibt das youtube Video¹⁴³ die Stichprobe (Hof von Herrn Josef Eldracher) und Durchführung. In Osnabrück schließlich Durchführung von ethnografischen Interviews (leitfadengestützt, teilstandardisiert) mit jeweils zehn Personen aus Berlin und Osnabrück für ca. 90-120 Minuten zu Lebenswelten und (Mobilitäts-)Wünschen sowie Herausforderungen und Problemen. Auswahl der Teilnehmer*innen erfolgte über ein Schneeballsystem. Zudem bei Entwicklung der 3connect App Fokus auf Usability, daher Nutzung von Use Cases mit User Stories.

3connect

Koordinator*in

Konsortialführer smartlab Innovationsgesellschaft mbH,
Geschäftsführer Dr. Mark Steffen Walcher

Ansprechpartner*in

Moritz Dickelage
Abteilungsleiter Betrieb
Tel.: +49 241 181-1900
info@smartlab-gmbh.de

Projektvolumen

ca. 13 Mio. € über drei Jahre, verteilt auf 18 Konsortialpartner

Projektlaufzeit

Januar 2016-März 2019

Projektpartner*innen

Teil des vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten Programms „IKT für Elektromobilität III“

¹⁴³ <https://www.youtube.com/watch?v=jE-4owcyj0w>

Hauptergebnisse

Aachen: flexible Möglichkeit zur Second Life Nutzung von gebrauchten Batterien, dies durch eine transportable Containerbatterie, die direkt an die Leitwarte angeschlossen ist.

Allgäu: Energiemanagementsystem (EMS) mit intuitiver Benutzer*innenoberfläche sowohl für Landwirtschaft als auch Gewerbetritten, um so die unterschiedlichen Systeme anzusteuern und bspw. Energiebedarf durch das System prognostizieren zu lassen. Optimiertes Lade- und Lastmanagementsystem, Pooling von Fahrzeugen ermöglichte die Substituierung von Fahrzeugen. Im Bezug zur Landwirtschaft konnten die Batterie des Hybridtraktors und weitere flexible Verbraucher*innen integriert werden und so die Eigenverbrauchsquote erhöht werden. Die Integration einer elektrifizierten Landmaschine in die Struktur eines landwirtschaftlichen Betriebs wurde prinzipiell gezeigt und empfiehlt sich als zukunftsweisende Nutzungsoption.

Osnabrück: Entwicklung einer multimodalen Mobilitätsplattform (mit ÖPNV, Carsharing, Pedelec-Verleihsystem, Ladesäulen und E-Shuttle) und somit Reservierung bzw. Buchung verschiedener Verkehrsmittel gebündelt auf einer Plattform. Ergebnisse der Interviews legen den Schluss nahe, dass „quantitative oder mit Expertinnen und Experten geführte Interviews die Wünsche, Befürchtungen und Ideen der Bevölkerung nicht adäquat wiedergeben und somit verkehrspolitische Entscheidungen die Gefahr bergen, auf Unverständnis oder Widerstand der Bevölkerung zu stoßen“.

Handlungsempfehlungen

Aus dem Abschlussbericht (hier Fokus auf Hub Osnabrück) geht hervor, dass die hohen Anschaffungskosten und mangelnde Infrastruktur von Lademöglichkeiten bisher zu einer Investitionsblockade führten. Um dies zu überwinden, wird empfohlen, eine Kooperationsstruktur von Mobilitäts- und Energieanbieter*innen zu organisieren.

Chancen / Hemmnisse

Eine Chance ist der Fokus auf Emissionsreduktion, bspw. die weitere oder mehrfache Anwendung von Batterien aus Fahrzeugen in Scootern (downcycling, Second Life Batterien). Ein Hemmnis könnte allerdings sein, dass das Projekt recht breit aufgestellt war und es rechtliche Hürden gibt. Außerdem können finanzielle Aspekte hinderlich sein, bspw. haben E-Fahrzeuge einen hohen Anschaffungs- und niedrigen Bestandspreis, was nicht ideal für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ist.

Konsortialpartner*innen:
ABB, ABT, AÜW, cantamen, Ha-Con, Hochschule Kempten, innoZ, John Deere, KEO, Mennekes, NGM, regio iT, RWTH Aachen Universität, Schleupen AG, STAWAG, Stadtwerke Osnabrück, Streetscooter

Abschlussbericht

Auf Anfrage.

5.2. Fazit Projektanalyse

Die durchgeführten Interviews mit Projektleitern von vier ausgewählten Projekten und die dazu vorliegenden Abschlussberichte helfen, Ergebnisse der Projekte zu aggregieren und Empfehlungen abzuleiten. Insbesondere Chancen und Hemmnisse der Projekte können helfen, um das zukünftige Vorgehen zu strukturieren. Die Ergebnisse und Erfahrungen bestehender Projekte sollen eine erfolgreiche Umsetzung weiterer Projekte mit dem Fokus nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen begünstigen.

Im Zusammenhang mit dem Projekt EcoBus stellten sich insbesondere Fragen, inwieweit ein solches Projekt dauerhaft umsetzbar ist. Neue Bedienformen benötigen die Einbettung in bestehende Mobilitätskonzepte. Im ländlichen Raum ist der ÖPNV oftmals nur geringfügig ausgelastet, viele Haushalte besitzen mehrere Fahrzeuge. EcoBus ist ein Projekt, welches aktiv auf die Flexibilität und bessere Auslastung im ÖPNV ausgerichtet war. Als Zubringer zum ÖPNV verfolgte dieses Projekt einen wichtigen Fokus, die weitläufige Nutzung des Angebots spricht für die Annahme des Angebots durch Bürger*innen. Die erfolgreiche Integration in den ÖPNV könnte durch die Integration in Netzpläne noch weiter vorangetrieben werden. Dabei ist es für das EcoBus Angebot wichtig, dass dieses regional heruntergebrochen wird, um die Mobilitätsnachfrage der Bürger*innen zu erfüllen. Die Projektidee hat das Potential, indirekt, insbesondere über die Erhöhung des ÖPNVs und bspw. die Abschaffung von Zweitwägen, große Wirkung zu entfalten. Ein Hemmnis war, dass in der Projektlaufzeit von EcoBus das Personenbeförderungsgesetz noch nicht auf Ridepooling bzw. Ridesharing Konzepte angepasst war. Durch die Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes im März 2021¹⁴⁴ und die Integration insbesondere von flexiblen und digital-basierten Mobilitätsformen in den Linienbedarfsverkehr, werden Pooling-Dienste nun in den ÖPNV eingebunden¹⁴⁵. Somit ergibt sich die Möglichkeit, die Mobilitätsversorgung in Räumen, in denen das ÖPNV-Angebot eher gering ausgeprägt ist, nachhaltig zu verbessern. Ein weiteres Hemmnis ist jedoch, dass für Konzepte wie EcoBus zunächst grundsätzlich ein finanzieller Mehraufwand nötig ist, der allerdings durch die längerfristige Steigerung der Nutzung des ÖPNVs gerechtfertigt erscheint. Insbesondere sollte in diesem Zusammenhang der Aspekt der Sektorenkopplung zwischen Energie und Verkehr weiter beachtet werden, bspw. im Zusammenhang mit E- oder Wasserstoffbussen und nicht wie bisher mit Diesel-betriebenen Fahrzeugen. Vor allem Fahrzeuge, die bedarfsorientiert als Zubringer zum klassischen ÖPNV eingesetzt werden, bieten sich für den Einsatz alternativer umweltfreundlicher Antriebe an.

Ähnliche Einschätzungen betreffen das Projekt NEMo, welches auch mit Ridesharing bzw. Ridepooling arbeitet. Allerdings ist hier potentiell dadurch, dass Privatpersonen Mobilitätsdienstleister*innen werden, die subjektive Sicherheit der Nutzer*innen im Vergleich zu einem Projekt wie EcoBus verringert, welches mit professionell angestellten Fahrer*innen arbeitete. Beide Konzepte sind im ländlichen Raum für einen Wandel der Mobilität jedoch wichtig. Die Förderung des Mitfahrens im ländlichen Raum kann u.a. durch regelmäßige Fahrten erreicht werden. Für die Bildung von Fahrgemeinschaften ist dabei das Angebot zusätzlicher Dienstleistungen relevant (bspw. Bonuspunkteshop, Belohnung / Anreize für umweltorientierteres Mobilitätsverhalten). Angebote wie NEMo sollten vermehrt in Unternehmen mit Angestellten, die im Schichtbetrieb arbeiten, vorgestellt werden, um geteilte Fahrten mit bekannten Personen voranzubringen. Im Rahmen von NEMo ist zusätzlich die Beleuchtung des Verkehrs von Pendler*innen hervorzuheben, der Ansatz in Unternehmen wird als positiv bewertet. Werden bspw. erste Erfahrungen mit geteilten Fahrten durch Empfehlung des Arbeitgebenden gemacht, so erscheinen carry-over Effekte in den privaten

¹⁴⁴ für Entwurf des Gesetzes zur Modernisierung des Personenbeförderungsrechtes siehe bspw. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Gesetze/Gesetze-19/entwurf-gesetz-personenbefoerderungsrecht.pdf?__blob=publicationFile

¹⁴⁵ <https://www.dstgb.de/aktuelles/archiv/archiv-2020/novellierung-des-personenbefoerderungsrechts/>

Bereich wahrscheinlich, die mit Angeboten wie EcoBus oder NEMo erfüllt werden können. Im Rahmen dieser Projekte haben zudem weitere Entwicklungen im Bereich des autonomen Fahrens starken Einfluss auf die größere Skalierbarkeit. NEMo zeichnete sich insbesondere durch die digitale Vernetzung von Nutzer*innen aus. Als allgemeine Anforderung muss daher die Digitalisierung auch im ländlichen Bereich weiter vorangetrieben werden, um bspw. Mobilitätsdienstleistungen auf Basis einer App noch besser zu ermöglichen.

Diese beiden Projekte arbeiteten mit Ridepooling-Konzepten im ländlichen Raum, um einen positiven Beitrag zur Verkehrs- und Emissionsreduktion zu leisten und gleichzeitig die Mobilitätsbedürfnisse der Einwohner*innen des ländlichen Raumes zu erfüllen. Dabei ist entscheidend, dass Linienverkehre bzw. ÖPNV-Angebote durch die neuen Mobilitätskonzepte soweit möglich gefördert werden und Parallelverkehre von Linienverkehr und Ridepooling vermieden werden. Idealerweise sollte eine Kombination aus Ridepooling (Nahbereichs-Zubringer) und Linie (für die längere Strecke) favorisiert werden, die Integration von Ridepooling in Nahverkehrspläne ist entscheidend. Dabei wurde im Gespräch mit Verantwortlichen des Projektes EcoBus zudem deutlich, dass von der Politik ausschließlich Projekte, die den Linienverkehr unterstützen, gefördert werden sollten (in Abgrenzung zu alternativen Konzepten eher im städtischen Bereich, die in Konkurrenz mit dem Linienverkehr stehen, bspw. Uberpool, Lift, Moia oder Via). Angebote wie EcoBus mögen dabei zunächst geringfügig teurer als regulärer Linienverkehr sein, allerdings ist es zunächst generell wichtig, die Nutzung und Akzeptanz des ÖPNVs im Vergleich zum MIV zu fördern. Die geschaffene Flexibilität durch Ridepooling und bedarfsgesteuerte Nutzung ist besonders im ländlichen Bereich wichtig, um mit dem MIV konkurrieren zu können. In diesem Prozess wird auch die Nutzung des ÖPNVs ansteigen. Im Rahmen von NEMo wurden Mitfahrgelegenheiten zudem in privaten Fahrzeugen geschaffen. Dies beinhaltet die Chance noch größerer Flexibilität, allerdings auch größerer Gefahren, da eine weniger gute Regulierbarkeit gegeben ist bzw. ein weniger formeller Charakter transportiert wird. Hier ist eine sichere und adäquate Lösung zwischen Entwickler*innen und Rechtsvorgaben zu finden, um die großen Potentiale dieser Idee auch über das Projekt hinweg zu verfolgen. In der Projektlaufzeit von NEMo stellte die fehlende Anpassung des Personenbeförderungsgesetzes auf individuelle Ridepooling-Konzepte ein Hemmnis für die sichere, langfristige Umsetzung dar. Durch die Novellierung des Personenbeförderungsgesetzes wird inzwischen eindeutig vereinbart, wie mit Angeboten privater Unternehmen außerhalb des ÖPNVs als „gebündelter Bedarfsverkehr“ als neue Form des Pkw-Gelegenheitsverkehrs¹⁴⁶ umgegangen wird.

Der Radverkehr wurde als weiterer wichtiger Mobilitätsbereich im Rahmen des Projektes des e-Radschnellwegs Göttingen beleuchtet. Auch hier ist der Fokus auf Verkehr von Pendler*innen gerichtet, wobei im städtischen Raum gearbeitet wurde. Es bleibt fraglich, in welchem Umfang im ländlichen Raum Pendelverkehre durch Radverkehr ersetzt werden können, auch aufgrund der in vielen Fällen größeren Entfernung von Arbeits- und Wohnort. Allerdings sollte der Zugang zum ÖPNV mit dem Rad attraktiv gestaltet sein, um eine ganzheitlich nachhaltige Mobilität zu ermöglichen. Zudem wurde in dem Projekt nur in geringem Maße auf Pedelecs fokussiert, obwohl das Potenzial durch diese als groß eingeschätzt wurde. Bspw. wurde erläutert, Pedelecs seien eine Chance, Elektromobilität populär zu machen, da diese erschwinglicher als E-Fahrzeuge seien. Ein Einstieg in die Elektromobilität durch Pedelecs sollte weiter beachtet werden, gerade für jüngere Personen.

3connect schließlich als viertes analysiertes Projekt hatte aufgrund des starken Fokus auf Sektorenkopplung zwischen Energie und Verkehr eine potentiell große Wirkung. Es wurde auf die Förderung von Elektromobilität fokussiert, insbesondere Gewerbeflotten erschienen als wichtig für die Durchsetzung von Elektromobilität. Die Beschaffung von Elektrofahrzeugen sollte bspw. durch

¹⁴⁶ <https://www.kcw-online.de/veroeffentlichungen/bundestag-und-bundesrat-novellieren-pbefg>

die Integration geeigneter Software (bspw. fleet management software) optimiert werden, d.h. es sollte ermöglicht werden, ein Fahrzeug innerhalb eines kurzen Zeitraumes zu buchen und dabei auch zu kommunizieren, für welche Streckenlänge es geeignet sei. Während des Interviews wurde zudem deutlich, dass laut Projektverantwortlichen bei der Elektrifizierung des Verkehrs oftmals einige Faktoren übersehen werden. Als Beispiel wurde der Lieferverkehr in Städten benannt, wo Elektrofahrzeuge ein großes Potential hätten. Dieselfahrzeuge hätten zwar scheinbar einen niedrigen CO₂ Ausstoß, was allerdings nur unter der Bedingung gelte, dass der Motor warmgelaufen sei und somit nicht für den Lieferverkehr stimme. Es ist allerdings auch festzuhalten, dass sich im Rahmen des Projektes einige Probleme ergaben. Insbesondere schien der Energiemarkt für die Digitalisierung nicht vorbereitet. So würde bspw. beim Anschluss von Stromspeichern an das Netz und der Einspeisung verbrauchten Stromes mehrfach die Stromsteuer angeschlagen, was als großes Hemmnis gewertet wurde. Die Integration des Lastmanagements in ein bestehendes System und auch die mögliche weitere Integration in ein ähnliches System im Rahmen der multimodalen App in Osnabrück spricht jedoch für die hohe Skalier- und Reproduzierbarkeit. Generell zeigte sich, dass das intelligente Verschalten mehrerer Verbraucher*innen sich für netzdienliche Effekte anbot. Auch die Wichtigkeit des Ausbaus von Ladeinfrastruktur wurde für die Akzeptanzentwicklung und schlussendliche Nutzung von elektrischen Fahrzeugen betont.

Über die Projekte hinweg zeigte sich, dass für die erfolgreiche Umsetzung der Projekte interdisziplinäre Arbeit wichtig ist. Auch die Zusammenarbeit mit (lokalen) Akteur*innen, wie relevanten Organisationen oder Firmen, erwies sich in den Projekten als vorteilhaft. Die Evaluation von Projekten ist wichtig, um gesammelte Erfahrungen und bestehendes Wissen in die Umsetzung weiterer Projekte zu integrieren.

