

TEXTE

59/2024

Abschlussbericht

Verkehrssektor auf Kurs bringen: Szenarien zur Treibhausgasneutralität 2045

von:

Konstantin Kreye, Peter Kasten, Dennis Appenfeller,
Inia Steinbach

Öko-Institut, Berlin

Michel Zimmermann, Anne Greinus, Martin Peter

INFRAS, Zürich

Herausgeber:

Umweltbundesamt

TEXTE 59/2024

Ressortforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und
Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3719 58 105 0

FB001308

Abschlussbericht

Verkehrssektor auf Kurs bringen: Szenarien zur Treibhausgasneutralität 2045

von

Konstantin Kreye, Peter Kasten, Dennis Appenfeller,
Inia Steinbach
Öko-Institut, Berlin

Michel Zimmermann, Anne Greinus, Martin Peter
INFRAS, Zürich

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet:

Durchführung der Studie:

Öko-Institut e.V.
Borkumstraße 2
13189 Berlin

Abschlussdatum:

November 2023

Redaktion:

Fachgebiet I 2.1 - Umwelt und Verkehr
Manuel Hendzlik

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2024

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Kurzbeschreibung: Verkehrssektor auf Kurs bringen: Szenarien zur Treibhausgasneutralität 2045

Die Emissionen des Verkehrssektors verweilen seit Jahren auf einem hohen Niveau. Die im Bundes-Klimaschutzgesetz definierte Treibhausgasneutralität Deutschlands im Jahr 2045 ist nach aktuellen Prognosen ohne weiteres politisches Handeln nicht einzuhalten. Das Projekt zeigt anhand von zwei Szenarien mögliche Entwicklungen auf, die Transformation des Verkehrssektors zu beschleunigen. Im Zentrum stehen dabei sowohl der Hochlauf der Elektromobilität als auch die Stärkung des Öffentlichen Verkehrs und der aktiven Mobilität.

Die in den Szenarien skizzierten Zielpfade zeigen eine rasant fortschreitende Transformation im Personen- wie auch Güterverkehr. Aus volkswirtschaftlicher Sicht äußern sich die angestoßenen Transformationsprozesse leicht positiv und es kann ein Wirtschaftswachstum gegenüber der Referenz-Entwicklung realisiert werden. Die in der kurzen und mittleren Frist notwendigen Klimaschutzinstrumente und ihre ambitionierte Ausgestaltung führen jedoch auch zu finanziellen Mehrbelastungen für Teile der Bevölkerung, für die soziale Ausgleichsmechanismen entwickelt werden müssen.

Abstract: Getting the transport sector on track: scenarios for greenhouse gas neutrality in 2045

Emissions from the transport sector have remained at a high level for years. According to current forecasts, Germany's greenhouse gas neutrality in 2045, as defined in the Federal Climate Protection Act, cannot be achieved without further political action. The project uses two scenarios to show possible developments to accelerate the transformation of the transport sector. The focus is on both the ramp-up of electromobility and the strengthening of public transport and active mobility.

The target paths outlined in the scenarios show a rapidly advancing transformation in both passenger and freight transport. From an economic point of view, the transformation processes initiated are slightly positive and economic growth can be realized compared to the reference development. However, the climate protection instruments required in the short and medium term and their ambitious design also lead to additional financial burdens for parts of the population, for which social compensation mechanisms must be developed.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	14
Tabellenverzeichnis.....	18
Abkürzungsverzeichnis.....	20
Zusammenfassung.....	21
Summary.....	31
1 Hintergrund.....	40
2 Wie erreicht der Verkehrssektor die Klimaneutralität 2045?.....	43
2.1 Arten von Klimaschutzinstrumenten im Verkehr.....	43
2.1.1 Preisinstrumente und direkte Förderung von Klimaschutzanwendungen.....	44
2.1.2 Ordnungsrecht.....	46
2.1.3 Infrastrukturförderung.....	46
3 Treibhausgasneutralität 2045: Szenariorechnungen.....	48
3.1 Methodik und Annahmen.....	48
3.2 Referenz der Modellierung – Mit-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2023 der Bundesregierung.....	48
3.3 Ausgestaltung der Instrumente in den beiden Zielszenarien.....	51
3.3.1 Preisinstrumente und direkte Förderung von Klimaschutztechnologien.....	56
3.3.1.1 Anpassung der Kfz-Steuer für Pkw – Einführung einer Malus-Komponente im ersten Zulassungsjahr nach Höhe der CO ₂ -Emissionen.....	56
3.3.1.2 Nationaler CO ₂ -Preisfad des BEHG / ETS 2.....	59
3.3.1.3 Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut.....	60
3.3.1.4 Klimaschutzorientierte Überarbeitung der Lkw-Maut.....	61
3.3.1.5 Angleichen der Energiesteuer für fossile Kraftstoffe und Einführung eines Inflationsausgleichs in der Energiesteuer.....	62
3.3.1.6 Anpassung der Besteuerung von Dienstwagen.....	64
3.3.1.7 Ausbau der Förderung effizienter Trailer.....	64
3.3.1.8 Abschaffung der Entfernungspauschale.....	65
3.3.1.9 Ausweitung des Parkraummanagements.....	65
3.3.1.10 Einführung des EU-Mindestenergiesteuersatzes für inländische Flüge.....	65
3.3.1.11 Einführung des Deutschlandtickets.....	66
3.3.1.12 Zuschuss für schwere Nutzfahrzeuge mit klimaschonenden Antrieben.....	66
3.3.2 Ordnungsrecht.....	67
3.3.2.1 Überarbeitung und Fortschreibung der CO ₂ -Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge.....	67

3.3.2.2	Anpassung der Bestimmung der CO ₂ -Emissionswerte im WLTP (Pkw) von PHEV	67
3.3.2.3	Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Bundesautobahnen; Anpassungen bei der Geschwindigkeitsbegrenzung außerorts und innerorts	68
3.3.2.4	Nationale Umsetzung der RED / Überarbeitung der THG-Quote für den Zeitraum nach 2030.....	68
3.3.3	Infrastrukturförderung.....	69
3.3.3.1	Beschleunigter Ausbau des Schienenverkehrs	69
3.3.3.2	Angebotssteigerung des straßengebundenen öffentlichen Verkehrs.....	69
3.3.3.3	Förderung des Radverkehrs.....	69
3.3.3.4	Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge	70
3.4	Ergebnisse der Szenariorechnungen.....	70
3.4.1	Verkehrsnachfrage.....	70
3.4.1.1	Verkehrsnachfrage im „sofortigen Handeln“	70
3.4.1.2	Verkehrsnachfrage im „verzögerten Handeln“	75
3.4.2	Antriebstechnologien.....	77
3.4.2.1	Antriebstechnologien im „sofortigen Handeln“	77
3.4.2.2	Antriebstechnologien im „verzögerten Handeln“	86
3.4.3	Entwicklung des Endenergiebedarfs.....	93
3.4.3.1	Entwicklung des Endenergiebedarfs im „sofortigen Handeln“	93
3.4.3.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs im „verzögerten Handeln“	95
3.4.4	Entwicklung der Treibhausgasemissionen.....	96
3.4.4.1	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im „sofortigen Handeln“	96
3.4.4.2	Vergleich der THG-Emissionen mit den Zielen des Klimaschutzgesetzes (SHS)	98
3.4.4.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im „verzögerten Handeln“	99
3.4.4.4	Vergleich der THG-Emissionen mit den Zielen des Klimaschutzgesetzes (VHS).....	100
3.5	Einordnung der Szenarien Sofortiges Handeln und Verzögertes Handeln	101
4	Klimaschutz zu Ungunsten der sozialen Gerechtigkeit? Verteilungswirkungen der Zielerreichung.....	104
4.1	Verteilungsrelevante Herausforderungen ambitionierter Politikinstrumente im Verkehrssektor.....	104
4.2	Verteilungsanalyse der Szenarien	105
4.2.1	Ziel der Analyse.....	105
4.2.2	Methodik und Annahmen.....	106
4.2.2.1	Allgemeines Vorgehen	106
4.2.2.2	Datenaufbereitung.....	108

4.2.2.3	Verteilungswirkung.....	110
4.2.2.4	Annahmen und Limitationen der Aussagekraft von DHoT	110
4.2.3	Der Status Quo im MMS des Projektionsberichts 2023	112
4.2.4	Ökonomische Verteilungswirkung im Szenario Sofortiges Handeln	114
4.2.4.1	Verteilung der Neuzulassungen im „sofortigen Handeln“	115
4.2.4.2	Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ im Vergleich zur Referenz	116
4.2.4.3	Jährliche Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ mit Fokus auf regionalen Unterschieden.....	120
4.2.4.4	Jährliche Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ - Autofahrende im Fokus	122
4.2.4.5	Jährliche Pkw-Nutzungskosten im „sofortigen Handeln“	124
4.2.4.6	Zwischenfazit	125
4.2.5	Ökonomische Verteilungswirkung im Szenario Verzögertes Handeln	125
4.2.5.1	Verteilung der Neuzulassungen im „verzögerten Handeln“.....	125
4.2.5.2	Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ im Vergleich zur Referenz.....	126
4.2.5.3	Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ mit Fokus auf regionalen Unterschieden.....	129
4.2.5.4	Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ - Autofahrende im Fokus	131
4.2.5.5	Zwischenfazit	132
4.2.6	Wirkung der Klimaschutzinstrumente auf ausgewählte Beispielhaushalte	133
4.3	Einordnung der Ergebnisse der Verteilungsanalyse	139
5	Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Verkehrswende im Fokus	142
5.1	Methodik, Vorgehen und grundlegende Annahmen.....	142
5.1.1	Die differenzierte Input-Output-Tabelle.....	142
5.1.2	Definition der Wachstumspfade und Hochrechnung IOT 2030 und 2050	145
5.1.2.1	Wachstumspfade	145
5.1.2.2	Hochrechnung der IOT.....	145
5.1.3	Input-Output-Modellierungen mit VEDIOM.....	145
5.1.3.1	Funktionsweise und Vorteile von IOM und die Wirkung von Nachfrageimpulsen	145
5.1.3.2	Das Modell	146
5.1.4	Hintergrund zur Modellierung.....	148
5.1.4.1	Akteurs-Ebene	148
5.1.4.2	Betrachtungsebene.....	148
5.1.4.3	Wichtige Definitionen von Branchen auf der Meso-Ebene	148
5.1.4.4	Produktions- und Verwendungsebene	149

5.1.4.5	Zielgrößen	149
5.1.5	Berechnung ausgewählter Umwelt- sowie Unfallkosten	150
5.2	Ergebnisse des Mit-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2023 (Referenzentwicklung)	151
5.2.1	Entwicklung der Gesamtwirtschaft.....	151
5.2.1.1	Gesamtwirtschaftliche Annahmen für das MMS.....	151
5.2.1.2	Entwicklung des BIP und der Beschäftigung.....	151
5.2.2	Entwicklung relevanter Branchen.....	152
5.2.2.1	Wichtigste branchenspezifische Annahmen.....	152
5.2.2.2	Entwicklung der wichtigsten Branchen im Überblick	153
5.2.2.3	Entwicklung der Verkehrswirtschaft.....	154
5.2.2.4	Entwicklung der Automobilwirtschaft	155
5.2.2.5	Entwicklung der Energiewirtschaft.....	156
5.2.2.6	Entwicklung indirekt betroffener Branchen	156
5.2.3	Entwicklung des Außenhandels	156
5.2.4	Investitionen im MMS.....	157
5.2.4.1	Wichtigste Annahmen für den Infrastrukturhochlauf	157
5.2.4.2	Entwicklung der Investitionen	158
5.2.5	Entwicklung des Staathaushaltes.....	160
5.2.5.1	Entwicklung der Staatsausgaben und -einnahmen	160
5.2.5.2	Einordnung der Finanzierungslücke	161
5.2.6	Entwicklung des privaten Konsums	162
5.3	Ergebnisse Klimaschutzszenarien: Sofortiges Handeln und Verzögertes Handeln.....	163
5.3.1	Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien	163
5.3.2	Auswirkungen auf Gesamtwirtschaft.....	164
5.3.3	Auswirkungen auf relevante Branchen.....	165
5.3.3.1	Auswirkungen auf die Verkehrswirtschaft.....	165
5.3.3.2	Auswirkungen auf die Automobilwirtschaft	167
5.3.3.3	Auswirkungen auf die Energiewirtschaft.....	169
5.3.3.4	Auswirkungen auf indirekt betroffene Branchen	170
5.3.4	Auswirkungen auf Außenhandel.....	171
5.3.5	Zusätzliche Investitionen in den Klimaschutzszenarien.....	171
5.3.6	Auswirkungen auf Staatshaushalt.....	173
5.3.6.1	Steuereinnahmen	173

5.3.6.2	Weitere Staatsausgaben	174
5.3.6.3	Einordnung des Haushaltssaldo in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS.....	175
5.3.7	Auswirkungen auf privaten Konsum	176
5.3.8	Analyse ausgewählter Umwelt- und Unfallkosten	178
5.4	Einordnung der Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Analyse	179
6	Schlussfolgerungen	182
6.1	Klimaschutzwirkung in ambitionierten Klimaschutzszenarien	182
6.2	Ökonomische Verteilungswirkungen in ambitionierten Klimaschutzszenarien	185
6.3	Volkswirtschaftliche Wirkungen in ambitionierten Klimaschutzszenarien	186
A	Modellmethodik	189
A.1	Methodik TEMPS.....	189
A.2	Methodikergänzung DHoT	190
B	Anhang: Ergänzende Tabellen VHS	191
B.1	Verkehrsnachfrage	191
B.2	Entwicklung des Endenergiebedarfs.....	191
B.3	Entwicklung der Treibhausgasemissionen.....	192
C	Anhang: Kurzberichte	193
C.1	CO ₂ -Preis im Verkehrssektor.....	194
C.1.1	Klimaschutzbeitrag.....	195
C.1.2	Rückverteilung für besonders betroffene Bevölkerungsgruppen notwendig	196
C.1.3	CO ₂ -Bepreisung auf EU-Ebene	197
C.1.4	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	198
C.1.5	Ausgestaltungsvorschlag.....	200
C.2	CO ₂ -Flottenzielwerte für Pkw	201
C.2.1	Was sind die CO ₂ -Flottenzielwerte und wie funktionieren sie?	202
C.2.2	Fit for 55-Vorschlag der EU-Kommission zu den Pkw-Standards	202
C.2.3	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	203
C.2.4	Klimaschutzbeitrag.....	205
C.2.5	Beschäftigungs- und volkswirtschaftliche Effekte	206
C.2.6	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	207
C.3	Die Einordnung von Plug-In-Hybrid Pkw	212
C.3.1	Plug-In-Hybride: Anrechnungsmethodik bei den CO ₂ -Flottenzielwerten der EU.....	213
C.3.2	Klimaschutzbeitrag.....	214
C.3.3	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	215

C.3.4	Ausgestaltungsvorschlag.....	217
C.4	Umgestaltung der Kfz-Steuer: Bonus-Malus-System.....	220
C.4.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	221
C.4.2	Klimaschutzbeitrag.....	222
C.4.3	Mehr soziale Gerechtigkeit.....	223
C.4.4	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	224
C.4.5	Ausgestaltungsvorschlag.....	225
C.5	CO ₂ -Standards Lkw.....	227
C.5.1	Was sind die CO ₂ -Emissionsstandards und wie funktionieren sie?.....	228
C.5.2	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	229
C.5.3	Technologieentwicklung im Nutzfahrzeugbereich.....	230
C.5.4	Klimaschutzbeitrag.....	232
C.5.5	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	233
C.6	Tempolimit auf Autobahnen.....	235
C.6.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	236
C.6.2	Klimaschutzbeitrag.....	236
C.6.3	Weniger Verkehrstote und Verletzte.....	238
C.6.4	Geringere Lärmbelastung und bessere Luft.....	238
C.6.5	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	239
C.6.6	Ausgestaltungsvorschlag.....	241
C.7	Dienstwagenbesteuerung.....	242
C.7.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	243
C.7.2	Klimaschutzbeitrag nur bei einer Umgestaltung.....	243
C.7.3	Soziale Auswirkungen.....	244
C.7.4	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	245
C.7.5	Ausgestaltungsvorschlag.....	247
C.8	Umgestaltung der Entfernungspauschale.....	248
C.8.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	249
C.8.2	Klimawirkung.....	249
C.8.3	Auswirkungen auf die Einkommensverteilung.....	250
C.8.4	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen.....	250
C.9	Fahrleistungsabhängige Lkw-Maut.....	252
C.9.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	253
C.9.2	Klimaschutzbeitrag.....	254

C.9.3	Handlungsspielraum ist abhängig von der Revision der Eurovignetten-Richtlinie.....	254
C.9.4	Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfalle	255
C.10	Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut.....	259
C.10.1	Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern.....	259
C.10.2	Klimaschutzbeitrag.....	260
C.10.3	Wesentliche Funktion: Sicherung der Steuereinnahmen	261
C.10.4	Ausgestaltungsvorschlag.....	263
D	Anhang: Internationale Best Practices: Politikinstrumente für eine nachhaltige Verkehrswende	265
D.1	Förderung emissionsarmer Fahrzeuge in Frankreich	265
D.1.1	Dekarbonisierungsstrategie des Landes im Verkehr	265
D.1.2	Beschreibung Instrumente	267
D.1.3	Wirkungen.....	268
D.1.4	Reaktionen Stakeholder.....	269
D.1.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	270
D.2	CO ₂ -abhängige Zulassungssteuer in den Niederlanden.....	271
D.2.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	271
D.2.2	Beschreibung Instrumente	272
D.2.3	Wirkungen.....	272
D.2.4	Reaktionen Stakeholder.....	274
D.2.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	275
D.3	Mobilitätsbudget in Belgien.....	276
D.3.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	276
D.3.2	Beschreibung Instrument	276
D.3.3	Wirkungen.....	277
D.3.4	Reaktionen Stakeholder.....	279
D.3.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	279
D.4	CO ₂ -Preis und Kfz-Steuer in Schweden	280
D.4.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	280
D.4.2	Beschreibung Instrument	280
D.4.3	Wirkungen.....	281
D.4.4	Reaktionen Stakeholder.....	282
D.4.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	282
D.5	Schweiz.....	282

D.5.1	Dekarbonisierungsstrategie des Landes im Verkehr	282
D.5.2	Beschreibung Instrumente	284
D.5.3	Wirkungen.....	286
D.5.4	Reaktionen Stakeholder.....	287
D.5.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	288
D.6	Dienstwagenbesteuerung im Vereinigten Königreich	288
D.6.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	288
D.6.2	Beschreibung Instrumente	289
D.6.3	Wirkungen.....	290
D.6.4	Reaktionen Stakeholder.....	291
D.6.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	292
D.7	„Clean Cars Strategy“ in Kalifornien	293
D.7.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	293
D.7.2	Beschreibung Instrumente	295
D.7.3	Wirkungen.....	297
D.7.4	Reaktionen Stakeholder.....	298
D.7.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	300
D.8	Förderung der Elektromobilität in Norwegen.....	301
D.8.1	Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr	301
D.8.2	Beschreibung Instrumente	302
D.8.3	Wirkungen.....	303
D.8.4	Reaktionen Stakeholder.....	305
D.8.5	Übertragbarkeit auf Deutschland	306
D.9	Interviewleitfaden.....	308
E	Anhang: Datenquellen für Investitionen für volkswirtschaftliche Analyse.....	309
F	Anhang: Ergebnistabellen des SHS und VHS	310
7	Quellenverzeichnis	317

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im MMS; 2020 - 2050.....	51
Abbildung 2:	Entwicklung des Malus (erhöhte Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung in Abhängigkeit der durchschnittlichen CO ₂ -Emissionen pro Kilometer) im SHS für Pkw mit verschiedenen CO ₂ -Emissionsniveaus (WLTP).....	58
Abbildung 3:	CO ₂ -Preisfad des BEHG im SHS und VHS, 2021 - 2050	60
Abbildung 4:	Pkw-Maut in Cent/km (Euro 2022) im SHS und VHS.....	61
Abbildung 5:	Zeitlicher Verlauf der Energiesteuer für Benzin und Diesel (in Euro 2022) im SHS und VHS, 2010 - 2030	63
Abbildung 6:	Durchschnittliche Pkw-Energie- und Mautkosten pro Fahrzeugkilometer im SHS, 2010-2050.....	71
Abbildung 7:	Personenverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im SHS, 2019-2050	72
Abbildung 8:	Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050.....	74
Abbildung 9:	Personenverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im VHS, 2019-2050.....	76
Abbildung 10:	Güterverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im VHS in Mrd. tkm, 2019-2050.....	77
Abbildung 11:	Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen nach Antrieben im SHS, 2019-2035.....	78
Abbildung 12:	TCO-Vergleich verschiedener Pkw-Antriebe bei einer Neuanschaffung im Jahr 2025 und einer Haltedauer von 3 Jahren im SHS	79
Abbildung 13:	Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw im SHS.....	80
Abbildung 14:	Entwicklung des Pkw-Bestands nach Antrieben im SHS, 2019-2050	81
Abbildung 15:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS, 2019-2050.....	82
Abbildung 16:	Lkw-Bestand nach Antrieben im SHS, 2019-2050	83
Abbildung 17:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS, 2019-2050.....	84
Abbildung 18:	Bestand der Last- und Sattelzüge nach Antrieben im SHS, 2019-2050.....	85
Abbildung 19:	Entwicklung des elektrischen Fahranteils (ohne strombasierte Kraftstoffe) von Lkw und Pkw im SHS, 2019 - 2050.....	86
Abbildung 20:	Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen nach Antrieben im VHS, 2019-2035	87
Abbildung 21:	Entwicklung des Pkw-Bestands nach Antrieben im VHS, 2019-2050.....	88
Abbildung 22:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im VHS, 2019-2050	89
Abbildung 23:	Lkw-Bestand nach Antrieben im VHS, 2019-2050.....	90
Abbildung 24:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im VHS, 2019-2050	91
Abbildung 25:	Lkw-Bestand nach Antrieben (Last- und Sattelzüge) im VHS, 2019-2050.....	92
Abbildung 26:	Entwicklung des elektrischen Fahranteils (ohne strombasierte Kraftstoffe) von Lkw und Pkw im VHS, 2019 - 2050	93
Abbildung 27:	Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS, 2019-2050.....	94
Abbildung 28:	Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im VHS, 2019-2050	96

Abbildung 29:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS	97
Abbildung 30:	THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im SHS, 2020 - 2045	99
Abbildung 31:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS.....	100
Abbildung 32:	THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im VHS, 2020 - 2045	101
Abbildung 33:	Mikrosimulationsmodell: Dynamic Household Transport Microsimulation Model (DHOT).....	107
Abbildung 34:	Durchschnittliche jährliche Fahrleistung und Anteil der Haushalte ohne Pkw im Status Quo, MMS des Projektionsberichts 2023 für das Betrachtungsjahr 2023	112
Abbildung 35:	Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2023	113
Abbildung 36:	Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2025 und 2030	114
Abbildung 37:	Anzahl der Pkw-Neuzulassungen im SHS nach Antrieben und Einkommensquintilen, 2025 und 2030.....	115
Abbildung 38:	Abweichung der durchschnittlichen Pkw-Jahresfahrleistung im SHS nach Einkommensquintilen im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023, 2025 und 2030.....	116
Abbildung 39:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen, 2025 und 2030.....	118
Abbildung 40:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen – Landbevölkerung, 2025 und 2030.....	121
Abbildung 41:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen - Stadtbevölkerung	122
Abbildung 42:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 nach Einkommensquintilen - Haushalte mit Pkw, 2025 und 2030.....	123
Abbildung 43:	Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im SHS nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2030.....	124
Abbildung 44:	Anzahl der Pkw-Neuzulassungen im VHS nach Antrieben und Einkommensquintilen, 2025 und 2030.....	126
Abbildung 45:	Abweichung der durchschnittlichen Pkw-Jahresfahrleistung im VHS nach Einkommensquintilen im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023, 2025 und 2030.....	127
Abbildung 46:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen, 2025 und 2030.....	128

Abbildung 47:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen – Landbevölkerung, 2025 und 2030.....	130
Abbildung 48:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen - Stadtbevölkerung	131
Abbildung 49:	Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 nach Einkommensquintilen - Haushalte mit Pkw, 2025 und 2030.....	132
Abbildung 50:	Schematische Darstellung einer Input-Output Tabelle	143
Abbildung 51:	Veränderung des prozentualen Anteils der Branchen am BIP in den Jahren 2030 und 2050 relativ zu 2016 im MMS.....	154
Abbildung 52:	Übersicht zu jährlichen Investitionen in Infrastruktur im MMS im Jahr 2030 und 2050 (in Euro 2022)	159
Abbildung 53:	Gegenüberstellung der Staatseinnahmen und -ausgaben im MMS für 2030 und 2050 (Euro 2022).....	161
Abbildung 54:	Absolute Differenz der Wertschöpfung ausgewählter Branchen zwischen dem SHS und dem MMS für 2030 und 2050	167
Abbildung 55:	Absolute Veränderung der Beschäftigung ausgewählter Branchen zwischen dem SHS und dem MMS für 2030 und 2050	169
Abbildung 56:	Übersicht zu jährlichen Investitionen in Infrastruktur in den Klimaschutzszenarien im Jahr 2030 und 2050 (in Euro 2022).....	172
Abbildung 57:	Differenz der Staatseinnahmen zwischen dem SHS und MMS im Jahr 2030 bzw. 2050 (Euro 2022).....	173
Abbildung 58:	Differenz der Staatsausgaben zwischen den Klimaschutzszenarien und MMS im Jahr 2030 bzw. 2050 (Euro 2022)	175
Abbildung 59:	Veränderung ausgewählter Umwelt- und Unfallkosten im Politikscenario SHS relativ zum MMS	179
Abbildung 60:	Ambitionsniveau von CO ₂ -Emissions- und Energieeffizienzstandards Pkw (NEFZ) weltweit	203
Abbildung 61:	Zulassungsverbote für verbrennungsmotorische Pkw weltweit.....	204
Abbildung 62:	Bonus-Malus-Systeme in (EU-)Ländern korrelieren mit niedrigen CO ₂ -Emissionen (Bezugsjahr 2019).....	222
Abbildung 63:	Regierungen mit zeitlich definierten Zielen zum Ausphasen der Zulassungen von schweren Nutzfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren (Stand: August 2021, ICCT).....	230
Abbildung 64:	EU CO ₂ -Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge und ein mögliches Szenario der Zielerfüllung im EU-Durchschnitt auf Basis vorläufiger Referenzwerte	232
Abbildung 65:	Tempolimits in der EU und ausgewählten Nachbarländern	236
Abbildung 66:	CO ₂ -Emissionen pro gefahrenem km in Abhängigkeit der Geschwindigkeit	237
Abbildung 67:	Handlungsbedarf in Bezug auf Mobilität (oben) und Unterstützung für Geschwindigkeitsbegrenzungen (unten).....	240

Abbildung 68:	Anzahl der Dienstwagen sowie deren Anteil im Bestand nach Einkommensgruppen	245
Abbildung 69:	Steuerersparnis für unterschiedliche Einkommen durch die Entfernungspauschale bei 40 Kilometern Arbeitsweg	250
Abbildung 70:	Jährliche Gesamtnutzungskosten für einen Lkw im Fernverkehr im Jahr 2030 mit Berücksichtigung eines CO ₂ -Preises von 200 Euro/tCO ₂	256
Abbildung 71:	Mögliche Entwicklung von Steuern, Abgaben und Ausgaben im Verkehr unter Fortschreibung des derzeitigen Steuersystems bei gleichzeitiger Erreichung der Klimaschutzziele.....	262
Abbildung 72:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw in Frankreich ggü. D und EU28	269
Abbildung 73:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw in den Niederlanden ggü. D und EU28	273
Abbildung 74:	Anteile E-Pkw an den Neuzulassungen in Schweden, monatsstark	282
Abbildung 75:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw Schweden ggü. D und EU28	282
Abbildung 76:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw im Vereinigten Königreich ggü. D und EU28	291
Abbildung 77:	Entwicklung der CO ₂ -Emissionen neu zugelassener Pkw in Norwegen ggü. D und EU28	304

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Instrumentenübersicht im Szenariovergleich zwischen SHS und VHS.....	52
Tabelle 2:	Erhöhung der Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung in Abhängigkeit der durchschnittlichen CO ₂ -Emissionen pro Kilometer (Malus-Komponente) mit Bemessungsgrenze und Höhe des Malus in Euro (nominal) je g CO ₂ /km im SHS.....	57
Tabelle 3:	Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung („Malus-Komponente“) mit Bemessungsgrenze und Steuerhöhe in Euro je g CO ₂ /km im VHS.....	58
Tabelle 4:	Verkehrsnachfrage Personenverkehr im SHS in Mrd. Pkm, 2019-2050.....	73
Tabelle 5:	Modal Split Personenverkehr (Verkehrsleistung) im SHS in Prozent, 2019-2050.....	73
Tabelle 6:	Güterverkehrsnachfrage im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050.....	75
Tabelle 7:	Modal Split im Güterverkehr (Verkehrsleistung) im SHS in Prozent, 2019-2050.....	75
Tabelle 8:	Endenergiebedarf des Verkehrssektors SHS in PJ, 2019-2050.....	94
Tabelle 9:	Endenergiebedarf des Verkehrssektors (ohne Sonderverkehre) VHS in PJ, 2019-2050.....	96
Tabelle 10:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS.....	98
Tabelle 11:	Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 1 und 2.....	134
Tabelle 12:	Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 3 und 4.....	135
Tabelle 13:	Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 5 und 6.....	138
Tabelle 14:	Übersicht zu den neusten Differenzierungen der IOT.....	144
Tabelle 15:	Input-Output-Modell 2030/2050 - VEDIOM.....	147
Tabelle 16:	Übersicht zur fiskalischen Wirkung der Instrumente der Klimaschutzszenarien relativ zum MMS (alphabetisch angeordnet).....	174
Tabelle 17:	Verkehrsnachfrage Personenverkehr im VHS in Mrd. Pkm, 2019-2050.....	191
Tabelle 18:	Güterverkehrsnachfrage im VHS in Mrd. tkm, 2019-2050.....	191
Tabelle 19:	Endenergiebedarf des Verkehrssektors (ohne Sonderverkehre) VHS in PJ, 2019-2050.....	191
Tabelle 20:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS.....	192
Tabelle 21:	Ausgestaltung der Kaufprämie und Malus in ausgewählten Ländern.....	221
Tabelle 22:	Ausgestaltungsvorschlag für den Malus (Kfz-Steuer im ersten Jahr).....	226
Tabelle 23:	Beispielrechnung für Bonus-Malus-System 2023.....	226
Tabelle 24:	Zu versteuernder geldwerter Vorteil für privat genutzte Dienstwagen in ausgewählten Ländern.	243
Tabelle 25:	Vergleich: CO ₂ -Komponente in der Lkw-Maut und CO ₂ -Preis auf Kraftstoffe.....	257

Tabelle 26:	Vor- und Nachteile einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut sowie möglicher Erweiterungen.	263
Tabelle 27:	Länderauswahl für Darstellung ausgewählter Klimaschutzmaßnahmen	265
Tabelle 28:	Kombination der verschiedenen Steuerbegünstigungen und Wirkung auf Fahrzeugmodelle	302
Tabelle 29:	Übersicht zu den Quellen für die Investitionen.....	309
Tabelle 30:	Verkehrsnachfrage Personenverkehr im VHS in Mrd. Pkm, 2019-2050	310
Tabelle 31:	Vergleich der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr im SHS und VHS in Mrd. Pkm, 2019 – 2050	310
Tabelle 32:	Modal Split Personenverkehr (Verkehrsleistung) im VHS in Prozent, 2019-2050.....	310
Tabelle 33:	Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Personenverkehr im SHS und VHS in Prozent, 2019 – 2050	311
Tabelle 34:	Güterverkehrsnachfrage im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050	311
Tabelle 35:	Vergleich der Verkehrsnachfrage im Güterverkehr im SHS und VHS in Mrd. pkm, 2019 – 2050	311
Tabelle 36:	Modal Split im Güterverkehr (Verkehrsleistung) im VHS in Prozent, 2019-2050.....	312
Tabelle 37:	Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Güterverkehr im SHS und VHS in Prozent, 2019 – 2050	312
Tabelle 38:	Pkw Neuzulassungsstruktur im SHS und VHS, 2025 – 2030 in Prozent.....	312
Tabelle 39:	Pkw-Bestandsstruktur im SHS und VHS, 2019 - 2050.....	313
Tabelle 40:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050	313
Tabelle 41:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050, in Prozent.....	313
Tabelle 42:	Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050	314
Tabelle 43:	Lkw-Bestand nach Antrieben (Last- und Sattelzüge) im SHS und VHS in Tausend, 2019-2050	314
Tabelle 44:	Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS und VHS, 2019-2050	314
Tabelle 45:	Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS und VHS, 2019-2050	315
Tabelle 46:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS.....	315
Tabelle 47:	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS und VHS.....	316

Abkürzungsverzeichnis

AFIR	Alternative Fuel Infrastructure Directive
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BEV	Battery Electric Vehicle
DHoT	Dynamic Household Transport Microsimulation Model
EETS	European Electronic Toll Service
E-Fuels	Strombasierter Kraftstoff
ETS	Emission Trading System
ESR	Effort Sharing Regulation
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle - Brennstoffzellenfahrzeug
KiD	Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland
KSG	Klimaschutzgesetz
LKW	Lastkraftwagen
LIDAR	Light detection and ranging
LNG	Liquified Natural Gas
LSVA	Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe
MID	Mobilität in Deutschland
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MMS	Mit-Maßnahmen-Szenario
MOP	Mobilitätspanels
NEAT	Neue Eisenbahn-Alpentransversale (Schweiz)
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
O-BEV	Oberleitung-Battery Electric Vehicle
OBFCM	On-Board Fuel Consumption
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PtL	Power to Liquid
RED II/III	Renewable Energy Directive II/III
RDE	Real Driving Emissions (Testzyklus Abgasemissionsverhalten Fahrzeuge)
SHS	Sofortiges Handeln Szenario
TCO	Total-Cost-of-Ownership
TEMPS	Transport Emission and Policy Scenarios
THG	Treibhausgas/e
TREMOD	Emissionsberechnungsmodell Transport Emission Model
VECTO	Vehicle Energy Consumption calculation Tool
VHS	Verzögertes Handeln Szenario
WLTP	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure
ZLEV	Zero and Low Emission Vehicles
ZSE	Zentrale Systememissionen

Zusammenfassung

Deutschland und die Europäische Union haben 2015 im Rahmen des Paris-Abkommens völkerrechtlich vereinbart, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf deutlich unter zwei Grad Celsius zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, sie auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. In der Konsequenz hat Deutschland ein eigenes nationales Klimaschutzgesetz (KSG) erlassen, mit dem die gesetzliche Verpflichtung einhergeht, die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis zum Jahr 2045 auf Netto-Null zu reduzieren. Teil des KSG sind ebenfalls sektorspezifische Ziele bis zum Jahr 2030, sowie auch ein weiteres sektorübergreifendes Ziel zur THG-Emissionsreduktion bis zum Jahr 2040 (+88 % gegenüber den Emissionen des Jahres 1990). Aus dieser Vorgabe folgt, dass alle Sektoren bereits bis zum Jahr 2030 erheblich die THG-Emissionen reduzieren müssen und langfristig bis zum Jahr 2045 auch der Verkehrssektor treibhausgasneutral werden muss.

Auf EU-Ebene sind mit den Gesetzvorhaben des Fit for 55-Pakets bereits umfangreiche Politikinstrumente entwickelt und auch verabschiedet worden. So dürfen ab dem Jahr 2035 beispielsweise nur noch CO₂-emissionsfreie Pkw und leichte Nutzfahrzeuge neuzugelassen werden. Ferner wird ein europäischer CO₂-Zertifikatehandel für die Sektoren Verkehr und Wärme ab dem Jahr 2027 etabliert und die Eurovignetten-Richtlinie sieht eine ökonomische Anreizregulierung für die Nutzung emissionsfreier Lkw über die Lkw-Maut vor. Auf nationaler Ebene ist die Klimaschutzgesetzgebung im Verkehrssektor weniger stark ausgeprägt. Die Folge davon: Im Jahr 2020 hat der Verkehrssektor aufgrund der Maßnahmen zur Eindämmung des Corona-Virus und der daraus erfolgten geringeren Mobilität zwar das Klimaschutzziel eingehalten, in den beiden Folgejahren wurden die Zielemissionen des Verkehrs im KSG allerdings deutlich verfehlt. Auch verdeutlicht der Projektionsbericht 2023, dass Deutschland die festgelegten Emissionsziele im Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 mit den bestehenden politischen Rahmenbedingungen deutlich verfehlen wird (BReg 2023b). Die angestrebte Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 ist somit ohne weitere Klimaschutzbestrebungen im Verkehrssektor zum jetzigen Stand nicht erreichbar.

Zielsetzung der Studie: Entwicklung von zwei Klimaschutzenszenarien und Analyse der ökonomischen Folgewirkungen

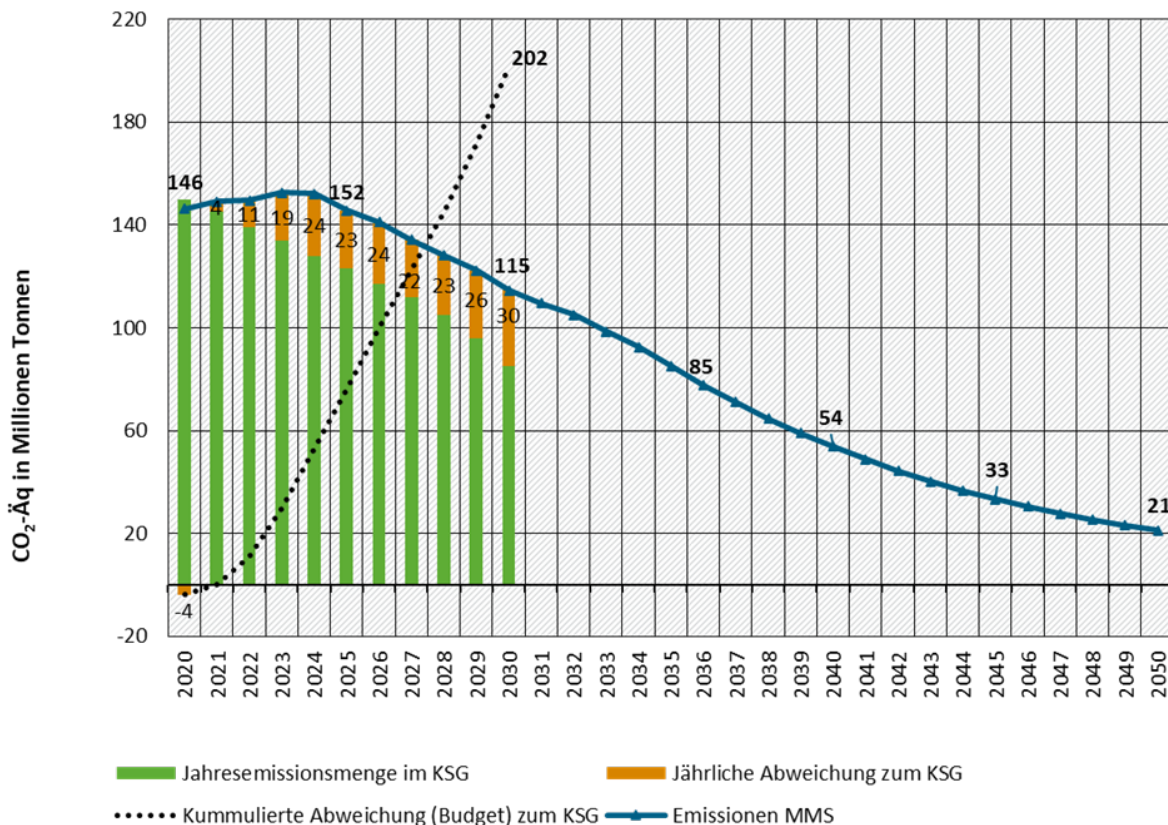
Aus dieser Situation lässt sich ableiten, dass im Verkehrssektor eine Trendumkehr zu einer strukturell klimafreundlicheren Mobilität bereits kurzfristig angestoßen werden muss. Ziel dieser Studie ist es, die dafür benötigte Politikgestaltung zu untersuchen, indem zwei Szenarien entwickelt werden, die eine solche Trendwende im Verkehrssektor aufweisen. Ziel in diesen Szenarien ist, zumindest das erforderliche THG-Emissionsniveau für den Verkehrssektor des Jahres 2030 aus dem KSG einzuhalten und nach dem Jahr 2030 die verfehlt THG-Emissionsreduktion vor dem Jahr 2030 möglichst zeitnah auszugleichen. Das Langfristziel dieser beiden Szenarien ist die Klimaneutralität des Verkehrssektors im Jahr 2045. Da die veränderte Politikgestaltung ökonomische Auswirkungen auf die Gesellschaft und die Wirtschaft in Deutschland haben wird, ist die Analyse der ökonomischen Verteilungswirkungen auf die Privathaushalte sowie die volkswirtschaftliche Betrachtung der veränderten Mobilität ein Ziel des Vorhabens.

Status Quo: Die heutige Politikgestaltung ist unzureichend für den Klimaschutz im Verkehr

Das „Mit-Maßnahmen-Szenario“ (MMS) des Projektionsberichts 2023 zeigt die THG-Emissionsentwicklung des Verkehrssektors in Deutschland auf Basis der Politikgestaltung im Sommer 2022 (siehe folgende Abbildung) und macht die klimapolitische Herausforderung für den Verkehrssektor in Deutschland deutlich (siehe auch Kapitel 3.2). Bis zum Jahr 2030 ergibt

sich mit der Politikausgestaltung des MMS im Verkehrssektor eine deutliche Klimaschutzlücke von über 200 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten (CO₂-Äq.) zu den Zielen des KSG. Auch in den Folgejahren nach 2030 verfehlt der der Verkehrssektor im MMS die im KSG über alle Sektoren festgelegten relativen THG-Emissionsminderungsanforderungen (2040: -88 % ggü. 1990; 2045: Klimaneutralität).

Abbildung: THG-Emissionen¹ und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im MMS; 2020 - 2050



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten des Projektionsbericht 2023 (BReg 2023b)

Zwei Zielszenarien: Ein Instrumentenmix aus verschiedenen Instrumententypen für den Klimaschutz im Verkehr

Für die Politikgestaltung von Klimaschutz im Verkehr ist der Einsatz verschiedener Arten an Klimaschutzinstrumenten möglich. Bekannte Studien mit dem Fokus auf Klimaschutz greifen dabei auf einen Instrumentenmix aus verschiedenen Typen an Politikinstrumenten zurück. So ist es auch in dieser Studie (siehe Kapitel 3.3):

- **Preis- und Förderinstrumente** umfassen Anpassungen im Steuer- und Abgabensystem sowie Fördersysteme für klimafreundliche Mobilitätsoptionen. Für den Umstieg auf emissionsfreie Antriebe sind, neben den verschiedenen CO₂-Flottenzielwert-Regulierungen der EU, die Einführung einer Malus-Komponente für den CO₂-Ausstoß bei der Pkw-Neuzulassung und die neu eingeführte CO₂-Komponente in der Lkw-Maut wesentliche

¹ Es besteht in diesem Projekt in der Bilanzierung eine Unterscheidung zum Projektionsbericht 2023. Entsprechend der rechtlichen Vorgaben zur THG-Emissionsbilanzierung werden im Projektionsbericht 2023 die vermiedenen THG-Emissionen durch die Nutzung von E-Fuels dem Verursacher-Prinzip folgend dem Sektor zugeschrieben, in dem die Emissionen für die Herstellung der E-Fuels eingefangen werden. In diesem Bericht wird die THG-Emissionsminderung bei der Nutzung von E-Fuels vollständig dem Verkehrssektor zugeordnet.

Politikinstrumente. Eine angepasste Dienstwagenbesteuerung und Kaufzuschüsse für emissionsfreie Lkw unterstützen diese Instrumente für den Antriebswechsel beim Fahrzeugkauf. Für die Verlagerung auf den klimafreundlichen Umweltverbund, der sich aus dem öffentlichen Verkehr sowie dem Fuß- und Radverkehr zusammensetzt, sind der steigende CO₂-Preis, Anpassungen bei der Energiebesteuerung (Ende der steuerlichen Begünstigung des Dieselmotors, Inflationsausgleich der Steuersätze sowie Einbezug des nationalen Flugverkehrs) sowie zu einem späteren Zeitpunkt die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut relevante Bausteine der Politikgestaltung. Unterstützend dazu wirken die Einführung des Deutschlandtickets, die Abschaffung der Entfernungspauschale sowie ein umfassendes Parkraummanagement.

- ▶ Mit Maßnahmen des **Ordnungsrechts** werden verschiedene Aspekte der klimafreundlichen Mobilität angereizt. Die CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge² sowie für schwere Nutzfahrzeuge sind der wesentliche Treiber für die Transformation der Automobilindustrie und den Umstieg auf emissionsfreie Antriebe. Die Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Bundesautobahnen sowie die Reduktion der Geschwindigkeit außerorts und innerorts ist ein Politikinstrument, welches die THG-Emissionen durch Effizienzgewinne und Verkehrsverlagerungen reduziert. Die THG-Quote und die Beimischungsverpflichtung von E-Fuels im Flugverkehr sorgen für die Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor und werden bis zum Jahr 2050 fortgeschrieben.
- ▶ Die **Infrastrukturförderung** ist eine Voraussetzung dafür, dass die emissionsfreien Antriebstechnologien (Lade- und Wasserstoffbetankungsinfrastruktur) und die Verlagerung zum Umweltverbund überhaupt stattfinden können. Daher wird in den Klimaschutzenszenarien davon ausgegangen, dass ausreichend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen, um ausreichend Energieinfrastrukturen für die neuen Technologien aufzubauen und die Kapazitäten des Schienenverkehrs und im straßengebundenen ÖPNV kontinuierlich zu erhöhen. Unterstützend für die Verlagerung auf den Umweltverbund ist die Steigerung der Förderung für den Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur.

Zwei Zielszenarien: Sofortiger Klimaschutz versus verzögertes Handeln

Die beiden Szenarien in dieser Studie unterscheiden sich mit wenigen Ausnahmen nicht wesentlich in der Art der Politikgestaltung. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Szenarien ergibt sich jedoch aus dem Zeitpunkt, zudem die verschiedenen Instrumente wirksam werden:

- ▶ Das Szenario „**Sofortiges Handeln**“ (**SHS**) unterstellt sofortiges politisches Handeln und die genannten Klimaschutzinstrumente wirken zumeist unverzüglich ab dem Jahr 2024. Für einige Instrumente werden Einführungsphasen vorgesehen und die Ausgestaltung fällt teilweise weniger ambitioniert aus als im zweiten Szenario. Wenige Instrumente wie beispielsweise das Tempolimit auf Bundesautobahnen sind nur in diesem Instrument zu finden.
- ▶ Das Szenario „**Verzögertes Handeln**“ (**VHS**) unterstellt ein verzögertes politisches Handeln und die genannten Klimaschutzinstrumente wirken zeitlich verzögert zumeist ab dem Jahr 2026 und 2027. Dieses Abwarten führt dazu, dass einige Klimaschutzinstrumente bei der Umsetzung deutlich ambitionierter (z. B. der CO₂-Preis) ausfallen und auf eine verlängerte Einführungsphase verzichtet werden muss (z. B. Malus-Komponente auf den CO₂-Austoß bei

² Dieses Instrument ist bereits Teil des MMS des Projektionsberichts 2023.

der Pkw-Neuzulassung), um die Klimaschutzziele des Verkehrssektors für das Jahr 2030 in diesem Szenario einzuhalten.

Klimaschutzwirkung der beiden Szenarien: Dank beschleunigter Transformation der Verkehrssektor auf einen ambitionierten Klimaschutzpfad gebracht werden und die Klimaneutralität im Jahr 2045 erreichen.

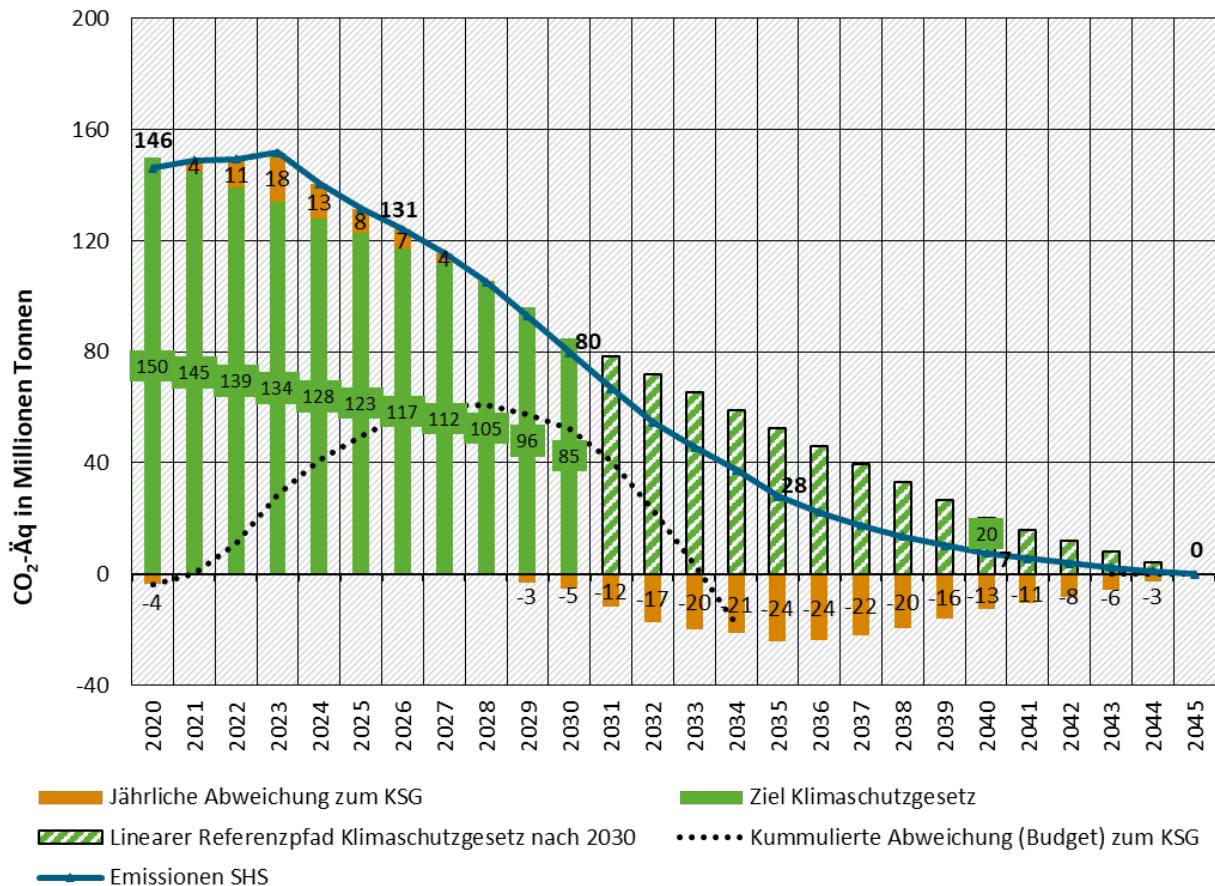
Die Modellierungen im Verkehrssektor finden mit dem Szenario-Tool TEMPS auf Basis der gleichen Rahmendaten wie im MMS des Projektionsberichts 2023 statt. Die unterschiedlichen Entwicklungen der beiden Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS ergeben sich also allein aus der ambitionierten Klimaschutzpolitik in den beiden Szenarien. Die strukturelle Entwicklung des Verkehrssektors ist dabei in beiden Szenarien trotz der zeitlich verschobenen Einführung der Politikinstrumente ähnlich (siehe Kapitel 3.2). Es findet im Vergleich zum MMS eine deutlich beschleunigte Transformation des Fahrzeugbestands hin zu emissionsfreien Fahrzeugen statt. Zudem sorgt die Politikgestaltung dafür, dass eine Verlagerung von Verkehren auf den Umweltverbund bereits frühzeitig stattfindet und die Mobilität mehr und mehr über den öffentlichen und den Fuß- und Radverkehr stattfindet. Zusätzlich steigt die Nutzung erneuerbarer Kraftstoffe bis zum Jahr 2030 kontinuierlich an und sorgt bei der immer weiter steigenden Energieversorgung des Verkehrs durch Strom dafür, dass auch nicht elektrifizierte Verkehre bis zum Jahr 2045 klimaneutral werden. Es wird also bereits vor dem Jahr 2030 eine strukturelle Trendwende im Verkehrssektor erreicht, so dass spätestens im Jahr 2030 das Klimaschutzziel des KSG im Verkehrssektor wieder eingehalten wird und der Verkehrssektor im Jahr 2045 klimaneutral ist.

Mit Blick auf das THG-Emissionsbudget des KSG für den Verkehr halten beide Klimaschutzszenarien die Sektorziele des Verkehrs im KSG bis zum Jahr 2030 nicht ein (siehe Kapitel 3.4.4). Die Szenarien machen aber deutlich, dass es mithilfe ambitionierter Klimaschutzinstrumente möglich ist, die Verfehlung der KSG-Sektorziele bis zum Jahr 2030 in den Folgejahren sehr schnell wieder auszugleichen. Je nach Szenario wird das THG-Emissionsbudget des Verkehrssektors bzw. die bis zum Jahr 2030 zu viel ausgestoßenen THG-Emissionen bereits ab dem Jahr 2033 (SHS) bzw. 2037 (VHS) wieder ausgeglichen³ (siehe folgende Abbildung für das SHS). Die THG-Emissionen in beiden Szenarien verbleiben auch nach Ausgleich der verfehlten THG-Emissionsminderung unter der in dieser Studie genutzten Trajektorie der Sektorziele für die mindestens geforderte THG-Emissionsminderung.

Der Verkehrssektor kann also bei sehr ambitionierter Klimapolitik vom „Problemfall“ für den Klimaschutz langfristig zu einem Sektor werden, der die verfehlten Emissionsminderungen anderer Sektoren potenziell ausgleicht. Dies ist vor allem mit der Möglichkeit zu begründen, in vergleichsweise kurzen Zeiträumen einen annähernd emissionsfreien Fahrzeugbestand aufzubauen.

³ Als Referenz wurde eine lineare Reduktion der Emissionsziele des Verkehrs im Klimaschutzgesetz von 85 Millionen Tonnen CO₂-Äq. auf 20 Millionen Tonnen in 2040 (-88 % gegenüber 1990) und eine weitere lineare Reduktion auf 0 Millionen Tonnen im Jahr 2045 angenommen.

Abbildung: THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im SHS, 2020 - 2045



Quelle: eigene Berechnungen

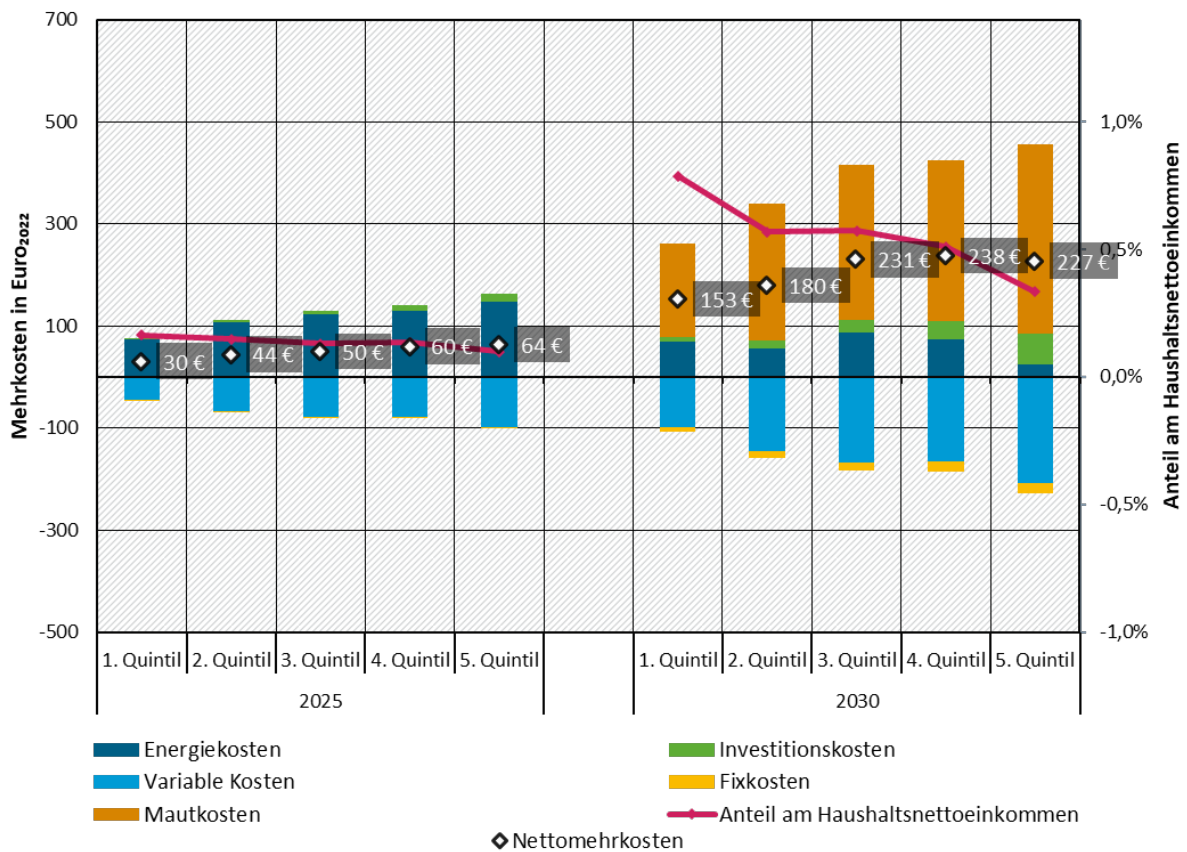
Im Vergleich der beiden Szenarien ist erkennbar, dass sich die THG-Emissionspfade langfristig immer weiter annähern. Trotzdem verbleibt eine Emissionsminderungslücke im THG-Emissionsbudget des VHS gegenüber dem SHS von kumulierten 81 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten. Dies ist auf das verzögerte Handeln und das Fehlen einiger Politikinstrumente wie beispielsweise die Einführung des Tempolimits auf Bundesautobahnen zurückzuführen. Um das gleiche THG-Emissionsbudget zu erreichen, müssten also weitere Instrumente im Verkehrssektor zum Einsatz kommen, die eingesetzten Instrumente ambitionierter ausgestaltet werden oder es müsste andere Sektoren die weniger starke THG-Emissionsminderung des Verkehrssektors ausgleichen.

Ökonomische Verteilungswirkungen: Zielgerichtete soziale Ausgleichsmechanismen werden notwendig, da die Mobilitätsausgaben der privaten Haushalte steigen.

Die Analyse der ökonomischen Verteilungswirkungen umfasst mögliche Be- und Entlastungen der privaten Haushalte und vergleicht mit dem Model DHoT die Wirkung der beiden Klimaschutzszenarien mit der Entwicklung im MMS des Projektionsberichts 2023. Dazu werden die Ergebnisse der Modellierung mit dem Modell TEMPS hinsichtlich der Fahrzeugwahl und Energie- und Fahrzeugkosten in einen Haushaltsdatensatz integriert, um so die veränderten Kostenstrukturen der Elektrifizierung und der veränderten Verkehrsmittelwahl in den Verteilungswirkungen abbilden zu können.

Ähnlich wie bei der Betrachtung der THG-Emissionsentwicklung sind die ökonomischen Verteilungswirkungen auf die Haushalte strukturell ähnlich zwischen den beiden Klimaschutzszenarien. Die Klimaschutzpolitik in den beiden Szenarien führt kurz- und mittelfristig im Durchschnitt zu zusätzlichen Belastungen für die privaten Haushalte (siehe Kapitel 4.2.4 und 4.2.5). Im Untersuchungsjahr 2025 sind die Auswirkungen noch eher gering. Im Jahr 2030 werden diese zusätzlichen Belastungen jedoch sehr deutlich sichtbar und sind im VHS für das Jahr 2030 aufgrund der verzögerten Einführung und der dadurch ambitionierteren Ausgestaltung der Klimaschutzinstrumente leicht höher als im SHS. Ein Umstieg auf Nullemissionsfahrzeuge oder den Umweltverbund erfolgt nicht im ausreichenden Maß, um den Kostenanstieg fossiler Mobilitätslösungen, der durch Instrumente zur THG-Emissionsreduzierung entsteht, vollständig auszugleichen. Dies trifft insbesondere auf Haushalte mit geringem Einkommen und aufgrund der längeren Fahrdistanzen und der geringeren Verfügbarkeit von Mobilitätsalternativen noch einmal verstärkt für Haushalte im ländlichen Raum zu (siehe folgende Abbildung). Dementsprechend ist die relative Kostensteigerung gemessen am Anteil des Haushaltseinkommen bei Haushalten mit niedrigem Einkommen deutlich am höchsten.

Abbildung: Jährliche Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023



Quelle: eigene Darstellung

Haushalte reagieren auf die Steigerung der Nutzungskosten unter anderem mit einer Verringerung der Pkw-Fahrleistung und steigen – wenn möglich – auf andere Verkehrsmittel um oder versuchen Wege zu vermeiden (z. B. durch die Steigerung an Home-Office-Tagen). Um das Risiko für Mobilitätsarmut (geringe soziale Teilhabe und gesellschaftliche Chancengerechtigkeit) durch die steigenden Kosten fossiler Mobilitäts Optionen zu verringern, gilt es daher, den Umweltverbund so zu stärken, dass er hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Flexibilität und

Verfügbarkeit an Attraktivität gewinnt und eine in den Alltag integrierbare Alternative darstellt. Ergänzend wäre es eine Option, einkommensschwache, autoabhängige Haushalte beim Umstieg auf emissionsfreie Pkw zu unterstützen. Die Bereitstellung kostengünstiger und schnell verfügbarer, klimafreundlicher Mobilitätslösungen für finanziell besonders stark von der Transformation des Verkehrs betroffenen Haushalten ist daher von zentraler Bedeutung für die sozial gerechte Transformation hin zu einem klimaneutralen Verkehrssektor und die gesellschaftliche Akzeptanz von Klimaschutz im Verkehr. Ideen und Konzepte für deren Umsetzung und Finanzierung müssen also möglichst zeitnah entwickelt werden.

Die klassische Reaktion auf steigende Kosten durch Politikmaßnahmen sind Entlastungsmaßnahmen. Der Ungleichverteilung der zusätzlichen Kosten kann, zumindest teilweise, entgegengewirkt werden, indem Rückverteilungs- und Fördermechanismen entwickelt und implementiert werden. Die in den Szenarien wirkenden Preisinstrumente führen zu zusätzlichen Einnahmen des Staates, welche dieser wieder in Form von monetären Zuwendungen oder Förderprogrammen an die Bevölkerung teilweise rückverteilen kann. Der Rückzahlungsmechanismus der Pro-Kopf-Pauschale kann kurzfristig für Entlastung sorgen⁴ und wird von vielen Seiten für den sozialen Ausgleich bei steigenden CO₂-Preisen favorisiert. Dabei werden mittelfristig auch Haushalte entlastet, die angesichts der eigenen finanziellen Möglichkeiten, z. B. durch den Umstieg auf emissionsfreie Pkw, keine Entlastung benötigen. In einer Phase der fortschreitenden Transformation, die je nach Szenario bis Mitte bzw. Ende der 2030er Jahre geht, ist ein Pro-Kopf-Mechanismus aller Voraussicht nach, nicht ausreichend für die gezielte Entlastung von Haushalten, die diesen finanziellen Ausgleich benötigen. Vielmehr erscheint es zielführend zu sein, die zusätzlichen Mittel so einzusetzen, dass finanzielle Entlastungen und Fördermechanismen – wie es im Social Climate Fund der EU beispielsweise vorgesehen ist - vor allem Haushalten mit niedrigen Einkommen und weniger guter Verfügbarkeit des Umweltverbands zugutekommen und solchen Haushalten günstige emissionsfreie Mobilitätslösungen zur Verfügung stehen. Bei einer zeitnahen Einführung eines Pro-Kopf-Ausgleichsmechanismus wird also schnell eine Weiterentwicklung zu einer zielgerichteten Entlastung für stark betroffene gesellschaftliche Gruppen zielführend.

Volkswirtschaftliche Analysen: Das MMS des Projektionsberichts 2023 als Grundlage für die Analyse der Klimaschutzenszenarien

Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der beiden Klimaschutzenszenarien werden im Vergleich zum MMS für die Jahre 2030 und 2050 betrachtet. Im Fokus steht eine Differenzbetrachtung zum MMS und eine Abschätzung der Größenordnung der volkswirtschaftlichen Wirkungen. Die volkswirtschaftliche Analyse erfolgt mit dem Input-Output-Modell VEDIOM, das auf einer verkehrs- und energiedifferenzierten Input-Output-Tabelle (IOT) basiert. Unter Verwendung verschiedener Quellen und Ergebnisse aus den Modellierungen mit TEMPS wird eine Hochrechnung der IOT für die Jahre 2030 und 2050 sowohl für die Referenzentwicklung des MMS als auch für die beiden Klimaschutzenszenarien durchgeführt. Damit können die Auswirkungen von Maßnahmen und Instrumenten in den Jahren 2030 und 2050 auf Beschäftigung, BIP, sektorale Wertschöpfung, Im- und Exporte, Konsum, Investitionstätigkeit und Staatshaushalt geschätzt werden.

⁴ Im Rahmen der Einführung des CO₂-Preises und der Diskussion um ein „Klimageld“ in Deutschland als Möglichkeit des sozialen Ausgleichs haben bereits verschiedene Studien gezeigt, dass kurzfristig soziale Härten mit der Rückverteilung der Einnahmen in Form einer Pauschale abgemildert werden können (Zerzawy und Fischle 2021; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Kalkuhl et al. 2021.). Im Hinblick auf den ab 2027 eingeführten EU-weit gültigen ETS 2 ist jedoch offen, inwieweit eine Pro-Kopf-Pauschale den Regelungen des „Social Climate Funds“ entspricht und ob eine Pro-Kopf-Pauschale überhaupt mit den Vereinbarungen des europäischen Emissionshandels konform geht.

Die gesamtwirtschaftliche Entwicklung im MMS ist positiv und die Wirtschaft wächst im Durchschnitt um ca. 1,4 % p.a., während die Bevölkerungsentwicklung stagniert und die Zahl der Erwerbstätigen sinkt. Die Fahrzeugflotte wird zunehmend elektrifiziert, was zu einem Rückgang der Produktion von Fahrzeugen mit fossilen Antrieben und gleichzeitig zu einem starken Wachstum der Elektrofahrzeugbranche mit entsprechender Verschiebung von Wertschöpfung und Beschäftigung führt. Dieser Trend setzt sich über den gesamten Betrachtungszeitraum fort. Insbesondere die Branchen des öffentlichen Verkehrs profitieren bis 2030 vom Verkehrswachstum durch die Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr, wobei sich die Verlagerung bis zum Jahr 2050 wieder abschwächt. Auch die für die Produktion von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben relevanten Zulieferbranchen erleben einen Aufschwung und können die Verluste aufgrund des Rückgangs der fossilen Fahrzeugproduktion kompensieren.

Damit die verkehrlichen Wirkungen im MMS entstehen können, sind entsprechende Investitionen notwendig. So kommt es zu einem deutlichen Investitionshochlauf in den Bereichen Ladeinfrastruktur für Elektromobilität, Strom- und Verkehrsinfrastruktur. Diese Investitionen in die Lade- und Strominfrastruktur werden überwiegend privat und lediglich im Sinne einer Anschubfinanzierung in kleinem Maße öffentlich finanziert. Großprojekte wie die Straßen- und Schieneninfrastruktur müssen von der öffentlichen Hand finanziert werden, ebenso wie die nicht durch Betriebseinnahmen gedeckten Anteile der Kosten im ÖPNV, die insbesondere bis 2030 ansteigen. Die staatlichen Einnahmen im MMS decken die zusätzlichen Ausgaben nur im Jahr 2030, aber nicht im Jahr 2050. Es besteht somit eine Finanzierungslücke, so dass in diesem Szenario weitere Finanzierungsmöglichkeiten gefunden werden müssen, wie z. B. private Finanzierung oder durch Steuererhöhungen und entsprechende Konsumeinschränkungen.

Volkswirtschaftliche Analysen: Tendenziell positive Auswirkungen der beiden Klimaschutzszenarien

Die beiden Klimaschutzszenarien unterscheiden sich gegenüber dem MMS durch ambitioniertere Maßnahmenpakete, die im SHS sofort und im VHS etwas verzögert umgesetzt werden. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist der Unterschied der beiden Klimaschutzszenarien in den betrachteten Analysejahren 2030 und 2050 jedoch vernachlässigbar, so dass in beiden Klimaschutzszenarien eine vergleichbare, leicht positive Entwicklung des BIP (<1 %) im Vergleich zum MMS zu erwarten ist. In beiden Szenarien kann die Klimaneutralität im Jahr 2045 mit positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten erreicht werden. Die Beschäftigungsentwicklungen der Szenarien sind ähnlich wie im MMS und nur in einzelnen Branchen signifikant anders.

Die ambitionierteren Maßnahmen der Klimaschutzszenarien führen dazu, dass sich die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsgewinne bzw. -verluste der Branchen aus dem MMS in den Klimaschutzszenarien noch verstärken. Insbesondere die Branchen des öffentlichen Verkehrs profitieren von der stärkeren Verlagerung auf den ÖV. Der bereits in der MMS erkennbare Trend von fossil betriebenen Fahrzeugen hin zu alternativen batteriebetriebenen Antrieben vollzieht sich in den Klimaschutzszenarien schneller und die Produktion von neuen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren wird bis 2050 vollständig eingestellt. Gleichzeitig erfährt die Elektrofahrzeugbranche ein noch stärkeres Wachstum als im MMS, die sowohl die Wertschöpfungs- als auch die Beschäftigungsverluste in der Herstellung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor kompensieren kann. Ebenso kann eine Zuliefererindustrie für die elektronischen Komponenten der E-Fahrzeuge aufgebaut werden, die die wegfallende Wertschöpfung in der Reparatur- und Service-Industrie oder der Herstellung und Lieferung von Kraftwagenteilen ersetzt.

Im Vergleich zum MMS werden in den Klimaschutzszenarien umfangreichere und frühere Infrastrukturinvestitionen als Voraussetzung bzw. Folge der Maßnahmen getätigt. Die schneller elektrifizierte Fahrzeugflotte fordert einen ambitionierteren Hochlauf der Ladeinfrastruktur. Gleiches gilt im Bereich der Strominfrastruktur, ebenso wird verstärkt in die Radinfrastruktur investiert und im Schienengüterverkehr ergänzt eine Oberleitungsinfrastruktur im SHS den Umstieg von fossilen Lkw auf alternative Antriebsformen im Straßengüterverkehr. Wie im MMS wird davon ausgegangen, dass die Finanzierung der Lade- und Strominfrastruktur hauptsächlich privat finanziert wird und die öffentliche Anschubfinanzierung nur rund 10 % der Investitionssumme ausmacht.

Die ambitionierteren Maßnahmenpakete und die Einführung neuer Abgaben wie der Pkw-Maut sowie die höheren Investitionen führen in den Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS sowohl zu mehr Staatseinnahmen als auch mehr Staatsausgaben. Insgesamt ergeben sich im Vergleich zum MMS Mehreinnahmen des Staates in Höhe von ca. 20 bis 30 Mrd. Euro pro Jahr, die im Wesentlichen aus Mauteinnahmen im Personen- und Güterverkehr resultieren. In den Klimaschutzszenarien sind neben den zusätzlichen Investitionen insbesondere die erhöhten Ausgaben für den ÖPNV eine signifikante Größe für den Staatshaushalt, was auf den Angebotsausbau im ÖPNV zurückzuführen ist. Insgesamt ergibt sich in den beiden Szenarien SHS und VHS für 2030 und 2050 ein positiver Saldo (Einnahmen - Ausgaben) und somit keine Finanzierungslücke wie im MMS für das Jahr 2050. Damit ist keine Zusatzbelastung durch neue oder höhere Steuern zur Finanzierung der Ausgaben zu erwarten. Allerdings ist das verfügbare Einkommen der privaten Haushalte (und damit der private Konsum) niedriger als im MMS, da die Instrumente der beiden Klimaschutzszenarien zu einer relevanten Zusatzbelastung führen, die für eine Verkehrswende notwendig sind (siehe dazu Diskussion der Verteilungswirkungen).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Klimaschutzszenarien für die überwiegende Zahl der nicht verkehrsspezifischen Branchen und auch gesamtwirtschaftlich zu keinen relevanten Unterschieden im Vergleich zum MMS führen. Die Automobilindustrie steht vor einem großen Umbruch, der transformative Verschiebungen in der Produktion von fossilen hin zu batteriebetriebenen Fahrzeugen mit sich bringt. Sofern es wie angenommen gelingt, die Elektrofahrzeugindustrie in Deutschland zu etablieren, wird diese Transformation jedoch in der Summe wertschöpfungs- und beschäftigungsneutral verlaufen. Die Bereiche des öffentlichen Verkehrs profitieren und wachsen deutlich.

Die positiven volkswirtschaftlichen Aspekte verstärken sich noch, wenn die Veränderung der externen Kosten in den Klimaschutzszenarien berücksichtigt und monetarisiert werden. Die Durchdringung mit Elektrofahrzeugen und die Verlagerung auf den Umweltverbund reduzieren die externen Kosten durch Klimaschäden und Unfälle. Die Einsparungen gegenüber der Referenzentwicklung belaufen sich im Jahr 2030 auf mehr als 15 bis 35 Mrd. Euro. Dies verdeutlicht die potenziell positiven Effekte der Klimaschutzszenarien auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive.

Fazit: Ambitionierter Klimaschutz im Verkehrssektor ist mit konsequentem Handeln der Politik möglich, benötigt aber neue Ideen zum zielgerichteten sozialen Ausgleich und ist volkswirtschaftlich positiv zu bewerten.

Die beiden Klimaschutzszenarien zeigen, dass Klimaschutz im Verkehrssektor trotz des derzeitigen strukturellen Defizits beim Klimaschutz mittelfristig möglich ist, wenn die Politik zeitnah konsequent handelt. Mit Bezug auf das THG-Emissionsbudget ist es möglich, die verfehlte THG-Emissionsminderungen bis zum Jahr 2030 in den 2030er Jahren auszugleichen. Notwendig dafür ist vor allem ein konsequentes Handeln auf nationaler Ebene, um die Steuer- und Abgabensystematik in Deutschland konsequent auf den Klimaschutz auszurichten und die

Energie- und verkehrlichen Infrastrukturen bezüglich neuer Antriebssysteme und einer Verlagerung auf den Umweltverbund auszurichten. Sofortiges Handeln besitzt gegenüber einem um wenige Jahre verzögertem Handeln den Vorteil, dass die Politikinstrumente mit längeren Einführungsphasen und teilweise weniger ambitioniert ausgestaltet sein können.

Die untersuchten Instrumentenpakete in den beiden Szenarien führen jedoch kurz- und mittelfristig zu zusätzlichen Belastungen der privaten Haushalte. Gerade Haushalte mit niedrigem Einkommen und im ländlichen Raum sind verstärkt von diesen Kostenbelastungen betroffen. Die Ausweitung des öffentlichen Verkehrsangebots sowie der frühzeitige Zugang zu emissionsfreien Fahrzeugen ist für diese gesellschaftlichen Gruppen also eine Herausforderung. Zielgerichtete Fördermaßnahmen und Entlastungen dieser gesellschaftlichen Gruppen sind also zentral für eine sozial gerechte Transformation des Verkehrssektors und sollten bei Entlastungsmaßnahmen im Mittelpunkt stehen.

Volkswirtschaftlich sind die Effekte der beiden Klimaschutzszenarien eher gering. Es ist geringes wirtschaftliches Wachstum zu erwarten, während vor allem die Automobilindustrie mit seinen vorgelagerten Prozessen vor einer großen Transformation steht. Sofern es gelingt, die Elektrofahrzeugindustrie in Deutschland anzusiedeln, ist diese Transformation jedoch tendenziell wertschöpfungs- und beschäftigungsneutral. Die positiven volkswirtschaftlichen Aspekte verstärken sich noch, wenn die Veränderung der externen Kosten in den Klimaschutzszenarien berücksichtigt und monetarisiert werden. Die Durchdringung mit Elektrofahrzeugen und die Verlagerung auf den Umweltverbund führen zu signifikanten Einsparungen bei den externen Kosten durch Klimaschäden und Unfälle. Die Einsparungen gegenüber der Referenzentwicklung belaufen sich im Jahr 2030 auf mehr als 15 bis 35 Mrd. Euro. Dies verdeutlicht die potenziell positiven Effekte der Klimaschutzszenarien auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive.

Summary

In 2015, Germany and the European Union agreed under international law as part of the Paris Agreement to limit global warming to well below two degrees Celsius compared to pre-industrial levels and to make efforts to limit it to 1.5 degrees Celsius. As a result, Germany has enacted its own national Climate Protection Act (KSG), which includes the legal obligation to reduce greenhouse gas emissions (GHG emissions) to net zero by 2045. The KSG also includes sector-specific targets for 2030, as well as a further cross-sector target for reducing GHG emissions by 2040 (+88% compared to 1990 emissions). This target means that all sectors must significantly reduce GHG emissions by 2030 and, in the long term, the transport sector must also become greenhouse gas neutral by 2045.

Extensive policy instruments have already been developed and adopted at EU level with the legislative proposals of the Fit for 55 package. From 2035, for example, only CO₂-emission-free cars and light commercial vehicles may be newly registered. Furthermore, European CO₂ certificate trading will be established for the transport and heating sectors from 2027 and the Eurovignette Directive provides for economic incentive regulation for the use of zero-emission trucks via the truck toll. At national level, climate protection legislation in the transport sector is less pronounced. The consequence of this: In 2020, the transport sector met the climate protection target due to the measures taken to contain the corona virus and the resulting lower mobility, but in the two subsequent years, the target emissions from transport in the KSG were missed by a wide margin. The 2023 projection report also makes it clear that Germany will fall well short of the defined emissions targets in the transport sector by 2030 with the existing political framework conditions (BReg 2023b). The target of greenhouse gas neutrality in 2045 is therefore currently not achievable without further climate protection efforts in the transport sector.

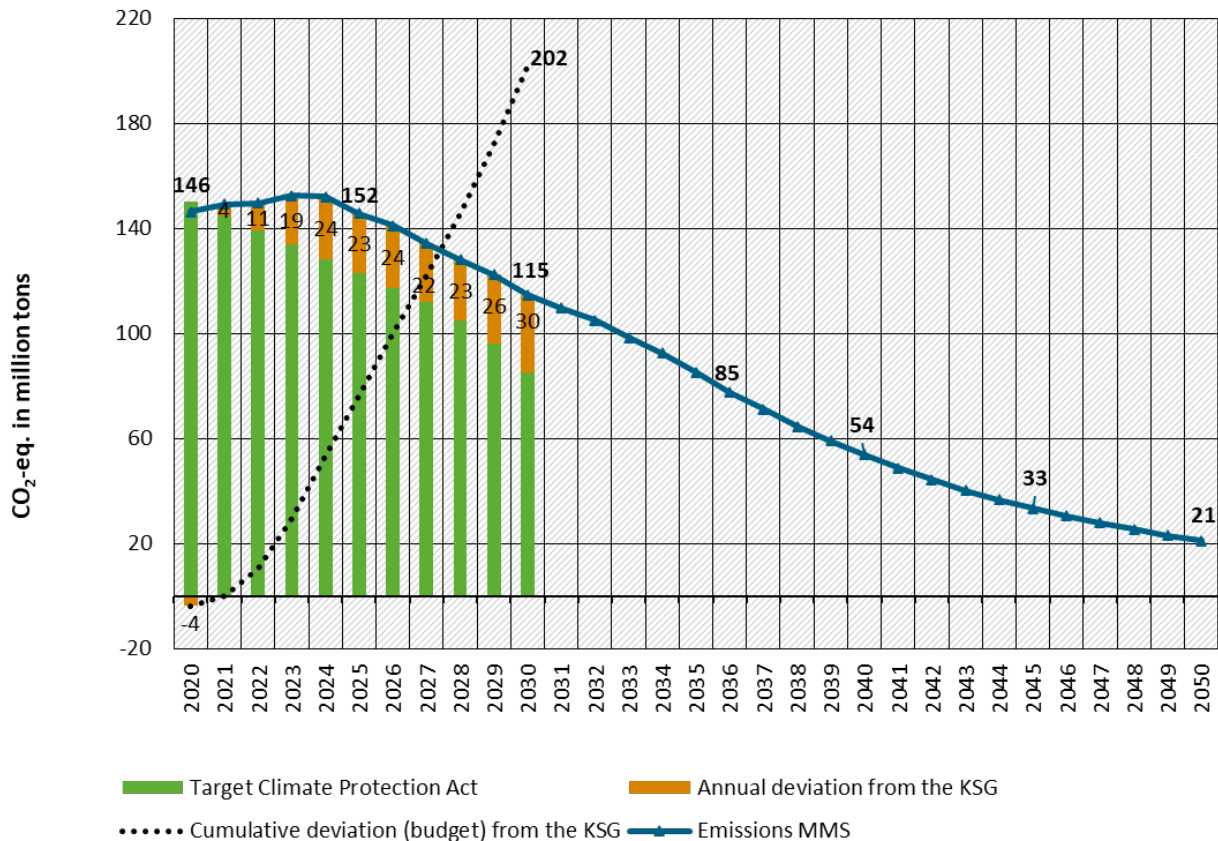
Objective of the study: Development of two climate protection scenarios and analysis of the economic consequences

From this situation it can be deduced that a trend reversal towards structurally more climate-friendly mobility must be initiated in the transport sector in the short term. The aim of this study is to examine the policy design required for this by developing two scenarios that show such a trend reversal in the transport sector. The aim of these scenarios is to at least comply with the required GHG emission level for the transport sector for 2030 from the KSG and to compensate for the missed GHG emission reduction before 2030 as soon as possible after 2030. The long-term goal of these two scenarios is to achieve greenhouse gas neutrality in the transport sector by 2045. As the change in policy design will have an economic impact on society and the economy in Germany, the analysis of the economic distribution effects on private households and the macroeconomic analysis of the change in mobility is one of the objectives of the project.

Status quo: current policy design is inadequate for climate protection in the transport sector

The " With-Measures scenario " (MMS) of the Projection Report 2023 shows the GHG emission development of the transport sector in Germany based on the policy design in summer 2022 (see figure below) and highlights the climate policy challenge for the transport sector in Germany (see also Chapter 3.2). By 2030, the policy design of the MMS in the transport sector will result in a significant climate protection gap of over 200 million tons of CO₂ equivalents (CO₂-eq.) compared to the targets of the KSG. In the years after 2030, the transport sector in the MMS will also fail to meet the relative GHG emission reduction requirements set out in the KSG across all sectors (2040: -88% compared to 1990; 2045: greenhouse gas neutrality).