6. Akteur*innen- und Institutionenanalyse

In der Akteur*innen- und Institutionenanalyse wird untersucht, **welche Strukturen in Niedersachsen bereits vorhanden sind, um nachhaltige Mobilität in der Praxis zu verwirklichen**. Für die nachhaltige Mobilität ist insgesamt ein sehr breites Spektrum an Akteur*innen sowie Institutionen, aber auch an Gesetzen, Normen und Politiken relevant. In der hier vorliegenden Analyse liegt der Fokus auf Prozessen und Akteur*innen, die sektorübergreifend zu Verkehr *und* Energie arbeiten, d.h. die Analyse fokussiert auf die sektorübergreifenden Themen **Elektromobilität und die Nutzung von Wasserstoff** im Verkehr. Diese Fokussierung auf Alternativen im Bereich des motorisierten Verkehrs reflektiert das Ergebnis der Datenanalyse in AP 1, die zeigt, dass im Bereich des Personenverkehrs in Niedersachsen weiterhin der weitaus größte Anteil der Verkehrsleistung durch den MIV abgedeckt wird.

Das Kapitel hat die folgenden Ziele:

1. **Identifizierung rechtlicher und regulatorischer Hemmnisse** für die Umsetzung nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen sowie von Potentialen zur Bildung neuer Innovationsallianzen. Zusammenfassung der Ergebnisse in Handlungsempfehlungen,
2. **Identifizierung von Akteur*innen, Institutionen und Prozessen**, die in Niedersachsen Maßnahmen zur Umsetzung nachhaltiger Mobilität vorantreiben und Darstellung in einem Akteur*innenmapping – mit Schwerpunkt auf Akteur*innen, die sektorübergreifend kooperieren.

6.1. Vorgehen bei der Analyse des rechtlichen und politischen Rahmens

Mit Hilfe der Rechts- und Politikanalyse sollen die folgenden zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

- 1) Welche Normen und Politiken befördern derzeit die Verbreitung elektrischer und wasserstoffbetriebener Fahrzeuge auf niedersächsischen Straßen und welche Hemmnisse bestehen?
- 2) Welche Optionen hat die Landesregierung, um die Verbreitung zu beschleunigen?

Methodisch erfolgt die Analyse in zwei Schritten (vgl. Abbildung 6-1). Durch eine **Ist-Analyse** bestehender Politik- und Rechtsinstrumente wird zunächst systematisch erfasst, wie Elektro- und Wasserstoffmobilität derzeit gefördert bzw. gebremst wird. Dabei wird zwischen Zielen und Instrumenten unterschieden. Die Kategorisierung erfolgt außerdem nach der Governance-Ebene (EU, Bund, Land Niedersachsen) und themenbezogen, d.h. untergliedert in die Bereiche Pkws, Infrastruktur und Güterverkehr. Dieser Schritt dient vorrangig dazu, die erste Forschungsfrage zu beantworten.

Um Lücken und Handlungsspielräume zu identifizieren, wird der Ist-Analyse im zweiten Schritt eine **Soll-Analyse** gegenübergestellt. Hierzu werden einschlägige Studien ausgewertet, um zu untersuchen, welche Maßnahmen Expert*innen priorisieren. Daneben werden stichpunktartig die Erfahrungen anderer Bundesländer und Kommunen dargestellt, um mögliche weitere Politikinstrumente mit konkreten Praxisbeispielen zu illustrieren. Die Analyse wurde in einem Stakeholder*innen Forum am 29.04.2020 Interessensvertreter*innen vorgestellt und auf Basis der Rückmeldungen überarbeitet.

Abbildung 6-1: Vorgehen bei Rechtsanalyse im Überblick



6.2. Ist-Analyse: Politische Zielsetzung für die Verbreitung von Elektro- und Wasserstoffmobilität

Auf allen hier untersuchten Politikebenen gibt es ambitionierte Zielsetzungen, die direkt und indirekt alternative Antriebe betreffen (vgl. Tabelle 6-1). Auf der übergeordneten Ebene sind dies Ziele für die Emissionsreduktion und die verstärkte Nutzung der erneuerbaren Energien im Verkehrssektor. Der Bund hat daneben auch Zielgrößen für den Markthochlauf von E-Fahrzeugen festgelegt: Bis 2030 sollen 10 Mio. E-Fahrzeuge auf Deutschlands Straßen unterwegs sein.¹⁴⁷ Das 2011 gesetzte Ziel von 1 Mio. E-Fahrzeugen im Jahr 2020 wurde verfehlt, jedoch lässt sich insbesondere in den Jahren 2019 und 2020 ein starker Anstieg an Neuzulassungen feststellen.¹⁴⁸ Auch für den Ausbau der Ladeinfrastruktur und den Güterverkehr hat der Bund quantitative Ziele festgelegt: Bis 2030 soll es demnach 1 Mio. öffentliche Ladepunkte geben und ein Drittel der Fahrleistung im schweren Straßengüterverkehr soll mit Strom oder strombasierten Kraftstoffen erbracht werden.¹⁴⁹

Die Landesregierung Niedersachsen hat sich zum Ziel gesetzt, die emissionsarmen Fahrzeuge über die Beschaffung zu fördern: Bis zu 10% der neu angeschafften Fahrzeuge im landeseigenen Fuhrpark sollen das Kriterium erfüllen.¹⁵⁰ Dieser Anteil soll kontinuierlich steigen; ab 2030 sollen alle

¹⁴⁷ BMU (2021). [Förderung der Elektromobilität durch die Bundesregierung](#).

¹⁴⁸ KBA (2021). [Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2021](#).

¹⁴⁹ Bundesregierung (2019b). [Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung – Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastruktur-ausbau bis 2030](#).

¹⁵⁰ SPD und CDU (2017). [Gemeinsam für ein modernes Niedersachsen – Für Innovation, Sicherheit und Zusammenhalt. Koalitionsvereinbarung zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands \(SPD\) Landesverband Niedersachsen und der Christlich-Demokratischen Union \(CDU\) in Niedersachsen](#).

neu beschafften Dienstkraftfahrzeuge emissionsfreie oder emissionsarme Antrieben haben. Diese Maßnahme soll zum übergreifenden Ziel einer klimaneutralen Landesverwaltung bis 2050 und dem Zwischenziel einer Treibhausgasreduktion von 70% im Bereich der Landesverwaltung bis 2030 beitragen. Beide Ziele wurden im Dezember 2020 mit der Verabschiedung des NKlimaG rechtlich verankert. Weiterhin wurde beschlossen, auch in der Beschaffung für den ÖPNV den Anteil der Fahrzeuge mit emissionsfreien oder sauberen Antrieben zu erhöhen und im Jahr 2035 vollständig umzusteigen. Voraussetzung ist immer eine entsprechende technologische Entwicklung.¹⁵¹

Für den Bereich Wasserstoff gab es bis Juni 2020 nur auf Bundeslandebene Ziele. Die Landesregierung Niedersachsen hat sich zusammen mit den vier anderen norddeutschen Ländern das Ziel gesetzt, bis 2035 eine grüne Wasserstoffwirtschaft aufzubauen.¹⁵² Diese soll es allen interessierten Abnehmerinnen und Abnehmern erlauben, sich vollständig mit grünem Wasserstoff zu versorgen. Dafür sollen bis 2025 mindestens 500 MW Elektrolyseleistung installiert werden. Bis 2030 soll die Kapazität auf 5 GW ansteigen. Außerdem soll ein Netz von bis zu 250 Wasserstofftankstellen aufgebaut werden.

Am 10. Juni 2020 beschloss das Bundeskabinett auch die lang erwartete nationale Wasserstoffstrategie. Sie setzt das Ziel, in Deutschland bis 2030 Elektrolyseleistung von 5 GW aufzubauen. Die Bundesregierung strebt an, die installierte Leistung bis 2035, spätestens aber 2040 noch einmal auf 10 GW zu verdoppeln. Gleichzeitig soll die installierte Kapazität an EE-Anlagen an Land und auf See ausgebaut werden, sodass der zusätzliche Strombedarf für die Elektrolyse vollständig aus zusätzlich errichteten EE-Anlagen abgedeckt werden kann. Der für die Erzeugung grünen Wasserstoffs verwendete Strom ist mit der EEG-Novellierung 2021 von der EEG-Umlage befreit.¹⁵³ Die Bundesregierung schätzt den zusätzlichen Stromerzeugungsbedarf für die Wasserstoffproduktion bis 2030 auf 20 TWh.¹⁵⁴ Der Fokus der Strategie liegt damit klar auf grünem Wasserstoff.

Da die für 2030 geplante Kapazitätsausweitung aus Sicht der Bundesregierung nicht ausreichen wird, um den deutschen Bedarf an Wasserstoff zu decken, zielt die Strategie außerdem darauf ab, über internationale Kooperation einen globalen Markt für Wasserstoff aufzubauen. Im Fokus ist hier insbesondere die Kooperation innerhalb der EU und mit Afrika.¹⁵⁵

In der Strategie identifiziert die Bundesregierung die Mobilität als einen wichtigen Einsatzbereich für Wasserstoff, formuliert aber den Grundanspruch, dass wasserstoffbasierte Mobilität bei solchen Anwendungen einzusetzen ist, „bei denen der direkte Einsatz von Elektrizität nicht sinnvoll oder technisch nicht machbar ist.“¹⁵⁶ Genannt werden konkret der Schwerlasttransport, ÖPNV, Züge, Nutzfahrzeuge sowie der Luft- und Seeverkehr. Allerdings werden in „bestimmten Bereichen“¹⁵⁷ auch bei Pkws Einsatzmöglichkeiten gesehen, z. B. in Flotten.

¹⁵¹ [Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels](#) (NKlimaG), Nds. GVBl. 2020, 464.

¹⁵² Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019). [Norddeutsche Wasserstoffstrategie](#).

¹⁵³ Bundesregierung (2021), Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energie, §69b

¹⁵⁴ Bundesregierung (2020a), [Die nationale Wasserstoffstrategie](#) S. 5.

¹⁵⁵ Bundesregierung (2020a), [Die nationale Wasserstoffstrategie](#) S. 7.

¹⁵⁶ Bundesregierung (2020a), [Die nationale Wasserstoffstrategie](#) S. 11.

¹⁵⁷ Bundesregierung (2020a), [Die nationale Wasserstoffstrategie](#) S. 11.

Tabelle 6-1: Übersicht politischer Ziele mit Relevanz für Elektromobilität und Wasserstoffnutzung im Verkehr

	Übergeordnete Ziele	Themenspezifische Ziele		
		Pkws/Lkws	Ladeinfrastruktur	Güterverkehr
EU	55% bei THG-Emissionen bis 2030 (netto) ¹⁵⁸		Mind. ein Ladepunkt je 10 E-Fahrzeuge ¹⁵⁹	
Bund	14% EE-Anteil im Verkehr bis 2030 ¹⁶⁰			
	Weitgehend treibhausgasneutraler Verkehr bis 2050 5 GW Elektrolyseleistung bis 2030, 10 GW idealerweise bis 2035, spätestens aber bis 2040 ¹⁶¹	1 Mio. E-Fahrzeuge bis 2020 ¹⁶²	15.000 öffentl. Ladestationen bis 2020 ¹⁶³ 1 Mio. öffentl. Ladestationen bis 2030 ¹⁶⁴	ca. 1/3 der Fahrleistung im schweren Straßengüterverkehr elektrisch oder mit strombasierten Kraftstoffen bis 2030 ¹⁶⁵
Nds.	-40-42% bei THG-Emissionen des Verkehrs 2030 ¹⁶⁶	7-10 Mio. E-Fahrzeuge bis 2030 ¹⁶⁷	Ladepunkte an allen Tankstellen ¹⁶⁸	
	-55% bis 2030, Klimaneutralität bis 2050, bilanzielle Deckelung des Energiebedarfs mit EE bis 2040; klimaneutrale Landesverwaltung bis 2050, -70% bis 2030 ¹⁶⁹ 5 GW Elektrolyseleistung in Norddeutschland bis 2030 ¹⁷⁰	Ab 2030 100% Beschaffung von Dienstfahrzeugen mit emissionsarmen Antrieb; im ÖPNV ab 2035 ¹⁷⁰	Aufbau von bis zu 250 Wasserstofftankstellen in den 5 nordt. Bundesländern ¹⁷⁰	

Quelle: Ecologic Institut.

¹⁵⁸ Europäischer Rat (2020). [Schlussfolgerung - 10. und 11. Dezember 2020](#), S.5.

¹⁵⁹ [Richtlinie 2014/94/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2014 über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe, Abs. 23.](#)

¹⁶⁰ [Richtlinie 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen \(Neufassung\)](#), Art. 25.

¹⁶¹ Bundesregierung (2020a). [Die nationale Wasserstoffstrategie](#), S. 5.

¹⁶² Bundesregierung (2009). [Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung](#).

¹⁶³ Bundesregierung (2019b). [Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung](#).

¹⁶⁴ Bundesregierung (2019b). [Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung](#).

¹⁶⁵ Bundesregierung (2019a). [Klimaschutzprogramm 2030](#), S. 80.

¹⁶⁶ [Bundes-Klimaschutzgesetz](#) vom 12. Dezember 2019 (Bundes-Klimaschutzgesetz – KSG), BGBl. I S. 2513.

¹⁶⁷ Bundesregierung (2019a). [Klimaschutzprogramm 2030](#), S. 76.

¹⁶⁸ Bundesregierung (2019b). [Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung](#).

¹⁶⁹ Niedersächsisches Gesetz zur Förderung des Klimaschutzes und zur Minderung der Folgen des Klimawandels (NKlimaG), Nds. GVBl. 2020, 464.

¹⁷⁰ Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019). [Norddeutsche Wasserstoffstrategie](#), S. II.

6.3. Ist-Analyse: Politikinstrumente im Bereich Elektro- und Wasserstoffmobilität

Zahlreiche Politikinstrumente, Normen und Förderinstrumente wirken sich auf die Verbreitung von Elektrofahrzeugen und wasserstoffbasierte Antriebe aus. Das Ergebnis der Literaturanalyse ist in den folgenden Tabellen dargestellt. Tabelle 6-2 weist die fahrzeugbezogenen Instrumente aus und Tabelle 6-3 die Maßnahmen, die auf den Ausbau der Ladeinfrastruktur abzielen. Die Kategorisierung unterscheidet nach Governance-Ebene sowie den folgenden Instrumententypen:

- Regulierung: Vorgaben per Gesetz oder Verordnung;
- Fiskalisch: Finanzielle Förderung bzw. finanzielle Vergünstigungen aus Steuermitteln;
- Marktbasiert: Gesetzlich veranlasste Änderung der relativen Preise der Energieträger;
- Raumbezogen: Privilegierung bestimmter Verkehrsformen im öffentlichen Raum.
- F&E: Forschungsförderung für bisher nicht-marktreife Technologien und Geschäftsmodelle.

Tabelle 6-2: Übersicht fahrzeugbezogene Politiken und Wasserstoffnutzung im Verkehr

Typ	Regulierung	Fiskalisch	Marktbasiert	Raumbezogen	F&E
EU	CO ₂ -Grenzwerte Pkw, leichte ¹⁷¹ & schwere Nfz ¹⁷²				Horizon2020
Bund		Kaufprämie E-Fahrzeuge ¹⁷³ , Innovationsprämie bis 2021 ¹⁷⁴ ; Zuschüsse E-Busse & emissionsarme Nfz & strombasierte Kraftstoffe ¹⁷⁵	Nationaler Emissionshandel mit CO ₂ -Höchstpreis von 25 EUR/t ab 2021 ¹⁷⁶	Ermöglichung, dass Kommunen Stellplätze für Carsharing mit Umweltkriterien verknüpfen.	z.B.: Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie ¹⁷⁷
		Vorteile bei Dienstwagenbesteuerung; Kfz-Steuerbefreiung f. E-Pkws bis 2030 &	Ablagen, Umlagen, Steuern auf Strompreis ¹⁷⁹ ; EEG-Umlagebefreiung	Möglichkeit in Kommunen Sonderparkplätze für E-	u.a. BMVI-Förderprogramm

¹⁷¹ [Verordnung \(EU\) 2019/631 zur Festsetzung von CO₂-Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen und für neue leichte Nutzfahrzeuge.](#)

¹⁷² [Verordnung \(EU\) 2019/1242 zur Festlegung von CO₂- Emissionsnormen für neue schwere Nutzfahrzeuge.](#)

¹⁷³ BMWi (2019). [Richtlinie zur Förderung des Absatzes von elektrisch betriebenen Fahrzeugen \(Umweltbonus\).](#)

¹⁷⁴ Bundesregierung (2021a). [Kaufprämie für Elektroautos erhöht.](#)

¹⁷⁵ Bundesregierung (2020a). [Die nationale Wasserstoffstrategie](#) S. 20.

¹⁷⁶ [Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen](#) vom 12. Dezember 2019 (Brennstoffemissionshandelsgesetz - BEHG), BGBl. I S. 2728.

¹⁷⁷ Bundesregierung (2016). [Regierungsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie 2016-2026.](#)

¹⁷⁹ Relevant sind hierbei insbesondere die folgenden Gesetze: Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG), Stromsteuergesetz (StrStG) und das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG).

Nds.		Ausrichtung nach CO ₂ -Emissionen ¹⁷⁸	Wasserstoff- zeugung ¹⁸⁰	Fahrzeuge zu schaffen ¹⁸¹	„Wasserstoff- land“ ¹⁸² ; Erneuerbar Mobil ¹⁸³
		Zuschüsse E-Busse ¹⁸⁴ , kommunale E- & Brennstoffzellenfahrzeuge ¹⁸⁵ , Spezialfahrzeuge ¹⁸⁶ , Konjunkturpakete ¹⁸⁷		Sondernutzungserlaubnis für Carsharing, einschl. nach Umweltkriterien	Demonstrations- und Pilotvorhaben begrüne Wasserstofftechnologien ¹⁸⁸

¹⁷⁸ [Siebtes Gesetz zur Änderung des Kraftfahrzeugsteuergesetzes](#) vom 16. Oktober 2020, BGBl. I, S. 2184.

¹⁸⁰ [Gesetz zur Änderung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes](#) vom 21. Dezember 2020, BGBl. I, S. 3138.

¹⁸¹ [Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge](#) vom 5. Juni 2015 (Elektromobilitätsgesetz - EmoG), BGBl. I S. 898.

¹⁸² BMVI (2019). [Deutschland wird Wasserstoff-Land – Weitere 16 Regionen erhalten Unterstützung für H2-Projekte. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.](#)

¹⁸³ BMU und BMWi (2017). [Richtlinie zu einer gemeinsamen Förderinitiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.](#)

¹⁸⁴ Netzwerk Mobilität Niedersachsen (2021). [Förderprogramme auf Landes-Ebene.](#)

¹⁸⁵ Niedersächsische Landesregierung (2020a). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Anschaffung von Elektro- oder Brennstoffzellenfahrzeugen nebst zugehöriger Ladeinfrastruktur in Niedersachsen.](#)

¹⁸⁶ Niedersächsische Landesregierung (2020b). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Anschaffung brennstoffzellenbetriebener kommunaler Spezialfahrzeuge in Niedersachsen.](#)

¹⁸⁷ Niedersächsische Landesregierung (2020d), 2. Nachtragshaushalt 2020: [8,4 Milliarden Euro sichern Niedersachsens Zukunft nach der Corona-Krise.](#)

¹⁸⁸ Niedersächsische Landesregierung (2020c), [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben der Wasserstoffwirtschaft \(Wasserstoffrichtlinie\).](#)

Tabelle 6-3: Übersicht Maßnahmen für Aufbau von Lade- und Wasserstoffinfrastruktur

Typ	Regulierung	Fiskalisch	Raumbezogen	F&E
EU	Vorgaben zu elektr. Infrastruktur für spätere Ladepunkte bei großen Neubauten oder Renovierungen ¹⁸⁹			Horizon2020
Bund	Standardisierung Ladeinfrastruktur ¹⁹⁰ ; Kooperationen von Elektrolyseurbetreiber*innen & Netzbetreiber*innen ermöglicht ¹⁹¹ ; Anspruch auf Genehmigung v. Lademöglichkeiten in Wohnungseigentümergeinschaften ¹⁹² ; verpflichtender Ausbau von Ladeinfrastruktur bei Renovierung v. Gebäuden mit großen Parkplätzen ¹⁹³	300 Mio. € für öff. Ladepunkte 2017-20 ¹⁹⁴ 3,4 Mrd. € bis 2023 für Tankinfrastruktur für Güterverkehr, ÖPNV und Schienenverkehr ¹⁹⁵ ; 400 Mio. € für Ladepunkte mit nicht-gewerbliche Nutzung ¹⁹⁶ ; Handwerkerbonus für Installationskosten f. private Ladeinfrastruktur ¹⁹⁷	Ermöglichung f. Kommunen E-Fahrzeuge beim Parken an Ladepunkten zu privilegieren, Gebühren zu erlassen ¹⁹⁸	Förderprogramme wie SINTEG, Erneuerbar Mobil untersuchen zukünftige Technologien und Geschäftsmodelle z.B. Nat. Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP II)
Nds.		Förderung Ladeinfrastruktur für E-Mobilität und Wasserstoff ¹⁹⁹ ; 20 Mio. € für Ladeinfrastruktur bis Ende 2022 ²⁰⁰		Modellregionen & -projekte in zahlreichen Bundesprogrammen

¹⁸⁹ EU (2018). [Richtlinie 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.](#)

¹⁹⁰ BMWi (2020). [Zweite Verordnung zur Änderung der Ladesäulenverordnung- Referentenentwurf des BMWi.](#)

¹⁹¹ Bundesregierung (2020a). [Die nationale Wasserstoffstrategie](#), S. 18.

¹⁹² [Gesetz zur Förderung der Elektromobilität und zur Modernisierung des Wohnungseigentumsgesetzes \(Wohnungseigentumsmodernisierungsgesetz – WEMoG\)](#), BGBl. 2020 I, S. 47.

¹⁹³ Bundeskabinett (2020c). [Gesetz zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität \(Gebäude-Elektromobilitätsinfrastrukturgesetz – GEIG\)](#).

¹⁹⁴ BMVI (2017). [Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Deutschland.](#)

¹⁹⁵ Bundesregierung (2020a). [Die nationale Wasserstoffstrategie](#), S. 20.

¹⁹⁶ BMVI (2021). [Pressemitteilung – Weitere 100 Millionen Euro für Wallbox-Förderung.](#)

¹⁹⁷ Bundesregierung (2019b). [Masterplan Ladeinfrastruktur der Bundesregierung– Ziele und Maßnahmen für den Ladeinfrastruktur-ausbau bis 2030](#), S. 2.

¹⁹⁸ [Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrischbetriebener Fahrzeuge. Elektromobilitätsgesetz vom 5. Juni 2015](#) (Elektromobilitätsgesetz (EmoG) (BGBl. I S. 898).

¹⁹⁹ Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr (2014). [Bestimmungen über die Gewährung von Zuwendungen für die Beschaffung von Ladegeräten für Elektrofahräder und Elektroautos an P+R- und B+R-Anlagen an ÖPNV-Stationen in Niedersachsen.](#)

²⁰⁰ Niedersächsische Landesregierung (2020a). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Anschaffung von Elektro- oder Brennstoffzellenfahrzeugen nebst zugehöriger Ladeinfrastruktur in Niedersachsen](#); Landesregierung

Das zentrale Instrument für die schrittweise Dekarbonisierung der Pkw- und Lkw-Flotte sowie der leichten Nutzfahrzeuge sind die auf EU-Ebene verabschiedeten **CO₂-Grenzwerte**. Die Analyse zeigt, dass der Bund und das Land Niedersachsen dieses zentrale Instrument vor allem durch fiskalische Ansätze, d.h. durch finanzielle Förderung von E-Fahrzeugen und deren Ladeinfrastruktur flankieren. Auf Bundesebene gibt es zudem verschiedene Instrumente des Typs Regulierung, die auf die Standardisierung von Ladeinfrastruktur hinwirken und in bestimmten Konstellationen auch zum Ausbau verpflichten.

Es muss insofern als **Paradigmenwechsel** gesehen werden, dass mit dem im Januar 2021 in Kraft getretenem **nationalen Emissionshandel für den Verkehrs- und Wärmebereich** zum ersten Mal ein marktbasierendes Instrument hinzukommt, das im Verkehr ausgestoßenes CO₂ mit einem Einstiegspreis von 25 Euro pro t belegt. Dadurch erhalten Fahrzeuge, die mit erneuerbarem Strom oder Wasserstoff betankt werden, einen Kostenvorteil. Durch eine gleichzeitige Senkung der EEG-Umlage um 1,75 ct/kWh soll zudem die im Vergleich zu Kraftstoffen deutlich höhere Belastung des Strompreises mit staatlich induzierten Abgaben, Umlagen und Steuern gesenkt werden.²⁰¹ Im Rahmen der Einigung über Konjunkturmaßnahmen zur Ankurbelung der Wirtschaft nach der Corona-Krise, beschloss der Koalitionsausschuss noch zusätzliche Maßnahmen zur Stabilisierung der EEG-Umlage, die aufgrund gesunkener Großhandelspreise für Strom stark anzusteigen drohte: Der Beschluss sieht vor, dass die EEG-Umlage im Jahr 2021 bei 6,5 ct/kWh fixiert wird und im Jahr 2022 auf 6,0 ct/kWh sinkt.²⁰² Durch diese Maßnahme soll Strom als Energieträger in den Sektoren Verkehr und Wärme wettbewerbsfähiger werden und die Sektorkopplung vorangetrieben werden. Der niedersächsische Umweltminister, Olaf Lies, setzt sich dafür ein die Umlage weiter zu senken.²⁰³ Weiterhin hat die Bundesregierung durch die EEG-Novellierung 2021 kleine Photovoltaikanlagen für den Eigenverbrauch durch die Befreiung von der EEG-Umlage begünstigt, wodurch die Wirtschaftlichkeit der privaten Stromerzeugung durch erneuerbare Energien gesteigert werden soll. Für welche Fahrzeugtypen und Nutzer*innengruppen durch diese Maßnahmen E-Fahrzeuge betriebswirtschaftlich günstiger werden als Benzin- und Dieselfahrzeuge, bleibt zu prüfen. Hierfür ist neben der Preisentwicklung bei Benzin und Diesel auch die Kostendegression in der Fahrzeugtechnik entscheidend. Insgesamt bleibt die **hohe Belastung von Strom mit Abgaben und Umlagen** nach wie vor ein Hindernis für den Umstieg auf elektrische und wasserstoffbetriebene Mobilität. Im Vergleich zum Stand der EEG-Umlage, die 2020 bei 6,8 ct/kWh lag, wird die Entlastung auch mit den Beschlüssen zum Konjunkturprogramm gering ausfallen.

Das als Reaktion auf die Covid-Pandemie verabschiedete **Konjunkturpaket** der Bundesregierung bringt neben der Deckelung der EEG-Umlage noch weitere finanzielle Anreize für Elektromobilität mit sich und könnte somit wichtige Impulse setzen. Insbesondere die Innovationsprämie, welche die reguläre Bezuschussung für Elektrofahrzeuge verdoppelt, kurbelt die Nachfrage an. Darüber hinaus werden weitere 2,5 Mrd. Euro für den Ausbau der Ladeinfrastruktur und die Förderung von Forschung und Entwicklung aufgewendet.²⁰⁴ Damit im Einklang soll durch das

Niedersachsen (2020). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung des Ausbaus von nicht öffentlicher Elektroladeinfrastruktur für Unternehmen in Niedersachsen](#); Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (2021). [Elektromobilität in Niedersachsen – Informationen und Fördermaßnahmen](#).

²⁰¹ Bundesregierung (2019a). [Klimaschutzprogramm 2030](#).

²⁰² Koalitionsausschuss (2020). [Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken, Ergebnis Koalitionsausschuss](#) 3. Juni 2020.

²⁰³ Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz. Lies: [„EEG-Novelle nicht ausreichend für Klimaziel 2030](#).

²⁰⁴ BMF (2021). [Das Konjunkturprogramm für alle in Deutschland](#).

Schnellladegesetz, welches im Frühjahr 2021 von Bundestag und Bundesrat verabschiedet wird, die rechtliche Grundlage für den Ausbau von 1000 Schnellladehubs bis 2023 geschaffen werden.²⁰⁵

Im Stakeholder*innen Forum im Rahmen dieses Vorhabens forderten Teilnehmer*innen jedoch auch Ausnahmeregelungen für selbsterzeugten oder von Abregelung bedrohten EE-Strom, der in E-Fahrzeugen genutzt wird. So könnte ermöglicht werden, dass Unternehmen selbsterzeugten Solarstrom zum Laden von E-Fahrzeugen an ihre Mitarbeiter*innen weitergeben – ein Modell, das nach der derzeitigen komplexen Rechtslage organisatorisch kaum umsetzbar ist. Neben den finanziellen Hürden hemmt hier die unübersichtliche Rechtslage den Ausbau von Ladeinfrastruktur durch Unternehmen, die nicht Energieversorger*innen sind. So besteht in bestimmten Fällen Unklarheit darüber, ob Ladesäulenbetreiber*innen durch Abgabe von Strom an bestimmte Personen zu Energieversorger*innen werden und welche Pflichten damit auf sie zukommen.²⁰⁶

Niedersachsen setzt bei der Unterstützung von Elektromobilität verstärkt auf **finanzielle Anreize**, wobei insbesondere der Ausbau der Ladeinfrastruktur gefördert wird. Dabei wird die Installation sowohl von öffentlichen als auch nicht-öffentlichen Ladepunkten unterstützt²⁰⁷. Begünstigte sind Kommunen²⁰⁸ und private Akteur*innen²⁰⁹, letztere mit Fokus auf Handwerksbetriebe und kleine und mittlere Unternehmen (KMU)²¹⁰. Zusätzlich bietet Niedersachsen mit seinem Ladeatlas ein Informationstool zu öffentlich zugänglichen Ladeeinrichtungen.²¹¹

Im Bereich Wasserstoff war das zentrale Politikinstrument lange die Forschungs- und Demonstrationsförderung. Um die Tabelle nicht zu überfrachten, wurde die Darstellung auf einige beispielhafte Programme beschränkt. Niedersächsische Akteur*innen sind in zahlreichen Bundesprogrammen mit Modellregionen und einzelnen Projekten vertreten (siehe Tabelle 6-3).

Als **Hemmnisse** für wasserstoff- und elektrobetriebene Mobilität sehen Stakeholder*innen neben immer noch vergleichsweise hohen Anschaffungskosten vor allem die **Investitionskosten für die Beladungs- und Betankungsinfrastruktur, aber auch für Werkstätten**. Vor allem für die Wasserstoffnutzung sind besondere Sicherheitsanforderungen zu erfüllen, die höhere Kosten zur Folge haben. Im Bereich des öffentlichen Verkehrs sind solche Investitionen mit Unsicherheiten verbunden, weil die Verkehrsverträge in der Regel nicht länger als zehn Jahre laufen.²¹²

Mit der am 10. Juni 2020 veröffentlichten Nationalen Wasserstoffstrategie läutet die Bundesregierung nun die **Phase des Markthochlaufs** ein. Zentrale finanzielle Hemmnisse sollen durch verschiedene Förderinstrumente adressiert werden – gerade auch im Bereich öffentlicher Verkehr. Gleichzeitig enthält die Strategie erstmals auch Vorschläge zu Anpassungen im Rechtsrahmen. So soll es z. B. Gas- und Stromnetzbetreiber*innen in Modellprojekten ermöglicht werden, in

²⁰⁵ BMVI (2021). [Pressemitteilung - Schnellladegesetz beschlossen: BMVI schafft Rechtsgrundlage für Ausschreibung von 1.000 Schnellladehubs.](#)

²⁰⁶ Anderson, John et al. (2020). Dokumentation des 1. Stakeholder*innen Forums, NeueWege – Wege nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen (nicht veröffentlicht).

²⁰⁷ Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung. [Elektromobilität in Niedersachsen – Informationen und Fördermaßnahmen.](#)

²⁰⁸ Niedersächsische Landesregierung (2020a). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Anschaffung von Elektro- oder Brennstoffzellenfahrzeugen nebst zugehöriger Ladeinfrastruktur in Niedersachsen.](#)

²⁰⁹ Landesregierung Niedersachsen (2020). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung des Ausbaus von nicht öffentlicher Elektroladeinfrastruktur für Unternehmen in Niedersachsen.](#)

²¹⁰ Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung (2020). [Pressemitteilung – Wirtschaftsministerium bringt Förderung von Elektromobilität auf den Weg.](#)

²¹¹ Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr (2020). [Ladeatlas Niedersachsen.](#)

²¹² Anderson, J. et al. (2020). 1. Stakeholder*innen Forums, NeueWege – Wege nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen (nicht veröffentlicht).