Figure: GHG emissions⁵ and cumulative deviation from the targets of the Climate Protection Act for the transport sector in the MMS; 2020 - 2050



Source: own illustration based on data from the Projection Report 2023 (BReg 2023b)

Two target scenarios: A mix of different types of instruments for climate protection in the transport sector

Various types of climate protection instruments can be used to shape climate protection policy in the transport sector. Well-known studies with a focus on climate protection make use of a mix of different types of policy instruments. This is also the case in this study (see Chapter 3.3):

- **Price and subsidy instruments** include adjustments to the tax and levy system as well as subsidy systems for climate-friendly mobility options. In addition to the EU's various CO₂ fleet target value regulations, the introduction of a malus component for CO₂ emissions in new car registrations and the newly introduced CO₂ component in the truck toll are key policy instruments for the switch to zero-emission drive systems. Adjusted company car taxation and purchase subsidies for zero-emission trucks support these instruments for changing drive systems when purchasing vehicles. The rising CO₂ price, adjustments to energy taxation (end of preferential tax treatment for diesel fuel, inflation adjustment of tax rates and inclusion of national air traffic) and, later, the introduction of a mileage-based car toll are relevant components of policy design for the shift to climate-friendly eco-mobility, which is made up of public transport, walking and cycling. The introduction of the

⁵ In accordance with the legal requirements for GHG emissions accounting, the avoided GHG emissions from the use of e-fuels in the 2023 projection report are attributed to the sector in which the emissions for the production of the e-fuels are captured in accordance with the polluter pays principle. In this report, the GHG emission reduction from the use of e-fuels is allocated entirely to the transport sector.

“Deutschlandticket”, the abolition of the distance-based tax allowance and comprehensive parking space management will support this.

- ▶ **Regulatory measures** are used to incentivize various aspects of climate-friendly mobility. The CO₂ fleet targets for passenger cars and light commercial vehicles⁶ as well as for heavy commercial vehicles are the main driver for the transformation of the automotive industry and the switch to emission-free drives. The introduction of a general speed limit on federal highways and the reduction of speed outside urban areas and in urban areas is a policy instrument that reduces GHG emissions through efficiency gains and modal shifts. The GHG quota and the blending obligation for e-fuels in air traffic ensure the use of renewable fuels in the transport sector and will be continued until 2050.
- ▶ **Infrastructure funding** is a prerequisite for ensuring that emission-free drive technologies (charging and hydrogen refueling infrastructure) and the shift to eco-mobility can take place at all. It is therefore assumed in the climate protection scenarios that sufficient financial resources are available to build sufficient energy infrastructure for the new technologies and to continuously increase the capacities of rail transport and road-based public transport. Increased funding for the expansion of cycling infrastructure will support the shift to active mobility.

Two target scenarios: Immediate climate protection versus delayed action

With a few exceptions, the two scenarios in this study do not differ significantly in terms of the type of policy design. However, the main difference between the two scenarios lies in the timing of when the various instruments come into effect:

- ▶ The **"Immediate action" scenario (SHS)** assumes immediate political action and the climate protection instruments mentioned mostly take effect immediately from 2024. Introductory phases are planned for some instruments and the design is less ambitious in some cases than in the second scenario. A few instruments, such as the speed limit on federal highways, can only be found in this instrument.
- ▶ The **"Delayed action" scenario (VHS)** assumes delayed political action and the climate protection scenarios mentioned have a delayed effect, mostly from 2026 and 2027. This wait-and-see approach means that some climate protection instruments are significantly more ambitious in terms of implementation (e.g. the carbon price) and an extended introduction phase must be dispensed with (e.g. malus component on CO₂ emissions for new car registrations) in order to meet the transport sector's climate protection targets for 2030 in this scenario.

Climate protection impact of the two scenarios: Thanks to accelerated transformation, the transport sector can be put on an ambitious climate protection path and achieve greenhouse gas neutrality in 2045.

The modeling in the transport sector is carried out using the TEMPS scenario tool based on the same framework data as in the MMS of the Projection Report 2023. The different developments in the two climate protection scenarios compared to the MMS are therefore solely the result of the ambitious climate protection policy in the two scenarios. The structural development of the transport sector is similar in both scenarios despite the delayed introduction of the policy instruments (see Chapter 3.2). Compared to the MMS, there is a significantly accelerated transformation of the vehicle fleet towards zero-emission vehicles. In addition, the policy design

⁶ This instrument is already part of the MMS of the 2023 projection report.

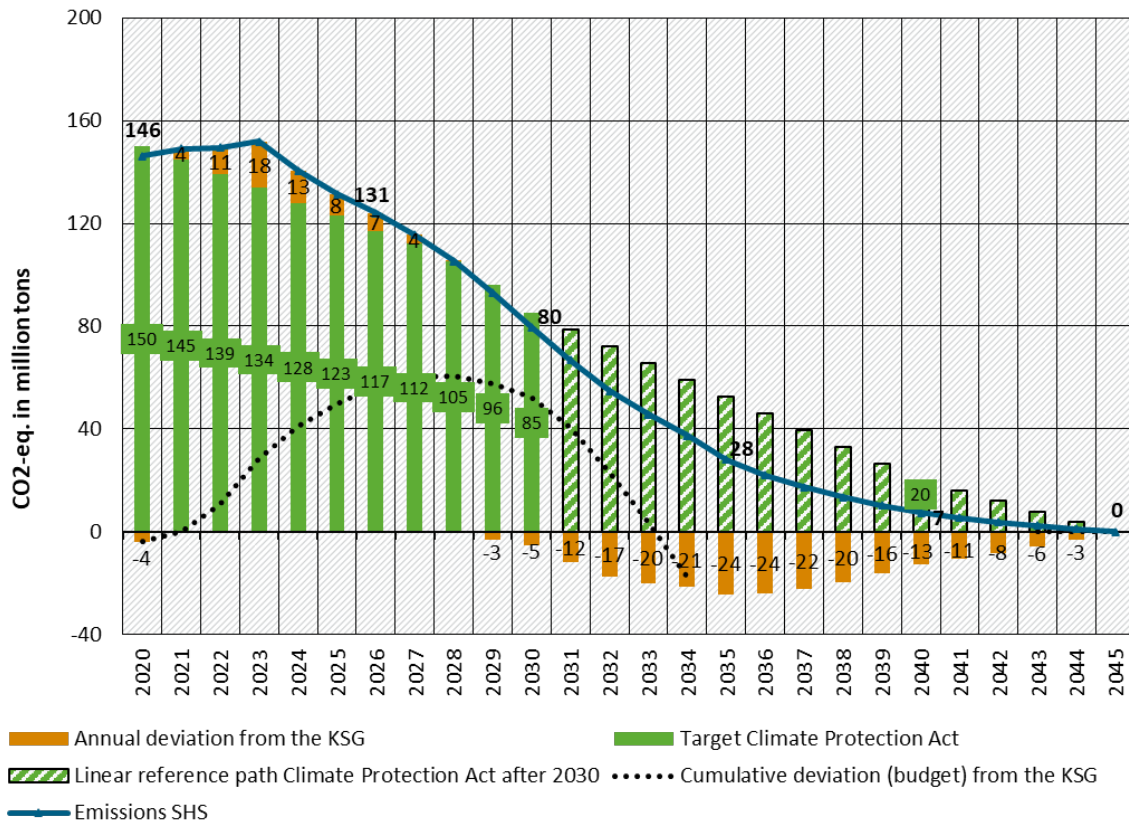
ensures that a shift from transport to ecofriendly mobility takes place at an early stage and mobility is increasingly taking place via public transport, walking and cycling. In addition, the use of renewable fuels will increase continuously until 2030 and, with the ever-increasing supply of electricity to transport, will ensure that non-electrified transport will also become climate-neutral by 2045. A structural trend reversal in the transport sector will therefore be achieved before 2030, so that the KSG climate protection target in the transport sector will be met again by 2030 at the latest and the transport sector will be greenhouse gas neutral by 2045.

Regarding the KSG's GHG emissions budget for transport, both climate protection scenarios do not meet the transport sector targets in the KSG by 2030 (see section 3.4.4). However, the scenarios make it clear that with the help of ambitious climate protection instruments it is possible to very quickly compensate for the failure to meet the KSG sector targets by 2030 in the following years. Depending on the scenario, the GHG emissions budget of the transport sector or the excess GHG emissions emitted up to 2030 will already be offset again from 2033 (SHS) or 2037 (VHS) (see following figure for the SHS).⁷ The GHG emissions in both scenarios remain below the trajectory of the sector targets used in this study for the minimum required GHG emission reduction even after offsetting the missed GHG emission reduction.

With a very ambitious climate policy, the transport sector can therefore be transformed in the long term from a "problem case" for climate protection into a sector that potentially offsets the missed emission reductions in other sectors. This is primarily due to the possibility of building up an almost emission-free vehicle fleet in a comparatively short period of time.

⁷ As a reference, a linear reduction of the emissions targets for transport in the Climate Protection Act from 85 million tons of CO₂ eq. to 20 million tons in 2040 (-88% compared to 1990) and a further linear reduction to 0 million tons in 2045 was assumed.

Figure: GHG emissions and cumulative deviation from the targets of the Climate Protection Act for the transport sector in the SHS, 2020 - 2045



Source: own illustration based on data from the Projection Report 2023 (BReg 2023b)

A comparison of the two scenarios shows that the GHG emission paths continue to converge in the long term. Nevertheless, an emissions reduction gap of a cumulative 81 million tons of CO₂ equivalents remains in the GHG emissions budget of the VHS compared to the SHS. This is due to delayed action and the lack of some policy instruments such as the introduction of speed limits on federal highways. To achieve the same GHG emissions budget, further instruments would therefore have to be used in the transport sector, the instruments used would have to be more ambitious or other sectors would have to compensate for the lower GHG emissions reduction in the transport sector.

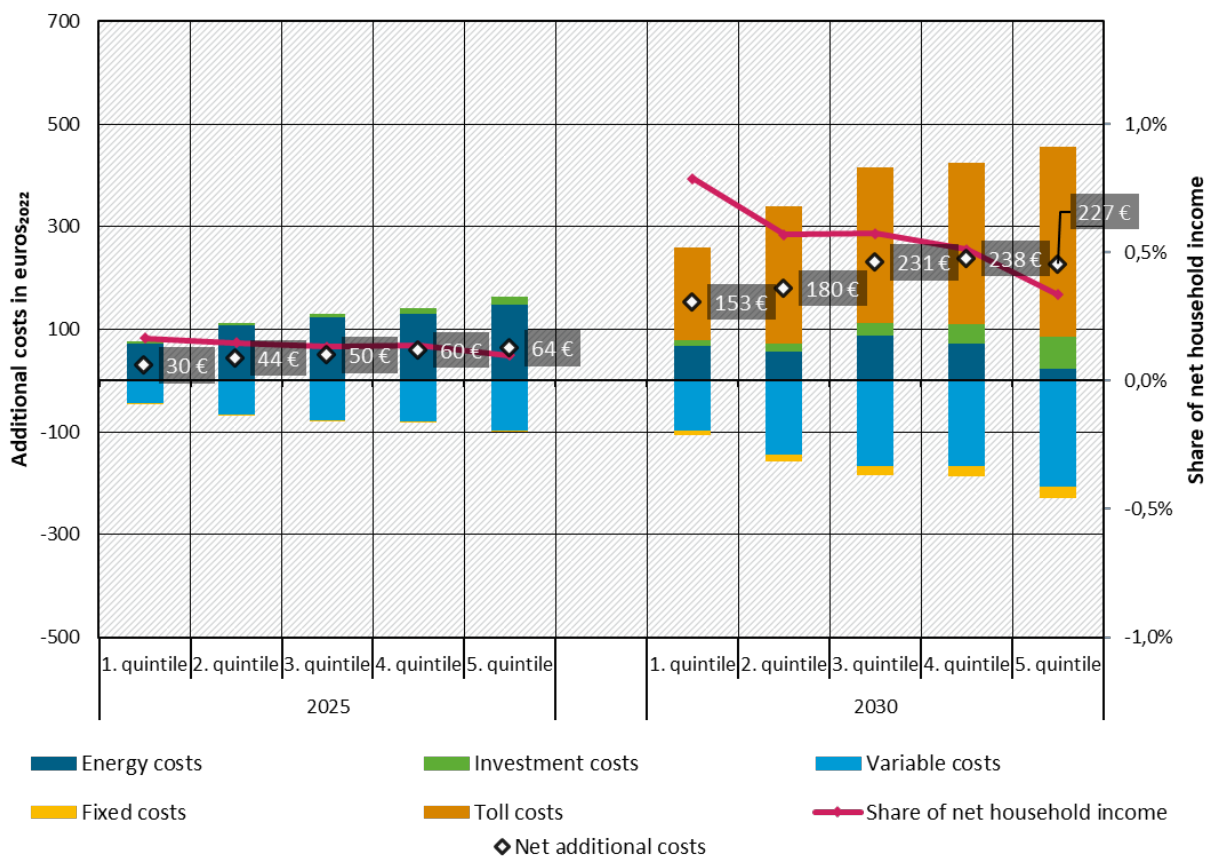
Economic distribution effects: Targeted social compensation mechanisms become necessary as the mobility expenditure of private households increases.

The analysis of the economic distribution effects includes possible burdens and relief for private households and uses the DHoT model to compare the effect of the two climate protection scenarios with the development in the MMS of the 2023 projection report. For this purpose, the results of the modeling with the TEMPS model about vehicle choice and energy and vehicle costs are integrated into a household data set to be able to map the changed cost structures of electrification and the changed choice of means of transport in the distribution effects.

Like the analysis of GHG emission trends, the economic distribution effects on households are structurally similar between the two climate protection scenarios. On average, the climate protection policy in both scenarios leads to additional burdens for private households in the short and medium term (see sections 4.2.4 and 4.2.5). In the study year 2025, the impact is still rather low. In 2030, however, these additional burdens become very clearly visible and are

slightly higher in the VHS for 2030 than in the SHS due to the delayed introduction and the resulting more ambitious design of the climate protection instruments. A switch to zero-emission vehicles or eco-mobility does not occur to a sufficient extent to fully offset the increase in costs of fossil mobility solutions resulting from GHG emission reduction instruments. This is particularly true for low-income households and even more so for households in rural areas due to longer travel distances and the reduced availability of mobility alternatives (see figure below). Accordingly, the relative cost increase as a proportion of household income is clearly highest for low-income households.

Figure: Annual additional costs in the SHS compared to the MMS of the 2023 projection report



Source: own illustration

Households react to the increase in usage costs by, among other things, reducing car mileage and - if possible - switching to other means of transport or trying to avoid trips (e.g. by increasing the number of days spent working from home). To reduce the risk of mobility poverty (low social participation and social equity) due to the rising costs of fossil mobility options, it is therefore important to strengthen the ecological alternatives in such a way that it becomes more attractive in terms of reliability, flexibility and availability and represents an alternative that can be integrated into everyday life. In addition, one option would be to support low-income, car-dependent households in switching to emission-free cars. The provision of cost-effective and quickly available, climate-friendly mobility solutions for households that are particularly hard hit financially by the transformation of transportation is therefore of central importance for the socially just transformation towards a greenhouse gas neutral transportation sector and the social acceptance of climate protection in transportation. Ideas and concepts for their implementation and financing must therefore be developed as soon as possible.

The classic response to rising costs caused by political measures is relief measures. The unequal distribution of additional costs can be counteracted, at least in part, by developing and implementing redistribution and support mechanisms. The pricing instruments in the scenarios lead to additional income for the state, which it can then redistribute to the population in the form of monetary benefits or support programs. The repayment mechanism of the per capita flat rate can provide short-term relief⁸ and is favored by many for social compensation in the event of rising CO₂ prices. In the medium term, households that do not need relief due to their own financial means, e.g. by switching to emission-free cars, will also be relieved. In a phase of progressive transformation which, depending on the scenario, will last until the middle or end of the 2030s, a per capita mechanism is unlikely to be sufficient for the targeted relief of households that need this financial compensation. Rather, it would appear to be more expedient to use the additional funds in such a way that financial relief and support mechanisms - as provided for in the EU's Social Climate Fund, for example - primarily benefit households with low incomes and less availability of environmental transport and that such households have access to affordable emission-free mobility solutions. If a per capita compensation mechanism is introduced soon, a further development towards targeted relief for severely affected social groups will quickly become expedient.

Economic analyses: The MMS of the Projection Report 2023 as the basis for the analysis of the climate protection scenarios

The economic effects of the two climate protection scenarios are compared with the MMS for the years 2030 and 2050. The focus is on an analysis of the differences to the MMS and an estimate of the magnitude of the economic effects. The economic analysis is carried out using the input-output model VEDIOM, which is based on a transport and energy-differentiated input-output table (IOT). Using various sources and results from the modeling with TEMPS, an extrapolation of the IOT for the years 2030 and 2050 is carried out both for the reference development of the MMS and for the two climate protection scenarios. This makes it possible to estimate the impact of measures and instruments in 2030 and 2050 on employment, GDP, sectoral value added, imports and exports, consumption, investment activity and the national budget.

Overall economic development in the MMS is positive and the economy is growing by an average of around 1.4% p.a., while population growth is stagnating and the number of people in employment is falling. The vehicle fleet is becoming increasingly electrified, which is leading to a decline in the production of vehicles with fossil fuels and at the same time to strong growth in the electric vehicle sector with a corresponding shift in value creation and employment. This trend will continue over the entire period under review. The public transport sectors will benefit from traffic growth until 2030 due to the shift to public transport, although the shift will slow down again by 2050. The supplier industries relevant to the production of vehicles with alternative drive systems are also experiencing an upswing and can compensate for the losses due to the decline in fossil vehicle production.

Corresponding investments are necessary for the transport effects to be achieved in the MMS. There will be a significant increase in investment in the areas of charging infrastructure for electromobility, electricity and transport infrastructure. These investments in charging and

⁸ In the context of the introduction of the carbon price and the discussion about a "climate money" in Germany as a possibility for social compensation, various studies have already shown that social hardship can be mitigated in the short term with the redistribution of revenues in the form of a lump sum (Zerzawy and Fischle 2021; Agora Verkehrswende and Agora Energiewende 2019; Kalkuhl et al. 2021). With regard to the EU-wide ETS 2 introduced from 2027, however, it is unclear to what extent a per capita flat rate complies with the regulations of the "Social Climate Fund" and whether a per capita flat rate complies with the agreements of the European Emissions Trading Scheme at all.

electricity infrastructure are predominantly privately financed and only publicly financed to a small extent in the form of start-up funding. Major projects such as road and rail infrastructure must be financed by the public sector, as must the proportion of public transport costs not covered by operating revenue, which will increase, particularly up to 2030. The state revenue in the MMS only covers the additional expenditure in 2030, but not in 2050. There is therefore a financing gap, so that in this scenario further financing options must be found, such as private financing or through tax increases and corresponding restrictions on consumption.

Economic analyses: positive trend in the effects of the two climate protection scenarios

The two climate protection scenarios differ from the MMS in the more ambitious packages of measures, which are implemented immediately in the SHS and with a slight delay in the VHS. From an economic point of view, however, the difference between the two climate protection scenarios in the analysis years 2030 and 2050 is negligible, so that a comparable, slightly positive development of GDP (<1%) can be expected in both climate protection scenarios compared to the MMS. In both scenarios, greenhouse gas neutrality can be achieved in 2045 with positive macroeconomic effects. The employment trends in the scenarios are like those in the MMS and only differ significantly in individual sectors.

The more ambitious measures in the climate protection scenarios mean that the value creation and employment gains or losses in the sectors from the MMS are even stronger in the climate protection scenarios. The public transport sectors in particular benefit from the greater shift to public transport. The trend from fossil-fueled vehicles to alternative battery-powered drives, which is already evident in the MMS, accelerates in the climate protection scenarios and the production of new vehicles with combustion engines is completely discontinued by 2050. At the same time, the electric vehicle industry experiences even stronger growth than in the MMS, which can compensate for both the loss of value added and employment in the production of vehicles with combustion engines. A supplier industry for the electronic components of electric vehicles can also be established to replace the lost value added in the repair and service industry or the manufacture and supply of car parts.

Compared to the MMS, more extensive and earlier infrastructure investments are made in the climate protection scenarios as a prerequisite or consequence of the measures. The faster electrification of the vehicle fleet requires a more ambitious ramp-up of the charging infrastructure. The same applies to the electricity infrastructure, there is also increased investment in the cycling infrastructure and, in rail freight transport, an overhead line infrastructure in the SHS complements the switch from fossil trucks to alternative forms of propulsion in road freight transport. As in the MMS, it is assumed that the financing of the charging and electricity infrastructure is mainly privately financed and that public start-up financing only accounts for around 10% of the investment sum.

The more ambitious packages of measures and the introduction of new levies such as the passenger vehicle toll as well as the higher investments lead to both more government revenue and more government expenditure in the climate protection scenarios compared to the MMS. Overall, this results in additional government revenue of around EUR 20 to 30 billion per year compared to the MMS, which mainly results from toll revenue in passenger and freight transport. In the climate protection scenarios, in addition to the additional investments, the increased expenditure on public transport is a significant factor for the state budget, which is attributable to the expansion of public transport services. Overall, the two scenarios SHS and VHS result in a positive balance (revenue - expenditure) for 2030 and 2050 and therefore no financing gap as in the MMS for 2050. This means that no additional burden from new or higher taxes to finance expenditure is to be expected. However, the disposable income of private

households (and thus private consumption) is lower than in the MMS, as the instruments of the two climate protection scenarios lead to a relevant additional burden, which is necessary for a transport transition (see discussion of distribution effects).

In summary, it can be said that the climate protection scenarios do not lead to any relevant differences compared to the MMS for most non-transport-specific sectors or for the economy. The automotive industry is facing a major upheaval that will bring about transformative shifts in production from fossil fuels to battery-powered vehicles. If, as assumed, the electric vehicle industry is successfully established in Germany, this transformation will, however, be neutral in terms of value added and employment. The public transport sector will benefit and grow significantly.

The positive economic aspects become even stronger if the change in external costs is considered and monetized in the climate protection scenarios. The penetration of electric vehicles and the shift to eco-mobility reduce the external costs of climate damage and accidents. The savings compared to the reference development amount to more than 15 to 35 billion euros in 2030. This illustrates the potentially positive effects of the climate protection scenarios from an economic perspective.

Conclusion: Ambitious climate protection in the transport sector is possible with consistent political action but requires new ideas for targeted social compensation and should be viewed positively in economic terms.

The two climate protection scenarios show that climate protection in the transport sector is possible in the medium term, despite the current structural deficit in climate protection if policymakers take prompt and consistent action. With reference to the GHG emissions budget, it is possible to compensate for the missed GHG emissions reductions by 2030 in the 2030s. Above all, this requires consistent action at national level to consistently align the tax and levy system in Germany with climate protection and to align the energy and transport infrastructure with new drive systems and a shift to eco-mobility. Immediate action has the advantage over action delayed by a few years that the policy instruments can be designed with longer introduction phases and in some cases less ambitious.

However, the instrument packages examined in the two scenarios lead to additional burdens on private households in the short and medium term. Households with low incomes and in rural areas are particularly affected by these cost burdens. The expansion of public transport services and early access to zero-emission vehicles is therefore a challenge for these social groups. Targeted support measures and relief for these social groups are therefore central to a socially just transformation of the transport sector and should be the focus of relief measures.

In economic terms, the effects of the two climate protection scenarios are rather small. Low economic growth is to be expected, while the automotive industry, with its upstream processes, is facing a major transformation. However, if the electric vehicle industry can be successfully established in Germany, this transformation will tend to be neutral in terms of value added and employment. The positive economic aspects become even stronger if the change in external costs is considered and monetized in the climate protection scenarios. The penetration of electric vehicles and the shift to eco-mobility lead to significant savings in external costs due to climate damage and accidents. The savings compared to the reference development amount to more than 15 to 35 billion euros in 2030. This illustrates the potentially positive effects of the climate protection scenarios from an economic perspective.

1 Hintergrund

Deutschland und die Europäische Union (EU) haben sich im Jahr 2015 mit dem Paris-Agreement völkerrechtlich dazu verpflichtet, die Erderwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter zu begrenzen und Anstrengungen zu unternehmen, die Erderwärmung unter 1,5 Grad Celsius zu halten. Als Folge daraus haben Deutschland und die EU mit eigenen Klimaschutzgesetzen gesetzliche Verpflichtungen beschlossen, die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) bis Mitte des 21. Jahrhunderts auf Netto-Null zu reduzieren.

Im Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) setzt sich Deutschland das Ziel, im Jahr 2045 die Treibhausgasneutralität zu erreichen (Deutscher Bundestag 2023). Damit nimmt Deutschland als größte Volkswirtschaft der EU, die sich mit dem europäischen Klimaschutzgesetz dazu verpflichtet hat, im Jahr 2050 Netto-Null-THG-Emissionen sicherzustellen (EU 2021), eine ambitionierte Führungsrolle hinsichtlich seiner Klimaschutzziele ein. Zwischenziele existieren sowohl für Deutschland als auch für Europa. Für das Jahr 2030 liegen diese sektorübergreifend bei einer Reduktion der THG-Emissionen um 65 % (Deutschland)⁹ bzw. 55 % (EU) gegenüber dem Emissionslevel des Jahres 1990.

Unterschiede gibt es zwischen der EU und Deutschland in Bezug auf den Verkehrssektor. Im KSG sind bis zum Jahr 2030 jährlich sektorscharfe THG-Emissionsziele definiert; für das Jahr 2030 sieht das KSG beispielsweise als maximales THG-Emissionslevel 85 Millionen Tonnen CO₂-Äq. für den Verkehrssektor vor¹⁰. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die im Gesetz festgelegten THG-Emissionsminderungsziele der einzelnen Sektoren als THG-Emissionsbudget definiert sind: Mögliche Über- und Unterschreitungen der maximalen Emissionsniveaus werden also auf die restlichen Jahre des Zeitraums bis zum Jahr 2030 umgelegt, so dass sich die zu erreichenden THG-Emissionsziele jährlich verändern. Mit der EU-Klimaschutzverordnung setzt die EU dagegen Zielvorgaben für alle emittierenden Sektoren, die nicht vom europäischen Emissionshandel erfasst sind. Der Verkehrssektor besitzt auf europäischer Ebene daher ein gemeinsames THG-Emissionsziel mit beispielsweise dem Gebäudesektor und kleineren Industrieanlagen. Für Deutschland liegt dieses Emissionsziel bei einer THG-Emissionsminderung um 50 % gegenüber den THG-Emissionen des Jahres 2005. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie ist im Bundeskabinett beschlossen, die spezifischen Sektorziele des KSG bis zum Jahr 2030 durch eine sektorübergreifende Emissionsbewertung zu ersetzen. Somit hätte das KSG weiterhin einen anderen Governance-Zuschnitt als auf der EU-Ebene.

Mit dem „Fit for 55“-Paket und weiteren Gesetzesvorschlägen hat die EU-Kommission seit dem Jahr 2021 für alle Sektoren umfassende Politikinstrumente bzw. die Überarbeitung bestehender Verordnungen und Richtlinien zur Reduktion der THG-Emissionen bis zum Jahr 2030 und darüber hinaus erarbeitet. Beim Schreiben dieses Berichts sind für die meisten der für den Verkehrssektor relevanten Gesetzesvorschläge Einigungen im Trilog¹¹ der EU-Institutionen erfolgt: Die wahrscheinlich am stärksten diskutierte Verordnung mit Bezug zum Verkehrssektor sind dabei die CO₂-Flottenzielwerte für neuzugelassene Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. Der Vorschlag der EU-Kommission, ab dem Jahr 2035 nur noch CO₂-emissionsfreie Neufahrzeuge zuzulassen, wurde im Trilog bestätigt. Mit der Einführung eines CO₂-Emissionshandels für den

⁹ Im deutschen KSG liegt das sektorübergreifende THG-Emissionsziel für das Jahr 2040 bei -88 % gegenüber den Emissionen des Jahres 1990. Der politische Prozess zur Zielsetzung der EU für das Jahr 2040 hat gerade begonnen, so dass im Klimagesetz der EU noch kein Ziel für das Jahr 2040 festgeschrieben ist.

¹⁰ Dies entspricht einer THG-Emissionsminderung um rund 49 % gegenüber dem Jahr 2019.

¹¹ Mit Trilog sind informelle Verhandlungstreffen zwischen Vertreter*innen von Kommission, Parlament und Ministerrat, also der drei am EU-Gesetzgebungsprozess beteiligten Institutionen, gemeint.

Wärme- und den Verkehrssektor (ETS 2), einer Verpflichtung für die EU-Mitgliedsstaaten zum Aufbau der Lade- und Tankinfrastruktur für batterieelektrische und Wasserstofffahrzeuge (AFIR) sowie zur Erhöhung der erneuerbaren Anteile bei der Energieversorgung des Verkehrs (RED III) und die Einführung einer langfristigen Beimischungsquote für erneuerbare Kraftstoffe im Flugverkehr (ReFuel EU Aviation) und in der internationalen Seeschifffahrt (FuelEU Maritime) sind entscheidende Impulse für den Klimaschutz im Verkehr und die Transformation zu einer klimaneutralen Volkswirtschaft bis zum Jahr 2050¹² gesetzt. Auch ist zu erwarten, dass die CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge nach dem Vorschlag der EU-Kommission, den sie zu Beginn des Jahres 2023 vorgelegt hat, langfristig fortgeschrieben und um weitere Fahrzeugtypen erweitert werden.

Im Gegensatz dazu lesen sich die in den letzten Jahren beschlossenen und derzeit geplanten Maßnahmen zum Klimaschutz im Verkehrssektor, die auf nationaler Entscheidungsebene in Deutschland gesetzt wurden und werden, sehr bescheiden. Im Jahr 2019 führte die damalige Bundesregierung mit dem Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) zwar einen gemeinsamen CO₂-Preis und Emissionshandel für den Verkehrs- und Wärmesektor und damit nach langer Zeit erstmalig wieder eine potenziell sehr wirksame Klimaschutzmaßnahme ein. Eine relevante Trendwende hinsichtlich der THG-Emissionen ist u. a. aufgrund des geringen Preisniveaus im BEHG im Verkehrssektor bisher jedoch nicht in Sicht. Weitere effektive Klimaschutzinstrumente fanden seitdem keine Anwendung. Mit dem Bundestagsbeschluss im Oktober 2023, den Spielraum der Eurovignetten-Richtlinie auszunutzen und in der Lkw-Maut eine CO₂-Komponente von 200 Euro/t CO₂ einzuführen, startet zu Dezember 2023 allerdings ein sehr effektives Klimaschutzinstrument für die Transformation zu emissionsfreien Lkw, welches aufgrund der Transitverkehre eine EU-weite Ausstrahlung entwickeln wird.

Im Jahr 2020 reduzierten sich die THG-Emissionen des Verkehrssektors in Deutschland zwar erheblich auf 145 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (2019: 163,8 Millionen Tonnen CO₂-Äq.) (Günther und Gniffke 2023), was vor allem auf die reduzierte Mobilität der Menschen in Folge der COVID-19 Pandemie zurückzuführen ist. In den Jahren 2021 und 2022 sind die THG-Emissionen im Verkehrssektor jedoch trotz weiterhin temporär vorhandener Mobilitätsbeschränkungen durch die COVID-19 Pandemie wieder angestiegen. Mit 147 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (2021) und 148 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (2022) lagen die THG-Emissionen damit erstmals auch über den im KSG festgelegten maximalen THG-Emissionswerten für den Verkehrssektor. Das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des aktuellen Projektionsberichts der Bundesregierung (BReg 2023b) welches den politischen, technischen und volkswirtschaftlichen Status Quo zu August 2022 als Rahmen der Modellierung nimmt, sieht bis zum Jahr 2030 zwar eine Minderung der THG-Emissionen auf 118 Millionen Tonnen CO₂-Äq., es verfehlt aber die Ziele des KSG für den Verkehrssektor in Summe der Jahre 2020 – 2030 um mehr als 200 Millionen Tonnen CO₂-Äq. sehr deutlich.

Aus dieser Zielverfehlung im MMS des Projektionsberichts der Bundesregierung wird die Notwendigkeit einer veränderten und zielstrebigeren Klimaschutzpolitik im Verkehrssektor in Deutschland deutlich sichtbar. Neue Politikinstrumente müssen zeitnah entwickelt und umgesetzt werden. Das Gleiche gilt für bestehende Politiken, die für eine stärkere Lenkungsrichtung hinsichtlich des Klimaschutzes verändert werden müssen (Harthan et al. 2023). Dass bei der Umgestaltung des politischen Rahmens des Verkehrssektors weitere Aspekte eine für die Akzeptanz und Umsetzbarkeit sehr wichtige Rollen spielen, macht die aktuelle Umweltbewusstseinsstudie des Umweltbundesamts deutlich (BMUV, UBA 2023).

¹² ETS 2: Emission Trading System 2; AFIR: Alternative Fuel Infrastructure Directive; RED: Renewable Energy Directive

In der repräsentativen Befragung hat der Klimaschutz in der Bewertung der Relevanz als politisches Thema mit der Zustimmung als „sehr wichtig“ von 57 % der Befragten im Jahr 2022 zwar leicht an Relevanz verloren (2020: 65 %); angesichts der COVID-19 Pandemie und des Krieges in der Ukraine ist die Relevanz des Klimaschutzes in der Bevölkerung jedoch weiterhin als hoch zu bewerten. Die Umweltbewusstseinsstudie 2022 zeigt jedoch auch, wie wichtig die sozialen und Wirtschaftsaspekte für die Akzeptanz der Transformation in der Bevölkerung sind. 90 % der Bevölkerung unterstützen die Forderung, die Wirtschaft umwelt- und klimafreundlich umzugestalten. In Bezug auf die persönliche Perspektive stimmen mehr als 80 % der Befragten der Aussage zu, dass die Sorge besteht, dass die Lebenshaltungskosten durch die Klimaschutzmaßnahmen zukünftig steigen werden. Diese Aussage besitzt zusammen mit der Aussage, dass der klimapolitische Umbau der Wirtschaft notwendig und sinnvoll ist, die höchsten Zustimmungswerte bei den Antwortoptionen in der Umweltbewusstseinsstudie 2022.

Die Umweltbewusstseinsstudie 2022, die aktuelle Zielverfehlung des KSG und das MMS des Projektionsberichts 2023 verdeutlichen also die Herausforderung für die Politik im Verkehrssektor: Eine Trendwende hinsichtlich der THG-Emissionen des Verkehrssektors ist notwendig. Gleichzeitig sind der klimafreundliche Umbau der Wirtschaft und die Effekte auf die Ausgaben der Haushalte von hoher Bedeutung, um Mehrheiten und die Unterstützung in der Bevölkerung für die Transformation des Verkehrssektors beizubehalten. Zusammenfassend lässt sich also festhalten: Eine sozial-ökologische Transformation des Verkehrssektors, die neben der THG-Emissionsminderung auch die ökonomischen Effekte auf die Bevölkerung und auf die Wirtschaft berücksichtigt, muss möglichst zügig und sehr weitreichend umgesetzt werden.

Dieser Bericht greift diese Herausforderung auf. Kapitel 2 geht darauf ein, welche politischen Klimaschutzinstrumente grundsätzlich existieren und wie diese beispielhaft in anderen Ländern ausgestaltet sind. Kapitel 3 beschreibt die politische Ausgestaltung und die Ergebnisse zweier Szenarien, die die Klimaneutralität des Verkehrssektors im Jahr 2045 erreichen. Die Ausgestaltung der beiden Szenarien und die Ergebnisse der Szenarien werden in Abschnitt 4 dafür genutzt, ökonomische Verteilungswirkungen der in den Szenarien abgebildeten Politikinstrumente zu untersuchen. Kapitel 5 beschäftigt sich mit den Auswirkungen auf die Beschäftigung und die Wirtschaft, bevor in Kapitel 6 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen gezogen werden.

2 Wie erreicht der Verkehrssektor die Klimaneutralität 2045?

2.1 Arten von Klimaschutzinstrumenten im Verkehr

Im Verkehrssektor sind die THG-Emissionen im Vergleich zum Jahr 1990 bisher nur geringfügig gesunken (siehe Kapitel 1). Daher steht der Verkehrssektor vor der gewaltigen Herausforderung, mit einer Transformation auf allen Ebenen des Verkehrssystems in nur knapp mehr als 20 Jahren die Klimaneutralität im Jahr 2045 zu erreichen. Effizientere Verkehrsmittel, wie der Umstieg auf batterieelektrische Mobilität im Straßenverkehr, die stärkere Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und die Bereitstellung klimaneutraler Kraftstoffe sind Beispiele für notwendige Maßnahmen um diese Transformation erfolgreich zu gestalten (siehe u. a. BDI (2021), Repenning et al. (2023); Ariadne (2021); Stiftung Klimaneutralität et al. (2021)) Unter diesen Maßnahmen ist der Antriebswechsel im Straßenverkehr der zentrale Hebel, um mittelfristig bis zum Jahr 2030 und auch langfristig bis zum Jahr 2045 die in Kapitel 1 genannten Klimaschutzziele zu erreichen (BDI (2021); Stiftung Klimaneutralität et al. (2021)) und dabei auch die anfallenden volkswirtschaftlichen Kosten für die Transformation möglichst gering zu halten (Consentec et al. 2021). Die übrigen Maßnahmen, die auf Verkehrsvermeidung und -verlagerung auf den Umweltverbund¹³ abzielen sowie der Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen, tragen jedoch im relevanten Maß zur Zielerfüllung bei und sind notwendige Elemente, um nicht nur die Klimaneutralität zu erreichen, sondern dabei auch weitere Nachhaltigkeitsziele im Blick zu behalten: Je geringer die Verkehrsnachfrage im Pkw- und Lkw-Verkehr ausfällt, desto geringer ist beispielsweise der Bedarf an erneuerbarer Stromerzeugung und an natürlichen Ressourcen. Je weniger Straßen benötigt werden, desto geringer sind die Auswirkung auf die Biodiversität und den Flächenbedarf des Verkehrssektors.

Nun stellt sich die Frage, wie es Industrie und Bürger*innen gelingt, diese Maßnahmen umzusetzen. Ein wesentlicher Faktor für das Gelingen sind die Anreize und Impulse, die durch die politische Rahmensetzung des Verkehrssektors gegeben werden. In dieser spielt der Klimaschutz bisher eine nicht ausreichend wichtige Rolle. Unter anderem werden fossile Technologien im relevanten Maßstab subventioniert (UBA 2023b) und externe Umweltkosten sind nicht adäquat abgebildet (UBA 2020b). Zudem sind einfache ordnungsrechtliche Impulse, wie die Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Bundesautobahnen in Deutschland, nicht Teil des politischen Rahmens (UBA 2023a).

Schon an dieser kurzen Aufzählung wird deutlich, dass es hinsichtlich der Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor einen Mix verschiedener Arten an Politikinstrumenten bedarf. Keines der einschlägigen Zielszenarien (siehe oben) für den Klimaschutz stellt die ordnungsrechtlichen Instrumente der CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge sowie für schwere Nutzfahrzeuge und die THG-Quote zur Erhöhung des Einsatzes erneuerbarer Energieträger im Verkehrssektor hinsichtlich ihrer Effektivität in Frage. Vielmehr stellen die Zielvorgaben dieser ordnungsrechtlichen Instrumente die Mindestentwicklung für den Klimaschutz im Verkehrssektor dar. Weitere Instrumente sind jedoch notwendig, um THG-Emissionsminderungen über diese Mindestentwicklung hinaus anzureizen. Während sogenannte „Push“-Instrumente den Druck erhöhen umwelt- und klimaschädliches Verhalten zu reduzieren, zielen sogenannte „Pull“-Instrumente zumeist darauf, über das Gewähren von Vorteilen für klimafreundliche Mobilität einen Anreiz zu schaffen, zum Klimaschutz beizutragen. Pull-Instrumente erzielen daher zwar zumeist eine hohe Akzeptanz in der Gesellschaft, sie

¹³ Der öffentliche Verkehr zusammen mit dem Rad- und Fußverkehr kann als Umweltverbund zusammengefasst werden.

alleine sind aber in ihrer Wirksamkeit auf den Klimaschutz stark begrenzt (Hekler et al. 2022). Sie benötigen zusätzlich Push-Elemente im Politik-Mix, um im Zusammenspiel eine THG-Emissionsreduktion und ein verändertes Verhalten in Industrie und Gesellschaft anzureizen. Es wird also deutlich, dass die Kombination von Push- und Pull-Instrumenten effektiver für den Klimaschutz wirkt als der Fokus auf einen einzigen Instrumententyp. Das Zusammenspiel von Fordern (Push) und Fördern (Pull) ist also zentral für den erfolgreichen Klimaschutz im Verkehrssektor.

Instrumente im Fokus – Steckbriefe für ausgewählte Klimaschutzinstrumente

Genauere Informationen zur Ausgestaltung ausgewählter Klimaschutzinstrumente, deren möglicher Weiterentwicklung und deren Wirkung wurden zu Beginn des Vorhabens anhand von Steckbriefen aufgezeigt und diskutiert. Diese Steckbriefe sind im „Anhang: Kurzberichte“ zu finden. Der Bearbeitungszeitpunkt und Wissensstand für diese Steckbriefe sind der Herbst 2021. Sie wurden zu diesem Zeitpunkt auf der UBA-Website „Klimaschutz im Verkehr“¹⁴ veröffentlicht.

Im Rahmen der Steckbriefe werden folgende Klimaschutzinstrumente genauer diskutiert:

- ▶ CO₂-Preis im Verkehr
- ▶ CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge
- ▶ CO₂-Standards für schwere Nutzfahrzeuge
- ▶ Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut
- ▶ Fahrleistungsabhängige Lkw-Maut
- ▶ Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen
- ▶ Umgestaltung der Kfz-Steuer („Bonus – Malus“)
- ▶ Dienstwagenbesteuerung
- ▶ Entfernungspauschale

Mögliche Ausgestaltungsvarianten, die im Rahmen von Anhang C diskutiert werden, sind nicht zwingend deckungsgleich mit den in den Klimaschutzszenarien dieser Studie umgesetzten Varianten, sondern sollen vielmehr ein mögliches Verbesserungspotential aufzeigen.

2.1.1 Preisinstrumente und direkte Förderung von Klimaschutzanwendungen

Preisinstrumente sind ein wesentlicher Bestandteil des Instrumentenmixes, der für den Verkehrssektor v.a. auf der nationalen Entscheidungsebene bestimmt wird und bisher wenig Anreize für eine Transformation in Richtung Klimaschutz bietet. Dadurch, dass Preisinstrumente ökonomische Anreize für eine Verhaltensanpassung in der Industrie (Angebot klimafreundlicher Produkte) und in der Bevölkerung (Nachfrage nach klimafreundlichen Produkten) setzen, wirken sie zumeist als Push-Elemente im Instrumentenmix. Preisinstrumente reizen – wenn sie entsprechend ausgestaltet sind – die Nutzung von umweltfreundlichen Mobilitätsalternativen an, indem sich die Kosten für emissionsintensive Optionen erhöhen. Bei Vergünstigungen von

¹⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr>

Steuertarifen für klimafreundliche Technologien und Anwendungen oder über direkte finanzielle Förderungen können Preisinstrumente jedoch auch als Pull-Instrumente wirken.

Ferner lässt sich hier weiter untergliedern in Instrumente, die die Fahrzeuganschaffung direkt beeinflussen und in Instrumente, welche sich auf die Kosten während der Fahrzeugnutzung beziehen. Letztere haben auch Einfluss auf die Fahrzeuganschaffung und beeinflussen aber vor allem die Häufigkeit und die Länge Fahrzeugnutzung sowie die Wahl des Verkehrsmittels.

Typische Preisinstrumente sind alle Arten von Steuern (z. B. Energiesteuer, Kfz-Steuer, Dienstwagenbesteuerung), die jeweils direkt (z. B. über CO₂-Komponente in der Kfz-Steuer) oder indirekt (z. B. Besteuerung nach Kraftstoffart in der Energiesteuer) eine Lenkungswirkung für den Klimaschutz haben können. Unter die Kategorie der Preisinstrumente fällt auch ein CO₂-Preis, der sich durch ein Emissionshandelssystem ergibt und direkt ein Preissignal hinsichtlich der CO₂-Emissionen setzt. Weitere Abgaben sind beispielsweise die Bepreisung in Parkraumbewirtschaftungszonen und durch Mautsysteme für Infrastrukturnutzungen, in deren Ausgestaltung jeweils auch unterschiedliche umwelt- und klimaschutzbezogene Komponenten als Bemessungsgrundlage einbezogen werden können, sowie die direkte Förderung klimafreundlicher Technologien beim Kauf (z. B. „Umweltbonus“).

Beispiele für die Wirksamkeit von Preisinstrumenten mit einer Anreizsetzung für klimafreundliche Technologien lassen sich im internationalen Umfeld finden (siehe Anhang D). Bei den in diesem Projekt untersuchten Fallbeispielen zeigen beispielsweise die steuerlich gesetzten Anreize in den Niederlanden und in Schweden die Möglichkeit auf, durch die steuerliche Ausgestaltung, Einfluss auf die Kaufentscheidung bei Neufahrzeugen zu nehmen. In den Niederlanden existiert seit dem Jahr 2010 eine vom CO₂-Austoß der Pkw abhängige Zulassungssteuer. In Kombination mit Bevorzugungen von emissionsfreien Pkw bei der Dienstwagenbesteuerung lagen in den Niederlanden die Anteile an batterieelektrischen Pkw im Zeitraum bis 2018 (verfügbarer Datenzeitraum zum Zeitpunkt der Analysen in Anhang D) weit über dem europäischen Durchschnitt. Die Änderungen in der Besteuerung von Plug-In-Hybrid-Pkw in den Niederlanden zum Jahr 2017 und deren Auswirkung auf die Neuzulassungen im Übergang von 2016 auf das Jahr 2017 zeigen (siehe Anhang D), wie wirksam klimaorientiert ausgestaltete Preisinstrumente beim Fahrzeugkauf auch kurzfristig sein können.

In Schweden wurde in der Energiebesteuerung, die auf die Nutzungskosten verschiedener Antriebstechnologien wirkt, im Jahr 1991 eine CO₂-Komponente eingeführt, die über die Zeit immer stärker angestiegen ist. Längerfristig sind u. a. dadurch die CO₂-Emissionen der neuzugelassenen Pkw von einem Niveau, welches weit über dem deutschen und dem EU-Durchschnitt lag, auf ein Niveau, welches unter dem EU-Durchschnitt und damit auch weit unter dem deutschen Emissionsdurchschnitt bei Neuzulassungen liegt, gefallen. Unterstützt wird diese Entwicklung seit einiger Zeit durch eine in Abhängigkeit der CO₂-Emissionen erhöhte Kfz-Steuer in den ersten drei Jahren nach der Pkw-Zulassung sowie durch eine finanzielle Förderung für wenig emittierende bzw. emissionsfreie Pkw, wodurch sich der Anteil an batterieelektrischen Pkw bei den Neuzulassungen kontinuierlich erhöht hat und bis heute über dem europäischen Durchschnitt liegt.

Deutlich wird an diesen Beispielen auch, dass Preis- und Förderinstrumente, die beim Fahrzeugkauf wirksam werden, auch kurzfristig eine starke Wirksamkeit entfalten können. Preisinstrumente, die vorrangig die Nutzung der Fahrzeuge bepreisen, entfalten eher über einen längeren Zeitraum ihre Wirkung auf den Fahrzeugbestand; sie wirken aber kurzfristig auf das Nutzungsverhalten mit dem bestehenden Fahrzeugbestand und im Kontext der bestehenden Alternativangebote.

2.1.2 Ordnungsrecht

Instrumente, die dem Ordnungsrecht zugeordnet werden, sind zumeist Push-Instrumente. Klassische ordnungsrechtliche Instrumente sind politisch vorgegebene Ziel- und Grenzwerte. Im Verkehrssektor sind das beispielsweise die CO₂-Flottenzielwerte für Neufahrzeuge, mit denen die Fahrzeughersteller über mögliche Strafzahlungen bei Zielverfehlung einen starken Anreiz erhalten, klimafreundlichere Fahrzeuge zu produzieren und zu verkaufen. Ähnlich ist dies mit dem Instrument der THG-Quote für die Energieversorgung des Verkehrs. Die Zielvorgaben zur Reduktion der THG-Intensität der Energieversorgung des Verkehrssektors führen dazu, dass für die Inverkehrbringer von Kraftstoffen¹⁵ im Verkehrssektor durch die Gefahr von Strafzahlungen ein ökonomischer Anreiz entsteht, klimafreundliche Energieversorgungsoptionen für den Verkehrssektor zu unterstützen.

Ordnungsrechtliche Instrumente können sich aber auch auf die Verkehrsnachfrage bzw. die Nutzung der Fahrzeuge beziehen. Die Ausweisung von Tempolimits, aber auch mögliche Instrumente wie Einfahrverbote, autofreie Tage oder das Verbot nationaler Flüge sind potenzielle ordnungsrechtliche Instrumente für den Klimaschutz.

Ein wesentlicher Aspekt von ordnungsrechtlichen Instrumenten ist – bei entsprechender Ausgestaltung – der langfristige Investitionsanreiz und die Richtungssicherheit für Investitionen (BDI 2021). Die durch die europäischen CO₂-Flottenzielwerte für Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge sowie die durch ähnliche Instrumente in anderen Weltregionen angereizte Transformation der Automobilindustrie hin zu emissionsfreien Fahrzeugen ist ein beeindruckendes Beispiel der Effektivität von ordnungsrechtlichen Klimaschutzinstrumenten. Besonders wirksam werden ordnungspolitische Instrumente allerdings erst dann, wenn sie mit nachfrageseitigen Instrumenten kombiniert werden. In den internationalen Fallbeispielen dieses Projektes (siehe Anhang D) lässt sich die Wirksamkeit einer solchen Kombination v.a. am kalifornischen Clean Cars Program erkennen, indem Mindestanforderungen für die Produktion von emissionsfreien Pkw mit der sozial ausgestalteten Kaufunterstützung solcher Pkw kombiniert wurden.

Ordnungsrechtliche Instrumente können sowohl kurzfristig (z. B. Tempolimit) als auch langfristig (siehe Diskussion im vorigen Absatz) ihre Wirkung entfalten.

2.1.3 Infrastrukturförderung

Die direkte THG-Emissionsminderungswirkung von veränderten Infrastrukturen ist häufig gering. Die Wirkungen treten eher langfristig auf und führen eher zu systemischen Veränderungen im Verkehr (Plötz 2020). Veränderte klimafreundliche Infrastrukturen wie zum Beispiel gesteigerte Kapazitäten im öffentlichen Verkehr, sicherere und für mehr Personen ausgelegte Rad- und Gehwege oder auch der Aufbau der Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge sind häufig die Grundlage dafür, dass andere Instrumente ihre Wirkung entfalten können und Bürger*innen und Unternehmen ihre Verkehrsmittel- und Antriebswahl anpassen können. Sie unterstützen somit auch häufig die Akzeptanz von preislichen Maßnahmen, weil erst durch Infrastrukturanpassungen Alternativen der Mobilität, die durch Preisinstrumente ökonomisch attraktiver werden, möglich bzw. einfacher nutzbar werden.

Grundlage für veränderte Infrastrukturen sind häufig Fördermittel für Infrastrukturmaßnahmen mit dem Fokus auf eine veränderte Verkehrsgestaltung. In diese Kategorie fallen also beispielsweise Unterstützungsmittel, die für den Erhalt und den Ausbau von

¹⁵ Inverkehrbringer von Kraftstoffen sind in der Regel die Unternehmen der Mineralölwirtschaft über den Vertrieb an Tankstellen.

Schieneinfrastrukturen, den Ausbau des öffentlichen Verkehrsangebots oder auch für den Aufbau von Radverkehrswegen und -abstellanlagen zur Verfügung gestellt werden. Unter Instrumente, die die Verkehrs- und Energieversorgungsinfrastrukturen des Verkehrs beeinflussen, fallen aber auch Rahmengesetzgebungen wie beispielsweise das Straßenverkehrsgesetz und die Straßenverkehrsordnung, mit denen der rechtliche Rahmen gesetzt wird, in dem Infrastrukturen verändert werden können¹⁶. Veränderte Infrastrukturen wirken v.a. mittel- und langfristig, da die Infrastrukturanpassungen selbst zumeist längere Zeiträume in Anspruch nehmen.

Aus den internationalen Fallbeispielen in Anhang D kann am Beispiel der Politik zur Verlagerung des Straßengüterverkehrs auf die Schiene in der Schweiz die Wirksamkeit von Infrastrukturmaßnahmen im Zusammenwirken mit preislichen Anreizen nachvollzogen werden. Die dort 2001 eingeführte leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe führte zu einer Verteuerung der Güterverkehre auf der Straße und sorgt zugleich für Einnahmen, mit denen die Schieneinfrastruktur ausgebaut und erhalten werden kann. Sie sind die zentralen Elemente für die Verlagerungspolitik der Schweiz, mit der im relevanten Maß Güterverkehre auf die Schiene verlagert werden konnten.

¹⁶ Das Straßenverkehrsgesetz und die Straßenverkehrsordnung legen auch den Rahmen für einige ordnungsrechtliche (z. B. Rahmensetzung für Geschwindigkeitsbegrenzungen) und Preisinstrumente (z. B. Bußgelder und preislicher Rahmen für Parkgebühren) fest.

3 Treibhausgasneutralität 2045: Szenariorechnungen

3.1 Methodik und Annahmen

Die Modellierungen werden mit dem THG-Emissionsberechnungs-Modell „Transport Emission and Policy Scenarios“ (TEMPS) durchgeführt. Es ermöglicht die Quantifizierung des Endenergiebedarfs und der Treibhausgasemissionen des Verkehrs für unterschiedliche Szenarien. TEMPS wird unter anderem regelmäßig für die Erstellung des Projektionsberichts der Bundesregierung verwendet. Ein zentraler methodischer Baustein ist die Simulation der Kaufentscheidung einer Vielzahl repräsentativer Fahrzeughalter*innen anhand der Vollkosten über die Haltedauer (Total-Cost-of-Ownership; TCO). Im Zusammenspiel mit regulatorischen Rahmenbedingungen ergibt sich die Neuzulassungsstruktur über ein Logit-Modell, welches die Auswahlwahrscheinlichkeit des Antrieb-Typs neben der Vollkostenrechnung auf Basis von Nutzer*innenprofilen darstellt. Die Logit-Faktoren werden über die jeweils aktuellsten Neuzulassungszahlen für verschiedene Nutzer*innengruppen kalibriert, um somit indirekt Faktoren wie den Ausbau der Ladeinfrastruktur und nicht-ökonomische Präferenzen mit einzubeziehen. Die Neuzulassungsstruktur nach Antriebstyp bildet die Grundlage für die Ermittlung des Fahrzeugbestands und die Ableitung der THG-Emissionen und des Endenergiebedarfs für den Zeitraum bis 2050. In den hier vorliegenden Szenarien wird auf aktuelle Berechnungen für den Projektionsbericht 2023 (BReg 2023b) zurückgegriffen. Dies bedeutet, dass als Basis das gleiche Set an Rahmenbedingungen wie Energiepreise und Referenzverkehrsnachfrage angenommen und auf den gleichen politischen Rahmenbedingungen und Kalibrierungen aufgesetzt wird. In der Modellierung werden jedoch politisch gesetzte Klimaschutzinstrumente eingeführt. Verkehrsverlagerungen werden modellendogen aus Kostenelastizitäten abgeleitet, welche den Einfluss der Energiepreise auf die gefahrenen Kilometer quantifizieren. Eine genauere Beschreibung der Methodik befindet sich im Anhang (siehe Anhang A).

3.2 Referenz der Modellierung – Mit-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2023 der Bundesregierung

Die Modellierungen der im Folgenden diskutierten Szenarien „Sofortiges Handeln“ (SHS) und „Verzögertes Handeln (VHS) (siehe Kapitel 3.3) setzen auf das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) im Projektionsbericht 2023 auf, welches alle bis zum Sommer 2022 verabschiedeten politischen Instrumente enthält. Die im MMS hinterlegten Annahmen und Daten (Mendelevitch et al. 2022), wie beispielsweise Annahmen über die zukünftige Preisentwicklung verschiedener Energieträger, sind die Grundlage der Modellierung des SHS und VHS.

Wenngleich im MMS im betrachteten Zeitraum keine zusätzlichen Instrumente und Maßnahmen im Vergleich zum Sommer 2022 berücksichtigt werden, ist es kein „weiter wie gehabt“ Szenario. Einige der im MMS hinterlegten Instrumente wirken erst im Zeitverlauf und führen bereits im MMS im Zeitverlauf bis zum Jahr 2050 zu erheblichen THG-Emissionsminderungen. Die wichtigsten Instrumente des MMS sind die folgenden¹⁷:

- ▶ Einführung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG): Der mit dem BEHG implementierte nationale CO₂-Emissionshandel, der vor allem den Verkehrs- und den Wärmesektor umfasst, sorgt für einen CO₂-Preis im Verkehrssektor. Der steigende CO₂-Preis führt zu angepassten Kaufentscheidungen beim Fahrzeugkauf, aber noch viel stärker zu

¹⁷ Die Ausgestaltung des Szenarios ist in (Öko-Institut et al. 2023) detailliert beschrieben.

einer Verkehrsverlagerung auf klimafreundliche Verkehrsmittel. Im MMS wird das BEHG verglichen mit einem Szenario ohne BEHG.

- ▶ Die EU-weit gültigen CO₂-Flottenzielwerte sind entsprechend des Vorschlags der EU-Kommission im MMS hinterlegt¹⁸. Die spezifischen CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Pkw und leichten Nutzfahrzeuge müssen ab dem Jahr 2030 im Durchschnitt um 55 % (Pkw) bzw. 50 % (leichte Nutzfahrzeuge) gegenüber dem Jahr 2021 sinken. Ab dem Jahr 2035 müssen alle Neufahrzeuge in Bezug auf CO₂ emissionsfrei sein. Aus diesem Grund sinken die THG-Emissionen der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge kontinuierlich ab. Die CO₂-Flottenzielwerte sind der wesentliche Treiber für die Transformation der Automobilindustrie hin zur Produktion batterieelektrischer Pkw und leichter Nutzfahrzeuge.

Der Vergleich findet im MMS zu einem Szenario statt, in dem die zuvor gültige Version der CO₂-Flottenzielwerte angenommen wird¹⁹. Daher ist die THG-Emissionsminderung im Vergleich zur Referenz des MMS bis zum Jahr 2030 eher gering. Dadurch, dass ab dem Jahr 2035 nur noch Nullemissionsfahrzeuge zugelassen werden dürfen, steigt die THG-Emissionsminderung gegenüber der Referenz nach 2030 stark an.

- ▶ Mit den europäischen CO₂-Flottenzielwerten für schwere Nutzfahrzeuge gelten für Last- und Sattelzugmaschinen sowie weitere Lkw-Gruppen CO₂-Minderungsanforderungen. Im Durchschnitt müssen die spezifischen CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Lkw ab dem Jahr 2025 um 15 % und ab dem Jahr 2030 um 30 % gegenüber den Neufahrzeugen im Zeitraum Juli 2019 – Juni 2020 sinken. Auch hier sind die CO₂-Flottenzielwerte, wie bei den Pkw und leichten Nutzfahrzeugen, der Haupttreiber für die Entwicklung und den Umstieg auf emissionsfreie Lkw. Bei den verbrennungsmotorischen Lkw werden jedoch auch zusätzliche Effizienzsteigerungen angereizt. Dadurch sinken mittel- bis langfristig die THG-Emissionen im Straßengüterverkehr. Der Projektionsbericht zeigt einen Vergleich zu einem Szenario ohne CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge.
- ▶ Die Überarbeitung der THG-Emissionsminderungsquote (kurz: THG-Quote) auf Basis der europäischen Erneuerbaren-Energie-Richtlinie (engl. Renewable Energy Directive; kurz: RED) sorgt dafür, dass die Inverkehrbringer von Kraftstoffen zusätzliche Mengen an erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor in die Nutzung bringen. Die THG-Minderungsanforderung an die Inverkehrbringer der Kraftstoffe steigt von 6 % im Jahr 2020 kontinuierlich auf bis zu 25 % im Jahr 2030 an. Diese Minderungsanforderung wird bestimmt gegenüber dem fossilen Komparator von 94,1 g CO₂-Äq/MJ und bezieht neben verschiedenen erneuerbaren Kraftstoffen auch die Anrechnung der THG-Emissionsminderung durch die Stromnutzung im Straßenverkehr mit ein. Die 37. und 38. BImSchV stellen weitere Berechnungsregeln auf und setzen für einige Kraftstoffe Mindestanteile bzw. maximal anrechenbare Anteile fest. Multiplikatoren für verschiedene erneuerbare Energieversorgungsoptionen sorgen dafür, dass die reale THG-Emissionsminderung niedriger liegt als bei 25 %. Die THG-Quote sorgt dafür, dass der Anteil erneuerbarer Kraftstoffe bis zum Jahr 2030 ansteigt. Durch die Anrechnung der THG-Emissionsminderung der Stromnutzung im Straßenverkehr wird zudem der Ausbau der Ladeinfrastruktur unterstützt, und die Einnahmen von Fahrzeugbesitzern rein elektrischer Fahrzeuge sorgen für einen geringfügig schnelleren Hochlauf rein elektrischer Fahrzeuge.

¹⁸ Diese Verordnung wurde mit kleinen Veränderungen zum ursprünglichen Vorschlag der EU-Kommission, die keine relevante Bedeutung für eine andere Entwicklung als im MMS haben, verabschiedet.

¹⁹ In der zuvor gültigen Fassung der CO₂-Flottenzielwerte lag die CO₂-Minderungsanforderung gegenüber den CO₂-Emissionen des Jahres 2021 bei den Neuzulassungen ab dem Jahr 2030 bei 37,5 % (Pkw) bzw. 31 % (leichte Nutzfahrzeuge).

Mit den im Sommer 2022 gültigen und im MMS hinterlegten politischen Rahmenbedingungen sinken die THG-Emissionen im Verkehr im Zeitraum von 2019 bis 2030 um rund 28 % (Abbildung 1).

Im Vergleich zum Zeitraum von 1990 bis zum Vor-Covid Jahr 2019, in dem die THG-Emissionen des Verkehrssektors nicht gesunken sind, stellt dies zwar einen Einstieg in einen Minderungspfad mit geringeren THG-Emissionen im Verkehrssektor dar. Nichtsdestotrotz reichen die im MMS hinterlegten Instrumente und Maßnahmen bei weitem nicht aus, um die Sektorziele des KSG für den Verkehr einzuhalten. Abbildung 1 zeigt die THG-Emissionen des MMS in Relation zu den jahresfeinen Sektorzielen. Die Zielverfehlung oder „Lücke“, also die Differenz zwischen den projizierten Emissionen und den im Jahr nach KSG zulässigen Emissionen, bleibt in den Jahren 2024 bis 2028 mit rund 22-24 Millionen Tonnen THG-Emissionen pro Jahr relativ konstant. Gegen Ende der 2020er Jahre steigt die jährliche Zielverfehlung zudem noch einmal auf 26 bzw. 30 Millionen Tonnen CO₂-Äq. an. So wird in keinem Jahr zwischen 2023 und 2030 das Ziel erreicht.

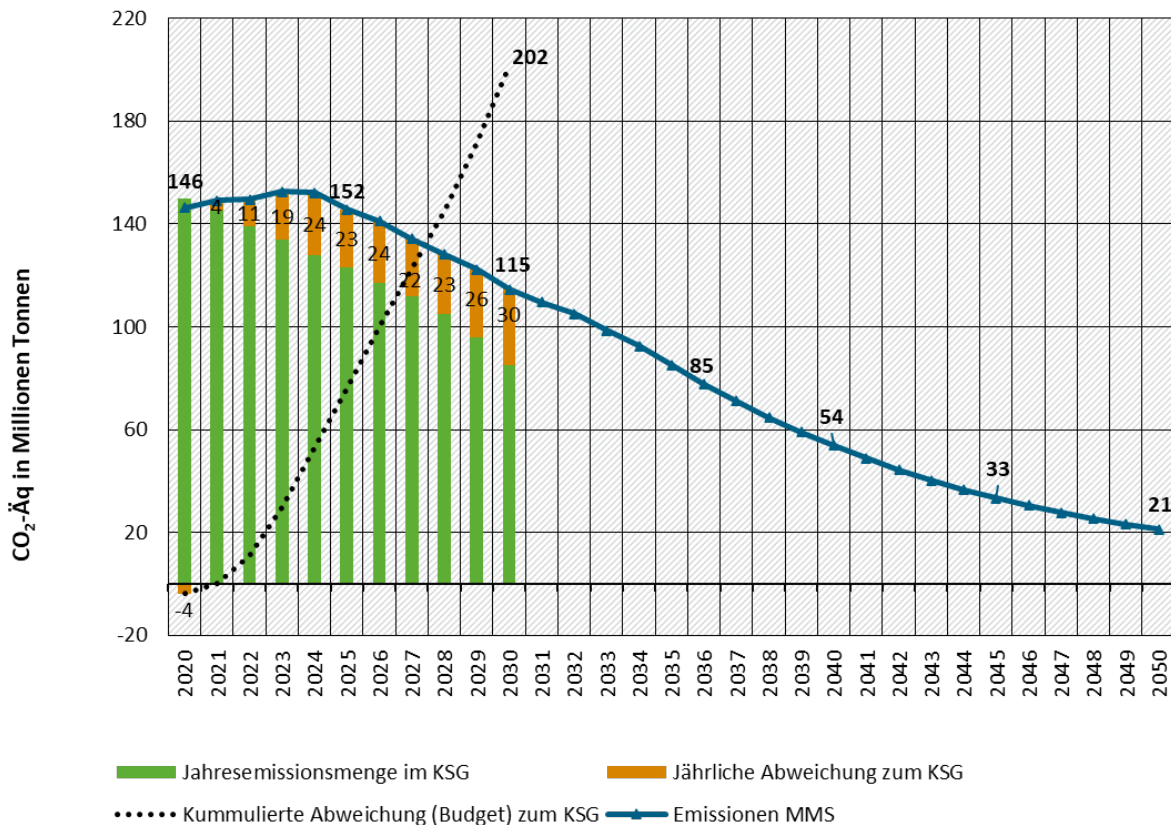
Das im KSG definierte THG-Budget²⁰ wird im Jahr 2030 mit über 202 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten übertroffen. Das KSG wird nicht eingehalten und im MMS wird das Ziel der Treibhausgasneutralität im Verkehrssektor im Jahr 2045 verfehlt. Bei diesen Zahlen ist eine wichtige Unterscheidung zum Projektionsbericht 2023 zu beachten. Entsprechend der rechtlichen Vorgaben werden im Projektionsbericht 2023 die vermiedenen THG-Emissionen durch die Nutzung von E-Fuels dem Verursacher-Prinzip folgend dem Sektor zugeschrieben, in dem die Emissionen für die Herstellung der E-Fuels eingefangen werden²¹. Die THG-Emissionen, die bei der Verbrennung von E-Fuels in Fahr- und Flugzeugen frei werden, verbleiben dagegen im Projektionsbericht im Verkehrssektor. Da in dieser Studie die Emissionsminderung in anderen Sektoren nicht mit abgebildet ist, erfolgt die Bilanzierung der THG-Emissionsminderung auch direkt im Verkehrssektor.

Die im MMS aufgezeigten Zielverfehlungen geben Anlass, zusätzliche Instrumente und Maßnahmen zeitnah umzusetzen. Im SHS und VHS wird auf den bereits bestehenden Instrumenten und Maßnahmen des MMS aufgesetzt und, wie in 3.2 beschrieben, um weitere Instrumente ergänzt. Eine genaue Beschreibung der bereits berücksichtigten Instrumente und eine allgemeine Einordnung des MMS, auch hinsichtlich sektorübergreifender Zusammenhänge, sind dem Instrumentenbericht des Projektionsbericht 2023 (Öko-Institut et al. 2023) und dem Projektionsbericht 2023 (BReg 2023b) zu entnehmen.

²⁰ Das Budget ergibt sich aus der Summe der Jahresziele.

²¹ Entstammt das CO₂ für die E-Fuel Produktion beispielsweise einem Zementwerk, dann wird die THG-Emissionsminderung dem Industriesektor zugerechnet.

Abbildung 1: THG-Emissionen²² und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im MMS; 2020 - 2050



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten des Projektionsbericht 2023 (BReg 2023b)

3.3 Ausgestaltung der Instrumente in den beiden Zielszenarien

In diesem Bericht werden zwei Zielszenarien mit unterschiedlicher Politikausgestaltung abgebildet, um bis zum Jahr 2045 das Ziel der Treibhausgasneutralität im Verkehrssektor zu erreichen. Beide Szenarien greifen auf einen Mix der verschiedenen Arten an Politikinstrumenten zurück, um sowohl Push- als auch Pull-Effekte für die Transformation des Verkehrs zu erzielen. Es werden also Preis- und ordnungsrechtliche Instrumente berücksichtigt und es findet eine an den Klimazielen orientierte Infrastrukturförderung statt. Die beiden Szenarien unterscheiden sich nicht wesentlich in der Auswahl der Politikinstrumente; die Unterscheidung zwischen den Szenarien ergibt sich vielmehr aus dem Zeitpunkt, ab dem die Klimaschutzinstrumente ergriffen werden und sie somit ihre Wirkung entfalten (Übersicht in Tabelle 1). Die Ausgestaltung der beiden Szenarien wurde mit dem UBA abgestimmt. Die Instrumentenauswahl ist eine Weiterentwicklung des sektorübergreifenden Klimaschutzszenarios in Repenning et al. (2023) und nimmt auch Ideen aus Öko-Institut et al. (2021) auf. Zudem umfassen die Szenarien relevante Politikinstrumente, die verschiedene Akteure in die politische Diskussion gebracht haben und teilweise sind auch Ideen aus der Analyse von Instrumenten in anderen Ländern in die mögliche Politikgestaltung eingeflossen.

²² Es besteht in diesem Projekt in der Bilanzierung eine Unterscheidung zum Projektionsbericht 2023. Entsprechend der rechtlichen Vorgaben zur THG-Emissionsbilanzierung werden im Projektionsbericht 2023 die vermiedenen THG-Emissionen durch die Nutzung von E-Fuels dem Verursacher-Prinzip folgend dem Sektor zugeschrieben, in dem die Emissionen für die Herstellung der E-Fuels eingefangen werden. In diesem Bericht wird die THG-Emissionsminderung bei der Nutzung von E-Fuels vollständig dem Verkehrssektor zugeordnet.

Im Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS) wird ein sofortiges Umsteuern der Politikgestaltung unterstellt. Viele Instrumente werden in ihrer Ausgestaltung zum Jahr 2024 verändert bzw. es werden zu diesem Zeitpunkt neue Instrumente eingeführt. Teilweise sind Einführungs- bzw. Übergangsphasen in der Politikgestaltung vorgesehen (z. B. Abschaffung des Dieselpprivilegs), um den Bürger*innen und Unternehmen eine Anpassung über einen (kurzen) Zeitraum zu ermöglichen. Es findet also ein sofortiges Entscheiden statt und einige Instrumente entfalten direkt nach kurzer Zeit ihre Wirkung. Andere Instrumente wirken eher transformativ und entfalten trotz einer sofortigen Entscheidung ihre Wirkung erst über die Zeit.

Das zweite Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS) zeigt auf, wie es sich auf die THG-Emissionen im Verkehrssektor auswirkt, wenn Entscheidungen um ein paar Jahre verzögert getroffen werden und dadurch die Politikinstrumente zu einem um wenige Jahre späteren Zeitpunkt (zumeist ab den Jahren 2026 und 2027) ihre Wirksamkeit entfalten. Um zumindest annähernd eine ähnliche Klimaschutzwirkung zu erzielen, sind die Übergangs- und Einführungsphasen der Instrumente kürzer und einige Instrumente sind ambitionierter ausgestaltet. Bis wenige Jahre nach 2030 sind also relevante Unterschiede in den Szenarien zu erkennen; die Ausgestaltung der Szenarien unterscheidet sich nach dem Jahr 2030 im Laufe der Zeit jedoch immer weniger, so dass ab der zweiten Hälfte der 2030er Jahre ein ähnlicher Verlauf der THG-Emissionen in den beiden Szenarien zu erwarten ist.

Tabelle 1: Instrumentenübersicht im Szenariovergleich zwischen SHS und VHS

Instrument	Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS)	Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS)
Preisinstrumente und direkte Förderung von Klimaschutzanwendungen		
Kfz-Steuer Pkw (erstes Zulassungsjahr)	Einführung einer erhöhten CO ₂ -Komponente (Malus) ab 2024, Absinken der Bemessungsgrenze bis 2030, Malus steigt kontinuierlich bis 2030	Einführung einer erhöhten CO ₂ -Komponente (Malus) ab 2027, schnelles Absinken der Bemessungsgrenze bis 2030, Malus steigt kontinuierlich bis 2030
Nationaler CO ₂ -Preisfad des BEHG / ETS 2	Deutliche Verschärfung ab 2024 ggü. geltendem BEHG, 2030: 289 Euro pro Tonne CO ₂	Deutliche Verschärfung ab 2024 ggü. geltendem BEHG, Freie Preisbildung ab 2027 unter Emissionsziel von 85 Millionen Tonnen CO ₂ -Äq. für 2030, dadurch steiler Anstieg ab 2027, 2030: 402 Euro pro Tonne CO ₂ , höheres Niveau als in SHS bis Angleichung in 2050
Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut	Einführung bei 1,3 Cent pro Kilometer (in Euro 2022) ab 2029, Anstieg auf 4,9 Cent pro Kilometer (in Euro 2022) ab 2032, Berücksichtigung von externen Kosten ab 2035, dann 7,4 Cent pro Kilometer für Verbrenner (7,3 Cent pro Kilometer für Nullemissionsfahrzeuge)	
Einführung des Deutschlandtickets	Einführung eines flächendeckenden Einheitstickets für den Nahverkehr in Deutschland, Preis von 49 Euro über gesamten Modellierungszeitraum (in Euro 2022)	

Instrument	Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS)	Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS)
Klimaschutzorientierte Überarbeitung der Lkw-Maut	Ausweitung auf alle Straßen und Lkw-Größenklassen ab 2024, CO ₂ -Komponente i.H.v. 200 Euro pro Tonne ab 2024, Rückerstattung des nach BEHG gezahlten CO ₂ -Preises (keine doppelte Internalisierung), CO ₂ -Bepreisung folgt BEHG, wenn CO ₂ -Preis über 200 Euro pro Tonne, Befreiung emissionsfreier Lkw von Infrastrukturkomponente bis 2025, danach Reduktion der Infrastrukturkomponente um 75 % (ab 2026) bzw. 50 % (ab 2031) Ausgleichen der Mindereinnahmen durch Anhebung der Infrastrukturkomponente	Gleiche Ausgestaltung wie im SHS; Einführung allerdings ab 2025
Angleichen der Energiesteuer für fossile Kraftstoffe und Einführung eines Inflationsausgleichs der Energiesteuer	Schrittweise Angleichung der Energiesteuer für Diesel, Erdgas und LPG an das Niveau der Energiesteuer für Benzin (Energiegehalt) von 2024 bis 2026, ab 2024 zusätzliche Integration eines Inflationsausgleichs	Schrittweise Angleichung der Energiesteuer (siehe SHS) von 2027 bis 2030, ab 2027 Integration eines Inflationsausgleichs
Anpassung der Besteuerung von Dienstwagen	Anpassung der Bemessungsgrundlage des geldwerten Vorteils der Dienstwagennutzung: Einführung einer fahrleistungsabhängigen Komponente für private Fahrten ab 2024, Bevorzugung von PHEV entfällt sofort (von emissionsfreien Fahrzeugen schrittweise)	Anpassung der Bemessungsgrundlage des geldwerten Vorteils der Dienstwagennutzung: Einführung der fahrleistungsabhängigen Komponente für privates Fahren ab 2027, Bevorzugung von PHEV und emissionsfreien Fahrzeugen entfällt wie im SHS
Ausbau der Förderung effizienter Trailer	Bereitstellung von zusätzlichen 256 Mio. Euro für das Förderprogramm „Ausbau der Förderung für effiziente Trailer“ von 2023 bis 2025	
Abschaffung der Entfernungspauschale	Abschaffung der Entfernungspauschale ab 2027	Abschaffung der Entfernungspauschale ab 2031
Parkraummanagement	Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung und Anpassung der Parktarife ab 2024; schrittweise Erhöhung der Kosten von Bewohnerparkausweisen und Stundentarifen für das Parken in Städten bis 2035	
EU-Mindestenergiesteuersatz für inländische Flüge	Erhebung einer Energiesteuer auf intra-EU Flüge (33 Cent pro Liter Kraftstoff) ab 2024	Erhebung einer Energiesteuer auf intra-EU Flüge (33 Cent pro Liter Kraftstoff) ab 2027
Kaufzuschuss für schwere Nutzfahrzeuge mit klimaschonenden Antrieben (Neuzulassungen)	Verlängerung der erhöhten Förderung der Mehrkosten von Lkw mit alternativen Antrieben bis 2028, Verdopplung der zur Verfügung stehenden Mittel auf 2,6 Mrd. Euro. Förderung erfolgt, bis der Fördertopf ausgeschöpft ist.	

Instrument	Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS)	Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS)
Ordnungsrecht		
Überarbeitung und Fortschreibung der CO ₂ -Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge	Berücksichtigung des Vorschlags zur Überarbeitung und Fortschreibung der CO ₂ -Flottenzielwerte der EU-Kommission von Anfang 2023, für bisher bereits regulierte Lkw-Gruppen -45 % (2030), -65 % (2035) und -90 % (2040) ggü. 2019, für sonstige Lkw und Überlandbusse ggü. 2025, neue Stadtbusse ab 2030 emissionsfrei	Abgeschwächter Minderungspfad von -37,5 % (2030), -55 % (2035) und -75 % (2040) ggü. 2019 bzw. 2025
Anpassung der Bestimmung der CO ₂ -Emissionswerte im WLTP (Pkw) von PHEV	Änderung der Bestimmung des „utility factors“ mit dem Ziel, realistischere Verbrauchswerte für PHEV-Pkw zu erhalten, Reduktion der Differenz zwischen WLTP-Emissionswerten und real auftretenden Emissionen bei PHEV	
Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Bundesautobahnen; Anpassung bei der Geschwindigkeitsbegrenzung außerorts und innerorts	Einführung von flächendeckenden Tempolimits auf Autobahnen (120 km/h), außerorts gilt Maximalgeschwindigkeit von 80 km/h, innerorts Regelgeschwindigkeit von 30 km/h (ab 2024)	Keine Berücksichtigung
Nationale Umsetzung der RED/ Überarbeitung der THG-Quote für den Zeitraum nach 2030	Fortschreibung der THG-Quote nach 2030 auf Art und Weise, dass absolute Menge an flüssigen erneuerbaren Kraftstoffen im Straßenverkehr bis 2040 ggü. 2030 ungefähr konstant bleibt, vollständiger Umstieg von konventionellen auf fortschrittliche Biokraftstoffe zwischen 2030 und 2040, Anstieg der verpflichtenden PtL-Quote im Flugverkehr, verpflichtende Quote für PtL und Biokraftstoffe für die nationale Schifffahrt	
Infrastrukturförderung		
Beschleunigter Ausbau des Schienenverkehrs	Sukzessive Erhöhung der Kapazitäten des Bahnverkehrs, Steigerung der Kapazitätsgrenze der Bahn im Personenverkehr auf 230 Mrd. Personenkilometer im Jahr 2040	Realisierung des Ausbaus der Bahnkapazitäten mit einer Verzögerung von 5 Jahren
Angebotssteigerung des straßengebundenen öffentlichen Verkehrs	Ab 2025 ausreichend zusätzliche Mittel für Angebotssteigerung für den straßengebundenen öffentlichen Verkehr, um Kapazitätsengpässe der Schiene zumindest teilweise abzufangen	Keine zusätzliche Angebotsausweitung infolge möglicher Engpässe auf der Schiene
Förderung des Radverkehrs	Ab 2024 Investitionsmittel in die Radinfrastruktur in Höhe von 30 Euro je Person und Jahr (gemäß Ziel des nationalen Radverkehrsplans 3.0)	Schrittweise Erhöhung der Investitionsmittel auf 30 Euro je Person und Jahr (erreicht im Jahr 2035)
Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge	Beginn des Aufbaus im Kernnetz der Bundesautobahnen ab 2024 auf 1.700 km in 2030 und 4.000 km in 2040	Kein Bau von Oberleitungsinfrastruktur entlang von Autobahnen

Beide Szenarien verfolgen neben dem Erreichen des Ziels der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 weitere Klimaschutzziele, die sich aus dem KSG ergeben. Im Jahr 2030 soll zumindest das THG-Emissionsniveau, welches im KSG für das Jahr 2030 für den Verkehrssektor vorgesehen ist, eingehalten werden (85 Millionen Tonnen CO₂-Äq.). Für den Klimaschutz ist jedoch nicht die Einhaltung der THG-Emissionswerte zu bestimmten Zieljahren relevant; vielmehr sind die kumulierten THG-Emissionen entscheidend für die Auswirkungen des Klimawandels. Aus diesem Grund sind die THG-Emissionswerte in den Zwischenjahren bis zum Jahr 2030 und auch auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 nicht zu vernachlässigen und die THG-Budgets des KSG sind unbedingt einzuhalten. Eine weitere Rahmenbedingung der Szenarienausgestaltung war es daher, die bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu den Sektorvorgaben des KSG zu viel ausgestoßenen Klimagase bis spätestens zum Jahr 2035 (SHS) bzw. 2040 (VHS) auszugleichen und damit das Emissionsbudget im Verkehrssektor zeitlich verzögert einzuhalten.

Auch wenn das KSG mit einer Novelle überarbeitet wird und einfacher als bisher eine Verrechnung mit den THG-Emissionen anderer Sektoren stattfinden kann, ist diese Maßgabe der beiden Szenarien für den Verkehrssektor und den Klimaschutz zielführend. Einerseits besitzt Deutschland im Rahmen der Klimaschutzverordnung der EU THG-Emissionsminderungsverpflichtungen u. a. für den Verkehrssektor, die denen des KSG im Ambitionsniveau ähneln, und andererseits sinkt bei einem geringen absoluten THG-Emissionsniveau über alle Sektoren die Möglichkeit anderer Sektoren, eine Zielverfehlung im Verkehrssektor auszugleichen. Auch ist fraglich, inwieweit andere Sektoren wie z. B. der Landwirtschaftssektor, der Gebäude- und der Industriesektor in der Lage sein werden, die THG-Emissionen schnell zu reduzieren, um mögliche Zielverfehlungen des Verkehrssektors aufgrund einer zeitlich verzögerten Transformation mittel und langfristig auszugleichen. Es ist also zielführend, unabhängig von den Vorgaben des KSG die Transformation des Verkehrssektors zu niedrigeren THG-Emissionen möglichst frühzeitig anzureizen.

Internationale Best Practices: Politikinstrumente für eine nachhaltige Verkehrswende

Zu Beginn des Vorhabens wurden die Ausgestaltung und Implementierung von Klimaschutzinstrumenten im Verkehrssektor in anderen Ländern analysiert. Die Motivation dafür war es, auf die dortigen Erfahrungen hinsichtlich Rahmenbedingungen, Wirksamkeit, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren für eine Umsetzung in Deutschland zurückgreifen zu können. Zusätzlich wurde versucht, einzuordnen, inwiefern die gewählten Instrumente in einer Dekarbonisierungsstrategie des jeweiligen Landes verankert sind. Die dargestellten Informationen sind das Ergebnis einer Literaturrecherche. Diese wurden zusätzlich durch Telefoninterviews mit Personen aus umsetzenden Behörden und Wissenschaftler*innen ergänzt, um eine verbesserte Einsicht in die jeweilige Umsetzung vor Ort zu erhalten.

Folgende Klimaschutzinstrumente und Länder werden untersucht (Details im Anhang D):

- ▶ Norwegen: Steuerliche Förderung E-Fahrzeuge beim Fahrzeugkauf
- ▶ Frankreich: Bonus-Malus-System beim Pkw-Kauf / CO₂-Steuer / Umtauschprämie für Diesel-Pkw
- ▶ Schweden: CO₂-Abgabe auf Kraftstoffe und Kfz-Steueranpassung zu einem Malus-System beim Fahrzeugkauf

- ▶ Schweiz: CO₂-Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge / Kompensationspflicht im Inland durch Importeure von Treibstoffen / Verlagerungspolitik im Güterverkehr einschließlich einer leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (Lkw-Maut)
- ▶ Niederlande: CO₂-abhängige Zulassungssteuer / Dienstwagensteuer / Tempolimit
- ▶ Belgien: Förderung von Alternativen für die Arbeitswege (statt Dienstwagenprivileg Mobilitätsfreibetrag und Mobilitätsbudget)
- ▶ Vereinigtes Königreich: Dienstwagensteuer (allgemein und Ausnahmen für E-Autos)
- ▶ USA (Kalifornien): E-Fahrzeugquote und erhöhter Zuschuss bei Kauf E-Auto (Clean Cars Program)

3.3.1 Preisinstrumente und direkte Förderung von Klimaschutztechnologien

3.3.1.1 Anpassung der Kfz-Steuer für Pkw – Einführung einer Malus-Komponente im ersten Zulassungsjahr nach Höhe der CO₂-Emissionen

Im SHS wird die Kfz-Steuer für Pkw ab dem Jahr 2024 umstrukturiert, so dass im ersten Jahr nach der Neuzulassung eine erhöhte Kfz-Steuer in Abhängigkeit der durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Kilometer fällig wird (Malus-Komponente). Hierzu wird eine jährliche sinkende Bemessungsgrenze von anfänglich 95 g CO₂/km (WLTP) festgelegt, um über die Zeit auch niedrig emittierende Verbrennungsfahrzeuge sowie Plug-In-Hybrid-Pkw (PHEV) mit der Besteuerung nach CO₂-Emissionen zu erfassen und den Technologie-Hochlauf emissionsfreier Pkw zu beschleunigen. Sollte diese Bemessungsgrenze von einem neuzugelassenen Fahrzeug überschritten werden, so wird eine Steuer in Höhe von anfänglich 40 Euro pro g CO₂/km über der Bemessungsgrenze fällig. Die Bemessungsgrenze sinkt jedes Jahr kontinuierlich bis auf 0, sodass ab dem Jahr 2030 lediglich Nullemissionsfahrzeuge von der Steuer ausgenommen sind. Gleichzeitig steigt der zu zahlende Malus bei Überschreitung der Bemessungsgrenze jährlich. Ab dem Jahr 2030 liegt die CO₂-Komponente der Kfz-Steuer im ersten Jahr nach der Neuzulassung bei 240 Euro je g CO₂/km über der Bemessungsgrenze (Tabelle 2).

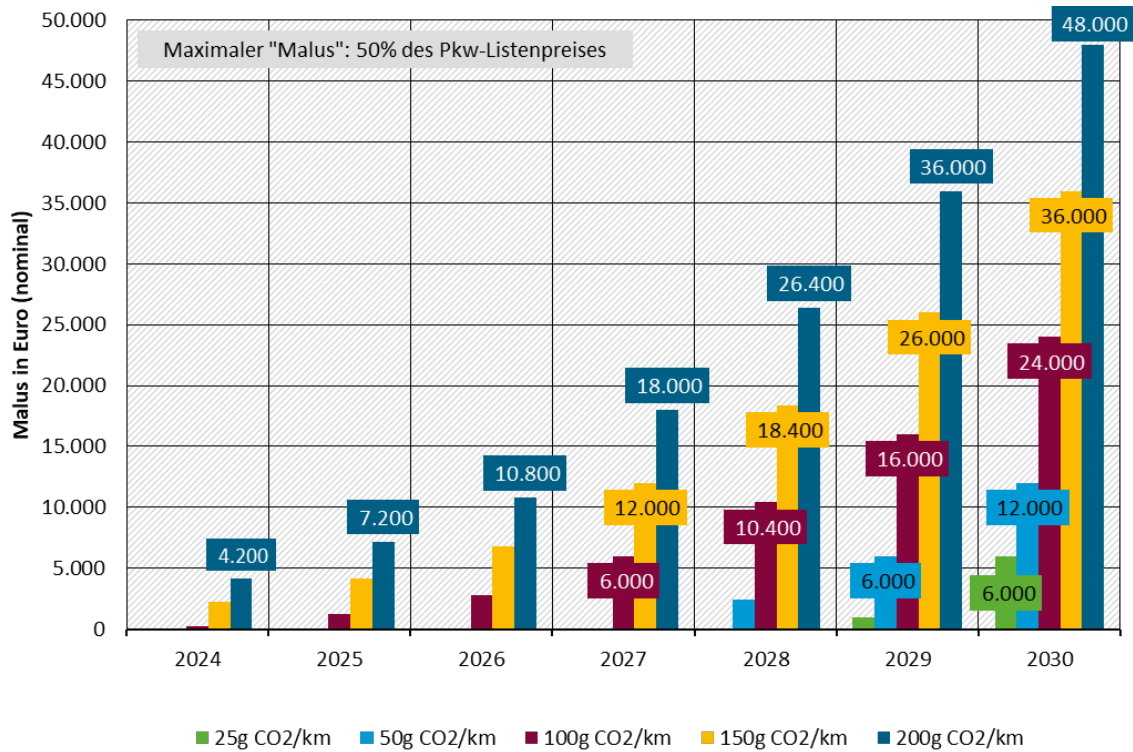
Tabelle 2: Erhöhung der Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung in Abhängigkeit der durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Kilometer (Malus-Komponente) mit Bemessungsgrenze und Höhe des Malus in Euro (nominal) je g CO₂/km im SHS

Jahr	Bemessungsgrenze in g CO ₂ /km	Malus in Euro je g CO ₂ /km bei Überschreitung der Bemessungsgrenze
2024	95	40
2025	80	60
2026	65	80
2027	50	120
2028	35	160
2029	20	200
Ab 2030	0	240

Die Höhe der erhöhten Kfz-Steuer im ersten Jahr („Malus-Komponente“) soll jedoch nicht mehr als 50 % des Listenpreises des Fahrzeuges betragen und wird entsprechend im Fall des Überschreitens dieser Begrenzung auf 50 % des Listenpreises begrenzt. Diese Begrenzung wird gewählt, da ab einem gewissen Niveau an Zusatzkosten keine relevante Steigerung der Anreizwirkung für eine klimafreundliche Fahrzeugwahl zu erwarten ist und somit „nur“ noch zusätzliche Kosten für die Käufer*innen der Fahrzeuge auftreten, ohne einen relevanten Klimaschutznutzen zu erzielen. Eine Kappungsgrenze des Malus von stark emittierenden Fahrzeugen besteht beispielsweise auch im französischen Steuersystem.

Während für ein Fahrzeug mit Emissionen von 150 g CO₂/km im Jahr 2024 2.200 Euro zusätzlich fällig werden, steigt dieser Malus bis 2030 auf 36.000 Euro (solange dieser Malus nicht mehr als 50 % des Kaufpreises beträgt). Aber auch für, nach heutigem Maße, effiziente Verbrennerfahrzeuge mit Emissionen von 100 g CO₂/km und für PHEV mit 50 g CO₂/km werden ab 2030 einmalig bereits 24.000 Euro bzw. 12.000 Euro zusätzlich fällig aufgrund des eingeführten Malus.

Abbildung 2: Entwicklung des Malus (erhöhte Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung in Abhängigkeit der durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Kilometer) im SHS für Pkw mit verschiedenen CO₂-Emissionsniveaus (WLTP)



Quelle: eigene Berechnung

Im Szenario **VHS** wird die CO₂-gespreizte Erhöhung der Kfz-Steuer für das erste Jahr nach der Neuzulassung erst ab dem Jahr 2027 eingeführt. Die Einführungsphase des Instruments ist im **VHS** jedoch kürzer, um zeitnah eine vergleichbare Wirksamkeit des Instruments wie im **SHS** zu realisieren. Die Steigerung der CO₂-Komponente sowie die Bemessungsgrenze werden dementsprechend in einem kürzeren Zeitraum bis zur vollständig wirksamen Ausgestaltung angepasst (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Kfz-Steuer im ersten Jahr nach Neuzulassung („Malus-Komponente“) mit Bemessungsgrenze und Steuerhöhe in Euro je g CO₂/km im VHS

Jahr	Bemessungsgrenze	Malus in Euro pro Gramm bei Überschreitung der Bemessungsgrenze
2027	50	120
2028	25	160
2029	10	200
Ab 2030	0	240

Entsprechend der Ausgestaltung dieses Instruments ergibt sich ab dem Jahr 2027 dieselbe Höhe der Malus-Komponente für das Jahr nach der Erstzulassung für (hoch) emittierende Pkw wie im

SHS. Die Bemessungsgrenze in den Jahren 2028 und 2029 ist jedoch niedriger angesetzt, sodass die Malus-Komponente für hochemittierende Fahrzeuge bereits früher ansetzt und höher ausfällt als im SHS.

Mit dem Instrument wird durch die zusätzliche Bepreisung höher emittierender Pkw beim Fahrzeugkauf eine Push-Wirkung ausgelöst; Fahrzeugkäufer*innen entscheiden sich somit häufiger für eine klimafreundliche Antriebstechnologie beim Fahrzeugkauf. Es wird dem myopischen Verhalten der Autokäufer*innen entgegengewirkt, die beim Autokauf vor allem die Anschaffungs- und weniger die laufenden Kosten berücksichtigen, indem ein zusätzliches Preissignal beim Kauf sichtbar wird und etwaige hohe Folgekosten einpreist.

In der Modellierung mit TEMPS erhöhen sich die Gesamtnutzungskosten der verbrennungsmotorischen Pkw und der Anteil an wenig emittierenden bzw. emissionsfreien Pkw steigt an.

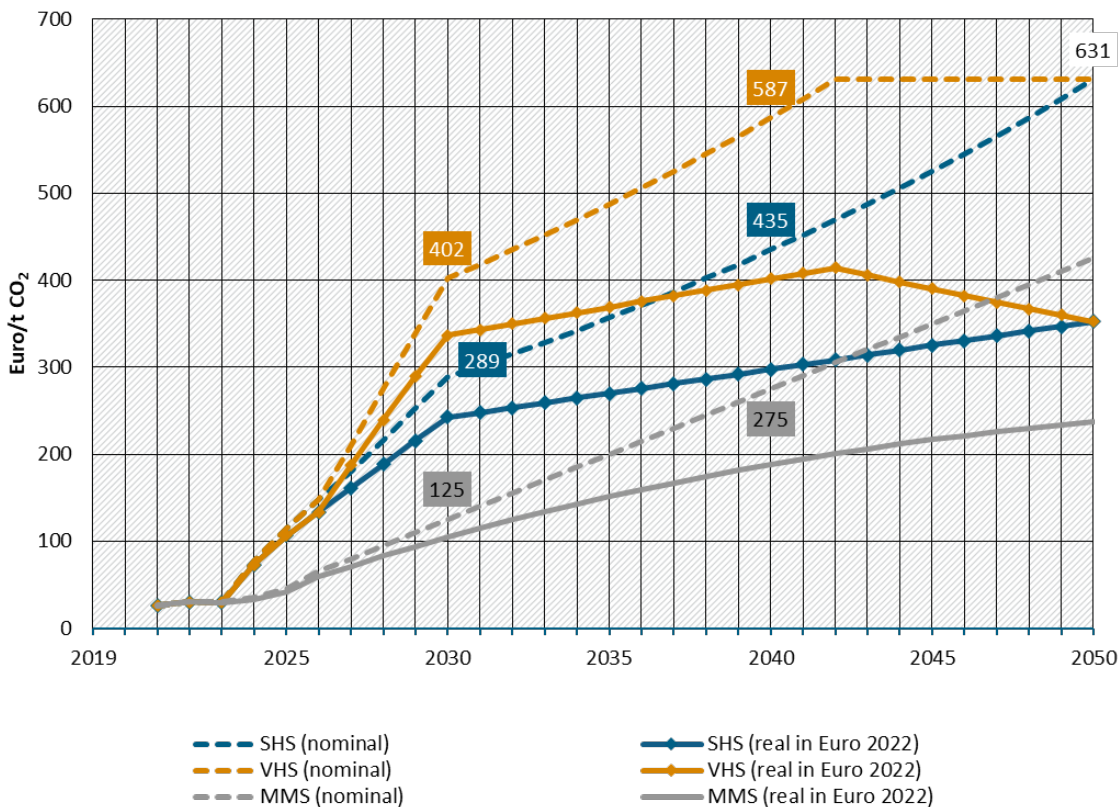
3.3.1.2 Nationaler CO₂-Preisfad des BEHG / ETS 2

Der feste CO₂-Preisfad des BEHG wird im **SHS** ab dem Jahr 2024 gegenüber der Ausgestaltung im MMS deutlich stärker erhöht und steigt ab dem Jahr 2027 stärker an (siehe Abbildung 3). Im Jahr 2030 beträgt er bereits nominal 289 Euro pro Tonne.

Im **VHS** ist der CO₂-Preisfad zunächst gleich zum SHS. Ab dem Jahr 2027 wird jedoch eine freie Preisbildung unterstellt, damit das Ziel von THG-Emissionen in der Höhe von 85 Millionen Tonnen CO₂-Äq. im Jahr 2030 erreicht werden kann. Der nochmals höhere CO₂-Preisfad ist daher ein zentrales Ergebnis der verzögerten Entscheidung für zusätzliche THG-Emissionsminderungsmaßnahmen im Verkehr. Daher steigt der CO₂-Preis des BEHG bis 2030 deutlich schneller an als im **SHS** und erreicht bereits nominal 402 Euro pro Tonne im Jahr 2030. Der höhere CO₂-Preis bleibt auch in den Folgejahren bestehen und gleicht sich erst wieder im Jahr 2050 an das Niveau des **SHS** an.

Ein weiteres Ausgestaltungsmerkmal des BEHG in den **beiden Szenarien** ist, dass Biokraftstoffe, deren Anrechenbarkeit bei der THG-Quote auf einen bestimmten energetischen Anteil im Kraftstoffmix begrenzt ist, auch nur bis zu dieser Anrechnungsgrenze vom CO₂-Preis befreit sind. Dieses Vorgehen verhindert, dass solche Biokraftstoffe, die aus Nachhaltigkeits- und zum Teil auch aus Klimaschutzgründen in der Anrechenbarkeit auf die THG-Quote begrenzt sind, über einen hohen CO₂-Preis eine Nachfrage über diese Anteile hinaus erhalten.

Abbildung 3: CO₂-Preisfad des BEHG im SHS und VHS, 2021 - 2050



Quelle: eigene Darstellung

Die EU führt zum Jahr 2027 mit dem EU-ETS 2 ein europaweites CO₂-Emissionshandelssystem ein, welches u. a. den Straßenverkehr umfassen soll. Die Mitgliedsstaaten können zusätzlich zum ETS 2 weitere, nicht von einem Emissionshandelssystem erfasste Bereiche des Verkehrssektors in den ETS 2 integrieren und über die nationale Ausgestaltung auch höhere CO₂-Preise als im europaweiten System ermöglichen. In beiden Szenarien gehen wir davon aus, dass diese Möglichkeit genutzt wird, um in Deutschland einen höheren CO₂-Preis im Verkehrssektor zu erzielen. Der angenommene CO₂-Preisfad setzt sich daher ab dem Jahr 2027 aus dem im EU-ETS 2 bestimmten Preis und einem nationalen CO₂-Preis zusammen.

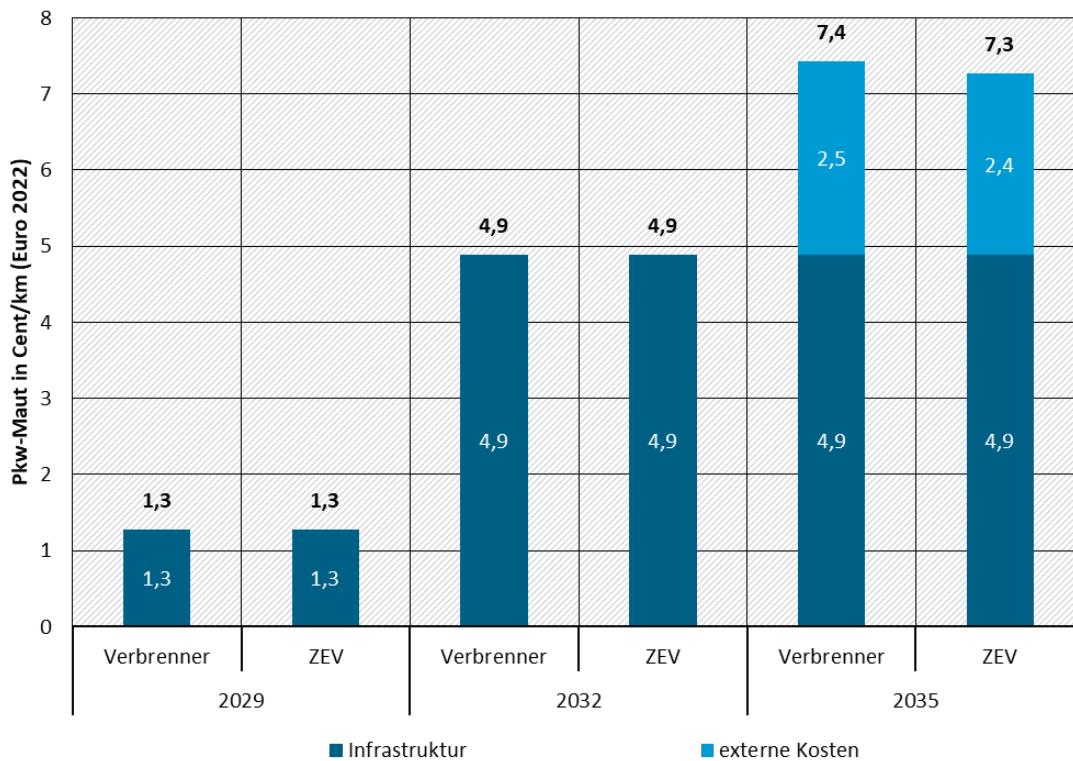
Der CO₂-Preis nimmt über Gesamtnutzungskosten Einfluss auf die Antriebswahl bei der Kaufentscheidung von Neufahrzeugen. In der Modellierung wird jedoch unterstellt, dass die Fahrzeugkäufer*innen sich v.a. auf den zum Zeitpunkt des Fahrzeugkaufs angenommenen CO₂-Preis in ihrer Kaufentscheidung beziehen und nicht auf mögliche zukünftige Entwicklungen. Noch stärker wirkt der CO₂-Preis jedoch auf die Verkehrsnachfrage, da Besitzer*innen von Fahrzeugen aufgrund der gestiegenen Kraftstoffkosten vermehrt andere Verkehrsmittel nutzen. Die für die Verkehrsmittelwahl eingesetzten Preiselastizitäten sind in Anhang A.1 zu finden.

3.3.1.3 Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut

In **beiden Szenarien** wird ab dem Jahr 2029 eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut eingeführt. Die Mautkomponente für die Infrastrukturnutzung beträgt im Jahr 2029 1,3 Cent (Euro 2022) und steigt auf 4,9 Cent (Euro 2022) pro Kilometer im Jahr 2032 (Blanck et al. 2021). Zusätzlich werden ab dem Jahr 2035 die externen Kosten für Lärm, Luftschadstoffe, sowie Natur und Landschaft internalisiert (UBA 2020b), sodass die Maut auf 7,4 Cent (Euro 2022) pro Kilometer (7,3 Cent für emissionsfreie Fahrzeuge) steigt (siehe Abbildung 4). Im Gegensatz zur Lkw-Maut-

Anpassung (siehe Abschnitt 3.3.1.4) ist keine CO₂-Kostenkomponente in die Pkw-Maut aufgenommen.

Abbildung 4: Pkw-Maut in Cent/km (Euro 2022) im SHS und VHS



Quelle: eigene Darstellung

Die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ändert, wie die anderen Preisinstrumente, die Gesamtnutzungskosten der Fahrzeuge. Auf die Antriebswahl hat die fahrleistungsabhängige Maut wegen der nahezu neutralen Ausgestaltung hinsichtlich der verschiedenen Antriebstechnologien nahezu keinen Einfluss. Sie verändert aber die Kosten während der Nutzung der Pkw. Sie hat damit einen relevanten Einfluss auf die Verkehrsnachfrage der Pkw; v.a. zu einem Zeitpunkt, zu dem die Wirkung des CO₂-Preises auf die Verkehrsnachfrage durch den steigenden Anteil emissionsfreier Pkw einen immer geringeren Einfluss bekommt. Die geringeren Kilometerkosten von Pkw mit Elektro-Antrieb würden ohne die Pkw-Maut zu einer erhöhten Verkehrsleistung führen. In Bezug auf die Verkehrsleistung ist sie daher komplementär zum über die Zeit steigenden CO₂-Preis. Ebenfalls werden die zurückgehenden Staatseinnahmen aus der Energiesteuer, mit denen u. a. der Erhalt und der Bau von Verkehrsinfrastrukturen finanziert werden, teilweise kompensiert (Blanck et al. 2021).

3.3.1.4 Klimaschutzorientierte Überarbeitung der Lkw-Maut

Im SHS erfolgt ab dem Jahr 2024 eine Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen und alle Größenklassen. Ebenfalls wird ab dem Jahr 2024 eine CO₂-Komponente in Höhe von 200 Euro /t CO₂ wirksam. Gleichzeitig wird der nach BEHG gezahlte CO₂-Preis zurückerstattet, um die anfallenden CO₂-Emissionen nicht doppelt mit einem Preis zu belegen. Solange der CO₂-Preis des BEHG weniger als 200 Euro /t CO₂ beträgt, erfolgt eine Rückerstattung des nach BEHG gezahlten CO₂-Preises. Sobald der CO₂-Preis 200 Euro/t CO₂ übersteigt, wird die Differenz des CO₂-Preises und der CO₂-Komponente der Maut über den CO₂-Preis erhoben.

Des Weiteren sind emissionsfreie Lkw bis zum Jahr 2025 von der Infrastrukturkomponente der Maut befreit. Diese Befreiung sinkt ab dem Jahr 2026 auf 75 % und ab dem Jahr 2031 auf 50 %. Die entstehenden Mindereinnahmen aus den reduzierten Gebühren für die Infrastrukturkomponente der Lkw-Maut für emissionsfreie Lkw werden durch eine kontinuierliche Anhebung der Infrastrukturkomponente ausgeglichen, um die Deckung der Wegekosten aufrechtzuerhalten. Bis auf die Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen entspricht die Lkw-Maut der Ausgestaltung, die auch im Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS) des Projektionsberichts 2023 hinterlegt ist (BReg 2023b).

Im **VHS** erfolgt die Überarbeitung der Maut samt Einführung der CO₂-Komponente und Erweiterung auf alle Straßen erst im Jahr 2025. Die Ausgestaltung ist dabei die gleiche wie im SHS.

Die im **SHS** getroffenen Annahmen entsprechen in weiten Teilen der ab Dezember 2023 gültigen Lkw-Maut. Der wesentliche Unterschied zur neu beschlossenen und überarbeiteten Lkw-Maut ist die Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen. Diese findet sich nicht im Entwurf der Bundesregierung. Ein weiterer Unterschied ergibt sich daraus, dass die Bundesregierung keinen Vorschlag dazu vorgelegt hat, ob und wie die CO₂-Bepreisung des BEHG kompensiert werden kann²³. Die verzögerte Einführung der überarbeiteten Lkw-Maut im **VHS** entspricht mit dem Beschluss des Bundestags zur Novellierung der Lkw-Maut nicht der realen Politikgestaltung. Zum Zeitpunkt der Erstellung der Szenarien war jedoch nicht vollständig sicher, zu welchem Zeitpunkt die Überarbeitung der Lkw-Maut wirksam werden wird.

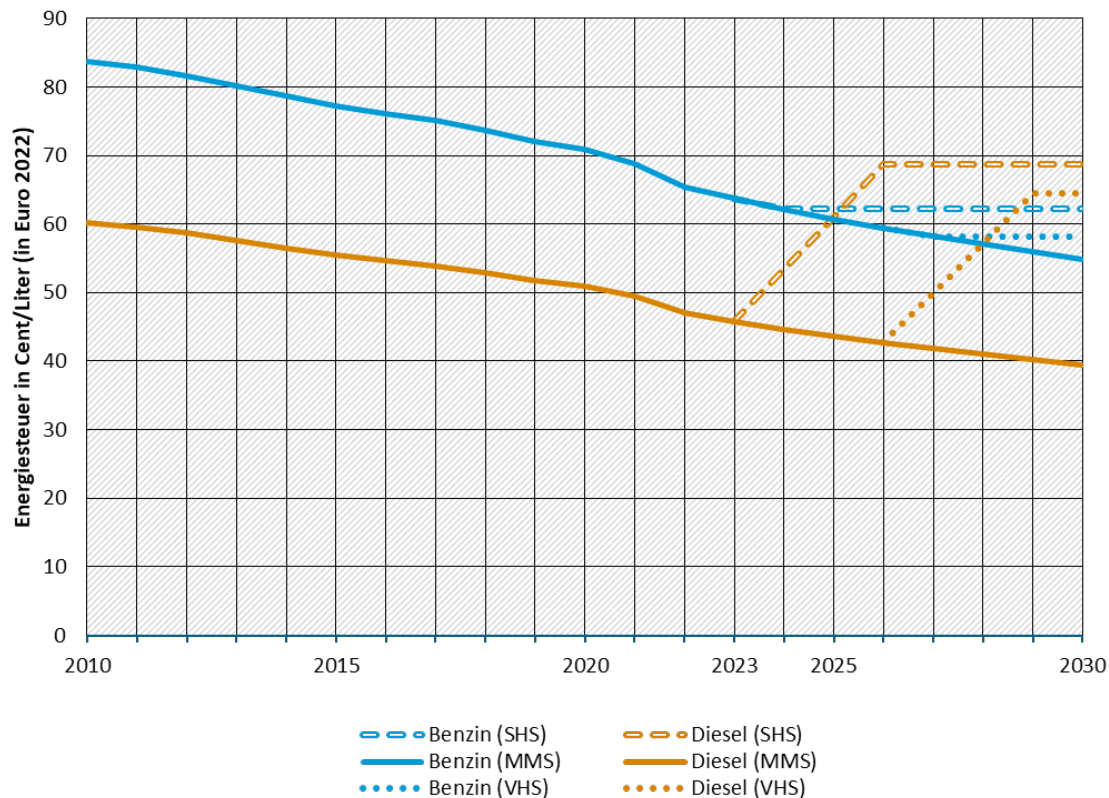
Die Überarbeitung der Lkw-Maut – und dabei v.a. die CO₂-Komponente der Lkw-Maut – hat einen erheblichen Einfluss auf die Gesamtnutzungskosten der Lkw-Nutzung. Sie führt dazu, dass emissionsfreie Lkw frühzeitig bereits einen Kostenvorteil ggü. Antriebstechnologien mit direkten CO₂-Emissionen besitzen. Eine Wirkung, die in diesem Vorhaben mit der nationalen Betrachtungsebene nicht mit abgebildet wird, ist die Ausstrahlung auf genutzte Antriebstechnologien auch in anderen europäischen Mitgliedsländern. Anders als bei der CO₂-Bepreisung über das BEHG, die durch entsprechendes Tankverhalten minimiert werden kann, wirkt die CO₂-Komponente der Lkw-Maut auf alle Lkw, die Straßen in Deutschland benutzen. So wirkt sich der Anreiz für die Nutzung von emissionsfreien Lkw auch auf Lkw aus, die nur einen Teil der Transportleistung auf Straßen in Deutschland erbringen.

3.3.1.5 Angleichen der Energiesteuer für fossile Kraftstoffe und Einführung eines Inflationsausgleichs in der Energiesteuer

Im **SHS** wird im Zeitraum von 2024 bis 2026 eine Angleichung der Energiesteuer für Diesel, Erdgas und LPG an das Niveau der Energiesteuer von Benzin (in Bezug auf den Energiegehalt) vorgenommen. Zusätzlich wird ab dem Jahr 2024 ein Inflationsausgleich in die Steuer integriert, damit das derzeit kontinuierliche Absinken der realen Kosten des Energiesteuersatzes und deren fortlaufende geringer Wirksamkeit auf das Verkehrsverhalten zukünftig kontinuierlich ausgeglichen wird (siehe Abbildung 5 und Blanck et al. (2021)).

²³ Die Ausgestaltung des Szenarios lag vor der Entscheidung der Bundesregierung über die Anpassung der Lkw-Maut. Daher konnte die genaue Ausgestaltung der Lkw-Maut in dieser Studie nicht Berücksichtigung finden.

Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der Energiesteuer für Benzin und Diesel (in Euro 2022) im SHS und VHS, 2010 - 2030



Quelle: eigene Darstellung

Im **VHS** erfolgt diese Energiesteueranpassung erst im Zeitraum von 2027 bis 2029. Die spätere Einführung und der damit später greifende Inflationsausgleich führt zu einem langfristig niedrigeren Energiesteuerniveau im VHS.

Im Vorschlag zur Überarbeitung der Energiesteuerrichtlinie der EU im Rahmen des Fit for 55-Pakets sind beide hier umgesetzten Aspekte zur Veränderung der Energiebesteuerung in der EU vorgesehen. Der kontinuierliche Inflationsausgleich ist darin ab dem Jahr 2024 vorgesehen. Die Angleichung der Steuersätze aller fossilen Energieträger auf ein Niveau (in Bezug auf den Energiegehalt der Energieträger) soll dem Vorschlag der EU nach über eine Phase von maximal 10 Jahren stattfinden. Ob eine Novellierung der Energiesteuerrichtlinie mit den entsprechenden Anpassungen in dem Gesetzgebungsverfahren realisiert wird, ist mit Stand der Berichterstellung offen.

Die Überarbeitung der Energiesteuer erhöht die Preise fossiler Kraftstoffe und sorgt demnach zu veränderten Gesamtnutzungskosten von Fahrzeugen, die flüssige Kraftstoffe nutzen. Der Effekt auf die Antriebswahl beim Fahrzeugkauf ist bei den Pkw vergleichsweise gering, da wirkstärkere Instrumente für die Fahrzeugwahl existieren; bei den Lkw, die im Wesentlichen Dieselmotoren verwenden, ergänzt die Anpassung der Energiesteuer die Wirkung der CO₂-Komponente der Lkw-Maut und des CO₂-Preises des BEHG. Solange relevante Anteile an flüssigen Kraftstoffen im Kraftstoffmix eingesetzt werden, entsteht durch die im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 höheren Kraftstoffpreise zudem eine nicht zu

vernachlässigende Wirkung auf die Verkehrsnachfrage von Lkw und Pkw. Die Verlagerung auf die Schiene und den Umweltverbund wird so angereizt.

3.3.1.6 Anpassung der Besteuerung von Dienstwagen

Sowohl im SHS als auch im VHS werden für die Bestimmung des monatlich steuerrelevanten geldwerten Vorteils, wie aktuell im Steuerrecht mit dem pauschalen Besteuerungssatz möglich, grundsätzlich 1 % des Bruttolistenpreises sowie zusätzliche 0,03 % pro Kilometer Arbeitsweg (einfache Distanz) angesetzt. In vielen Fällen ergibt sich bei diesem Steuersatz ein ungerechtfertigt niedriger geldwerter Vorteil im Vergleich zu einer adäquaten Bemessung und Besteuerung des real anfallenden monetären Vorteils der privaten Dienstwagennutzung gegenüber der Nutzung eines vergleichbaren privaten Pkw (Agora Verkehrswende und Öko-Institut 2021; FiFo Köln et al. 2011)

Aus diesem Grund erfolgt eine Anpassung der Bemessungsgrundlage des geldwerten Vorteils der Dienstwagennutzung. Im **SHS** wird ab dem Jahr 2024 eine fahrleistungsabhängige Komponente (0,1 %-Punkte je 1.000 km private Fahrleistung / pauschaler Ansatz: 75 % der Jahresfahrleistung) eingeführt (Blanck et al. 2021). Im **VHS** findet diese Anpassung für das Jahr 2027 statt.

Ferner wird in **beiden Szenarien** die Bevorzugung von PHEV und von emissionsfreien zugunsten über die Zeit, abgebaut. Ab dem Jahr 2024 existiert keine Bevorzugung von PHEV mehr. Für emissionsfreie Fahrzeuge liegt der Basissatz für die Berechnung des geldwerten Vorteils bei 0,25 % (bis 2024), 0,5 % (bis 2026), 1 % (ab 2027). Die zusätzliche Komponente der Besteuerung in Abhängigkeit der Fahrleistung fällt jedoch auch für die emissionsfreien Fahrzeuge an.

In der Modellierung verändern sich die Gesamtnutzungskosten der neuzugelassenen Dienstwagen. Entsprechend passt sich die Antriebswahl bei den neuzugelassenen Dienstwagen an. Aufgrund der hohen Neuzulassungsanteile, der kurzen Haltedauer von Dienstwagen und dem damit verbundenen raschen Übergang in den Gebrauchtwagenbestand, prägt die Neuzulassungsstruktur der Dienstwagen signifikant die Zusammensetzung des deutschen Bestandes.

3.3.1.7 Ausbau der Förderung effizienter Trailer

In **beiden Szenarien** wird das bestehende "Flottenerneuerungsprogramm für schwere Nutzfahrzeuge zu der Maßnahme "Ausbau der Förderung für effiziente Trailer" ausgebaut. In den Jahren 2023 bis 2025 werden zusätzlich insgesamt 256 Mio. Euro für das Förderprogramm bereitgestellt, um Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz von Trailern zu unterstützen. Diese Fördermaßnahme stammt aus dem Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung (BReg 2023a).

Im Zeitraum des Förderprogramms besteht regulatorisch kein Anreiz, Trailer energieeffizienter auszugestalten als bisher. Diese Förderung ermöglicht nach Schade et al. (2022) jährlich durchschnittlich 15.000 Trailern eine zusätzliche Effizienzsteigerung von 5-10 %. Diese Parametrisierung wird analog zum MWMS des Projektionsberichts 2023 übernommen. Nach dem Vorschlag der EU-Kommissionen zur Überarbeitung der CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge (siehe Abschnitt 3.3.2.1) liegt für Trailer ab dem Jahr 2030 eine Anforderung zur Effizienzsteigerung vor.

3.3.1.8 Abschaffung der Entfernungspauschale

Im **SHS** erfolgt eine Abschaffung der Entfernungspauschale im Jahr 2027. Diese wird im **VHS** erst ab 2031 umgesetzt (Blanck et al. 2021).

Basierend auf (Petschow et al. 2008) wird in der Modellierung angenommen, dass der MIV und gleichermaßen der ÖV im Verlauf von rund 10 Jahren um 2,3 % zurückgeht, da die Kosten für den Weg der Arbeit nicht mehr steuerlich geltend gemacht werden können. Dies führt zu einer zusätzlichen Kostenbelastung für die betroffenen Haushalte und damit zu einer Verringerung der gesamten Verkehrsleistung.

3.3.1.9 Ausweitung des Parkraummanagements

In **beiden Szenarien** wird die Parkraumbewirtschaftung ab dem Jahr 2024 sukzessive ausgeweitet und die Parktarife werden angepasst. Bis 2020 galt eine bundesweite Obergrenze für Bewohnerparkausweise von 30,70 Euro pro Jahr. Seitdem können die Bundesländer und teilweise inzwischen auch die Kommunen selbst die Höhe der Gebühren festlegen. Um die anfallenden Kosten für die Errichtung und Instandhaltung von Parkflächen in der Stadt zu decken, müssen die Parkgebühren stark erhöht werden (Rohs und Flore 2021). Gleichzeitig zeigen Studien, dass Autos durchschnittlich 23 Stunden am Tag stehen (infas et al. 2018). Eine angemessene Parkraumbewirtschaftung kann potenziell dem Trend zum privaten Pkw in der Stadt entgegenwirken. Eine schrittweise Erhöhung der Gebühren gibt der Bevölkerung die Möglichkeit sich auf neue Alltagsroutinen einzustellen (Bauer und Bracher 2020).

In den Szenarien wird für Bewohnerparkausweise für die Pkw-Besitzer*innen in Innenstädten daher zunächst ein Ansteigen der Kosten auf einen Signalpreis von etwa 1 Euro pro Tag (360 Euro pro Jahr) bis zum Jahr 2025 angenommen. Danach steigen die Gebühren schrittweise auf ein Kostenniveau, welches bereits heute in europäischen Städten mit einem Fokus auf klimafreundliche Mobilität (z. B. Amsterdam, Stockholm) existiert. Sie liege bei jährlich 480 Euro im Jahr 2030 und 850 Euro im Jahr 2035 (alle Werte in Euro 2022).

Gleichzeitig werden die Stundentarife für das Parken im Vergleich zu heute in jährlichen Schritten bis 2025 um insgesamt 1 Euro pro Stunde, bis 2030 um insgesamt 2 Euro pro Stunde und bis 2035 um insgesamt 3 Euro pro Stunde im Vergleich zu heute erhöht (alle Werte in Euro 2022).

Die Erhöhung der Tarife führt zu einer Erhöhung der Betriebskosten der Pkw und einer zunehmenden Verlagerung auf andere Verkehrsträger.

3.3.1.10 Einführung des EU-Mindestenergiesteuersatzes für inländische Flüge

Für inländische Flüge wird im **SHS** ab dem Jahr 2024 der europäische Mindestenergiesteuersatz von 33 Cent pro Liter Kraftstoff erhoben. Im **VHS** wird diese Maßnahme erst ab dem Jahr 2027 wirksam. In beiden Fällen ist mit dem Einführungsdatum eine inflationsbereinigte Energiesteuer auf Kerosin in der Modellierung angenommen, so dass sich die reale steuerliche Belastung ab dem Einführungszeitpunkt nicht mehr ändert.

Die Maßnahme führt zu höheren Ticketpreisen im Flugverkehr, wodurch über Kreuzpreiselastizitäten eine Verlagerung auf andere Verkehrsträger in der Modellierung auftritt (Öko-Institut 2022).

3.3.1.11 Einführung des Deutschlandtickets

Sowohl im **SHS** als auch im **VHS** wird ab 1. Mai 2023 ein flächendeckendes Einheitsticket für den Nahverkehr in Deutschland eingeführt. Das Deutschlandticket kostet über den gesamten Zeitraum der Modellierung 49 Euro (in Euro 2022)²⁴.

Zum Zeitpunkt der Modellierung standen noch keine empirischen Daten zu verkehrlichen Effekten des Deutschlandtickets zur Verfügung. Beim 9-Euro-Ticket, welches im Jahr 2022 für drei Monate verfügbar war, lässt sich jedoch erkennen, dass die Zunahme der Nutzung des öffentlichen Nahverkehrs einerseits auf induzierte Verkehre, d. h. Fahrten, die ohne 9-Euro-Ticket nicht durchgeführt worden wären, und auf Verlagerungen vom Pkw sowie vom Fuß- und Radverkehr zurückzuführen sind.

Im Modell TEMPS wird zur Bestimmung der Wirkung auf die Verkehrsnachfrage auf empirische Daten zum 9-Euro-Ticket zurückgegriffen (VDV 2022, Andor 2022). Andor (2022) bestimmen aus eigenen Befragungsdaten zur Nutzung des 9-Euro-Tickets über die Differenz-von-Differenzen-Methode Daten dazu, inwieweit Verlagerungen zwischen den Verkehrsmitteln und induzierte Verkehre durch das 9-Euro-Ticket stattgefunden haben. Des Weiteren zeigen Befragungen zur Attraktivität eines solchen Angebots bei verschiedenen Preisen (Nobis 2022), dass rund ein Drittel der Nutzer*innen des 9-Euro-Tickets sich für ein Deutschland-Ticket beim Preis von 49-Euro entscheiden würden. Entsprechend werden die mit dem 9-Euro-Ticket erkennbaren verkehrlichen Auswirkungen so skaliert, dass das Deutschlandticket in seiner Wirkung ein Drittel der Wirksamkeit des 9-Euro-Tickets erreicht. Die Modellierung zur Wirksamkeit des Deutschlandtickets entspricht daher dem Vorgehen im MWMS des Projektionsberichts 2023 (BReg 2023b).

3.3.1.12 Zuschuss für schwere Nutzfahrzeuge mit klimaschonenden Antrieben

In **beiden Szenarien** wird die seit 2018 bestehende und seit 2021 erhöhte Förderung der Mehrkosten von Lkw mit alternativen Antrieben bis 2028 gemäß des Koalitionsausschusses vom März 2023 verlängert und es werden zusätzliche Mittel bereitgestellt (Bundesregierung 2023). Die bis 2025 zur Verfügung stehenden Mittel in Höhe von 1,3 Mrd. Euro werden im Rahmen der Verlängerung des Förderprogramms auf insgesamt 2,6 Mrd. Euro verdoppelt²⁵. Die finanzielle Förderung erfolgt so lange, bis die zur Verfügung gestellten 2,6 Mrd. Euro ausgeschöpft sind.

Die Förderung besteht darin, dass 80 % der beim Fahrzeugkauf anfallenden technologiebedingten Mehrkosten für neuzugelassene, emissionsfreie Lkw gegenüber Diesel-Lkw vom Bund getragen werden. Diese Förderung reduziert die Gesamtnutzungskosten der emissionsfreien Antriebstechnologien erheblich und erhöht in der Modellierung somit die Auswahlwahrscheinlichkeit dieser Antriebe beim Neufahrzeugkauf. Das Instrument besitzt eine starke Interaktion mit der Anpassung der Lkw-Maut und der Anpassung der Energiesteuer, da durch diese drei Instrumente sehr vorteilhafte ökonomische Bedingungen für den Erwerb und die Nutzung von emissionsfreien Lkw geschaffen werden. Auch hier entspricht die Abbildung des Instruments im Modell TEMPS dem Vorgehen im Projektionsbericht 2023 (BReg 2023b).

²⁴ Aufgrund der unklaren Finanzierungssituation des Deutschlandtickets findet zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts eine Diskussion darüber statt, ob der Preis des Deutschlandtickets zukünftig angehoben werden muss.

²⁵ Bisher ist die Finanzierung dieser Fördermaßnahmen nicht gesichert. Die Verdoppelung des Budgets ist eine Annahme des Forschungskonsortiums.

3.3.2 Ordnungsrecht

3.3.2.1 Überarbeitung und Fortschreibung der CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge

Die EU-Kommission hat zu Beginn des Jahres 2023 einen Vorschlag zur Überarbeitung und Fortschreibung der CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge vorgelegt. Dieser Vorschlag ist im **SHS** berücksichtigt.

Die Fahrzeughersteller haben diesem Vorschlag zufolge für die neu zugelassenen Fahrzeuge die Vorgabe, die durchschnittlichen Emissionen der Fahrzeuge in allen bisher bereits regulierten Lkw-Gruppen gegenüber dem Jahr 2019 ab dem Jahr 2030 um 45 %, ab dem Jahr 2035 um 65 % und ab dem Jahr 2040 um 90 % abzusenken. Alle sonstigen Lkw und Überlandbusse besitzen die gleichen Minderungsziele; diese gelten jedoch gegenüber den Durchschnittsemissionen des Jahres 2025. Zusätzlich sollen dem Vorschlag nach ab dem Jahr 2030 nur noch emissionsfreie Stadtbusse zugelassen werden.

Im **VHS** ist ein abgeschwächter Emissionsminderungspfad hinterlegt. So soll hier das durchschnittliche Emissionsniveau gegenüber 2019 bzw. 2025 ab dem Jahr 2030 um 37,5 %, ab 2035 um 55 % und ab 2040 um 75 % sinken.

In der Modellierung mit TEMPS wird für **beide Szenarien** die Entwicklung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Lkw überprüft und ggf. angepasst, wenn die Zielvorgaben der CO₂-Flottenzielwerte verfehlt werden. Bei Zielverfehlung werden die Preise der Lkw schrittweise angepasst (verbrennungsmotorische Lkw erhalten höhere Preise, emissionsfreie Lkw erhalten niedrigere Preise), bis die Zielvorgaben der CO₂-Flottenzielwerte eingehalten werden. Dabei wird darauf geachtet, dass sich die Ab- bzw. Aufschläge, die dem internen Pricing der Lkw-Hersteller nachempfunden sind, ausgleichen.

Eine weitere Annahme in der Modellierung ist, dass die CO₂-Emissionsminderung in Deutschland um rund 10 Prozentpunkte über den EU-weiten Vorgaben liegt (BMDV 2023a). Die Begründung liegt darin, dass mit den weiteren Preisinstrumenten (z. B. CO₂-Komponente in der Lkw-Maut, Anpassung der Energiesteuer) und der Kaufkraft in Deutschland starke zusätzliche Instrumente in Deutschland und die ökonomischen Rahmenbedingungen existieren, die einen im europäischen Vergleich überproportionalen Anreiz zum Umstieg auf emissionsfreie Lkw geben.

Ferner wird in der Modellierung berücksichtigt, dass ab dem Jahr 2030 nur noch emissionsfreie Stadtbusse neuzugelassen werden können

3.3.2.2 Anpassung der Bestimmung der CO₂-Emissionswerte im WLTP (Pkw) von PHEV

Das Verfahren zur Bestimmung der WLTP-CO₂-Emissionswerte für PHEV wird ab dem Jahr 2025 in **beiden Szenarien** angepasst. Mit der Richtlinie (EU) 2023/443 ändert sich die Art und Weise, wie der sogenannte „utility factor“ bestimmt wird. Ziel der Überarbeitung des Vorgehens bei der Zulassung von PHEV ist es, realistischere Verbrauchswerte für PHEV-Pkw zu erhalten und die elektrisch angetriebenen Anteile der Traktion besser als bisher im WLTP abzubilden. Durch die Anpassung reduziert sich die Differenz zwischen WLTP-Emissionswerten und den real auftretenden Emissionen bei PHEV, indem der während des Prüfverfahrens elektrisch gefahrene Teil auf ein realistischeres Maß reduziert wird. Diese Überarbeitung des Verfahrens zur Bestimmung der CO₂-Emissionswerte von PHEV ist im **SHS** und im **VHS** in gleicher Weise berücksichtigt. Im MMS des Projektionsbericht 2023 ist diese Anpassung des WLTP nicht berücksichtigt.

Aus dieser Veränderung ergeben sich für PHEV entweder höhere CO₂-Emissionen im WLTP (im Fall, dass die Batteriekapazität gleichbleibt) oder höhere Fahrzeugpreise (für den Fall, dass die

Batteriekapazität erhöht wird, um niedrigere WLTP-Emissionswerte zu erreichen). Beide Effekte führen dazu, dass PHEV einen geringeren „Wert“ zur Einhaltung der CO₂-Flottenzielwerte erhalten oder aus Kund*innensicht mit höheren Kosten verbunden sind. Aus diesem Grund geht der Anteil an PHEV-Pkw gegenüber einem Szenario ohne Anpassung der Methode zur Bestimmung der CO₂-Emissionen von PHEV zurück. Diese werden zum großen Teil durch BEV, aber auch durch verbrennungsmotorische Pkw ersetzt.

Die Wirksamkeit dieser Anpassung der Zulassungsverordnung von Pkw ist besonders groß, wenn – wie in diesen beiden Szenarien – zusätzlich Preisinstrumente mit Bezug zu den CO₂-Emissionen im WLTP (z. B. Anpassung der Kfz-Steuer) eine Wirkung entfalten sollen. Die Preisinstrumente entfalten so eine noch größere Lenkungswirkung hin zu emissionsfreien Pkw.

In der Modellierung werden für die Bestimmung der realen THG-Emissionen von PHEV „utility factors“ verwendet, die auf den Studien (ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) et al. 2020) und (Plötz et al. 2020b) basieren.

3.3.2.3 Einführung eines allgemeinen Tempolimits auf Bundesautobahnen; Anpassungen bei der Geschwindigkeitsbegrenzung außerorts und innerorts

Ab dem Jahr 2024 werden flächendeckende Tempolimits eingeführt. Auf Autobahnen gilt dann die maximal zulässige Geschwindigkeit von 120 km/h. Außerorts gilt die Maximalgeschwindigkeit von 80 km/h, während innerorts die Regelgeschwindigkeit auf 30 km/h reduziert wird. Diese Anpassungen sind nur in der Ausgestaltung des **SHS** berücksichtigt.

Die Klimaschutzwirkung der Maßnahme wird aus den Ergebnissen der Studie (UBA 2023a) abgeleitet. Neben der direkten Wirkung auf die CO₂-Emissionen durch die reduzierte Geschwindigkeit beim Fahren reduzieren sich die THG-Emissionen auch durch eine veränderte Routenwahl und die Verlagerung von Verkehren auf den Umweltverbund.

3.3.2.4 Nationale Umsetzung der RED / Überarbeitung der THG-Quote für den Zeitraum nach 2030

Die THG-Minderungsquote behält bis zum Jahr 2030 die Ausgestaltung entsprechend der Änderung im Mai 2021 bei. Bis zum Jahr 2030 entspricht die THG-Quote in **beiden Szenarien** der heutigen gesetzlichen Ausgestaltung. In der Referenzentwicklung (MMS des Projektionsberichts 2023) verändert sich die Ausgestaltung der THG-Quote nach dem Jahr 2030 nicht und verliert im MMS so über die Zeit immer stärker an Wirksamkeit, da die Ziele der THG-Quote immer stärker über die THG-Emissionsminderung aus der Stromnutzung im Straßenverkehr eingehalten werden kann.

In **beiden Szenarien** dieses Vorhabens wird die THG-Quote nach dem Jahr 2030 weiterentwickelt. In beiden Szenarien wird die THG-Quote so fortgeschrieben, dass die absolute Menge an flüssigen erneuerbaren Kraftstoffen im Straßenverkehr bis zum Jahr 2040 im Vergleich zum Jahr 2030 ungefähr konstant bleibt. In diesem Zeitraum wird über die Ausgestaltung der THG-Quote der Umstieg von konventionellen Biokraftstoffen aus Nahrungs- und Futtermitteln sowie aus tierischen Fetten und Altspeiseölen auf fortschrittliche Biokraftstoffe vollständig vollzogen. Um die Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 zu erreichen, wird die Kraftstoffregulierung so ausgestaltet, dass die eingesetzten Kraftstoffe im Jahr 2045 vollständig erneuerbar (fortschrittliche Biokraftstoffe und E-Fuels) sind.

Im Flugverkehr steigt die verpflichtende PtL-Quote (energetisch) kontinuierlich an (2030: 2 %; 2035: 20 %; 2040: 50 %; 2045: 100 %). Für die nationale Schifffahrt wird eine verpflichtende Beimischungsquote für PtL und Biokraftstoffe angenommen (2030: 1,5 %; 2035: 15 %; 2040:

37,5 %; 2045: 100 %). Das Verhältnis von PtL- und Biokraftstoffen liegt dabei im Jahr 2045 bei 80 % E-Fuels zu 20 % Biokraftstoffen.

Die verschiedenen Quotenanforderungen sorgen dafür, dass der Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe über die Zeit ansteigt und im Jahr 2045 die Treibhausgasneutralität erreicht wird. Durch die THG-Quoten-Prämie für die Besitzer von rein elektrischen Fahrzeugen und durch die über die THG-Quote steigenden Kraftstoffkosten und -preise sorgt die THG-Quote aber auch dafür, dass einerseits der Anteil rein elektrischer Fahrzeuge im Straßenverkehr steigt und andererseits eine Verlagerung zum Umweltverbund angereizt wird.

3.3.3 Infrastrukturförderung

3.3.3.1 Beschleunigter Ausbau des Schienenverkehrs

Die Kapazitäten des Bahnverkehrs werden in beiden Szenarien sukzessive erhöht. Diese Erhöhung wird durch eine Ertüchtigung des Bestandsnetzes, durch den Aus- und Neubau im Sinne des Deutschlandtakts und durch Digitalisierungsmaßnahmen realisiert.

Auf Basis der Modellierungen in BMDV (2021) wird für den Zeitraum bis 2030 (SHS) bzw. 2035 (VHS) eine maximale Kapazitätsgrenze von 155 Mrd. Personenkilometer abgeleitet.²⁶ Im **SHS** steigt ab dem Jahr 2031 die Kapazitätsgrenze der Bahn kontinuierlich im Personenverkehr von 155 Mrd. auf 230 Mrd. Personenkilometer im Jahr 2040. Die Kapazitätsgrenze für das Jahr 2040 liegt damit leicht über der gutachterlich konservativ abgeschätzten möglichen Steigerung der Verkehrsnachfrage des Schienenpersonenverkehrs im Deutschlandtakt (Pohl 2020), dessen Maßnahmen zur Verbesserung der Angebotsstrukturen voraussichtlich nicht früher realisiert werden können. Im **VHS** wird der Ausbau der Bahnkapazitäten erst mit einer Verzögerung von fünf Jahren realisiert. Im Schienengüterverkehr wird modellseitig keine weitere Kapazitätsgrenze festgelegt, da die Verkehrsleistung in dieser Studie die in BMDV (2021) für ein ambitioniertes Szenario erreichten Verkehrsleistungen nicht wesentlich übertrifft.

3.3.3.2 Angebotssteigerung des straßengebundenen öffentlichen Verkehrs

Im **SHS** stehen ab dem Jahr 2025 ausreichend zusätzliche Mittel für eine Angebotssteigerung für den straßengebundenen öffentlichen Verkehr bereit, um Kapazitätsengpässe der Schiene zumindest teilweise abzufangen. Im **VHS** erfolgt keine zusätzliche Angebotsausweitung des straßengebundenen öffentlichen Verkehrs infolge möglicher Engpässe auf der Schiene, so dass im VHS das Verlagerungspotenzial auf den öffentlichen Verkehr eingeschränkt ist.

Diese Annahme leitet sich daraus ab, dass straßengeführte Kapazitäten (d. h. Busse) schneller aufbaubar sind als schienengebundene und somit Kapazitätsengpässe über die Ausweitung des straßengeführten Angebots schneller aufgelöst werden können als über die Schiene. Dieser Effekt geht zurück, sobald die Schienenkapazitäten zur Verfügung stehen.

3.3.3.3 Förderung des Radverkehrs

Im **SHS** werden ab dem Jahr 2024 Investitionsmittel in die Radinfrastruktur in Höhe von 30 Euro je Person und Jahr gemäß dem Ziel des nationalen Radverkehrsplans 3.0 bereitgestellt (BMDV 2022). Ausgehend von rd. 83 Mio. Einwohnern in Deutschland ergibt sich somit eine jährliche Fördersumme von rund 2,5 Mrd. Euro. Dies entspricht einer Mittelserhöhung von knapp 1,9 Mrd. Euro pro Jahr gegenüber dem MMS (Erhöhung um rund 23 Euro je Person).

²⁶ Dieser Wert liegt rund 10 % über den Modellierungsergebnissen der für die NPM erstellten Szenarien, in denen sehr ambitionierte Maßnahmen für den Ausbau des Schienenverkehrs hinterlegt wurden.

Im **VHS** erfolgt die Bereitstellung der zusätzlichen Investitionsmittel gestaffelt, so dass ab dem Jahr 2024 20 Euro je Person und Jahr bereitgestellt werden, welche sich ab 2030 auf 25 Euro und ab 2035 auf 30 Euro je Person und Jahr erhöhen.

Die Investitionsmittel werden den Kommunen und Ländern zur Verfügung gestellt, um die Infrastruktur für das Radfahren, insbesondere die Errichtung von Radwegen zu verbessern. Höhere Sicherheit, schnellere Fahrgeschwindigkeiten und mehr Raum für die Radfahrer*innen erhöhen die Attraktivität des Radfahrens (Schade et al. 2022)²⁷. In Mendelevitch et al. (2022) wurde ein Parameter für die Steigerung der Verkehrsleistung auf dem Rad in Abhängigkeit der investierten Mittel abgeleitet (0,9 Pkm je Euro). Dieser Parameter kommt in der Modellierung zur Bestimmung der Verlagerung auf den Radverkehr zum Einsatz.

3.3.3.4 Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge

Der Aufbau einer straßengebundenen Oberleitungsinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge im Kernnetz der Bundesautobahnen beginnt im **SHS** ab dem Jahr 2024. Im Jahr 2030 stehen bereits 1.700 km zur Verfügung. Das Oberleitungsnetz wird bis 2040 weiter ausgebaut, sodass im Jahr 2040 rund 4.000 km zur Verfügung stehen. Der Aufbau der Oberleitungsinfrastruktur in entsprechender Länge entspricht Studien zum Markthochlauf dieser Technologie (Göckeler et al. 2023). Im **VHS** wird keine Oberleitungsinfrastruktur für die schweren Nutzfahrzeuge entlang von Autobahnen gebaut.

Der Aufbau der Oberleitungsinfrastruktur ermöglicht die Nutzung von in das Stromnetz integrierte Oberleitungs-Lkw (O-Lkw). Die Option O-Lkw steht den Nutzer*innen für die Antriebswahl bei der Kaufentscheidung daher nur im SHS zur Verfügung. Mit zunehmendem Ausbaugrad des Oberleitungsnetzes können verstärkt verschiedene Nutzungsprofile von O-Lkw abgedeckt werden und ihre Relevanz als Technologieoption bei der Antriebswahl steigt im Zeitverlauf.

3.4 Ergebnisse der Szenariorechnungen

3.4.1 Verkehrsnachfrage

3.4.1.1 Verkehrsnachfrage im „sofortigen Handeln“

3.4.1.1.1 Personenverkehr

Die Nachfrage im Personenverkehr hängt im Wesentlichen von der Bevölkerungsentwicklung und den Kosten der Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel ab. Gerade hinsichtlich der Verlagerungswirkung von Preisinstrumenten wie dem CO₂-Preis sind jedoch auch Kapazitätsgrenzen des Angebots des öffentlichen Verkehrs relevante Merkmale für die Entwicklung der Personenverkehrsnachfrage. Abbildung 6 zeigt die Entwicklung der realen Energie- und Mautkosten²⁸ pro Kilometer (Kilometerkosten) für Pkw. In den Jahren 2010-2014 betragen die Kilometerkosten etwa 14 Cent pro Kilometer (in Euro, 2022). Seitdem sind die Kosten aufgrund gesunkener Ölpreise und einer verbesserten Effizienz im Pkw-Bestand deutlich gesunken. Obwohl der CO₂-Preis im SHS zu einem Anstieg der Kilometerkosten führt, bleiben diese im Durchschnitt bis zum Jahr 2029 immer noch unterhalb des durchschnittlichen Kostenniveaus von 2010-2014. Dies ist mitunter damit zu begründen, dass die Energiekosten

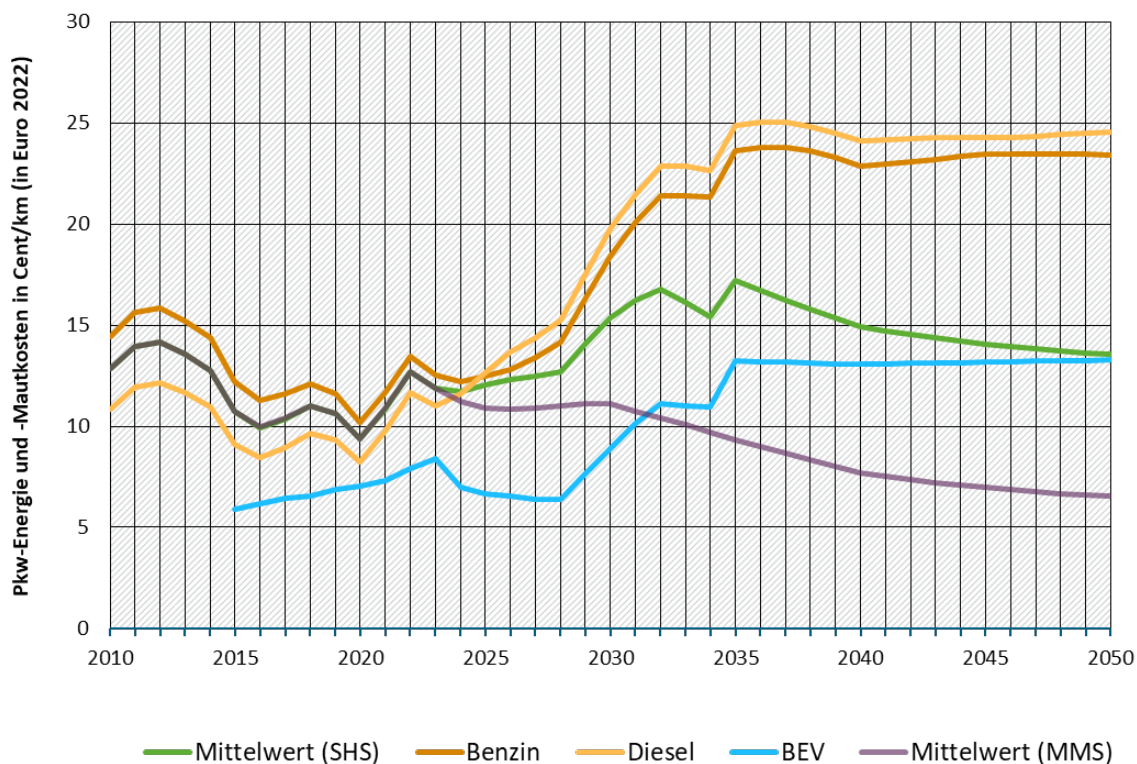
²⁷ Die Verkehrsnachfrage des MMS bezieht sich auf das Szenario MKS-REF 2020. In diesem Szenario wird eine steigende Elektrifizierung des Fahrradbestands (Pedelecs) hinterlegt, so dass sich die Reisezeiten mit dem Rad verringern. Dieser Effekte findet sich bereits in dem MMS und damit in der Referenz der beiden Szenarien.

²⁸ Weitere Kilometerkosten wie bspw. Kosten für Reifen, Abschreibung und Versicherungen sind in diesem Fall nicht berücksichtigt.

pro Kilometer der BEV niedriger als die der Verbrennerfahrzeuge sind und der Markthochlauf für BEV den gestiegenen Kilometerkosten der Verbrennerfahrzeuge entgegenwirkt.

Mit der schrittweisen Einführung der Pkw-Maut ab 2029 steigen die Kosten pro Kilometer für alle Fahrzeuge unabhängig vom Antrieb. Das durchschnittliche Kostenniveau erreicht im Jahr 2035 mit der Erhöhung der Pkw-Maut um die vollständige Internalisierung der externen Kosten ihren Höhepunkt und konvergiert dann mit dem Hochlauf der Elektromobilität bis 2050 wieder auf das Ausgangsniveau der Jahre 2010-2014 in Höhe von rund 14 Cent (in Euro 2022) pro Kilometer. Neben den Stromkosten für die BEV ist gegen Ende des Modellierungszeitraums vor allem die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ein zentraler Baustein für die Nutzungskosten des motorisierten Individualverkehrs (MIV).

Abbildung 6: Durchschnittliche Pkw-Energie- und Mautkosten pro Fahrzeugkilometer im SHS, 2010-2050



Quelle: eigene Berechnungen

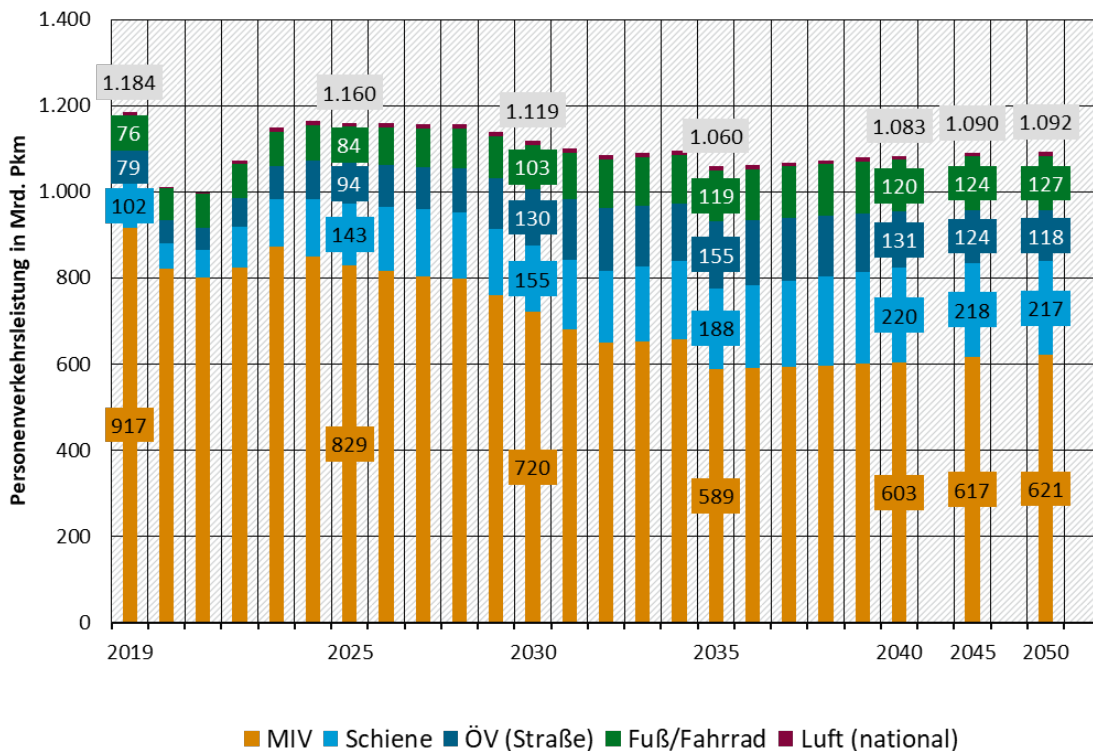
Abbildung 7 und Tabelle 4 zeigen im Folgenden die Verkehrsnachfrage im Personenverkehr für die Jahre 2019 bis 2050 im SHS.

Mit einem Modal-Split-Anteil von rund drei Vierteln (77 %) in 2019 (vor der Corona Pandemie) und den Folgejahren²⁹ bis 2023 ist der Pkw das dominierende Verkehrsmittel in Vergangenheit und Gegenwart. Der Pkw bleibt auch in Zukunft das am meisten genutzte Verkehrsmittel, wobei die Pkw-Verkehrsleistung zwischen 2023 und 2050 um 29 % zurückgeht und der Modal-Split Anteil des MIV auf 57 % abfällt (Tabelle 5). Der Rückgang steht dabei in einem deutlichen

²⁹ Der Modal -Split -Anteil des Pkw hat sich während der Corona Pandemie kurzweilig auf knapp über 80 % erhöht, ist aber mit dem Auslaufen der Pandemie wieder auf das alte Niveau zurückgefallen.

Kontrast zum weiteren Anstieg des Modal-Split-Anteils im MMS im Projektionsbericht 2023 auf 80 % im Jahr 2050.

Abbildung 7: Personenverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im SHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Kurz- und mittelfristig steigen im SHS die Kilometerkosten des Pkw-Verkehrs im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 aufgrund des stärker steigenden CO₂-Preises sowie der Angleichung der Energiesteuer für fossile Kraftstoffe samt Inflationsausgleich an. Langfristig sorgt die ab 2029 schrittweise eingeführte Pkw-Maut unabhängig vom Antrieb für höhere Kilometerkosten des Pkw-Verkehrs als im MMS. Sie umfasst auch die Nullemissionsfahrzeuge und schafft somit, im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023, einen umfassenden ökonomischen Anreiz hin zu alternativen Verkehrsmitteln. Die externen Kosten der Pkw-Nutzung werden im Rahmen der Pkw-Maut ab 2035 internalisiert, was für einen deutlich erkennbaren Rückgang der Verkehrsleistung des MIV sorgt. Aber auch weitere Instrumente wie die Abschaffung der Entfernungspauschale, die langfristig zu kürzeren Pendeldistanzen führt, die Anpassung der Dienstwagenbesteuerung und die damit verbundene reduzierte private Fahrleistung mit Dienstwagen sowie das Deutschlandticket und die Radverkehrsförderung zeigen im Zeitverlauf hier ihre Wirkung.

Die Angebots- und Infrastrukturverbesserungen sowie die Kostenanreize führen im Zeitverlauf zu einer stärkeren Verkehrsverlagerung vom Pkw zum Umweltverbund. Die mit der Bahn zurückgelegten Personenkilometer verdoppeln sich annähernd von 111 Mrd. im Jahr 2023 auf rund 220 Mrd. im Jahr 2040. Die Entwicklung geht damit deutlich über den Anstieg im MMS hinaus, der im selben Zeitraum lediglich etwa 22 % beträgt. Der Anteil der Bahn am Modal Split im SHS verdoppelt sich in diesem Zeitraum von 10 % auf 20 %. Die angenommene verfügbare Kapazität (siehe Kapitel 3.3.3.1) der Bahn ist im Jahr 2027 bereits ausgereizt und erst ab dem Jahr 2040 bedarfsgerecht ausgebaut. In der Zwischenzeit fängt ein ausgeweiteter Busverkehr

(siehe auch Kapitel 3.3.3.2) die vom Pkw verlagerten Verkehre auf³⁰, sodass der Anteil der straßengebundene ÖV auf bis zu 15 % im Jahr 2036 steigt (7 % in 2023) und mit dem Ausbau der Bahnkapazitäten langsam wieder auf 11 % im Jahr 2050 fällt³¹. Dennoch bleibt der straßengebundene ÖV im Vergleich zum MMS auch im Jahr 2050 auf einem deutlich höheren Niveau und trägt zu einem höheren Modal Split Anteil des Öffentlichen Verkehrs bei.

Die zusätzlichen Investitionen in die Fuß- und Radverkehrsinfrastruktur zeigen Wirkung und die mit aktiver Mobilität zurückgelegten Personenkilometer steigen im Zeitraum von 2023 bis 2050 um über 63 %, während diese im MMS nur geringfügig steigen. Der nationale Luftverkehr verringert sich von 2023 bis 2050 um rund 17 %. Dies ist unter anderem auf die Einführung einer Kerosinsteuer zurückzuführen, die der steigenden Nachfrage entgegenwirkt.

Tabelle 4: Verkehrsnachfrage Personenverkehr im SHS in Mrd. Pkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
MIV	917	829	720	589	603	617	621
Schiene	102	143	155	188	220	218	217
ÖV (Straße)	79	94	130	155	131	124	118
Fuß/Fahrrad	76	85	103	119	120	124	127
Flugzeug (national)	10	10	11	10	9	8	9
Gesamt national	1.184	1.160	1.119	1.060	1.083	1.090	1.092

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 5: Modal Split Personenverkehr (Verkehrsleistung) im SHS in Prozent, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
MIV	77	71	64	56	56	57	57
Schiene	9	12	14	18	20	20	20
ÖV (Straße)	7	8	12	15	12	11	11
Fuß/Fahrrad	6	7	9	11	11	11	12
Flugzeug (national)	1	1	1	1	1	1	1
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

3.4.1.1.2 Güterverkehr

Abbildung 8 und Tabelle 6 stellen die Güterverkehrsnachfrage im SHS von 2019 bis 2050 dar. Der größte Teil aller Güter wird auf der Straße transportiert. Die in Tonnenkilometern (tkm) gemessene Verkehrsleistung im Güterverkehr steigt zwischen 2023 und 2030 durchschnittlich

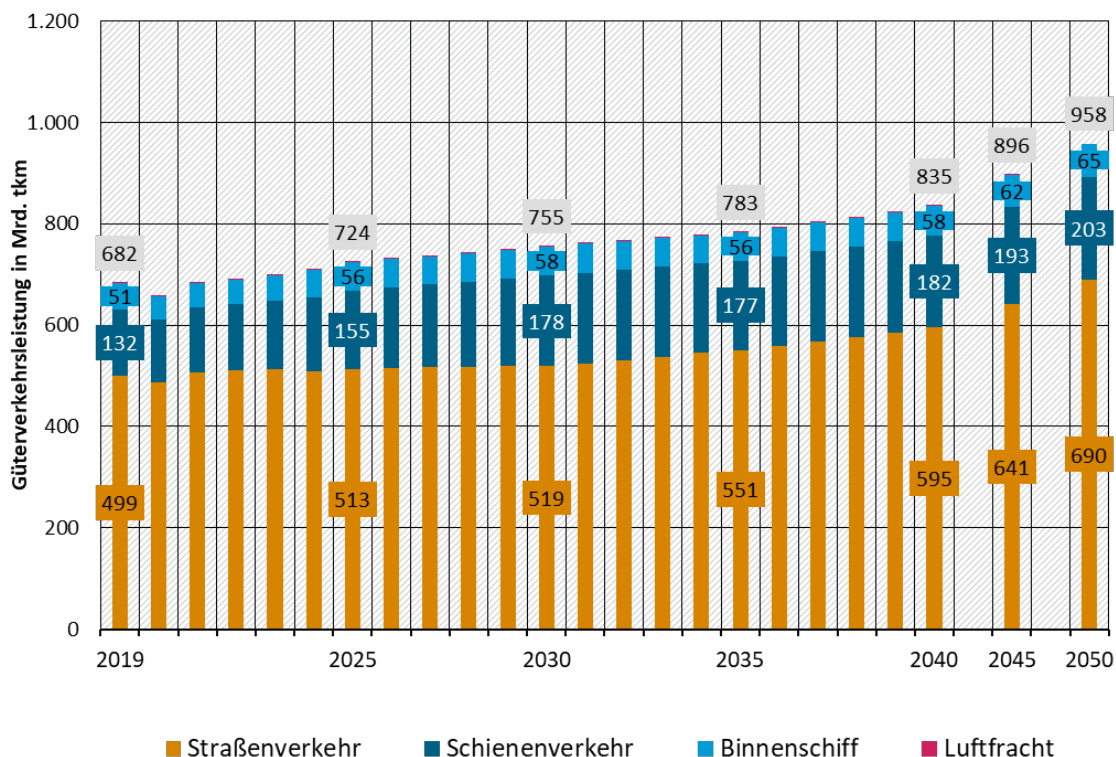
³⁰ Mit dem Ausreizen der Kapazität der Bahn können keine zusätzlichen Verkehre mehr auf diese verlagert werden. Es wird angenommen, dass zusätzliche 15 % der kostengetriebenen Verlagerung aufgrund des Erreichens der Kapazitätsgrenze vermieden werden und 30 % zusätzlich auf den straßengebundenen ÖV ausweichen, unter der Annahme, dass genügend Fachkräfte zur Verfügung stehen. Die restlichen 55 % der nicht zu verlagernden Verkehre werden weiterhin mit dem Pkw zurückgelegt.

³¹ Die Modellierung geht davon aus, dass benötigte Fachkräfte wie beispielsweise Busfahrer keine Limitierung im straßengebundenen ÖV darstellen.

um 1,1 % pro Jahr. Im Folgezeitraum bis 2050 steigt diese Wachstumsrate nochmal um 0,1 Prozentpunkte auf rund 1,2 % pro Jahr an. Die Entwicklung ist damit nahezu identisch zum MMS.

Der Anstieg der Verkehrsleistung des Schienengüterverkehrs wird durch einen bedarfsgerechten Ausbau der Schieneninfrastruktur gewährleistet. Eine Verkehrsleistung von 178 Mrd. tkm in 2030 wird im Modell nicht durch Kapazitätsgrenzen limitiert.³² Der Anteil des Schienengüterverkehrs steigt zwischen 2024 bis 2030 um rund 3 Prozentpunkte und beträgt im Maximum nahezu 24 % (Tabelle 7). Dies ist zum einen auf die Mauterweiterungen auf alle Straßen und Lkw größer 3,5 t als auch auf den steigenden CO₂-Preis zurückzuführen. Die resultierenden Kostensteigerungen für Transporte mit verbrennungsmotorischen Lkw setzen zunehmende Anreize für eine Verlagerung der Transporte auf die Schiene. Mit der zunehmenden Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs und den damit sinkenden Kilometerkosten in den Folgejahren bis 2050 nimmt der Anteil der Schiene am Modal-Split jedoch langsam wieder ab und erreicht noch knapp über 21 % im Jahr 2050. Der Anteil der Schiene an der Transportleistung bewegt sich dabei in der Größenordnung des MMS. Demnach wird zu keinem Zeitpunkt das Modal-Split-Ziel der Bundesregierung von 25 % Schienengüterverkehr des Masterplans Schienenverkehr erreicht (BMDV 2023a). Der Anteil der Binnenschifffahrt an der Transportleistung bleibt mit rd. 7 %-8 % konstant und der nationale Frachtflugverkehr hat im gesamten Zeitraum zwischen 2019 bis 2050 keinen nennenswerten Anteil am gesamten Güterverkehrsaufkommen (siehe Tabelle 7 und Abbildung 8). Die Entwicklung von Binnenschiff und Frachtflugverkehr am Güterverkehrsaufkommen ist damit ebenfalls weitgehend deckungsgleich zur Entwicklung im MMS.

Abbildung 8: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050



³² Einen Überblick über vergleichbare Szenarien der Verkehrsleistung des Güterschienenverkehrs bietet etwa BMDV 2021.

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 6: Güterverkehrsnachfrage im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Straße	499	513	519	551	595	641	690
Schiene	132	155	178	177	182	193	203
Binnenschiff	51	56	58	56	58	62	65
Luftfracht	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Gesamt national	682	724	755	783	835	896	958

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 7: Modal Split im Güterverkehr (Verkehrsleistung) im SHS in Prozent, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Straße	73	71	69	70	71	72	72
Schiene	19	21	24	23	22	22	21
Binnenschiff	7	8	8	7	7	7	7
Luftfracht	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100

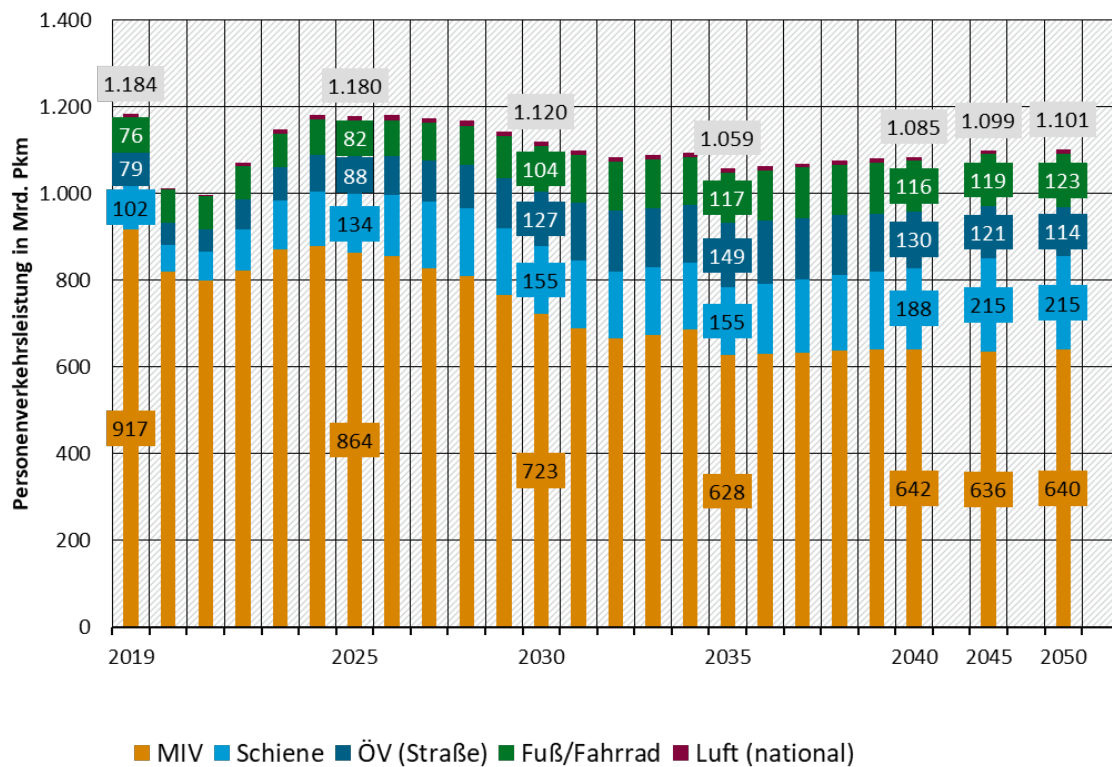
Quelle: eigene Berechnungen

3.4.1.2 Verkehrsnachfrage im „verzögerten Handeln“

3.4.1.2.1 Personenverkehr

Während im SHS die Anpassung der Energiebesteuerung und die Malus-Komponente bei der Kfz-Steuer bereits ab dem Jahr 2024 schrittweise eingeführt werden, sind diese bis zur zweiten Hälfte der 2020er-Jahre im VHS noch unverändert. Zusammen mit dem im VHS nicht umgesetzten Tempolimit und der geringeren Radverkehrsförderung ergibt sich somit deutlich weniger Verkehrsreduktion und -verlagerung, sodass beispielsweise im Jahr 2025 rd. 35 Mrd. Personenkilometer mehr mit dem MIV im VHS gegenüber dem SHS zurückgelegt werden (siehe Abbildung 9). Entsprechend weniger wird zu diesem Zeitpunkt auf den ÖV und die aktive Mobilität verlagert.