Kooperation mit anderen Akteur*innen Elektrolyseure zu betreiben, was derzeit aufgrund der Entflechtungsvorgaben nicht möglich ist und auch in Niedersachsen die Umsetzung von Pilotvorhaben erschwert hat.²¹³

Die Bundesregierung hat darüber hinaus, angestoßen durch die Nationale Wasserstoffstrategie, mit der Novellierung des EEG 2021 die Herstellung grünen Wasserstoffs von der EEG-Umlage befreit. Dies entspricht langjährigen Forderungen von Stakeholder*innen sowie dem Beschluss der Energieminister*innen der Bundesländer bei ihrem Treffen am 5. Mai 2020.²¹⁴

Ähnlich wie auf Bundesebene, bringt das Land Niedersachsen den durch die Norddeutsche Wasserstoffstrategie²¹⁵ festgelegten Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur und Elektrolyseleistung hauptsächlich durch finanzielle Anreize sowie Forschungs- und Entwicklungsprojekte voran. So wird die Anschaffung von Brennstoffzellenbetrieben Spezialfahrzeugen durch Zuschüsse gefördert und die im Herbst 2020 verabschiedete Wasserstoffrichtlinie ermöglicht die finanzielle Unterstützung von Demonstrations- und Pilotvorhaben²¹⁶.

6.4. Soll-Analyse: Empfehlungen von Expert*innen

Zur Frage, wie der Verkehrssektor erfolgreich dekarbonisiert werden kann, sind in den letzten Jahren zahlreiche Analysen erschienen.²¹⁷ Weitere Studien untersuchen Teilbereiche, etwa bestimmte Technologien oder Handlungsfelder bzw. konkrete Instrumentenvorschläge. Die szenario-basierten Analysen zeigen klar, dass die umfassende Elektrifizierung des Straßenverkehrs zentral ist, um das Sektorziel für den Verkehr für 2030 und langfristig die vollständige Dekarbonisierung zu erreichen. Bedingung ist, dass der im Verkehr verwendete Strom in zusätzlichen Erneuerbaren-Energien-Anlagen erzeugt wird. Gleichzeitig können die Ziele aber nicht allein über den Technologiewechsel erreicht werden, sondern erfordern ein erfolgreiches Zusammenspiel mit anderen Veränderungen, insbesondere die Effizienzsteigerung bei Benzin- und Dieselfahrzeugen und die Verlagerung von Fahrleistung zum Umweltverbund und auf die Schiene.

Das Sektorziel des Verkehrs für 2030 beträgt 95 Mio. t CO_{2-e}.²¹⁸ Führt man bestehende Trends im Verkehrssektor fort – insbesondere die Steigerung der Fahrleistung – und nimmt an, dass alle bereits beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen vollständig umgesetzt werden, besteht laut Abschätzung des UBAs weiterhin eine **Lücke von ca. 56 Mio. CO_{2-e} zum 2030-Ziel**. Diese muss durch zusätzliche Maßnahmen geschlossen werden.²¹⁹

²¹³ Bundesregierung (2020a). [Die nationale Wasserstoffstrategie](#), S. 18.

²¹⁴ Land Nordrhein-Westfalen (2020). [Energieministertreffen auf Einladung von Nordrhein-Westfalen im Zeichen der Corona-Krise](#), Pressemitteilung 5. Mai 2020.

²¹⁵ Wirtschafts- und Verkehrsministerien der norddeutschen Küstenländer (2019). [Norddeutsche Wasserstoffstrategie](#).

²¹⁶ Niedersächsische Landesregierung (2020c). [Richtlinie über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von Pilot- und Demonstrationsvorhaben der Wasserstoffwirtschaft \(Wasserstoffrichtlinie\)](#).

²¹⁷ Vgl. UBA (2019). [Kein Grund zur Lücke: So erreicht Deutschland seine Klimaschutzziele im Verkehrssektor für das Jahr 2030](#). Umweltbundesamt; BDI (2018). [Klimapfade für Deutschland. Bundesverband der deutschen Industrie; Agora Verkehrswende \(2018\). Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030](#); Ifeu et al. (2016). [Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050](#). Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes; Öko-Institut et al. (2016). [Endbericht Renewability III – Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors](#); Öko-Institut (2013). [Treibhausgasneutraler Verkehr 2050: Ein Szenario zur zunehmenden Elektrifizierung und dem Einsatz stromerzeugter Kraftstoffe im Verkehr](#). Abschlussbericht im Auftrag des Umweltbundesamtes zum Forschungsvorhaben „Verkehr 2050 - Entwicklung von Parametern und Skizzierung eines vereinfachten Energie- und Emissionsszenarios“.

²¹⁸ [Bundes-Klimaschutzgesetz](#) vom 12. Dezember 2019 (Bundes-Klimaschutzgesetz – KSG), BGBl. I S. 2513, Anlage 2.

²¹⁹ UBA (2019). [Kein Grund zur Lücke: So erreicht Deutschland seine Klimaschutzziele im Verkehrssektor für das Jahr 2030](#), S. 6.

Sowohl das UBA als auch Agora Energiewende²²⁰ haben abgeschätzt, mit welchen Maßnahmenkombinationen für den Personen- und Güterverkehr das Sektorziel erreicht werden könnte. Abbildung 6-2 fasst die Ergebnisse der beiden Studien zusammen. Die Balken zeigen jeweils die Mindesteinsparung (dunkler Balkenabschnitt) und die Maximaleinsparung – je nach Ausgestaltung des Instruments. In die Abschätzung des Reduktionspotenzials jeder Maßnahme fließen eine Reihe von Annahmen ein. Die Werte sind daher mit Unsicherheiten verbunden, sie können aber dennoch wertvolle Hinweise auf die Größenordnung der jeweils erreichbaren Einsparung geben.

In der Studie des UBAs werden zunächst die von der EU angestrebten CO₂-Grenzwerte für Pkw und Nutzfahrzeuge betrachtet. Im zweiten Schritt werden weitere Instrumente – insbesondere ökonomische – auf ihre mögliche nationale Umsetzung hin untersucht. Die letzte Etappe zieht weitere Vorschläge für eine noch klimafreundlichere Mobilitätswende in Erwägung, z.B. eine Elektro-Pkw-Quote (30% in 2025, 70% in 2030) oder den Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur für den Straßengüterverkehr.

In der Studie der Agora Energiewende werden zwölf Hebel für den Klimaschutz im Verkehr, die der Think Tank bereits 2017²²¹ benannt hatte, präzisiert und die erwarteten Emissionsreduktionen auf Basis des TEMPS-Modells²²² des Öko-Institut quantifiziert – bei jeder Maßnahme jeweils für drei verschiedene Ambitionsniveaus. Dabei werden mögliche Rebound-Effekte, die Diskrepanz zwischen offiziellen und realen CO₂-Emissionen von Pkws sowie die Effekte von Digitalisierung und Innovation berücksichtigt.

Im März 2020 haben sowohl Prognos als auch ein vom Öko-Institut geleitetes Konsortium detaillierte Analysen vorgelegt, welche Emissionsreduktion das Klimaschutzprogramm 2030 bewirken kann. Die modellbasierten Untersuchungen zeigen, dass die von der Bundesregierung beschlossenen Maßnahmen nicht ausreichen, um das Emissionsreduktionsziel für 2030 zu erreichen: Statt um 55% sinken die THG-Emissionen laut Abschätzung von Prognos nur um 52% im Vergleich zu 1990. Das Öko-Institut ermittelt eine Absenkung um 51%. Im Verkehrssektor ist die Lücke zum Sektorziel am größten, dieses wird um 30 Mio. t CO₂-eq (Prognos) bzw. 33 Mio. t CO₂-eq (Öko-Institut) verfehlt. Als mögliche Ansätze, um die Lücke zu schließen, nennt Prognos die Nationale Wasserstoffstrategie (Einsatz von Wasserstoff für Lkw und Pkw), synthetische strombasierte Kraftstoffe und Biomethan für Lkw. Alle genannten Optionen würden allerdings der finanziellen Förderung bedürfen, da sie teurer sind als fossile Kraftstoffe.²²³ In der Studie des Öko-Instituts werden keine Maßnahmen zur Adressierung der Lücke untersucht.

Kernbotschaft der Studien ist, dass eine **Kombination aus ambitionierten Effizienzstandards für Fahrzeuge und marktbasierter Instrumente** notwendig ist, um den Emissionstrend im Verkehrssektor umzukehren. Die marktwirtschaftlichen Instrumente umfassen dabei neben dem CO₂-Preis im Verkehr auch die Anpassung oder Abschaffung des Dienstwagenprivilegs und die weitere Entlastung des Strompreises von Abgaben, Umlagen und Steuern. Agora Verkehrswende untersucht zusätzlich unterschiedliche Pkw-Mautkonzepte. Die Analysen von Prognos und Öko-Institut zeigen klar, dass der nun beschlossene Einstieg in die CO₂-Bepreisung zentral ist, um die Emissionen im Verkehr zu senken, das Instrument aber in der jetzt beschlossenen Form noch nicht ausreicht, um das 2030-Sektorziel im Verkehr zu erreichen.

²²⁰ Agora Verkehrswende (2018). [Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030.](#)

²²¹ Agora Verkehrswende (2017). [Mit der Verkehrswende die Mobilität von morgen sichern, 12 Thesen zur Verkehrswende.](#)

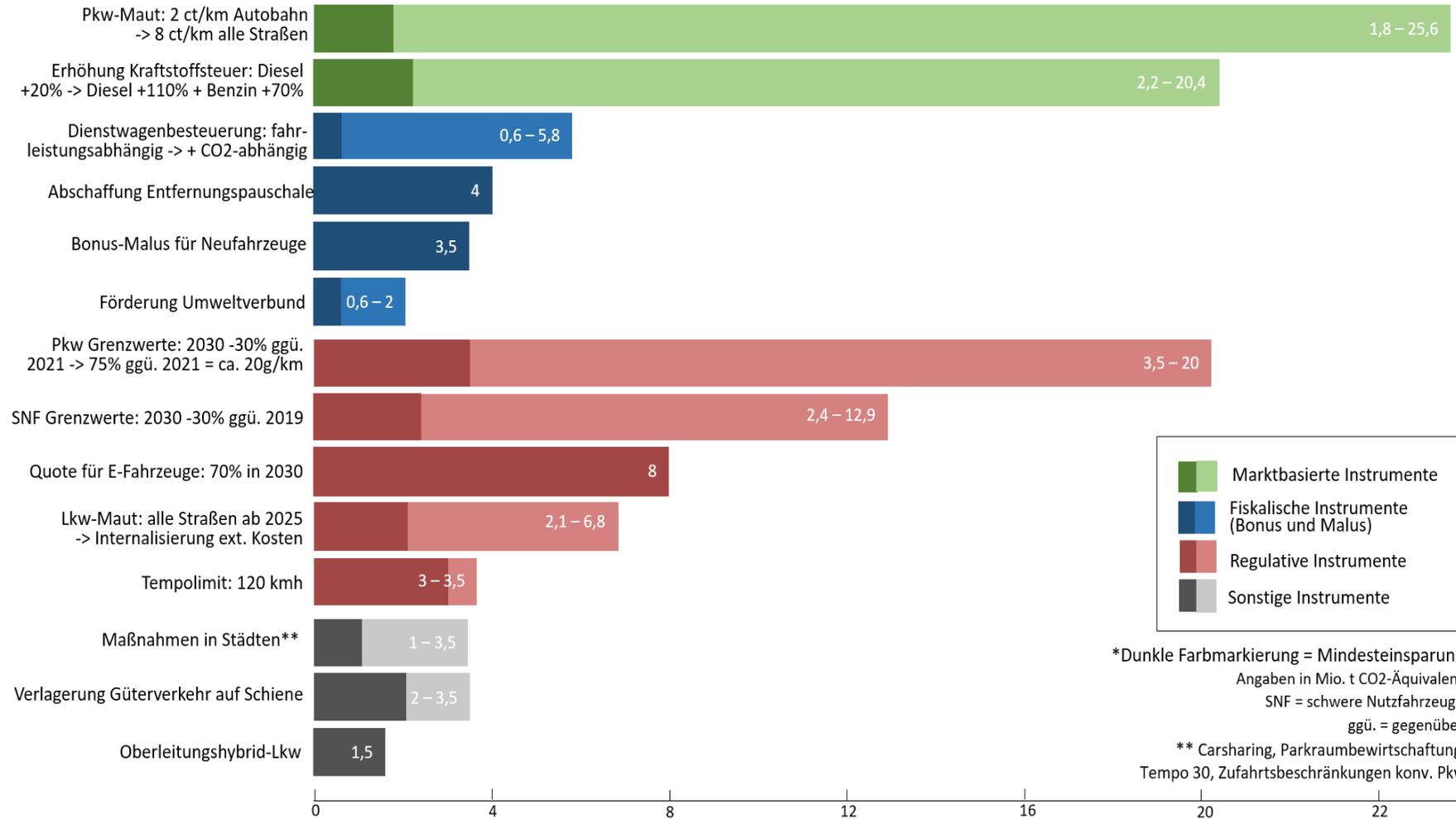
²²² Transport Emissions and Policy Scenarios.

²²³ Prognos (2020). [Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050](#), Studie im Auftrag des BMWi; Harthan et al. (2020): [Treibhausgasmindierungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030](#), Climate Change 12/20, Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Für die Elektromobilität bedeutet dies, dass **zusätzlich zur Förderung von Fahrzeugen und Infrastruktur (Pull-Effekt) eine Abschaffung von Subventionen für fossil-basierte Mobilität notwendig** ist. Die externen Effekte des motorisierten Verkehrs müssen im Preis abgebildet werden (Push-Effekt). Zu den negativen Effekten gehören nicht nur CO₂-Emissionen, sondern auch Energieverbrauch, Lärm, Luftverschmutzung, Staus und Unfälle. Dies könnte durch eine entsprechende Anpassung der Kfz-Steuer, wie bereits im Ansatz geschehen, oder der Energiesteuer erwirkt werden.

Sowohl die Agora Verkehrswende als auch das UBA unterstreichen in ihren Analysen, dass diese **Maßnahmen nur gemeinsam wirken können**. Zwar erbringen Maßnahmen wie die Förderung des Umweltverbundes isoliert betrachtet geringere Einsparungen als viele der anderen untersuchten Maßnahmen, sie sind aber die Voraussetzung dafür, dass Instrumente, die etwa die Pkw-Nutzung verteuern, überhaupt wirksam und akzeptabel sein können, weil sie Alternativen schaffen. Gleiches gilt für die Berücksichtigung von Verteilungseffekten der Maßnahmen: Beide Studien benennen die **Sozialverträglichkeit** jeglicher Maßnahme als wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz.

Abbildung 6-2: Treibhausgaseinspareffekte verkehrspolitischer Instrumente bis 2030 je nach Stringenz (Quelle: Ecologic Institut auf Basis von Agora Verkehrswende 2018 und UBA 2019)



6.5. Soll-Analyse: Praxisbeispiele aus anderen Ländern

Da jedes Land und jede Kommune vor derselben Herausforderung im Verkehrsbereich steht, liegt es nahe, die Erfahrungen von Pionier*innen auf Übertragbarkeit zu prüfen. In diesem Kapitel werden für alle Instrumententypen einige Beispiele für bereits umgesetzte Politikansätze zur Förderung von E-Fahrzeugen vorgestellt.²²⁴

Quote für emissionsfreie Fahrzeuge: Kalifornien und China (Regulierungsinstrument)

Regierungen verpflichten Autohersteller*innen, einen bestimmten Anteil ihrer gesamten Flotte mit emissionsfreien Antrieben zu produzieren. Dazu zählen batterieelektrisch betriebene Pkw, Hybride und Brennstoffzellenfahrzeuge. Ein solches Instrument haben bereits China mit einer Quote von 12 % für das Jahr 2020 und Kalifornien mit einer Quote von 8 % für das Jahr 2025 eingeführt. Neun weitere US-Bundesstaaten haben sich dem kalifornischen System angeschlossen, dass nun rund ein Drittel des US-amerikanischen Marktes abdeckt. Als Grundlagen für die Quote dienen verschiedene Punktesysteme. Hersteller*innen müssen ein bestimmtes Maß an Punkten vorhalten oder Strafen zahlen. Die Punkte werden für verkaufte Fahrzeuge je nach Art des Antriebs und Reichweite festgelegt.²²⁵

Die Quote ähnelt den CO₂-Flottenzielwerten der EU, ist aber klarer auf den Umstieg in das neue Fahrzeugsegment ausgelegt. Bei beiden Ansätzen hängt die Wirksamkeit maßgeblich davon ab, wie ambitioniert die Ziele gesetzt werden. Dazu gehört auch, inwiefern Ausnahmen zugelassen sind, die den Effekt verwässern und wie stark im Falle der Nicht-Erreichung sanktioniert wird.