Abbildung 9: Personenverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Im Jahr 2030 sind ein Großteil der Instrumente mit einem Effekt auf die Verkehrsnachfrage im Personenverkehr im VHS implementiert und die Verkehrsnachfrage der beiden Szenarien gleicht sich zu diesem Zeitpunkt wieder stärker an. Die Verlagerungswirkung im VHS vom MIV hin zu alternativen Verkehren wird insbesondere vom hohen CO₂-Preis in Höhe von nominal rund 400 Euro (vgl.: rund 290 Euro im SHS) im Jahr 2030 bestimmt. Im VHS wird die maximale Kapazität der Bahn in Höhe von 155 Mrd. Pkm bis zum Jahr 2030 ebenso wie im SHS erreicht. Durch die Annahme, dass sich die Schienenkapazitäten im VHS im Vergleich zum SHS fünf Jahre verzögert kontinuierlich erhöhen, ist die Wirkung des CO₂-Preises und der fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut auf die Verkehrsverlagerung hin zur Schiene auch noch nach dem Jahr 2040 teilweise nur begrenzt möglich. Ab dem Jahr 2045 werden die Unterschiede der beiden Szenarien bezüglich der Verkehrsnachfrage wieder deutlich geringer.

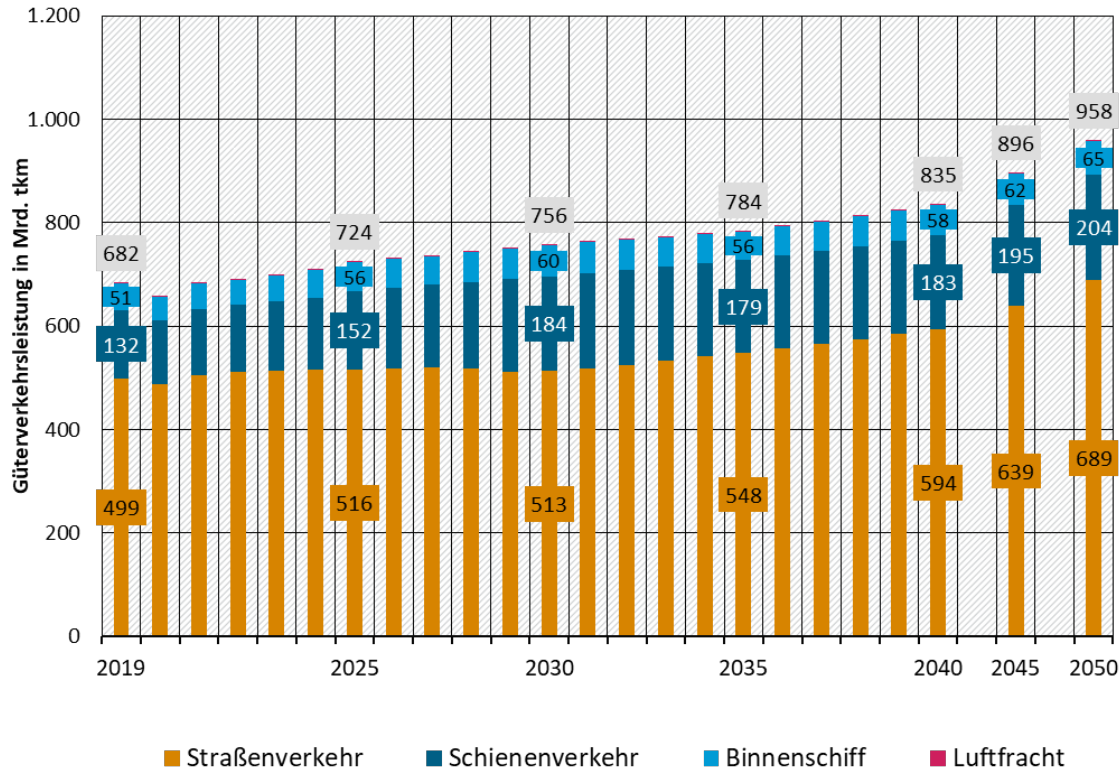
3.4.1.2.2 Güterverkehr

Die im Vergleich zum SHS im VHS spätere Anpassung der Energiebesteuerung führt zunächst zu einer geringeren Verlagerung auf die Schiene (siehe Abbildung 10). Hintergrund ist, dass sich durch die spätere Anpassung der Dieselpreis, der für die Attraktivität des Straßengüterverkehrs von großer Bedeutung ist, erst zeitverzögert erhöht. Die ab dem Jahr 2027 hinterlegte freie Preisbildung im Rahmen des BEHG und der damit verbundene steigende CO₂-Preis im VHS führt zu stärker steigenden Kosten für Diesel-Lkw als im SHS. Dementsprechend ist die Verlagerung auf die Schiene im VHS ab dem Jahr 2030 etwas stärker als im SHS. Mit zunehmender Elektrifizierung verringert sich auch der ökonomische Anreiz des CO₂-Preises und die Schienengüterverkehrsleistung der Szenarien gleicht sich bis 2040 wieder nahezu an.

Auch im VHS wird das Ziel der Bundesregierung von 25 % Schienengüterverkehr des Masterplan Schienenverkehr verfehlt (BMDV 2023a). Der Anteil der Binnenschifffahrt am

Transportaufkommen unterscheidet sich zwischen den beiden Szenarien kaum und beträgt konstant rund 7 % - 8 %. Ähnlich wie im SHS ist der Anteil des nationalen Frachtflugverkehrs am gesamten Güterverkehrsaufkommen vernachlässigbar.

Abbildung 10: Güterverkehrsnachfrage nach Verkehrsträgern im VHS in Mrd. tkm, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2 Antriebstechnologien

3.4.2.1 Antriebstechnologien im „sofortigen Handeln“

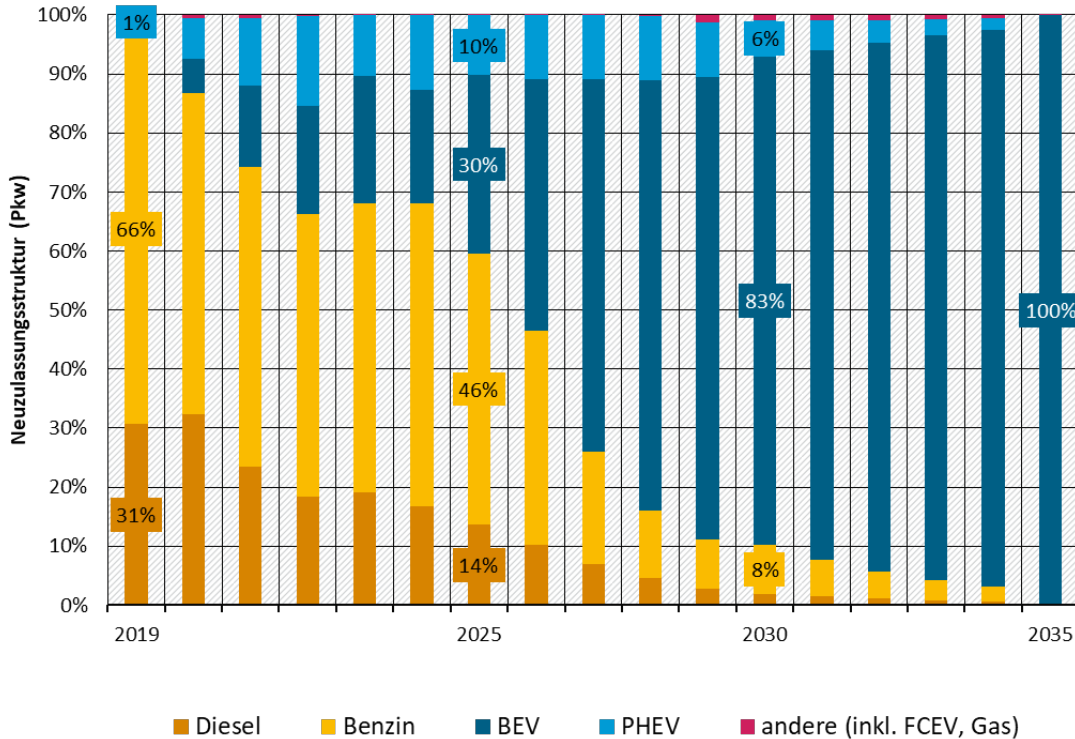
3.4.2.1.1 Pkw

Die Antriebswende im deutschen Bestand beschleunigt sich mit dem Inkrafttreten der Politik-Maßnahmen ab dem Jahr 2024. Es werden sukzessive mehr batterieelektrische Pkw zugelassen (siehe Abbildung 11). Während BEV im Jahr 2023 etwas mehr als ein Fünftel der Neuzulassungen ausmachen, sind es zwei Jahre später bereits 30 % und ab 2026 mit einem Anteil von rund 43 % erstmals die am häufigsten nachgefragte Antriebstechnologie.

Neben dem Aufbau ausreichender Ladeinfrastruktur sorgt im Wesentlichen die Einführung einer erhöhten Kfz-Steuer im ersten Jahr nach der Neuzulassung (Malus-Komponente) für CO₂ emittierende Fahrzeuge (ab 2024), deren Höhe und Gültigkeitsbereich sich bis zum Jahr 2030 weiter verschärfen, für eine steigende Nachfrage nach BEV. Zusätzlich stellen der steigende CO₂-Preis des BEHG und die ab dem Jahr 2024 beginnende Anpassung der Energiebesteuerung einen ökonomischen Nachteil für Pkw mit Verbrennungsmotoren dar. Im Jahr 2030 beträgt der Marktanteil der BEV dann bereits 83 % der Neuzulassungen, welcher in den Folgejahren bis 2035 auf nahezu 100 % anwächst.

Der Anteil der Plug-in-Hybride (PHEV) an den Neuzulassungen stagniert bis zum Jahr 2029 relativ konstant bei rund 10 %. Andere Antriebstechnologien³³ erzielen keine bedeutenden Marktanteile im Pkw-Markt.

Abbildung 11: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen nach Antrieben im SHS, 2019-2035



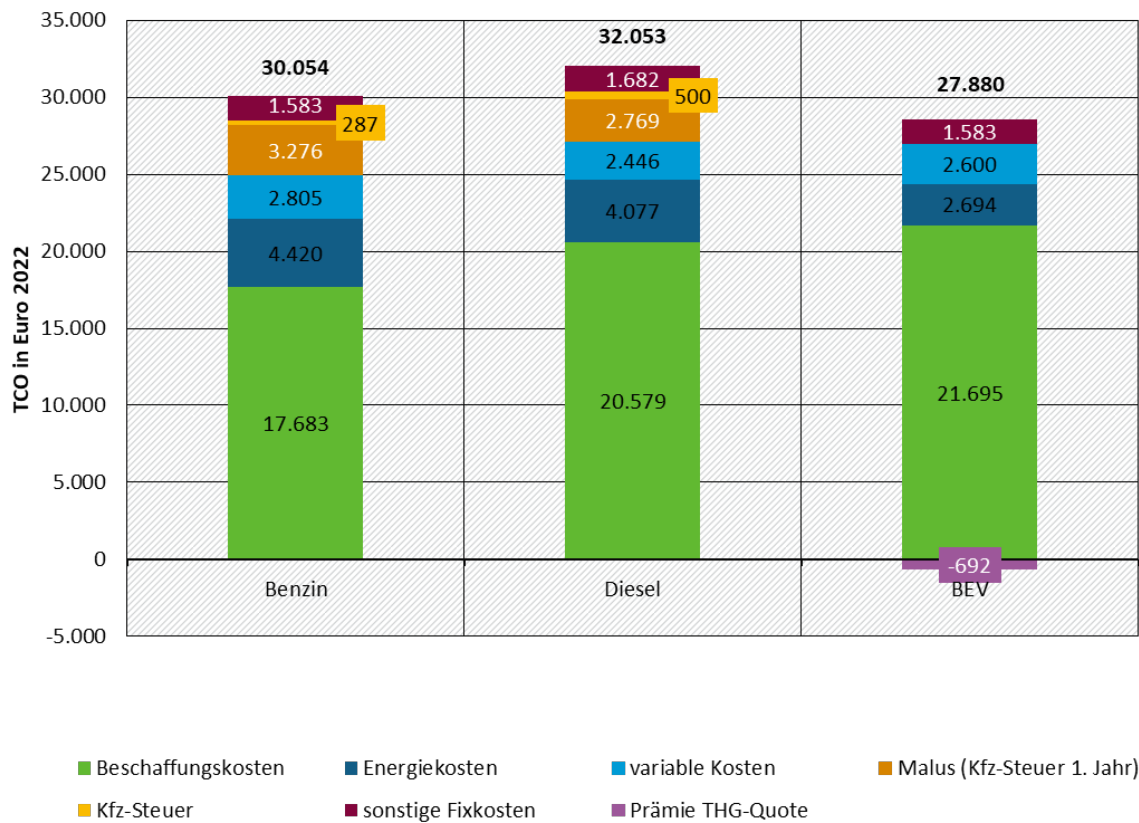
Quelle: eigene Berechnungen

Gegenüber dem MMS kann durch die zusätzlichen Maßnahmen eine deutlich beschleunigte Elektrifizierung erreicht werden. So kann im SHS bereits im Jahr 2025 ein Elektrifizierungsniveau der Neuzulassungen erreicht werden, das im MMS erst zwei Jahre später eintritt. Im Jahr 2030 fällt der batterieelektrische Anteil an den Neuzulassungen mit 83 % sogar 20 Prozentpunkte höher als im MMS aus. Durch den höheren Dieselpreis aufgrund der Angleichung der Energiesteuer sinkt der Dieselanteil nach 2025 zudem deutlich schneller als im MMS.

Abbildung 12 stellt im Rahmen einer Total-Cost-of-Ownership (TCO) Betrachtung die Gesamtkosten verschiedener Antriebe eines Pkw der Kompaktklasse mit 15.000 Kilometern Jahresfahrleistung und einer angenommenen Haltedauer von drei Jahren bei einer Neuanschaffung im Jahr 2025 dar.

³³ Andere Antriebstechnologien umfassen im Modell Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) sowie gasbetriebene Fahrzeuge (Autogas und Erdgas).

Abbildung 12: TCO-Vergleich verschiedener Pkw-Antriebe bei einer Neuanschaffung im Jahr 2025 und einer Haltedauer von 3 Jahren im SHS³⁴



Quelle: eigene Berechnungen

Neben den günstigeren Betriebskosten eines Pkw mit batterieelektrischem Antrieb ist insbesondere die eingeführte Malus-Komponente in der Kfz-Steuer bei der Erstzulassung für hoch emittierende Verbrennerfahrzeuge ausschlaggebend. Dadurch wird der Unterschied in den höheren Beschaffungskosten³⁵ gegenüber den verbrennungsmotorischen Alternativen kompensiert und das rein batterieelektrische Fahrzeug ist bereits 2025 in dieser TCO-Betrachtung die finanziell attraktivste Wahl.³⁶

Die zunehmende Attraktivität zeigt sich auch in den durchschnittlichen direkten CO₂-Emissionen der neuzugelassenen Pkw (siehe Abbildung 13). Die im Szenario wirkenden Politikinstrumente führen dazu, dass die CO₂-Emissionen der neuzugelassenen Fahrzeuge die EU-CO₂-Flottenzielwerte für Neuzulassungen übererfüllen. Das EU-Ziel von 15 % Minderung im Jahr 2025 gegenüber 2021 wird mit 16,7 % leicht übertroffen. Bis 2030 steigt die Minderung gegenüber 2021 durch die vollwirkenden Maßnahmen auf über 82 % und übertrifft die Vorgabe von 55 % deutlich. Ab dem Jahr 2035 werden nur noch CO₂-emissionsfreie Neuwagen zugelassen.

³⁴ Es handelt sich um eine Beispielrechnung. Das Ergebnis weicht je nach Fahrzeugtyp, Jahresfahrleistung und Rahmenbedingungen ab. Der Wertverlust ergibt sich aus der Differenz des Anschaffungspreises zum Wiederverkaufswert nach einer Haltedauer von drei Jahren.

³⁵ Die Beschaffungskosten umfassen den Kaufpreis des Neuwagens abzüglich dessen Wiederkaufswerts am Ende der dreijährigen Haltedauer.

³⁶ Das Neuzulassungsmodul und die entsprechende Antriebswahl in TEMPS sind nicht ausschließlich durch die TCO-Betrachtung bestimmt. Über Logit-Faktoren wird die Auswahl des jeweiligen Antriebstyps für jedes Nutzer*innenprofil mit einer Auswahlwahrscheinlichkeit versehen. Weitere Parameter wie der Ausbau der Ladeinfrastruktur werden ebenfalls mit einbezogen in die Fahrzeugwahl.

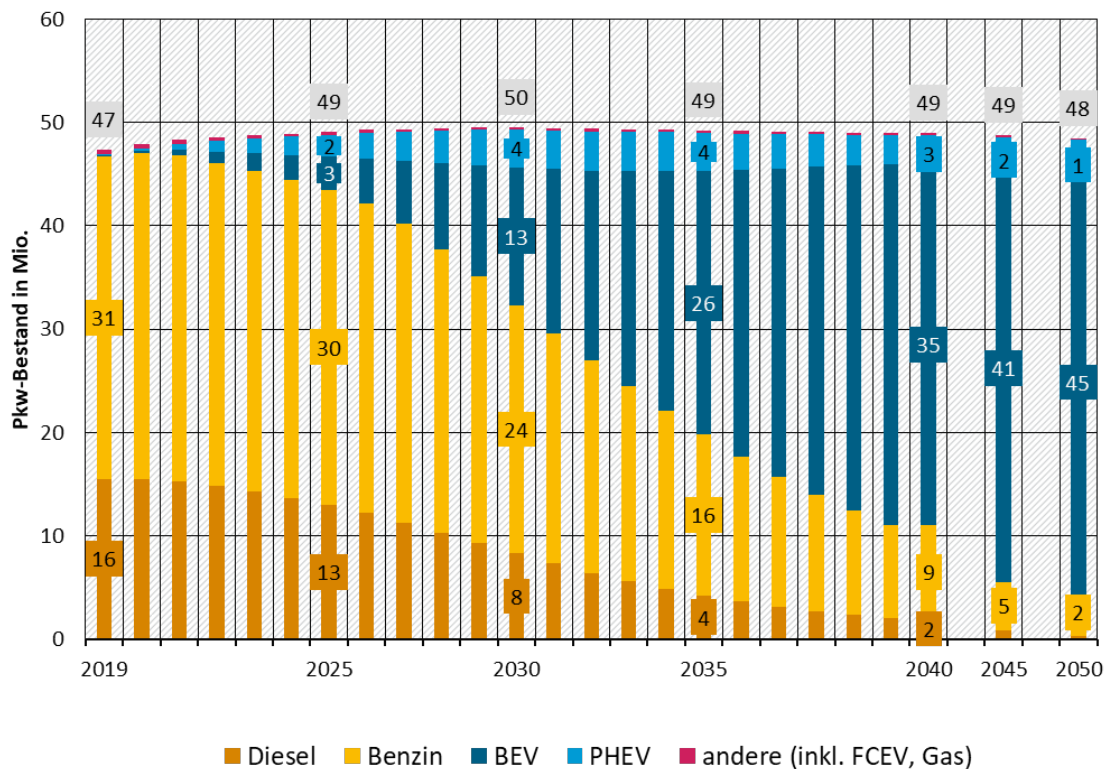
Abbildung 13: Durchschnittliche CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw im SHS



Quelle: eigene Berechnungen

Wie in Abbildung 14 dargestellt, spiegeln sich die Neuzulassungszahlen auch in der Bestandsstruktur wider. Während der Anteil von Diesel- und Benzinfahrzeugen sukzessive abnimmt, steigt der Anteil von BEV jedes Jahr an. Das Ziel der Bundesregierung von 15 Mio. BEV im Jahr 2030 wird dennoch knapp verfehlt und erst im Folgejahr 2031 erreicht. Ab dem Jahr 2035 befinden sich erstmals mehr Nullemissionsfahrzeuge im Bestand als Verbrennerfahrzeuge.

Abbildung 14: Entwicklung des Pkw-Bestands nach Antrieben im SHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

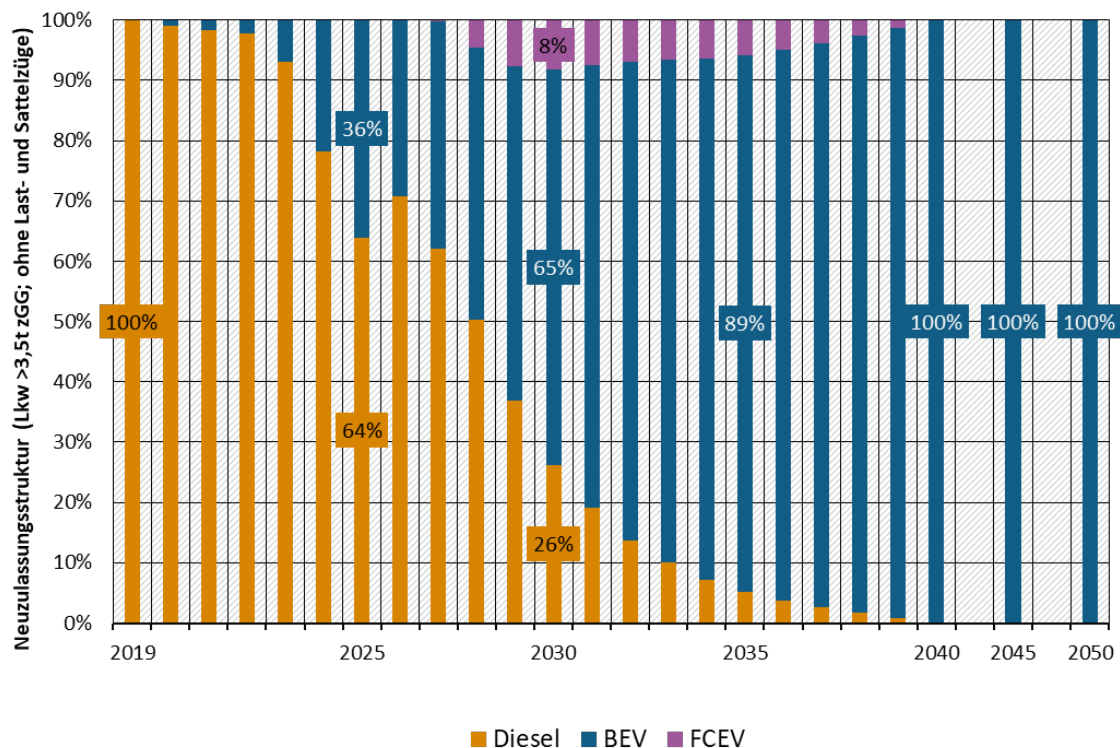
3.4.2.1.2 Lkw >3,5 t zGG (ohne Last- und Sattelzüge)

Im Straßengüterverkehr sorgen vor allem die Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Fahrzeuge und alle Straßen als auch die Einführung einer CO₂-Komponente (ab 2024) und der kontinuierlich steigende CO₂-Preis des BEHG zu einem stark ansteigenden Teil an BEV im Segment der Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) von über 3,5 Tonnen (ohne Last- und Sattelzüge). Unterstützend wirken auch die Mehrkostenförderung („Umweltbonus“) für Lkw mit alternativen Antrieben (bis 2026³⁷), der auch durch den steigenden CO₂-Preis im Straßengüterverkehr indirekt geförderte Ausbau der Ladeinfrastruktur sowie das durch die angepassten CO₂-Flottenzielwerte erhöhte Angebot an emissionsfreien Fahrzeugen.

Anders als im Pkw-Bereich werden ab dem Jahr 2027 nennenswerte Anteile an FCEV zugelassen, welche im Jahr 2030 rund 8 % erreichen. FCEV werden aber bis zum Jahr 2040 aufgrund der besseren Wirtschaftlichkeit der BEV sowie der Annahme, dass eine voll ausgebaute Ladeinfrastruktur für BEV ab dem Jahr 2040 keine Nutzungseinschränkungen für BEV-Lkw mehr verursacht, wieder aus dem Markt gedrängt. Im Jahr 2030 verfügt lediglich rund ein Viertel der neuzugelassenen Lkw noch über einen Dieselmotor. Ab dem Jahr 2040 werden nur noch BEV-Lkw zugelassen (siehe Abbildung 15).

³⁷ Die zur Verfügung stehenden Mittel von 2,6 Mrd. Euro werden bis einschließlich 2026 aufgebraucht.

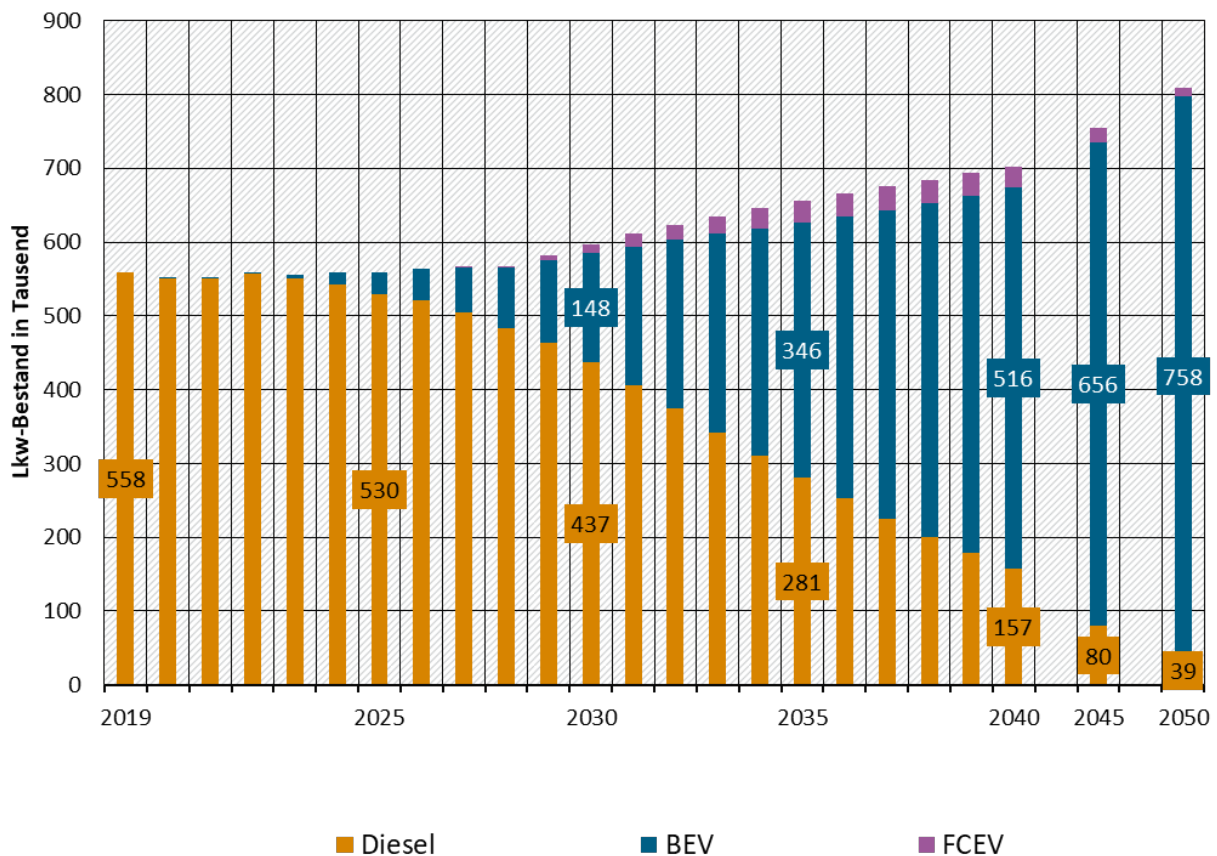
Abbildung 15: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Im Jahr 2030 beträgt der Anteil der BEV-Lkw am Bestand bereits ein Viertel (siehe folgende Abbildung). Aufgrund der kürzeren Haltedauern der Lkw gegenüber Pkw wird der Bestand schneller ausgetauscht, sodass zehn Jahre später schon drei Viertel der Lkw über einen rein batterieelektrischen Antrieb verfügen. Der Bestand insgesamt nimmt entsprechend der steigenden Verkehrsleistung im Zeitverlauf weiter zu. Last- und Sattelzüge verursachen aufgrund ihrer hohen Fahrleistung jedoch den Großteil der THG-Emissionen im Straßengüterverkehr.

Abbildung 16: Lkw-Bestand nach Antrieben im SHS, 2019-2050

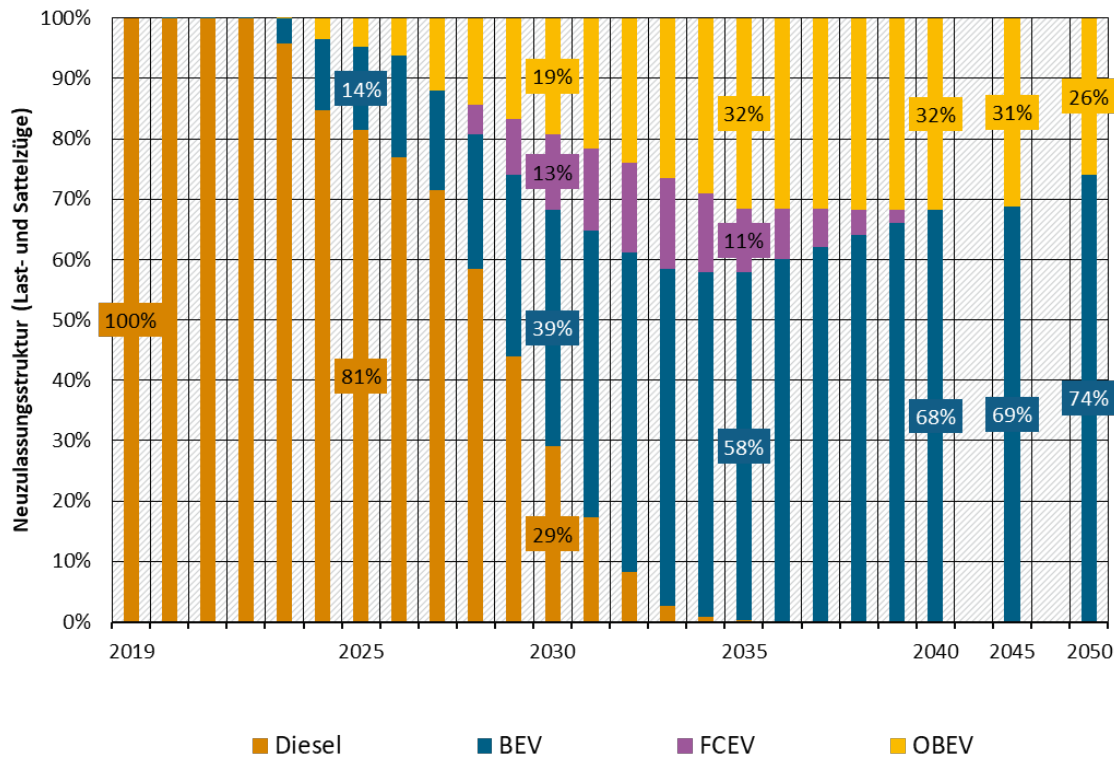


Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.1.3 Last- und Sattelzüge

Die maßgeblichen Faktoren, die die Neuzulassungen von alternativen Antrieben bei Last- und Sattelzügen vorantreiben, sind mit der Anpassung der Lkw-Maut, dem steigenden CO₂-Preis, der Kaufunterstützung von emissionsfreien Last- und Sattelzügen sowie den angepassten CO₂-Flottenzielwerten die gleichen wie bei den zuvor genannten Lkw mit einem zGG >3,5 t. Infrastrukturseitig kommt im SHS allerdings der Aufbau der Oberleitungsinfrastruktur hinzu (siehe Kapitel 3.3.3.4) und es wird ein kontinuierlicher Aufbau einer Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge angenommen, so dass ab dem Jahr 2040 keine Nutzungshemmnisse für batterieelektrische Last- und Sattelzüge mehr besteht. Im Jahr 2030 werden bei Last- und Sattelzügen, die den größten Anteil an der Transportleistung und der CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr verursachen, bereits 39 % batterieelektrische, 13 % Brennstoffzellen- und 19 % oberleitungsgebundene Last- und Sattelzüge für den Straßenverkehr neu zugelassen (siehe Abbildung 17).

Abbildung 17: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS, 2019-2050

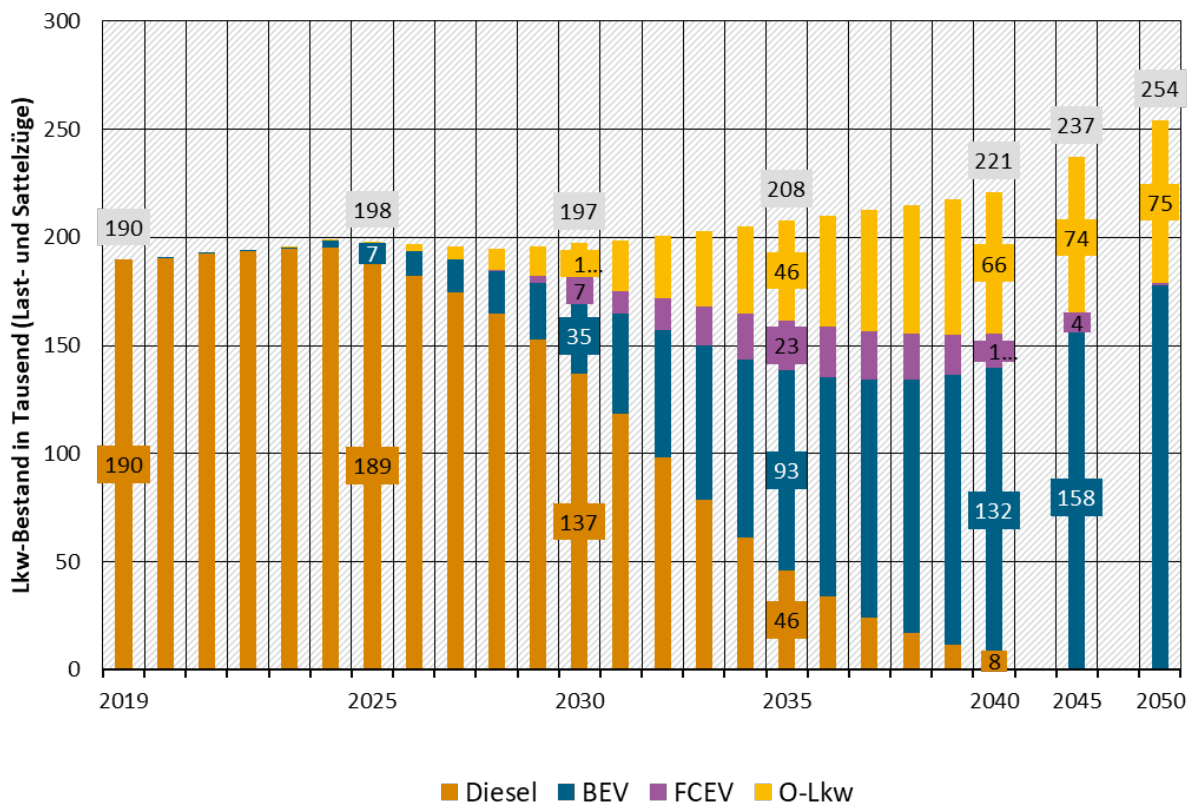


Quelle: eigene Berechnungen

Ab dem Jahr 2034 werden bereits weniger als 1 % dieselangetriebene Last- und Sattelzüge neu zugelassen. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit werden dann ab 2037 keine neuen Fahrzeuge mehr mit Verbrennungsmotor neuzugelassen. Brennstoffzellenfahrzeuge werden ab dem Jahr 2028 neuzugelassen und erreichen im Jahr 2033 mit einem Anteil von 15 % ihren höchsten Marktanteil, welcher in den Folgejahren bis 2040 kontinuierlich zurückgeht. Batterieelektrische Alternativen mit besserer Ökonomie bei kontinuierlich verbesserter Ladeinfrastruktur verdrängen ab dem Jahr 2040 vollständig die FCEV. Lkw mit Wasserstoffverbrennungsmotor wurden in der Modellierung aufgrund ihrer geringen langfristigen Marktchancen nicht berücksichtigt.

Die schnelle Marktdurchdringung der alternativen Antriebe spiegelt sich auch im Bestand wider. In den Jahren 2029 bis 2034 erhöht sich der Anteil der Nullemissionsfahrzeuge bei den Last- und Sattelzügen von 22 % auf 62 % um durchschnittlich rund 10 Prozentpunkte pro Jahr. Ab dem Jahr 2032 sind bereits mehr Last- und Sattelzüge mit alternativen Antrieben im Bestand als mit Verbrennungsmotor (siehe Abbildung 18).

Abbildung 18: Bestand der Last- und Sattelzüge nach Antrieben im SHS, 2019-2050



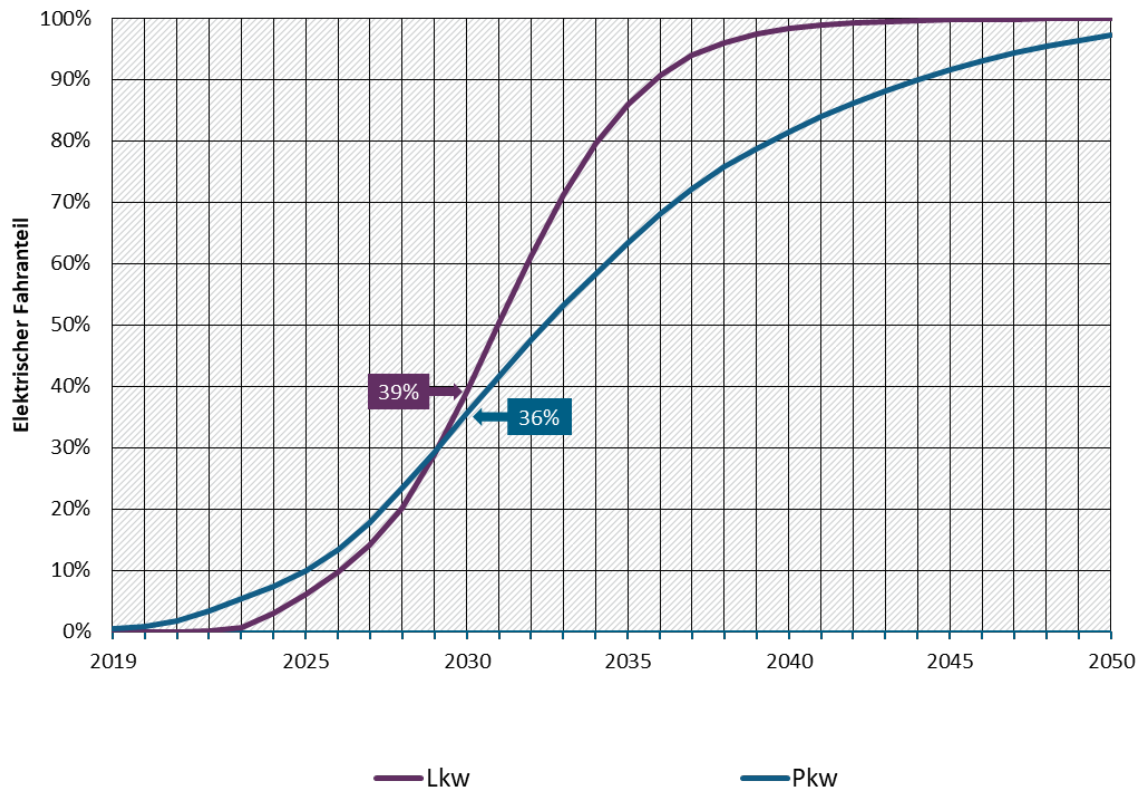
Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.1.4 Elektrische Fahranteile der Pkw und Lkw

Die kontinuierliche Elektrifizierung des Lkw- und Pkw-Bestands führt zu einem raschen Anstieg des elektrischen Fahrleistungsanteils mit emissionsfreien Antrieben (siehe Abbildung 19). Bereits im Jahr 2030 ist ein bedeutender Teil des Lkw-Bestands elektrifiziert und das Ziel des Klimaschutzprogramms 2030 (Bundesregierung 2019) von etwa einem Drittel elektrischer Fahrleistung (inklusive der Nutzung von strombasierten Kraftstoffen) im Straßengüterverkehr im Jahr 2030 wird mit 39 % (26 % BEV, 8 % O-Lkw, 6 % FCEV) ohne die Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen sogar leicht übertroffen. Im MMS des Projektionsbericht 2023 liegt der Anteil der elektrischen Fahrleistung im Straßengüterverkehr dagegen nur bei 18 %.

Der Anteil der elektrischen Fahrleistung bei Pkw liegt mit 36 % (32 % BEV, 4 % PHEV) nur geringfügig niedriger. Die elektrischen Fahranteile im Bereich der Lkw steigen auch nach 2030 schneller als bei den Pkw, da die Verweildauer der Lkw im deutschen Bestand geringer ist als bei den Pkw und somit auch schneller der Bestandswechsel zu emissionsfreien Antriebstechnologien stattfinden kann.

Abbildung 19: Entwicklung des elektrischen Fahranteils (ohne strombasierte Kraftstoffe) von Lkw und Pkw im SHS, 2019 - 2050



Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.2 Antriebstechnologien im „verzögerten Handeln“

3.4.2.2.1 Pkw

Die Anschaffungskosten eines Pkw haben den größten Einfluss auf die Wahl des Fahrzeugs bzw. des Fahrzeugantriebs.³⁸ Während im SHS bereits ab dem Jahr 2024 eine Malus-Komponente für hoch emittierende Fahrzeuge bei der Erstzulassung eingeführt wird, tritt diese im VHS erst ab dem Jahr 2027 in Kraft. Demensprechend niedriger fallen die Neuzulassungen für BEV bis zum Jahr 2027 im VHS aus. Die in beiden Szenarien geltenden CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und die längere Einführungsphase der „Malus“-Komponente beim Fahrzeugkauf mit vergleichsweise niedrigen Kosten für hoch emittierende Pkw im SHS führen dazu, dass die Unterschiede zwischen den beiden Szenarien im Jahr 2025 noch gering ausfallen, obwohl in diesem Jahr im VHS noch kein „Malus“ enthalten ist. Dies ist unter anderem auf die Notwendigkeit der Zielerreichung der Flottengrenzwerte zurückzuführen. Im VHS müssen die Pkw-Hersteller mithilfe ihrer internen Preispolitik selbst für einen ausreichenden Absatz von Nullemissionsfahrzeugen für die Einhaltung der CO₂-Flottenzielwerte sorgen.

Mit dem Inkrafttreten der Malus-Komponente in 2027³⁹ steigt der Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge an den Neuzulassungen von rund 29 % im Jahr 2026 auf 61 % in 2027⁴⁰ (siehe Abbildung 20) und nähert sich damit dem Neuzulassungsanteil im SHS an. Der im VHS bis zum Jahr 2027 nicht wirksame Malus der Kfz-Steuer im Zusammenspiel mit der verzögerten

³⁸ Vgl. siehe Abbildung 12

³⁹ Im VHS wird auf ein langsames Einphasen wie im SHS verzichtet und das Instrument wirkt dementsprechend stark direkt mit der Einführung.

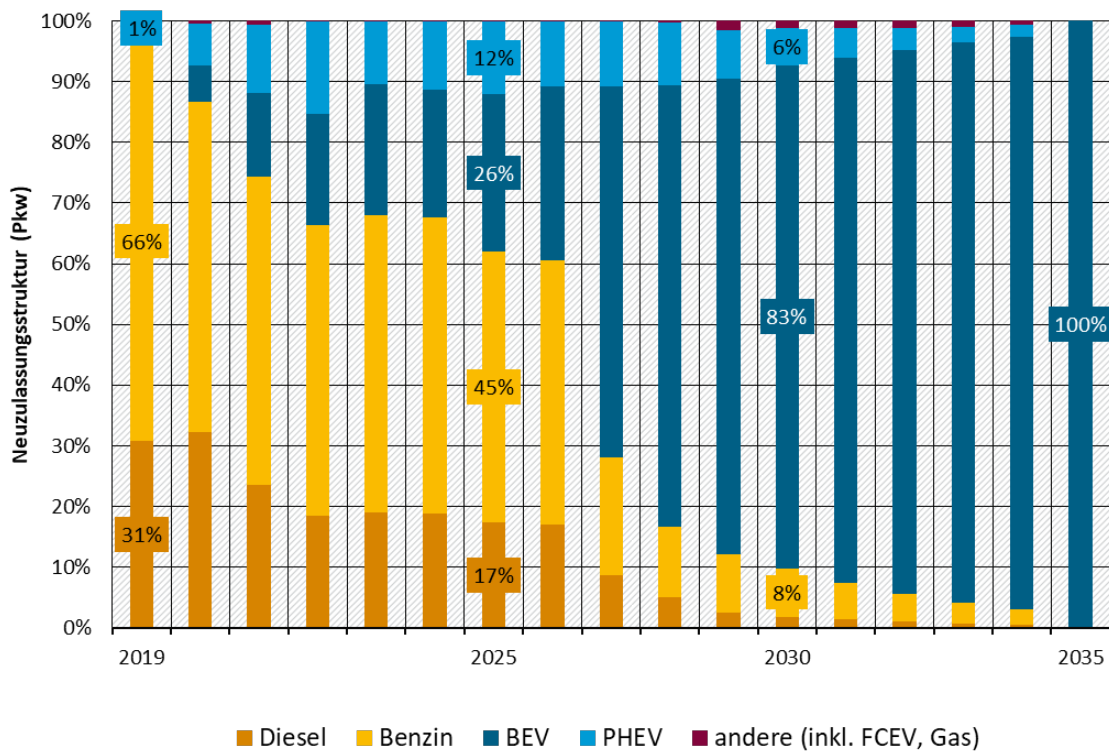
⁴⁰ Ein so schneller Anstieg der BEV-Zulassungen in Deutschland hätte als Folge, dass da Angebot an BEV-Pkw in anderen Märkten zurückgehen würde.

Anpassung der Besteuerung von Dieselmotoren im Rahmen der Energiebesteuerung führt im VHS zu leicht höheren Neuzulassungsanteilen von Diesel-Pkw gegenüber dem SHS, welcher sich ab 2027 jedoch schnell nivelliert.

In den Folgejahren bis 2030 gleicht sich der ökonomische Anreiz der Malus-Komponente und damit die Neuzulassungsstruktur der Pkw in beiden Szenarien an, sodass im Jahr 2030 in beiden Fällen rund 83 % der neuzugelassenen Pkw über einen rein batterieelektrischen Antrieb verfügen.

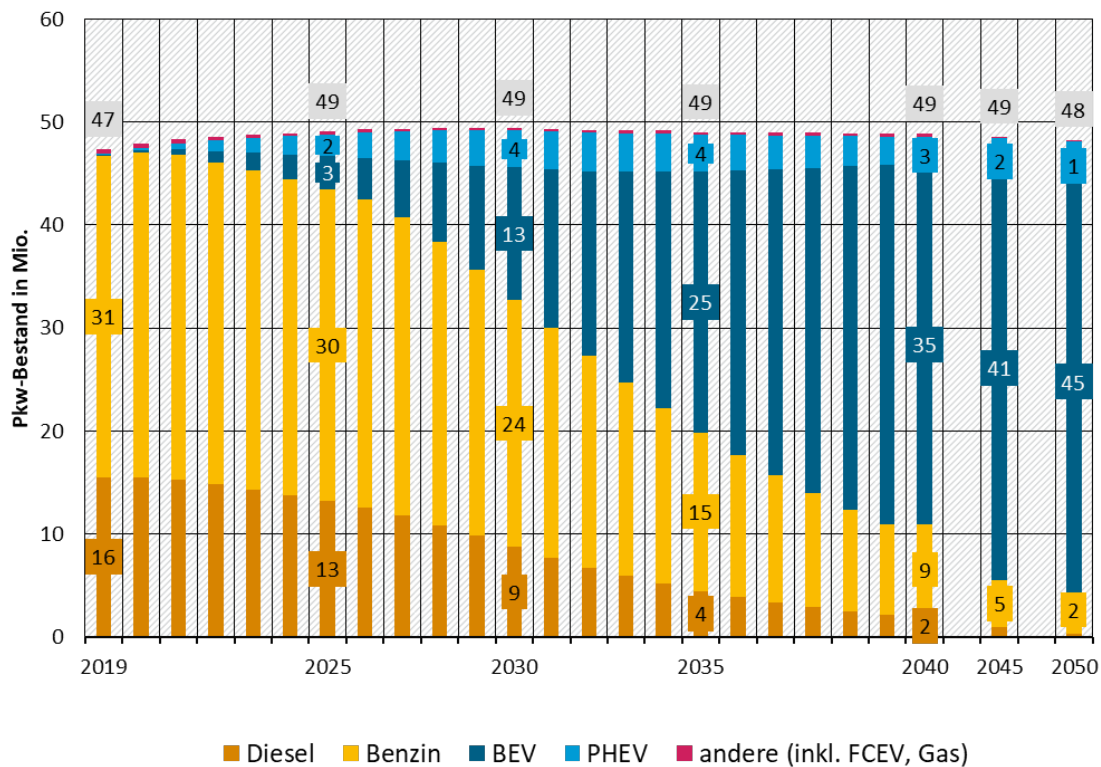
Wie auch im SHS wird im VHS das Ziel der Bundesregierung von 15 Mio. BEV im Jahr 2030 verfehlt (siehe Abbildung 21). Ab dem Jahr 2031 erhöht sich der Bestand an BEV jedoch auf 15,4 Mio. und steigt dann bis 2050 auf über 45 Mio.

Abbildung 20: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen nach Antrieben im VHS, 2019-2035



Quelle: eigene Berechnungen

Abbildung 21: Entwicklung des Pkw-Bestands nach Antrieben im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.2.2 Lkw >3,5 t zGG (ohne Last- und Sattelzüge)

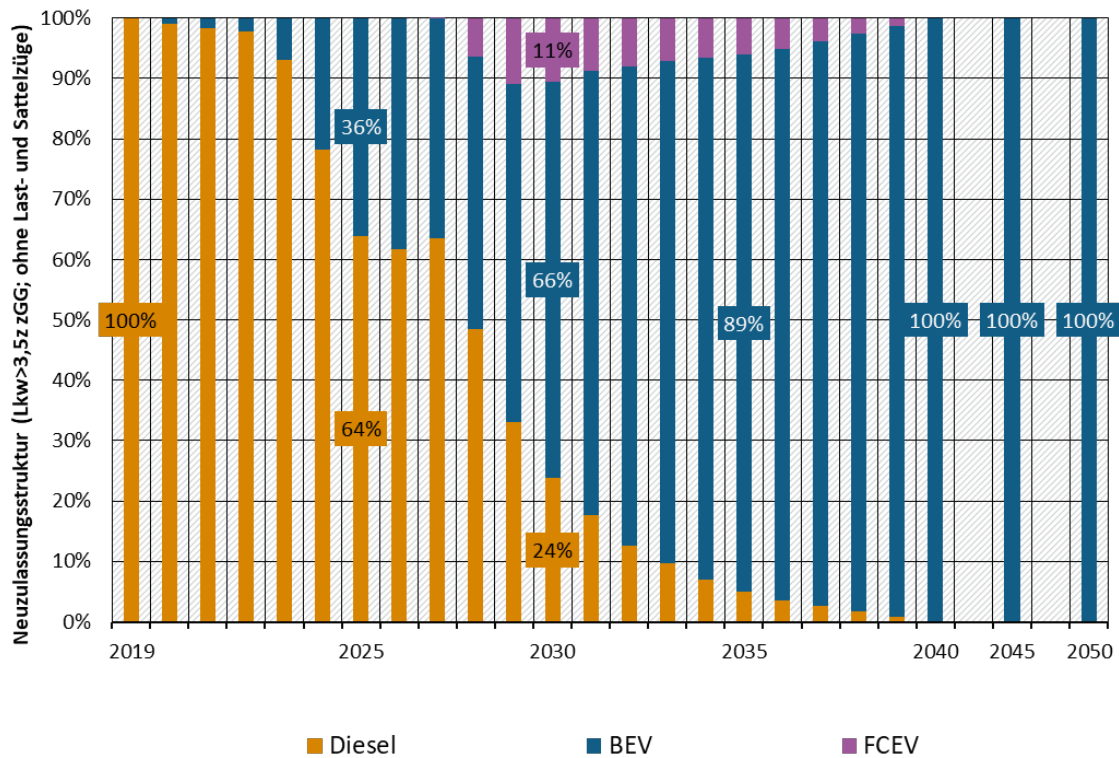
Abbildung 22 zeigt die Entwicklung der Neuzulassungen nach Antrieben für Lkw >3,5 t zGG (ohne Last- und Sattelzüge) im VHS für die Jahre 2019 bis 2050. Die verzögerte Erweiterung der Lkw-Maut erst ab dem Jahr 2025 im VHS führt zu deutlich niedrigeren Anteilen an BEV-Lkw (22 %) in 2024 gegenüber dem SHS (34 %). Mit der Mauterweiterung im Jahr 2025 im VHS springt der Anteil an BEV-Lkw auf 36 % und gleicht sich damit dem SHS an.

Die im SHS im Jahr 2027 voll wirksame Anpassung der Energiebesteuerung führt zu einem Anteil von 41 % Nullemissionsfahrzeugen. Im VHS beginnt erst im Jahr 2027 die schrittweise Einführung der Energiesteueranpassung, jedoch ist hier durch die freie Preisbildung im BEHG ein bereits um 30 Euro höherer CO₂ Preis im Vergleich zum SHS wirksam. Die Neuzulassungsstruktur entwickelt sich daher zwischen dem SHS und VHS auch nach dem Jahr 2025 sehr ähnlich, wobei bis 2027 der Anteil an Nullemissionsfahrzeugen im SHS geringfügig höher ist als im VHS.

Durch den höheren CO₂-Preis im VHS im Jahr 2030 und die vollständige Anpassung der Energiesteuer für Dieselmotoren dreht sich das Verhältnis beim Anteil der Nullemissionsfahrzeuge zwischen den Szenarien. Im VHS werden somit ab dem Jahr 2029 leicht mehr emissionsfreie Lkw als im SHS zugelassen.

In den Folgejahren gleichen sich die ökonomischen Anreize der beiden Szenarien wieder weiter an und im Jahr 2035 werden in beiden Fällen nur noch rund 5 % Diesel Lkw zugelassen. Der Anteil an FCEV-Lkw nimmt bis zum Jahr 2040 stetig ab und ab 2041 werden in beiden Szenarien nur noch Lkw mit rein batterieelektrischem Antrieb neuzugelassen.

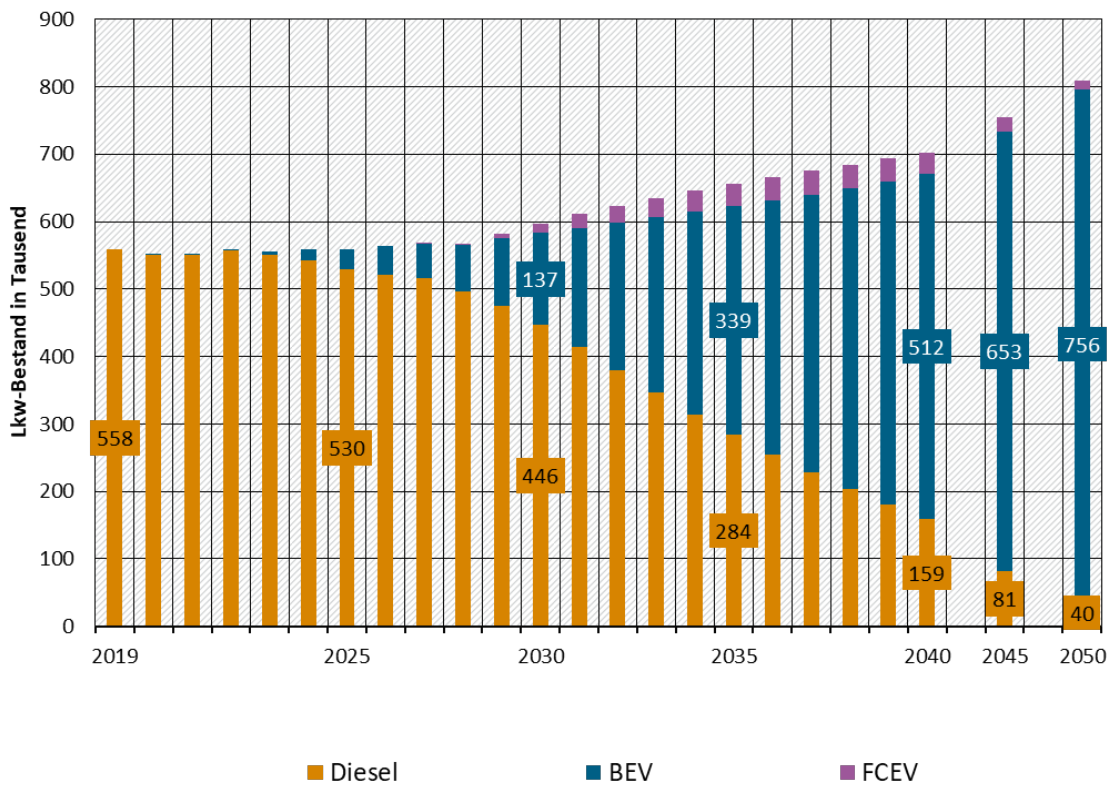
Abbildung 22: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Die Unterschiede in der Neuzulassungsstruktur der beiden Szenarien überträgt sich auch auf die Bestandsentwicklung (siehe Abbildung 23). Sie sind aber äußerst gering. Im VHS ist der Anteil an FCEV-Lkw am Gesamtbestand ab 2028 etwas höher bei gleichzeitig etwas niedrigerem BEV-Anteil. Der Bestand im VHS wird etwas weniger schnell elektrifiziert als im SHS, jedoch sind auch im Jahr 2035 bereits 57 % des Bestandes Nullemissionsfahrzeuge (2050: 95 %).

Abbildung 23: Lkw-Bestand nach Antrieben im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.2.3 Last- und Sattelzüge

Während im SHS ab 2024 mit dem Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur begonnen wird, liegt der Fokus im VHS bei den Last- und Sattelzügen auf BEV und FCEV. Der Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur ist im VHS nicht vorgesehen. In Abbildung 24 sind O-Lkw daher nicht zu finden und es zeigt sich ein stark unterschiedlicher Verlauf des Hochlaufs an emissionsfreien Lkw.

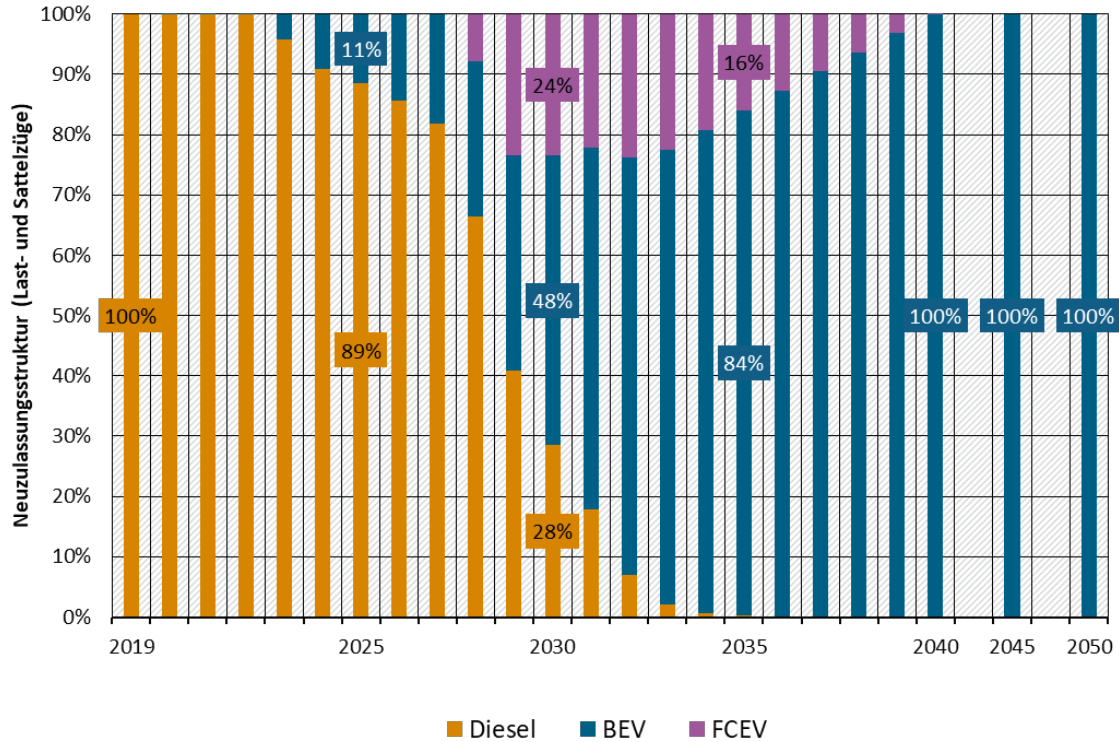
Die leicht verzögerte Einführung der CO₂-Komponente in der Lkw-Maut und die verzögerte Anpassung der Energiebesteuerung von Dieselmotoren führt neben dem nicht erfolgten Aufbau einer Infrastruktur für Oberleitungs-Lkw zu einem verzögerten Hochlauf emissionsfreier Lkw bis zum Jahr 2030. Der stark steigende CO₂-Preis des BEHG in den Jahren 2027-2030 im VHS in Kombination mit der bis zum Jahr 2030 voll implementierten Anpassung der Energiebesteuerung führen zu stark steigenden Energiekosten für fossil betriebene Diesel-Lkw.

So wird ab dem Jahr 2030 eine ähnliche Anreizwirkung für emissionsfreie Lkw erreicht wie im SHS. Ohne ausgebautes Oberleitungsnetz führt dieses Szenario jedoch mittelfristig zu deutlich höheren FCEV-Anteilen bei den Neuzulassungen für Last- und Sattelzüge im VHS gegenüber dem SHS. Im Jahr 2030 werden im VHS beispielsweise gegenüber dem SHS deutlich mehr FCEV neu zugelassen (24 % gegenüber 13 %). Gleichzeitig steigt aber auch der Anteil an BEV-Neuzulassungen gegenüber dem SHS um weitere 9 Prozentpunkte.

Der Anteil an FCEV bei den Neuzulassungen von Last- und Sattelzügen sinkt im Zeitverlauf in beiden Szenarien durch den weiteren Aufbau einer Ladeinfrastruktur für BEV bis zum Jahr 2040 sukzessiv und ab dem Jahr 2040 werden keine FCEV mehr neu zugelassen. Da keine O-Lkw zum Einsatz kommen, steigt der Anteil der BEV stetig an und erreicht im Jahr 2040 im VHS bereits 100 % bei den Neuzulassungen. Im SHS bleibt der Kostenvorteil der O-Lkw gegenüber dem BEV

für einige Routenprofile auch bis zum Jahr 2050 bestehen, so dass O-Lkw im Gegensatz zum VHS auch bis zum Jahr 2050 zugelassen werden.

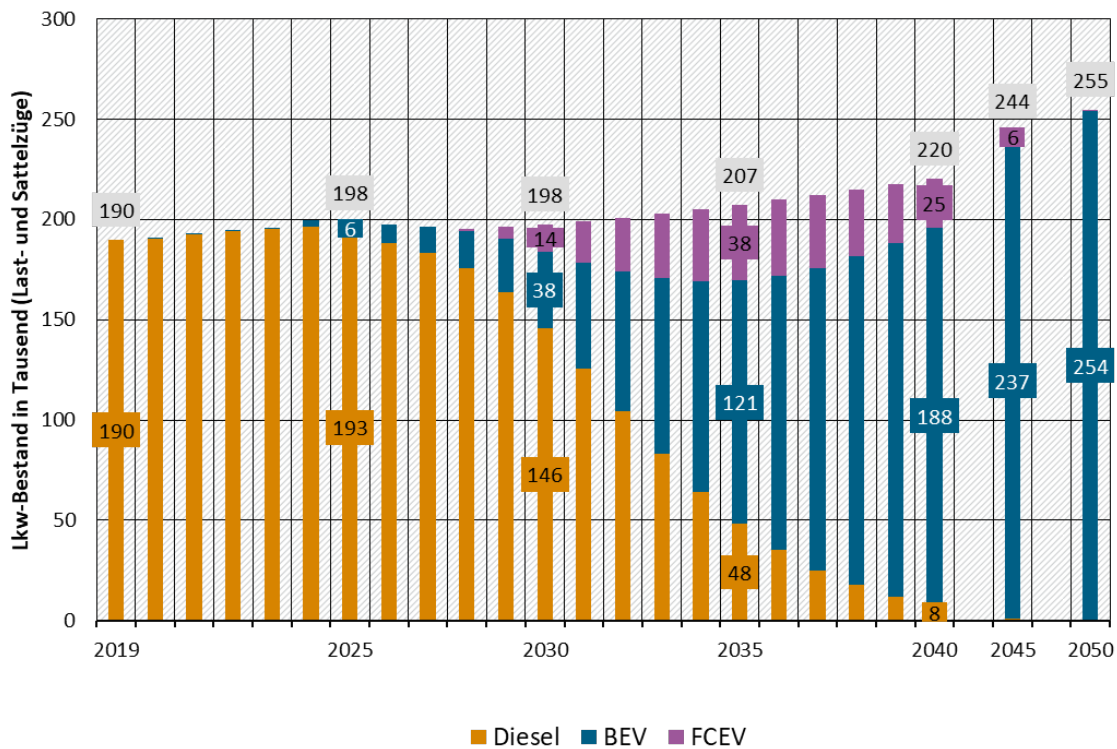
Abbildung 24: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Aufgrund der Unterschiede bei der verfügbaren Infrastruktur und der daraus resultierenden Unterschiede bei der Neuzulassungsstruktur, werden die Unterschiede auch im Bestand schnell sichtbar. Abbildung 25 zeigt die Entwicklung des Bestands an Last- und Sattelzügen im Szenario VHS für den Zeitraum von 2019 bis 2050. In Folge der kurzen durchschnittlichen Haltedauer der Fahrzeuge ist die Antriebswende bereits nach wenigen Jahren im Bestand sichtbar. Die Elektrifizierung verläuft zunächst zwar leicht langsamer als im SHS; im Jahr 2035 sind aber in diesem Szenario bereits über drei Viertel des Bestands an Last- und Sattelzügen elektrifiziert.

Abbildung 25: Lkw-Bestand nach Antrieben (Last- und Sattelzüge) im VHS, 2019-2050

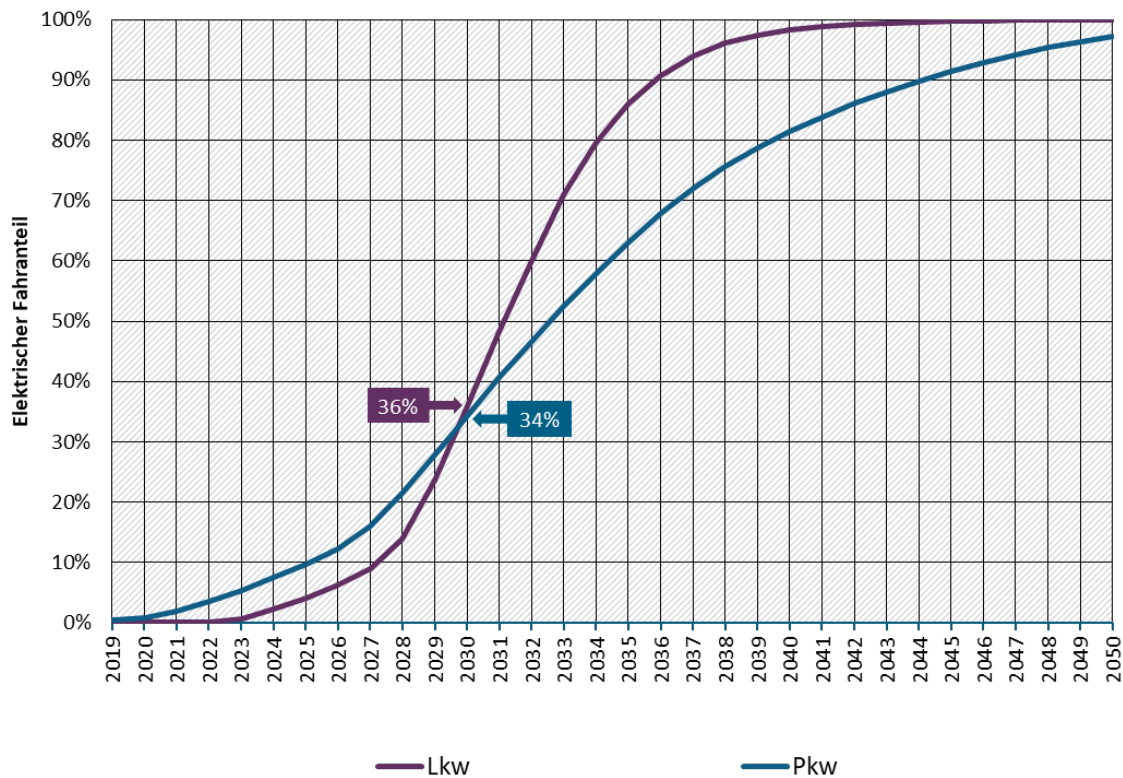


Quelle: eigene Berechnungen

3.4.2.2.4 Elektrische Fahranteile der Pkw und Lkw

Im VHS wird das Ziel von einem Drittel elektrischer Fahrleistung im Straßengüterverkehr im Jahr 2030 wie im SHS ohne die Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen mit einem Anteil von 36 % erreicht und minimal übertroffen (siehe Abbildung 26). Sowohl der elektrische Fahranteil der Lkw als auch der der Pkw (34 %) im VHS bleibt wegen der etwas langsameren Bestandsentwicklung von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen bis zum Jahr 2030 jedoch etwas unter den Anteilen im SHS (vgl. Abbildung 26: Lkw: 39 %, Pkw:36 %).

Abbildung 26: Entwicklung des elektrischen Fahranteils (ohne strombasierte Kraftstoffe) von Lkw und Pkw im VHS, 2019 - 2050



Quelle: eigene Berechnungen

3.4.3 Entwicklung des Endenergiebedarfs

3.4.3.1 Entwicklung des Endenergiebedarfs im „sofortigen Handeln“

Die Entwicklung des Endenergiebedarfs des nationalen Verkehrs von 2019-2050 ist in Abbildung 27 dargestellt.

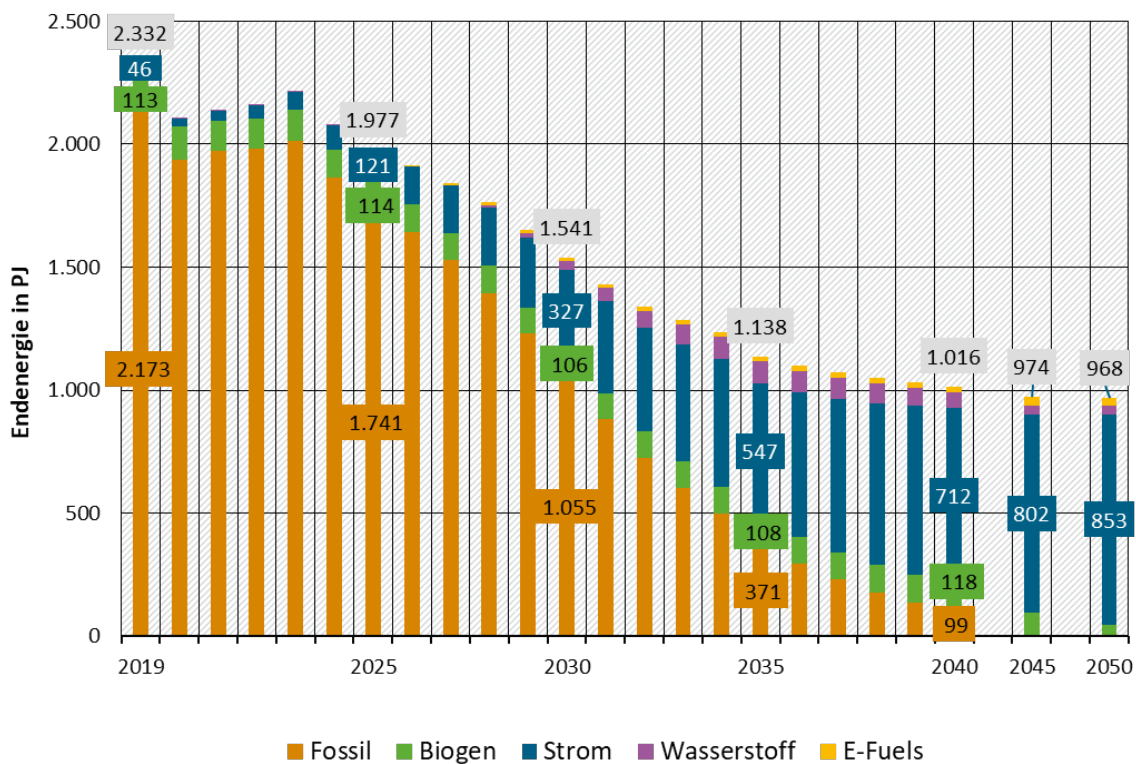
Die Verlagerung und der veränderte Fahrzeugbestand zeigen auch bei der Betrachtung des Endenergiebedarfs im Verkehrssektor Wirkung. Der Endenergiebedarf sinkt zwischen 2019 und 2030 um ein Drittel von 2.332 PJ auf 1.541 PJ, was hauptsächlich auf die erheblich höhere Energieeffizienz der Elektromobilität zurückzuführen ist. Im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 (2030: 1.933 PJ) ist dies ein relevanter Rückgang, da im MMS ein wesentlich geringerer Anteil an elektrisch angetriebenen Fahrzeugen eingesetzt wird und die Verkehrsnachfrage stärker über MIV abgedeckt wird. Bis zum Jahr 2040 beträgt der Rückgang im SHS sogar rund 56 % im Vergleich zu 2019 (1.016 PJ). Ab dem Jahr 2035 ist Strom der am stärksten nachgefragte Energieträger und es entfallen bereits 48 % des Endenergiebedarfs im Verkehr auf Strom. Im Jahr 2050 beträgt der Endenergiebedarf 968 PJ, wovon 853 PJ (88 %) auf Strom entfallen. Im Vergleich dazu liegt der Endenergiebedarf im MMS des Projektionsberichts 2023 mit 1.346 PJ (Strom: 824 PJ) knapp 40 % über dem Endenergiebedarf des SHS im Jahr 2050.

Die Menge an biogenen Kraftstoffen verändert sich bis 2040 entsprechend der Ausgestaltung der THG-Quote nur geringfügig. Es findet in dem Zeitraum zwischen 2030 und 2040 eine Umstellung von Biokraftstoffen auf Basis von Futter- und Nahrungsmitteln zu fortschrittlichen Biokraftstoffen auf Basis von biogenen Reststoffen statt (siehe Abschnitt 3.3.2.4). Mit dem

immer weiter sinkenden Bedarf an Flüssigkraftstoffen, die für die verbleibenden verbrennungsmotorischen Antriebe bei allen Verkehrsträgern benötigt wird, sinkt der Bedarf an Biokraftstoffen nach 2040 stark ab (48 PJ im Jahr 2050). Der Anteil von Wasserstoff steigt bis 2036 durch die Nutzung von Brennstoffzellen-Lkw sukzessive an und nimmt dann im Zeitverlauf mit den sinkenden Neuzulassungs- und Bestandszahlen der Brennstoffzellen-Lkw wieder ab. Der Anteil von E-Fuels am Endenergiebedarf ist gering und beträgt im Jahr 2030 über alle Verkehrsträger 3 %. Im Verlauf steigt dieser Anteil auf rund 8 % im Jahr 2050.

In absoluten Mengen liegt der Bedarf an erneuerbaren Flüssigkraftstoffen bis zum Jahr 2030 unter den Bedarfen des MMS des Projektionsberichts 2023. Dies ergibt sich aus den relativen THG-Minderungsanforderungen der THG-Quote, so dass bei niedrigerem Endenergiebedarf auch niedrigere Mengen an erneuerbaren Kraftstoffen für die Zielerreichung notwendig werden. Nach 2030 liegt der Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe (inklusive Wasserstoff) weit über dem Anteil im MMS, da die Minderungsanforderungen in der THG-Quote im SHS steigen und bis zum Jahr 2045 die Treibhausgasneutralität des Verkehrssektors über eine vollständig erneuerbare Energieversorgung des Verkehrs sichergestellt werden muss.

Abbildung 27: Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 8: Endenergiebedarf des Verkehrssektors SHS in PJ, 2019-2050

Energieträger	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Fossil	2.173	1.741	1.055	371	99	0	0
Biogen	113	114	106	108	118	98	48
Wasserstoff	0	0,4	37	90	62	37	34

Energieträger	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
E-Fuels	0	0,0	16	21	25	37	33
Strom	46	122	327	548	712	802	853
Summe gesamt	2.332	1.977	1.541	1.138	1.016	974	968

Quelle: eigene Berechnungen

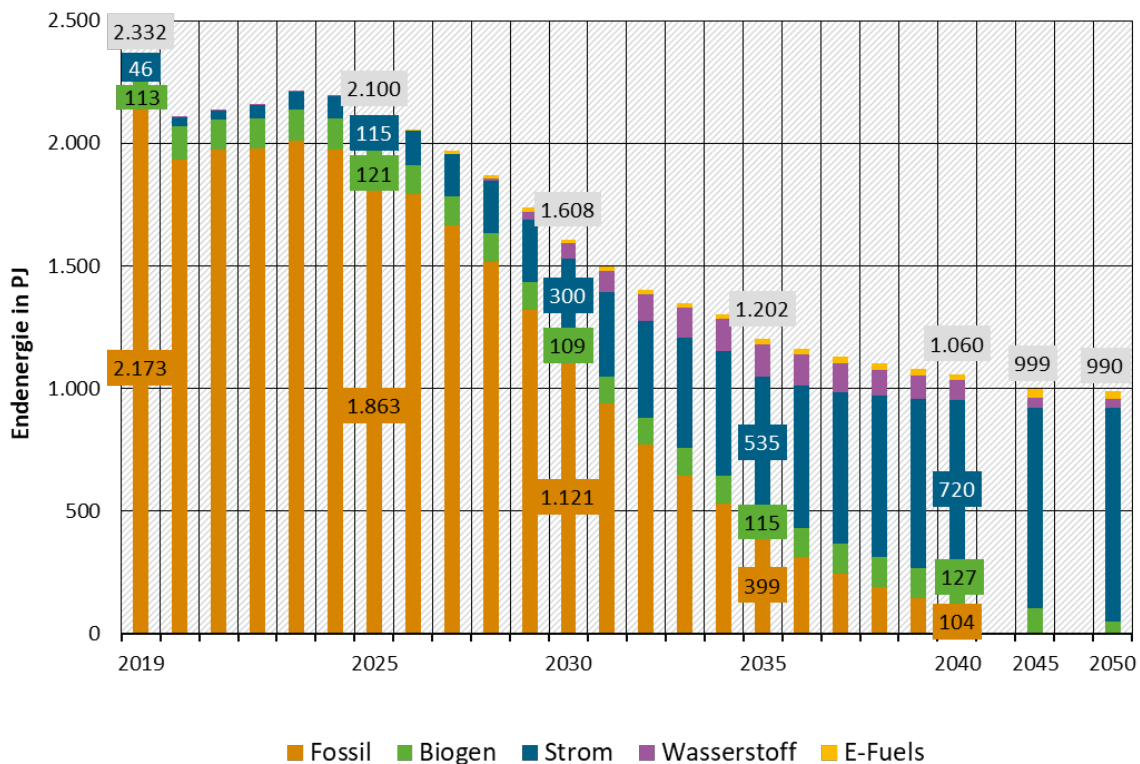
3.4.3.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs im „verzögerten Handeln“

Die zeitlich verzögerten Instrumente im VHS und die damit verzögerte Elektrifizierung des Fahrzeugbestands im Vergleich zum SHS wird in Abbildung 28 bei der Darstellung des Endenergiebedarfs des VHS deutlich.

Im VHS liegt der Endenergiebedarf im Jahr 2025 mit 2.100 PJ ca. 120 PJ höher als im SHS, wobei dieser höhere Bedarf insbesondere durch fossile Energieträger gedeckt wird. Dieser Unterschied schrumpft in den Folgejahren mit dem Inkrafttreten der anfangs verzögerten Politikinstrumente im VHS im Zeitverlauf, sodass im Jahr 2030 der Endenergiebedarf im VHS mit 1.608 PJ nur noch 67 PJ über dem SHS liegt, wenngleich der Anteil an fossilen Energieträgern im VHS etwa 2,5 Prozentpunkte über dem im SHS liegt. Unterschiede gibt es vor allem bei den Wasserstoffbedarfen. Da mehr Brennstoffzellen-Lkw zum Einsatz kommen, liegt die Wasserstoffnachfrage im VHS mit 63 PJ im Jahr 2030 68 % und im Jahr 2035 mit 131 PJ 45 % höher als im SHS.

Bis zum Jahr 2050 sinkt der Endenergiebedarf durch die zunehmende Elektrifizierung auch im VHS stark ab und der Unterschied in der Endenergienachfrage zwischen den beiden Szenarien verringert sich auf 22 PJ. Insgesamt verbleibt der Endenergiebedarf im VHS also etwas über dem Niveau des SHS, was vor allem auf die etwas geringere Verlagerung auf aktive Mobilität und Schiene sowie das Ausbleiben eines Tempolimits zurückzuführen ist.

Abbildung 28: Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im VHS, 2019-2050



Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 9: Endenergiebedarf des Verkehrssektors (ohne Sonderverkehre) VHS in PJ, 2019-2050

Energieträger	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Fossil	2.173	1.863	1.121	399	104	0	0,0
Biogen	113	121	109	115	127	103	51
Wasserstoff	0	0,4	63	131	82	42	36
E-Fuels	0	0,0	16	22	26	37	33
Strom	46	115	300	535	720	817	871
Summe gesamt	2.332	2.100	1.608	1.202	1.060	999	990

Quelle: eigene Berechnungen

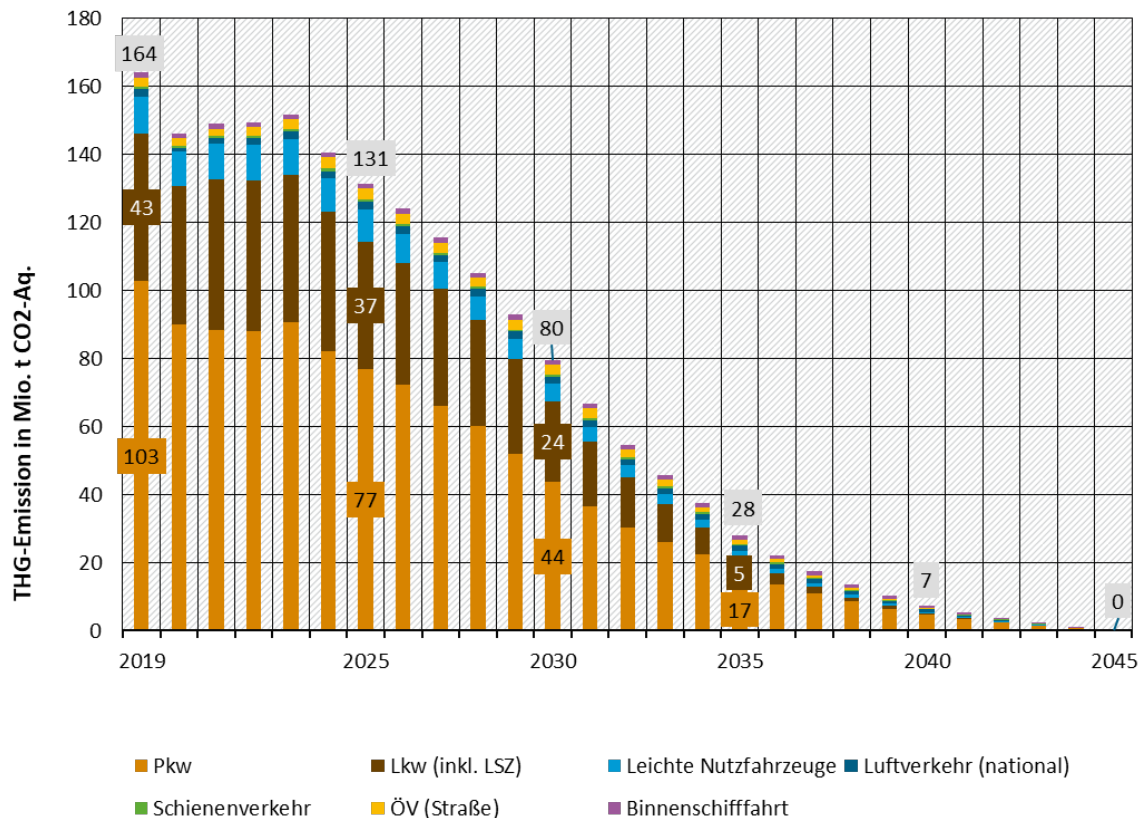
3.4.4 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

3.4.4.1 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im „sofortigen Handeln“

Abbildung 29 und Tabelle 10 zeigen die direkten THG-Emissionen des nationalen Verkehrs ohne Berücksichtigung der Vorketten der Kraftstoffherstellung bzw. der Strombereitstellung im SHS.

Durch die mit der Zeit fortschreitende Elektrifizierung im SHS nehmen auch die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor sukzessive ab. Die Emissionen gehen von anfänglichen rd. 164 Millionen Tonnen im Jahr 2019 auf knapp unter 80 Millionen Tonnen CO₂-Äq. im Jahr 2030 zurück. Damit wird das im KSG festgelegte Sektorziel von 85 Millionen Tonnen CO₂-Äq. für das Jahr 2030 im Verkehr eingehalten und sogar übererfüllt.

Abbildung 29: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS



Quelle: eigene Berechnungen

Die größte Emissionsminderung wird im Straßenverkehr erzielt. Dies ist vor allem auf den Rückgang der Verkehrsleistung im Personenverkehr sowie die starke Elektrifizierung des Pkw- und Lkw-Bestands zurückzuführen. Im Vergleich zu 2019 wird bei Pkw im Jahr 2030 eine Emissionsminderung von 59 Millionen Tonnen CO₂-Äq. und bei Lkw eine Minderung von rund 20 Millionen Tonnen CO₂-Äq. erreicht. Inklusive der THG-Emissionsminderung der leichten Nutzfahrzeuge entspricht dies für den Straßenverkehr einer relativen Minderung um knapp über 53 % bis zum Jahr 2030.

Die Emissionsminderungen der anderen Verkehrsträger (Schiene, Binnenschiff, inländischer Luftverkehr) sind in diesem Zusammenhang sowohl in absoluten als auch in relativen Zahlen von geringerer Bedeutung. Dies ist auf das grundsätzlich niedrigere Ausgangsniveau der Emissionen dieser Verkehre, was vor allem mit dem bereits hohen Elektrifizierungsgrad der Schiene und der hohen Systemeffizienz von Verkehrsmitteln des öffentlichen Verkehrs sowie der Binnenschifffahrt zu erklären ist, zurückzuführen. Auch bei der steigenden Verkehrsleistung bei fast allen der restlichen Verkehrsträger (Ausnahme: nationaler Flugverkehr) sinken die THG-Emissionen vor allem aufgrund des Einsatzes erneuerbarer Kraftstoffe kontinuierlich. Insgesamt sinken die THG-Emissionen bis 2045 auf null und der Verkehrssektor erreicht die Treibhausgasneutralität.

Tabelle 10: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS

Kategorie	2019	2025	2030	2035	2040	2045
	Millionen Tonnen CO ₂ -Äq					
Pkw	102,7	77,0	43,7	16,5	4,7	0,0
Lkw	43,4	37,3	23,7	5,0	0,4	0,0
Leichte Nutzfahrzeuge	10,8	9,5	5,2	1,9	0,4	0,0
Luftverkehr (national)	2,3	2,1	2,1	1,5	0,8	0,0
Schienenverkehr	0,7	0,9	0,5	0,5	0,2	0,0
ÖV (Straße)	2,7	3,1	3,0	1,4	0,1	0,0
Binnenschifffahrt	1,6	1,5	1,4	1,1	0,8	0,0
Gesamt	164,3	131,5	79,7	28,0	7,5	0,0

Quelle: eigene Berechnungen

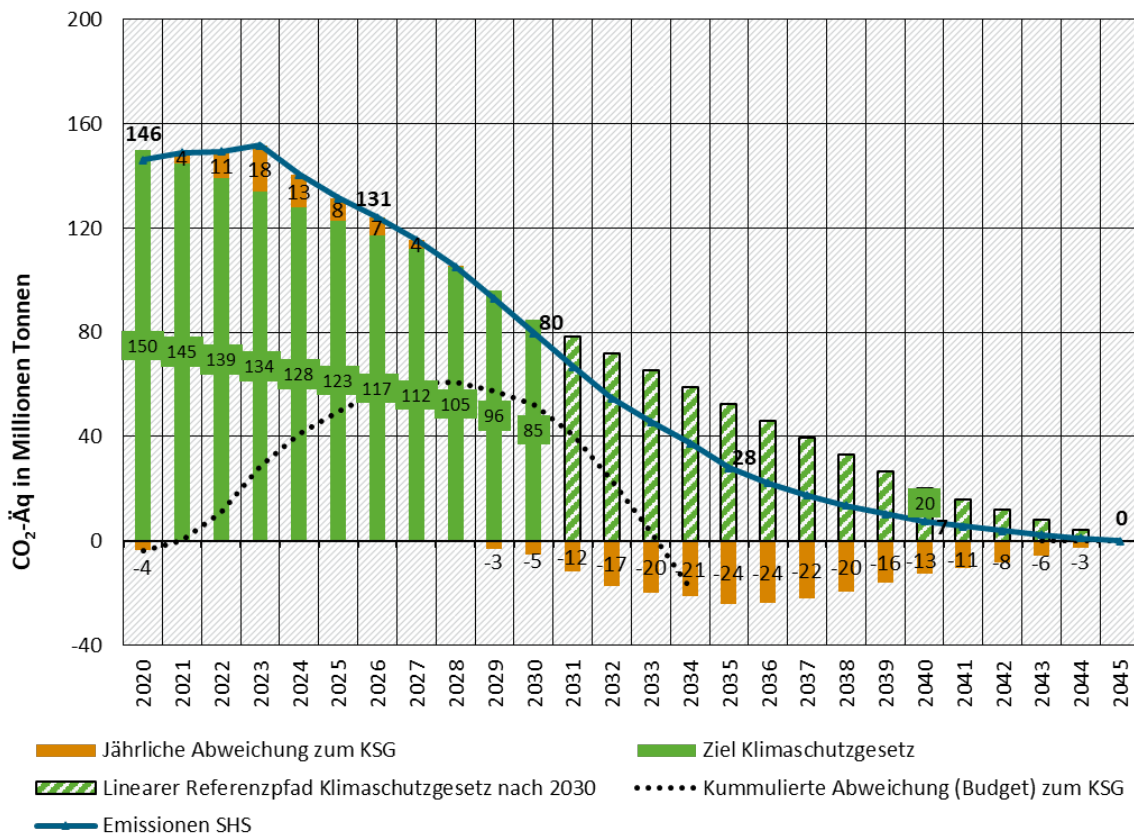
3.4.4.2 Vergleich der THG-Emissionen mit den Zielen des Klimaschutzgesetzes (SHS)

Die im KSG für den Verkehr festgelegten THG-Sektorziele werden im SHS bis inklusive 2028 kontinuierlich verfehlt. Eine Ausnahme stellt das Jahr 2020 dar. Die durch die Corona-Pandemie bedingte kurzzeitig verringerte Verkehrsaktivität im Jahr 2020 führte dazu, dass das Verkehrsziel des KSG im Jahr 2020 eingehalten werden konnte. Mit dem Abschwächen der Pandemie und der wieder angestiegenen Verkehrsaktivität wurden die Ziele in den Folgejahren mit steigender Höhe der Abweichung aber wieder verfehlt.

Abbildung 30 zeigt die THG-Emissionen des Verkehrssektors sowie die jährliche Abweichung der THG-Emissionen zu den Sektorzielen des KSG (positive Werte: Zielverfehlung; negative Werte: Zielüberfüllung). Durch die Zielverfehlung in den Jahren 2021 – 2028 ergibt sich eine kumulierte Lücke (siehe gestrichelte Linie) zu den Zielen des KSG von maximal 61 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (2028). Während die Lücke zur Zielerfüllung im KSG im Jahr 2023 noch 18 Millionen Tonnen CO₂-Äq. beträgt, verringert sich durch die Umsetzung der Klimaschutzinstrumente im SHS die jährliche Zielverfehlung mit jedem Jahr bis zur erstmaligen Zielerfüllung im Jahr 2029. Bis 2030 wird die kumulierte THG-Emissionsminderungsanforderung des KSG im Verkehrssektor jedoch um 52 Millionen Tonnen CO₂-Äq. eindeutig verfehlt. Die über die Jahre 2021 – 2028 aufgebaute kumulierte Lücke zum KSG wird erst in den Folgejahren nach 2030 mit der jeweils jährlichen Übererfüllung der Klimaschutzziele gegenüber einem linearen (fiktiven) Sektorzielpfad⁴¹ verringert und bis zum Jahr 2034 vollständig ausgeglichen (siehe gestrichelte Linie im negativen Bereich). In der Folge liegen die THG-Emissionen des Verkehrssektors unter dem linearen Zielerfüllungspfad, der für den Vergleich herangezogen wird.

⁴¹ Es wurde eine lineare Reduktion der Emissionsziele des Verkehrs im Klimaschutzgesetz von 85 auf 20 Millionen Tonnen in 2040 (-88 % gegenüber 1990) und eine weitere lineare Reduktion auf 0 Millionen Tonnen im Jahr 2045 angenommen.

Abbildung 30: THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im SHS, 2020 - 2045



Quelle: eigene Berechnungen

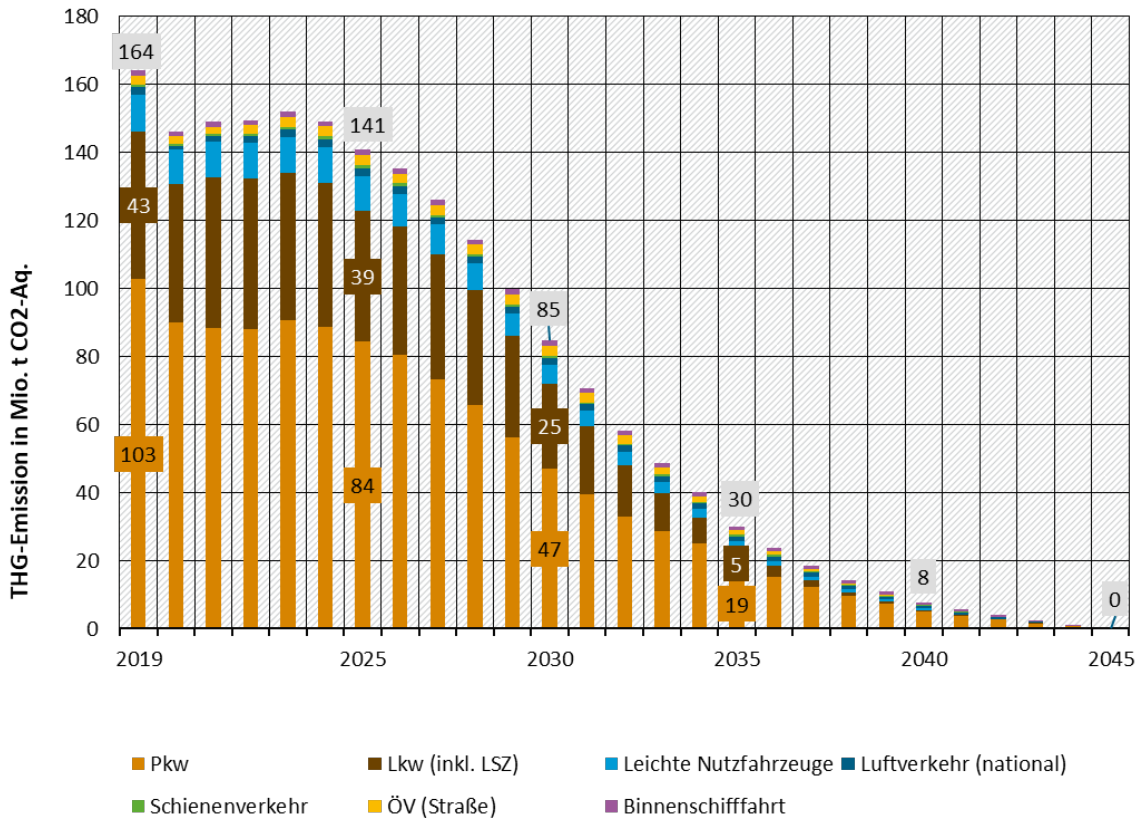
3.4.4.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen im „verzögerten Handeln“

Abbildung 31 zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen im VHS zwischen 2019 und 2045. Die Treibhausgasemissionen reduzieren sich von anfänglich etwa 164 Millionen Tonnen im Jahr 2019 auf 85 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Jahr 2030. Somit wird das im Klimaschutzgesetz festgesetzte Sektorziel für den Verkehrssektor von 85 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten für das Jahr 2030 im Verkehr knapp erreicht.

Sowohl der Bestand an Pkw als auch Lkw werden im VHS langsamer elektrifiziert als im SHS. In Kombination mit der geringeren Verlagerung auf den Umweltverbund, insbesondere in den Jahren vor 2030, verweilen die Emissionen im VHS aus diesem Grund bis zur Mitte der 2030er Jahre auf einem teilweise deutlich höheren Niveau als im SHS. Wie auch im SHS wird die größte Minderungswirkung im Straßenverkehr erzielt.

Zwischen 2035 und 2045 gleichen sich die Emissionspfade der beiden Szenarien sukzessive an. Das VHS erreicht ebenfalls Treibhausgasneutralität im Verkehrssektor im Jahr 2045.

Abbildung 31: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS



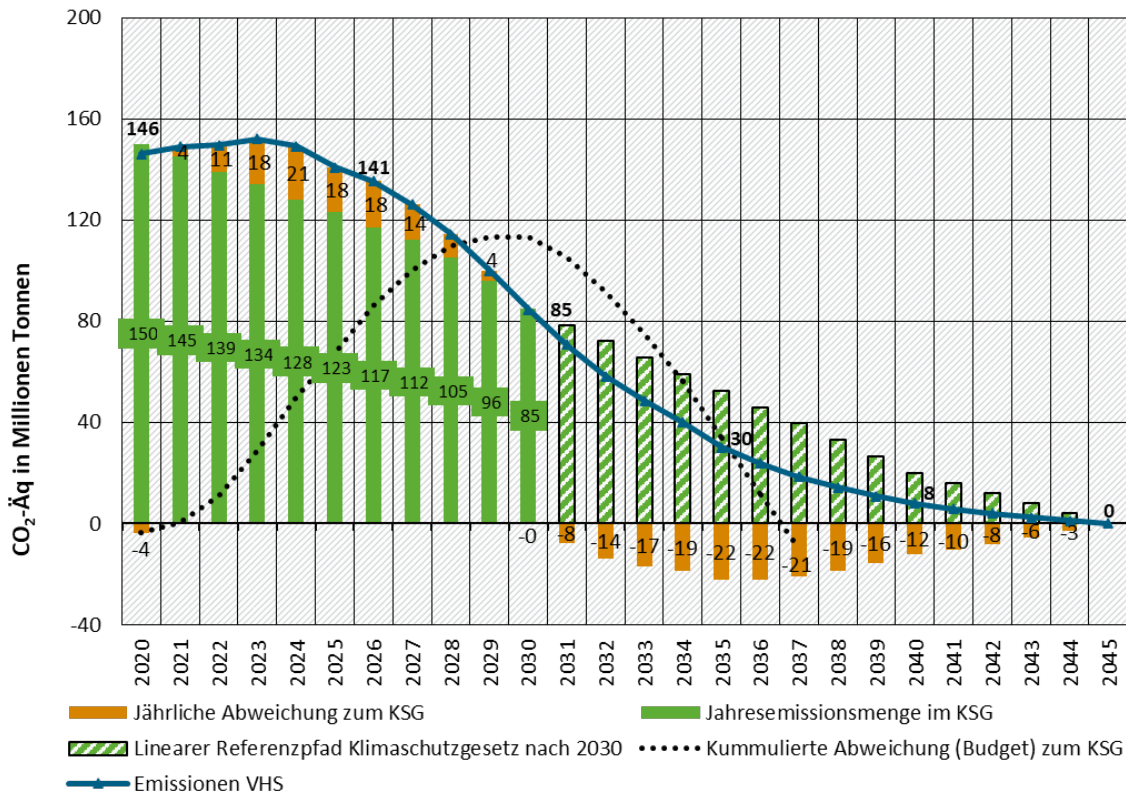
Quelle: eigene Berechnungen

3.4.4.4 Vergleich der THG-Emissionen mit den Zielen des Klimaschutzgesetzes (VHS)

Die Verzögerung bei der Implementierung von Instrumenten und die dadurch in den Jahren vor 2030 verlangsamte Elektrifizierung und zu Teilen ausbleibende Verlagerung wirkt sich auch auf die THG-Emissionen aus. Anders als im SHS steigt die kumulierte Zielverfehlung zwischen den Jahren 2021 – 2029 auf insgesamt 113 Millionen Tonnen CO₂-Äq. an (gestrichelte Linie). Die höchste jährliche Zielverfehlung liegt im Jahr 2024 mit 21 Millionen Tonnen CO₂-Äq. vor und im VHS emittiert der Verkehrssektor beispielsweise im Jahr 2027 mit 126 Millionen Tonnen CO₂-Äq. 10 Millionen Tonnen CO₂-Äq. mehr als im SHS. Das Sektorziel des KSG wird erstmals im Jahr 2030 eingehalten.

Während im SHS die kumulierte Zielverfehlung (52 Millionen Tonnen CO₂-Äq. im Jahr 2030) bereits in 2034 durch die Zielübererfüllungen ggü. den Sektorzielen des KSG und ggü. einer linearen THG-Minderungstrajektorie nach dem Jahr 2030 abgebaut ist, wird das THG-Emissionsbudget im VHS gegenüber dem linearen THG-Emissionsminderungspfad nach 2030 erst im Jahr 2037 ausgeglichen (siehe Abbildung 32). Ähnlich wie im SHS liegen die jährlichen THG-Emissionswerte in Folge unter denen der linearen THG-Emissionsminderungstrajektorie, die für diesen Vergleich für den Zeitraum nach 2030 angenommen wurde.

Abbildung 32: THG-Emissionen und kumulierte Abweichung zu den Zielen des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor im VHS, 2020 - 2045



Quelle: eigene Berechnungen

3.5 Einordnung der Szenarien Sofortiges Handeln und Verzögertes Handeln

Mit den beiden Szenarien SHS und VHS liegen zwei sehr ambitionierte Klimaschutzszenarien für den Verkehrssektor vor, mit denen die THG-Emissionsziele des Verkehrssektors für den Zeitraum bis zum Jahr 2030 in Summe zwar nicht eingehalten werden (THG-Emissionsbudget), jedoch eine ambitionierte Trendwende hin zu einer klimafreundlichen Mobilität in dem Zeitraum bis zum Jahr 2030 gestartet wird. Für eine Einhaltung der Sektorziele des KSG bis zum Jahr 2030 ist der Verkehrssektor aller Voraussicht nach hinsichtlich der dafür notwendigen Transformation strukturell zu sehr im Hintertreffen, da viele der notwendigen Maßnahmen nicht sofort umsetzbar sind bzw. erst anlaufen müssen, um ihre Wirkung zu entfalten. Der für die Verkehrswende notwendige Ausbau öffentlichen Verkehrs, mit dem eine stärkere Verlagerung auf den Umweltverbund möglich wäre, wurde in der Vergangenheit beispielsweise unzureichend vorangetrieben und die Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes verläuft langsamer als notwendig, um die Sektorziele auch in den Jahren bis 2030 zu erreichen. Die in den Szenarien gezeigte Trendwende, die im SHS ab dem Jahr 2024 und im VHS zeitlich leicht verzögert beginnt, ist jedoch die Voraussetzung, um die bis zum Jahr 2030 verfehlte THG-Emissionsminderungsleistung im darauffolgenden Zeitraum wieder ausgleichen zu können. In den beiden Szenarien zeigt sich, dass die Zielverfehlung für das THG-Emissionsbudget, welches dem Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 laut dem KSG zur Verfügung steht, in den 2030er Jahren ausgeglichen werden kann. Da die THG-Emissionen des Verkehrssektors danach sogar weiterhin unter der für diese Analyse angenommenen linearen THG-Emissionsminderungstrajektorie liegen, besteht bei ambitionierter Klimaschutzpolitik sogar die Möglichkeit, dass der Verkehrssektor vom „Problemfall“ langfristig zu einem Sektor wird, der

Klimaschutzverfehlungen anderer Sektoren ausgleicht. Die Möglichkeit ergibt sich vor allem daraus, dass die Verweildauer der Fahrzeuge im deutschen Bestand vergleichsweise kurz ist und somit auch vergleichsweise schnell ein emissionsfreier Kapitalstock aufgebaut werden kann. Ohne die in den Szenarien dargestellte Trendwende würde der Verkehrssektor – wie beispielsweise im Projektionsbericht 2023 sichtbar – auch nach dem Jahr 2030 seine THG-Emissionsminderungsziele deutlich verfehlen und der Druck für die Zielübererfüllung in den anderen Sektoren würde sich stark erhöhen.

Um diese Trendwende hinsichtlich der THG-Emissionen im Verkehrssektor zu erreichen, ist – wie in der Szenarioausgestaltung gezeigt (siehe Abschnitt 3.3) – eine Trendwende bei der politischen Rahmensetzung für den Verkehrssektor notwendig. Graduelle Anpassungen sind nicht ausreichend. Vielmehr müssen die bestehenden ordnungsrechtlichen Instrumente beibehalten bzw. ambitionierter und für einen längeren Zeitraum ausgestaltet werden. Ferner muss das Abgaben- und Steuersystem angepasst und emittierende Fahrzeuge sowie THG-Emissionen stärker bepreist werden als heute. Für die klimaorientierte Ausgestaltung der verkehrlichen und Energieinfrastrukturen müssen zusätzlich ausreichend finanzielle Mittel bereitgestellt werden.

Im Vergleich der beiden Szenarien lässt sich das Folgende festhalten:

- ▶ Das sofortige Handeln mit Instrumenten, die sofort (ab dem Jahr 2024) eine Wirkung entfalten, sorgt dafür, dass Instrumente längere Übergangsphasen besitzen und weniger stark ausgestaltet sein können. Beispiele dafür sind die längere Einführungsphase bei der Überarbeitung der Kfz-Steuer (CO₂-Emissionskomponente für die Besteuerung im 1. Jahr nach der Neuzulassung) sowie der niedrigere CO₂-Preis im SHS im Vergleich zum VHS. Andersherum lässt sich festhalten, dass je später das Handeln stattfindet bzw. je später die Instrumente wirksam werden, desto stärker die Politikinstrumente ausgestaltet sein müssen. Das Verzögern von Klimaschutzinstrumenten im Verkehrssektor führt also langfristig zur Notwendigkeit, immer schärfere Instrumente einzusetzen, wenn die THG-Emissionen im Verkehrssektor im gezeigten Maßstab sinken sollen. Das zunächst niedrigere THG-Emissionsminderungsniveau kann so aber annähernd ausgeglichen werden.
- ▶ Wenn die Politikinstrumente langfristig gleich ausgestaltet sind, nähern sich die Entwicklungen und damit auch die THG-Emissionen der Szenarien aufgrund ähnlicher Fahrzeugbestände und ähnlicher Verkehrsnachfrage langfristig auch an (nach Jahr 2035). Es bleiben jedoch weiterhin kleinere Unterschiede bestehen, die sich durch den leicht verspäteten Bestandsaufbau der emissionsfreien Technologien bzw. sich durch das Fehlen einiger Klimaschutzinstrumente im VHS (z. B. das Tempolimit) ergeben. Hinsichtlich der kumulierten THG-Emissionen stellen sich beim sofortigen Handeln auch Vorteile ein, die durch noch stärkere Klimaschutzinstrumente beim verzögerten Handeln ausgeglichen werden müssten. Über den Zeitraum 2020 – 2050 fallen im VHS beispielsweise insgesamt 81 Millionen Tonnen mehr an CO₂-Äq. an als im SHS (THG-Emissionsbudget). Sollten diese nicht über zusätzliche und hier im Szenario nicht implementierte Instrumente ausgeglichen werden, müssten diese THG-Emissionen entweder in anderen Sektoren oder über negative Emissionen ausgeglichen werden, um auf die gleiche THG-Emissionsbilanz zu kommen.

Die gezeigten Szenarien weisen darauf hin, dass für den Klimaschutz eine zielgerichtete Klimapolitik im Verkehrssektor notwendig ist. Ob CO₂-Preise in der gezeigten Höhe durch die Politik durchgesetzt und neue Klimaschutzinstrumente eingeführt werden, ist offen. Deutlich ist jedoch, dass auch auf nationaler – und nicht nur wie bisher vor allem auf europäischer Ebene – Klimaschutzinstrumente ambitioniert umgesetzt werden müssen. Die Anforderungen aus den

CO₂-Flottenzielwerten und der RED sind nicht hinreichend für die Einhaltung der Klimaschutzziele des KSG (und auch nicht der deutschen Verpflichtungen im Rahmen der EU-Klimaschutzverordnung). Der erwartbare CO₂-Preis im ETS 2 muss beispielsweise über eine nationale Regelung für höhere CO₂-Preise in Deutschland ergänzt werden und das nationale Steuer- und Abgabensystem allgemein muss so angepasst werden, dass klimafreundliche Technologien angereizt werden und Einnahmen für die Anpassung von Infrastrukturen zur Verfügung stehen.

Grundlage der Analysen sind die Vorgaben zu den THG-Emissionsbudgets des KSG. Welche jahresscharfen Zielwerte zur THG-Emissionsminderung außerhalb der Stichjahre 2040 und 2045 gesetzt werden und inwiefern sich die Jahreszielmengen insgesamt entwickeln, ist aus heutiger Sicht noch offen. Für die Analysen in dieser Studie wird nach dem Jahr 2030, anders als bei sektorspezifischen Werten bis zum Jahr 2030, ein lineares Absinken des Ziels für die THG-Emissionsminderung angenommen. Die erforderliche Emissionsminderungsentwicklung könnte für den Verkehrssektor ambitionierter ausfallen, da die ausreichend schnelle THG-Emissionsminderung in den übrigen Sektoren ebenfalls nicht sichergestellt ist. Auch weist beispielsweise ein Gutachten des Sachverständigenrat für Umwelt daraufhin, dass die THG-Emissionen in Deutschland wesentlich schneller sinken müssten, als es derzeit im KSG festgelegt ist, wenn das im Pariser Abkommen als erstrebenswerte Zielgröße festgehaltene 1,5°C-Ziel eingehalten werden soll (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2022).

4 Klimaschutz zu Ungunsten der sozialen Gerechtigkeit? Verteilungswirkungen der Zielerreichung

4.1 Verteilungsrelevante Herausforderungen ambitionierter Politikinstrumente im Verkehrssektor

Ambitionierte Klimaschutzinstrumente verfügen über eine starke ökologische Lenkungswirkung. Sie sind so ausgelegt, dass möglichst effektiv Klimaschutz betrieben wird und etwaige Ziele wie im KSG erreicht werden. Wie bereits eingangs erwähnt, unterstützen laut Umweltbewusstseinsstudie (UBA 2023a) rund 90 % der Bevölkerung die Forderung, die Wirtschaft umwelt- und klimafreundlich umzugestalten. Im gleichen Zug werden aber auch die Bedenken über die zusätzliche finanzielle Belastung geäußert: Mehr als 80 % der Befragten stimmten der Aussage zu, dass die Sorge besteht, dass die Lebenshaltungskosten durch die Klimaschutzmaßnahmen zukünftig steigen werden. Die für den Klimaschutz benötigte Lenkungswirkung ist, neben ordnungsrechtlichen Instrumenten und Förderungen, insbesondere durch preisliche Anreize erreichbar. Für die privaten Haushalte und Unternehmen mit Verbrenner-Fahrzeugen bedeutet dies vor allem, dass sie sich auf höhere Preise an der Tankstelle einstellen müssen. Was steigende Energiekosten für Sorgen bei der Bevölkerung hervorrufen, verdeutlichte die Energiekrise im Jahr 2022. Die ausgelösten Preissteigerungen für fossile Energieträger haben gezeigt, dass signifikante Preissprünge den öffentlichen Druck auf die Politik schnell erhöhen können und der Ruf nach Entlastung lauter wird. Die darauf eingeführte temporäre Absenkung der Energiesteuer oder das Aussetzen der geplanten Erhöhung des CO₂-Preises machen deutlich, dass die Durchsetzbarkeit und politische Überlebensfähigkeit von ambitionierten Klimaschutzinstrumenten von der Akzeptanz der Bevölkerung abhängig sind.⁴²

Die Gelbwestenproteste in Frankreich seit dem Jahr 2018 haben ebenfalls gezeigt, dass ambitionierte Reformen ohne soziale Ausgestaltung auf Unverständnis und Ablehnung der Bevölkerung stoßen. Eine sozialverträgliche Ausgestaltung von Klimaschutzinstrumenten kann die allgemeine Akzeptanz dieser maßgeblich beeinflussen (Bergquist et al. 2022).

Während andere Sektoren, allen voran der Energiesektor, sich bereits mitten in der Transformation zu klimafreundlichen Technologien befinden, scheint der Verkehrssektor etwas abgeschlagen: Die Emissionen im Verkehrssektor verweilen seit Jahren auf einem hohen Niveau und aktuelle Projektionen, wie der Projektionsbericht 2023 zeigen, dass die THG-Emissionen ohne weitere Instrumente auch weiter deutlich über dem im KSG anvisierten Niveau verweilen (BReg 2023b). Die in Kapitel 3: „Treibhausgasneutralität 2045: Szenariorechnungen“ beschriebenen Szenarien erreichen diese Minderung bis 2030 (SHS: 2029, VHS:2030) und gleichen die Zielverfehlungen des KSG in den folgenden Jahren (THG-Emissionsbudget) aus und stellen die Treibhausgasneutralität des Verkehrssektors ab dem Jahr 2045 sicher.

Um diese Emissionsminderung effektiv zu erreichen, sind in diesen Szenarien ambitionierte Instrumente hinterlegt, die im Zeitraum von 2024 bis 2030 dazu führen, dass die Emissionen im Verkehrssektor auf mindestens 85 Millionen Tonnen CO₂-Äq. sinken. Neben den verschiedenen Pull-Instrumenten, wie beispielsweise der Ausbau des Öffentlichen Verkehrs oder einer verbesserten Radinfrastruktur, sind vor allem die Push-Instrumente und die damit verbundenen finanziellen Anreize entscheidend für die Zielerreichung.

⁴² Vgl: Die Bundesregierung senkte 2022 die Energiesteuer auf fossile Kraftstoffe temporär, um die finanzielle Belastung für Industrie, Gewerbe und private Haushalte zu senken (Zoll 2022).

Die Kosten für klimaschädliches Verhalten steigen also, um eine Anpassungsreaktion zu forcieren. Ohne Anpassungen des Verkehrsverhaltens und der Antriebsstruktur der Fahrzeuge sind die Klimaschutzziele, wie aktuelle Projektionen zeigen, nicht erreichbar (BReg 2023b). Für einen Teil der Haushalte mögen diese finanziellen Anreize durch die Klimaschutzinstrumente dazu führen, dass sie anstelle eines neuen Verbrennerfahrzeuges einen batterieelektrischen Pkw anschaffen, ihre Fahrleistung reduzieren und nur noch die nötigsten Wege mit dem Pkw zurücklegen oder aber den Pkw ganz abschaffen. Jedoch können nicht alle Haushalte kurz- oder mittelfristig durch den Erwerb eines neuen Pkw auf Preisänderungen reagieren und die erhöhten Kosten können nicht vollends durch die Vermeidung von Wegen oder Verlagerung auf beispielsweise den Öffentlichen Verkehr abgefangen werden, weil dieser nicht vollumfänglich verfügbar oder mit höherem Zeitaufwand verbunden ist. In diesem Fall ist es für die Akzeptanz der Klimaschutzinstrumente von Bedeutung für adäquate Entlastung zu sorgen, ohne dabei die ökologische Lenkungswirkung aufzugeben.

In diesem Kapitel stehen die ökonomischen Verteilungswirkungen der in den Szenarien umgesetzten Politikinstrumenten im Fokus. Es werden die finanziellen Belastungen verschiedener Haushalte im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 analysiert und ggf. besonders stark betroffene Gruppen bzw. Haushalte werden identifiziert (Kapitel 4.2.4 und 4.2.5). Ferner werden die Szenarien untereinander verglichen und Unterschiede hinsichtlich der Verteilungswirkung identifiziert. Die Analyse fokussiert sich auf den Zeitraum von 2025 bis 2030. Sowohl im SHS als auch im VHS wird in diesem Zeitraum die Transformation durch die Einführung zentraler Klimaschutzinstrumente, wie beispielsweise der Einführung der Malus-Komponente beim Pkw-Kauf, das Ansteigen des CO₂-Preises oder aber die Anpassung der Energiebesteuerung, beschleunigt. Rückverteilungsoptionen wie beispielsweise Härtefallfonds oder aber die Zahlung eines Klimageldes werden lediglich qualitativ erörtert, fließen aber nicht in die Quantifizierung der Verteilungswirkungen der Szenarien mit ein.

Ferner erfolgt eine Detailanalyse des Ausgangszustands hinsichtlich der ökonomischen Belastung für verschiedene gesellschaftliche Gruppen (Kapitel 4.2.3) und es wird eine Avatarbetrachtung (Beispielhaushalte) durchgeführt (Kapitel 4.2.5). Hierzu werden exemplarische Beispielhaushalte und ihre mögliche Kostenbelastung in verschiedenen Situationen dargestellt.

4.2 Verteilungsanalyse der Szenarien

4.2.1 Ziel der Analyse

Ziel ist es, die in TEMPS berechneten Ergebnisse auf die Haushaltsebene zu übertragen und finanzielle Be- und Entlastungen von Haushaltsgruppen im Rahmen einer Verteilungsanalyse zu erfassen. Im Rahmen der Analyse werden die mobilitätsbedingten Kosten (bspw. Fahrzeugkauf oder Energiekosten) der Szenarien mit der Referenz (MMS) verglichen. Der Unterschied der Kosten zwischen den Szenarien, der auf die Einführung der Klimaschutzinstrumente beruht, wird folglich nach verschiedenen Haushaltsmerkmalen wie Haushaltseinkommen oder Wohnort analysiert. Anders als der Ansatz der statischen Verteilungsanalyse, bei der sich alle Haushalte genau so verhalten wie im Status Quo, werden bei der dynamischen Analyse Anpassungsreaktionen wie beispielsweise die Fahrzeugwahl und die Veränderung der Verkehrsmittelwahl bzw. der zurückgelegten Wege der Haushalte berücksichtigt. Dabei beruht der Fokus der Verteilungsanalyse auf dem Mobilitätsverhalten der Haushalte mit dem MIV. Kostenveränderungen für die Nutzung anderer Verkehrsträger werden in der Verteilungsanalyse daher nicht mit in die Analyse aufgenommen.

Neben der starken Verlagerungswirkung und der damit verbundenen sinkenden Fahrleistung des MIV ist auch eine zunehmende Elektrifizierung des Pkw-Bestandes zu beobachten. Um die Szenarioergebnisse hinsichtlich ihrer ökonomischen Verteilungswirkung einzuordnen und zu diskutieren, bedarf es einer Modellerweiterung bzw. eines zusätzlichen Modells. Das Modell TEMPS selbst kann für die Verteilungsanalyse lediglich als Ausgangspunkt und die mit dem Modell berechneten Ergebnisse als Zielgröße verwendet werden. Hierzu werden die in TEMPS berechneten Ergebnisse bezüglich des Fahrzeugbestandes, den Neuzulassungen und den Energiekosten genutzt und mit einem Haushaltsdatensatz verbunden (siehe Kapitel 4.2.2).

4.2.2 Methodik und Annahmen

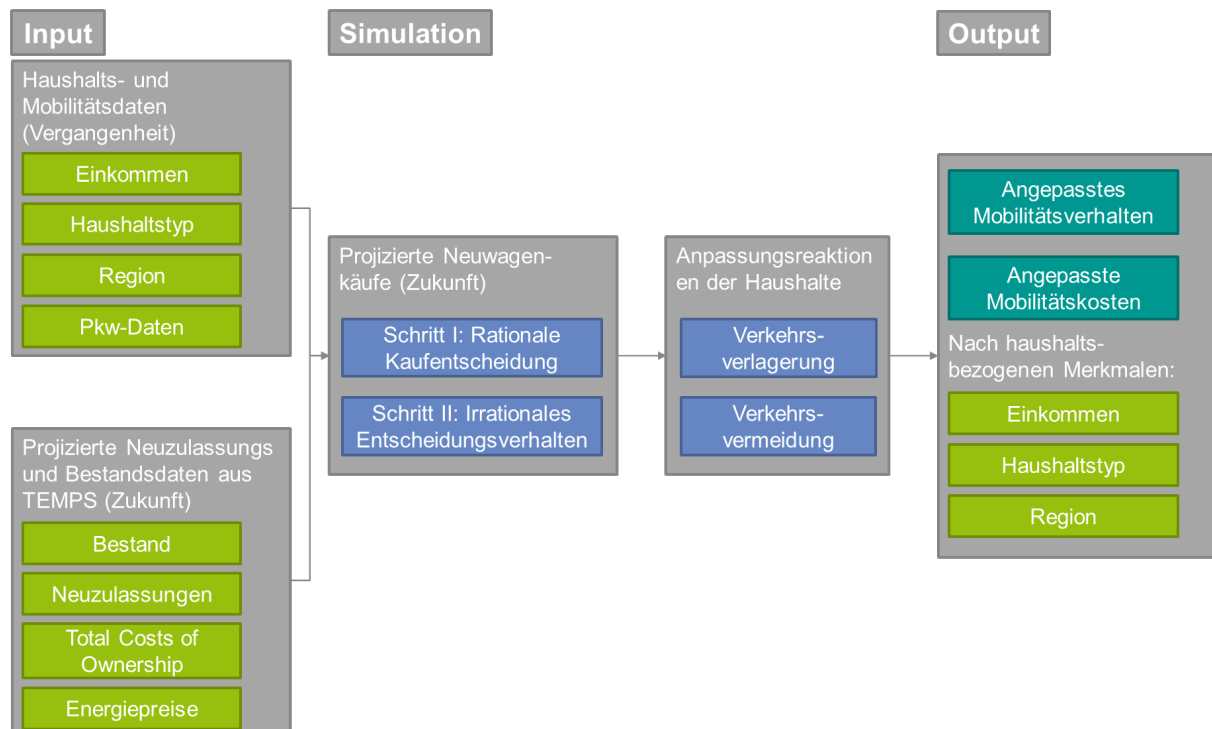
4.2.2.1 Allgemeines Vorgehen

Die Szenarioergebnisse bzw. die Verteilungswirkung des SHS und des VHS werden in Bezug zur Referenz (MMS) interpretiert. Dazu werden die folgenden Aufbereitungs- und Rechenschritte sowohl für das MMS als auch für die beiden Szenarien durchgeführt, um am Ende anhand einer Differenzbetrachtung Aussagen zu den Verteilungswirkungen der szenariospezifischen Instrumentensets formulieren zu können.

Zunächst werden die Pkw-Bestände des Haushaltsdatensatzes an die in TEMPS für die beiden Klimaschutzszenarien berechneten Pkw-Bestände des jeweiligen Jahres skaliert, um eine Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Datensätze sicherzustellen. In einem weiteren Schritt wird die durch die Instrumente kostenbedingte Verlagerungswirkung im Haushaltsdatensatz anhand von literaturgestützten Elastizitäten, welche auch in TEMPS auf aggregierter Ebene Anwendung finden, berechnet. Die daraus resultierende veränderte Verkehrsnachfrage, auf dessen Basis unter anderem die Energiekosten berechnet werden, fließt direkt in die Verteilungswirkungsanalyse mit ein.

Auf Basis des veränderten Fahrzeugbestandes und der angepassten Verkehrsnachfrage lässt sich in einem letzten Schritt dann die Verteilungswirkung der in den Szenarien hinterlegten Instrumente bestimmen.

Abbildung 33: Mikrosimulationsmodell: Dynamic Household Transport Microsimulation Model (DHOT)



Quelle: eigene Darstellung

Mit dem dynamischen Mikrosimulationsmodell **Dynamic Household Transport Microsimulation Model (DHOT)** wird die Verteilung der durch die Klimaschutzinstrumente (in SHS & VHS) induzierten Veränderungen der Mobilitätskosten auf die Haushalte in den Stützjahren 2025 und 2030 analysiert. Ausgangspunkt für die Analyse sind die Modellierungen des Fahrzeugbestands in TEMPS. In TEMPS werden die Kaufentscheidungen der Fahrzeughaltenden für jedes Szenario anhand der Vollkosten der Fahrzeugnutzung (TCO) und Logit-Faktoren geschätzt⁴³ und somit die Neuzulassungen jahresscharf projiziert (siehe Anhang A). Die Entwicklung der Fahrzeugneuzulassungen, Fahrzeugbestände, Verkehrsnachfrage und damit einhergehenden Kosten werden aufgeschlüsselt nach Fahrzeugantrieb und Fahrzeugsegment realitätsnah abgebildet.

Allerdings lassen sich in TEMPS aufgrund der hohen Aggregationsebene keine Rückschlüsse auf haushaltsbezogene Eigenschaften wie Einkommen, Haushaltstypen oder Region ziehen. Für die dynamische Verteilungsanalyse müssen daher die modellierten Fahrzeugdaten aus der Makro-Perspektive von TEMPS mit Haushaltsdaten aus der Mikro-Perspektive vereint werden. Dafür werden die Projektionen aus TEMPS in die im deutschen Mobilitätspanel (MOP) enthaltenen Haushalts- und Fahrzeugdaten integriert.

Hierfür wird das Entscheidungsverhalten der Haushalte in zwei Schritten simuliert. Im ersten Schritt wird von perfekt rationalem Handeln der Haushalte ausgegangen. Im zweiten Schritt wird diese Annahme gelockert, um teilweise ökonomisch irrationale Entscheidungen zu berücksichtigen (siehe Kapitel 4.2.2.2).

⁴³ Zusätzlich findet in TEMPS über Logit-Parameter eine Anpassung der Auswahlwahrscheinlichkeit für die verschiedenen Antriebe statt.

4.2.2.2 Datenaufbereitung

Als Grundlage für die Verteilungsanalyse dienen die Haushalts- sowie Fahrzeugdaten der Jahre 2016 bis 2021 des MOP, welche detaillierte Informationen zu Haushaltscharakteristika und Pkw-Eigenschaften bieten. Ferner wird die Mobilität in Deutschland 2017 (MiD) zur Erweiterung des Datensatzes genutzt, um detailliertere Haushaltseinkommensdaten zu erhalten. Dieser kombinierte MOP-Datensatz ist die Datenbasis für das DHoT-Modell und wird wie folgt beschrieben aufbereitet.

Im MOP sind nicht für alle Haushalte detaillierte Informationen über ihre Fahrzeuge hinterlegt. Um Datenlücken, die für die Auswertung der Verteilungswirkungen geschlossen werden müssen, zu schließen, wurden geeignete Imputationsverfahren angewandt. Dabei wird angenommen, dass die Unterschiede hinsichtlich des Fahrzeugbestandes zwischen den Datensätzen des MOP und den Daten aus TEMPS durch die fehlenden Informationen zu Fahrzeugen im MOP zustande kommen. Wenngleich beide Datenquellen repräsentativ für Deutschland sind, wurden sie für unterschiedliche Zwecke ausgestaltet. Das TEMPS-Modell wurde vor allem für die Projektion von aggregierten Emissionsberechnungen, für die Darstellung des Gesamtbestands an Fahrzeugen sehr wichtig ist, entwickelt, während die MOP-Daten vor allem Auskunft über Mobilitätsgewohnheiten aus der Haushaltsperspektive bieten. Die unterschiedlichen Hintergründe der Daten führen zwangsläufig zu Unterschieden. Die Unterschiede lassen sich mit der Imputation verringern, indem die fehlenden Fahrzeuginformationen so imputiert werden, dass die Bestandszusammensetzung im MOP an die Zusammensetzung aus TEMPS angeglichen wird. Nichtsdestotrotz werden im MOP keine reinen gewerblichen Fahrzeuge abgebildet, in TEMPS jedoch schon. Daher werden die in TEMPS berechneten Neuzulassungen für die weitere Analyse so skaliert, dass sie zum Bestand im MOP ohne rein gewerbliche Fahrzeuge passen.

Die Projektion des Fahrzeugbestandes der Haushalte stellt hohe Anforderungen an den Stichprobenumfang. Zur Erfüllung dieser Anforderungen wird auf die letzten sechs verfügbaren Wellen des MOP (2016 bis 2021) zurückgegriffen und diese zu einem Datensatz kombiniert. Für die Haushaltscharakteristiken nehmen wir an, dass die Daten der jeweiligen Jahre repräsentativ für das Jahr 2021 sind.

Im MOP ist das Haushaltseinkommen lediglich in Einkommensgruppen vorhanden. Für die weitere Analyse und die Einteilung der Bevölkerung in Einkommensquintile werden jedoch kontinuierliche Haushaltseinkommen benötigt. Mithilfe der MiD2017 werden kontinuierliche Haushaltseinkommen anhand eines statistischen Matching-Verfahrens⁴⁴ imputiert. Für die Analyse werden die Einkommensdaten fortgeschrieben und ein reales Lohnwachstum von 1 % pro Jahr unterstellt.⁴⁵

⁴⁴ Eine kurze Beschreibung zum methodischen Vorgehen ist im Anhang (A.2) zu finden.

⁴⁵ Die durchschnittliche Lohnsteigerung wurde ausgehend von der durchschnittlichen Reallohnentwicklung zwischen 2011-2021 abgeleitet (Destatis - Statistisches Bundesamt 2023 2023).

Einteilung in Einkommensquintile

Das Bilden von Einkommensquintilen sieht eine Aufteilung der Bevölkerung in fünf gleich große Gruppen (Quintile) basierend auf ihrem Einkommen vor.

Dazu wird in einem ersten Schritt das Nettoäquivalenzeinkommen nach neuer OECD-Skala für jeden Haushalt gebildet. Es handelt sich dabei um eine Bedarfsgewichtung des Haushaltsnettoeinkommens, um die Einkommen und das damit verbundene Niveau an die Lebensqualität von Haushalten unterschiedlicher Größe miteinander vergleichbar zu machen.

Basierend auf dem Nettoäquivalenzeinkommen wird die Bevölkerung dem Einkommen nach sortiert und in fünf gleich große Gruppen unterteilt, wobei jede Gruppe 20 % der Wohnbevölkerung umfasst.

Das erste Quintil umfasst die 20 % der Bevölkerung mit den niedrigsten Einkommen, das zweite Quintil die nächsten 20 %. Das fünfte Quintil umfasst die 20 % der Bevölkerung mit den höchsten Einkommen.

Kalibrierung des Startjahres 2022

Die Projektionen mit dem DHoT -Modell setzen eine Angleichung der Pkw-Bestände unterschiedlichen Datenquellen (TEMPS und MOP) zu Beginn der Modellierung voraus. Um diese Anforderung zu erfüllen und die nach der Datenaufbereitung minimalen Unterschiede zwischen den Datensätzen zu beseitigen, wurde ein vorgelagerter Kalibrierungsschritt durchgeführt.

Mit einem geeigneten stochastischen iterativen Verfahren (siehe Anhang A.2) werden die Startbestände des Haushaltsdatensatz (MOP mit Erweiterungen aus der MiD 2017) auf die in TEMPS hinterlegten Startbestände kalibriert. Dafür wird einigen der in der Datenaufbereitung imputierten Fahrzeugen ein passender Antrieb zugeteilt, um für das Kalibrierungsjahr 2022 im Haushaltsdatensatz die gleiche Antriebsstruktur zu finden wie in TEMPS. Zunächst wird über eine Vollkostenrechnung (TCO) die „First-Best-Antriebsoption“ für die Haushalte im Haushaltsdatensatz bestimmt unter Verwendung eines iterativen Verfahrens werden darauf diejenigen Haushalte identifiziert, für die aus finanzieller Sicht (Vollkostenrechnung mit TCO) eine Second-Best-Lösung mit anderem Antrieb am nächsten an einer First-Best-Lösung liegt. Diese Zuteilung nach der „Second-Best-Lösung“ wird so lange durchgeführt bis der Bestand des DHoT -Datensatzes des Startjahres die gleiche Verteilung nach Antrieben aufweist wie in TEMPS berechnet.

Zuweisung der Neuzulassungen inkl. Antriebswahl in den Haushaltsdaten für die Jahre 2023-2030

Zunächst wird auf Basis der vergangenen Fahrzeugkäufen im MOP anhand eines Regressionsmodells eine Wahrscheinlichkeit bestimmt, dass ein Haushalt sich für den Kauf eines neuen Fahrzeuges entscheidet. Die Wahrscheinlichkeit richtet sich dabei nach den ökonomischen und anderen Haushaltsmerkmalen (z. B. Haushaltsgröße, Einkommensgruppe, Bildungsstand). Die Zuweisung von Neuzulassungen im Haushaltsdatensatz findet in Folge auf den Neuzulassungszahlen aus TEMPS statt.

Die Projektion der Antriebswahl der Haushalte erfolgt dafür in zwei Stufen. Im ersten Schritt wird angenommen, dass Haushalte perfekt ökonomisch rational handeln und ihre Entscheidung für ein bestimmtes Fahrzeug anhand der zu erwartenden Gesamtkosten (TCO - Total Costs of Ownership) treffen. Haushalte wählen das kostengünstigste Modell und damit implizit den kostengünstigsten Antrieb innerhalb eines Fahrzeugsegments (klein, mittel, groß). Haushalte wählen beim Neuwagenkauf zudem wieder ihr zuvor gewähltes Fahrzeugsegment.

Die zweite Stufe beinhaltet eine Anpassung an die projizierten Bestände aus TEMPS. Dies erfolgt iterativ, analog zur Kalibrierung des Startjahres. Es wird somit berücksichtigt, dass Haushalte nicht immer perfekt rational handeln. Um robustere Ergebnisse zu erzielen und mögliche zufällig auftretende Extremwerte bei den Neuzulassungen auszuschließen, wird die Projektion mehrmals durchgeführt und die Ergebnisse gemittelt.⁴⁶

Diese zweistufige Vorgehensweise wird für jedes Jahr berechnet und somit wird der Bestand im Mikrodatsatz jahresfein mit den berechneten Beständen aus TEMPS angeglichen. Es erfolgt demnach ein sukzessiver Aufbau des Pkw-Bestandes bis zum Jahr 2030.

Anpassung der Verkehrsnachfrage

Sobald die Neuzulassungen berechnet und die Antriebsverteilung in den Haushaltsdaten der Verteilung in den Ergebnissen von TEMPS entspricht, wird die Anpassungsreaktion der Haushalte hinsichtlich der Verkehrsnachfrage berechnet. Dazu werden die Kostenunterschiede zwischen den Szenarien und dem MMS des Projektionsberichts 2023 berücksichtigt und mithilfe der auch in TEMPS hinterlegten Preiselastizität für Pkw in Höhe von -0,3 die kosteninduzierte Verlagerung und Vermeidung bestimmt (Victoria Transport Policy Institute (VTPI) 2023; Hautzinger et al. 2004). Am Ende der Kalibrierung und unter Berücksichtigung etwaiger kostenbedingter Anpassungsreaktionen steht für jeden Haushalt mit Pkw eine auf die individuellen Kosten angepasste Pkw-Fahrleistung.

4.2.2.3 Verteilungswirkung

Nach Abschluss der Kalibrierung bzw. der Angleichung des MOP-Datensatzes an die TEMPS-Kennzahlen bezüglich des Pkw-Bestands und der Verkehrsverlagerung ist es möglich die Verteilungswirkung der in den beiden Szenarien unterstellten Instrumente im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 zu berechnen, indem die Unterschiede der Kosten in den Szenarien miteinander verglichen werden. Berücksichtigt werden hierbei die Differenzen beim Neuwagenkauf, den Kilometer- und Fixkosten.

Die Analyse und der Vergleich der Kostenbelastung kann auf Basis unterschiedlicher Haushaltsmerkmale erfolgen wie beispielsweise dem Haushaltseinkommen, Wohnort des Haushaltes oder Haushaltstyp. Die beschriebene Herangehensweise lässt jedoch nur bedingt eine isolierte Analyse sehr kleinteiliger Gruppen zu. Eine detaillierte Betrachtung bestimmter Gruppen kann anhand von repräsentativen Avataren erfolgen. In diesem Fall wird die Verteilungswirkung für ein bestimmtes Set an Parametern anhand von datengestützten Beispielhaushalten für ein Beispieljahr berechnet.

4.2.2.4 Annahmen und Limitationen der Aussagekraft von DHoT

Das DHoT-Modell beinhaltet einige Annahmen, welche aber aufgrund nicht ausreichender Datentiefe und dem Sicherstellen der Handhabbarkeit des Modells notwendig sind.

Mit der Minimierung der TCO unterliegen die Haushalte einem rationalen Entscheidungskalkül. Die Annahme wird teilweise aufgelöst, indem Second-Best-Lösungen zugelassen werden und im Modell nicht alle Haushalte dieselbe Wahrscheinlichkeit haben, ein neues Auto zu kaufen. Es werden nichtsdestotrotz nur eine begrenzte Anzahl an hauptsächlich ökonomischen Faktoren für die Entscheidungsfindung der Haushalte berücksichtigt, die plausibel aber als nicht uneingeschränkt der Realität entsprechend einzuordnen sind.⁴⁷

⁴⁶ Eine ergänzende Methodikbeschreibung befindet sich im Anhang A.2

⁴⁷ Es kann beispielsweise nicht berücksichtigt werden, dass ein Autokauf häufig auch eine emotionale Entscheidung für die Käufer*innen darstellt. Anhand der genutzten TCO-Rechnung können aus finanzieller Sicht irrationale Entscheidungen, wie der

Eine zu kleinteilige Betrachtung in Bezug auf die Größe der analysierten Gruppe ist daher nicht möglich bzw. inhaltlich nicht sinnvoll, da gegebenenfalls für die Entscheidungsfindung prägende und für die Gruppe einzigartige Variablen und Informationen nicht vorliegen oder aber nicht bei der Berechnung der Neuzulassungswahrscheinlichkeit berücksichtigt wurden. Folglich wird im Rahmen der Verteilungsanalyse nur zwischen Einkommensgruppen und Regionstypen differenziert.

Explizit wird nur der Neuwagenmarkt modelliert. Veränderungen des Fahrzeugbestands in der Zusammensetzung der Fahrzeugantriebe erfolgen damit nur durch Neuwagenkäufe. Fahrzeugantriebe außer BEV, PHEV, Benzin und Diesel werden aufgrund mangelnder Relevanz bei der Verteilungsanalyse nicht berücksichtigt. Es werden auch keine Verschiebungen in den Anteilen der Fahrzeuggrößen oder generelle Haushaltsentscheidungen für oder gegen den Besitz eines (zusätzlichen) Pkw abgebildet. Die Anzahl und Größe der Fahrzeuge pro Haushalt bleiben im DHoT-Modell damit über die Zeit konstant.

Ebenfalls nicht mit aufgenommen in den Analysen, sind kostenseitige Veränderungen für die Nutzung anderer Verkehrsmittel als dem Pkw. Diese Veränderungen können durch zukünftige Erweiterungen des DHoT-Modells ergänzt werden, um somit besser als bisher die Kosteneffekte der Verlagerung auf andere Verkehrsträger abzubilden. Aus der Begrenzung der Betrachtung auf die veränderten Kosten der Pkw-Nutzung folgt, dass die gezeigten Effekte aus die Haushaltsausgaben eher als konservativ einzuschätzen sind.

Neuzulassungsstruktur in Deutschland

In Deutschland werden jährlich rund 2,5-3,3 Millionen Fahrzeuge neuzugelassen. Ein Großteil (etwa 64 %) der Fahrzeuge wird zuerst gewerblich zugelassen (KBA 2023b). Bei diesen muss jedoch differenziert werden. Eine gewerbliche Erstzulassung bedeutet nicht direkt, dass diese Fahrzeuge nur für den gewerblichen Markt bestimmt sind. Ein Großteil gewerblicher Fahrzeuge wird nur gewerblich erst zugelassen und innerhalb kürzester Zeit an private Kunden weitergegeben. So lassen beispielsweise Autohäuser (Kfz-Handel in der KBA-Statistik) Fahrzeuge für einen kurzen Zeitraum, häufig auch nur einen Tag, zu, um sie anschließend mit Rabatten weiter zu verkaufen. Ein relevanter Anteil gewerblich genutzter Fahrzeuge geht zudem nach wenigen Jahren (1-3 Jahre) nach Ablauf der Leasingdauer in den privaten Pkw-Bestand über. Daraus folgt, dass knapp 90 % des Pkw-Bestands in Deutschland von privaten Fahrzeughalter*innen zugelassen sind (KBA 2023a). Ferner sind ein Drittel der gewerblichen Neuzulassungen Dienstwagen, die Privatpersonen in den meisten Fällen auch privat zur Verfügung stehen (Agora Verkehrswende und Öko-Institut 2021) Über 90 % des Pkw-Bestands stehen also Privat-Haushalten zur Nutzung zur Verfügung.

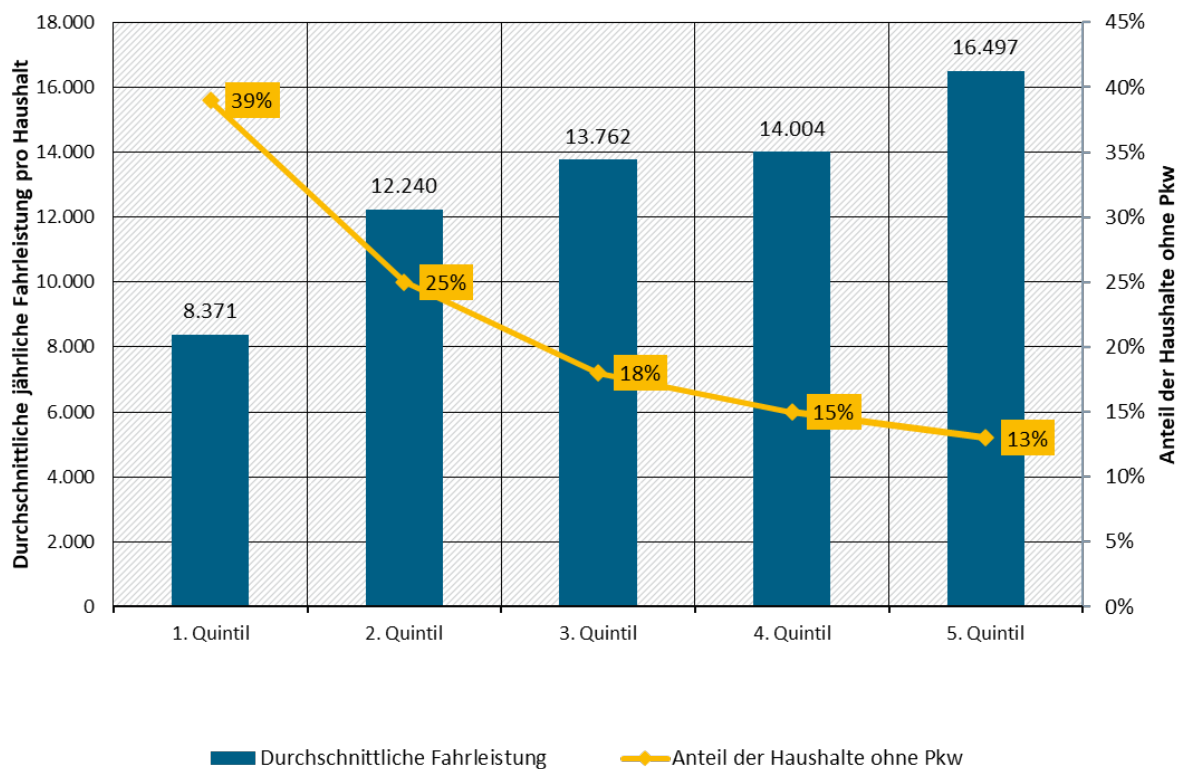
Für das DHoT-Modell wird vereinfachend angenommen, dass alle Neuzulassungen in Deutschland über die privaten Haushalte zugelassen werden und somit sofort und nicht – wie bei gewerblichen Erstzulassungen häufig üblich - mit kurzer zeitlicher Verzögerung in den Pkw-Bestand privater Halter*innen übergehen. Das Modell überschätzt also leicht die Geschwindigkeit des Aufbaus batterieelektrischer Pkw in den Privathaushalten, auch wenn zu beachten ist, dass die Erstzulassungen batterieelektrischer Pkw derzeit überproportional durch private Halter*innen stattfindet (Schaal 2023). Da der Fokus der Modellierung zudem auf der Differenzbetrachtung zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS des Projektionsberichts liegt, führt diese Ungenauigkeit der Modellierung auch nur zu geringfügigen Verzerrungen.

Erwerb eines energieineffizienten Sportwagens und die fehlende Marktverfügbarkeit bestimmter Modelle nicht abgebildet werden. Da die Modelsergebnisse aus TEMPS (siehe Kapitel 3) genutzt werden, sind solche nicht ökonomisch rationalen Entscheidungen dennoch indirekt berücksichtigt.

4.2.3 Der Status Quo im MMS des Projektionsberichts 2023

Bereits im Status Quo, der sich auf das MMS des Projektionsbericht 2023 und das Betrachtungsjahr 2023 bezieht, unterscheiden sich die Haushalte signifikant in ihrem Pkw-Mobilitätsverhalten. Abbildung 34 zeigt die durchschnittliche Fahrleistung je Haushalt⁴⁸ differenziert nach Einkommensquintilen sowie den Anteil der Haushalte je Quintil, welche über keinen Pkw verfügen. Während im ersten Quintil nahezu 40 % keinen Pkw besitzen, sinkt dieser Anteil mit steigendem Einkommen auf 13 % im fünften Quintil ab. Dementsprechend ist auch die durchschnittliche Fahrleistung je Haushalt im ersten Quintil nur etwa halb so hoch wie im obersten Quintil. Auch legen Haushalte mit einem oder mehreren Pkw bei höheren Einkommen größere Wegstrecken zurück als solche Haushalte mit niedrigeren Einkommen.

Abbildung 34: Durchschnittliche jährliche Fahrleistung und Anteil der Haushalte ohne Pkw im Status Quo, MMS des Projektionsberichts 2023 für das Betrachtungsjahr 2023



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der MOP-Daten der Jahre 2016-2021.

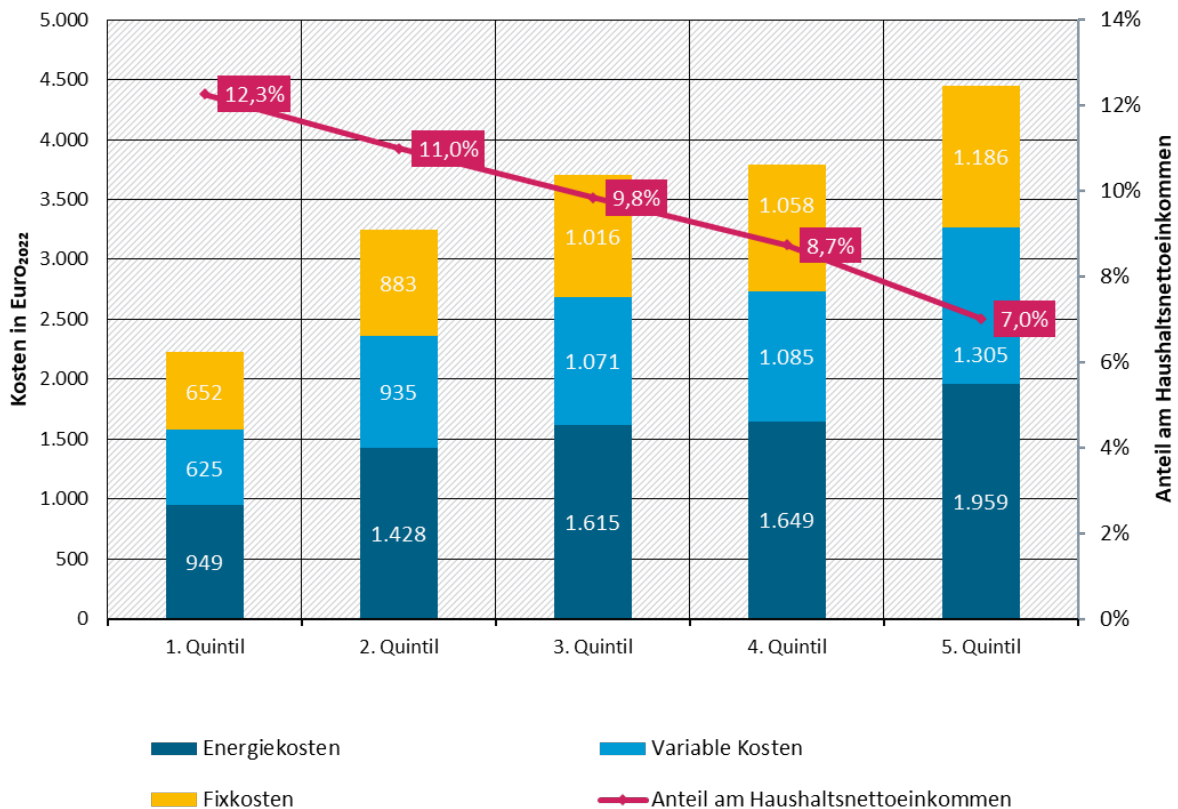
Diese signifikanten Unterschiede zwischen den Haushalten der unterschiedlichen Einkommensquintile werden bei einer Betrachtung der damit verbundenen Kosten besonders deutlich. Abbildung 35 zeigt die laufenden Pkw-Kosten im Status Quo für das Jahr 2023 differenziert nach Einkommensquintilen und aufgeschlüsselter Struktur der Kosten für alle Haushalte. Die Energiekosten umfassen die Kosten für Benzin, Diesel und Strom, die für den Betrieb der Pkw benötigt werden. Ebenfalls von der Fahrleistung der Haushalte abhängig sind die variablen Kosten, die beispielsweise Kosten für Reifen, andere verschleißbedingte Kosten und dazugehörige Reparaturkosten beinhalten. Die Fixkosten umfassen alle von der Nutzung des Pkw unabhängigen Kosten wie beispielsweise die Kfz-Steuer oder Versicherungskosten.

⁴⁸ Der angegebene Durchschnitt wurde unter Berücksichtigung von Haushalten ohne Pkw berechnet.

Die absoluten jährlichen Kosten nehmen mit steigendem Einkommen zu. Während im ersten Quintil durchschnittlich 2.226 Euro für die Pkw-Nutzung ausgegeben werden, steigen die Ausgaben auf 4.450 Euro im fünften Quintil. Dieser Unterschied ist vor allem mit dem zuvor angesprochenen Unterschied bei der durchschnittlichen Fahrleistung begründbar: im Status Quo unterscheiden sich die durchschnittlichen Kilometerkosten zwischen den Haushalten der verschiedenen Einkommensquintile nur geringfügig. Dies lässt sich auf entgegengesetzt verlaufende Effekte begründen: Haushalte in den unteren Einkommensstufen verfügen eher über kleinere (verbrauchsärmere), aber ältere (ineffizientere) Fahrzeuge, während höhere Einkommensstufen häufig zwar neuere (verbrauchsärmere) aber auch größere und höher motorisierte (ineffizientere) Fahrzeuge besitzen.

In Relation zum Haushaltsnettoeinkommen geben Haushalte im ersten Quintil 12,3 % ihres Einkommens für die laufenden Kosten der Pkw-Nutzung aus, während es im fünften Quintil nur noch 7,0 % sind.

Abbildung 35: Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2023

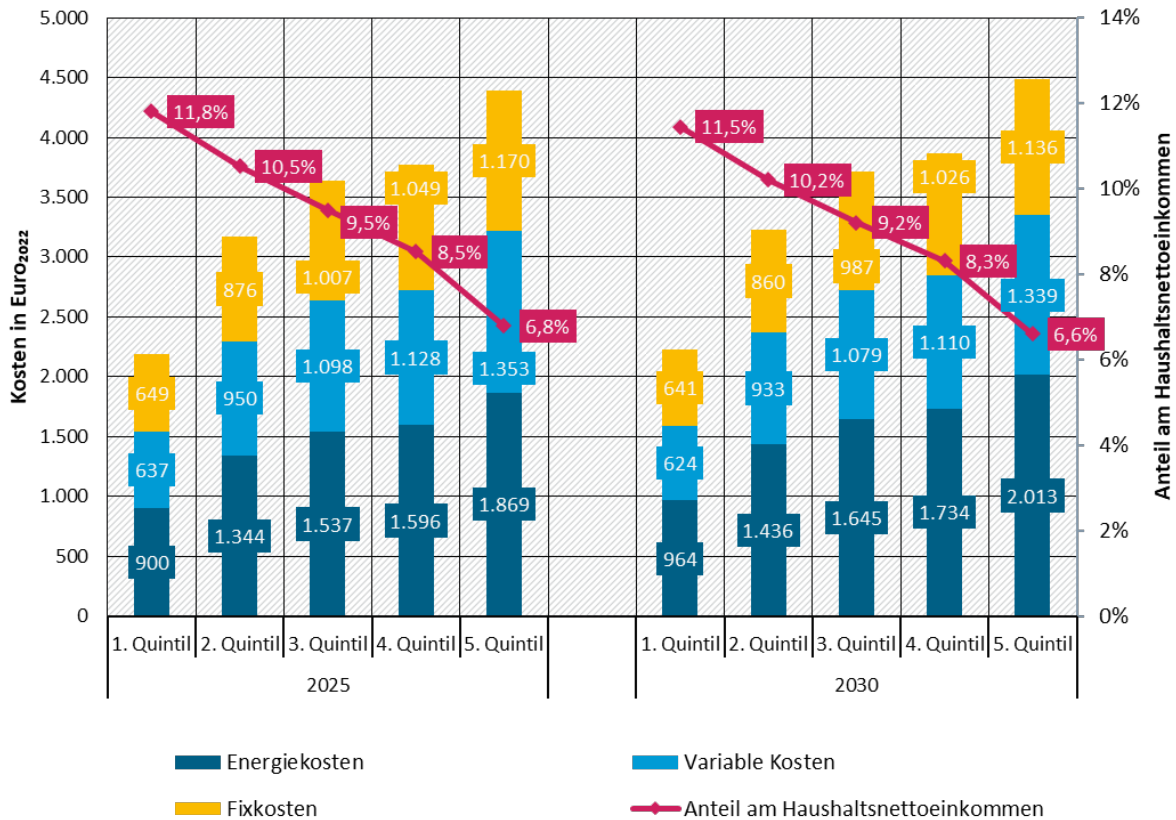


Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 36 zeigt die durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im MMS in den Jahren 2025 und 2030. Im Vergleich zum Status Quo im Jahr 2023 gibt es in den Jahren 2025 und 2030 im MMS keine großen Veränderungen der Kosten. Die Erhöhung der Kosten wird hier im Durchschnitt zu einem großen Teil durch Anpassungsreaktionen ausgeglichen, zum einen durch die Reduktion der Jahresfahrleistung und zum anderen durch die Erhöhung der Elektrifizierungsquote im Fahrzeugbestand. Die absolute Kostenbelastung liegt in Haushalten des ersten Quintils im Jahr 2025 bei 2.187 Euro und im Jahr 2030 bei 2.229 Euro und liegt damit

knapp unter beziehungsweise knapp über der Belastung in 2023. Aufgrund einer angenommenen Reallohnsteigerung von 1 % pro Jahr liegt die Belastung relativ zum Nettohaushaltseinkommen knapp unter dem Niveau vom Status Quo im Jahr 2023 mit rund 12 % im ersten und rund 7 % im letzten Quintil.

Abbildung 36: Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

4.2.4 Ökonomische Verteilungswirkung im Szenario Sofortiges Handeln

Im SHS treten bereits ab dem Jahr 2024 viele der geplanten Klimaschutzinstrumente in Kraft und entfalten direkt ihre Wirkung. Viele dieser Instrumente sind so ausgestaltet, dass sich schrittweise das Ambitionsniveau erhöht, wie beispielsweise bei der Einführung der „Malus-Komponente“ für CO₂-Emissionen beim Neufahrzeugkauf als auch der Anpassung der Energiebesteuerung von Diesel.

So wirken im Berichtsjahr 2025 im SHS gegenüber dem MMS bereits zahlreiche Instrumente auf das Mobilitätsverhalten als auch die Fahrzeugwahl der Haushalte, wenngleich noch nicht mit voller Wirksamkeit. Folgende Instrumente werden durch Preisannahmen aufgrund ihrer quantifizierbaren monetären Wirkung direkt im Rahmen der Verteilungsanalyse berücksichtigt:

- ▶ Anpassung der Energiebesteuerung
- ▶ CO₂-Preisfad des BEHG
- ▶ die Anpassung der Bestimmung der CO₂-Emissionswerte im WLTP von PHEV,

- ▶ Einführung der „Malus“-Komponente in Abhängigkeit der CO₂-Emissionen als Bestandteil der Kfz-Steuer im ersten Jahr nach der Neuzulassung
- ▶ Indirekte Preiswirkung der nationalen Umsetzung der RED (THG-Quote).

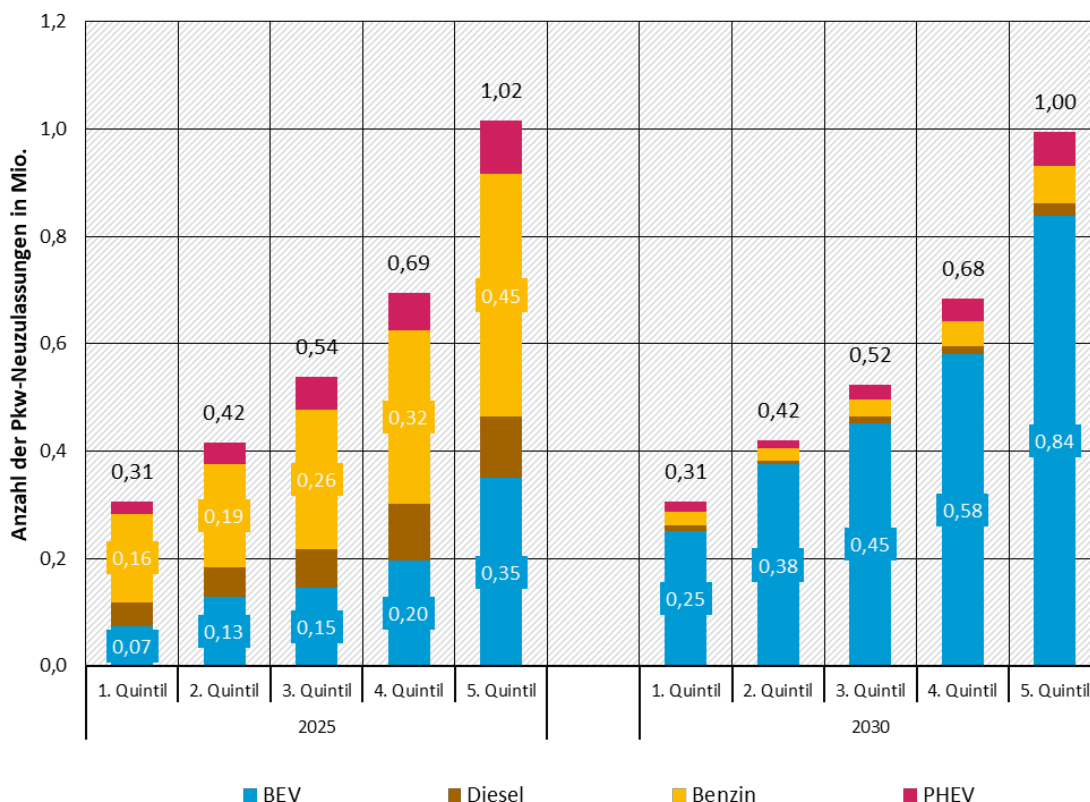
Weitere Instrumente werden indirekt über die Modellierungsergebnisse (Angaben zum Bestand und Neuzulassungen) aus TEMPS berücksichtigt, wie beispielsweise die Anpassung der Dienstwagenbesteuerung oder die Überarbeitung und Fortschreibung der CO₂-Flottenzielwerte für Pkw. Es werden alle für die Verteilungsanalyse relevanten Instrumente abgedeckt.

Im Berichtsjahr 2030 wird zusätzlich die im Jahr 2029 eingeführte fahrleistungsabhängige Pkw-Maut und ihre monetäre Wirkung direkt berücksichtigt.

4.2.4.1 Verteilung der Neuzulassungen im „sofortigen Handeln“

Abbildung 37 zeigt die Anzahl der Neuzulassungen im SHS in den Jahren 2025 und 2030. Die Neuzulassungen variieren stark zwischen den Einkommensquintilen. Die Anzahl der Neuzulassungen steigt mit dem Einkommen in den ersten vier Quintilen nahezu linear an, wogegen die Haushalte im fünften Quintil besonders viele Fahrzeuge neu zulassen. Während im ersten Quintil jeweils rund 300.000 Fahrzeuge zugelassen werden, steigt die Anzahl an Neuzulassungen im fünften Quintil auf rund 1 Mio. Fahrzeuge.

Abbildung 37: Anzahl der Pkw-Neuzulassungen im SHS nach Antrieben und Einkommensquintilen, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Im Jahr 2025 werden die Neuzulassungen noch von den Benzinfahrzeugen dominiert, wohingegen im Jahr 2030 mit großer Mehrheit nur noch BEV neu zugelassen werden. Kumuliert über die Jahre 2023 bis 2030 stellen rein batterieelektrische Pkw gefolgt von Benzinantrieben

den größten Neuzulassungsanteil unter den Neuzulassungen. Das Verhältnis der Antriebstechnologien unter den neuzugelassenen Fahrzeugen unterscheidet sich leicht zwischen den Einkommensquintilen. Im 1. Quintil werden von 2023 bis 2030 mit 1,1 Mio. Fahrzeugen ungefähr 48 % mit reinem Elektroantrieb zugelassen, während diese im 5. Quintil einen Anteil von rund 55 % haben.

Es wird deutlich, dass die Umwälzung des Bestandes in den oberen Einkommensgruppen schneller voranschreitet. Haushalte in den oberen Einkommensschichten verfügen im Jahr 2030 über einen Großteil der BEV und sind somit tendenziell weniger stark von Instrumenten betroffen, die auf die Verteuerung der Nutzung fossiler Kraftstoffe abzielen. Haushalte aus höheren Einkommensgruppen reagieren also schneller auf die neuen Antriebstechnologien und kaufen eher effiziente bzw. emissionsfreie Fahrzeuge.

4.2.4.2 Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ im Vergleich zur Referenz

Differenzbetrachtung Verteilungswirkung

Im Rahmen der Verteilungsanalyse werden die Differenzen zwischen der Referenzentwicklung (MMS des Projektionsbericht 2023) und den Szenarioergebnissen (SHS und VHS) im jeweiligen Betrachtungsjahr analysiert. Dies bedeutet, dass jeweils die Abweichung der Szenarien gegenüber der Referenzentwicklung in den Berichtsjahren 2025 und 2030 dargestellt und analysiert werden.

Abbildung 38: Abweichung der durchschnittlichen Pkw-Jahresfahrleistung im SHS nach Einkommensquintilen im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Haushalte reagieren auf steigende Kilometerpreise mit einer Verringerung ihrer Fahrleistung mit dem Pkw. Über alle Einkommensgruppen hinweg sinkt die durchschnittliche Pkw-

Fahrleistung um rund 7 % im Jahr 2025. Ausgangspunkt ist eine über die Einkommensquintile steigende Jahresfahrleistung, die im MMS über die Jahre konstant bleibt. Die durchschnittliche Jahresfahrleistung beträgt im ersten Quintil rund 8.500 km und steigt bis zum fünften Quintil auf über 17.000 km. Folglich ist die absolute Verringerung der Jahresfahrleistung im SHS in Haushalten mit höherem Einkommen deutlich größer als in Haushalten mit geringem Einkommen.

Heterogene Anpassungsreaktionen der Haushalte

Die Haushalte reagieren auf Preisänderungen mit Anpassung ihrer Fahrleistung. Wenn der Preis steigt, wird die Nutzung des Pkw teurer und es wird, wenn möglich, weniger gefahren und ggf. auf Alternativen ausgewichen (z. B. Fahrrad oder ÖV). Indes wird auch mehr mit dem Pkw gefahren, sollte der Preis für die Pkw-Nutzung sinken.

Haushalte reagieren auf Preisänderungen sehr individuell, da diese von ihren Möglichkeiten abhängt. Ist die ÖV-Anbindung gut oder sind die täglichen Strecken eher kurz, kann auf den ÖV und Fahrrad verlagert und das Auto entsprechend weniger genutzt werden. Für andere Haushalte mag das nicht der Fall sein und sie können nicht einfach auf alternative Verkehrsmittel zurückgreifen, sondern fahren weiter wie bisher zu höheren Preisen oder aber vermeiden bestimmte Fahrten, um den Preisanstieg abzufangen.

Die Literatur ist sich indes nicht einig, wie unterschiedliche Haushaltsgruppen auf Kilometerpreiserhöhungen reagieren. Es gibt Studien, die berechnen haben, dass Haushalte mit höherem Einkommen stärker reagieren als Haushalte mit niedrigem Einkommen, da sie häufiger vermeidbare Wege zurücklegen (Nikodinoska und Schröder 2015; Mattioli et al. 2018). Andere Studien berechnen das genaue Gegenteil und begründen, dass einkommensschwache Haushalte besonders preissensitiv reagieren, da sie über kaum finanziellen Spielraum verfügen und somit gezwungenermaßen weniger fahren (Reaños und Sommerfeld 2018; Bureau 2011; Wadud et al. 2010).