Verbot von Verbrennungsmotoren: Norwegen, Großbritannien und Kalifornien, Amsterdam (Regulierungsinstrument)

Viele Regierungen haben angekündigt, den Verkauf neuer Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren zu verbieten. Dazu gehört unter anderem Norwegen, das bereits ab 2025 keine Verbrennungsmotoren zulassen will. Für das Jahr 2030 haben sich dies unter anderem China, Indien, Irland und die Niederlande als Ziel gesetzt. Frankreich, Großbritannien und Kalifornien streben 2040 an.

Auf lokaler Ebene können Fahrverbote für Fahrzeuge mit bestimmten Antrieben eine ähnliche Wirkung entfalten. Die Stadtverwaltung von Amsterdam hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2030 den gesamten Verkehr im Stadtbereich auf emissionsfreie Antriebe umzustellen. Um dies zu erreichen, werden sukzessive Fahrverbote verhängt, etwa für Dieselaautos mit Euro 3-Motoren ab 2020 und für ÖPNV-Busse im Stadtzentrum, die nicht mit Elektro- oder Wasserstoffmotoren fahren.

Vorschriften für öffentliche Beschaffung: Schweden, Katalonien (Spanien), China und Korea (Regulierungsinstrument)

Öffentliche Beschaffung von besonders umweltfreundlichen Fahrzeugen kann in einem frühen Stadium in einem gewissen Umfang Nachfrage nach diesen Modellen erzeugen. Dies kann gerade für Brennstoffzellenfahrzeuge hilfreich sein, die noch keine nennenswerten Marktanteile haben. Noch wichtiger ist jedoch der Demonstrations- und Vorbildeffekt: Die öffentliche Hand zeigt durch ihre eigenen Kaufentscheidungen, was möglich und nötig ist.

Praxisbeispiele aus Katalonien, Schweden, China und Korea zeigen, dass freiwillige Ziele für die öffentliche Beschaffung allerdings nur sehr geringe Wirkungen entfalten, da hohe

²²⁴ Das Kapitel beruht hauptsächlich auf der Auswertung von Ecologic Institut in: Velten, Eike Karola, Stoll, Theresa; Meinecke, Lisa (2019). [Measures for the promotion of electric vehicles](#). Studie im Auftrag von Greenpeace e.V., Ecologic Institute, Berlin.

²²⁵ Velten, Eike Karola, Stoll, Theresa; Meinecke, Lisa (2019). [Measures for the promotion of electric vehicles](#), S. 10f.

Anfangsinvestitionen auch für Kommunen abschreckend wirken. Bleibt der Flottenanteil klein, ist auch die Vorbildwirkung begrenzt. Insgesamt ist das Instrument in erster Linie als flankierende Maßnahme zusätzlich zu anderen Instrumenten zu sehen.

Prämien für den Kauf von E-Fahrzeugen: Österreich, Flandern, Frankreich, Deutschland, Rumänien und Großbritannien (fiskalisches Instrument)

Viele Ländern haben Kaufprämien unterschiedlichen Umfangs für E-Fahrzeuge eingeführt, darunter auch Deutschland. Die Programme unterscheiden sich in der Höhe der Förderung und mit Blick auf die förderfähigen Fahrzeuge. So werden in einigen Ländern, z.B. in Frankreich, neben Pkws auch elektrisch betriebene Zweiräder und Fahrräder gefördert und dadurch der Fokus über den Pkw-Verkehr hinaus erweitert.

Neben den nationalen Fördermaßnahmen gibt es auch Beispiele für Maßnahmen auf subnationaler Ebene. So hat die belgische Stadt Ghent einen eigenen Kaufanreiz für E-Fahrzeuge eingeführt, die nachweislich mit anderen geteilt werden – im Rahmen eines privat organisierten Sharing-Ansatzes oder in der Flotte eines Carsharing-Unternehmens.

Insgesamt zeigen erste Auswertungen, dass Kaufanreize in der richtigen Höhe die Durchdringung mit E-Fahrzeugen beschleunigen können, sofern ausreichend Modelle im Angebot sind. Um Mitnahmeeffekte zu vermeiden, ist es sinnvoll, die Förderung auf günstige Modelle zu konzentrieren. Das Instrument belastet die öffentlichen Kassen relativ stark. Frankreich begegnet dieser Herausforderung mit einem Bonus-Malus-System, das zusätzlich zum Zuschuss für umweltfreundliche Fahrzeuge emissionsintensive Pkws mit einem Aufschlag auf den Kaufpreis versieht. Dadurch entsteht eine zusätzliche ökologische Lenkungswirkung und zudem kann das Instrument so kostenneutral umgesetzt werden. Um negative ökologische Konsequenzen zu minimieren ist es darüber hinaus wichtig, durch Anreize nur Technologien zu begünstigen, die einen möglichst geringen Emissionsausstoß haben, d.h. primär BEV und keine Hybridtechnologien. Diese Erkenntnis gilt im gleichen Maße für verwandte fiskalische Instrumente wie Nachlässe bei der Kfz- oder Mehrwertsteuer oder in der Dienstwagenbesteuerung.

Kostenloses Parken und Busspurbenutzung: Dubai, verschiedene Städte in China, Oslo und Auckland (Raumbezogene Maßnahmen)

Verschiedene Städte erlassen Eigentümer*innen von E-Fahrzeugen Parkgebühren oder erlauben ihnen, Busspuren oder andere Sonderspuren zu benutzen. Beispiele sind Dubai, Oslo oder Auckland. Auch in China wird dieses Instrument in verschiedenen Städten genutzt – allerdings nicht in den großen Metropolen Beijing und Shanghai.

Evaluationen zeigen, dass solche raumbezogenen Maßnahmen *ein* Anreiz sein können, ein E-Fahrzeug anzuschaffen, aber nur im Zusammenspiel mit anderen Anreizen. Das Instrument eignet sich vor allem in der frühen Phase, wenn erst wenige E-Fahrzeuge zugelassen sind. Mit zunehmender Verbreitung können negative Effekte stark zunehmen: Bei kostenlosem Parken verliert die öffentliche Hand Einnahmen und sendet zudem das Signal, dass bei knappem öffentlichen Raum Pkw-Verkehr gegenüber dem Umweltverbund bevorzugt wird. Bei Busspurbenutzung kann es ebenfalls zu Nachteilen für den Umweltverbund kommen, wenn der Busverkehr durch die Regelung verlangsamt wird.

6.6. Fazit Rechtsanalyse

Von der EU, über die Bundesebene bis zur Landesregierung Niedersachsens haben alle Regierungsebenen **ambitionierte Ziele für den Ausbau der Elektro- und Wasserstoffmobilität** beschlossen – sowohl für die Durchdringung mit E-Fahrzeugen als auch für den Ausbau von Lade- und Wasserstoffinfrastruktur. Diese Ziele sind eingebettet in das übergeordnete Reduktionsziel für den Verkehrssektor bis 2030 von -40 bis -42% gegenüber 1990. Szenarien zeigen eindeutig, dass

die Sektorkopplung über Elektromobilität und Wasserstoff ein zentraler Hebel für die Erreichung dieses ambitionierten Ziels ist, ein reiner Technologiewechsel beim Fahrzeugantrieb allein aber nicht ausreichen wird. Zusätzlich braucht es höhere Effizienz und eine Verlagerung von Verkehr weg vom Pkw im Bereich Personenverkehr hin zu umweltfreundlicheren Modi wie dem Fuß- und Fahrradverkehr, ÖPNV und Carsharing.

Die hier vorgelegte Analyse der bisher umgesetzten Politikmaßnahmen auf EU-, Bundes- und Landesebene zeigt, dass der **Schwerpunkt derzeit auf regulativen Maßnahmen** liegt – die EU Vorgabe zur Absenkung der Pkw-Flottenemissionswerte ist das zentrale Element. Der Bund und das Land Niedersachsen flankieren die CO₂-Grenzwerte mit **fiskalischen Maßnahmen**, die sowohl E-Fahrzeuge als auch die Ladeinfrastruktur finanziell fördern sowie mit Forschungs- und Demonstrationsförderung für Elektromobilität und die Wasserstoffwertschöpfungskette. Auf Landesebene kommen zudem Vorgaben für die öffentliche Beschaffung von Fahrzeugen hinzu.

Vergleicht man diesen Instrumentenmix mit den Empfehlungen aus Studien und Evaluationen zu Best-Practice-Ansätzen in anderen Ländern, wird deutlich, dass die Maßnahmen bisher noch von Förderungsansätzen dominiert sind. Beispiele wie Norwegen zeigen dagegen, dass eine Kombination von Förderung und **Sanktionierung von Diesel- und Benzinfahrzeugen** besonders gut dazu geeignet ist, einen schnellen Umstieg einzuleiten. Als Instrumente kommen hier z. B. frühzeitig angekündigte Verbote für Neuwagen mit Verbrennungsmotor und Bonus-Malus-Systeme bei der Fahrzeugbesteuerung in Frage. Für die Erreichung des Sektorziels sind darüber hinaus Maßnahmen notwendig, die **die externen Kosten der Fahrzeugnutzung** einpreisen. Insofern ist der Einstieg in die CO₂-Bepreisung für die Sektoren Verkehr und Wärme Anfang 2021 ein wichtiger Paradigmenwechsel. Es ist auch ein erster, aber noch unzureichender Schritt, die ungleiche Belastung der Energieträger Strom, Benzin und Diesel mit Abgaben, Umlagen und Steuern anzugleichen. Für die Entwicklung wasserstoffbasierter Geschäftsmodelle ist durch die Befreiung von der EEG-Umlage im Rahmen der 2021 in Kraft getretenen EEG-Novelle ein wichtiger Schritt erfolgt, um die hohe Kostenbelastung von Strom zu verringern. Darüber hinaus sind in der Nationalen Wasserstoffstrategie quantifizierte Ziele und Maßnahmen vorgesehen, um die bisher noch nicht vollständig entwickelte Wertschöpfungskette auf- und auszubauen.

Das Land Niedersachsen zeichnet sich durch einen vergleichsweise hohen, kontinuierlich wachsenden Anteil des MIV aus (siehe 3.5), der eine tiefgreifende Mobilitätswende hin zum Umweltverbund erschwert. Die Verkehrsleistung, d.h. die durchschnittlichen Personenkilometer pro Tag, ist in Niedersachsen in den letzten Jahrzehnten ebenfalls gestiegen (siehe 3.3.). Das unterstreicht die große **Dringlichkeit des Ausbaus der Ladestruktur**; wenn die Möglichkeit nicht besteht, längere Strecken auch mit E-Fahrzeugen zurückzulegen zu können, büßen diese an Attraktivität ein. Konkrete quantitative Zielvorgaben für den Ausbau könnten der Bevölkerung die Sicherheit geben, E-Autos mehr und mehr auch auf längeren Strecken nutzen zu können. Das Land Baden-Württemberg hat es sich beispielsweise als Ziel gesetzt, in einem 10x10km Raster Lademöglichkeiten zur Verfügung zu stellen.²²⁶

Die Mittel der Beschaffung von Fahrzeugen – insbesondere im Bereich Regionalverkehr und ggf. in Zusammenarbeit mit den Kommunen auch im ÖPNV – und vorhandene Fördermittel im Verkehrsbereich sollten soweit wie möglich auf die beiden neuen Technologiepfade umgestellt werden. Zentral ist hierbei die Infrastrukturförderung, die gerade im frühen Stadium wie bei der Wasserstoffnutzung nicht allein von Marktakteur*innen gestemmt werden kann.

Die vorangegangene Verkehrsanalyse (siehe 3.8) zeigt weiterhin, dass das Potential des **Carsharings** in Niedersachsen nur sehr unzureichend genutzt wird. Im Rahmen des durchgeführten Stakeholder*innen Forums merkten die Teilnehmer*innen an, dass insbesondere das Angebot des

²²⁶ Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2017). [Förderbekanntmachung des Ministeriums für Verkehr über ein flächendeckendes Sicherheitsladernetz für Elektrofahrzeuge \(SAFE\) in Baden-Württemberg.](#)

eCarsharings oder des Carsharings mit E-Fahrzeugen durch die langen Ladezeiten unrentabel sind. Gezielte Förderprogramme, welche die Mehrkosten abdecken, könnten dem entgegenreten und die notwendige Planungssicherheit schaffen. Weiterhin könnten multimodale Mobilitätsstationen, wie es sie bereits in Bremen gibt²²⁷, Carsharing durch eine passende Infrastruktur unterstützen.²²⁸

Als Nettostromexporteur hat Niedersachsen gute Voraussetzungen, die Elektrifizierung des Verkehrssektors zu unterstützen. Allerdings wird Sektorkopplung bisher noch durch hohe Abgaben und Umlagen gebremst, insbesondere an der Schnittstelle von Gas und Strom. Die Befreiung der Herstellung grünen Wasserstoffs von der EEG-Umlage schafft jedoch neue Möglichkeiten, das Potential Niedersachsens bei der Speicherung von erneuerbaren durch die Elektrolyse zu grünem Wasserstoff weiter auszunutzen.

Auf Bundesebene kann sich die Landesregierung über Bundesratinitiativen in die Weichenstellung im Bereich Besteuerung und Abgaben durch die Mitwirkung an bundespolitischen Entscheidungs- und Gestaltungsprozessen einbringen, beispielsweise im Rahmen von Gesetzgebungsverfahren, Bundesratsinitiativen sowie länderübergreifenden Arbeitsgruppen und Konferenzen.

6.7. Akteur*innenanalyse für den Bereich Elektromobilität

Im weiteren Verlauf der Untersuchung wurde die bestehende Akteur*innenlandschaft im Bereich der Elektromobilität in Niedersachsen untersucht. Hierbei wurde weiter spezifiziert in die Bereiche Verkehr und Energie. Im Akteur*innenmapping wurden drei zentrale Gruppen an Akteur*innen identifiziert:

- 1) Öffentliche Verwaltung,
- 2) Industrie und Unternehmen sowie
- 3) Universitäten und Forschung.

Auch hier wurde, wie bei der Politikinstrumentenanalyse, der Governance-Ansatz angewandt und nach Landesebene, regionaler und kommunaler Ebene differenziert. Bei der Landesverwaltung Niedersachsen handelt es sich um ein zweistufiges Verwaltungssystem, es umfasst Behörden der unmittelbaren Verwaltung (z. B. Ministerien) und mittelbaren Verwaltung (z. B. Anstalten, Stiftungen). Es wurde zunächst auf der unmittelbaren und dann auf der mittelbaren Ebene nachlaufenden Initiativen und Kooperationen im E-Mobilitätssektor recherchiert. Die Analyse wurden auf Basis einer Internet- und Literaturrecherche mit Schneeballsystem erstellt.

Zu den Akteur*innen zählten z.B. Verwaltungen ländlicher bzw. städtischer Kommunen, Verkehrsverbände, Stromversorger*innen und Netzbetreiber*innen (vgl. Tabelle 6-5). Darüber hinaus beleuchtet die sektorenübergreifende Analyse inwiefern Kooperationen zwischen den einzelnen Akteur*innen bereits bestehen (vgl. Abbildung 6-3).

Aufgrund der großen Anzahl von Initiativen und Kooperationen auf Stadt- und Kommunalebene ist die gewählte Auswahl beispielhaft zu verstehen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Hier wurden vor allem Modellprojekte im Rahmen von bundesweiten Förderprogrammen sowie die Hinweise der Stakeholder*innen berücksichtigt.

²²⁷ Die Senatorin für Klimaschutz, Umwelt, Mobilität, Stadtentwicklung und Wohnungsbau (2021). [mobil.punkt](#).