Aufgrund der Uneinigkeit wird im Rahmen dieser Analyse auf eine Differenzierung der Anpassungsreaktionen nach Haushaltsmerkmalen verzichtet und alle Haushalte reagieren gleich stark auf Preisänderungen.

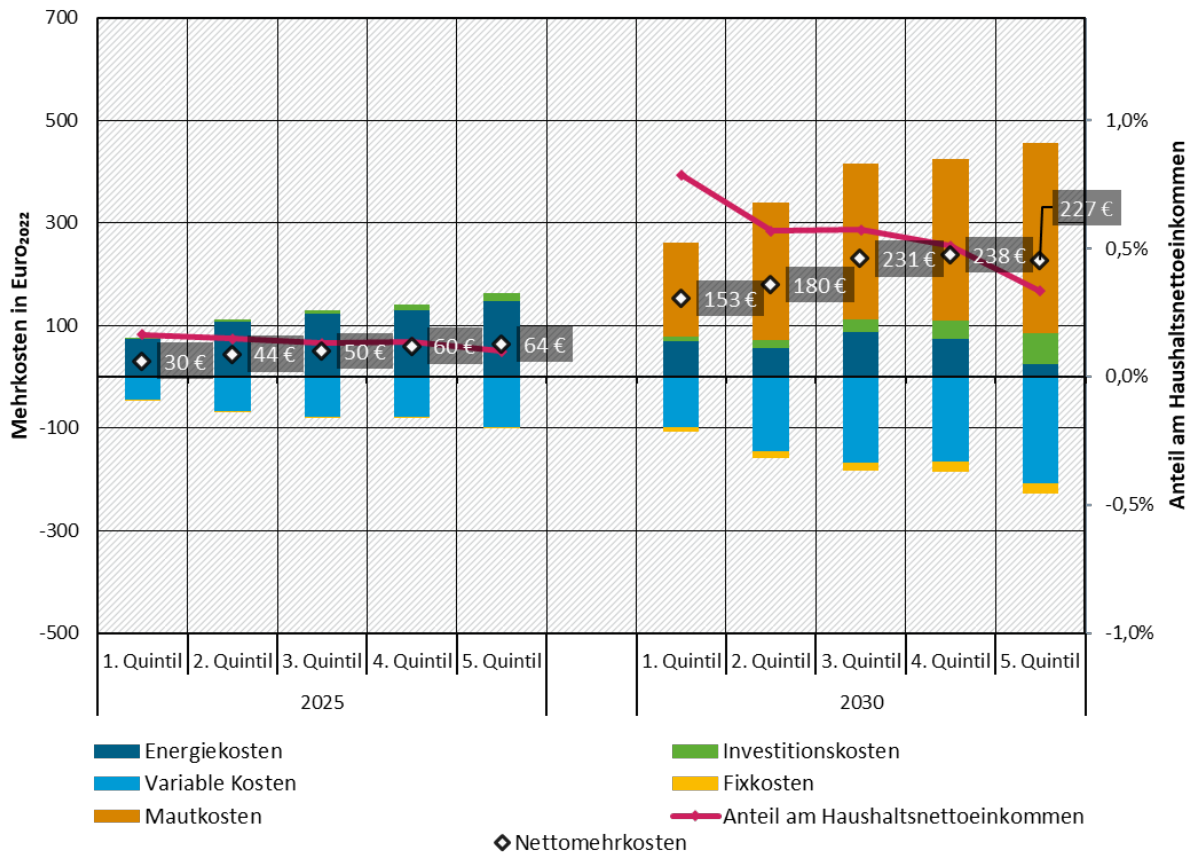
Mit Blick auf das Jahr 2030 zeigen sich deutliche Unterschiede in der Höhe der Reduktion der Pkw-Fahrleistung und der damit einhergehenden Vermeidung von Wegen und der Verlagerung von Wegen auf den Umweltverbund: Die Pkw-Fahrleistung über alle Einkommensgruppen hinweg sinkt um rund 15 % gegenüber der Referenz und damit doppelt so stark wie noch im Jahr 2025. Neben den dann voll wirksamen Klimaschutzinstrumenten, welche sich zum größten Teil im Jahr 2025 noch in der Hochlaufphase befanden, trägt auch die Pkw-Maut im Jahr 2030 zu einem starken Anstieg der Kilometerkosten im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 bei, und das unabhängig von der Fahrzeugtechnologie. Der zunehmende Hochlauf der Elektromobilität und die niedrigen Betriebs- bzw. Energiekosten der BEV fallen damit nicht mehr so stark ins Gewicht wie im MMS. So werden im Gegensatz zum MMS des Projektionsberichts 2023 auch batterieelektrische Pkw mit der Bepreisung erreicht und die höhere Elektrifizierungsquote des Fahrzeugbestands bei Haushalten mit höheren Einkommen ist hinsichtlich der Pkw-Fahrleistung weniger spürbar als im MMS.

Investitionskosten

Im Rahmen der Verteilungsanalyse werden die Kosten für den Kauf der neuzugelassenen Fahrzeuge annuisiert und die Kosten werden auf die Jahre der Nutzung gleichmäßig aufgeteilt. Es

wird eine Haltedauer von 12 Jahren und ein Zinssatz von 4 % unterstellt. In der Differenzbetrachtung werden lediglich die Mehrkosten der annuisierten Investitionskosten dargestellt.

Abbildung 39: Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Im Durchschnitt führen die Klimaschutzinstrumente im SHS in allen Einkommensquintilen zu Mehrkosten für Haushalte unabhängig vom Einkommen. In Abbildung 39 sind die zu erwartenden Mehrkosten im Vergleich zum MMS differenziert nach Einkommensquintilen dargestellt. Die Nettomehrkosten ergeben sich dabei aus den Unterschieden in Energiekosten, Fixkosten, variablen Kosten, Investitionskosten und für das Jahr 2030 auch Kosten aus der Pkw-Maut. Aufgrund der im SHS im Vergleich zum MMS niedrigeren Fahrleistung und der Tatsache, dass die variablen Kosten pro gefahrenen Kilometer weitestgehend unverändert bleiben, sind die Unterschiede zum MMS bei den variablen Kosten negativ, d. h. die Haushalte müssen im SHS weniger variable Kosten aufwenden als in der Referenz (MMS des Projektionsberichts 2023). Ähnliches gilt für die Fixkosten, die nahezu unverändert bleiben im SHS und nur geringfügig sinken aufgrund der zunehmenden Elektrifizierung des Bestandes.

Die Höhe der Energiekosten pro gefahrenen Kilometer wird maßgeblich durch die Klimaschutzinstrumente im SHS wie beispielsweise der höhere CO₂-Preis, die Angleichung der Besteuerung für Diesel an Benzin als auch der eingeführte Inflationsausgleich bestimmt. Allerdings wirkt auch hier die reduzierte Pkw-Fahrleistung gegenläufig zu den steigenden Energiekosten je Kilometer. Die aufgeführten Instrumente führen zu höheren Kosten für fossilbetriebene Fahrzeuge, die sowohl im Jahr 2025 als auch im Jahr 2030 weiterhin den

Großteil der Fahrzeugflotte in Deutschland ausmachen. Gerade bei den Haushalten mit niedrigem Einkommen ist es zudem so, dass der Anteil an verbrennungsmotorischen Pkw in Relation zur Gesamtzahl der Pkw der Einkommensgruppe höher ist als bei höheren Einkommen (siehe Abbildung 39).

Ferner wird die Antriebswahl durch die Einführung des Malus im Jahr 2024 maßgeblich zu Gunsten emissionsarmer bzw. emissionsfreier Fahrzeuge beeinflusst. Dies führt im Allgemeinen zu Vorteilen in der TCO von BEV, welches sich auch im Anstieg der BEV-Neuzulassungen widerspiegelt.

Einen Sonderfall stellen die Kosten für die Pkw-Maut dar. Zum einen treten Mautkosten für die Haushalte mit Pkw überhaupt erst ab dem Jahr 2029 mit der Einführung der fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut auf und zum anderen fallen die Kosten unabhängig von der Antriebstechnologie der Pkw und nur in Abhängigkeit der Jahresfahrleistung an. Je mehr Pkw-Fahrleistung in einem Einkommensquintil zurückgelegt werden, desto stärker wird die Einführung der Pkw-Maut sichtbar in der Analyse der Verteilungswirkungen. Aber auch hier ist es so, dass die Reduktion der Pkw-Fahrleistung der Kostensteigerung durch die Pkw-Maut entgegenwirkt.

Im Jahr 2025 ist mit einer absoluten jährlichen Nettokostensteigerung im SHS gegenüber der Referenz von 30 Euro im ersten Quintil bis zu 64 Euro im fünften Quintil zu rechnen. Dominiert wird die Kostensteigerung dabei von gestiegenen Energiekosten, die sich im ersten Quintil auf 73 Euro und im fünften Quintil auf 148 Euro belaufen. Der kostenmindernde Effekt des steigenden Bestands an BEV in Bezug auf die Energiekosten zeigt sich daher im Jahr 2025 nur unwesentlich. Durch die gestiegenen Energiekosten pro gefahrenen Kilometer haben Haushalte einen Anreiz weniger mit dem Pkw zu fahren, wodurch ein Teil der Energiekostensteigerungen gegenüber potenziell höheren Nettokostensteigerungen abgemildert wird. Außerdem sinken aufgrund der weniger gefahrenen Kilometer die variablen Kosten, was einen relevanten Teil der zusätzlichen Energiekosten auffängt.

Relativ zum Haushaltseinkommen werden im Jahr 2025 einkommensschwächere Haushalte im SHS mit 0,16 % im ersten Quintil stärker belastet als einkommensstärkere Haushalte im fünften Quintil mit 0,1 % am jährlichen Nettohaushaltseinkommen. Die Unterschiede fallen zur Referenz gering aus, da viele der eingeführten Instrumente noch nicht voll wirksam sind und gleichzeitig durch die Verhaltensanpassung der Haushalte ein Teil der zusätzlichen Kosten vermieden werden kann.

Im Jahr 2030 sind deutlich höhere Nettokostensteigerungen im SHS im Vergleich zum MMS zu beobachten als im Jahr 2025. Dies liegt vor allem an der Einführung der Pkw-Maut, die den größten Kostenunterschied ausmacht. Entsprechend der Fahrleistungsverteilung zwischen den Quintilen steigen die Mautkosten über die Quintile stark an von 181 Euro im ersten Quintil bis hin zu 370 Euro im fünften Quintil. Die Energiekosten folgen dagegen keinem eindeutigen Trend über die Einkommensgruppen, da mehrere Faktoren zusammenkommen. Zum einen haben Haushalte in höheren Einkommensquintilen eine höhere Fahrleistung, wodurch die Energiekosten tendenziell mehr steigen. Allerdings ist der Elektrifizierungsgrad im Pkw-Bestand dieser einkommensstarken Haushalte höher, wodurch die durchschnittlichen Energiekosten je Kilometer aufgrund der stärkeren Elektrifizierung des Pkw-Bestand bei diesen Haushalten tendenziell niedriger sind. Ersteres zeigt sich deutlich im dritten Quintil mit Energiemehrkosten in Höhe von 87 Euro und Letzteres in deutlich geringeren Mehrkosten von 23 Euro im fünften Quintil.

In den einkommensstärkeren Haushalten schlagen durch die höhere Quote an Neuzulassungen dafür höhere durchschnittliche Investitionsmehrkosten in Höhe von 62 Euro zu Buche, die sich

aus den höheren Kosten der batterieelektrischen Pkw ergeben. Im ersten Quintil betragen diese durchschnittlichen Investitionsmehrkosten lediglich 10 Euro. Gutverdienende investieren hier aufgrund der stark gestiegenen Kilometerkosten stärker in effizientere Fahrzeuge, insbesondere jedoch in BEV.

Die jährlichen Mehrkosten für das Jahr 2030 steigen tendenziell mit dem Einkommen. Es ergeben sich damit absolute Mehrkosten gegenüber dem MMS des Projektionsberichts 2023 von 153 Euro im ersten Quintil bis hin zu 231 Euro im dritten und 238 Euro im vierten Quintil. Im fünften Quintil sinken die absoluten Mehrkosten jedoch wieder leicht im Vergleich zu den beiden vorherigen Quintilen auf Mehrkosten von 227 Euro. Dies ergibt sich trotz der höheren Fahrleistung (siehe Effekte auf Pkw-Maut und variable Kosten) aus der beschriebenen starken Durchdringung der rein elektrischen Pkw, so dass die Energiekosten deutlich weniger stark ansteigen als in allen anderen Einkommensgruppen.

Die relative Mehrbelastung im Jahr 2030 ist im ersten Quintil mit 0,79 % am höchsten, befindet sich im zweiten, dritten und vierten Quintil auf einem ähnlichen Niveau von rund 0,5 % und ist im fünften Quintil mit 0,33 % am niedrigsten. Die allgemeine Kostenbelastung der Instrumente für die Pkw-Nutzung ist als regressiv einzustufen. Insbesondere die deutliche relative Mehrbelastung des ersten Quintils gepaart mit der niedrigeren relativen Belastung des obersten Quintils, zeigen die Notwendigkeit für eine bedarfsgerechte Entlastung auf.

4.2.4.3 Jährliche Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ mit Fokus auf regionalen Unterschieden

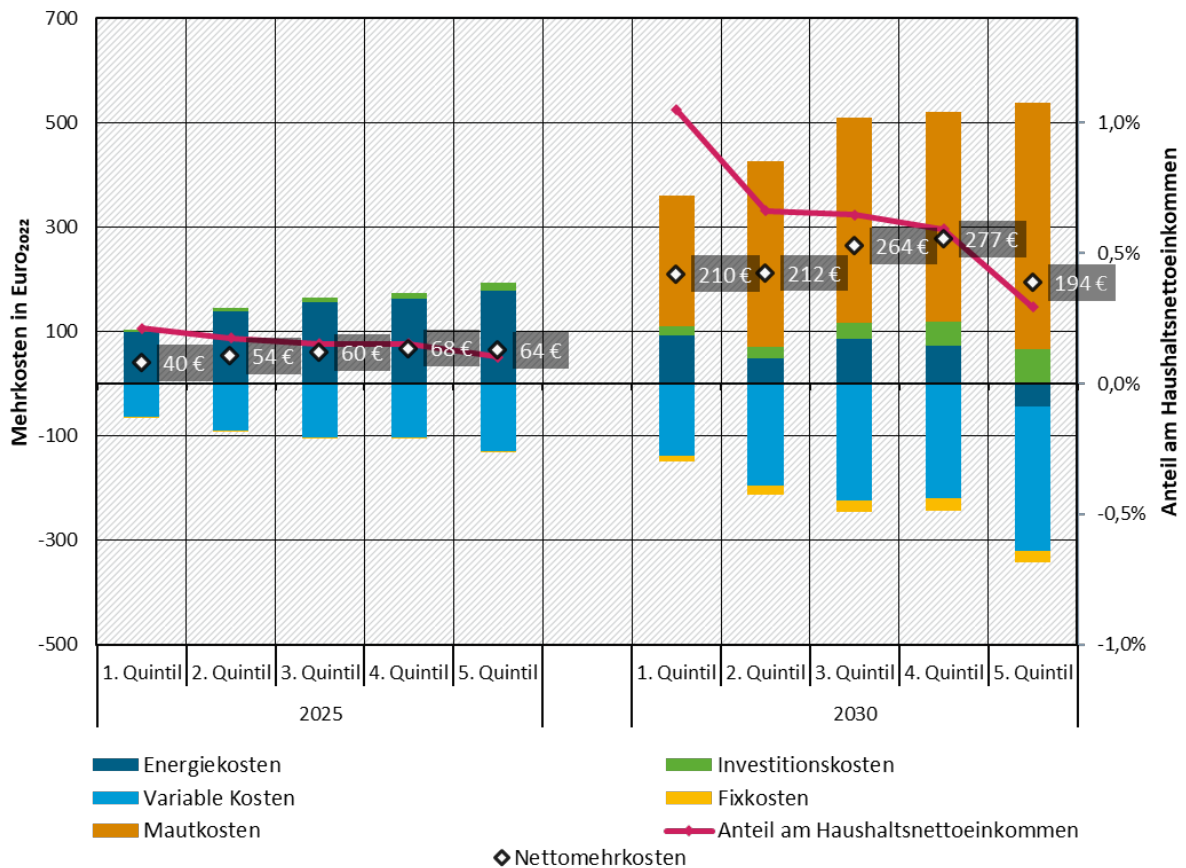
Um etwaige regionale Unterschiede in der Verteilungsanalyse bewerten zu können, werden in Abbildung 40 und Abbildung 41 die Mehrkosten im SHS für die Land- sowie Stadtbevölkerung⁴⁹ getrennt voneinander betrachtet.

Ein Blick auf Nettomehrkosten für die auf dem Land lebende Bevölkerung unterstreicht die erhöhte Autoabhängigkeit auf dem Land. Auf dem Land lebende Haushalte sind überdurchschnittlich von den Instrumenten betroffen, die auf die Bepreisung des (fossilen) Autofahrens abzielen, mit Ausnahme des fünften Quintils. Der Anteil der Nettomehrkosten am Haushaltseinkommen ist insbesondere im Jahr 2030 mit 1,05 % deutlich höher im ersten Quintil als im fünften Quintil mit 0,29 %. Der Großteil der Mehrkosten lässt sich durch die im SHS eingeführte annähernd antriebsunabhängige Pkw-Maut begründen.

Auffällig ist, dass Haushalte aus dem fünften Quintil im SHS sogar niedrigere Energiekosten aufweisen als in der Referenz. Dies ist auch hier vor allem auf den deutlich höheren Elektrifizierungsgrad des fünften Quintils zurückzuführen, da Haushalte auf dem Land überdurchschnittlich viel fahren und somit der Kostenvorteil von BEV bei den Energiekosten deutlicher zum Tragen kommt. Insgesamt führt dieser Effekt auch dazu, dass das fünfte Quintil trotz der höchsten Fahrleistung die niedrigsten absoluten Mehrkosten im Vergleich aller Einkommensgruppen aufweist. Die Verteilungswirkung ist in diesem Fall also wesentlich regressiver einzuordnen als in der nicht regional aufgelösten Analyse.

⁴⁹ Eine Einteilung in Stadt und Land erfolgt auf Basis der Einteilung nach der Regionalstatistischen Raumtypologie RegioStar 2 (Aufteilung in „Stadtregionen“ und „Ländliche Regionen“) BMDV 2023b .

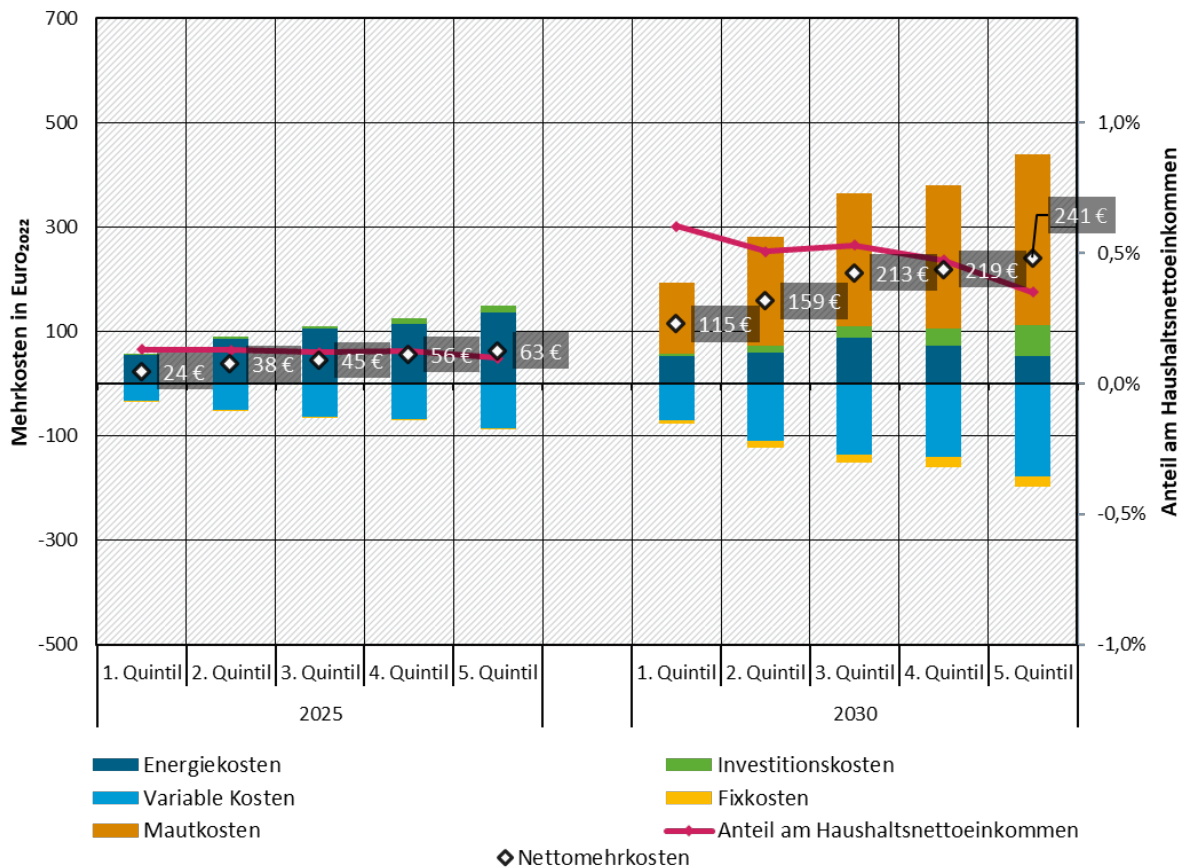
Abbildung 40: Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen – Landbevölkerung, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich dazu zeigt sich bei Haushalten, die in der Stadt wohnen, ein weniger regressives Bild. Die relative Mehrkostenbelastung im Jahr 2030 liegt hier im ersten Einkommensquintil bei 0,6 % und damit deutlich unter den 1,05 % im ersten 1. Einkommensquintil der Haushalte, die auf dem Land leben. Haushalte, die in der Stadt leben, haben insgesamt ein deutlich breiteres Mobilitätsangebot. Geringverdienende rutschen daher deutlich seltener in die Automobilabhängigkeit und nutzen häufiger den ÖPNV, das Fahrrad und gehen zu Fuß als Geringverdienende auf dem Land. Außerdem sind auch mit dem Pkw die Wege in der Stadt im Durchschnitt kürzer. Die Belastung im fünften Quintil ist in der Stadtbevölkerung mit 0,35 % sogar minimal höher als in der Landbevölkerung. Die ist mit einer geringeren Elektrifizierung des Pkw-Bestandes in der Stadt zu begründen, die sich durch die geringere Pkw-Fahrleistung und die geringer Motorisierungsrate der städtischen Bevölkerung ergibt. Die ökonomischen Vorteile der frühzeitigen Elektrifizierung zeigen sich in dieser Haushaltgruppe also weniger stark beim gleichen Einkommensquintil im ländlichen Raum. Die Stadtbevölkerung ist damit deutlich weniger ausgeprägt von den Mehrkosten der Klimaschutzinstrumente des SHS betroffen. Anders als bei der Betrachtung der Haushalte im ländlichen Raum steigen die absoluten Mehrkosten des SHS im Vergleich zum MMS mit dem jeweiligen Einkommensquintil an.

Abbildung 41: Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen - Stadtbevölkerung



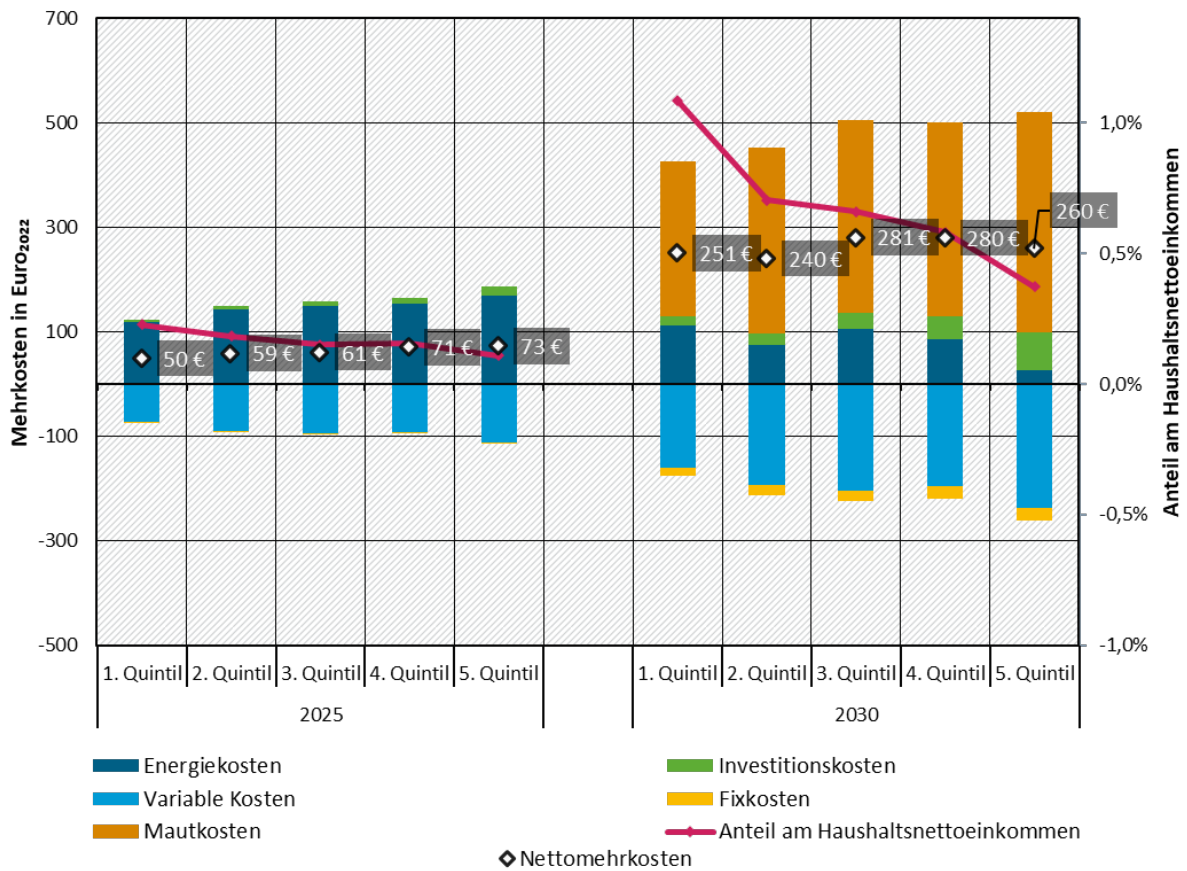
Quelle: eigene Darstellung

4.2.4.4 Jährliche Mehrkosten im „sofortigen Handeln“ - Autofahrende im Fokus

Die Anzahl der Haushalte, die ein Auto besitzen, variiert zwischen den Einkommensquintilen (siehe Abbildung 42). Um die Belastung für die Haushalte mit Pkw-Besitz genauer zu untersuchen, werden in Abbildung 42 die durchschnittlichen jährlichen Nettomehrkosten nicht auf die Grundgesamtheit aller Haushalte aufgeteilt, sondern lediglich auf die Haushalte mit Pkw.

Insbesondere in den unteren Quintilen verteilen sich die Mehrkostenbelastungen nun auf deutlich weniger Haushalte, da etwa 40 % der Haushalte im ersten Quintil über keinen Pkw verfügen. Folglich sind die Belastungen in den unteren Quintilen deutlich größer. Im ersten Quintil sind die absoluten durchschnittlichen Mehrkosten im Jahr 2025 mit 50 Euro um 64 % höher gegenüber dem Fall der Aufteilung der Mehrkosten auf alle Haushalte (siehe Abbildung 42). Ferner steigen in dieser Betrachtung die Mehrkosten im fünften Quintil im Jahr 2025 nur um 14 %. Analog dazu betragen die absoluten Mehrkosten im Jahr 2030 251 Euro im 1. Quintil und damit knapp 100 Euro mehr als in der Betrachtung über alle Haushalte des Einkommensquintils. Im 5. Quintil fällt die Steigerung der Mehrkosten in dieser Betrachtungsweise bei nur 33 Euro. Ein klarer Trend über die Einkommensquintile lässt sich nicht mehr feststellen, da die absoluten Mehrkosten über alle Einkommensquintile in einer ähnlichen Größenordnung liegen.

Abbildung 42: Jährliche Pkw-Mehrkosten im SHS im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 nach Einkommensquintilen - Haushalte mit Pkw, 2025 und 2030

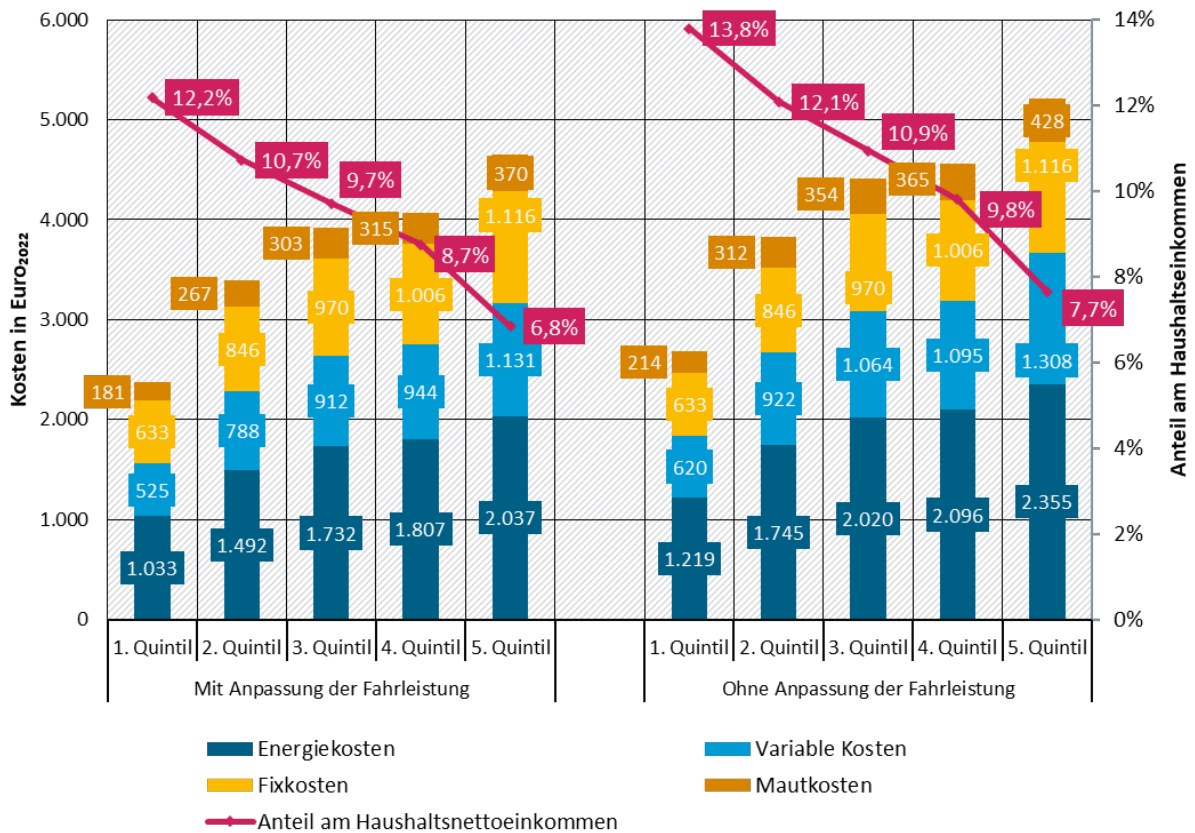


Quelle: eigene Darstellung

Setzt man die Nettomehrkosten jedoch in Bezug zum Einkommen, lässt sich eindeutig feststellen, dass sich die Belastung in Abhängigkeit vom Einkommen unter den Haushalten mit Pkw noch regressiver gestaltet als in den Betrachtungen zuvor. Im Jahr 2025 steht einer Belastung in Höhe von 0,23 % des Haushaltseinkommen im ersten Quintil eine deutlich geringere Belastung mit 0,11 % im fünften Quintil gegenüber. Noch größer ist die Diskrepanz im Jahr 2030. Während die Kostensteigerung für Mobilität der Haushalte des ersten Quintils bei 1,08 % liegt, sind es bei Haushalten im fünften Quintil nur 0,37 %.

4.2.4.5 Jährliche Pkw-Nutzungskosten im „sofortigen Handeln“

Abbildung 43: Durchschnittliche jährliche Pkw-Nutzungskosten im SHS nach Einkommensquintilen (ohne Investitionskosten), 2030



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 43 zeigt die laufenden Pkw-Nutzungskosten (ohne Investitionskosten) im SHS im Jahr 2030; zum einen mit einer Anpassung der Pkw-Jahresfahrleistung als Reaktion auf gestiegene Nutzungskosten und zum anderen ohne eine Anpassung der Pkw-Jahresfahrleistung. Mit Anpassung bewegt sich die relative Kostenbelastung bezogen auf das Haushaltseinkommen auf einem ähnlichen, aber tendenziell leicht niedrigerem Niveau (0 - 0,3 Prozentpunkte Unterschied in den verschiedenen Quintilen) wie die Belastung im Status Quo im Jahr 2023 (Abbildung 42), obwohl Energiekosten höher sind und mit den Mautkosten eine zusätzlich Kostenkomponente dazugekommen ist. Die Haushalte reagieren mit einer Verringerung ihrer Jahresfahrleistung, wodurch ein Teil der Kostensteigerungen ausgeglichen wird. Die Verteilungswirkung ist stark regressiv mit einem Anteil der laufenden Gesamtkosten am Haushaltseinkommen von 12,2 % im ersten Quintil bis hin zu einem deutlich niedrigeren Anteil von 6,8 % im fünften Quintil. Den größten Kostenanteil machen nach wie vor die Energiekosten aus. Alle laufenden Kosten aufaddiert ergeben sich durchschnittliche Gesamtkosten von 2.372 Euro im ersten und 4.654 Euro im fünften Quintil.

Mit der genutzten Methodik ist eine Anpassung der Jahresfahrleistung nur im Durchschnitt möglich; in der Realität wird es jedoch Haushalte geben, die ihre Pkw-Jahresfahrleistung nicht (in dem über die Preiselastizität angenommenen Maß) anpassen können (z. B. schlecht Anbindung an den ÖV) oder möchten. Es lohnt sich daher, auch die Eventualität näher zu betrachten, in der keine Anpassung der Jahresfahrleistung stattfindet. Ohne Anpassung der Pkw-Fahrleistung ergeben sich durchschnittliche Gesamtkosten von 2.686 Euro im ersten Quintil und

5.207 Euro im fünften Quintil. Das ist eine Steigerung von 13,2 % beziehungsweise 11,1 % gegenüber der Betrachtung mit Fahrleistungsanpassung. Geringverdienende Haushalte des ersten Quintils ohne Anpassung der Pkw-Fahrleistung haben im Durchschnitt eine relative Kostenbelastung durch die Mobilitätskosten von 13,8 %, während Haushalte aus dem fünften Quintil nur eine durchschnittliche Belastung von 7,7 % vom Haushaltsnettoeinkommen für die Mobilität zu tragen haben. Im Jahr 2030 sinken also die durchschnittlichen Mobilitätskosten gemessen am Einkommen gegenüber dem Status Quo im Jahr 2023, unter Berücksichtigung der Fahrleistungsanpassung.

4.2.4.6 Zwischenfazit

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass Haushalte mit niedrigem Einkommen, die bereits heute eine deutlich höhere Kostenbelastung für Mobilität aufweisen, auch im SHS weiterhin überproportional belastet sind. Dieses Ungleichgewicht verschärft sich unter Einbeziehung räumlicher Unterschiede zumindest für die auf dem Land lebende Bevölkerung. Die höhere Abhängigkeit vom Pkw führt hier zu allgemein höheren Kosten und insbesondere einer noch deutlich höheren Belastung von Haushalten mit geringem Einkommen. Aufgrund der schnelleren Elektrifizierung im ländlichen Raum sind dort jedoch die Mehrkosten für die Haushalte mit den höchsten Einkommen sogar im absoluten Maßstab am geringsten.

Die Haushalte reagieren auf die gestiegenen Kilometerkosten des SHS gegenüber der Referenz (MMS des Projektionsbericht 2023) vor allem mit einer Reduktion an Pkw-Fahrleistung. Die Reduktion der Pkw-Fahrleistung wirkt der Kostensteigerung durch die Klimaschutzinstrumente des SHS entgegen und reduziert dadurch die Kostensteigerung der Haushalte. In Fällen, in denen die Pkw-Fahrleistung wegen fehlender Alternativen nicht reduziert werden kann, ist die Kostenbelastung jedoch deutlich höher als in den dargestellten Kostenrechnungen (siehe Abbildung 43).

4.2.5 Ökonomische Verteilungswirkung im Szenario Verzögertes Handeln

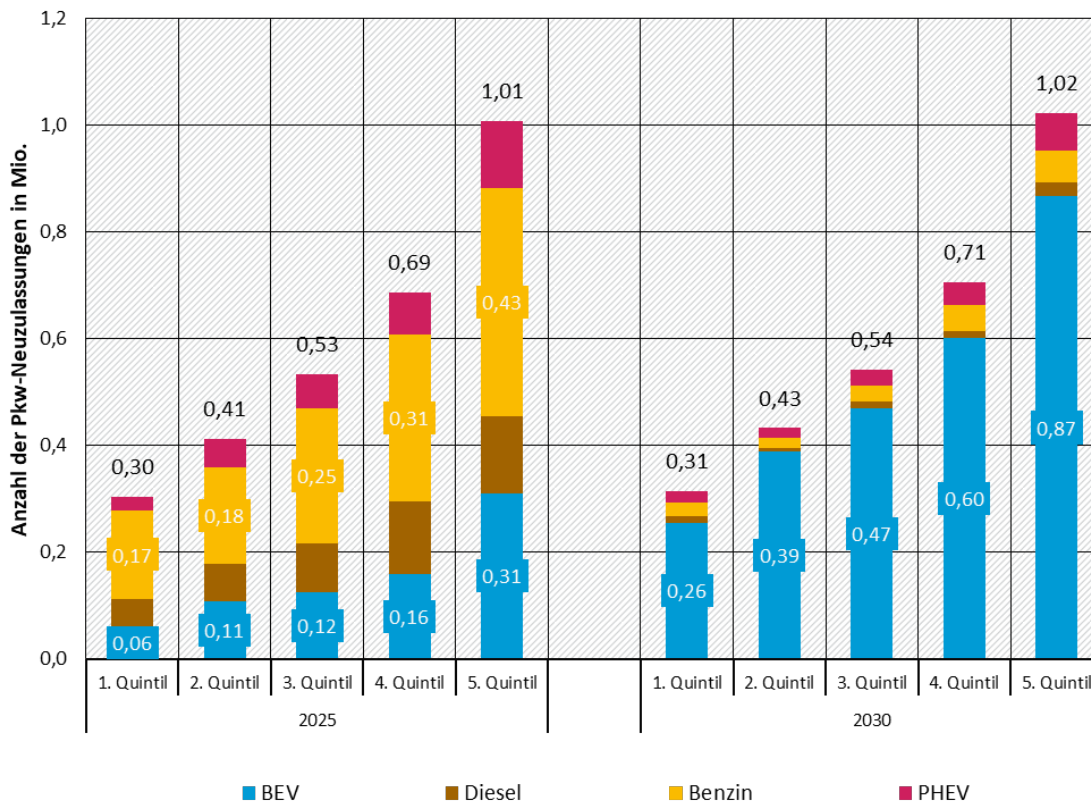
Anders als im sofortigen Handeln treten im verzögerten Handeln viele der geplanten Klimaschutzinstrumente erst später – zumeist im Jahr 2027 - in Kraft. So reduziert sich die Zahl der im Berichtsjahr 2025 wirkenden Instrumente deutlich. Im VHS werden sowohl die Anpassung der Energiebesteuerung und die Einführung der Malus-Komponente erst ab dem Jahr 2027 realisiert.

Der größte Unterscheid zum SHS hinsichtlich der Verteilungswirkung ist der im VHS deutlich stärker ansteigende CO₂-Preis ab dem Jahr 2027. Im Jahr 2030 sind die durchschnittlichen Kilometerkosten fossiler Fahrzeuge daher gegenüber dem SHS noch einmal deutlich erhöht. Trotz im Zeitverlauf zunehmender Elektrifizierung ist der Großteil der Haushalte zumindest zum Teil noch mit fossilbetriebenen Fahrzeugen unterwegs, sodass der höhere CO₂-Preis einen deutlichen Einfluss auf das Pkw-Nutzungsverhalten und die Kostenbelastung der Haushalte hat.

4.2.5.1 Verteilung der Neuzulassungen im „verzögerten Handeln“

Die Aufteilung der Neuzulassungen, dargestellt in Abbildung 44, verhält sich im VHS ähnlich wie im SHS. Die Neuzulassungen steigen sowohl im Jahr 2025 als auch im Jahr 2030 in höheren Einkommensquintilen stark an von rund 300.000 Fahrzeugen im ersten Quintil bis auf rund 1 Mio. Fahrzeuge im fünften Quintil. Während im Jahr 2025 noch überwiegend Benzinfahrzeuge neu zugelassen werden, verschiebt sich die Gewichtung im Jahr 2030 zugunsten der BEV.

Abbildung 44: Anzahl der Pkw-Neuzulassungen im VHS nach Antrieben und Einkommensquintilen, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Während im SHS im Jahr 2025 rund 30 % der neu zugelassenen Fahrzeuge BEV sind, sind es im VHS nur 26 %. Auch wenn das Verhältnis im Jahr 2030 nahezu gleich ist, sind auch die kumulierten Neuzulassungen von 2023 bis 2030 im VHS durch einen etwas geringeren BEV-Anteil geprägt mit 51 % gegenüber 53 % im SHS. Nichtsdestotrotz ist der Unterschied gering und die Umwälzung des Bestandes wird in beiden Szenarien durch die oberen Einkommensgruppen vorangetrieben.

4.2.5.2 Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ im Vergleich zur Referenz

Die verzögerte Umsetzung der Klimaschutzinstrumente im VHS macht sich in einer zeitlich leicht verzögerten Anpassung der Pkw-Jahresfahrleistung in den Haushalten bemerkbar. Wengleich das Gesamtbild mit über die Einkommensquintile steigenden Pkw-Jahresfahrleistungen und einer signifikanten Senkung der Fahrleistung im Vergleich zum MMS sehr ähnlich ist, so gibt es doch entscheidende Unterschiede zwischen dem VHS und dem SHS. Im VHS liegt die prozentuale Verringerung der durchschnittlichen Pkw-Fahrleistung gegenüber dem MMS im Jahr 2025 mit rund 5 % unter den rund 7 % im SHS. Im Jahr 2030 liegt die prozentuale Verringerung mit 17-18 % wiederum über den rund 15 % im SHS. An den Anpassungsreaktionen zeigt sich die leicht andere Architektur der Klimaschutzinstrumente im VHS, die erst verspätet umgesetzt werden, dann aber umso ambitionierter ausgestaltet sind.

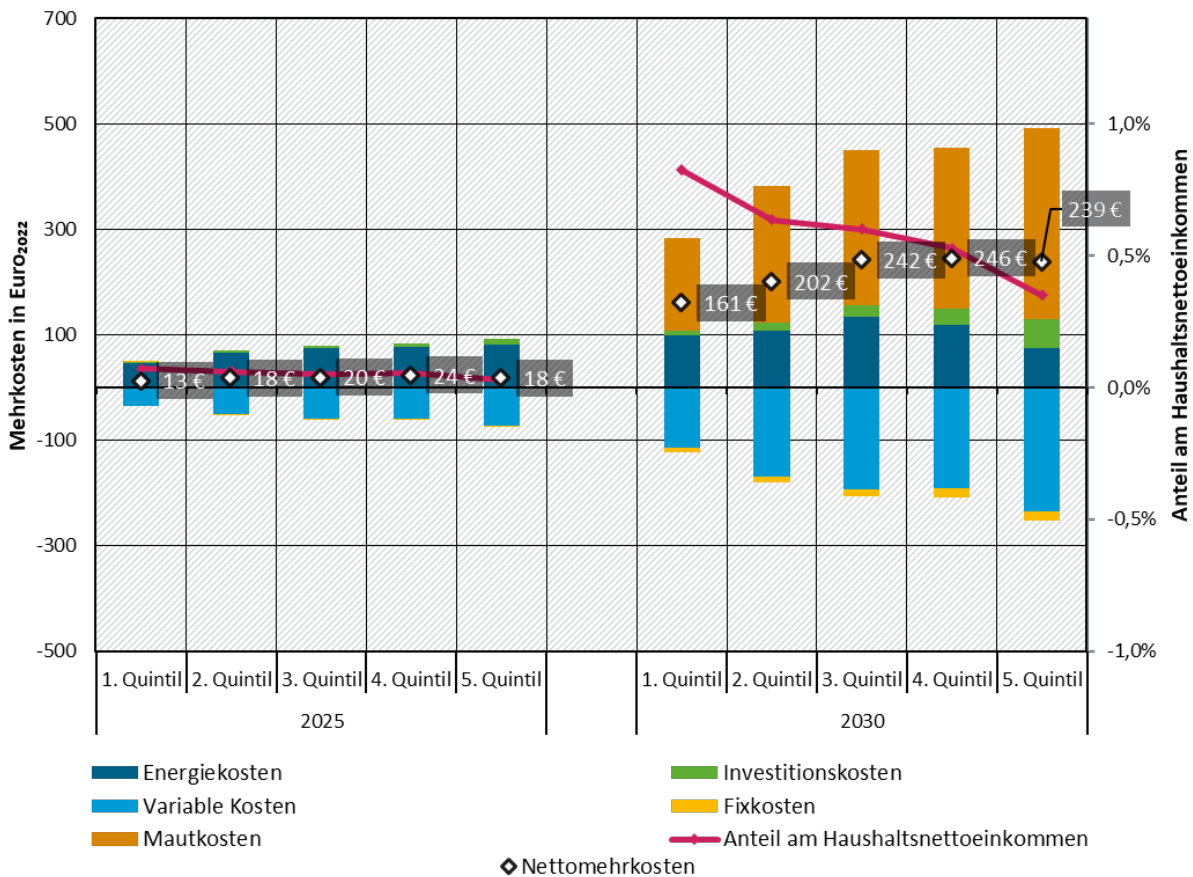
Abbildung 45: Abweichung der durchschnittlichen Pkw-Jahresfahrleistung im VHS nach Einkommensquintilen im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

In Abbildung 46 werden die durchschnittlichen jährlichen Pkw-Mehrkosten gegenüber der Referenz (MMS des Projektionsberichtes 2023) dargestellt, die durch die Klimaschutzinstrumente im VHS verursacht werden. Die zu erwartenden Nettomehrkosten setzen sich analog zum SHS aus Energiekosten, Fixkosten, variablen Kosten und Investitionskosten zusammen und werden im Jahr 2030 durch die Pkw-Maut ergänzt. Während die Mautkosten, Energiekosten und Investitionskosten durch die Klimaschutzinstrumente steigen, sinken die variablen Kosten aufgrund der verringerten Fahrleistung gegenüber der Referenz deutlich. Die zunehmende Elektromobilität führt wie im SHS zu sinkenden Fixkosten im VHS.

Abbildung 46: Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Die Steigerung bei den Energiekosten ist hauptsächlich durch höhere Nutzungskosten für die noch fossilbetriebenen Fahrzeuge bestimmt, die sowohl 2025 als auch 2030 weiterhin einen relevanten Teil der Fahrzeugflotte ausmachen. Der im Vergleich zum SHS höhere CO₂-Preis erhöht die Kraftstoffkosten im Jahr 2030, während die Angleichung der Besteuerung für Diesel an Benzin und der eingeführte Inflationsausgleich der Energiesteuer dagegen auf dem gleichen Niveau verbleibt wie im SHS. Auch die Pkw-Maut ist in beiden Szenarien identisch ausgestaltet: Sie wird im VHS im Jahr 2029 eingeführt und ist unabhängig von der Antriebstechnologie. Für das Jahr 2025 ergibt sich noch der Unterschied, dass im Gegensatz zum SHS die CO₂-emissionsabhängige Malus-Komponente beim Neufahrzeugkauf erst zum Jahr 2027 eingeführt wird und daher keinen Einfluss auf die Verteilungswirkungen im Jahr 2025 besitzt.

Durch die verzögerte Umsetzung einiger Klimaschutzinstrumente im VHS fällt die Nettokostensteigerung im Jahr 2025 generell deutlich niedriger aus als im SHS. Nichtsdestotrotz sind im ersten Quintil jährliche Nettomehrkosten in Höhe von 13 Euro bis hin zu 24 Euro im vierten Quintil zu beobachten. Das oberste Quintil wird durchschnittlich mit 18 Euro Mehrkosten absolut weniger stark belastet als das dritte und vierte Quintil. Die moderat gestiegenen Energiekosten gleichen sich durch die sinkenden variablen Kosten, die sich aufgrund der Anpassung der Pkw-Jahresfahrleistung ergeben, teilweise aus.

Haushalte im ersten Quintil werden im Jahr 2025 mit einem zusätzlichen Anteil von 0,07 % am Haushaltseinkommen im VHS stärker belastet als Haushalte im fünften Quintil mit 0,03 % des jährlichen Nettohaushaltseinkommens. Die Zusatzkosten bewegen sich im Betrachtungsjahr

2025 also auf einem sehr niedrigen Niveau, da bis dahin lediglich der um 70 Euro pro Tonne CO₂ höhere CO₂-Preis gegenüber der Referenz Einfluss auf die Nutzungskosten der Pkw hat.

Ein deutlicheres Bild zeichnet sich beim Blick auf die Kostenbelastung im Jahr 2030 ab. Während die Pkw-Maut zwar nach wie vor einen Großteil der jährlichen Nettomehrkosten im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 ausmacht, gewinnen die Energiekostensteigerungen im VHS im Vergleich zum SHS deutlich an Bedeutung. Mit 134 Euro im dritten Quintil sind absolut vor allem Haushalte in den mittleren Einkommensgruppen betroffen, strukturell analog zum SHS. Die Energiemehrkosten sind im VHS allerdings um das 1,5- bis 3-fache je Einkommensquintil höher. Dies manifestiert sich in deutlich höheren Nettomehrkosten, die von 161 Euro im ersten Quintil bis auf 246 Euro im vierten Quintil steigen, bevor sie im fünften Quintil wieder etwas absinken.

Konsequenterweise fällt auch die relative Mehrkostenbelastung im VHS höher aus, wobei die Belastung ebenso wie im SHS als regressiv einzustufen ist. Der Anteil der Nettomehrkosten am Haushaltseinkommen beträgt im Jahr 2030 im ersten Quintil 0,83 % und sinkt mit steigendem Einkommen bis auf 0,35 % im fünften Quintil. Die Kostenbelastung steigt also für alle Einkommensgruppen leicht an im Vergleich zum SHS.

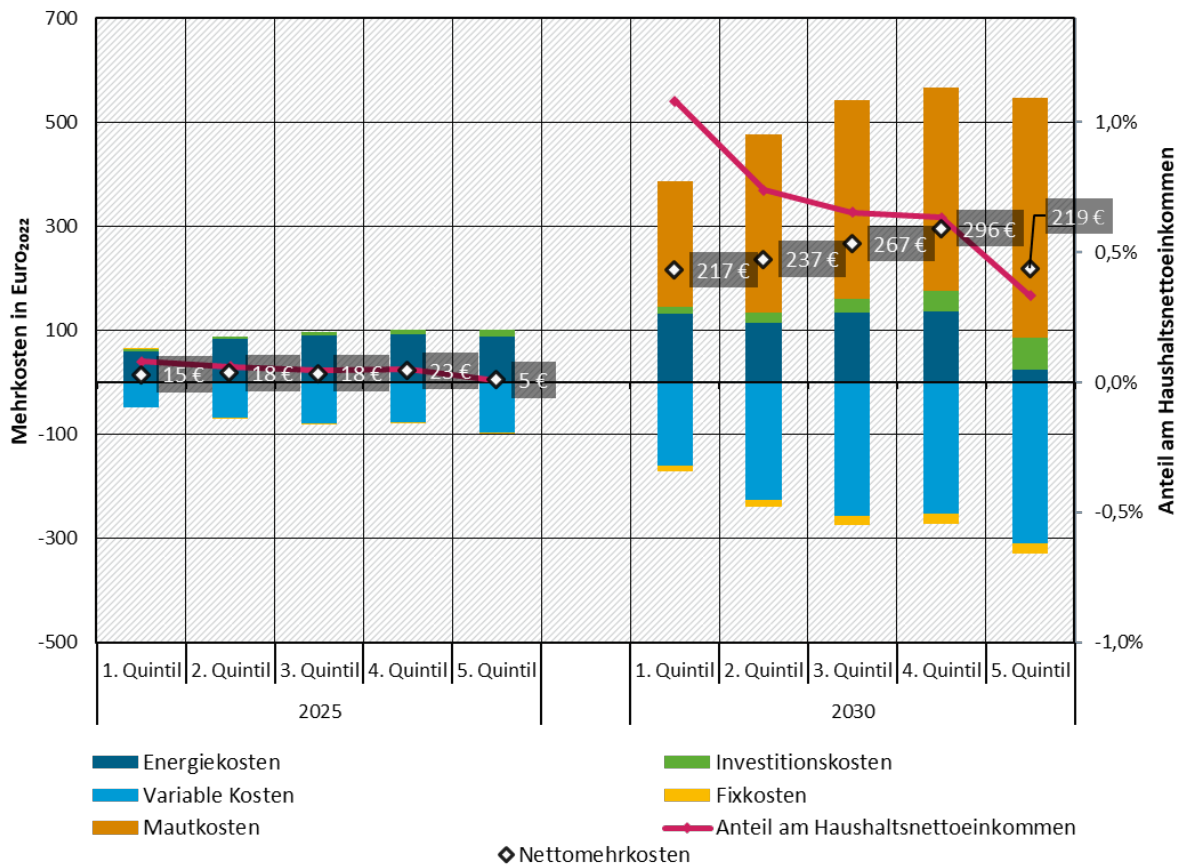
4.2.5.3 Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ mit Fokus auf regionalen Unterschieden

Im Folgenden werden regionale Unterschiede zwischen Land (Abbildung 47) und Stadt (Abbildung 48) hinsichtlich der Mehrkostenbelastungen der Haushalte durch die Klimaschutzinstrumente im VHS untersucht und mit den Ergebnissen des SHS verglichen.

Im Jahr 2025 betragen die Nettomehrkosten für Haushalte, die auf dem Land leben, als auch für städtische Haushalte durchschnittlich rund 20 Euro. Sowohl für ländliche als auch städtische Haushalte steigt die durchschnittliche Mehrbelastung mit dem Einkommen. Eine Ausnahme stellt die höchste Einkommensgruppe in der Landbevölkerung dar. Dort liegt die zusätzliche jährliche Belastung im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 bei nur 5 Euro. Die steigenden Kraftstoffkosten fallen im Jahr 2025 im VHS aufgrund der weniger ambitionierten Ausgestaltung der Klimaschutzinstrumente weniger ins Gewicht als im SHS. Aufgrund des höheren Elektrifizierungsgrads der Pkw der Haushalte im fünften Quintil machen sich die kostenseitigen Vorteile der batterieelektrischen Pkw durch geringere durchschnittliche Kilometerkosten bereits im Jahr 2025 deutlich bemerkbar und die Haushalte sind weniger stark vom ansteigenden CO₂-Preis betroffen als die anderen Einkommensgruppen.

Dieser Unterschied entlang der Einkommensverteilung zeigt sich somit auch für das Jahr 2025 in einer regressiven Verteilungswirkung des VHS für auf dem Land lebende Haushalte, wenngleich auf einem niedrigen Niveau. Der Anteil der Nettomehrkosten am Haushaltseinkommen sinkt von 0,08 % ersten Quintil auf 0,01 % im fünften Quintil.

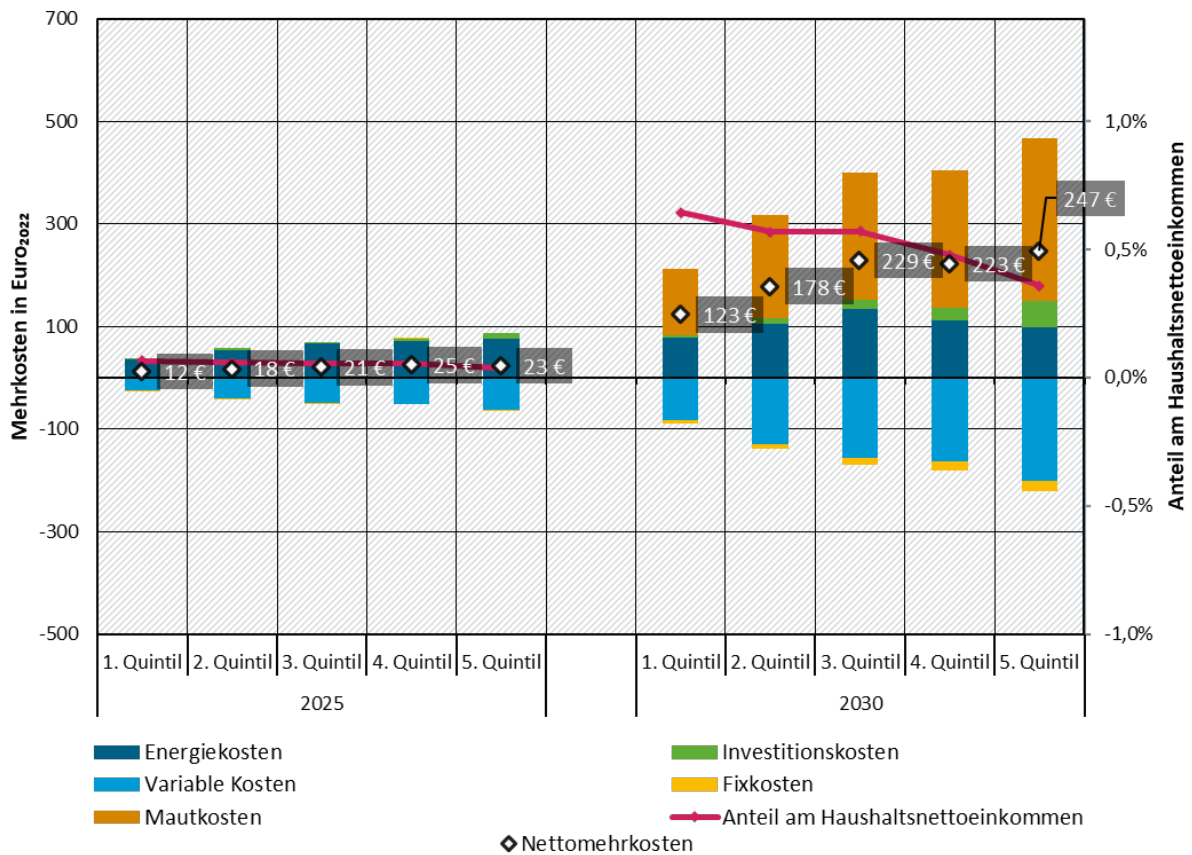
Abbildung 47: Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen – Landbevölkerung, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Im Jahr 2030 sind die relativen durchschnittlichen Nettomehrkosten für Haushalte im ländlichen Raum im ersten Quintil mit 1,08 % deutlich höher als im fünften Quintil mit 0,33 %. Die absoluten Nettomehrkosten steigen von durchschnittlich 217 Euro im ersten Quintil auf bis zu 296 Euro im vierten Quintil. Wie im SHS sind die jährlichen Mehrkosten im fünften Quintil der im ländlichen Raum lebenden Haushalte mit 219 Euro im Vergleich zu Haushalten anderer Quintile eher gering. Insbesondere für die Landbevölkerung lässt sich aufgrund der höheren Fahrleistung ein verstärkter Einfluss der höheren Kraftstoffkosten auf die Nettomehrkosten im VHS im Vergleich zum SHS feststellen. Der deutlich höhere CO₂-Preis im Jahr 2030 im VHS verstärkt damit die finanzielle Belastung für die Landbevölkerung im Jahr 2030 zusätzlich; im Vergleich zum SHS ist der Kostenanstieg am höchsten bei den eher einkommensstarken Quintilen mit hoher Fahrleistung, die trotz der starken Elektrifizierung auch noch im relevanten Maßstab mit verbrennungsmotorischen Pkw stattfindet.

Abbildung 48: Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsberichts 2023 nach Einkommensquintilen - Stadtbevölkerung



Quelle: eigene Darstellung

In Haushalten, die in der Stadt leben, zeigt sich aufgrund der geringeren durchschnittlichen Fahrleistung im VHS wie im SHS in den einkommensschwächeren Haushalten eine höhere Resilienz gegenüber den Erhöhungen der Nutzungskosten durch die Klimaschutzinstrumente. Nichtsdestotrotz sind die Nettomehrkosten für die Stadtbevölkerung sowohl absolut als auch relativ im VHS etwas höher als im SHS und die Verteilungswirkung ist als leicht regressiver einzustufen als im SHS. Während städtische Haushalte im ersten Quintil mit einem Anteil der Nettomehrkosten am Haushaltsnettoeinkommen von durchschnittlich 0,6 % zusätzlich belastet werden, beträgt die relative Mehrbelastung im fünften Quintil nur noch 0,36 %. Wenn auch auf einem niedrigeren Level, verschärft ein verzögertes Handeln also auch innerhalb der Stadtbevölkerung die Kostenbelastungen.

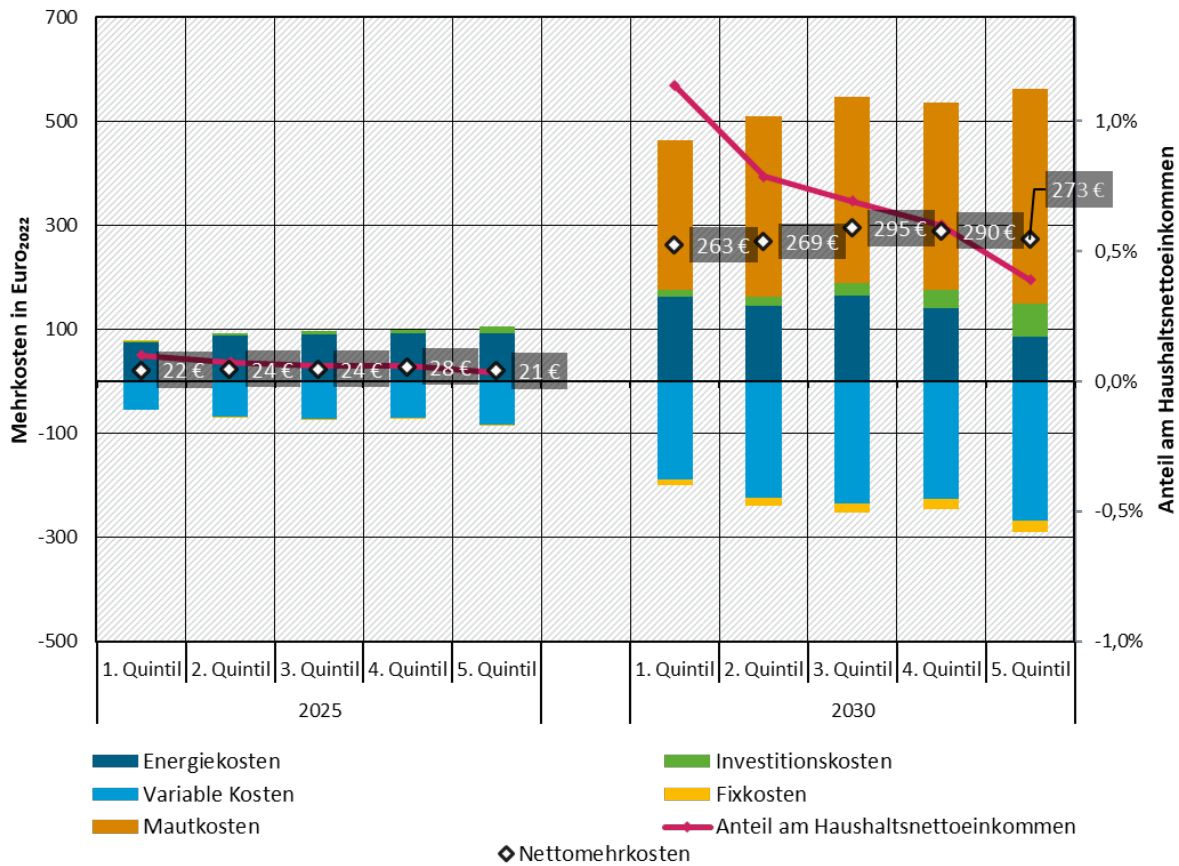
Wie im SHS sind die Mehrkosten für Haushalte auf dem Land allgemein deutlich höher als für Haushalte in der Stadt. Dies ist durch die höheren Fahrleistungen für Haushalte auf dem Land begründet. Eine Ausnahme jedoch ist das 5. Quintil, in dem die durchschnittlichen Mehrkosten für auf dem Land lebende Haushalte niedriger ausfallen als in der Stadt. Die höheren Fahrleistungen der Haushalte auf dem Land führen zu stärkeren finanziellen Anreizen für den Umstieg auf BEV, sodass Haushalte des 5. Quintils auf dem Land deutlich schneller und häufiger beim Neuwagenkauf auf BEV zurückgreifen als ihr Pendant in der Stadt.

4.2.5.4 Jährliche Mehrkosten im „verzögerten Handeln“ - Autofahrende im Fokus

Abbildung 49 zeigt die jährlichen Mehrkosten für die Haushalte mit Pkw im VHS. Im Jahr 2025 zeigt sich hier eine deutlich geringere Nettomehrkostenbelastung als im SHS, sowohl absolut als

auch relativ. Die relative Belastung sinkt von 0,1 % im ersten Quintil auf 0,03 % im fünften Quintil.

Abbildung 49: Jährliche Pkw-Mehrkosten im VHS im Vergleich zum MMS des Projektionsbericht 2023 nach Einkommensquintilen - Haushalte mit Pkw, 2025 und 2030



Quelle: eigene Darstellung

Die Mehrkostenbelastung verschärft sich deutlich im Jahr 2030. Im ersten Quintil liegt der Anteil der Nettomehrkosten im VHS am Haushaltsnettoeinkommen bei 1,14 %, während der Anteil im fünften Quintil bei 0,4 % liegt und damit größer ist als im SHS. Im VHS werden Haushalte, die im Jahr 2030 einen mit fossilen Kraftstoffen betriebenen Pkw nutzen, stärker belastet als im SHS. Dies zeigt sich deutlich durch einen relevanten Anstieg bei den Kraftstoffkosten im Vergleich zum SHS. Da die Klimaschutzinstrumente erst verzögert umgesetzt, dafür aber schneller ambitionierter werden, bleibt den Haushalten weniger Zeit zur Anpassung und der Elektrifizierungsgrad des Pkw-Bestands ist leicht geringer als im SHS. Gegenüber dem SHS ist der Bestand im VHS also weniger effizient und weniger Haushalte verfügen über einen BEV. Dieser weniger effiziente Fahrzeugbestand, gepaart mit dem durch den ambitionierteren CO₂-Preis erhöhten fossilen Kraftstoffkosten, führt insbesondere für Haushalte mit niedrigem Einkommen zu einer deutlich stärkeren Belastung.

4.2.5.5 Zwischenfazit

Wie auch im SHS machen die Ergebnisse deutlich, dass ohne flankierende Maßnahmen oder entsprechendem Rückverteilungsmechanismus der zusätzlichen Einnahmen Haushalte mit niedrigerem Einkommen im VHS überproportional stark belastet werden im Vergleich zu Haushalten mit hohem Einkommen. Haushalte auf dem Land, die häufig auf die Pkw-Nutzung für

die alltägliche Mobilität angewiesen sind, werden allgemein stärker belastet als ihr städtisches Pendant.

Die deutlich moderatere Mehrbelastung im Jahr 2025 im VHS gegenüber der Mehrbelastung im SHS bedingt durch die verzögerte Einführung von Klimaschutzmaßnahmen im VHS führt im Umkehrschluss zu einer höheren Belastung im Jahr 2030. Dies betrifft besonders einkommensschwache Haushalte, die auf dem Land leben.

4.2.6 Wirkung der Klimaschutzinstrumente auf ausgewählte Beispielhaushalte

Zur Veranschaulichung der veränderten Kosten der Szenarien gegenüber der Referenzentwicklung (MMS des Projektionsberichts 2023) folgt eine Analyse anhand ausgewählter Beispielhaushalte. Die Avatare sollen mögliche Handlungsspielräume und die finanziellen Konsequenzen verschiedener Bevölkerungsgruppen aufzeigen. Für ein besseres Verständnis der verschiedenen Lebensrealitäten werden die Avatare und ihre Mobilitätsgewohnheiten anfangs kurz beschrieben.

Dazu werden die für die Mobilität anfallenden Kosten für die verschiedenen Avatare im Jahr 2030 in der Referenz und den Szenarien SHS und VHS dargestellt. Die Kosten sind direkt aus dem MOP-Datensatz abgeleitet. Zusätzlich werden verkehrliche Anpassungsreaktionen der Haushalte dargestellt, um ein besseres Verständnis verschiedener Verhaltensmuster zu erhalten. Die dargestellten Einkommen, Verbräuche und Fahrzeuge orientieren sich an beobachteten Werten aus dem MOP-Haushaltsdatensatz des DHoT-Modells. Es werden neben den Energiekosten auch Kosten der im SHS und VHS ab 2029 eingeführten Pkw-Maut sowie sonstige Pkw-Kosten (Fix- und Variable Kosten) aufgeführt. Im Falle eines Pkw-Neukaufs werden zusätzlich die anfallenden Mehrkosten in annuisierter Form ausgewiesen. Ergänzt wird dies für etwaige Kosten für den ÖV.

Die folgenden Tabellen zeigen anhand sechs verschiedener Beispielhaushalte (Avatare) die Verteilungswirkung der beiden Szenarien. Neben der Kostenbelastung ohne Verhaltensanpassung⁵⁰ werden Alternativen der Haushalte aufgezeigt, um etwaige Mehrbelastungen durch die veränderten Rahmenbedingungen zu verringern.

⁵⁰ Zu den dargestellten Verhaltensanpassungen gehören neben der Neuanschaffung eines BEV auch Verkehrsverlagerung und Vermeidung.

Tabelle 11: Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 1 und 2

	Familie mit 2 Kindern im 3. Quintil auf dem Land					Rentnerpaar im 2. Quintil aus städtischem Raum	
	MMS	SHS	SHS		VHS	MMS	SHS/VHS
Haushaltsnettoeinkommen p.a. (Euro ₂₀₂₂)	63.000					25.000	
Verhaltensanpassung	Referenz	Nein	Ja	Ja	Nein	Referenz	Nein
Pkw	Diesel	Diesel	BEV (neu)	BEV (geb.)	Diesel	Kein	Kein
Fahrleistung p.a.	25.000						
Verbrauch Diesel (l p.a.)	1.750	1.750	-		1.750	-	-
Verbrauch Strom Pkw (kWh p.a.)	-	-	5.000	5.000	-	-	-
Energiekosten (Euro ₂₀₂₂)	3.254	4.457	1.472	1.472	4.703	-	-
Pkw-Mautkosten (Euro ₂₀₂₂)	-	640	640	640	640	-	-
Sonstige Pkw-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	3.356	3.356	2.991	2.991	3.356	-	-
Annuierte Mehrkosten Pkw-Kauf (Euro ₂₀₂₂)			4.583	577			
ÖV-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	-	-	-	-	-	1.728	1.176
Mobilitätskosten (Euro₂₀₂₂)	6.610	8.453	9.686	5.679	8.699	1.728	1.176
in % vom Einkommen	10,5 %	13,4 %	15,4 %	9,0 %	13,8 %	6,9 %	4,7 %

Die vierköpfige Familie M. wohnt auf dem Land und nutzt ihren fünf Jahre alten Diesel-Pkw für große Teile ihrer alltäglichen Mobilität, sowie für jährliche Urlaubsfahrten. Insgesamt kommen so pro Jahr rund 25.000 Kilometer zusammen. Ausgehend von der Referenz (MMS des Projektionsberichts 2023) betragen ihre laufenden Mobilitätskosten im Jahr 2030 somit 6.610 Euro. Durch die im SHS umgesetzten Klimaschutzmaßnahmen würden sich die Kosten ohne Verhaltensanpassung auf 8.453 Euro erhöhen. Der Anteil der Mobilitätskosten am Nettohaushaltseinkommen steigt in diesem Fall von 10,5 % auf 13,4 %. Die steigenden Energiekosten ihres Diesels sind schon länger ein Diskussionsthema in der Familie. Schließlich entschließt sich Familie M. zum Kauf eines BEV. Die Familie M. verkauft ihren fünf Jahre alten Diesel für 14.000 Euro und kauft einen neuen BEV für 50.000 Euro. Für diese große Anschaffung nehmen sie einen Kredit über 36.000 Euro auf.⁵¹ Durch die Neuanschaffung sinken ihre Mobilitätskosten, allen voran die Energiekosten, deutlich, aber der neu aufgenommene Kredit führt auch zu jährlichen Mehrkosten von rund 4.500 Euro. Insgesamt muss Familie M. nun knapp 9.686 Euro pro Jahr für die Nutzung ihres Pkw aufbringen und somit sogar 1200 Euro mehr als mit ihrem alten Diesel. Dies ist vor allem auf die hohen Anschaffungskosten des Neuwagens und dem damit verbundenen hohen Wertverlust zurückzuführen. Würde sich die Familie stattdessen für einen drei Jahre alten gebrauchten BEV entscheiden, müssten sie nur einen Kredit über 11.000 Euro aufnehmen und ihre jährlichen annuisierten Mehrkosten für den Pkw-Kauf würden lediglich 577 Euro betragen. Somit könnten sie ihre Mobilitätskosten auf 6.100 Euro senken und wären damit sogar günstiger unterwegs als in der Referenz. Im VHS wären ihre Mobilitätskosten aufgrund des höheren CO₂-Preises mit einem Anteil von 13,8 % ohne Verhaltensanpassung, d. h. ohne den Erwerb des BEV, sogar noch höher als im SHS.

Das Rentnerpaar S. lebt seit ihrem Ruhestand in einem kleinen Vorort einer mittelgroßen Stadt in einem Ballungsgebiet. Die Rentner haben ihren Pkw bereits vor Jahren abgeschafft und erledigen ihre täglichen Wege mit dem öffentlichen Verkehr. Sie geben rund 7 % ihres Einkommens für Zeitkarten ihres örtlichen ÖV-Unternehmens aus. Dank des Deutschlandtickets können sie in den Szenarien SHS und VHS weiterhin günstig mit dem öffentlichen Verkehr unterwegs sein und sogar noch mehr als 500 Euro pro Jahr sparen. Rentnerpaar S. muss nun nur lediglich 4,7 % ihres Haushaltsbudgets für Mobilität aufwenden.

Tabelle 12: Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 3 und 4

	Alleinerziehende mit einem Kind, Kleinstadt (2.Quintil)				Single, Großstadt (4. Quintil)			
	MMS	SHS	SHS	VHS	MMS	SHS	SHS	VHS
Haushaltsnettoeinkommen p.a. (Euro ₂₀₂₂)	32.000				36.000			
Verhaltensanpassung	Referenz	Nein	Ja	Nein	Referenz	Nein	Ja	Nein
Pkw	Benzin	Benzin	BEV	Benzin	Benzin			
Fahrleistung p.a.	20.000				13.000	5.200		13.000
Verbrauch Benzin (l p.a.)	1.400	1.400	-	1.400	1.040	1.040	416	1.040

⁵¹ Für den Kredit wird ein Zinssatz von 7,5 % angenommen und sieben Jahren Laufzeit angenommen. Es werden die Mehrkosten des neu erworbenen BEV gegenüber dem bereits vorhandenen Diesel-Pkw berücksichtigt. Die Mehrkosten werden gegenüber dem hypothetischen Fall berechnet, dass der Haushalt das alte Fahrzeug noch 7 Jahre halten würde. Dazu werden die berechneten Kosten des alten Fahrzeuges von den Kosten des neugekauften BEV abgezogen und als annuisierte Mehrkosten ausgewiesen.

	Alleinerziehende mit einem Kind, Kleinstadt (2.Quintil)				Single, Großstadt (4. Quintil)			
Verbrauch Strom Pkw (kWh p.a.)	-	-	4.000	-	-	-	-	-
Energiekosten (Euro ₂₀₂₂)	2.498	3.297	1.177	3.545	1.855	2.449	980	2.634
Pkw-Mautkosten (Euro ₂₀₂₂)	-	512	512	512	-	333	133	333
Sonstige Pkw-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	1.906	1.906	1.768	1.906	1.727	1.727	1.140	1.727
Annuierte Mehrkosten Pkw-Kauf (Euro ₂₀₂₂)			1.403					
ÖV-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	-	-	-	-	-	-	588	-
Mobilitätskosten (Euro₂₀₂₂)	4.403	5.714	4.860	5.963	3.582	4.508	2.841	4.693
in % vom Einkommen	13,8 %	17,9 %	15,2 %	18,6 %	10,0 %	12,5 %	7,9 %	13,0 %

Frau U. wohnt gemeinsam mit ihrem Sohn in einer Kleinstadt. Sie arbeitet in einer Firma in einer 30 Kilometer entfernten Großstadt und pendelt daher täglich mit ihrem Benzin-Pkw. Im Jahr kommen so über 13.000 Kilometer für das Pendeln zusammen. Die Kita ihres Sohnes liegt glücklicherweise im Nachbarort, in welchem auch ihre Eltern wohnen, die mehrmals die Woche auf ihren Enkel aufpassen. Im Gegenzug fährt Frau U. ihre Eltern für größere Anschaffungen oder Arzttermine auch regelmäßig in die nächstgrößere Stadt, sodass sie insgesamt 20.000 Kilometer pro Jahr zurücklegt. In der Referenz entstehen ihr so Kosten von 4.403 Euro pro Jahr. Im SHS steigen ihre Ausgaben auf 5.714 Euro; im VHS sogar auf 5.963 Euro. Frau U. überlegt schon länger, ihren Pkw abzuschaffen und auf die neu verfügbare Busverbindung zwischen ihrem Wohnort und ihrer Arbeitsstätte auszuweichen, jedoch hätte sie dann nicht mehr die Möglichkeit, ihre Eltern zu fahren. Sie entscheidet sich daher einen Elektro-Pkw anzuschaffen. Der örtliche Händler hat einen drei Jahre alten gebrauchten BEV für 16.500 Euro im Angebot. Frau U. entscheidet sich zum Kauf und gibt ihren alten Benziner in Zahlung. Für die restliche Summe über 12.500 Euro nimmt sie einen Kredit auf.⁵² Durch die Neuanschaffung verringern sich ihre laufenden Kosten im SHS um fast 50 % auf rund 3.400 Euro. Die Finanzierung des BEV führt allerdings zu jährlichen Mehrkosten in Höhe von etwa 1.400 Euro. Insgesamt sinkt jedoch der Anteil der Mobilitätsausgaben am Haushaltseinkommen von 17,9 % auf 15,2 % durch den Umstieg auf die E-Mobilität. Aufgrund des höheren Anschaffungspreises und den damit verbundenen Zinskosten führen aber dazu, dass Frau U. trotz Umstieg auf die E-Mobilität mehr Geld für ihre Mobilität aufwenden muss als im MMS (Referenz).

Herr P. wohnt in einer Großstadt und fährt täglich rund sieben Kilometer zur Arbeit mit seinem älteren Benziner. So kommen allein pro Jahr etwa 3.000 Kilometer zusammen. Da Herr P. in

⁵² Aufgrund ihrer geringeren Kreditwürdigkeit wird für den Kredit ein Zinssatz von 10 % und eine Laufzeit von sechs Jahren angenommen. Es werden die Mehrkosten des neu erworbenen BEV gegenüber dem bereits vorhandenen Benzin-Pkw berücksichtigt. Die Mehrkosten werden gegenüber dem hypothetischen Fall berechnet, dass der Haushalt das alte Fahrzeug noch 6 Jahre halten würde. Dazu werden die berechneten Kosten des alten Fahrzeuges von den Kosten des neugekauften BEV abgezogen und als annuierte Mehrkosten ausgewiesen.

einer Fernbeziehung lebt und er seine Partnerin jedes zweite Wochenende in einer 150 Kilometer entfernten Stadt besucht, kommen so jährlich noch einmal zusätzlich rund 7.800 Kilometer hinzu. Die restlichen seiner jährlichen 13.000 Kilometer Fahrleistung kommen durch Gelegenheitsfahrten im Stadtgebiet zusammen. In der Referenz entstehen ihm so Kosten von rund 10 % seines Haushaltseinkommens. Im SHS steigen diese Kosten ohne Verhaltensanpassung auf 12,5 % (im VHS: 13 %) Herr P. kommt zu dem Entschluss, dass sich etwas ändern muss. Er ist jedoch nicht bereit, auf seinem Pkw zu verzichten oder ihn durch einen BEV zu ersetzen. Er möchte nicht auf den morgendlichen Komfort, allein mit dem Auto zur Arbeit zu fahren, verzichten. Jedoch entschließt sich Herr P. dazu, seine Freundin künftig mit dem öffentlichen Verkehr zu besuchen und kauft dazu das Deutschland-Ticket und spart nunmehr über 600 Liter Benzin pro Jahr ein, während sich seine Mobilitätskosten im SHS auf 7,9 % seines Haushaltseinkommens beschränken.

Tabelle 13: Verteilungsanalyse anhand von Beispielhaushalten im Jahr 2030 – Beispiel 5 und 6

	Paarhaushalt, Metropolregion (5. Quintil)				Single, auf dem Land (1. Quintil)		
	MMS	SHS	SHS	VHS	MMS	SHS	VHS
Haushaltsnettoeinkommen p.a. (Euro ₂₀₂₂)	100.000				20.000		
Verhaltensanpassung	Referenz	Nein	Ja	Nein	Referenz	Nein	Nein
Pkw	Benzin	Benzin	Benzin	Benzin	Benzin	Benzin	Benzin
Fahrleistung p.a.	35.000				10.000		
Verbrauch Benzin (l p.a.)	2.450	2.450	1.960	2.450			
Verbrauch Strom Pkw (kWh p.a.)	-	-	-	-	-	-	-
Energiekosten (Euro ₂₀₂₂)	4.371	5.769	4.615	6.204	1.070	1.413	1.519
Pkw-Mautkosten (Euro ₂₀₂₂)		896	717	896	-	256	256
Sonstige Pkw-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	5.302	5.302	4.663	5.302	1.270	1.270	1.207
ÖV-Kosten (Euro ₂₀₂₂)	-	-	-	-	-	-	
Mobilitätskosten (Euro₂₀₂₂)	9.673	11.967	9.995	12.402	2.341	2.939	3.046
in % vom Einkommen	9,7 %	12,0 %	10,0 %	12,4 %	11,7 %	14,7 %	15,2 %

Das Paar T. wohnt in einer Metropolregion und verfügt über ein hohes Einkommen. Beide pendeln mit dem eigenen Benzin-Pkw jeweils rund 25 Kilometer zur Arbeit. Zusammen kommen so rund 22.000 Kilometer pro Jahr zusammen. Auf dem Weg von der Arbeit zurück erledigen sie gelegentlich Einkäufe. Zusätzlich fahren sie gerne mit einem der beiden Fahrzeuge in den Urlaub und kommen so zusammen auf 35.000 gefahrene Kilometer pro Jahr. In der Referenz geben sie so im Jahr 2030 knapp unter 10 % ihres Einkommens für Mobilität aus. Im SHS und den damit verbundenen Energiekosten steigen die Ausgaben auf etwa 12 % an. Eigentlich kein Problem für das Paar, jedoch zahlen die beiden gerade eine Eigentumswohnung ab und die gestiegenen Kraftstoffkosten animieren die beiden zum Nachdenken. Der Elektromobilität stehen sie noch immer skeptisch gegenüber. Sie nutzen die schon länger verfügbare Möglichkeit, von Zeit zu Zeit im Homeoffice zu arbeiten und sparen so 7.000 Kilometer im Jahr ein. Ihre Mobilitätsausgaben können sie so wieder auf rund 10 % ihres Haushaltseinkommens reduzieren. Im Falle der noch höheren fossilen Energiepreise im VHS müssten sie, ohne ihr Verhalten anzupassen, sogar 12,4 % ihres Einkommens für Mobilität aufwenden.

Herr K. wohnt auf dem Land und pendelt mit seinem alten kleinen Benziner rund 8 Kilometer in die nächste Kleinstadt (Insgesamt rund 9.000 Kilometer pro Jahr). Herr K. verdient stark unterdurchschnittlich, da er aufgrund einer Erkrankung nicht mehr in Vollzeit arbeiten kann. In der Referenz gibt Herr K. bereits 11,7 % seines Einkommens für Mobilität aus. Im SHS steigt dieser Anteil auf 14,7 %. Im VHS und den höheren fossilen Energiepreisen steigen die Mobilitätskosten sogar auf 15,2 % des Einkommens. Herr K. ist bereits vor ein paar Jahren aufgrund der gestiegenen Preise näher an seine Arbeitsstelle gezogen. Leider wohnt er in einem dünnbesiedelten Landkreis, sodass der ÖV für ihn keine Alternative ist. Auf der Suche nach Alternativen zum Pkw kommt Herr K. zum Entschluss, dass es derzeit für ihn keine aussichtsreiche Alternative gibt. Herr K. würde gerne auf einen BEV umsteigen, nur fehlen ihm dazu die finanziellen Mittel.

4.3 Einordnung der Ergebnisse der Verteilungsanalyse

Die Analyse der Verteilungseffekte in den Szenarien SHS und VHS zeigt ein konsistentes Bild: kurz- und mittelfristig bis zum Jahr 2030 führen die eingeführten Klimaschutzmaßnahmen im Durchschnitt zu zusätzlichen Belastungen für Haushalte. Diese sind im VHS für das Jahr 2030 aufgrund der verzögerten Einführung und der dadurch ambitionierteren Ausgestaltung der Klimaschutzinstrumente leicht höher als im SHS. Ein Umstieg auf Nullemissionsfahrzeuge oder den Umweltverbund erfolgt nicht im ausreichenden Maß, um den Kostenanstieg fossiler Mobilitätslösungen, der durch Instrumente zur THG-Emissionsreduzierung entsteht, vollständig auszugleichen. Dies trifft insbesondere auf Haushalte mit geringem Einkommen und für Haushalte im ländlichen Raum zu. Dies ist bei den Haushalten mit geringen Einkommen einerseits auf das geringe Einkommensniveau zurückzuführen. Andererseits ist dies dadurch zu erklären, dass emissionsfreie Technologien, für die beispielweise kein CO₂-Preis zu entrichten ist und die von Kraftstoffpreissteigerungen durch die THG-Quote nicht betroffen sind, auch bis 2030 in Haushalten mit geringen Einkommen verhältnismäßig selten zum Einsatz kommen. Für Haushalte im ländlichen Raum verstärkt sich dieser Effekt zusätzlich, da dort die Fahrtstrecken im Durchschnitt länger sind und die Verfügbarkeit von Mobilitätsalternativen seltener angeboten werden:

Haushalte reagieren auf steigende Nutzungskosten von Pkw im Normalfall mit Verhaltensänderungen. Sie verringern die Pkw-Fahrleistung und steigen – wenn möglich – auf andere Verkehrsmittel um oder versuchen Wege zu vermeiden (z. B. durch die Steigerung an Home-Office-Tagen). Um das Risiko für Mobilitätarmut, d. h. für die Verringerung der sozialen Teilhabe und der gesellschaftlichen Chancengerechtigkeit, durch die Kostensteigerungen vor

allein für fossile Mobilität zu verringern, gilt es daher ausreichend Alternativen bereitzustellen. So sollte der Umweltverbund so gestärkt werden, dass er hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Flexibilität und Verfügbarkeit an Attraktivität gewinnt. Insbesondere in größeren Städten ist der Umweltverbund ein relevanter Teil der Verkehrsmittelwahl und kann mit zusätzlicher Förderung jedoch auch weiter ausgebaut werden.

Im ländlichen Raum, in dem aufgrund der Siedlungsstruktur auch zukünftig zum Teil eine hohe Abhängigkeit vom eigenen Pkw bestehen bleiben wird, ist die Attraktivitätssteigerung des Umweltverbunds ein Teil einer ökologischen und sozialen Transformation des Verkehrs. Eine ergänzende Option ist es, einkommensschwache, autoabhängige Haushalte beim Umstieg auf emissionsfreie Pkw zu unterstützen. In Frankreich gibt es beispielsweise eine sozial ausgestaltete Variante des Leasings, um Elektrofahrzeuge auch Haushalten mit geringem Einkommen zu ermöglichen. Beim sogenannten „Social Leasing“ wird einkommensschwachen Haushalten zu vergünstigten Konditionen die Möglichkeit eröffnet, einen emissionsfreien Pkw zu leasen. Neben der Kopplung an das Haushaltsnettoeinkommen wäre ebenfalls eine Prüfung der Notwendigkeit für einen Pkw bzw. der Verfügbarkeit des Umweltverbunds möglich, ähnlich wie bei der Entfernungspauschale in Österreich, wo anhand der ÖV-Verfügbarkeit über die Höhe der Pauschale entschieden wird (BMF AT 2023). Die Bereitstellung kostengünstiger und schnell verfügbarer, klimafreundlicher Mobilitätslösungen für finanziell besonders stark von der Transformation des Verkehrs betroffenen Haushalten ist von zentraler Bedeutung für die sozial gerechte Transformation hin zu einem treibhausgasneutralen Verkehrssektor und die gesellschaftliche Akzeptanz von Klimaschutz im Verkehr. Ideen und Konzepte für deren Umsetzung und Finanzierung müssen also möglichst zeitnah entwickelt werden.

Die klassische Reaktion auf steigende Kosten durch Politikmaßnahmen sind Entlastungsmaßnahmen. Der Ungleichverteilung der zusätzlichen Kosten und der daraus entstehenden sozialen Härten kann, zumindest teilweise, entgegengewirkt werden, indem Rückverteilungs- und Fördermechanismen entwickelt und implementiert werden. Die in den Szenarien wirkenden Preisinstrumente führen zu zusätzlichen Einnahmen des Staates, welche dieser wieder in Form von monetären Zuwendungen oder Förderprogrammen an die Bevölkerung rückverteilen kann. Einige dieser Einnahmenströme sind jedoch nur für einen begrenzten Zeitraum verfügbar. Darunter fallen unter anderem die Einnahmen des CO₂-Malus beim Neufahrzeugkauf und der CO₂-Preis des BEHG bzw. des ETS 2. Die Einnahmen des Malus enden mit der Verschärfung der CO₂-Flottenzielwerte im Jahr 2035, wenn nur noch emissionsfreie Fahrzeuge neuzugelassen werden können. Die Einnahmen des CO₂-Preises gehen mit der zunehmenden Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes und der Verlagerung auf weniger klimaintensive Verkehrsträger sukzessive zurück. Zugleich gehen auch die finanziellen Belastungen dieser Instrumente für immer mehr Haushalte zurück.

Daher gilt es, die Einnahmen – solange diese während der Transformation verfügbar und aufgrund der Mehrkosten notwendig sind – effizient zu nutzen. Rückverteilungsmechanismen sollten indes so ausgestaltet werden, dass sie langfristig für Entlastung bei Haushalten sorgen und gleichzeitig nicht der Lenkungswirkung der Klimaschutzinstrumente entgegenwirken. Der Rückzahlungsmechanismus der Pro-Kopf-Pauschale kann kurzfristig für Entlastung sorgen⁵³ und wird von vielen Seiten für den sozialen Ausgleich bei steigenden CO₂-Preisen favorisiert. Dabei werden mittelfristig auch Haushalte entlastet, die angesichts der eigenen finanziellen Möglichkeiten und durch den Umstieg auf emissionsfreie Technologien wie emissionsfreie Pkw

⁵³ Im Rahmen der Einführung des CO₂-Preises und der Diskussion um ein „Klimageld“ in Deutschland als Möglichkeit des sozialen Ausgleichs haben bereits verschiedene Studien gezeigt, dass kurzfristig soziale Härten mit der Rückverteilung der Einnahmen in Form einer Pauschale abgemildert werden können (Zerzawy und Fischle 2021; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Kalkuhl et al. 2021.)

keine Entlastung benötigen. Die Betrachtungen in diesem Kapitel zeigen, dass ein Pro-Kopf-Mechanismus bei einer schnellen Transformation, die in diesen Szenarien bis Mitte bzw. Ende der 2030er Jahre geht, aller Voraussicht nach nicht die effizienteste Art der Entlastung von Haushalten ist. Vielmehr erscheint es zielführend zu sein, die zusätzlichen Mittel so einzusetzen, dass finanzielle Entlastungen und Fördermechanismen für emissionsfrei Mobilitätslösungen – wie es im Social Climate Fund der EU beispielsweise vorgesehen ist – vor allem Haushalten mit niedrigem Einkommen zugutekommen und solchen Haushalten günstige emissionsfreie Mobilitätslösungen zur Verfügung stehen.

Dieser Ansatz ist vor allem von Bedeutung, da die Analysen Durchschnittsbetrachtungen über die jeweiligen Einkommensgruppen darstellen. Die Verteilung der Kosten innerhalb der Einkommensgruppen fällt mitunter stark unterschiedlich aus. Auch dieser Aspekt spricht dafür, die Entlastungsleistungen – sei es durch Rückzahlungsmechanismen oder durch Förderprogramme – möglichst zielgruppengerecht auszugestalten. Ein Pro-Kopf-Mechanismus bei der (teilweisen) Rückzahlung der Einnahmen des CO₂-Preises, wie er derzeit politisch stark diskutiert wird, sollte daher aller Voraussicht nach zeitnah nach dessen Einführung in eine zielgerichtete Rückzahlung weiterentwickelt werden.

5 Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Verkehrswende im Fokus

Das Ziel ist es, die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Maßnahmenpakete der Szenarien „Sofortiges Handeln“ und „Verzögertes Handeln“ relativ zur Referenzentwicklung des „Mit-Maßnahmen“-Szenarios des Projektionsberichts 2023 abzuschätzen. Dabei liegt der Fokus auf zwei Zeitpunkten: Die Jahre 2030 und 2050. Die volkswirtschaftlichen Entwicklungen sind mit Unsicherheiten verbunden. Eine Abbildung von Zwischenjahren und Kumulation von Ergebnissen über die Jahre bis 2030 bzw. 2050 ist daher nicht vorgesehen und nach eigener Einschätzung auch nicht zielführend. Letztlich geht es um die Diskussion möglicher Entwicklungen bzw. Größenordnungen und deren gesamtwirtschaftlichen Wirkungen.

Für die Abschätzung der volkswirtschaftlichen Wirkungen verwendet wird das **Verkehrs- und Energie-Differenzierte Input-Output-Modell (VEDIOM)** verwendet. Dieses Input-Output-Modell (IOM) liegt INFRAS aus anderen Projekten mit vergleichbaren Analysen vor. So wurde damit bereits 2016 im Rahmen eines Auftrags des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit die volkswirtschaftlichen Wirkungen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors berechnet (Öko-Institut, DLR, ifeu und INFRAS 2016).⁵⁴ Das Modell wurde für die vorliegende Analyse aktualisiert.

5.1 Methodik, Vorgehen und grundlegende Annahmen

5.1.1 Die differenzierte Input-Output-Tabelle

VEDIOM basiert auf einer differenzierten Input-Output-Tabelle (IOT), welche die deutsche Wirtschaft für das Jahr 2016 widerspiegelt. Die IOT liefert Informationen über die Kostenstruktur der einzelnen Wirtschaftsbranchen, legt die jeweiligen Produktionsfunktionen der einzelnen Branchen offen und zeigt die volkswirtschaftliche Verflechtung. Außerdem bildet die IOT ab, wohin welche Wirtschaftsbranchen ihre Produkte (im Inland produziert oder importiert) verkaufen: entweder als Vorleistungen an andere Branchen (gegenseitige Verflechtung der Wirtschaftsbranchen), an den privaten Konsum der Haushalte oder dem Staat oder als Investitionen in Ausrüstungen und sonstige Anlagen und Bauten oder als Exporte ins Ausland. Das heißt, eine IOT bildet die Produktionsseite verbunden mit der Verwendungsseite einer Volkswirtschaft ab.

Aus der IOT lassen sich somit für jede Branche folgende Informationen extrahieren:

- ▶ Welche Vorleistungen beziehen die betrachteten Branchen wertmäßig von den anderen Branchen,
- ▶ wie groß ist der Anteil der inländischen bzw. der importierten Vorleistungslieferungen,
- ▶ in welche Branchen und Endverwendungskomponenten werden die Produkte einer spezifischen Branche verkauft,
- ▶ wie groß ist der Importanteil im Produktionsprozess (Vorleistungsimporte) der einzelnen Branchen bzw. wie hoch sind die Importe dieser Branche,
- ▶ wie hoch ist die Wertschöpfung je Branche und wie sieht deren Struktur aus?

⁵⁴ Eine detaillierte Beschreibung von VEDIOM findet sich in Öko-Institut, DLR, ifeu und INFRAS (2016).

Zudem weist die IOT die gesamte Bruttoproduktion (Umsatz) sowie die Beschäftigung pro Wirtschaftsbranche aus. Sie zeigt ein vollständiges Bild der Aufkommens- und der Verwendungsseite aller Branchen der Volkswirtschaft. Das ermöglicht die Analyse, wie die Wertschöpfung durch Änderungen in der Wirtschaftstätigkeit oder den Produktionsprozessen sowie aufgrund von Nachfrageimpulsen oder -schocks (privater und staatlicher Konsum, Investitionen, Außenhandel) beeinflusst wird. Abbildung 50 zeigt die verschiedenen Bereiche der IOT.

Abbildung 50: Schematische Darstellung einer Input-Output Tabelle

Verwendung (Input)		Input der Produktionsbereiche			Letzte Verwendung			Gesamte Verwendung		
		PB	SB	TB	Konsum	Investit.	Exporte			
Gütergruppen	PB	Vorleistungsmatrix			Endnachfragematrix			Σ		
	SB									
	TB									
	Ges. Vorleistungen bzw. Endnachfrage	Σ 30,4								
Komponenten der Wertschöpfung	...	Matrix der Primärinputs			Gesamtes Aufkommen gleich gesamte Verwendung					
	...									
	...									
Importe										
Gesamtes Aufkommen		Σ								

Abkürzungen: PB = Primärer Bereich = Land- und Forstwirtschaft, Fischerei; SB = Sekundärer Bereich = Produzierendes Gewerbe; TB = Tertiärer Bereich = private und öffentliche Dienstleistungen
 Quelle: Destatis 2010

Die eingesetzte IOT eignet sich ideal für die vorliegenden Fragenstellungen, da eine detaillierte verkehrs- und energiespezifische Differenzierung erfolgte. Außerdem erlaubt die verfügbare Importmatrix zwischen inländischen und importierten Vorleistungen zu unterscheiden. Die Grundlage für die IOT und die Importmatrix bildet die offizielle deutsche IOT. Die IOT für Deutschland wird in regelmäßigen Abständen aktualisiert und liegt in der neusten Version für das Jahr 2020 vor. Da dieses jedoch stark von der COVID-19 Pandemie geprägt ist, stellt die IOT 2020 keinen repräsentativen Startpunkt für die angestrebte Analyse dar. Die offizielle IOT verfügt zudem nicht über die für die zu untersuchende Fragestellung wichtige Differenzierung der Sektoren im Energie- und Verkehrsbereich. Deshalb wird als Basis die IOT für das Jahr 2016 genutzt (Destatis 2019). Die Wahl des Startzeitpunkts der Analyse hat für den Vergleich der Szenarien in den Jahren 2030 und 2050 relativ zu einer Referenzentwicklung keinen relevanten Einfluss auf den Erkenntnisgewinn. Dies erklärt sich damit, dass für alle drei Szenarien der gleiche Ausgangspunkt gewählt wird und der Fokus auf der Analyse der relativen Abweichung zur Referenz liegt und nicht auf den absoluten Größen. Für die Importmatrix wird ebenfalls die

Version für das Jahr 2016 verwendet. Weitere verfügbare branchenspezifische Daten bilden die Grundlage für die verkehrs- und energiespezifische Modellierung der Szenarien.

Der Fokus der Analyse liegt auf den durch die Maßnahmenpakete besonders betroffenen Wirtschaftszweigen. Konkret liegt eine symmetrische IOT mit 56 Branchen vor, welche 23 Verkehrs- und Energiebranchen und 33 weitere Branchen abbildet. Wie im Renewability III-Projekt (Öko-Institut, DLR, ifeu und INFRAS 2016) sind die Branchen „Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen“ und „Lagerei sowie Erbringung von sonstigen Dienstleistungen für den Verkehr“ differenziert dargestellt. Im Rahmen der letzten Aktualisierung von VEDIOM im Jahr 2020 wurden zusätzlich die Branchen „Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagen“, „Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung“ und „Energieversorgung“ differenziert (INFRAS, 2020, nicht veröffentlicht). Tabelle 14 zeigt die neue Differenzierung dieser drei Branchen. Weitere energiespezifische Differenzierungen wie die Produktion von synthetischen Kraftstoffen oder (grünem) Wasserstoff wurden nicht vorgenommen. Synthetische Kraftstoffe und Wasserstoff spielen eine zum Strom vergleichsweise kleine Rolle in den beiden Klimaschutzszenarien.

Tabelle 14: Übersicht zu den neusten Differenzierungen der IOT

Wirtschaftszweig (WZ) (Destatis)	Beschreibung (Destatis)	WZ (VEDIOM, INFRAS)	Differenzierung (VEDIOM, INFRAS)
WZ29	Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	WZ29.A	Kraftwagen mit Verbrennungsmotoren (ICEV)
		WZ29.B	Kraftwagen mit hybridem Antrieb und Stecker (PHEV)
		WZ29.C	Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV)
		WZ29.D	Fahrzeuge mit Brennstoffzellen (FCEV)
		WZ29.E	Sonstige Kraftwagen und Kraftwagenteile (Residualkonto)
WZ38	Sammlung, Behandlung und Beseitigung von Abfällen; Rückgewinnung	WZ38.31A	Rückgewinnungsleistungen aus Fahrzeugwracks
		WZ38.B	Dienstleistungen der Sammlung, Behandlung, Beseitigung von Abfällen und sonstige Rückgewinnung
WZ35	Energieversorgung	WZ35.A	Elektrischer Strom aus herkömmlichen Quellen
		WZ35.B	Elektrischer Strom aus erneuerbaren Quellen
		WZ35.C	Sonstige Dienstleistungen der Elektrizitäts-, Wärme- und Kälteversorgung

Quelle: Eigene Darstellung

5.1.2 Definition der Wachstumspfade und Hochrechnung IOT 2030 und 2050

5.1.2.1 Wachstumspfade

Damit die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der beiden Policy-Szenarien „sofortiges Handeln“ und „verzögertes Handeln“ berechnet werden können, gilt es in einem ersten Schritt, die volkswirtschaftliche Struktur für das MMS (Referenzszenario) des aktuellen Projektionsberichts 2023 für die zwei Untersuchungszeitpunkte 2030 und 2050 zu erstellen. Dazu werden die spezifischen Wachstumspfade der Branchen bzgl. der Produktion und der Beschäftigung für 2030 und 2050 festgelegt.

Die Herausforderung besteht darin, ein konsistentes und fundiertes Bild der zukünftigen Produktionsprozesse und der Verflechtung der deutschen Wirtschaft zu erhalten. Es existiert jedoch kein einheitliches Referenzszenario für 2030 oder 2050 für Deutschland, das die Entwicklung des Verkehrs, der Energiemärkte und der Gesamtwirtschaft gemeinsam abbildet. Auch im Rahmen der Erarbeitung des MMS als Teil des Projektionsberichts wurde auf ein solches verzichtet (Öko-Institut, Fraunhofer ISI, Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES) und Thünen-Institut 2023). Somit müssen die zu erwartenden Wachstumsraten einer Referenzentwicklung von Wertschöpfung und Beschäftigung der einzelnen Branchen für die hier vorliegende Untersuchung aus verschiedenen Quellen zusammengetragen werden. Hierzu wird sich auf die Wachstumspfade des Klimaschutzprogramms (KSP) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie⁵⁵ (Prognos 2020), die Klimaschutzenszenarien (KSZ) 2050 (ÖI und Fraunhofer ISI 2015) sowie auf gewisse branchenspezifische Werte von Prognos (2019) gestützt.

5.1.2.2 Hochrechnung der IOT

Nach der Festlegung der Wachstumspfade erfolgt die Hochrechnung auf die Jahre 2030 und 2050. Dazu wird sich zunächst auf die Produktionsseite der Wirtschaft konzentriert, wobei versucht wird, so präzise und branchenspezifisch wie möglich vorzugehen. Anschließend wird auf die Verwendungsseite der IOT gewechselt und diese hochgerechnet. In einem weiteren Schritt werden die beiden miteinander verbundenen Modellebenen (Produktion und Verwendung) ausgeglichen, um ein konsistentes Gesamtbild zu erzeugen. Es folgt eine Analyse des Staatshaushaltes (Einnahmen und Ausgaben). Das Ziel besteht darin, eine ausgeglichene Haushaltsstruktur zu erreichen, bei der die Einnahmen die Ausgaben decken. Die differenzierte IOT des Jahres 2016 bildet die Grundlage für die Hochrechnung auf 2030. Die neue IOT 2030 wird wiederum für die Hochrechnung auf 2050 verwendet. Die resultierenden IOT für die verschiedenen Jahre sind der Ausgangspunkt für die weiterführenden Wirkungsanalysen.

5.1.3 Input-Output-Modellierungen mit VEDIOM

Nachfolgend sind kurz die Funktionsweise des IOM und die Wirkung von Nachfrageimpulsen erläutert. Ebenso folgt eine zusammenfassende Übersicht zu VEDIOM, deren genaue Anwendung in Öko-Institut, DLR, ifeu und INFRAS (2016) dargestellt ist.

5.1.3.1 Funktionsweise und Vorteile von IOM und die Wirkung von Nachfrageimpulsen

Input-Output-Modelle nutzen verschiedene Sichtweisen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) zur Analyse und Berechnung des Bruttoinlandsprodukts (BIP). Die Entstehungsseite zeigt den Produktionsprozess jeder Branche mit Kosten und Inputs. Die Verwendungsseite zeigt, wie Güter in verschiedenen Bereichen genutzt werden. Wertschöpfung

⁵⁵ Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie wurde mit dem Regierungswechsel Ende 2021 zum Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz umbenannt.

und Güteraufkommen sind in beiden Ansichten gleich. Die Modelle nutzen die Buchhaltungslogik: Konsumiertes oder Verwendetes muss produziert worden sein und umgekehrt. Dies erlaubt eine ganzheitliche Wirkungsanalyse.

Die Herleitung und die Ergebnisse einer solchen Wirkungsanalyse von politischen Instrumenten müssen transparent und diskutierbar sein. Dies bedingt, dass die Ergebnisse in Ursache-Wirkungs-Erläuterungen qualitativ dargelegt und in ein Gesamtwirkungssystem (mit Rückkoppelungen) eingebettet werden können. Die Anwendung von VEDIOM ermöglicht das. Wenn für Wirkungsanalysen hingegen komplexere, makroökonomische Modelle oder Gleichgewichtsmodelle eingesetzt werden, sind diese Anforderungen kaum erfüllbar. Die berechneten Ergebnisse kommen dann aus einer Gesamtbox, die man qualitativ nicht in argumentative Wirkungsketten unterteilen kann und bei der nicht mehr differenziert werden kann, welche Relevanz verschiedene Einflussfaktoren aufweisen.

Die Analyse mit VEDIOM beginnt damit, dass Impulse auf der Nachfrageseite eingegeben werden (Investitionen, Gesamtausgaben, Modalsplit der Nutzung, Budgetrestriktionen in anderen Bereichen, Veränderung der Import- und Exportquoten, Veränderung der öffentlichen Finanzen und der verfügbaren Einkommen etc.). Diese Impulse basieren auf den Verkehrs- und Energiemodellierungen und berücksichtigen Veränderungen in Verkehrsleistungen, Verkehrs- und Energieausgaben, Fahrzeugbeständen und Investitionen. Die Ergebnisse der Simulationen erlauben Aussagen zu den von einem Instrumentenpaket betroffenen Branchen, zur Veränderung der Branchenstruktur, der sektoralen Wertschöpfung und Beschäftigung, der branchenseitigen Verflechtung, zu den Preiseffekten und den Veränderungen bei den öffentlichen Finanzen auf den verschiedenen Staatsebenen. Wie detailliert die Resultate dargestellt werden können, hängt jedoch stark von den verfügbaren Daten zu Preisen, Kosten, den geplanten Investitionen usw. ab. Für die vorliegende Untersuchung lagen viele relevante Daten nicht vor, weshalb vereinfachte Annahmen getroffen wurden mit entsprechendem Einfluss auf die Granularität der Resultate.

Der Staatshaushalt und die privaten Haushaltseinkommen werden separat behandelt, wobei zwei Annahmen gelten: 1) Staatsausgaben und -einnahmen müssen sich ausgleichen. Ausgabenüberschüsse werden durch erhöhte Steuereinnahmen kompensiert, was das Einkommen der privaten Haushalte negativ beeinflusst. 2) Das Einkommen der privaten Haushalte ändert sich durch Verkehrsausgaben (Brutto-Einkommenseffekt) und zusätzliche staatliche Ausgaben (bzw. reduzierte Steuern). Die Differenz bildet den Netto-Einkommenseffekt, der zeigt, wie sich die Haushaltsausgaben verändern. Ein positiver Effekt wirkt als zusätzlicher Nachfrageimpuls auf die Wirtschaft, ein negativer Effekt als abnehmender Impuls.

5.1.3.2 Das Modell

VEDIOM basiert auf der IOT 2030 und 2050. Mit dem Modell können die Auswirkungen von Maßnahmen und Instrumenten in den Jahren 2030 und 2050 auf Beschäftigung, BIP, sektorale Wertschöpfung, Importe und Exporte, den Konsum, investive Tätigkeit und den Staatshaushalt berechnet werden. Mittels dieses IO-Simulationsmodells können ökonomische Impulse von Instrumentenpaketen analysiert und Aussagen getroffen werden, welche ökonomischen Auswirkungen zu erwarten sind – gesamtwirtschaftlich und je Branche. Tabelle 15 fasst die wichtigsten Informationen zum Modell zusammen:

Tabelle 15: Input-Output-Modell 2030/2050 - VEDIOM

	Beschreibung
Das Ziel	Eine mittel- und langfristige Bewertung der ökonomischen Auswirkungen der Pakete „Sofortiges Handeln“ und „Verzögertes Handeln“ für Deutschland relativ zur Referenzentwicklung „Mit-Maßnahmen-Szenario“
Die wichtigsten Inputs	In die Modellierung fließen folgende Ergebnisse / Veränderungsimpulse der Maßnahmenpakete ein: <ul style="list-style-type: none"> • Energieverbrauch und Energiekosten • Verkehrsleistungen und Verkehrskosten • Zusammensetzung der Fahrzeugflotte • Höhe der Investitionen in Infrastrukturen • Steuerbelastungen Energie und Verkehr, Verwendung von Einnahmen aus Steuern und Abgaben
Die wichtigsten Outputs	Als wesentliche Parameter für eine ökonomische Bewertung werden folgende Aspekte modelliert: <ul style="list-style-type: none"> • Wertschöpfungs- und, sofern möglich, Beschäftigungseffekte • Veränderungen der Produktion • Veränderungen im Konsum und Staatsbudget • Struktureffekte (Veränderung Produktionsstrukturen), sektorale Wirkung der Effekte
Modell	Das Input-Output-Modell für die Jahre 2030 und 2050 basiert auf einer verkehrs- und energiedifferenzierten Input-Output-Tabelle (23 Verkehrsbranchen und 33 weitere Branchen). Grundlagen dafür waren der Projektionsbericht 2023, die Analysen zum Klimaschutzprogramm (KSP; Prognos 2020) und den Klimaschutzszenarien (KSZ; ÖI und Fraunhofer ISI 2015) Z und den Inputs der hier untersuchten Maßnahmenpakete.

Quelle: Eigene Darstellung

Es ist zu beachten, dass VEDIOM auf Projektionen für Zeiträume von rund 15 bzw. 30 Jahren basiert. Aufgrund der inhärenten Unsicherheiten bei solchen Langzeitprognosen dürfen die Ergebnisse der Modellierungen nicht als exakte Vorhersagen betrachtet werden. Die durchgeführten Analysen ermöglichen vielmehr das Verständnis und die Diskussion der potenziellen Auswirkungen verschiedener Maßnahmen bzw. -paketen. Die Ergebnisse bzw. der Differenzierungsgrad von Ergebnissen sind auch von den verfügbaren Dateninputs abhängig. Je geringer der Differenzierungsgrad der Inputs, desto weniger differenziert können die Ergebnisse der IOT-Analyse ausgewiesen werden. Beispielsweise kann der Investitionsbedarf nur sehr grob in Bandbreiten abgeschätzt werden, weil detaillierte Angaben zu einigen Aspekten nicht recherchiert werden konnten. Die Analysen bieten die Möglichkeit, eine grobe Vorstellung für die Größenordnung der erwarteten Effekte abzuleiten. Diese Erkenntnisse dienen wiederum als Informationsgrundlage für politische Entscheidungsprozesse.

Eine wesentliche Komponente dieses Ansatzes besteht darin, die Ergebnisse kohärent abzuleiten und in einen umfassenden Kontext einzubetten. Gleichzeitig ist eine klare und nachvollziehbare Darstellung der Unsicherheiten von zentraler Bedeutung. Dies bedeutet, dass potenzielle Schwankungen und Ungenauigkeiten in den Ergebnissen und insbesondere die Wirkungen unterschiedlicher Annahmen transparent aufgezeigt werden müssen, um ein realistisches Verständnis der Bandbreite möglicher Szenarien zu vermitteln.

5.1.4 Hintergrund zur Modellierung

Was sind die Auswirkungen der verschiedenen Szenarien auf die deutsche Volkswirtschaft? Wie beeinflusst eine Veränderung der Nachfrage im Straßenverkehr die Fahrzeugherstellung in Deutschland? Welchen Einfluss hat dies auf den Außenhandel? Welche finanziellen Konsequenzen ergeben sich aus den veränderten (Verkehrs-) Infrastrukturen für die öffentliche Hand? Wie verändert sich das Einkommen der privaten Haushalte?

Um diese Fragen zu beantworten, werden auf Basis der Entwicklungen im Verkehr die wirtschaftlichen Wirkungen abgeleitet, wie die Veränderungen der Ausgaben der Verbraucher oder der Investitionen in verschiedenen Branchen oder im Staatshaushalt. Mit diesen wirtschaftlichen Impulsen erfolgt dann eine Simulation der Gesamtwirkungen der Maßnahmenpakete in den beiden Szenarien. Dabei werden die wirtschaftlichen Verbindungen zwischen den verschiedenen Branchen und die finanziellen Einschränkungen der Haushalte berücksichtigt. Im Fokus stehen dabei die meso- und makroökonomischen Auswirkungen auf die Wertschöpfung und die Beschäftigung.

Diese ökonomischen Auswirkungen der Szenarien können aus verschiedenen Blickwinkeln und in verschiedenen Detailgraden analysiert werden. Im Folgenden werden die wichtigsten Ebenen erläutert, die in die ökonomische Modellierung einbezogen wurden.

5.1.4.1 Akteurs-Ebene

In den volkswirtschaftlichen Analysen werden drei Arten von Akteuren beachtet: private Haushalte, Unternehmen und der Staat. Eine Differenzierung der Gebietskörperschaften (Bund, Länder, Kommunen) erfolgt dabei nicht.

5.1.4.2 Betrachtungsebene

Eine Volkswirtschaft und ihre Akteure können auf verschiedenen Aggregationsebenen analysiert werden. Auf der Mikroebene werden die Auswirkungen auf einzelne Haushalte oder Unternehmen betrachtet (vgl. hierzu Kapitel 4). Auf der Mesoebene werden diese individuellen Akteure zu Wirtschaftsbranchen und die Haushalte zu einer Gesamtsumme aggregiert. Der Staat als wichtiger Akteur wird ebenfalls auf der Meso-Ebene betrachtet. Schließlich ergeben die aggregierten Effekte auf der Mesoebene die gesamtwirtschaftlichen Effekte auf der Makroebene.

Die ökonomischen Analysen mit dem IO-Modell VEDIOM konzentrieren sich hauptsächlich auf die Meso- und Makroebene. Auf diesen Ebenen liefert das Modell Ergebnisse in Bandbreiten für die Haushalte, wie die Veränderung der Haushaltseinkommen, sowie für Unternehmen nach Branchen, wie die Veränderung der Wertschöpfung und der Beschäftigung. Ergänzend werden mikroökonomische Effekte in Bezug auf die Umweltkosten berücksichtigt. Diese Analyse erfolgt separat bzw. zusätzlich zur IO-Modellierung.

5.1.4.3 Wichtige Definitionen von Branchen auf der Meso-Ebene

Für die nachfolgende Analyse der ökonomischen Wirkungen der Maßnahmenpakete des MMS und der Klimaschutzszenarien werden verschiedene Gruppierungen und Klassifikationen von Branchen verwendet, die nachfolgend kurz erläutert sind:

- ▶ Automobilwirtschaft (im engeren Sinne): Herstellung von Fahrzeugen fossiler und alternativer Antriebe
- ▶ Automobilwirtschaft (im weiteren Sinne): Herstellung von Fahrzeugteilen; Handelsleistungen mit Fahrzeugen, Instandhaltung, Service und Reparatur;

Rückgewinnungsleistungen aus Fahrzeugwracks (ohne Automobilwirtschaft im engeren Sinne)

- ▶ Verkehrswirtschaft: Personenbeförderungsleistungen im Schienenfernverkehr; Personenbeförderungsleistungen im Nahverkehr zu Lande (inkl. Taxis oder Fernbusverkehr)
- ▶ Energiewirtschaft: Erdöl- und Erdgaswirtschaft; Produktion von Mineralölerzeugnissen; Stromproduktion aus fossilen und erneuerbaren Quellen.

5.1.4.4 Produktions- und Verwendungsebene

Die Produktionsseite einer Volkswirtschaft repräsentiert das Angebot. In den Modellanalysen wird zwischen Betriebslogik und Investitionssicht unterschieden. Bei der Betriebslogik stehen die tatsächlichen Produktionskosten im Vordergrund, wie zum Beispiel die Kosten für die Herstellung einer Kilowattstunde Elektrizität. Investitionen umfassen hingegen Ausgaben für zukünftige Produktion, wie beispielsweise den Ausbau des Stromverteilungsnetzes oder den Aufbau einer Ladeinfrastruktur für eine elektrifizierte Fahrzeugflotte. Neben der direkten Produktion von Gütern in einer Volkswirtschaft werden auch Importe ähnlicher Güter je nach Branche berücksichtigt. Diese Importe erweitern das inländische Angebot.

Die Verwendungsseite hingegen repräsentiert die Nachfrageseite einer Volkswirtschaft und beantwortet die Frage, wer die produzierten Güter kauft, von wem sie nachgefragt werden und zu welchem Zweck (z. B. Vorleistungsinput, Produktion oder Endverwendung). Je nach verfügbarem Einkommen der Haushalte kann sich beispielsweise die Nachfrage der Haushalte nach öffentlichem Verkehr (privater Konsum) ändern.

Ein wichtiger Vermittler zwischen der Produktions- und der Verwendungsseite sind die Preise auf den jeweiligen Gütermärkten. Für die ökonomischen Modellierungen ist die Unterscheidung zwischen Hersteller- und Nutzerpreisen besonders relevant. Herstellerpreise sind die Preise, die aufgrund der Kostenstruktur bei der Produktion entstehen. Nutzerpreise hingegen sind die Preise, die von Haushalten (oder anderen Unternehmen) für ihren Konsum gezahlt werden müssen. Sie beinhalten neben den Herstellerpreisen auch zusätzliche Abgaben und Steuern und müssen um eventuelle Subventionen bereinigt werden. Für die vorliegende Untersuchung waren nur Herstellerpreise verfügbar.

5.1.4.5 Zielgrößen

Es ist das Ziel volkswirtschaftlicher Analysen, beurteilen zu können, wie sich das Wohlergehen einer Gesellschaft ökonomisch verändert. Aktuell gibt es jedoch keine belastbare Messgröße, die dieses eindeutig bestimmen kann. Ebenso schwierig sind Vorhersagen für die Zukunft. Daher konzentrieren sich die wirtschaftlichen Analysen vor allem auf das BIP als Hauptindikator ergänzt durch Informationen zur Beschäftigung.

Es ist jedoch zu beachten, dass das BIP gewisse Einschränkungen aufweist. Es berücksichtigt beispielsweise nicht den Nutzen, der über den bezahlten Preis eines Gutes hinausgeht (Konsumentenrente), den Nutzen von öffentlichen Gütern oder den Wert nicht-monetärer Nutzen. Zudem werden bestimmte negative Umwelteffekte nicht im BIP erfasst. Aus den Verkehrs- und Energiemodellierungen stehen jedoch physikalische Größen zur Verfügung, wie Treibhausgasemissionen und Energiebedarf für alle Szenarien. Mit diesen Ergebnissen können externe Umweltkosten berechnet werden (siehe Kapitel 5.3.8). Durch den Vergleich dieser Kosten in den Szenarien im Vergleich zum Basisszenario können die Wohlfahrtseffekte ermittelt werden. Dies erweitert die Perspektive und macht die wirtschaftlichen Ergebnisse belastbarer.

Zusammenfassend deckt die wirtschaftliche Analyse verschiedene Aspekte ab, einschließlich die Auswirkungen der Szenarien auf die Produktionsstrukturen der Branchen und die Investitionstätigkeit. Es werden auch weitere Faktoren wie Preiseffekte, Veränderungen im Staatsbudget, Umwelt- und Unfallkosten, Veränderungen im Konsum, Auswirkungen auf die sektorale Wertschöpfung, Strukturwandel und Beschäftigungseffekte berücksichtigt.

5.1.5 Berechnung ausgewählter Umwelt- sowie Unfallkosten

Die Verkehrsteilnehmenden verursachen neben privaten bzw. internen auch externe Kosten. Externe Kosten sind beispielsweise Umwelt- und Gesundheitskosten aufgrund von Klimaschäden, Luftverschmutzungen, Unfällen, Lärmbelastungen und weitere. Diese sind in den Mobilitätspreisen nicht oder nicht vollständig enthalten und werden daher im Bruttoinlandsprodukt (BIP) und in Simulationen wie VEDIOM nicht berücksichtigt. Dennoch sind sie wichtige mikroökonomische Faktoren, da sie Kosten verursachen, die beim Kauf durch die Verursachenden nicht in den Kaufentscheid miteinbezogen werden. Bei der Bewertung der hier untersuchten Szenarien ist es daher entscheidend, neben der Wertschöpfung auch die Auswirkungen auf diese Kosten zu berücksichtigen. Damit erhält man eine umfassendere, wirtschaftliche Perspektive, als wenn sich der Vergleich nur auf das BIP bezieht. Umweltschäden werden in der Regel als Schadenskosten teilweise aber auch als Vermeidungs- oder Reparaturkosten monetarisiert. Die genaue Bestimmung der Höhe dieser Kosten ist häufig aufgrund großer Unsicherheiten nicht möglich, dennoch können Schätzungen basierend auf Annahmen und Vereinfachungen erfolgen.

Zur Berechnung der externen Kosten wird ein vereinfachter Ansatz verwendet und sich auf die Kostenbereiche Klima-, Unfall- und Lärmkosten beschränkt. Es liegen Kostensätze je emittierte Tonne CO₂ bzw. je Verkehrsleistung (Personenkilometer/ Tonnenkilometer) vor. Damit kann auf Basis der Verkehrsnachfrage bzw. THG-Emissionen für alle Szenarien eine Schätzung der Kosten vorgenommen werden.

Die Berechnung der Unfall- und Lärmkosten basiert auf den für die Szenarien berechneten Verkehrsleistungen der beiden Verkehrsträger Straße und Schiene. Diese sind je Verkehrsträger nach Personen- und Güterverkehr und nach Verkehrsmittel differenziert. Multipliziert mit den entsprechenden Kostensätzen pro Verkehrsleistung ergibt sich eine Schätzung der Lärm- und Unfallkosten für die untersuchten Szenarien. Dabei basieren die verwendeten Kostensätze für Deutschland auf der aktuellen Version des „Handbook on the external costs of transport“ (EC 2019). Für weitere Arten von Umweltkosten waren die entsprechenden Daten nicht verfügbar.

Für die Schätzung der Klimakosten werden die berechneten Emissionen des Verkehrs (in CO₂-Äq.) der drei Szenarien verwendet und mit dem Klimakostensatz für eine Tonne CO₂-Äq. multipliziert. Für die Berechnung wird der Klimakostensatz für das Jahr 2020 aus der publizierten Methodenkonvention 3.1 des Umweltbundesamts verwendet. Dabei werden zwei Zeitpräferenzraten (0 % und 1 %) in die Betrachtung mit einbezogen.⁵⁶ (Umweltbundesamt 2020).

Als Erstes ist die Entwicklung der deutschen Volkswirtschaft und der Einfluss des Maßnahmenpakets im MMS über den Betrachtungszeitraum dargestellt. In der darauffolgenden ökonomischen Wirkungsanalyse wird untersucht, inwiefern die beiden Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS zu alternativen ökonomischen Zuständen führen.

⁵⁶ Die Zeitpräferenzrate gibt an, ob man heute oder morgige Schäden höher gewichtet. Im Falle von 0 % gewichtet man heutige oder morgige Schäden genau gleich hoch, während bei 1 % morgige Schäden weniger hoch als heutige gewichtet werden. Je höher die Zeitpräferenzrate, desto höher wertet man heutige Schäden.

Das Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS) beschreibt, wie das Ziel der Treibhausgasneutralität 2045 im Verkehr erreicht werden kann, wenn ein sofortiges Umschwenken der Politikgestaltung und eine konsequente Umsetzung passiert. Im Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS) findet dies erst mit einer Verzögerung statt. Damit das Verkehrsziel des KSG des Jahres 2030 und über den gesamten Zeitrahmen der Modellierung bis zur Erreichung der Treibhausgasneutralität im Jahr 2045 ein ähnlicher Emissionsausstoß erreicht werden kann, besitzen gewisse Klimaschutzinstrumente bereits kurz nach ihrer Einführung ein höheres Ambitionsniveau und eine entsprechend stärkere Lenkungswirkung.

Tabelle 1 in Kapitel 3.3 gibt eine detaillierte Übersicht über die Instrumente der beiden Szenarien SHS und VHS.

5.2 Ergebnisse des Mit-Maßnahmen-Szenario des Projektionsberichts 2023 (Referenzentwicklung)

Das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektionsberichts 2023 stellt die Referenzentwicklung für die vorliegende Analyse dar (BReg 2023b). Da es sich um kein „Weiterwie-bisher“-Szenario handelt (siehe Kapitel 3.2), kommt es im MMS zu signifikanten ökonomischen Veränderungen in verschiedenen Sektoren und damit in der gesamten Wirtschaftsverflechtung, relativ zum Ausgangspunkt im Jahr 2016. Nachfolgend sind die wichtigsten ökonomischen Auswirkungen des MMS für die beiden Stichjahre 2030 und 2050 gegenüber dem Ausgangspunkt erläutert. Sie sind jeweils real in Euro 2022 angegeben.

5.2.1 Entwicklung der Gesamtwirtschaft

5.2.1.1 Gesamtwirtschaftliche Annahmen für das MMS

Die Bevölkerungsentwicklung und die gleichzeitige Veränderung des Arbeitsmarktes führen dazu, dass sich die Anzahl der Erwerbstätigen bis 2050 signifikant reduziert. Gleichzeitig wird aber auch von einer stark positiven BIP-Entwicklung ausgegangen. Damit dies möglich ist, gelten für die vorliegende Untersuchung folgende Annahmen:

- ▶ Anstieg der (Arbeits-) Produktivität: Für das MMS wird davon ausgegangen, dass die Arbeitsproduktivität über den ganzen Betrachtungszeitraum signifikant gesteigert werden kann. Technologischer Fortschritt und Innovation, insbesondere Automatisierung und Digitalisierung, können positiv genutzt werden und erhöhen damit die Produktivität der Branchen;
- ▶ Veränderung der Anforderungen an Arbeitskräfte: Einhergehend mit der Verkehrswende verändern sich die Arbeitsplätze in den Branchen der Automobilwirtschaft (vermehrte Nachfrage nach höher ausgebildeten Fachkräften). Es wird davon ausgegangen, dass der Arbeitskräftepool in Deutschland (Arbeitsangebot) dieser Nachfrage gerecht werden kann. Dies setzt wiederum voraus, dass der hohe inländische Ausbildungsstandard und das bestehende technologische Knowhow gehalten bzw. weiter ausgebaut werden können.

5.2.1.2 Entwicklung des BIP und der Beschäftigung

Die Eckwerte zu BIP- und Bevölkerungsentwicklung des MMS und der berechneten Wachstumsraten führen dazu, dass die nationale Bruttowertschöpfung bis 2030 um mehr als 30 % bzw. bis 2050 um rund 60 % im Vergleich zu 2016 ansteigt. Die deutsche Wirtschaft wird in der Referenzentwicklung also signifikant wachsen. Die Verkehrswende, weg von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren und hin zu einer elektrifizierten Fahrzeugflotte sowie vermehrter Nutzung des ÖV, kann sich demnach positiv auf die ökonomische Entwicklung auswirken. Damit

sich diese Entwicklung jedoch einstellt, müssen die in Kapitel 5.2.1.1 genannten Annahmen erfüllt werden. Ebenso muss die Finanzierung der notwendigen infrastrukturellen Veränderungen und weiterer Staatsausgaben in die volkswirtschaftliche Bewertung miteinbezogen werden (siehe Kapitel 5.2.5.).

Gleichzeitig ist aufgrund der Stagnation der Bevölkerung (-0.02 % p.a.) und des demografischen Wandels mit einem Rückgang der deutschlandweiten Beschäftigung zu rechnen. Die verschiedenen Branchen sind jedoch unterschiedlich von dieser Entwicklung betroffen. Wie im vorangegangenen Kapitel erläutert, wird davon ausgegangen, dass die Arbeitsproduktivität entsprechend gesteigert werden kann. Der folgende Exkurs beleuchtet die Auswirkungen, wenn diese Annahme nicht eintreffen sollte.

Exkurs: Was wäre, wenn - Arbeitsmarkt

Arbeitsproduktivität kann nicht gesteigert werden:

Wenn der unterstellte technologische Fortschritt weniger stark ausfällt oder die entsprechenden Anlageninvestitionen der Branchen entfallen, bleibt der vorausgesetzte Anstieg der Produktivität aus und das Arbeitskräftepotenzial wird nicht genutzt, wodurch die Innovationsfähigkeit der deutschen Wirtschaft niedriger ist. Dementsprechend würde die Wertschöpfung der einzelnen Branchen geringer ausfallen, es könnte eine Abwärtsspirale der deutschen Wirtschaft mit zunehmendem Verlust von Knowhow und Wettbewerbsfähigkeit der Industrien drohen.

Die Arbeitskräfte können den neuen Anforderungen des Arbeitsmarktes nicht gerecht werden:

Durch die Verkehrswende in den Vordergrund rückende Branchen, wie die Produktion von Batterien für die Automobilwirtschaft, stellen neue bzw. höhere Anforderungen an ihre Arbeitskräfte. Kann das Arbeitsangebot diese Anforderungen nicht erfüllen, würde ein Mangel an hochqualifizierten Arbeitskräften resultieren (verstärkter Fachkräftemangel). Dies wiederum könnte die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen beeinträchtigen und dazu führen, dass sie in technologischer Hinsicht zurückbleiben. Die Möglichkeit einer verstärkten Abwanderung von Unternehmen in Länder mit besserem Zugang zu qualifizierten Arbeitskräften könnte ebenfalls bestehen. Ein erhöhter Druck auf das Bildungssystem und die potenzielle Abhängigkeit von ausländischen Fachkräften wären weitere Konsequenzen. All das würde verhindern, dass die Chancen der Verkehrswende positiv genutzt werden können.

5.2.2 Entwicklung relevanter Branchen

Die Maßnahmen des MMS betreffen verschiedene Branchen der deutschen Wirtschaft: die Verkehrswirtschaft; die Fahrzeugherstellung fossiler und alternativ betriebener Fahrzeuge; die Automobilwirtschaft im weiteren Sinne (Handel von Fahrzeugen, Reparatur und Service); die Energiewirtschaft und Zuliefererbranchen sowie Anlagegüterhersteller.

5.2.2.1 Wichtigste branchenspezifische Annahmen

Damit die Maßnahmen die gewünschte Wirkung auf den Verkehr entfalten können, müssen einige grundlegende Bedingungen und Annahmen erfüllt sein.⁵⁷

- ▶ Erfolgreicher Ausbau der Schieneninfrastruktur und des ÖV-Angebots durch eine teilweise Umsetzung des Deutschlandtakts: Für den Ausbau der Schieneninfrastruktur sind einerseits die entsprechenden finanziellen Mittel verfügbar. Andererseits sind aber auch die entsprechenden Kapazitäten für die Planung der Projekte, die Genehmigung sowie auch

⁵⁷ Für die Definitionen der verschiedenen Branchengruppierungen, siehe Kapitel 5.1.4.

Umsetzung verfügbar. Die Fahrzeuge des ÖV und deren Finanzierung stehen ebenfalls zur Verfügung.

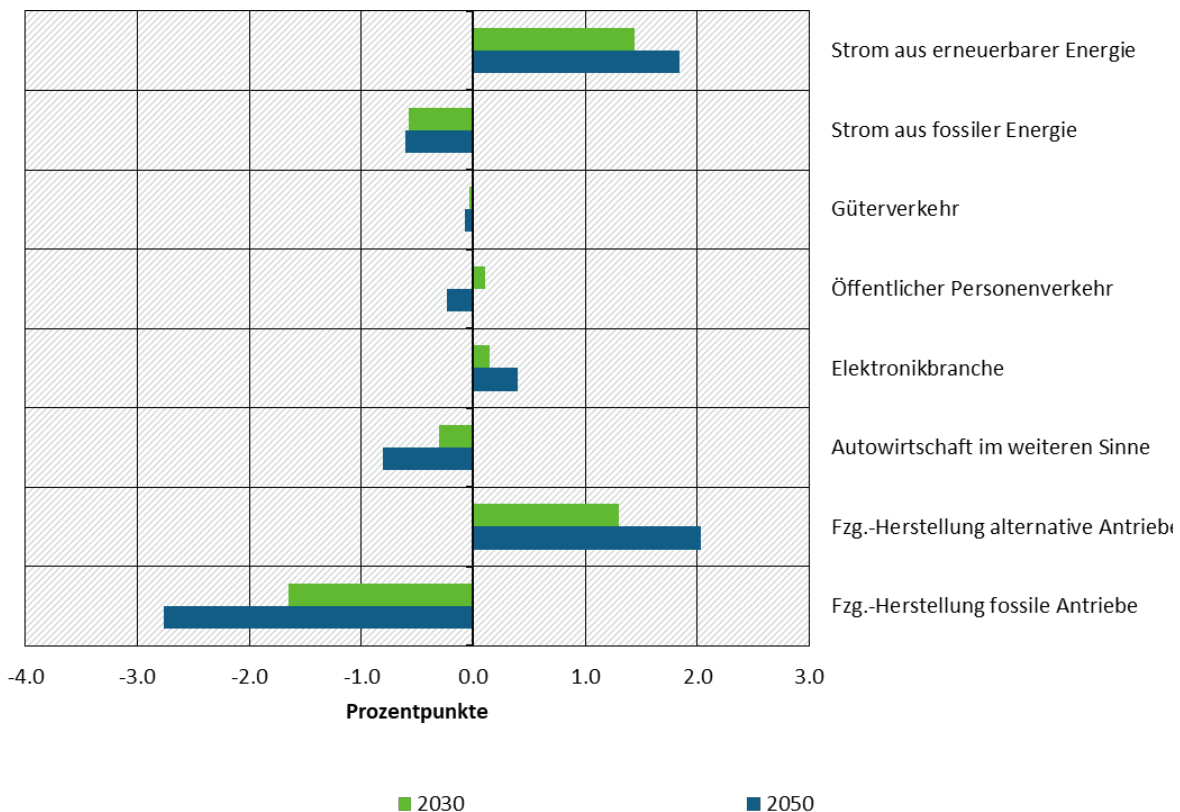
- ▶ Kostendeckungsgrad im ÖPNV: Der Kostendeckungsgrad⁵⁸ bleibt über den gesamten Betrachtungszeitraum konstant bei rund 60 %, womit die Nutzerfinanzierung und weitere Erlöse bei weitem nicht ausreichen, den Gesamtaufwand zu decken (EY 2021). Für die Differenz kommt die öffentliche Hand auf und ermöglicht somit einen kontinuierlichen Betrieb. Es ist jedoch unklar, wie sich der Kostendeckungsgrad im ÖPNV – insbesondere aufgrund des Deutschlandtickets – in Zukunft entwickeln wird. Die Annahme eines konstanten Niveaus ist als optimistisch einzustufen. Mit Einführung des Deutschlandtickets könnte der Kostendeckungsgrad sinken.
- ▶ Erhaltung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Fahrzeugherstellung: Die Automobilwirtschaft bleibt insgesamt international kompetitiv. Die Elektrofahrzeugindustrie kann sich demnach am Weltmarkt etablieren und bleibt bzgl. inländischen Verkäufen und Exporten konkurrenzfähig.
- ▶ Bildung neuer Nischenbranchen mit internationaler Marktführerschaft: Es kann beispielweise eine lokale Batterieproduktion und -Recyclingindustrie aufgebaut werden, was die Abhängigkeit von ausländischen Zulieferern reduziert. Ferner wird angenommen, dass allfällige Wertschöpfungsgewinne und die Beschäftigungswirkung auch durch hochspezialisierte Nischen, dem Ingenieurwesen und High-Skill-Branchen (z. B. F&E) zu Stande kommen.
- ▶ Aufbau Ladeinfrastruktur: Der Antriebswechsel von Verbrennungsmotoren (Diesel und Benzin) hin zu elektrischen Antrieben (BEV, teilweise FCEV) bedingt, dass eine entsprechende Ladeinfrastruktur bzw. auch Wasserstoff-Tankinfrastruktur aufgebaut werden. Diese wird sowohl von privater als auch öffentlicher Hand finanziert (siehe Kapitel 5.2.4).
- ▶ Aufbau Energieinfrastruktur: Unterstellt wird, dass ausreichend Kapazität zur Stromgewinnung aus erneuerbaren Quellen aufgebaut wird, um die elektrifizierte Fahrzeugflotte mit Strom zu versorgen. Ebenso wird das Stromnetz aufgerüstet, um die erhöhte Strommenge zu übertragen und zu verteilen. Die Finanzierung ist wiederum sowohl privat wie öffentlich organisiert.
- ▶ Neuartige Energiequellen: Es findet kein wirtschaftlich relevanter Aufbau einer lokalen Industrie für die Produktion von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen statt. Die Nachfrage nach den entsprechenden Energieträgern muss durch Importe aus dem Ausland befriedigt werden.

5.2.2.2 Entwicklung der wichtigsten Branchen im Überblick

Die folgende Abbildung 51 zeigt, wie sich die Bedeutungen der einzelnen Branchen zwischen 2016 und 2030 bzw. 2050 verändern (gemessen am BIP). Warum diese Veränderungen resultieren, wird in den darauffolgenden Abschnitten erläutert.

⁵⁸ Der Kostendeckungsgrad bezieht sich hier auf das Verhältnis zwischen Gesamterlös und Gesamtaufwand. Die einbezogenen Erlöse sind «Erlöse Fahrausweisverkauf und Sonderformen des Linienverkehrs» und «Sonstige Umsatzerlöse und sonstige Erträge».

Abbildung 51: Veränderung des prozentualen Anteils der Branchen am BIP in den Jahren 2030 und 2050 relativ zu 2016 im MMS



Quelle: eigene Darstellung

5.2.2.3 Entwicklung der Verkehrswirtschaft

Der Ausbau des ÖV-Angebots, insbesondere die teilweise Umsetzung des Deutschlandtakts, das Deutschlandticket und die höheren Nutzungskosten im MIV führen zu einer Verlagerung vom MIV zum ÖV und die Verkehrsleistung im ÖV nimmt bis 2030 entsprechend zu. Das führt zu positiven Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten in Branchen des öffentlichen Verkehrs. In der Summe nimmt der Anteil des öffentlichen Verkehrs an der gesamten Bruttowertschöpfung bis 2030 leicht zu (Abbildung 51).

Gleichzeitig schreitet die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte voran. Durch die Skalierung der Produktion und durch Preisinstrumente werden Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren im Kauf und der Nutzung insbesondere ab 2030 relativ zu Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb teurer. Die Nutzungskosten der batteriebetriebenen Fahrzeuge sinken überdies auch relativ zum ÖV. Es gibt somit nach 2030 eine kostengetriebene Rückverlagerung zurück zum – nun zunehmend elektrifizierten – MIV, was das überdurchschnittliche Wachstum der Branchen des ÖV wieder abklingen lässt. Dadurch geht die Wirtschaftsleistung des öffentlichen Verkehrs wieder zurück, aufgrund der starken Rückverlagerung anteilig am gesamten BIP sogar auf ein tieferes Niveau als im Ausgangsjahr.

Die Güterverkehrsbranche profitiert von der positiven Entwicklung der gesamten Wirtschaft und wächst ungefähr im Gleichschritt mit dem BIP. Der Ausbau des Schienennetzes ermöglicht mehr Güterverkehr auf diesem Verkehrsträger. Gleichzeitig kommt es zu einer Erhöhung der Kilometerkosten im Straßenverkehr, was den Schienengüterverkehr relativ günstiger und attraktiver macht, weshalb dieser Sektor besonders profitiert. Der Flugverkehr und der

Binnenschiffverkehr sind vom MMS nicht gesondert betroffen und entwickeln sich analog zum gesamten Güterverkehr.

5.2.2.4 Entwicklung der Automobilwirtschaft

Der Zuwachs der Verkehrsleistung im MIV und die Elektrifizierung der Fahrzeuge spiegelt sich in der Nachfrage nach Fahrzeugen und somit in der Wirtschaftsleistung der Automobilwirtschaft wider. So steigt die inländische Produktion der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben stark an, da bereits 2030 jährlich beinahe 2 Mio. elektrische Neuwagen zur Flotte hinzustoßen, während kaum noch Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor hergestellt werden. Die Nachfrage, die Wertschöpfung und die Beschäftigung verschieben sich also innerhalb der Fahrzeugherstellungsbranche von der Produktion von fossilen zu alternativen Antrieben. So reduziert sich der Anteil der fossilen Fahrzeugherstellung am gesamten BIP um 3 Prozentpunkte bis 2050, während die Herstellung von batteriebetriebenen Fahrzeugen stark an Relevanz gewinnt (Abbildung 51).

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte beeinflusst auch den Rest der fossilen Automobilwirtschaft im weiteren Sinne, nämlich die Zulieferer von Kraftwagenteilen für die Produktion, den Handel von Fahrzeugen, sowie die Reparatur- und Servicebranche. Für die Herstellung von Elektrofahrzeugen werden andere Komponenten nötig, die von anderen Zuliefer-Branchen hergestellt und geliefert werden (z. B. mehr Elektrotechnik, IT-Elemente, Batterien etc.). Außerdem bestehen Elektrofahrzeuge aus erheblich weniger Einzelteilen als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren und haben somit tiefere Wartungskosten (Bauer et al. 2018).

So verliert der Markt für Reparaturen und für die Herstellung von Zubehör und (Ersatz-)Teilen von Kraftwagen relativ an Bedeutung, während zum Beispiel die Elektronikbranche als Herstellerin von Batterien und Elektromotoren von der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte profitiert. Das hat eine positive Wertschöpfungs- und Beschäftigungswirkung, die den Wegfall der inländischen Fahrzeugherstellung fossiler Antriebe teilweise aufzufangen vermag. So bleibt auch der internationale Handel ein signifikanter Absatzmarkt für die deutsche Automobilwirtschaft.

Exkurs: Was wäre, wenn – Deutsche Automobilwirtschaft

Wettbewerbsposition der deutschen Automobilwirtschaft kann nicht gehalten werden:

Wenn die deutsche Fahrzeugbranche international nicht gleich kompetitiv bleibt wie in der Vergangenheit, dann werden zunehmend fertige Fahrzeuge und wertschöpfungsrelevante Teile der Vorleistungskette importiert. In Deutschland würde dadurch primär noch die Endmontage der Personenwagen erfolgen. Es würde der Wegfall eines Großteiles der volkswirtschaftlich für Deutschland bedeutenden Fahrzeug-Exportindustrie drohen. Damit verbunden wären massive Probleme für die deutsche Fahrzeugherstellungsbranche und ein entsprechender Einbruch der Wertschöpfung und der Beschäftigung.

Bereits heute ist die Automobilwirtschaft in Deutschland stark unter Druck durch Konkurrenz aus dem Ausland, insbesondere durch Hersteller von Elektrofahrzeugen aus China und den USA und verfügt über keine relevanten Early-Mover-Vorteile gegenüber ausländischen Marktakteuren. Bleibt dieser Rückstand bestehen und bröckelt die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Fahrzeugherstellung, würden alle weiteren inländischen, wertschöpfungsrelevanten Zuliefererindustrien leiden, inklusive relevante Teile des lokalen Gewerbes oder des Ingenieurwesens. Zahlreiche wertschöpfungsintensive Arbeitsplätze und Nischenbranchen dürften ebenso in andere Länder verlegt werden bzw. dort entstehen. Eine solche Entwicklung würde zu

entsprechenden Verlusten in der Automobilwirtschaft im weiteren Sinn führen, die im Zuge der Antriebswende nicht aufgefangen werden können.

5.2.2.5 Entwicklung der Energiewirtschaft

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte führt zu einer Verschiebung der Produktionsstrukturen innerhalb der Energiewirtschaft. So verliert die Mineralölwirtschaft signifikant an Bedeutung. Die Produktion von Strom aus fossilen Quellen nimmt deutlich ab, während die Produktion erneuerbaren Stroms und die dadurch erzielte Wertschöpfung stark wächst. Das wird weiter verstärkt durch den Umstand, dass im Jahr 2016 ein Großteil der fossilen Energien und der Mineralölprodukte aus dem Ausland importiert wird. Durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte fallen diese Importe nun weg und werden durch lokale Stromproduktion ersetzt. Das wirkt sich positiv auf die deutsche Wertschöpfung aus. So kann die heimische Stromproduktion durch erneuerbare Quellen ihren Anteil an der gesamten Wirtschaftsleistung von nur 0,2 % im Jahr 2016 auf 2 % im Jahr 2050 erhöhen, was überdies mit einem entsprechenden Beschäftigungszuwachs einhergeht.

Diese positiven Effekte für die Energiewirtschaft werden durch die Verbreitung von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen geringfügig abgeschwächt, da der dafür notwendige Wasserstoff entsprechend der Annahmen in Kapitel 5.2.2.1 ebenfalls importiert werden muss. Der Anteil dieser Fahrzeuge an den Neuzulassungen und dem Bestand ist jedoch sehr klein, weshalb dies gesamtwirtschaftlich zu keinen schwerwiegenden Einbußen führt. Das Gleiche gilt für die Verwendung von synthetischen Kraftstoffen, die ebenfalls importiert werden müssen.

5.2.2.6 Entwicklung indirekt betroffener Branchen

Die Maßnahmen des MMS bzw. die dazu getroffenen Annahmen und Bedingungen wirken sich nicht nur auf die genannten Branchen aus, sondern haben indirekt auch einen Effekt auf verschiedene wichtige Zulieferbranchen und Anlagengüterhersteller. So profitiert die Elektronikbranche zum Beispiel signifikant von der aufblühenden Elektronikfahrzeugherstellung, da dafür entscheidende Komponenten wie Elektromotoren oder Batterien durch diese Branche produziert werden. Die Elektronikbranche profitiert im MMS jedoch nicht nur von der Herstellung der Fahrzeuge, sondern auch von Investitionen in die notwendige Infrastruktur, wie zum Beispiel die Investitionen in die Energiewirtschaft.

Gleiches gilt für andere Investitionen, wie in die Schieneninfrastruktur, die Fahrzeuge des ÖV oder in die Ladeinfrastruktur. Die daraus resultierenden Auftragsvolumina haben positive Auswirkungen auf die Wertschöpfung und die Beschäftigung der relevanten Branchen, die die entsprechenden Anlagengüter herstellen. Das sind neben der genannten Elektronikbranche insbesondere die Metall-, Maschinen und die Bauindustrie.

5.2.3 Entwicklung des Außenhandels

Für die Analyse der Entwicklung des Außenhandels werden konstante Handelsverflechtungen angenommen. Es wird unterstellt, dass es aufgrund der verkehrlichen und auf das Energiesystem bezogene Wirkungen des MMS zu keinen größeren Schocks und Verschiebungen bezüglich der Handelsverflechtungen einzelner Branchen kommt, sprich:

- ▶ **Exporte:** Die Anteile der Exporte am branchenspezifischen Absatz bleiben über die Betrachtungsperiode konstant. Eine Reduktion der inländischen Nachfrage einer Branche wird beispielweise nicht durch die ausländische Nachfrage kompensiert (Verhältnis inländischer Umsatz und Exporte bleibt gleich).

- ▶ Importe: Ebenso bleibt der Anteil der importierten Vorleistungen je Branche und Endprodukt je Produktkategorie konstant.

Die Maßnahmen des MMS wirken sich dann auf den Außenhandel aus, wenn sich die Wirtschaftsleistungen von besonders exportorientierten oder importabhängigen Branchen verändert. Aufgrund der getroffenen Annahme hinsichtlich der Handlungsverflechtungen bleibt die Handelsbilanz für Deutschland im MMS über den ganzen Betrachtungszeitraum größtenteils stabil. Für den Großteil der Branchen, die nicht direkt durch das MMS betroffen sind, wachsen die Exporte und die Importe im Rahmen der Gesamtentwicklung der Wirtschaft.

Wie im vorangehenden Kapitel 5.2.2 dargelegt, verändern sich insbesondere die Branchen des öffentlichen Verkehrs und der Automobilwirtschaft disproportional zum BIP. Die Dienstleistungen des öffentlichen Verkehrs werden in der Tendenz kaum exportiert oder importiert, weshalb der Einfluss des MMS auf den Außenhandel diesbezüglich gering ist. Die Automobilwirtschaft hingegen ist eng mit dem Ausland verflochten. So führt der Niedergang der inländischen fossilen Automobilbranche zu einem starken Rückgang der Exporte, der jedoch durch die signifikant anwachsende Elektrofahrzeugherstellung gemäß der getroffenen Annahmen aufgefangen bzw. kompensiert werden kann. Insgesamt bleibt der Exportmarkt demnach ein wichtiger Absatzmarkt für die deutsche Automobilwirtschaft. Diese Entwicklung ist jedoch stark davon abhängig, wie sich die deutsche Elektrofahrzeugproduktion in Zukunft in Bezug auf den Welthandel etablieren kann (siehe Exkurs: „Was wäre, wenn – Deutsche Automobilwirtschaft“ auf Seite 155).

Substanzielle Veränderungen sind bei den Energieimporten zu erwarten. Im Ausgangspunkt von 2016 ist die deutsche Wirtschaft noch stark von importierten Rohstoffen und Energieträgern abhängig, deren Importquote bei über 90 % liegt. Durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und der Bereitstellung von inländisch produziertem Strom aus erneuerbaren Energien kann diese Abhängigkeit reduziert werden und es muss absolut gesehen immer weniger fossile Energie importiert werden. Das beeinflusst die Handelsbilanz Deutschlands positiv, wenn auch die Importquote grundsätzlich stabil bleibt. Die steigenden Importe von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen wirken dieser Entwicklung lediglich geringfügig entgegen und sind insgesamt vernachlässigbar.

5.2.4 Investitionen im MMS

5.2.4.1 Wichtigste Annahmen für den Infrastrukturhochlauf

- ▶ Finanzierung: Für die vorliegende Analyse wird unterstellt, dass die entsprechenden Mittel für die notwendigen Investitionen, sowohl in die Infrastruktur als auch für die Beschaffung der Fahrzeuge im ÖV, verfügbar sind.
- ▶ Quelle der Finanzierung: Es wird davon ausgegangen, dass gewisse Anteile der Investitionen entweder als gemeinwirtschaftliche Leistungen (Daseinsvorsorge) ganz oder im Sinne einer Anschubfinanzierung teilweise durch die öffentliche Hand finanziert werden. Es entfalten sich genügend Anreize und Strukturen (z. B. durch Nutzerfinanzierung), dass primär der Markt für die notwendige Finanzierung der Investitionen aufkommt, sofern es sich nicht um öffentliche Investitionen bzw. öffentlich bestellte und finanzierte Investitionen (v.a. öffentlicher Verkehr und Verkehrsinfrastruktur) handelt.
- ▶ Ausbau Ladeinfrastruktur: Die notwendigen Investitionen werden getätigt und es kommt zu einer flächendeckenden Installation von Ladestationen für Elektrofahrzeuge sowohl für Pkw, leichte Nutzfahrzeuge als auch schwere Nutzfahrzeuge. Dabei wird davon ausgegangen, dass

von der Ladeinfrastruktur (über den ganzen Zeitraum gemittelt betrachtet) höchstens 10 % öffentlich und der Rest privat finanziert werden, wobei insbesondere bis 2030 öffentliche Anschubfinanzierungen nötig sind und anschließend die Privatwirtschaft nach und nach die Finanzierung übernimmt.⁵⁹

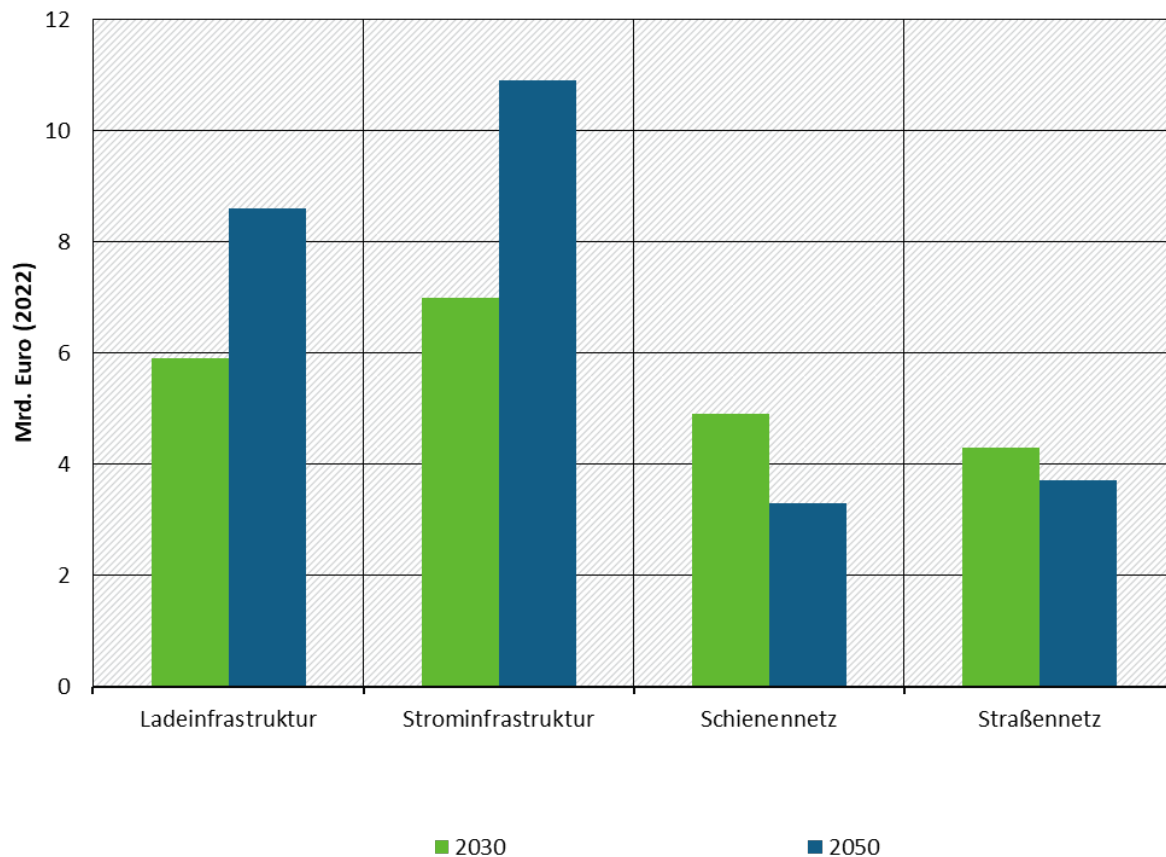
- ▶ **Ausbau Strominfrastruktur:** Ebenso finden die nötigen Investitionen in die Strominfrastruktur statt. Sowohl bei den Investitionen ins Stromnetz als auch den Investitionen in Kapazitäten zur Stromproduktion wird primär von einer Finanzierung durch die die Privatwirtschaft über Netzentgelte, direkte Strombezugsverträge und den Strommarkt ausgegangen. Der Anteil der öffentlichen Hand macht hierbei höchstens 10 % aus.
- ▶ **Ersatz und Neu-/Ausbau Verkehrsinfrastruktur:** Es werden die notwendigen Ersatzinvestitionen getätigt und der Aus- und Neubau der Schieneninfrastruktur gelingt ebenso. Weiter wird angenommen, dass es zu keinen Engpässen bei der Produktion der notwendigen Anlagengüter kommt. Insbesondere die zusätzlichen Einnahmen aus der Lkw-Maut (aufgrund Einführung des Klimakostenmautsatzes) sollen für zusätzliche Investitionen in den Ausbau der Schieneninfrastruktur investiert werden. In der Straßeninfrastruktur werden nur Ersatzinvestitionen umgesetzt.

5.2.4.2 Entwicklung der Investitionen

Das MMS ist ein Referenzszenario, das eine Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und einen Ausbau des ÖV-Angebots vorsieht. Damit sich die erwarteten verkehrlichen und energetischen Wirkungen des MMS einstellen können, sind verschiedene Infrastrukturinvestitionen notwendig, die im Rahmen der ökonomischen Analyse einzubeziehen sind. Insgesamt beläuft sich das Investitionsvolumen auf rund 22,1 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030 bzw. rund 26,5 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050. Abbildung 52 illustriert die Aufteilung dieser Investitionen auf die verschiedenen Teilbereiche. Die Übersicht zu den Quellen für die Investitionen sind in Anhang E dargestellt.

⁵⁹ Der Finanzierungsschlüssel von 90 % privat und 10 % öffentlich für Ladeinfrastruktur und Strominfrastruktur ist eine Schätzung. Derzeit sind für wenige Jahre finanzielle Mittel aus dem Bundeshaushalt als Anschubfinanzierung für den Ladeinfrastrukturausbau vorgesehen. Bei einer stärker etablierten Technologie und einem kontinuierlichen Technologiehochlauf der elektrischen Fahrzeuge im Jahr 2030, kann davon ausgegangen, dass der Betrieb der Ladeinfrastruktur nur noch in Ausnahmefällen staatlich unterstützt wird. Mit der Anrechnung der THG-Emissionsreduktion durch batterieelektrische Fahrzeuge an die THG-Quote besteht zudem ein relevanter ökonomischer Beitrag die Ladeinfrastruktur wirtschaftlich zu betreiben. Es ist bis zum Jahr 2030 also von einem stark zurückgehenden Bedarf an öffentlicher Finanzierung auszugehen.

Abbildung 52: Übersicht zu jährlichen Investitionen in Infrastruktur im MMS im Jahr 2030 und 2050 (in Euro 2022)



Sowohl private wie öffentlich finanzierte Investitionen sind abgebildet.

Quelle: eigene Berechnungen

Diese umfassen insbesondere:

- ▶ **Ladeinfrastruktur:** Für die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte sind jährliche Investitionen in die Ladeinfrastruktur nötig, die sich im Jahr 2030 auf mindestens 6 Mrd. Euro₂₀₂₂ und im Jahr 2050 auf mehr als 8 Mrd. Euro₂₀₂₂ belaufen. Davon entfallen rund 60 % auf öffentliche Ladestationen und der Rest auf Ladestationen von Privathaushalten oder am Arbeitsplatz. Die jährlichen Investitionen der öffentlichen Hand belaufen sich unter den getroffenen Annahmen zur Finanzierung über den Betrachtungszeitraum auf 0,5 bis rund 1 Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a.
- ▶ **Strominfrastruktur:** Die Elektrifizierung im Verkehr bedingt einen Ausbau des Stromnetzes und der Kapazitäten zur Stromgewinnung. Die jährliche Summe dieser Investitionen wächst mit der Anzahl Elektrofahrzeuge und dem Strombedarf und beträgt im Jahr 2030 rund 7 Mrd. Euro₂₀₂₂ und im Jahr 2050 mehr als 11 Mrd. Euro₂₀₂₂.
- ▶ **Schienen- und Straßeninfrastruktur:** Sowohl für die Straße als auch für die Schiene sind regelmäßige Ersatzinvestitionen sowie Neu- und Ausbauinvestitionen zu berücksichtigen. Im Falle der Straßeninfrastruktur sind das jährliche Ersatzinvestitionen von rund 3,5 bis 4,5 Mrd. Euro₂₀₂₂ im gesamten Zeitraum bis 2050. Für den Schienenverkehr gehen wir von einer 50 %igen Umsetzung des Deutschlandtakts (inkl. Ausbauinvestitionen) bis 2030 aus. Nach 2030 beschränkt sich die investive Tätigkeit für die Schiene auf Ersatzinvestitionen.

Die dadurch anfallenden Investitionen schwanken von 5 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030 bis rund 3,3 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050.

Exkurs: Was wäre, wenn - Infrastrukturhochlauf

Die Rahmenbedingungen für den Investitionshochlauf in Ladestationen oder Stromproduktion können nicht erfüllt werden:

Die initiale (Anschub-)Finanzierung durch die öffentliche Hand in die E-Ladeinfrastruktur oder die Kapazitäten zur Stromproduktion aus erneuerbaren Quellen reicht nicht aus, um genügend wirtschaftliche Anreize für private Marktakteure zu schaffen und damit die private Finanzierung in der mittleren und langen Frist sicherzustellen. Auch sind die zusätzlichen Steuereinnahmen durch Maßnahmen im MMS zu gering, um die benötigten Investitionen finanzieren zu können. In beiden Fällen droht eine signifikante Finanzierungslücke mit entsprechenden Folgekosten wie beispielsweise geringere volkswirtschaftliche Wirkungen oder breite Kaufkraftverluste bei zusätzlichen Steuern.

Eine potenzielle Finanzierungslücke ist aber nicht das einzige Risiko. Weitere Risiken liegen in der Anlagegüterherstellung. Die Investitionen führen notwendigerweise zu hohen Auftragsvolumina. Je nach Gut haben die Anlagegüter einen langen Produktionszyklus und könnten aufgrund von langen Lieferketten nicht so rasch produziert werden wie nötig. So kann es sein, dass die Mittel für den Ausbau der Infrastruktur zwar vorhanden sind, die Branchen diese aber in der unterstellten kurzen Produktionsfrist gar nicht stemmen können.

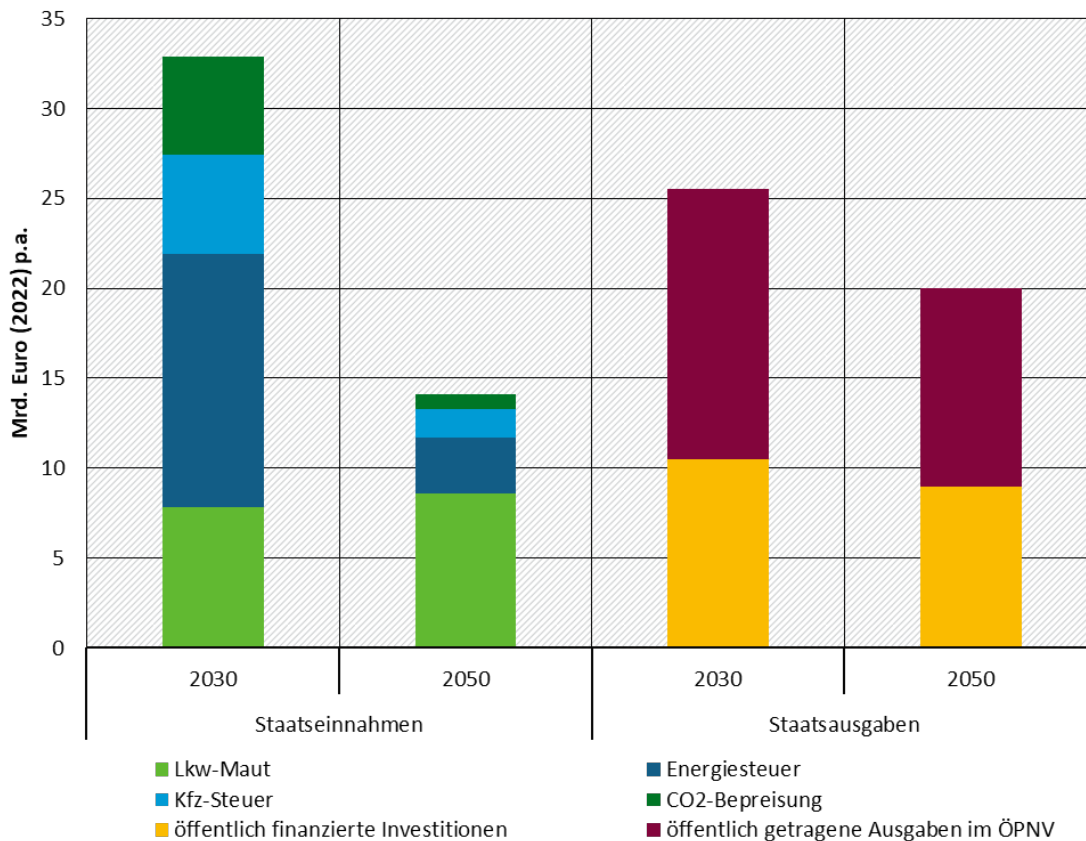
5.2.5 Entwicklung des Staathaushaltes

5.2.5.1 Entwicklung der Staatsausgaben und -einnahmen

Durch das Maßnahmenpaket des MMS verändern sich die Staatseinnahmen. Die vier Haupteinnahmenquellen sind die Energiesteuer, Kfz-Steuer, die Lkw-Maut und die CO₂-Bepreisung im BEHG, deren Einnahmen sich im Jahr 2030 zusammen auf rund 33 Mrd. Euro₂₀₂₂ belaufen, was in etwa gleich viel ist wie im Jahr 2016. Aufgrund der Bestandsdurchdringung der Elektrofahrzeuge und dem damit einhergehenden Rückgang des Benzin- und Dieselverbrauchs reduzieren sich die Einnahmen insgesamt bis 2050 drastisch, speziell die Einnahmen aus Energiesteuer und CO₂-Bepreisung. So liegen die Einnahmen aus dem Verkehr bis 2050 nur noch bei rund 14 Mrd. Euro₂₀₂₂.