²²⁸ Anderson, John et al. (2020): Dokumentation des 1. Stakeholder*innen Forums, NeueWege – Wege nachhaltiger Mobilität in Niedersachsen. (noch nicht veröffentlicht)

Tabelle 6-4: Übersicht Akteur*innen zu Elektromobilität in Niedersachsen

Akteur*in	Thema	Name	Initiative	Kurzbeschreibung
Öffentliche Verwaltung	Energie	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Stadt Hannover*	Hannover-stromert	Umsetzungskonzept zur Elektromobilität: Erweiterung E-Ladestationen, Parkplätze für E-Fahrzeuge, Leihen von Pedelec- und E-Lastenrädern
	Energie	Nds. Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz	Nachhaltigkeitsstrategie ; Netzausbau ; Energie-wendebericht	Zuständigkeit für Energie und Klimaschutz in der Landesverwaltung
	Verkehr	Nds. Finanzministerium	Flächen für Ladepunkte	Geeignete Parkflächen werden für die Errichtung von öffentlich zugänglichen Ladepunkten bereitgestellt
	Verkehr	Nds. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung*	Automotive Agentur Niedersachsen	Agentur, die Fahrzeughersteller*innen und Zuliefer*innen beim Strukturwandel unterstützen und international vertreten.
	Verkehr	Nds. Ministerium für Inneres und Sport; Zentrale Polizeidirektion Nds., Paritätischer Wohlfahrtsverband	lautlos&einsatzbereit	Elektrofahrzeuge bei der Polizei Nds.
	Verkehr	Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur	Mobilise	Zusammenschluss von Universitäten, Forschungseinrichtungen zu Lösungsansätzen im Bereich Mobilität
	Verkehr	Nds. Kultusministerium; Kommunen/ Schulen	Mofa-AG-Wettbewerb	Wettbewerb an Schulen: Fünf nds. Mofa-AGen gewinnen E-Mofa und Projekttag zum E-Führerschein
	Verkehr	Stadt Braunschweig*	emil – der E-Bus ; Schnellladestation Braunschweig ; emilia – E-Autos	E-Mobilität im ÖPNV
	Energie	Stadt Wolfsburg*	E-Ladestation ; eCUBE	E-Mobilitätszentrum
	Verkehr	Stadt Oldenburg	E-Tretroller Sharing	
	Verkehr	Stadt Göttingen*	eRadschnellwege	
	Energie, Verkehr	Stadt Osnabrück*	E-busse	E-Buslinie (M1) zwischen Haste und Düst-rup
Unternehmen	Energie	VW Group Components	Schnellladestation	12 Schnellladestationen für Wolfsburger Stadt-gebiet
	Energie	enercity Netz	Hannover-stromert	
	Energie, Verkehr	Stadtwerk Osnabrück	E-busse	
	Verkehr	R.C.H. Mobility Management & Distribution	E-Scooter , Pedelecs , EUCs	Start-Up: Verkauf von E-Fahrzeugen
	Verkehr	W. Körner Technologie	E-Gabelstapler	
	Energie	Schutz Systemtechnik	E-Ladestationen	
	Verkehr	Oecon Products & Services	Karten- und Routen-dienst ; E-mobilität	Karten- und Routen-dienst z.B. zur

				Routenberechnung zur nächstgelegenen E-Tankstelle
	Verkehr	ÜSTRA Hannover	Solaris Elektrobus	Elektrobusse im Linienverkehr
	Energie	TÜV Nord	E-station	Kostenlose solarbetriebene Ladestation für Elektrofahrzeuge in Hannover-Döhren
Universität, Forschung	Energie, Verkehr	Wissenschaftliche Kommission Niedersachsen		
	Energie, Verkehr	Georg-August-Universität Göttingen	Smart Mobility Research Group	Forschungsgruppe zur nutzer*innenfreundlichen Evaluierung von Technologien im Mobilitätssektor
	Verkehr	TU Braunschweig, Leibniz Universität, HS f. Bildende Künste Braunschweig, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig	Mobilise	Zahlreiche Projekte in den Feldern Digitalisierung, Energiewende sowie Produktion und Leichtbau

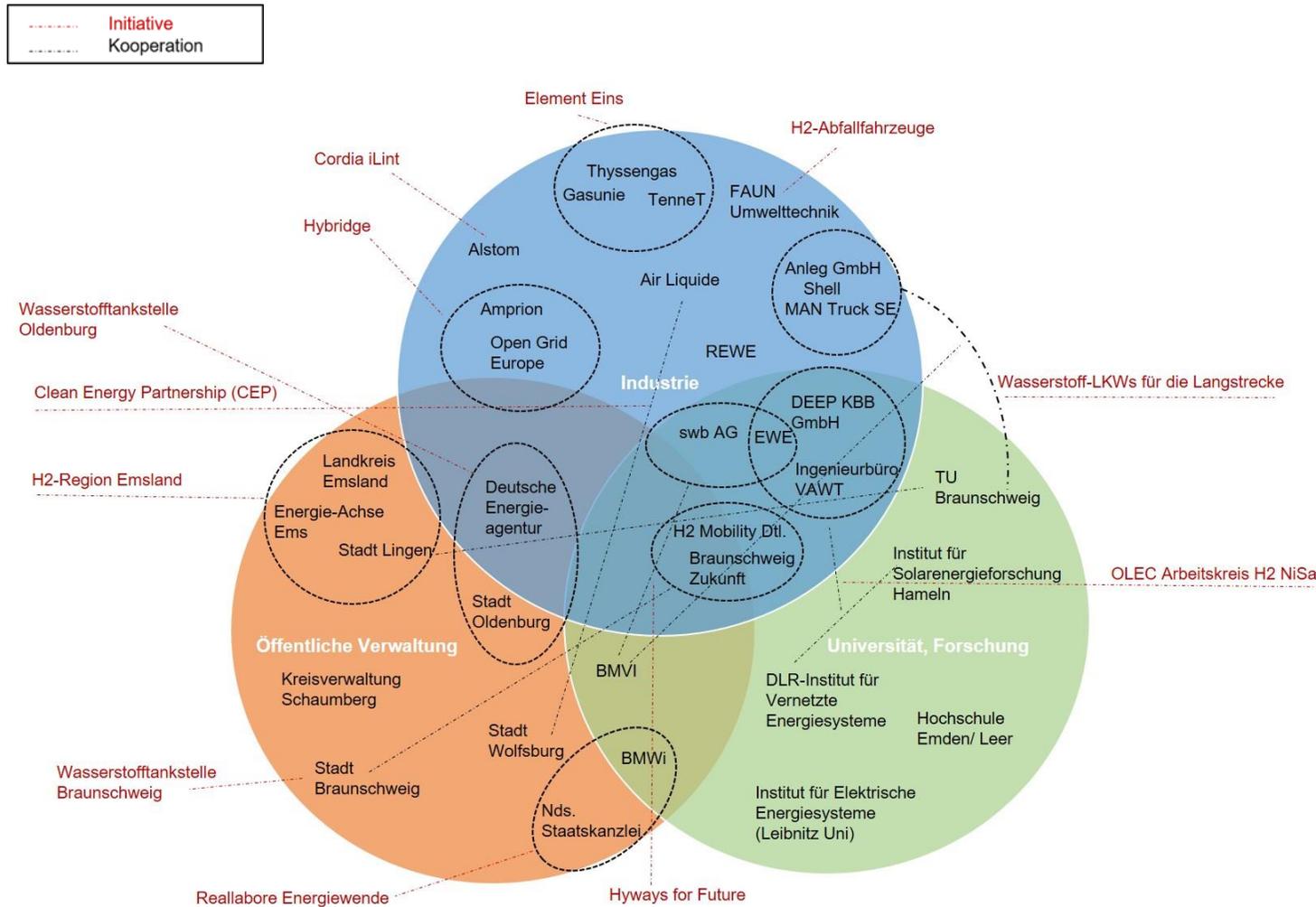
*Teil der Initiative „Schaufenster Elektromobilität“

Tabelle 6-5: Übersicht Akteur*innen zu Wasserstoff in Niedersachsen (Auswahl)

Akteur*in	Name	Initiative	Kurzbeschreibung
Öffentliche Verwaltung	BMWi	<u>Reallabore Energiewende</u>	Forschungs- und Demonstrationsvorhaben
	BMVI	<u>Hyland-Wasserstoffregionen in Deutschland</u>	Förderung für Wasserstoffregionen
	BMVI	<u>Wasserstofftankstelle Braunschweig, Wasserstoff-Lkws; Hyways for future</u>	Forschungsgruppe zu Lösungen für den emissionsfreien Schwerlastverkehr (Brennstoffzellen Lkw)
	Nds. Ministerium f. Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz	Niedersächsisches Wasserstoff-Netzwerk (NWN)	Netzwerk, das Koordinierungszentrale für nds. Wasserstoffprojekte ist und bei der Umsetzung unterstützt
	Nds. Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Verkehr und Digitalisierung	<u>HY-5 aus Norddeutschland</u>	Standortinitiative mit dem Ziel, Norddeutschland als Standort für grünen Wasserstoff zu etablieren
	Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur	<u>Innovationslabore für Wasserstofftechnologien</u>	Projektförderung über 6,5 Millionen Euro für Forschungsverbünde im Bereich Wasserstoff
	Stadt Brake, Landkreis Emsland, Landkreis Osterholz	<u>HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland*</u>	Gewinner der Kategorie „HyStarter“ der BMVI-Initiative für Wasserstoffprojekte in ausgewählten Regionen.
	Stadt Braunschweig	<u>Wasserstofftankstelle</u>	
	Stadt Wolfsburg	<u>Clean Energy Partnership (CEP)</u>	16 Industrieunternehmen arbeiten an Marktaktivierung von Wasserstoffmobilität und Brennstoffzellen
	Stadt Oldenburg, Deutsche Energieagentur	<u>Wasserstofftankstelle</u>	
	Kreisverwaltung Schaumburg	<u>HyLand - Landkreis Schaumburg „Wasserstoffregion“</u>	Zusammenschluss zur Förderung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
Energie-Achse EMS, Landkreis Ems, Stadt Lingen	<u>H-2 Region Emsland</u>	Kompetenznetzwerk für die regionale Energiewirtschaft innerhalb der Ems-Achse	
Unternehmen	DEEP.KBB, EWE Gasspeicher, Ingenieurbüro PLANET	<u>OLEC Arbeitskreis Wasserstoff Niedersachsen</u>	Bestehende Wasserstoffaktivitäten werden vernetzt und öffentlichkeitswirksam kommuniziert.
	Swb, EWE	<u>Hyways for future</u>	Förderprogramm: Etablierung Einsatz von Wasserstoff für Mobilität in Bremem, Bremerhaven
	DOW Deutschland	<u>Green MeOH</u>	Reallabor Energiewende: Wasserstofftechnologien im industriellen Maßstab
	Thyssengas, Gasunie Deutschland, TenneT	<u>Element Eins</u>	Reallabor Energiewende: Erforschung der Power-to-Gas-Technologie
	Amprion, Open Grid Europe	<u>Hybridge</u>	Vorhaben: erste großtechnische Anlage in Dtl., Umwandlung von Strom aus EE in Wasserstoff
	Alstom	<u>Coradia iLint, GETH2</u>	Personenzug mit Wasserstoff-Brennzelle (14x NiSa)

	FAUN Umwelttechnik	FAUN Bluepower	Vollelektrische Müllentsorgungsfahrzeuge
	Air Liquide Advanced Technologies	Clean Energy Partnership (CEP). H2-Allianz	
	BASF, Alstom, Deutsche Post DHL, dralon, REWE u.a.	GETH2	Etablierung einer leistungsfähigen Wasserstoffinfrastruktur (Sektoren Industrie, Transport)
	Man Truck, Shell, Anleg, etc.	Wasserstoff-Lkws für Langstrecke	
	IAV, MARIKO, Ingenieurbüro PLANET, Stadtwerke Emden	H2-Allianz	24 Akteur*innen aus Wirtschaft und Wissenschaft arbeiten an Aufbau einer nds. grünen Wasserstoffwirtschaft
	H2 Mobility Deutschland, Braunschweig Zukunft	Wasserstofftankstelle Braunschweig	
Universität, Forschung	Leibniz Universität, DLR-Institut Vernetzte Energiesysteme	OLEC Arbeitskreis Wasserstoff Niedersachsen	
	Institut für Solarenergieforschung Hameln	Landkreis Schaumburg „Wasserstoffregion“;	
	TU Braunschweig	Wasserstoff-Lkws für die Langstrecke; Niedersächsisches Forschungszentrum Fahrzeugtechnik; Battery Lab-Factory Braunschweig	
	Hochschule Emden/ Leer	H2-Allianz	

Abbildung 6-4: Darstellung Zusammenarbeit – Akteur*innen im Bereich Elektromobilität in Niedersachsen (Auswahl)



6.9. Fazit Akteur*innenanalyse

Obwohl sich die Entwicklung im Bereich Elektro- und Wasserstoffmobilität in den letzten Jahren beschleunigt, bleibt die Verbreitung von Elektro- und Wasserstoffantrieben noch hinter den Zielwerten zurück. Das lässt sich auf die für eine Mobilitätswende notwendige tiefgreifende Umstrukturierung zurückführen, welche für Gesellschaft, Politik und Wirtschaft eine große Herausforderung darstellt. Um diesen Wandel zu erreichen, bedarf es entsprechende gesetzliche Voraussetzungen, eine stabile Infrastruktur, den Abbau von Investitionshemmnissen und eine veränderte Anreizstruktur. Nur so kann die in vielen Modellvorhaben erfolgreich getesteten Umstellung auf alternative Antriebe verstetigt werden.

Die Akteur*innenanalysen zeigen, dass sich in Niedersachsen eine Vielzahl an Akteur*innen in unterschiedlichen Initiativen aktiv mit den Themen auseinandersetzen. Insbesondere im Bereich Elektromobilität sind so viele Einzelakteur*innen an Fördermaßnahmen von Bund und Land beteiligt, so dass hier nur eine beispielhafte Auswahl genannt werden konnte. Dabei liegt der Fokus meist auf Elektrofahrzeugen, wie z.B. der Einsatz von E-Autos der Polizei Niedersachsen oder Elektrobusse im öffentlichen Verkehr der Städte Braunschweig und Osnabrück. Mit Blick auf den Sektor Energie kann beobachtet werden, dass die Bereitstellung von E-Ladestationen das häufigste Instrument ist, um den Umstieg auf E-Mobilität in Niedersachsen voranzutreiben.

Im Bereich Wasserstoff liegt der Schwerpunkt stärker als bei der Elektromobilität auf Forschung und Demonstration. Auch hier sind aber vielfältige Kooperationen zwischen Forschungseinrichtungen, Unternehmen und Kommunen oder Regionen zu beobachten z. B. im Rahmen der Real-labore für die Energiewende oder der Wasserstoffregionen. Die in den Vorhaben geschmiedeten Allianzen bieten eine gute Grundlage, um den nun beginnenden Markthochlauf der Technologie voranzutreiben.

7. Handlungsempfehlungen

Aus den zuvor dargestellten Analysen und [Ergebnissen der Sektoren Verkehr](#) und [Energie](#) können Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, wie nachhaltige Mobilität in Niedersachsen zukünftig gestaltet werden kann und sollte. Es fließen außerdem relevante Ergebnisse der [Projektanalyse](#) und der [Akteurs- und Institutionenanalyse](#) in die Formulierung von Handlungsempfehlungen mit ein. Zudem werden an ausgewählten Stellen, Diskussionsaspekte der Veranstaltungen aufgegriffen.

Ausgangslage

Im Gegensatz zu vielen anderen Bereichen hat sich die Treibhausgas-Bilanz im Verkehrssektor gegenüber 1990 bisher kaum verändert. Anstelle einer Stagnation oder Reduktion nehmen das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung in Deutschland nach wie vor zu. In den kommenden Jahren ist höchstens mit einer Verlangsamung des Anstiegs, nicht jedoch mit einer Umkehrung der Entwicklung zu rechnen. Technologische Effizienzsteigerungen tragen dazu bei, dass trotz weiterhin zunehmender Verkehrsmengen ein Rückgang der Treibhausgas-Emissionen möglich ist. Der Rückgang wird jedoch bei weitem nicht ausreichen, das von der Bundesregierung festgelegte Ziel, die CO₂-Emissionen im Verkehrssektor bis 2030 um mindestens 40 bis 42 Prozent gegenüber dem Jahr 1990 zu mindern, zu erreichen.

Für die Bestandsaufnahme des Verkehrsbereichs in Niedersachsen zeigt sich zwar ein überproportionaler Anstieg der Verkehrsleistung bei den Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs und beim Fahrrad. Im bundesweiten Vergleich liegt dieser Anstieg jedoch deutlich unter dem Durchschnitt. Das absolute Wachstum der mit dem Pkw zurückgelegten Kilometer ist aufgrund des hohen Gesamtanteils des MIV in Niedersachsen besonders ausgeprägt. Die hohe Bedeutung des MIV in Niedersachsen zeigt sich auch beim Pkw-Besitz. Die Mehrfachmotorisierung mit zwei, drei oder mehr Pkw im Haushalt hat in Niedersachsen deutlich zugenommen und weist Werte über dem Bundesdurchschnitt auf. Mit jedem Pkw im Haushalt steigt der Anteil der Wege und Kilometer im Durchschnitt mit dem Pkw zurückgelegt werden an. Da der Straßenverkehr einer der Hauptverursacher der Verkehrsemissionen ist, kann das Ziel der CO₂-Reduktion im Verkehr nur durch eine umfassende Kehrtwende erreicht werden.

Die Analyse der Ladeinfrastruktur hat gezeigt, dass ein schneller Ausbau der Ladeinfrastruktur notwendig ist. Des Weiteren ist mit einem zusätzlichen Ladebedarf zunächst verstärkt in einzelnen Landkreisen zu rechnen, sodass regionale Unterschiede beim Ausbau der Ladeinfrastruktur bedacht werden sollten.

Technische Maßnahmen spielen auf dem Weg zu mehr Nachhaltigkeit im Verkehr eine wichtige Rolle, sie reichen alleine aber bei weitem nicht aus. Sie bergen zudem das Risiko von Rebound-Effekten, da „saubere“ Technik zu einem guten Gewissen und daher oftmals zu einem Mehr anstelle von Weniger im Verkehr führt. Zudem entstehen auch bei der Produktion von Elektrofahrzeugen Emissionen. Solange die Herstellung der benötigten Energie nicht auch hier klimaneutral erfolgt, werden die Emissionen nur aus den Städten in andere Regionen verlagert. Tragen emissionsarme Fahrzeuge durch eine Reduktion von Lärm und Abgasen zur Aufenthaltsqualität im urbanen Raum bei, so ändern sie nichts an der hohen Flächeninanspruchnahme durch den motorisierten Verkehr, zumal Fahrzeuge in der Vergangenheit kontinuierlich größer geworden sind. Auch im Jahr 2020 weist der Anteil der SUVs an allen zugelassenen Pkw mit einem Zuwachs

von 20 Prozent gegenüber dem Vorjahr die höchste Steigerungsrate aller Fahrzeugsegmente auf (KBA 2021²²⁹).

Es bedarf daher eines ganzheitlichen Ansatzes, der auf vielen verschiedenen Ebenen gleichzeitig ansetzt und einen sich selbst verstärkenden Prozess zum Entstehen einer neuen Mobilitätskultur in Gang setzt. Abbildung 7-1 verdeutlicht, wovon die Mobilitätskultur in einer Stadt oder einem Land beeinflusst wird (vgl. Kuhnimhof et al. 2019²³⁰):

Raumstruktur und Verkehrsangebot: Hierunter fallen zum einen die historisch gewachsenen Siedlungsstrukturen mit Gebäuden und Freiflächen, die maßgeblich über die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum entscheiden. Zum anderen gehört hierzu die Verkehrsinfrastruktur mit dem bestehenden Netz aus Straßen, Schienen, Fahrrad- und Fußwegen sowie die Angebotsqualität im Öffentlichen Verkehr. Eine über Jahrzehnte hinweg stark autoorientierte Planung hat dabei Strukturen geschaffen, die eine einseitige Nutzung des Autos fördern. Ansätze wie z.B. die Einrichtung von Superblocks zeigen, dass diese Strukturen nicht als gegeben hingenommen werden müssen. Barcelona, eine lange Zeit von Verkehr, Stau und wenig Grünfläche geprägte Stadt, konnte durch die konsequente Sperrung von Straßen für den Durchgangsverkehr und die Neuverteilung des vorhandenen Straßenraums, Quartiere von hoher Aufenthaltsqualität mit viel Platz für aktive Verkehrsmodi schaffen.

Politik und planerische Umsetzung: Diese zweite Dimension beinhaltet nicht nur die Ebenen Politik und Planung, sondern auch die Interessensverbände sowie die lokalen Medien. Neben den politischen Leitlinien und Planungskonzepten kommt vor allem auch der Kommunikation eine hohe Bedeutung zu. So hat jede Stadt ihren eigenen städtischen Diskurs. Wie wichtig dieser ist zeigt sich vielfach bei der Umsetzung von Maßnahmen. Solange die Bürger*innen nicht umfassend informiert und in Planungsprozesse einbezogen werden, bleibt der Erfolg gut gemeinter Initiativen oft aus. Es gilt daher die Akzeptanz und Wirksamkeit von Maßnahmen mit guten Kommunikationsstrategien zu begleiten.

Wahrnehmung und Lebensstilorientierungen: Die dritte Dimension umfasst die Bevölkerung mit ihren jeweils spezifischen Mobilitätsroutinen. Kann das Mobilitätsverhalten einerseits durch sozioökonomische Merkmale und insbesondere durch Lebensphasen erklärt werden, so weist es andererseits „erheblichen Eigensinn“ (Scheiner 2007²³¹) auf, da individuelle Präferenzen und Vorlieben sowie die subjektive Wahrnehmung von objektiven Gegebenheiten einen hohen Einfluss auf das tatsächliche Verhalten haben. Rammler (2011²³²) stellt in diesem Zusammenhang fest, dass die Gewohnheiten von Menschen sogar beharrungsmächtiger sein können als „beharrungsmächtiger sein können als stählerne Infrastrukturen“. Ein Ansetzen an den Lebenswelten der Menschen, ein Mix aus Pull und Push-Maßnahmen unterstützt durch kommunikative Maßnahmen sind daher unerlässlich.

²²⁹ KBA – Kraftfahrt-Bundesamt (2021): Bestandsüberblick am 1. Januar 2020. [<https://www.kba.de/>]. Aufgerufen am 26.01.2021:

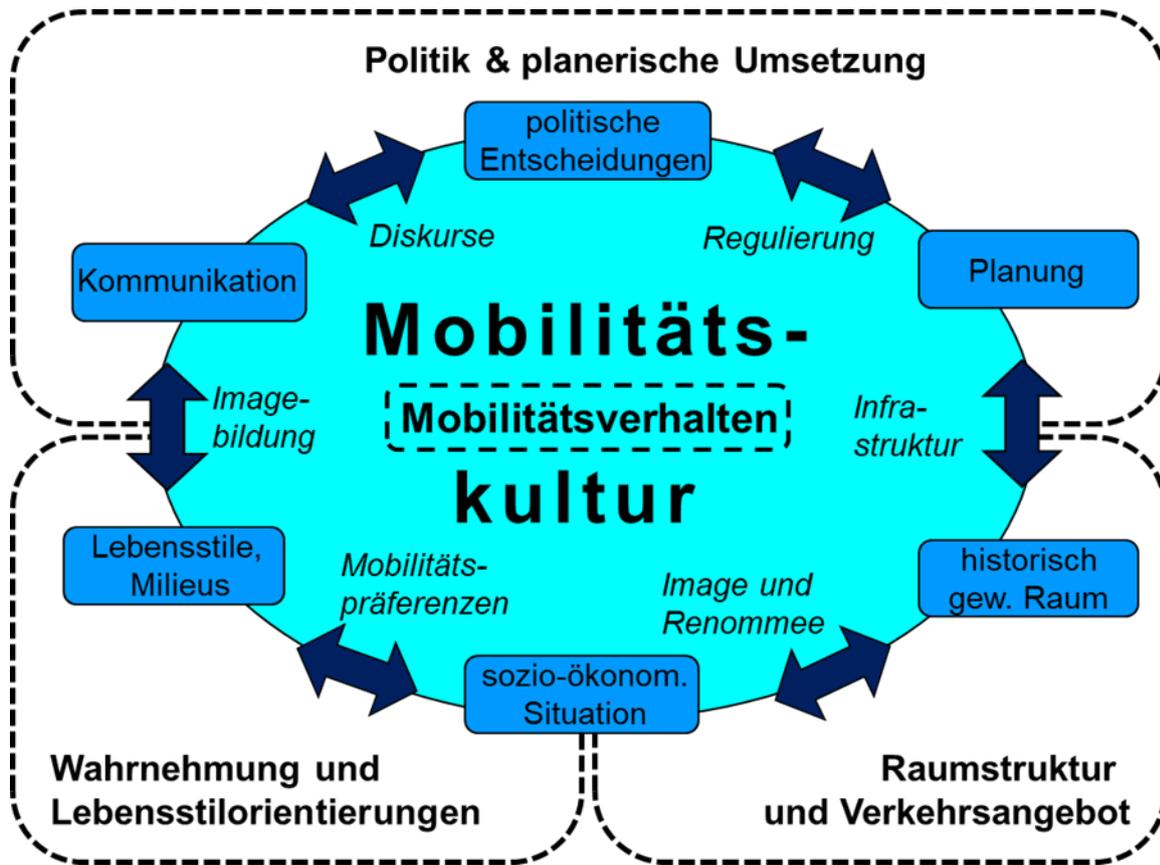
https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Jahresbilanz/b_jahresbilanz_inhalt.html;jsessionid=F25F69DC59C23FEC4A2A759A0CF74304.live11291?nn=2598042

²³⁰ Kuhnimhof, T.; Nobis, C.; Hillmann, K. (2019): Veränderungen im Mobilitätsverhalten zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität – Schlussbericht. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes.

²³¹ Scheiner, J. (2007): Verkehrsgeneseforschung. In: Schöller, O., Canzler, W. & Knie, A. (Hrsg.): Handbuch Verkehrspolitik (S. 687-709). Wiesbaden.

²³² Rammler, S. (2011): Verkehr und Gesellschaft – Verkehrspolitik als Mobilitätsdesign. In: Schwedes, O. (Hrsg.): Verkehrspolitik. Eine interdisziplinäre Einführung (S. 37-56). Wiesbaden.

Abbildung 7-1: Dimensionen der Mobilitätskultur (Quelle: Kuhnimhof et al. 2019, S. 36)



Im nachfolgenden werden wichtige technische und verhaltenswirksame Maßnahmen vorgestellt, die den notwendigen Veränderungsprozess voranbringen können. Jede Einzelmaßnahmen führt dabei nur zum Erfolg, wenn sie in ein Gesamtkonzept eingebettet ist.

Technische Maßnahmen im Verkehr

Die Fahrzeugbestandsanalyse hat ein gewaltiges Wachstum des Pkw-Bestandes in den letzten zehn Jahren ergeben. Der Anteil alternativer Antriebstechnologien ist bislang gering. Neben Maßnahmen zur Reduktion der kontinuierlichen Zunahme, bedarf es daher Maßnahmen zur Erhöhung des Anteils energieeffizienter Pkw. Da heutige Kaufentscheidungen die Zusammensetzung des Pkw-Bestands über lange Zeiträume prägen, sind diese Maßnahmen von besonderer Dringlichkeit.

Der Neukauf von Null-Emissions-Fahrzeugen, besonders von elektrischen Fahrzeugen wird aktuell durch Bund und Länder gefördert. Die Nutzer*innenakzeptanz von elektrischen Fahrzeugen nimmt jedoch erst langsam zu. Für die Verbreitung der Technologie sind daher kommunikative Maßnahmen, die z.B. die Sorge um eine zu geringe Reichweite adressieren und ein Ausprobieren und Kennenlernen der neuen Technologie ermöglichen, ebenso wichtig wie weitere Kaufprämien (vornehmlich für kleine, besonders energieeffiziente Fahrzeuge), technische Verbesserungen zur Erhöhung der Fahrzeugreichweite und der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastruktur. Wirkungsgradverbesserungen bei alternativen Antrieben und Kraftstoffen tragen zusätzlich zum Erreichen der Umweltziele bei.

Der Aufbau bedarfsgerechter Ladeinfrastruktur ist eine Voraussetzung für den Erfolg von Elektrofahrzeugen. Bezüglich der Ladeorte sollte bei der Planung von Ladeinfrastruktur darauf geachtet werden, dass ein Mix an Ladeangeboten an typischen Parkplätzen im Alltag und entlang von Hauptverkehrsachsen bereitgestellt wird.

Schnellladepunkte sind entscheidend für das effiziente Laden und werden sowohl für Langstreckenfahrten als auch für Personen ohne Lademöglichkeiten zuhause oder bei der Arbeit benötigt. Um netzdienliches Laden zu fördern, sollte ein Mix aus normaler und schnellladefähiger Infrastruktur angestrebt werden. Dabei empfiehlt es sich, Schnellladeinfrastruktur im Wesentlichen an den Hauptverkehrsachsen aufzubauen.

Die Analyse zeigte auch, dass die normale Ladeleistung an ausgewählten Orten, wie bei der Arbeit, bei Freizeitangeboten oder beim Einzelhandel, ausreichend ist, da Nutzer*innen dort für längere Zeiträume parken und laden und deshalb die Ladeleistung dort nicht erhöht werden muss. Ein besonderer Fokus sollte daher auf der zusätzlichen Ladeinfrastruktur mit normaler Ladeleistung am Arbeitsplatz liegen. Die Analyse zeigte des Weiteren, dass Ladepunkte der Kategorie „öffentliche Ladeinfrastruktur, nahe zuhause“ aufgrund des Verhältnisses von Ladezeit zu Parkzeit ineffizient sind und dadurch mehr Ladepunkte benötigt werden.

Nicht-technische Maßnahmen im Verkehr

Der konsequente Ausbau der Alternativen zur Nutzung privater Pkw ist gerade in Niedersachsen mit einer teilweise stark autoorientierten Bevölkerung entscheidend für das Gelingen der Mobilitätswende. Besondere Bedeutung kommt dabei dem öffentlichen Verkehr zu, der das Rückgrat der Mobilitätswende darstellt. Dies wurde auch im zweiten Fachworkshop, der im Rahmen des Projektes NeueWege durchgeführt worden ist, sehr deutlich formuliert. Neben der Förderung der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel geht es dabei auch um die bislang nur zu Teilen elektrifizierte Busflotte und die Bahninfrastruktur. Laut der Expert*innen des Fachworkshops empfiehlt sich neben einer Förderung der Elektrifizierung auch der Einsatz von Wasserstoffzügen.

Damit der ÖPNV seiner Rolle im Rahmen der Mobilitätswende gerecht wird, gilt es einen an die regionalen Bedingungen angepassten Ausbau voranzutreiben. In den niedersächsischen Städten bedeutet dies vor allem eine Erweiterung des Angebots in Spitzenlastzeiten. Zudem tragen Maßnahmen, die insbesondere in der durch die Corona-Pandemie ausgelösten Krise vermehrt zum Einsatz gekommen sind, wie variierende Anfangszeiten von Schulen und eine Flexibilisierung von Arbeitszeiten inklusive Homeoffice, zum Abflachen der morgendlichen Nachfragekurve in Städten bei. Im ländlichen Bereich ist der Aufbau eines ganztägigen ÖPNV-Angebots mit ausreichender Taktfrequenz entscheidend. Im Rahmen der behandelten niedersächsischen Projekte wurde zudem die Bedeutung von Ridesharing und Ridepooling-Konzepten für den ländlichen Bereich als ÖPNV-Zubringer sichtbar. Auf diese Weise kann es gelingen, im ländlichen Raum neue Kundengruppen für den ÖPNV zu gewinnen und junge Menschen nach Erwerb des Führerscheins nicht vollständig an den MIV zu verlieren.

Die konsequente Umsetzung digitaler Innovationen im ÖV bietet nicht nur in Städten, sondern auch im ländlichen Raum ein hohes Potenzial zur Förderung nachhaltigen Mobilitätsverhaltens. Auch wenn sich Angebote wie Carsharing, Ridesharing und Ridepooling derzeit weitgehend auf die großen Städte beschränken: gerade im ländlichen Raum könnten diese Dienste dazu beitragen, Lücken zu schließen und dispers verteilte Fahrtwünsche zu bündeln. Auf diese Weise könnten auch auf dem Land Alternativen zum eigenen Pkw geschaffen und zumindest die Abschaffung von Zweitwagen gefördert werden. Spätestens mit autonom fahrenden Fahrzeugen ist das Problem der hohen Personalkosten für Fahrer*innen von Bussen und Fahrdiensten gelöst. Diese Dienste werden sich – im Gegensatz zum städtischen Raum mit einer hohen Nutzer*innendichte und dementsprechenden Profitaussichten – nicht von alleine auf dem Markt durchsetzen. Eine staatliche Förderung zum Anschlag der Innovationen ist sinnvoll.

Da bereits eine seltene Nutzung zu einer besseren Bewertung öffentlicher Verkehrsmittel führt und die zukünftige Nutzungswahrscheinlichkeit steigt, gilt es, Anlässe für eine Nutzung zu schaffen. Dies kann zum Beispiel die kostenlose Integration von ÖPNV-Tickets beim Erwerb von Theaterkarten und anderen Kultur- oder sonstigen Veranstaltungen sein. Besondere Lebensereignisse wie Umzüge, Einstieg in den Beruf sind zudem biographische Zeitfenster, in denen neue

Mobilitätsroutinen aufgebaut werden. Begrüßungspakete für Neubürger*innen mit kostenfreien ÖPNV-Tickets und individualisierten Informationen zum Umweltverbund sowie Angebote von Arbeitgebern wie die Bezuschussung von Jobtickets oder bei der Anschaffung von Pedelecs können den Aufbau nachhaltigen Verhaltens beim Aufbau neuer Wegerelationen helfen.

Es gilt den positiven, vor allem in den Städten beobachtbaren Trend einer zunehmenden Fahrradnutzung durch den Ausbau von Infrastruktur zu unterstützen. Hierzu gehören: die Errichtung sicherer Radwege/-spuren, der Bau von Radschnellwegen, fahrradfreundliche Ampelschaltungen, die Schaffung von Aufstellbereichen für Fahrräder vor Autos an Ampeln, der Bau von Fahrradabstellanlagen und von Infrastruktur für die Verknüpfung der Fahrradnutzung mit der Nutzung anderer Verkehrsmittel. Der Ausbau der Fahrradinfrastruktur ist vergleichsweise günstig und schnell umsetzbar. Besonders wirksam ist der Ausbau, wenn dabei bspw. Stellplätze für Pkw umgewidmet werden, da so der Druck auf Autofahrer*innen bei gleichzeitigem Ausbau von Alternativen wächst.

Der ländliche Bereich sollte von der positiven Entwicklung beim Fahrrad nicht abgehängt werden. Neben der Verbesserung der Fahrradinfrastruktur spielt hier vor allem die Verbesserung der Versorgungsinfrastruktur eine Rolle, damit Wege im Nahbereich und damit potenziell zu Fuß oder mit dem Fahrrad erledigt werden können.

Bislang werden Pedelecs weit überwiegend von älteren Menschen genutzt. Dabei stellt bei jungen Personen vor allem der Weg zur Arbeit ein gutes, bislang kaum ausgeschöpftes Einsatzfeld für Pedelecs dar.

Das Bild der Städte ist, wie eingangs skizziert, das Ergebnis einer jahrzehntelangen autogerechten Planungspolitik. Der Umbau der Städte durch eine Umwidmung von Flächen für den ruhenden und fließenden Verkehr trägt zur Aufenthaltsqualität bei und lädt zur Nutzung der aktiven Verkehrsmodi zu Fuß und Fahrrad ein. Die konsequente Förderung vieler ineinandergreifender und sich gegenseitig unterstützender Maßnahmen können so langfristig zur Entstehung einer neuen Mobilitätskultur beitragen, bei der dem Auto eine neue, im Vergleich um Umweltverbund vor allem in den Städten nachrangige Rolle zukommt.

Multimodalität kommt in diesem Zusammenhang eine maßgebliche Rolle zu. Studien zeigen, dass Menschen, die in ihrem Alltag auf unterschiedliche Verkehrsmittel zugreifen, trotz ebenso hoher Alltagsdistanzen einen deutlich geringeren CO₂-Fußabdruck aufweisen (Nobis 2014²³³). Darüber hinaus sind Menschen, die über Alltagserfahrung mit den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes verfügen, einfacher zu motivieren diese häufiger zu nutzen, als Autofahrer*innen zum Ausprobieren des Umweltverbundes zu bewegen.

Ein Großteil der Menschen in Niedersachsen lebt in einem Haushalt mit Pkw. Die Nutzung der aktiven Verkehrsmodi Fahrrad und zu Fuß oder des ÖPNV steht daher oft in Konkurrenz zur Pkw-Nutzung mit all seinen Bequemlichkeitsvorteilen. In Niedersachsen führt dies bei 42 % der Menschen ab 16 Jahren dazu, dass im Verlauf einer normalen Woche ausschließlich Auto gefahren wird. Im bundesweiten Vergleich fällt darüber hinaus der hohe Anteil der MIV-Fahrradfahrer*innen auf, die ihre alltäglichen Wege aus einem Mix aus Auto und Fahrrad bestreiten. Aufgrund der geringen Reichweite des Fahrrads entfällt bei dieser Gruppe der Großteil der zurückgelegten Kilometer auf das Auto. Der CO₂-Fußabdruck dieser Gruppe ist zwar kleiner als der ausschließlicher Autofahrer*innen. Der Umweltvorteil steigt aber vor allem an, wenn öffentliche Verkehrsmittel Bestandteil des Verkehrsmittelsets sind. Dies unterstreicht nochmals die Notwendigkeit, den ÖPNV stärker im Alltag der Menschen zu verankern.

²³³ Nobis, C. (2014): Multimodale Vielfalt: Quantitative Analyse multimodalen Verkehrshandelns. Dissertation, Berlin: Humboldt-Universität zu Berlin. doi:10.18452/17194 <https://doi.org/10.18452/17194>

Damit dies gelingt, reicht die Förderung des Umweltverbunds allein nicht aus. Es bedarf neben Pull-Maßnahmen vielmehr auch Push-Maßnahmen und den Abbau der über die Jahre entstandenen Privilegien des MIV. Hierzu können folgende Maßnahmen:

- Anstelle von steuerlichen Privilegien für Dienstwagen können Konzepte wie die Bereitstellung von Mobilitätsbudgets im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements, die für die Verkehrsmittel des Umweltverbunds ausgegeben werden können, zur Entstehung nachhaltigen Verhaltens beitragen.
- Um den Verkehr aus dem Umland in die Städte zu minimieren bedarf es den Ausbau von Umstiegsorten in den öffentlichen Verkehr mit einer gut ausgebauten, kostengünstigen Anbindung in die Innenstädte. Durch Parkraummanagement und Zufahrtsbeschränkungen in den Innenstädten kann der Umstieg auf den Umweltverbund gefördert werden.
- Eine Verteuerung des MIV durch eine CO₂-Bepreisung und konsequente Umsetzung des Verursacherprinzips in Abhängigkeit der Emissionsintensität kann die nachhaltige Zusammensetzung der Pkw-Flotte beschleunigen. Der Einstieg in die explizite CO₂-Bepreisung durch den nationalen Emissionshandel für Verkehr und Gebäude ist ein erster, wichtiger Schritt. Szenarien-basierte Analysen zum notwendigen Politikinstrumentenmix zeigen allerdings, dass für die Erreichung des Treibhausgasreduktionsziels des Verkehrs ein höheres Preisniveau erforderlich ist.
- Konzepte, bei denen auch Autofahrer*innen Abos für den öffentlichen Verkehr erwerben müssen, tragen zur Entstehung von Wahlsituationen zwischen Mobilitätsalternativen bei.

Schließlich muss im Bereich der Pkw-Nutzung konsequent am Umstieg zu Elektromobilität weitergearbeitet werden. Auch hier zeigen die Erfahrungen anderer Länder und Einschätzungen von Expert*innen, dass ein Zusammenwirken verschiedener Maßnahmen notwendig ist, um eine zügige Transformation zu erreichen. Neben dem Ausbau der Ladeinfrastruktur, der Förderung bei Fahrzeuganschaffung und dem Abbau von Umlagen und Abgaben auf EE-Strom (Pull-Instrumente) können auch in diesem Bereich Push-Instrumente den Mix wirksam ergänzen. Als Instrumente kommen hier z. B. frühzeitig angekündigte Verbote für Neuwagen mit Verbrennungsmotor und Bonus-Malus-Systeme bei der Fahrzeugbesteuerung in Frage.

Beitrag des Energiesektors zum Gelingen der Verkehrswende

Angesichts der Bedeutung neuer Antriebstechnologien für die Erreichung der Klimaziele im Verkehr kommt der klimaneutralen Energiegewinnung und -bereitstellung für Elektroautos und mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge eine hohe Bedeutung zu. Eine wesentliche Frage in diesem Zusammenhang ist die Ausbaufähigkeit der Gewinnung regenerativer Energien.

Wie die Verkehrsanalyse basiert auch die Energieanalyse auf Szenarien für die Jahre 2030 und 2050. Vertieft analysiert wurden Photovoltaik (Aufdach und Freiflächen), Windenergie On- sowie Offshore, Biomasse und Wasserkraft. Die Verteilung der Energieerzeugungskapazitäten zeigt ein Gefälle zwischen Niedersachsens Nordwesten und Südosten auf, welches sich nicht in der Bevölkerungsdichte oder dem flächenbezogenen Energiebedarf für Verkehr oder Strom widerspiegelt. Auf Basis der durchgeführten Energieanalyse können folgende grundsätzliche Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

Niedersachsen ist im bundesweiten Vergleich ein herausragender Windstandort. Um die Klima- und die Ausbauziele zu erreichen, sind große Anstrengungen bei der Errichtung weiterer erneuerbarer Energieanlagen vorzunehmen. Die Ausbaubedarfe, welche mehr als eine Verdreifachung der bisherigen Installationen erfordern, sind eine bemerkenswerte Herausforderung, welche in der zweiten Hälfte des Transformationsprozesses bzw. in verbleibenden 23 Jahren geleistet werden müssen. In der Historie der Erneuerbaren Energien gab es lediglich bei Wind Onshore über einen längeren Zeitraum Zubauraten, wie sie notwendig sind, um die gesteckten Ziele zu erreichen. Alle anderen Technologien zur Erzeugung Erneuerbarer Energien lagen bisher in den Zubauraten zu keiner Zeit längerfristig in den zur Zielerreichung geforderten Größenordnungen vor. Außerdem

sollte dabei beachtet werden, dass sich bereits jetzt Widerstände mehren, obwohl nur ein Bruchteil der notwendigen Kapazitäten installiert ist.

Die aktuelle Rechtsprechung²³⁴ bezüglich der Ausbauziele Erneuerbarer Energien wird voraussichtlich Auswirkungen auf den hier untersuchten Themenkomplex haben.

Ballungsräume weisen einen deutlich erhöhten Energiebedarf bei gleichzeitig verringertem Potential für die Errichtung Erneuerbarer Energieanlagen auf. Deshalb ist darauf Wert zu legen, dass auch vermehrt in Ballungsräumen Erneuerbare Energieanlagen errichtet werden. So kann unter anderem ein hoher zusätzlicher bzw. übermäßiger Energietransport aus dem Umland in den Ballungsraum vermieden werden. Außerdem wird der Bedarf an Erneuerbaren Energien vor dem Hintergrund der Realisierung der niedersächsischen Klimaziele (u.a. 2040 klimaneutrale Energieversorgung) unbenommen steigen. Erneuerbare Energien sind landesweit, also auch in urbanen Räumen, auszubauen. Um einen Eindruck zu bekommen, in welchen Regionen bereits welcher Eigenanteil zur Bereitstellung Erneuerbarer Energie geleistet wurde, sollte der Erneuerbare Energieertrag pro Bevölkerung und Gebietsfläche zur Hilfe genommen werden. Teilräume mit Überschüssen aus Erneuerbaren Energien können die wirtschaftlichen Potentiale auch dann noch nutzen, wenn in urbanen Räumen weitere Kapazitäten an Erneuerbaren Energieanlagen errichtet werden, da die erzeugte Energie auch auf Bundesebene benötigt wird.

Vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Entwicklung der Mobilität erscheint ein forcierter Ausbau der Photovoltaik für die Eigenstromnutzung mit Batteriespeichern und Wallboxen für die Elektromobilität zielführend. Ähnliches gilt für die Bereitstellung von Photovoltaikstrom am Arbeitsplatz um während der Arbeitszeiten ohne Nutzung zusätzlicher Batteriespeicher Elektrofahrzeuge laden zu können. Hierzu wäre es von Vorteil derzeit bestehende rechtliche Hemmnisse zu reduzieren²³⁵.

Der Vorteil, den Niedersachsen als guter Windstandort genießt, ermöglicht die wirtschaftliche Nutzung im Zuge der Wasserstoffherstellung und der industriellen Verwendung für Mobilität, aber auch für andere Anwendungen wie Metallherstellung etc. Die Energie für die Speicherung und spätere Nutzung steht in Zukunft in ausreichendem Maße durch „alte“ Windenergieanlagen zur Verfügung. Dies wird in beispielhaften Projekten (etwa „HyWays for Future“) bereits entwickelt und die Grundlage für eine Wasserstoffwirtschaft in Niedersachsen gelegt. Dabei ist zu beachten, dass Elektrolyseanlagen derzeit nur bedingt für die Verwertung von Überschüssen geeignet sind (lange Anlaufphasen).

Der Aufbau einer Wasserstoffindustrie in Niedersachsen hat zusätzlich den Vorteil, dass geographische Gegebenheiten mit entsprechend großen Salzkavernenspeichern auch nach einer fossilen Erdgasära genutzt werden könnten. Auch eröffnen sich damit weitere Wege in die Erzeugung von erneuerbarem Methan oder synthetischen Kraftstoffen. Ziel für die Zukunft sollte folglich eine Defossilisierung und nicht unbedingt eine Dekarbonisierung sein.

Es ist hilfreich, der breiten Bevölkerung den Zugang zum Energiemarkt weiterhin offen zu lassen, damit dort vorhandene Investitionsmöglichkeiten weiterhin genutzt werden können. Die Energiewirtschaft steht bei der Umstellung des Energiesystems auf regenerative Energien zur Erzeugung, Speicherung und Verwendung von Wasserstoff vor großen Investitionen, die nur durch langfristige sowie klare politische Rahmenbedingungen mit kurzfristigen Entscheidungen zum Tragen kommen werden.

²³⁴ Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom 24. März 2021: 1 BvR 2656/18, 1 BvR 96/20, 1 BvR 78/20, 1 BvR 288/20, 1 BvR 96/20, 1 BvR 78/20

https://www.bundesverfassungsgericht.de/SharedDocs/Entscheidungen/DE/2021/03/rs20210324_1bvr265618.html

²³⁵ Rechtsanwalt Matthias Albrecht, Rechtsanwältin Johanna Kamm, Rechtsanwalt Martin Speulda, Susanne Weber (Becker Büttner Held) in Zusammenarbeit mit Matthias Grottko (Hammer Real GmbH); 21.12.2020; „Rechtlicher Leitfaden für die Stromversorgung von Mietern in Gewerbeimmobilien“; https://www.emgimo.eu/attachments/article/29/EM_VOE16_Rechtlicher_Leitfaden_Stromversorgung_von_Mietern_in_Gewerbeimmobilien_v1_20201221.pdf

Strengere Maßnahmen, welche sich durch die geänderte Landesverfassung ergeben, sind in der Studie nicht enthalten. Gegebenenfalls ist die Situation damit neu zu bewerten. Vor diesem Hintergrund ist damit zu rechnen, dass Druck auf Akteure bereits bis 2030 zu handeln steigen wird.

Zusammenfassend bedeutet dies: Mit einem Mix aus

- ÖPNV-Förderung und Ausbau der Fahrradinfrastruktur,
- Förderung alternativer Mobilitätskonzepte,
- verhaltenswirksamen Maßnahmen zur Förderung der Nutzung des Umweltverbunds,
- Abbau von Privilegien des MIV,
- Mut zum Umbau gebauter Strukturen und zur Neuverteilung des Straßenraums für mehr Lebens- und Aufenthaltsqualität, die zur Nutzung aktiver Modi und des ÖPNV einladen,
- einer breit angelegten Kommunikationsstrategie zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität und
- der Bereitstellung erneuerbarer Energien für den verbleibenden motorisierten Verkehr
- sowie dem Ineinandergreifen vieler Maßnahmen und dem Engagement vieler unterschiedlicher Akteur*innen

kann die Verkehrswende gelingen. Es mangelt nicht an Ideen und Konzepten, sondern vor allem an deren konsequenten Umsetzung.