Wie in Kapitel 5.2.4 gezeigt, führt das Maßnahmenpaket des MMS zu signifikanten Investitionen. Im Falle des Ausbaus der Schieneninfrastruktur sind jedoch nicht nur die Infrastrukturkosten relevant. So führt die erhöhte Nutzung des ÖV zu zusätzlichen Staatsausgaben im öffentlichen Nahverkehr. Die öffentliche Hand hat im Sinne der Daseinsvorsorge mindestens 40 % der Kosten des Angebot-Ausbaus im ÖPNV zu tragen. Die resultierenden Mehrausgaben fallen insbesondere in der ersten Phase bis 2030 an (ca. 15 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030). Anschließend reduzieren sie sich bis 2050 mit der Rückverlagerung von ÖV zu MIV sukzessive auf rund 11 Mrd. Euro₂₀₂₂. Abbildung 53 stellt die Staatsausgaben und -einnahmen des MMS für die beiden Stichjahre dar.

Abbildung 53: Gegenüberstellung der Staatseinnahmen und -ausgaben im MMS für 2030 und 2050 (Euro 2022)



Quelle: Eigene Berechnungen

Im MMS sind somit hohe Staatsausgaben nötig, damit die vorgesehenen Entwicklungen eintreffen können. Der gesamte Finanzierungsbedarf für die Investitionen und die öffentlich getragenen Ausgaben im ÖPNV beläuft sich auf ca. 25 Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a. im Jahr 2030 und rund 20 Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a. gegen Ende des Betrachtungszeitraums. Die Staatseinnahmen reichen somit im Jahr 2050 nicht aus, alle notwendigen Ausgaben für Infrastrukturinvestitionen und ÖV zu decken. Es resultiert eine jährliche Finanzierungslücke von rund 6 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050, während für das Jahr 2030 rund 7,5 Mrd. mehr Staatseinnahmen als Staatsausgaben zur Verfügung stehen.

5.2.5.2 Einordnung der Finanzierungslücke

Es stellt sich also die Frage, wie im MMS die Finanzierungslücke im Jahr 2050 gefüllt werden kann. So spielt es eine Rolle, ob die Investitionen durch eine Zweckbindung von Lenkungsabgaben (oder generelle Steuereinnahmen) finanziert werden oder ob es über zusätzliche Steuererhöhungen und entsprechenden Konsumeinschränkungen geschehen soll. Da Mehrausgaben des Staates mittelfristig immer refinanziert werden müssen, wird im Modell von der Prämisse eines ausgeglichenen Steuerhaushaltes ausgegangen, was eine Schließung der Lücke bedingt.

Eine Möglichkeit, den öffentlichen Finanzierungsbedarf zu decken, wäre eine weitere private Finanzierung der Investitionen durch freiwerdende Mittel bei den Unternehmen aufgrund geringerer Ausgaben für Importe von Mineralölzeugnissen (v.a. Benzin und Diesel). Durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte werden im MMS diesbezüglich in der Tat erhebliche Mittel

frei, die ausreichen würden, um die notwendigen Investitionen zu tätigen und damit auch die Finanzierungslücken der öffentlichen Hand zu schließen bzw. gar nicht erst entstehen zu lassen. Das hätte eine zusätzliche, positive Wirkung auf die Gesamtwirtschaft, da freigewordene Mittel produktiv umgeleitet würden. Damit sich solche Wirkungen jedoch einstellen, sind ausreichend starke Marktanreize vonnöten, die einerseits für gewisse Ausgabenbereiche nicht realistisch sind (große Infrastrukturprojekte oder ÖV-Ausgaben) und andererseits grundsätzlich erst nach ausreichender Anschubfinanzierung erwartet werden können.

Ein positives Beispiel für die Verwendung von freigewordenen Mitteln sind die Investitionen in die Ladeinfrastruktur durch die Inverkehrbringer von Kraftstoffen. Der Mechanismus der THG-Quote verpflichtet diese dazu, die THG-Emissionen des Landverkehrs zu reduzieren, was unter anderem durch die Investitionen in die Ladeinfrastruktur und damit die Förderung von E-Fahrzeugen möglich ist. Es finden daher bereits heute solche Investitionen statt, was sich im Rahmen des MMS noch zusätzlich verstärken könnte.

Wenn keine private Finanzierung möglich ist, muss davon ausgegangen werden, dass im MMS zur Finanzierung der notwendigen staatlichen Ausgaben im Jahr 2050 neue Abgaben oder Steuern erhoben werden müssen. Nur so wird es möglich sein, die notwendigen Finanzmittel ohne zusätzliche Staatsverschuldung bereitstellen zu können. Dies geht einher mit entsprechenden negativen Auswirkungen auf den privaten Konsum, auf die Produktion und auf die Volkswirtschaft insgesamt. Gleichzeitig ist jedoch zu beachten, dass auch die private Finanzierung volkswirtschaftliche Kosten verursacht, da die Investitionskosten der Unternehmen auf die Haushalte abgewälzt werden.

5.2.6 Entwicklung des privaten Konsums

Die Maßnahmen des MMS beeinflussen nicht nur die Produktionsseite, sondern auch die Nachfrageseite der deutschen Volkswirtschaft. Im Falle des privaten Konsums der Haushalte sind im Vergleich zu 2016 im MMS drei Hauptentwicklungen festzustellen:

- ▶ Der private Konsum von öffentlichen Personenbeförderungsleistungen nimmt bis 2030 relativ zum Jahr 2016 um beinahe 50 % zu, und zwar aufgrund der teurer werdenden Nutzungskosten des Pkw und daraus folgenden Kapazitätsausweitung im Schienennetz und des Ausbaus des ÖV-Angebots generell. Der Anstieg ist sowohl im Schienenfernverkehr als auch im öffentlichen Nahverkehr stark. Dieser Trend dreht aber bereits kurz nach 2030, da der steigende Bestand BEV dazu führt, dass der MIV mit Elektrofahrzeugen in der Nutzung immer günstiger wird. Das bringt eine Rückverlagerung auf die Straße mit sich. Die privaten Ausgaben für den ÖV sinken bis 2050 auf ein ähnliches Niveau wie im Jahr 2016, während die MIV-Ausgaben im Zeitverlauf einen immer größeren Anteil des Haushaltsbudgets ausmachen.
- ▶ Die gesamten Ausgaben für MIV steigen aber nicht für alle Antriebstechnologien gleichermaßen an. Die Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren machen im Jahr 2050 nur noch einen Bruchteil der Haushaltsausgaben von 2016 aus. So werden keine neuen Fahrzeuge mit Diesel- oder Benzinmotoren mehr gekauft, kaum noch Gebrauchtfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren nachgefragt und weniger Reparatur-, Serviceleistungen und Autoversicherungsleistungen in Anspruch genommen. Gleichzeitig werden E-Fahrzeuge immer günstiger und der MIV wächst in Bezug auf die Verkehrsleistung bis 2050 wieder. Damit steigen die gesamten Ausgaben der Haushalte für Produkte und Dienstleistungen der Automobilwirtschaft an und übersteigen 2050 das Niveau von 2016. Dies ist hauptsächlich auf Ausgaben für E-Fahrzeuge – sowohl im Erst- als auch Sekundärmarkt – zurückzuführen.

Diese sind gerade zu Beginn der Betrachtungsperiode auch noch deutlich teurer in der Anschaffung.

- ▶ Aufgrund der Elektrifizierung der Fahrzeuge geht die Nachfrage nach Mineralölprodukten über den ganzen Betrachtungszeitraum stark zurück. Dies führt zu signifikanten Einsparungen, weil fossile Energie im Jahr 2016 einen großen Ausgabenposten der Haushalte insgesamt darstellt. Das wirkt sich positiv auf ihre Kaufkraft aus. Gleichzeitig geht mit der Durchdringung der Elektrofahrzeuge jedoch eine substanzial erhöhte Stromnachfrage einher, wodurch das Budget der Haushalte belastet wird. Bei einer Nettobetrachtung sind die Ausgaben aller Haushalte für die Fahrzeugnutzung im Jahr 2030 tiefer und im Jahr 2050 leicht höher als im Jahr 2016.

Insgesamt ist – ceteris paribus – also mit leicht höheren Ausgaben für die Haushalte im MMS zu rechnen. Als Folge davon senkt sich das generelle Konsumniveau der Haushalte um das verfügbare Haushaltseinkommen mit entsprechenden dämpfenden Effekten auf die Wirtschaftsleistung der Branchen, die Güter des durchschnittlichen Konsumbündels der Haushalte produzieren. Aufgrund der fehlenden Mittel zur Deckung der gesamten anfallenden Ausgaben für Infrastruktur und ÖV-Angebot im Jahr 2050 muss jedoch davon ausgegangen werden, dass es weitere Abgaben oder Steuern zur Finanzierung dieser benötigt. Das würde wiederum die Kaufkraft der privaten Haushalte mindern, was gleichbedeutend ist mit negativen Auswirkungen für die Konsumgüter herstellenden Branchen. Im MMS findet keine Rückverteilung von staatlichen Einnahmen aus Lenkungsabgaben an die Haushalte statt.

5.3 Ergebnisse Klimaschutzszenarien: Sofortiges Handeln und Verzögertes Handeln

Der Fokus liegt auf der ökonomischen Analyse der beiden Szenarien SHS und VHS relativ zur Entwicklung des MMS. Für alle Szenarien gelten dabei grundsätzlich die gleichen grundlegenden Annahmen hinsichtlich wirtschaftlicher Entwicklung der Branchen und der Wirtschaft als Ganzes. Ebenso sinkt wie im MMS die Zahl der Erwerbstätigen aufgrund der demographischen Entwicklung. Diese Annahmen sind in Kapitel 5.2.1.1 beschrieben. Alle Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS kommen demnach durch Abweichungen in den Instrumentenpaketen zu Stande.

Tabelle 1 in Kapitel 3.3 zeigt, dass für das SHS und VHS im Vergleich zum MMS neue oder ambitioniertere Ausprägungen existierender Instrumente umgesetzt werden, welche relativ zum Referenzszenario zu verschiedenen ökonomischen Veränderungen führen

Es folgt ein kurzer Vergleich der beiden Klimaschutzszenarien SHS und VHS. Anschließend werden für die Klimaschutzszenarien gemeinsam die Erkenntnisse aus der Wirkungsanalyse ausgeführt und diskutiert. Spezifisch behandelt werden die Veränderungen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene, auf den Außenhandel, auf die verschiedenen Branchen und wie sich der private und staatliche Konsum verändert. Veränderungen im Staatshaushalt beeinflussen insbesondere auch die Möglichkeiten zur Finanzierung der Verkehrswende (z. B. von Infrastrukturinvestitionen). Zuletzt wird auch darlegt, ob und wie sich die Umweltkosten der drei Szenarien unterscheiden.

5.3.1 Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien

Zwischen den beiden Klimaschutzszenarien sind nur vereinzelte, marginale Unterschiede festzustellen und beide Klimaschutzszenarien erreichen die gleichen Ziele. Einer der größten Unterschiede zwischen den zwei Szenarien liegt im Umsetzungszeitpunkt der verschiedenen

Instrumente. Im SHS werden die meisten Instrumente im Jahr 2024 eingeführt, während dies im VHS um 2–3 Jahre verzögert geschieht (siehe auch Kapitel 3.2). Dies hat kurzfristig einen Einfluss auf die THG-Emissionsentwicklung in den jeweiligen Szenarien. Diese gleichen sich in der langen Frist immer mehr an, weil das Ziel Treibhausgasneutralität 2045 mit beiden Szenarien erreicht werden soll.

Es ist daher davon auszugehen, dass für die Analyse der volkswirtschaftlichen Wirkungen der beiden Szenarien für die Stichjahre 2030 und 2050 der Einfluss der unterschiedlichen Umsetzungspunkte und somit die Unterschiede zwischen den Szenarien vernachlässigbar sind. Die Modellierungen der Klimaschutzszenarien bestätigen, dass sie in ihrer ökonomischen Wirkung vergleichbar sind. Nachfolgend werden SHS und VHS daher grundsätzlich gemeinsam betrachtet und es wird nur punktuell auf relevante Unterschiede eingegangen. Bei Abbildungen ist jeweils das SHS exemplarisch abgebildet.

Exkurs: Was wäre, wenn – Rahmenbedingungen in Klimaschutzszenarien

Keine frühzeitigen und klaren Rahmenbedingungen für Marktakteure

Je früher die regulatorischen Bedingungen den Marktakteuren bekannt sind, desto rascher können diese entsprechenden Anpassungen bei ihren Geschäftsmodellen vornehmen. Die Anpassungsfähigkeit und frühe Kenntnis der Rahmenbedingungen werden aber als Annahme in den Szenarien vorausgesetzt (vgl. auch Exkurs: „Was wäre, wenn – Arbeitsmarkt“ auf Seite 152 bzw. Annahmen in Kapitel 5.2.1 und 5.2.2).

Wird die Verabschiedung von regulatorischen Leitlinien jedoch hinausgezögert, bewirkt das über längere Zeit erhöhte Unsicherheiten für die Akteure, was deren internationale Wettbewerbsfähigkeit beeinträchtigt. Es bestünde die Gefahr, den Anschluss an die internationale Konkurrenz in der Produktion von Elektrofahrzeugen (und der zugehörigen Zulieferindustrien) entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu verlieren. Eine solche Entwicklung würde weitere Abwärtstendenzen mit sich bringen, wie die Abwanderung von Industriezweigen ins Ausland, Verlagerung von Arbeitsplätzen oder eine größere Abhängigkeit von Importen mit möglichen Engpässen bei der Produktion von Anlagegütern.

Im Falle von suboptimalen ökonomischen Rahmenbedingungen ist es also besser, zeitnahe und frühzeitige sowie klare Rahmenbedingungen für die Marktakteure zu schaffen, weshalb das SHS in der Tendenz zu einem besseren ökonomischen Zustand führen würde als das VHS.

5.3.2 Auswirkungen auf Gesamtwirtschaft

Die größten Veränderungen der beiden Klimaschutzszenarien im Vergleich zum Referenzszenario MMS sind für die Automobilwirtschaft und die Sektoren des öffentlichen Verkehrs (öffentlicher Schienen- und Straßennahverkehr und Schienenfernverkehr) festzustellen, was eine direkte Folge der rascheren Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und des stärkeren Modal-Shifts vom MIV zum ÖV ist. Für weite Teile der deutschen Wirtschaft sind keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS zu erwarten. Aus diesem Grund und der Tatsache, dass die beiden genannten Wirtschaftszweige einen eher geringen Anteil an der gesamten Bruttowertschöpfung ausmachen, sind die Auswirkungen der Klimaschutzszenarien auf das BIP im Vergleich zum MMS als entsprechend gering einzuschätzen, wenn auch leicht positiv (<1 %). Insgesamt ermöglichen die Klimaschutzszenarien also ein Erreichen der Treibhausgasneutralität 2045 und eine grundlegende Transformation des Verkehrs mit einer positiven Wirkung auf die Gesamtwirtschaft.

Unterschiede in der Gesamtzahl der Erwerbstätigen zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS entstehen durch die branchenspezifischen Unterschiede (siehe Kapitel 5.3.3). Insgesamt sind die Differenzen zwischen den Klimaschutzszenarien und der Referenzentwicklung aber nicht signifikant.

5.3.3 Auswirkungen auf relevante Branchen

Die unterschiedliche Ausgestaltung der Maßnahmenpakete der Klimaschutzszenarien relativ zum MMS hat auch unmittelbare Konsequenzen auf die verschiedenen betroffenen Branchen. Diese werden nachfolgend dargelegt und diskutiert. Es folgt zuerst eine Darstellung der wichtigsten Unterschiede der relevanten Maßnahmen in den Klimaschutzszenarien und dem MMS für die betroffenen Branchen. Aufbauend darauf werden die wichtigsten *zusätzlichen* volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Klimaschutzszenarien besprochen, sofern solche zu erwarten sind.

5.3.3.1 Auswirkungen auf die Verkehrswirtschaft

5.3.3.1.1 Veränderung der Maßnahmen in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS

Im Vergleich zur Referenz (MMS) sind in den Maßnahmenpakete der Klimaschutzszenarien einige Instrumente enthalten, die zusätzlich oder verstärkt auf die Verkehrswirtschaft wirken und zu Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten führen, zum Beispiel:

- ▶ Der MIV wird aufgrund der Einführung einer **fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut** und des höheren **CO₂-Preises** relativ zum ÖV teurer. Ebenso wird eine **Angleichung der Energiesteuer** auf allen fossilen Kraftstoffen umgesetzt (Aufhebung Dieselprivileg) und ein **Inflationsausgleich des Energiesteuersatzes** eingeführt.
- ▶ Die **Entfernungspauschale** wird in den Klimaschutzszenarien abgeschafft und es findet eine Anpassung der Dienstwagenbesteuerung statt, während im MMS davon abgesehen wird.
- ▶ Es kommt in den Klimaschutzszenarien zu einer **Verbesserung des ÖV-Angebots**, die über die Maßnahmen des MMS hinausgehen. Ebenso wird die **Fuß- und Radverkehrsinfrastruktur** mehr gefördert.
- ▶ Im Güterverkehr kommt in den Klimaschutzszenarien insbesondere die **höhere Lkw-Maut** (Ausweitung und Internalisierung der Klimakosten) sowie die **CO₂-Bepreisung**, bei Preisen von höher als 200 Euro pro t CO₂, zu tragen. Die **neuen Flottenzielwerte** im Vergleich zum MMS wirken ebenfalls auf den Güterverkehr.

5.3.3.1.2 Ökonomische Auswirkungen der Maßnahmen der Klimaschutzszenarien

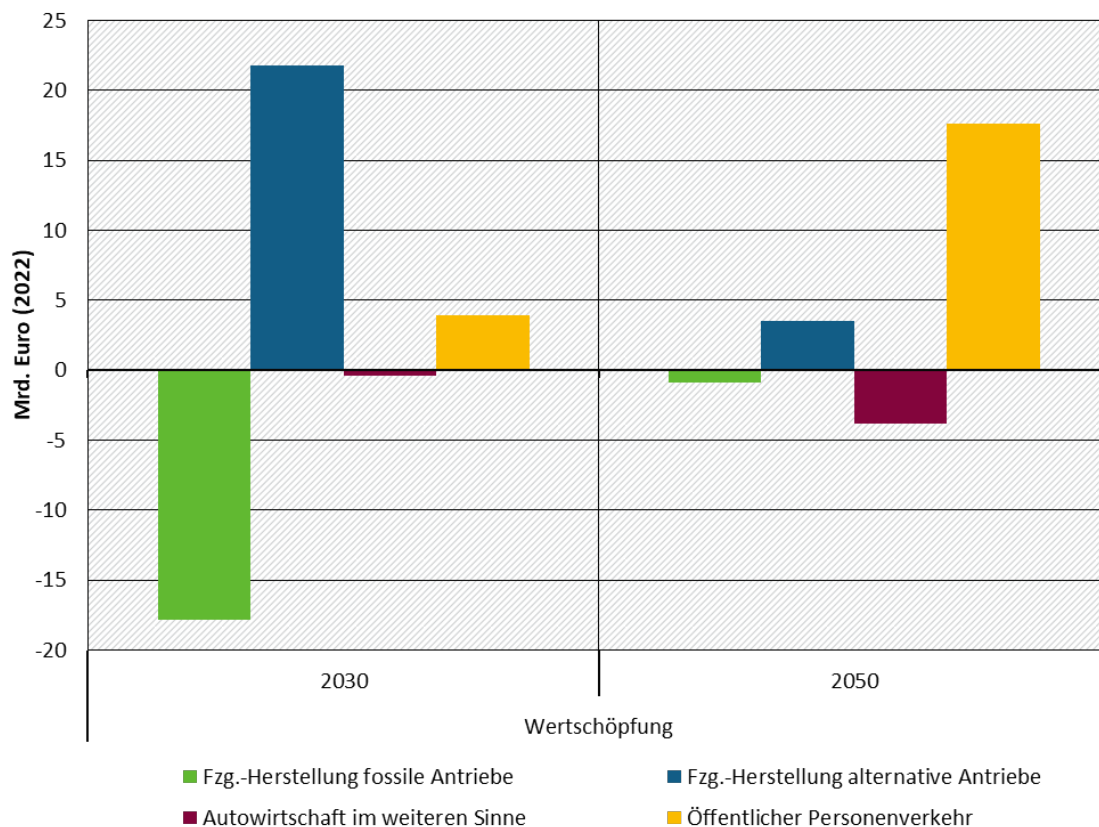
Die Kostenunterschiede zwischen den Verkehrsmitteln, die in den Klimaschutzszenarien akzentuierter sind als im MMS, haben einen stärkeren Modal-Shift gegenüber der Referenzentwicklung zur Folge. Der Ausbau des ÖV-Angebots und der -Infrastruktur verstärkt das zusätzlich. Dadurch steigt die Nachfrage nach öffentlichem Nah- und Fernverkehr. Die Branchen, die diese Dienstleistungen anbieten, haben in den Klimaschutzszenarien folglich einen höheren Anteil an der gesamten deutschen Wirtschaftsleistung als in der Referenzentwicklung. Wie Abbildung 54 zeigt, liegt die Wertschöpfung dieser Branchen im Jahr 2030 rund 15 % höher als im MMS und im Jahr 2050 sogar fast doppelt so hoch. Eine direkte Folge dieses Zuwachses an wirtschaftlicher Aktivität ist außerdem ein Anstieg der Beschäftigten in dieser Branche. Die Beschäftigung im Jahr 2050 ist 67 % oder 150.000 Vollzeitäquivalente höher als im MMS (Abbildung 55).

Es sind jedoch Unterschiede zwischen der Entwicklung der jeweiligen Verkehrsträger festzustellen. In den Klimaschutzszenarien profitiert insbesondere die Branche des öffentlichen Schienenverkehrs von den Verlagerungseffekten zwischen MIV und ÖV, was auf die höheren Nutzungskosten des MIV zurückzuführen ist und einen Ausbau des Schienennetzes und ÖV-Angebots auslöst. Dieser Ausbau wird in den Klimaschutzszenarien rascher und umfassender umgesetzt als im MMS. So steigt die Kapazitätsgrenze der deutschlandweiten Personenkilometer, die im ÖV durch Konsument*innen zurückgelegt werden können, signifikant an. Es finden zudem auch nach 2030 im Vergleich zum MMS noch Neu- und Ausbau des Netzes statt. Der öffentliche Straßenpersonenverkehr steigt im SHS und im VHS ebenfalls an, wenn auch der Unterschied der Wirtschaftsleistung der Branche in den Stichjahren 2030 und 2050 zum MMS kleiner als im Schienenverkehr ist.

Im Güterverkehr auf der Straße und der Schiene gibt es in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS weniger starke Veränderungen als im Personenverkehr. So profitiert der Schienengüterverkehr durch den Ausbau der Schieneninfrastruktur und die Erhöhung der Kosten des Straßengüterverkehrs (aufgrund der Lkw-Maut bzw. der Bepreisung von CO₂ im Falle eines CO₂-Preises von mehr als 200 Euro pro t CO₂). Dadurch erhöht sich dessen Wirtschaftsleistung relativ zum MMS insbesondere bis 2030. Dieser Effekt flacht aber bis 2050 wieder leicht ab. Auf den Straßengüterverkehr wirken die zusätzlichen Maßnahmen der Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS hauptsächlich hinsichtlich der Wahl des Lkw-Antriebs und kaum auf die Wirtschaftsleistung und die Beschäftigung in der straßengebunden Güterverkehrsbranche.

Für den Frachtverkehr per Flugzeug sind größere Veränderungen relativ zum MMS zu erwarten, da die Kosten je tkm aufgrund der neuen Kerosinsteuer in den Klimaschutzszenarien stark ansteigen. Das drosselt die Nachfrage und dementsprechend auch die Wertschöpfung stark, was folglich in einem Beschäftigungsrückgang in dieser Branche resultiert. Aufgrund der relativ geringen Zahl an Beschäftigten in diesem Sektor, hat das auf die Beschäftigung in der Verkehrswirtschaft als Ganzes keinen großen Einfluss.

Abbildung 54: Absolute Differenz der Wertschöpfung ausgewählter Branchen zwischen dem SHS und dem MMS für 2030 und 2050



Quelle: Eigene Berechnungen

5.3.3.2 Auswirkungen auf die Automobilwirtschaft

5.3.3.2.1 Veränderung der Maßnahmen in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS

Die wichtigsten Unterschiede der Maßnahmenpakete der Klimaschutzszenarien relativ zum MMS sind wie folgt:

- ▶ In den Klimaschutzszenarien kommt es zu einer stärkeren und schnelleren Besteuerung fossiler Antriebsformen als im MMS. Daher sind die Kosten für die Nutzung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren höher und bereits 2030 – und damit früher als im MMS – nicht mehr preiskompetitiv. Es wird eine CO₂-abhängige **Malus-Komponente** zur Kfz-Steuer hinzugefügt, die bei Zulassung eines Kraftfahrzeugs mit Verbrennungsmotoren erhoben wird. Ebenso werden höhere **Energiesteuern** erhoben und es kommt zu einer stärkeren **CO₂-Bepreisung**.
- ▶ Ab dem Jahr 2029 wird in den Klimaschutzszenarien außerdem eine fahrleistungsabhängige **Pkw-Maut** erhoben, was nicht nur Verbrenner, sondern auch BEV in ihrer Nutzung teurer werden lässt. Das MMS kennt hingegen keine Pkw-Maut. Dadurch sinkt die Nachfrage nach MIV in den Klimaschutzszenarien relativ zur Referenz insgesamt.
- ▶ In den Klimaschutzszenarien werden Diesel-Lkw aufgrund einer höheren **Lkw-Maut** bzw. **eines höheren CO₂-Preises**, wenn der CO₂-Preis über 200 Euro pro Tonne CO₂ liegt, zunehmend unattraktiver im Vergleich zu BEV. Im SHS wird dies noch zusätzlich durch den

Aufbau einer **Oberleitungsinfrastruktur** verstärkt, der nur in diesem Szenario unterstellt wird.

5.3.3.2.2 Ökonomische Auswirkungen der Maßnahmen der Klimaschutzszenarien

Die Wirtschaftsleistung der Branchen, die Fahrzeuge mit fossilen Antrieben produzieren, bricht in den Klimaschutzszenarien bereits früher ein und ist im Jahr 2030 signifikant tiefer als im MMS. Konkret geht die Wertschöpfung um 50 % und 18 Mrd. Euro₂₀₂₂ zurück und es sind gleichzeitig rund 100.000 Beschäftigte weniger in diesem Sektor tätig, wie in Abbildung 55 dargestellt ist. Anders als im MMS sinkt die Zahl der neuzugelassenen Fahrzeuge mit Benzin- oder Dieselmotoren nach 2030 Richtung Null und, ab 2035 werden, wie im MMS nur noch emissionsfreie Neuwagen (Pkw) zugelassen, womit auch keine inländische Nachfrage nach Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren besteht. Der Bestand an verbrennungsmotorischen Fahrzeugen sinkt bis 2050 zunehmend. Das Gleiche gilt für PHEV. Aufgrund der Annahmen zu Kapitel 5.2.3 reduziert sich somit auch die Anzahl der exportierten Produkte dieser Branche. Entsprechend sinkt die Wertschöpfung dieser Sektoren bis 2050 um 100 % relativ zum MMS. Die Beschäftigung entwickelt sich im Gleichschritt zur Wertschöpfung und ist in Abbildung 55 dargestellt. Da diese Fahrzeugbranchen 2050 jedoch bereits im MMS von geringerer Bedeutung sind, ist die zusätzliche Wirkung auf die Gesamtwirtschaft nicht groß. Für die Hersteller fossilbetriebener Fahrzeuge liegt der Hauptunterschied zwischen Klimaschutzszenarien und MMS darin, dass sie auch kaum mehr Lkws mit fossilem Antrieb produzieren. Im MMS bleibt die Nachfrage nach diesen bestehen.

Für die Automobilwirtschaft als Ganzes ist die stärkere und raschere Elektrifizierung der Fahrzeugflotte in den Klimaschutzszenarien bis 2030 insgesamt positiv zu bewerten. Die Wirtschaftsleistung der Elektrofahrzeug-Produktion kann aufgrund der Maßnahmen der Klimaschutzszenarien massiv zulegen und ist im Jahr 2030 relativ zum MMS mit einem Plus von 22 Mrd. Euro₂₀₂₂ signifikant größer (Abbildung 54). In Abbildung 55 ist zudem ersichtlich, dass die gesamte Reduktion der Beschäftigten in der Fahrzeugherstellung fossiler Antriebe durch die neue aufstrebende Elektrofahrzeugbranche aufgefangen werden kann.

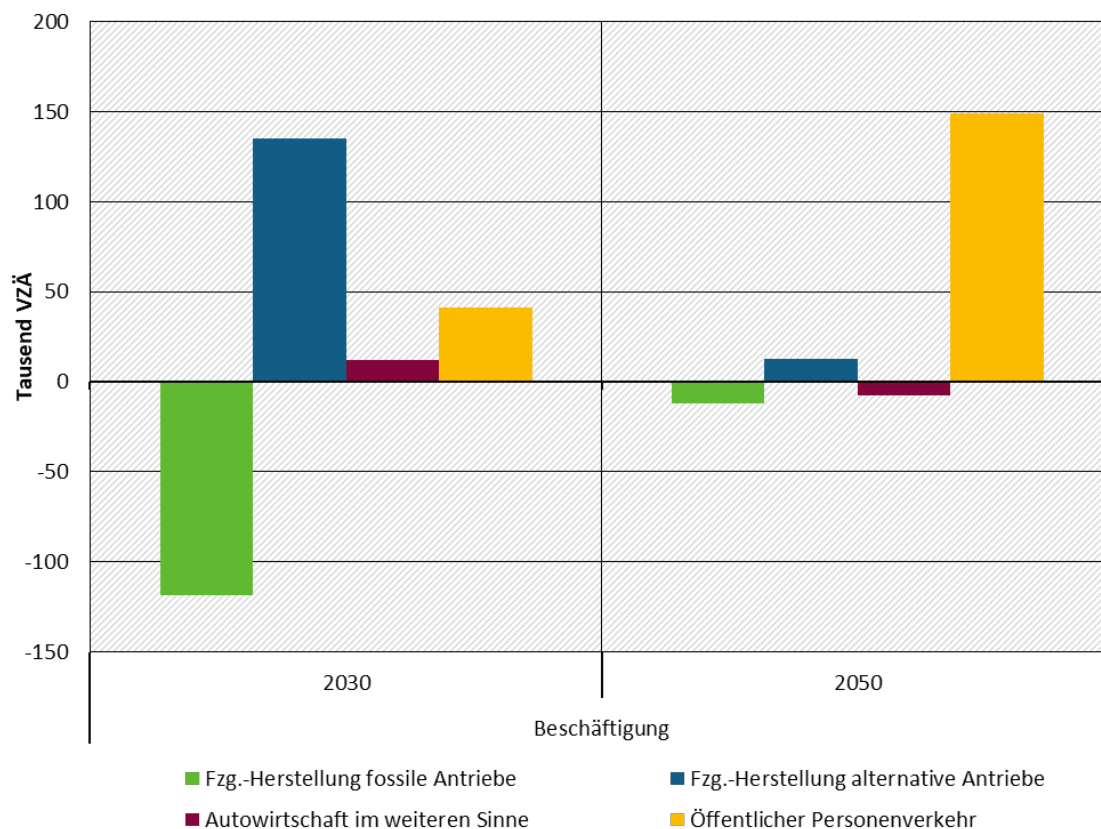
Mit der Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut im Jahr 2029 in den Klimaschutzszenarien, steigen die Nutzungskosten der BEV im Vergleich zum MMS und auch im Vergleich zum öffentlichen Verkehr signifikant. Dadurch verliert der MIV in den Klimaschutzszenarien nach 2030 insgesamt und unabhängig von der Antriebstechnologie an Bedeutung. Bis 2050 nähern sich die drei Szenarien wieder an und es sind nur noch kleinere - positive - Unterschiede zwischen Wirtschaftsleistung der Automobilwirtschaft in den Klimaschutzszenarien und MMS festzustellen.

Bis 2030 sind in den Klimaschutzszenarien nicht nur mehr batterieelektrische Fahrzeuge in der Flotte als im Referenzszenario, auch die Nachfrage nach Fahrzeugen mit Brennstoffzellen erhöht sich bis 2030. Das ist insbesondere im VHS der Fall. Dies führt zu entsprechenden positiven Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten für diese Branche. Fahrzeuge mit Brennstoffzellen spielen jedoch anteilig am gesamten Fahrzeugmarkt kaum eine wichtige Rolle. Die Zahl der Neuzulassungen findet bereits um das Jahr 2030 ihren Höhenpunkt und nimmt danach stetig ab, im Jahr 2050 werden de facto ausschließlich batteriebetriebene Fahrzeuge neu verkauft.

Die Branchen, die bis dahin wichtige Komponenten der Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren herstellten oder wichtige Dienstleistungen anboten (Reparatur, Service), sind in ihrer Wirtschaftsleistung durch die Maßnahmen der Klimaschutzszenarien ebenfalls stärker negativ betroffen als dies im MMS der Fall war. Da elektrisch betriebene Fahrzeuge aus weniger Komponenten bestehen, die zudem in anderen Wirtschaftsbranchen produziert werden und weniger reparaturanfällig sind, kann auch die erhöhte Durchdringung von BEV in den

Klimaschutzszenarien diese Reduktion nicht wettmachen. Abbildung 54 und Abbildung 55 zeigen, dass im Jahr 2050 die Wertschöpfung und die Beschäftigung der Automobilwirtschaft im weiteren Sinne in den Klimaschutzszenarien etwas tiefer liegen als im MMS. Im Vergleich zu den Bewegungen in der Fahrzeugherstellung ist die gesamtwirtschaftliche Bedeutung dieser Veränderung jedoch deutlich geringfügiger.

Abbildung 55: Absolute Veränderung der Beschäftigung ausgewählter Branchen zwischen dem SHS und dem MMS für 2030 und 2050



Quelle: Eigene Berechnungen

5.3.3.3 Auswirkungen auf die Energiewirtschaft

Die Instrumente der Klimaschutzszenarien führen durch zweierlei Effekte zu stärkeren Veränderungen in der Energiewirtschaft als dies im MMS der Fall ist:

- ▶ Einerseits ist der **CO₂-Preis** im SHS wie auch im VHS signifikant höher, was die Nutzungskosten von fossiler Energie stark erhöht und die Nachfrage nach diesen senkt.
- ▶ Außerdem wirken die **Instrumente** der Klimaschutzszenarien, die die **Verkehrsnachfrage steuern und die Antriebstechnologien betreffen**, auch auf die Energiewirtschaft, da sie im Vergleich zum MMS zu einer höheren Stromnachfrage führen.

In den Klimaschutzszenarien ist somit eine stärkere Verschiebung der Energienachfrage als im MMS festzustellen, was dementsprechende Veränderungen für die deutsche Energiewirtschaft mit sich bringt. Die Nachfrage nach Erdgas, Erdöl und Mineralölerzeugnissen (Benzin, Diesel, Kerosin) aus dem Verkehr bricht ein und die Produktion dieser Güter ist aufgrund der zusätzlichen Besteuerung nicht mehr gleich preiskompetitiv. So verliert die inländische Mineralölwirtschaft an Bedeutung und ihre Produktion und die damit einhergehende

Wertschöpfung geht relativ zum Referenzszenario massiv zurück. Da ein Großteil der Mineralölwirtschaft eng mit dem Ausland verbunden ist, sind auch die Importe von den entsprechenden Rohstoffen und bereits raffinierten Endprodukten rückläufig, was sich im Fall der Klimaschutzszenarien positiv auf die Handelsbilanz auswirkt und die Resilienz der deutschen Wirtschaft stärkt. Es macht überdies Mittel frei für anderweitige Investitionen.

Im Jahr 2016 gibt es in Deutschland sowohl eine Produktion von Strom aus fossilen als auch aus erneuerbaren Energiequellen. Der zusätzliche Ausbau der Kapazitäten zur Stromgewinnung aus erneuerbaren Quellen in den Klimaschutzszenarien (siehe Kapitel 5.3.5) erhöht das Angebot von derartigem Strom, was zu einem tieferen Preis als im MMS führt. Das senkt die Nachfrage nach fossilem Strom stärker als im MMS, die in den Klimaschutzszenarien primär durch Strom aus erneuerbaren Energiequellen befriedigt wird. Diese Branchen können ihre Produktion in den Klimaschutzszenarien dementsprechend ausbauen und Wertschöpfungsgewinne erzielen. Da diese Form der Energiegewinnung hauptsächlich im Inland stattfindet, wirkt sich dies positiv auf die inländische Wirtschaft aus. Die Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem Referenzszenario sind hierbei jedoch gering (< 1 Mrd. Euro₂₀₂₂), da die absolute zusätzlich benötigte Strommenge für den Verkehr in den Klimaschutzszenarien nur wenig höher ist als im MMS.

Weitere Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS liegen hinsichtlich der Verwendung von Wasserstoffen und synthetischen Kraftstoffen. Der höhere Anteil von Fahrzeugen mit Brennstoffzellen am totalen Bestand führt dazu, dass in den Klimaschutzszenarien auch mehr Importe von Wasserstoff als im MMS vorstattgehen, mit entsprechender negativer Wirkung auf die Wirtschaft und Handelsbilanz. Das gleiche gilt für synthetische Kraftstoffe, die in den Klimaschutzszenarien insbesondere gegen Ende der Betrachtungsperiode bei den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, die nach wie vor in Betrieb sind, eingesetzt werden. Aufgrund fehlender inländischer Produktion fließt hier somit inländische Wertschöpfung ins Ausland ab, was gegenüber dem MMS negativ eingestuft werden muss.

5.3.3.4 Auswirkungen auf indirekt betroffene Branchen

Weder das MMS noch die Klimaschutzszenarien beinhalten Maßnahmen, die sich direkt auf wichtige Zulieferbranchen der Automobilwirtschaft, der Verkehrswirtschaft oder auf die Energiewirtschaft auswirken. Veränderungen in der Wirtschaftsleistung der Zulieferbranchen sind also eine indirekte Folge der Maßnahmen, ausgelöst durch eine veränderte Nachfrage nach Vorleistungen durch die betroffenen Wirtschaftszweige. Ebenso führen die Infrastrukturinvestitionen zu Wachstum bei den Branchen, die die Anlagegüter herstellen (siehe Kapitel 5.3.5). Die größten Unterschiede relativ zum MMS sind:

- ▶ Die Branchen, welche die Anlagegüter für den Ausbau der Energie- und Verkehrsinfrastruktur produzieren, erfahren in den Klimaschutzszenarien ein stärkeres Wachstum. Speziell profitieren die Baubranche und das verarbeitende Gewerbe (Metall-, Maschinen- und Elektroindustrie), die ihre Produktion relativ zum MMS ausweiten, mehr Wertschöpfung erzielen und mehr Arbeitskräfte beschäftigen.
- ▶ Die Klimaschutzszenarien beeinflussen die Elektronikindustrie nicht nur aufgrund des Infrastrukturochlaufs, sondern auch daher, dass der ambitionierte Elektrifizierungspfad der Fahrzeugflotte eine stärkere Nachfrage nach deren Produkten, insbesondere Batterien und E-Motoren, auslöst. Im Jahr 2050 ist diese Branche ein wichtiger Treiber der Wertschöpfungsgewinnung (+ 7 Mrd. Euro₂₀₂₂) in Deutschland und sorgt für zusätzliche

Arbeitsplätze. Diese Branche kann so gewisse Teile des Beschäftigungsverlusts in der Automobilwirtschaft im weiteren Sinne, der in Abbildung 55 dargestellt ist, auffangen.

5.3.4 Auswirkungen auf Außenhandel

Es ist hinsichtlich des Außenhandels nicht mit grundlegenden Unterschieden zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS zu rechnen, außer im Bereich der Energieimporte. Grundsätzlich gelten für die Klimaschutzszenarien und analog zu MMS die gleichen ökonomischen Annahmen (siehe Kapitel 5.2.3). Unterschiede zwischen den Szenarien rühren daher von Veränderungen der Wirtschaftsleistung einzelner Branchen, die sich folglich auch auf die Exporte und Importe auswirken. In Folge steigen sowohl die Exporte als auch die Importe im Bereich der Elektrofahrzeuge stark an, während der grenzüberschreitende Handel mit fossil betriebenen Fahrzeugen zurückgeht. Der Aufstieg der Elektrofahrzeugbranche kompensiert diesen Rückgang vollständig. Für die Verkehrswirtschaft sind die Veränderungen absolut und relativ zum MMS sehr gering, da die Dienstleistungen des ÖV und des Güterverkehrs grundsätzlich nicht grenzüberschreitend gehandelt werden.

Durch die raschere und weitreichende Elektrifizierung der Fahrzeugflotte kann in den Klimaschutzszenarien die Abhängigkeit von ausländischem Erdöl, Erdgas und Mineralölerzeugnissen (vor allem Benzin und Diesel) bereits 2030 viel umfassender reduziert werden als im MMS. Bis im Jahr 2050 gelingt in den Klimaschutzszenarien sogar ein vollständiger Ersatz der Importe von Benzin- und Diesel durch Strom aus erneuerbaren Energiequellen. Dadurch wird die Energieunabhängigkeit in den Klimaschutzszenarien gestärkt. Dieser Entwicklung wirken lediglich erhöhte Importe von Wasserstoff und synthetischen Kraftstoffen leicht entgegen, die in den Klimaschutzszenarien etwas breitere Anwendung finden. Im Vergleich zum Rückgang der Importe fossiler Energieträger ist dieser Anstieg jedoch gering bzw. vernachlässigbar.

5.3.5 Zusätzliche Investitionen in den Klimaschutzszenarien

Damit sich die verkehrlichen und energetischen Wirkungen der Klimaschutzszenarien relativ zum MMS einstellen können, sind in verschiedenen Bereichen zusätzliche Investitionen notwendig, die unter gleichen Bedingungen wie im MMS zu Stande kommen (siehe Kapitel 5.2.4 für die grundlegenden Annahmen). Insgesamt beläuft sich das Investitionsvolumen in den Klimaschutzszenarien für das Jahr 2030 und das Jahr 2050 auf rund 33 Mrd. Euro₂₀₂₂. Nachfolgend werden die einzelnen Investitionsbereiche und die Differenzen zum MMS erläutert sowie die absolute Veränderung der Investitionen über die Zeit in Abbildung 56 dargestellt. Die Quellen für die Festlegung der Investitionshöhen sind in Anhang E angegeben.

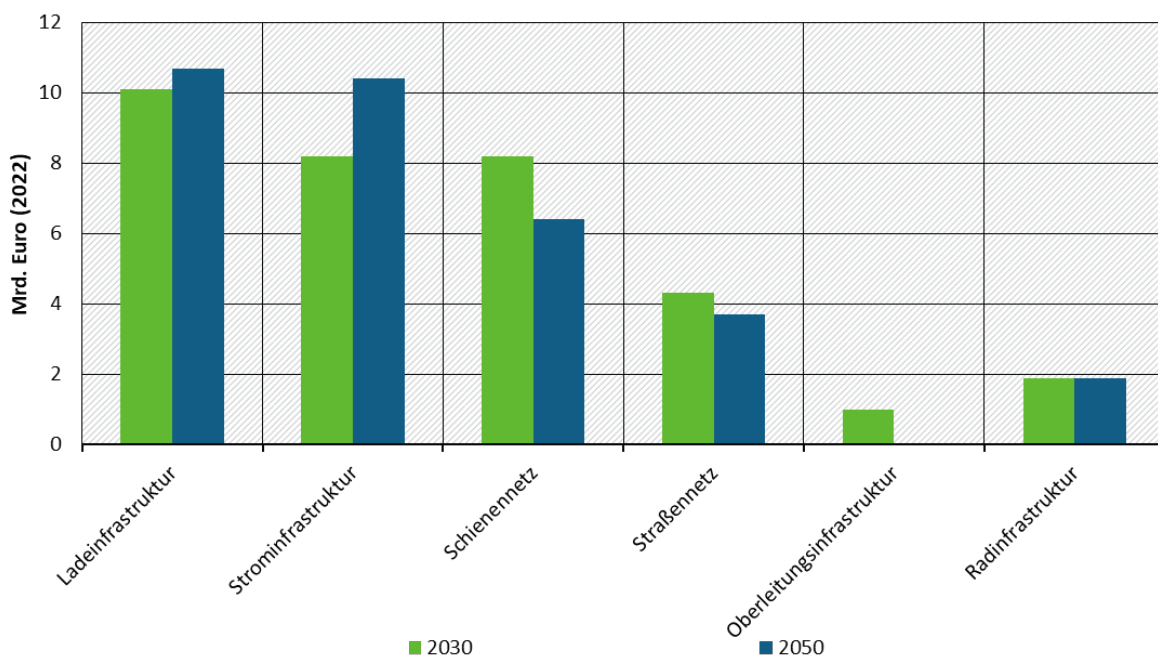
- ▶ **Ladeinfrastruktur:** Die stärkere und frühere Durchdringung der Fahrzeugflotte mit Elektrofahrzeugen in den Klimaschutzszenarien macht einen schnelleren Hochlauf der Ladeinfrastruktur als im MMS notwendig, womit früher mehr Investitionen notwendig werden. Die zusätzlichen Mehrinvestitionen relativ zum MMS belaufen sich auf rund 4 Mrd. Euro₂₀₂₂ für 2030 und 2 Mrd. Euro₂₀₂₂ für 2050. Diese werden hauptsächlich privat finanziert.⁶⁰
- ▶ **Strominfrastruktur:** Da früher ein größerer Anteil an Elektrofahrzeugen an der gesamten Flotte erreicht wird, bedeutet das auch raschere und höhere Anforderungen an die Stromnetzinfrastuktur und den Ausbau der Kapazitäten zur Stromgewinnung. So kommt es

⁶⁰ Wie im MMS gilt auch hier, dass die private Finanzierung nicht genügen könnte, um den Investitionshochlauf der Klimaschutzszenarien zu stemmen. Falls die öffentliche Hand stärker mitfinanzieren müsste, hätte dies entsprechende Konsequenzen für den Staatshaushalt.

bis 2030 zu zusätzlichen jährlichen Investitionen von rund 1,2 Mrd. Euro₂₀₂₂. Im Jahr 2050 gibt es kaum mehr Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS. Analog zum MMS werden auch diese Investitionen primär über Netzentgelte finanziert und belasten den öffentlichen Haushalt kaum.

- ▶ Radinfrastruktur: In beiden Klimaschutzszenarien findet ein Ausbau der Radinfrastruktur statt, was zu jährlichen Mehrinvestitionen von 2 Mrd. Euro₂₀₂₂ gegenüber dem MMS führt. Diese Investitionen werden ausschließlich durch die öffentliche Hand finanziert.
- ▶ Oberleitungsinfrastruktur: Außerdem findet im SHS ein Ausbau der Oberleitungsinfrastruktur für E-Lkw statt, der im Jahr 2040 abgeschlossen ist. Das VHS sieht keine solchen Investitionen in die Oberleitungsinfrastruktur vor. Diese Investitionen werden ausschließlich durch die öffentliche Hand finanziert und betragen bis 2040 rund 1. Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a.
- ▶ Öffentlicher Verkehr: Wenn die Nachfrage im ÖV aufgrund der Veränderung der Kosten im MIV steigt und damit die Verlagerung von MIV auf den öffentlichen Schienenverkehr stattfinden kann, bedarf es zusätzlicher Investitionen. So werden Investitionen getätigt in die Beschaffung von Fahrzeugen des öffentlichen Verkehrs (Rollmaterial und Busse) und in den Ausbau des Schienennetzes. Unter Annahme von kontinuierlichen Investitionen über den Betrachtungszeitraum wird in den Klimaschutzszenarien von rund 3 Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a. an zusätzlichen Infrastrukturinvestitionen für Neu- und Ausbau ausgegangen, die im MMS nicht getätigt werden. Im SHS gibt es ab außerdem ab 2025 ausreichend zusätzliche Mittel für Angebotssteigerung für den straßengebundenen öffentlichen Verkehr (Busse), um Kapazitätsengpässe der Schiene zumindest teilweise abzufangen.
- ▶ Straßeninfrastruktur: In der Straßeninfrastruktur werden lediglich Ersatzinvestitionen getätigt, was dem Investitionsvolumen des MMS entspricht.

Abbildung 56: Übersicht zu jährlichen Investitionen in Infrastruktur in den Klimaschutzszenarien im Jahr 2030 und 2050 (in Euro 2022)



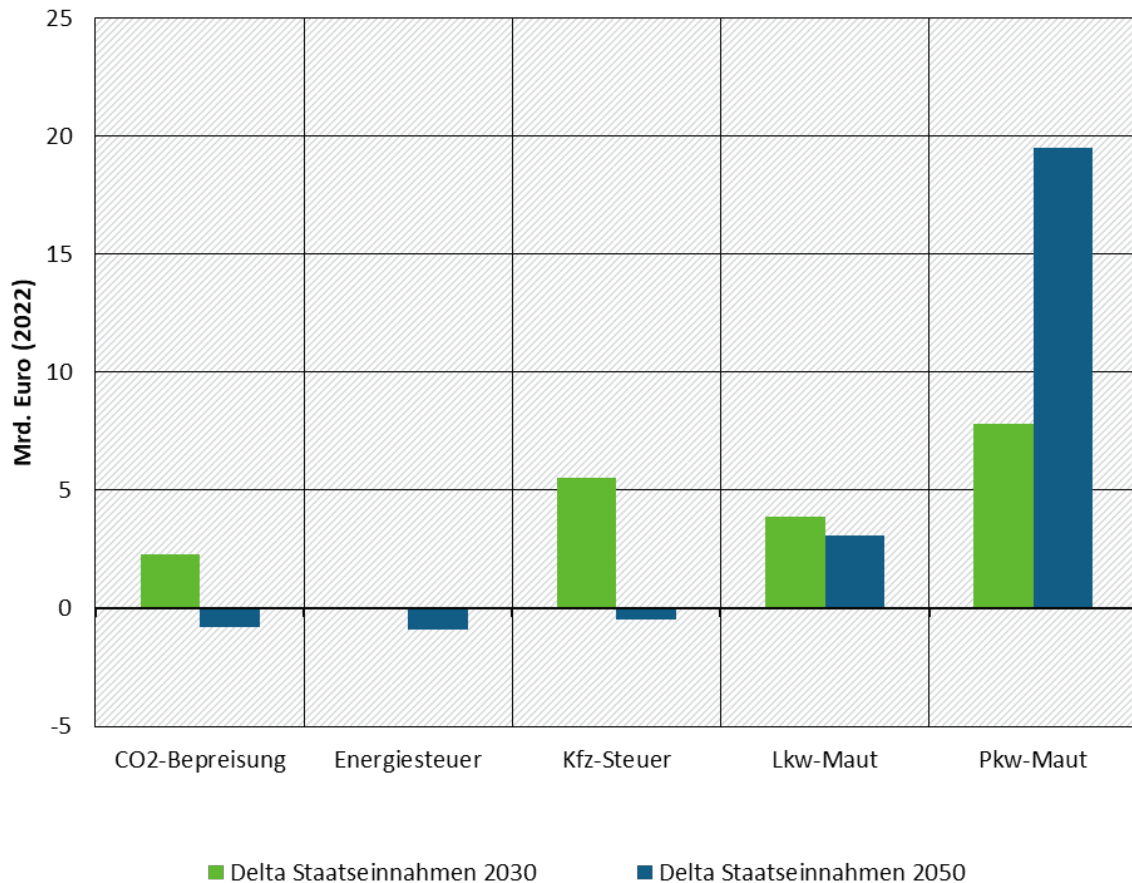
Quelle: Eigene Darstellung

5.3.6 Auswirkungen auf Staatshaushalt

5.3.6.1 Steuereinnahmen

Wie Tabelle 16 zeigt, enthalten die Maßnahmenpakete im SHS und im VHS im Vergleich zum MMS einerseits neue Preisinstrumente und andererseits erhöhte Sätze für Steuern, die auch Teil des MMS sind. Das hat zur Folge, dass die Einnahmen aus den Klimaschutzszenarien über den gesamten Betrachtungszeitraum hinweg höher sind als im Referenzszenario. Der stärkste Treiber ist dabei die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut, die nur in den Klimaschutzszenarien erhoben wird. Im Falle des VHS kommen im Jahr 2030 zudem noch substantielle Zusatzeinnahmen aus der CO₂-Bepreisung hinzu (rund 5 Mrd. Euro₂₀₂₂ mehr als im SHS bzw. rund 7,5 Mrd. Euro₂₀₂₂ mehr als im MMS). Insgesamt resultieren im Vergleich zum MMS zusätzliche Staatseinnahmen von rund 20 bis 25 Mrd. Euro₂₀₂₂ p.a.

Abbildung 57: Differenz der Staatseinnahmen zwischen dem SHS und MMS im Jahr 2030 bzw. 2050 (Euro 2022)



Positive Werte zeigen Mehreinnahmen relativ zum MMS. Negative Werte zeigen Mindereinnahmen zum MMS.

Quelle: Eigene Berechnungen

Die Steuern und Abgaben, die in den Klimaschutzszenarien auf dem MIV erhoben werden, führen ab 2024 zu durchgehend höheren Einnahmen als im MMS. Im Jahr 2050 fließen in den Klimaschutzszenarien rund 20 Mrd. Euro₂₀₂₂ pro Jahr durch den Personenverkehr in die Staatskassen. Gleichzeitig liegt dieser Betrag im MMS bei rund 5 Mrd. Euro₂₀₂₂, welcher sich hauptsächlich aus Energiesteuereinnahmen von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren zusammensetzt. Die Einnahmen durch die Energiesteuer im MIV nehmen in den Klimaschutzszenarien aufgrund des Rückgangs fossiler Antriebe bis 2050 stark ab und liegen

sogar tiefer als im MMS, wie Abbildung 57 zeigt. Die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung entfallen, sobald die Treibhausgasneutralität 2045 erreicht ist.

In den Klimaschutzszenarien liegen die Einnahmen aus der Lkw-Maut im Jahr 2030 rund zehn Mrd. Euro₂₀₂₂ höher als im MMS. Je weiter die Elektrifizierung der Nutzfahrzeugflotte fortgeschritten ist, desto geringer werden diese fiskalischen Unterschiede zum Referenzszenario und sind im Jahr 2050 beinahe verschwunden.

Tabelle 16: Übersicht zur fiskalischen Wirkung der Instrumente der Klimaschutzszenarien relativ zum MMS (alphabetisch angeordnet)

Instrumente	SHS	VHS
CO ₂ -Preis im Rahmen des BEHG	Mehreinnahmen für 2030, bis Treibhausgasneutralität erreicht ist.	Wie SHS, verzögert gegenüber SHS, dann aber höher
Dienstwagenbesteuerung	Mehreinnahmen ab 2024	Mehreinnahmen verzögert gegenüber SHS
Energiesteuer	Zu Beginn Mehreinnahmen wie MMS, dann stärkere Reduktion und Mindereinnahmen nach 2030 über den Betrachtungszeitraum	Wie SHS
Entfernungspauschale	Mehreinnahmen ab 2027	Mehreinnahmen ab 2031
Kfz-Steuer	Mehreinnahmen für 2030, Mindereinnahmen gegen Ende Betrachtungszeitraum	Wie SHS, verzögert gegenüber SHS, dann aber höher
Lkw-Maut, Ausweitung auf alle Straßen und Fahrzeuge > 3,5 zGG	Mehreinnahmen	Wie SHS
Mindestenergiesteuer Inlandflüge	Mehreinnahmen ab 2024	Mehreinnahmen ab 2027
Parkraummanagement	Mehreinnahmen ab 2024	Wie SHS
Pkw-Maut	Mehreinnahmen ab 2029	Wie SHS

5.3.6.2 Weitere Staatsausgaben

Neben den Investitionen (siehe Kapitel 5.3.5) sind zur Erreichung der verkehrlichen und energetischen Wirkungen der Klimaschutzszenarien weitere Staatsausgaben notwendig, die in der Referenzentwicklung von geringerer Bedeutung sind. Diese sind vor allem zur Daseinsvorsorge mit ÖPNV (siehe Kapitel 5.2.2.1, konstanter Kostendeckungsgrad) zu erwarten.

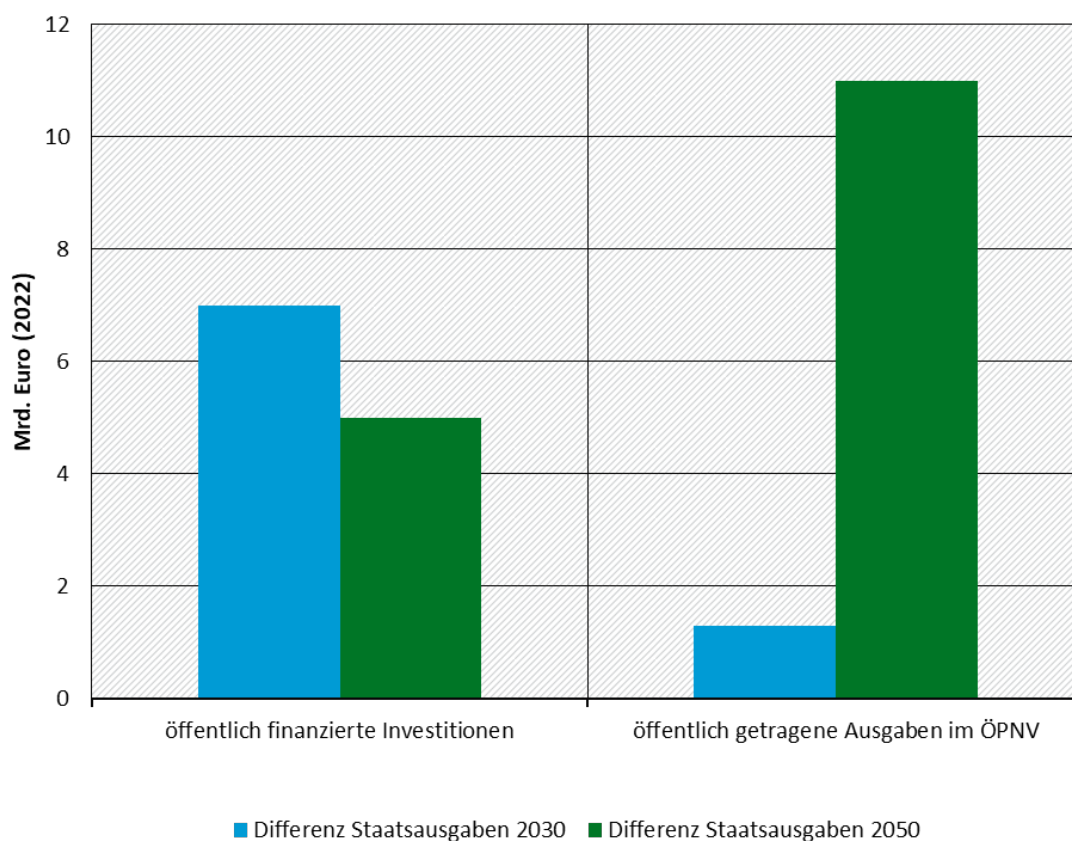
Im Vergleich zum MMS findet in den Klimaschutzszenarien eine stärkere Verlagerung vom MIV auf den ÖV statt, was in Anbetracht des angenommenen Kostendeckungsgrads und der größeren Anzahl an Personenkilometern im ÖPNV zu mehr Staatsausgaben führt, wie Abbildung 58 klar illustriert. Basierend auf der erhöhten Nutzung des ÖPNV in den Klimaschutzszenarien und dem Kostendeckungsgrad ergibt sich ein zusätzlicher Finanzierungsbedarf relativ zum MMS von rund 1,5 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030 und von rund 12 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050. Potenzielle Auswirkungen eines Deutschlandtickets oder andere Auswirkungen auf den Kostendeckungsgrad (geringere Einnahmen, eventuell höhere Kosten) sind dabei noch nicht berücksichtigt (siehe den folgenden Exkurs).

Exkurs: Was wäre, wenn – Kostendeckungsgrad im ÖPNV

Der Kostendeckungsgrad verändert sich:

Der Kostendeckungsgrad wird über den ganzen Betrachtungszeitraum als konstant angenommen. Das ist eine optimistische Schätzung, die keines Falls gesichert eintreten wird. So wirken sich verschiedene Maßnahmen der Klimaschutzszenarien auf die Kosten, aber auch Erlöse des ÖPNV aus. Abhängig davon, wie die erhöhte Nachfrage die Kosten trägt (über von der öffentlichen Hand stark geförderte Maßnahmen wie z. B. das Deutschlandticket oder privat finanziert durch Ticketverkäufe), kann der Kostendeckungsgrad im ÖPNV in der Tendenz eher zurück gehen oder auch steigen. Gleiches gilt für den Ausbau des ÖV-Netzes im Nahverkehr, der aufgrund von höheren Unterhaltskosten den Kostendruck auf die Verkehrsunternehmen im ÖPNV erhöht. Gleichzeitig erhöht eine bessere Auslastung durch den Mehrverkehr wiederum die Kostendeckung. Je nach Ausprägung dieser verschiedenen Effekte kann sich der Kostendeckungsgrad verändern, mit direkten Wirkungen auf die Staatsausgaben bzw. den Staatshaushalt.

Abbildung 58: Differenz der Staatsausgaben zwischen den Klimaschutzszenarien und MMS im Jahr 2030 bzw. 2050 (Euro 2022)



Positive Werte zeigen Mehrausgaben relativ zum MMS. Negative Werte zeigen Minderausgaben zum MMS.
Quelle: Eigene Berechnungen

5.3.6.3 Einordnung des Haushaltssaldo in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS

Die Darstellung der Veränderung der staatlichen Einnahmen und Ausgaben in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS ist in Abbildung 57 und Abbildung 58 zu sehen. Sie zeigt einerseits die Veränderung der Staatseinnahmen im Jahr 2030 und 2050 im Vergleich zum MMS

sowie die Veränderungen der öffentlich finanzierten Investitionen und bei den Ausgaben für die Bereitstellung des ÖPNV.

In den Klimaschutzszenarien wird sowohl für 2030 als auch 2050 mehr Geld durch die öffentliche Hand eingenommen als im MMS. Gleichzeitig sind aber auch höhere Ausgaben notwendig. Bei der Gegenüberstellung der Einnahmen und Ausgaben wird ersichtlich, dass in den Klimaschutzszenarien, wie im MMS für das Stichjahr 2030, keine Finanzierungslücke besteht und der Einnahmenüberschuss gegenüber dem MMS sogar noch rund 5 Mrd. Euro₂₀₂₂ höher ist. Der Einnahmenüberschuss würde somit eine Rückverteilung an die Haushalte ermöglichen, die die unerwünschten sozialen Wirkungen aus Kapitel 4 reduzieren würden (siehe folgende Seite 170 den Exkurs: „Was wäre, wenn – Rückverteilung gewisser Einnahmen der öffentlichen Hand“ für Diskussion). Für das Jahr 2050 reduziert sich das positive staatliche Haushaltssaldo in den Klimaschutzszenarien aufgrund der erhöhten Ausgaben für den ÖPNV hingegen stark und liegt nur noch bei rund 4,5 Mrd. Euro₂₀₂₂.

Wie genau die notwendigen Investitionen letztlich finanziert werden, beeinflusst die finale gesamtwirtschaftliche Beurteilung der Klimaschutzszenarien ebenfalls. Im Gegensatz zum MMS erübrigt sich die Frage der Finanzierung in den Klimaschutzszenarien grundsätzlich, sofern alle Staatseinnahmen auch direkt für die Staatsausgaben zu verwenden sind. Für den Fall von zusätzlichen Finanzierungslücken gibt es verschiedene Optionen, die bereits im MMS diskutiert wurden: Es wäre wiederum ein höherer Anteil der privaten Finanzierung von kleineren Investitionsprojekten (wie den Ladestationen oder kleinflächigere PV-Projekte) aufgrund geringerer Ausgaben für Energieimporte möglich und letztlich auch erstrebenswert. Dies erfordert entsprechende Rahmenbedingungen, damit Anreize für die Marktakteure bestehen, sich über die Jahre vermehrt an den anstehenden Investitionen zu beteiligen.

5.3.7 Auswirkungen auf privaten Konsum

Die Auswirkungen der Klimaschutzszenarien auf die Haushalte gegenüber der Referenzentwicklung sind grundsätzlich von folgenden Faktoren abhängig:

- ▶ Veränderung der (Verkehrs-)Ausgaben (Bruttoeinkommenseffekt): die Wirkung der Maßnahmen auf die Haushaltsausgaben, speziell für MIV und den ÖV,
- ▶ Steuern und (Lenkungs-)Abgaben: inwiefern durch die Maßnahmen neue Steuern oder Abgaben auf Konsumgütern erhoben werden,
- ▶ Steuerfinanzierung öffentlicher Haushalt: inwiefern sich die fiskalische Belastung künftig ändert und
- ▶ Rückverteilung: inwiefern gewisse erhobene Abgaben rückverteilt werden können.

Unabhängig von der Abgaben- und Steuerbelastung der Haushalte und einer allfälligen Rückverteilung ist die Wirkung auf den privaten Konsum und damit der Bruttoeinkommenseffekt wie folgt einzuschätzen:

- ▶ **MIV:** Es kommt in den Klimaschutzszenarien zu deutlich weniger Ausgaben für fossile Kraftstoffe, da viel weniger Fahrzeuge mit fossilen Antrieben gefahren werden. Im Vergleich zum MMS liegen die Ausgaben im Jahr 2030 15 % tiefer bei rund 2,2 Mrd. Euro₂₀₂₂, mit entsprechend positivem Einfluss auf den Einkommenssaldo der Haushalte. Bis 2050 sinken die Ausgaben sowohl in den Klimaschutzszenarien und dem MMS noch weiter und liegen je unter 0,5 Mrd. Euro₂₀₂₂. Das bedeutet jedoch gleichzeitig, dass die Haushalte zu relevanteren Stromkonsumenten werden, was sich auch in dementsprechend hohen Ausgaben für

Elektrizität niederschlägt. Ebenso ist mit niedrigeren Ausgaben für Reparatur und Service von Fahrzeugen zu rechnen, da Elektrofahrzeuge billiger im Unterhalt sind. Die Brutto-Ausgaben (ohne Steuern und Abgaben) der Haushalte sinken in den Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS, da der MIV in den Klimaschutzszenarien absolut an Bedeutung verliert.

- **ÖV:** Der verstärkte Modal-Shift vom MIV hin zum ÖV in den Klimaschutzszenarien hat jedoch auch zur Folge, dass die Haushalte mehr für den öffentlichen Verkehr ausgeben als dies im MMS der Fall war. Insgesamt steigen die Ausgaben unter gegebenen Annahmen um rund 20 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Vergleich zum MMS.⁶¹

In der Summe steigen in den Klimaschutzszenarien die Brutto-Ausgaben der Haushalte für Konsumgüter demnach mehr als im MMS. Die Maßnahmen der Klimaschutzszenarien bringen außerdem auch höhere Abgabe- und Steuerbelastungen für die Haushalte als im MMS mit sich. Das hat zur Folge, dass auch das verfügbare Einkommen (Netto-Betrachtung) der Klimaschutzszenarien tiefer liegt als im MMS. Das deckt sich mit der Verteilungsanalyse aus Kapitel 4.

Gleichzeitig besteht jedoch aufgrund höherer Staatseinnahmen in den Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS kein zustekätzlicher Finanzierungsbedarf, der nicht durch erhobene Einnahmen gedeckt werden kann. So übersteigen sowohl für 2030 als auch für 2050 die Staatseinnahmen die nötigen Ausgaben und es können alle öffentlichen Ausgaben finanziert werden. Weitere Belastungen für das Haushaltsbudget sind daher von den Klimaschutzszenarien nicht zu erwarten.

Final lässt sich demnach sagen, dass in den Klimaschutzszenarien relativ zum MMS der Bruttoeinkommenseffekt für die Haushalte negativ ist, und zwar weniger für Kraftstoffe und MIV, aber viel mehr für ÖV ausgegeben wird. Diese Differenz steigt durch den Einbezug von Steuern und Abgaben zusätzlich an, weshalb dadurch die Haushalte in den Klimaschutzszenarien schlechter dastehen als in der Referenzentwicklung. Dies könnte grundsätzlich durch eine Rückverteilung abgeschwächt werden. Dies findet in diesen Szenarien jedoch nicht statt (siehe folgenden Exkurs).

Exkurs: Was wäre, wenn – Rückverteilung gewisser Einnahmen der öffentlichen Hand

100 % Rückverteilung der Einnahmen durch die CO₂-Bepreisung

Die Erkenntnisse der Analyse der Verteilungswirkung in Kapitel 4 haben gezeigt, dass die Maßnahmen der Klimaschutzszenarien die Haushalte unterschiedlich belasten. Insbesondere einkommensschwache Haushalte werden disproportional stark durch die Verkehrswende betroffen sein. Um Haushalte tieferer Einkommensschichten während der Transformation hin zu weniger und elektrifiziertem MIV sowie mehr ÖV zu unterstützen, könnten staatlichen Einnahmen an die Bevölkerung rückverteilt werden.

Der Hauptteil der staatlichen Einnahmen kommt entweder durch Steuern zu Stande, die nicht direkt rückverteilt werden dürfen oder durch Gebühren wie die Lkw- oder Pkw-Maut. Eine direkte Rückverteilung käme daher hauptsächlich bei den Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung im Rahmen des BEHG (später ETS II) in Frage. Insgesamt werden im SHS im Jahr 2030 rund 7,5 Mrd. Euro₂₀₂₂ durch die CO₂-Bepreisung eingenommen und damit knapp 2 Mrd. Euro₂₀₂₂ mehr als im MMS. Im

⁶¹ Diese zusätzlichen Ausgaben sind nicht notwendigerweise von den ÖV-Nutzer*innen zu tragen, sondern können auch über Konzepte zur Nicht-Nutzer*innen-Finanzierung des ÖV (z. B. Arbeitgeberfinanzierung, Drittnutzerfinanzierung durch MIV-Nutzer*innen) getragen werden.

VHS ist die Differenz nochmals 5 Mrd. Euro₂₀₂₂ größer. Höhere Staatseinnahmen könnten jedoch dazu genutzt werden, über Fördermechanismen bestimmte gesellschaftliche Gruppen beim Umstieg auf klimafreundliche Technologien finanziell zu unterstützen. Dementsprechend ließe sich in den Klimaschutzszenarien durch eine Rückverteilung die disproportionale Belastung der einkommensschwachen Haushalte lindern, während das im MMS aufgrund der fehlenden Einnahmen nicht möglich wäre. Durch den Einnahmenüberschuss in den Klimaschutzszenarien wäre zudem eine 100 % Rückverteilung möglich, ohne dabei die Finanzierung von notwendiger Infrastrukturinvestitionen oder Ausgaben für den ÖPNV zu gefährden. Ebenso wären durch das zusätzliche Einkommen eine Konsumwirkung und entsprechend positive Effekte für die Hersteller von Konsumgütern die Folge.

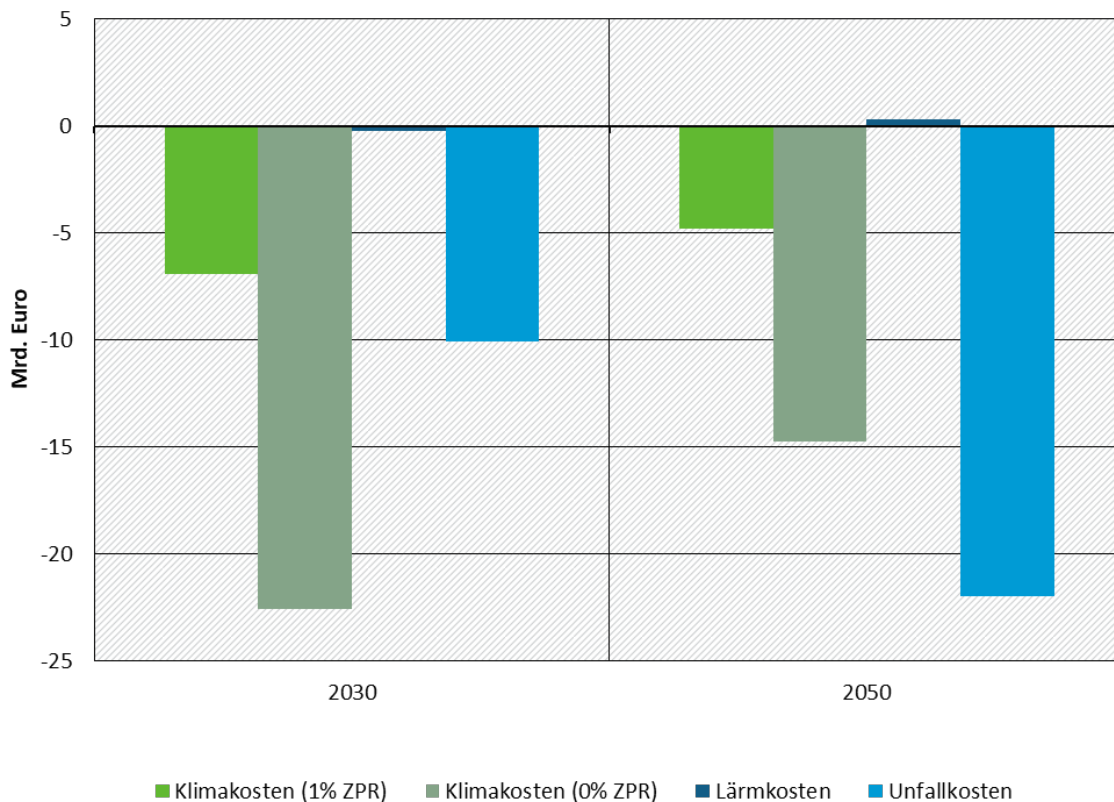
5.3.8 Analyse ausgewählter Umwelt- und Unfallkosten

Die Instrumente der Klimaschutzszenarien wirken sich zum einen auf die verschiedenen Branchen, den Konsum und die Beschäftigung aus und führen somit zu anderen volkswirtschaftlichen Zuständen als im MMS. Es resultiert dadurch auch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen, die maßgeblich durch die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte und die Verlagerung zwischen den Verkehrsträgern verursacht wird. Letzteres verändert zudem die Lärmemissionen und die Anzahl Unfälle im Verkehr.

Diese Aspekte lassen sich monetarisieren und als externe Kosten zusammenfassen. Sie beschreiben die Kosten, die nicht durch die Verursachenden der Verkehrsaktivität gedeckt werden und entstehen als Differenz zwischen den verursachten Kosten und dem für die Verkehrsaktivität bezahlten Preis. Diese Kosten sind nicht im BIP enthalten, womit ein Vergleich der Szenarien nur anhand des BIP ein unvollständiges Bild liefert. Daher wird berechnet, wie sich die Klimakosten (Veränderung der Treibhausgasemissionen), die Lärmkosten und die Unfallkosten durch die Klimaschutzszenarien relativ zum MMS verändern.

Der Vergleich der Klimaschutzszenarien mit dem MMS zeigt, dass die Klimaschutzszenarien zu signifikant tieferen Umwelt- und Unfallkosten führen. Abbildung 59 zeigt, wie sich diese Differenz zum MMS am Beispiel vom SHS für das Jahr 2030 und 2050 zusammensetzt. Im Falle der Klimakosten durch Treibhausgasemissionen werden die Resultate sowohl für eine 0 % und eine 1 % reine Zeitpräferenzrate dargestellt.

Abbildung 59: Veränderung ausgewählter Umwelt- und Unfallkosten im Politikscenario SHS relativ zum MMS



Quelle: Eigene Berechnungen

Insgesamt sparen die Klimaschutzenszenarien, abhängig von der gewählten Zeitpräferenzrate, rund 20-40 Mrd. Euro pro Jahr an Umwelt- und Unfallkosten gegenüber dem MMS ein. Da der Fokus auf drei Kostenkategorien lag, unterschätzt dies die effektiven Einsparungen zudem. Mit den Klima- und Unfallkosten sind aber die bedeutendsten Kosten berücksichtigt. Es ist deutlich erkennbar, dass die Reduktion der Klima- und Unfallkosten jeweils am stärksten zur Reduktion der Kosten beitragen. Die Gründe dafür liegen in der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte, weil dadurch die THG-Emissionen (CO_{2eq}) sinken. Durch den Rückgang der Verkehrsleistung im MIV sind auch weniger Unfälle zu erwarten. Während diese Umstände also zu tieferen Umwelt- und Unfallkosten in den Klimaschutzenszenarien führen, zeigt Abbildung 59 jedoch auch, dass hinsichtlich der Lärmkosten leicht höhere Werte als im MMS zu erwarten sind, da die Zunahme des ÖV und des GV auch mit mehr Lärmemissionen einhergeht und diese nicht durch den Rückgang der Lärmemissionen im Straßenverkehr kompensiert werden. In Summe sind diese Effekte jedoch sehr klein.

5.4 Einordnung der Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Analyse

Die volkswirtschaftliche Analyse der beiden Klimaschutzenszenarien SHS und VHS sowie der Referenzentwicklung MMS hat gezeigt, dass die Verkehrswende deutliche Veränderungen für Teile der deutschen Volkswirtschaft mit sich bringt. Gleichzeitig sind die Unterschiede zwischen den Klimaschutzenszenarien und dem MMS insgesamt als gering positiv zu bewerten.

Das Maßnahmenpaket des MMS wirkt sich vor allem auf die Verkehrswirtschaft (ÖPNV und Güterverkehr) sowie auf die Automobilwirtschaft aus. Die Branchen des öffentlichen Verkehrs profitieren bis 2030 insbesondere vom maßnahmenbedingtem Aufschwung des öffentlichen

Verkehrs. Die Automobilwirtschaft steht vor einer grundlegenden Transformation mit hohen Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverlusten in den Branchen, die Fahrzeuge mit fossilen Antrieben herstellen sowie in wichtigen Zulieferbranchen. Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte führt zu einem Boom in der Elektrofahrzeugindustrie und steigender Beschäftigung und Wertschöpfung. Die Maßnahmen des MMS erfordern jedoch erhebliche Investitionen (positive Effekte für Anlagegüterhersteller), die die zusätzlichen Einnahmen aus dem MMS übersteigen, so dass eine Finanzierungslücke entsteht.

Die Maßnahmenpakete der Klimaschutzszenarien erreichen die Treibhausgasneutralität des Verkehrs im Jahr 2045 und schaffen eine grundlegende Transformation des Verkehrs mit leicht positiven gesamtwirtschaftlichen Effekten im Vergleich zur MMS (<1 % BIP im Jahr 2050). Die Veränderung der Gesamtbeschäftigung liegt in der gleichen Größenordnung wie in der Referenzentwicklung und ist aufgrund der demographischen Entwicklung ebenfalls rückläufig. Die Beschäftigungswirkung der Maßnahmenpakete der Klimaschutzszenarien ist jedoch im Vergleich zum MMS positiv und es sind mehr Personen erwerbstätig. Für die überwiegende Zahl der Branchen ergeben sich keine relevanten Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS, da ambitioniertere oder neue Maßnahmen der Klimaschutzszenarien nur einzelne Teile der Wirtschaft direkt oder indirekt betreffen. Die relevanten Unterschiede sind im Folgenden zusammengefasst:

- ▶ In den Branchen des öffentlichen Verkehrs sind sowohl bei der Wertschöpfung als auch bei der Beschäftigung die größten Unterschiede zur Referenzentwicklung (+ 17,6 Mrd. Euro₂₀₂₂ und +150'000 VZÄ im Jahr 2050) festzustellen. So profitieren sowohl der Fernverkehr als auch der ÖPNV stark von der Verkehrsverlagerung vom MIV auf den ÖPNV, die sich insbesondere nach 2030 einstellt. Der Ausbau des Schienennetzes (z. B. durch die Umsetzung des Deutschlandtaktes) stärkt die Wirtschaftsleistung im SPNV wie auch im Schienengüterverkehr.

Die schnellere und stärkere Elektrifizierung der Fahrzeugflotte in den Klimaschutzszenarien führt zu einer stärkeren Verlagerung von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Automobilwirtschaft bereits vor 2030. Mehr Elektrofahrzeuge bedeuten weniger Wertschöpfung und Beschäftigung in der fossilen Fahrzeugherstellung als in der Referenzentwicklung (- 18 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030 und - 1 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050). Diese Verluste können unter den getroffenen Annahmen sowohl bei der Beschäftigung als auch bei der Wertschöpfung durch die Herstellung von Elektrofahrzeugen kompensiert werden (+ 21 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2030 und + 3.5 Mrd. Euro₂₀₂₂ im Jahr 2050 relativ zum MMS). Höhere Nutzungskosten der E-Fahrzeuge durch die Pkw-Maut dämpfen bis 2050 die zusätzliche Nachfrage nach MIV.

Das jährliche Wirtschaftswachstum der Elektrofahrzeugbranche in den Klimaschutzszenarien flacht im Vergleich zur Phase bis 2030 gegen Ende der Betrachtungsperiode wieder etwas ab. Die Wertschöpfung dieser Branche liegt im Jahr 2050 aber nach wie vor höher als im MMS. Die Annahmen gehen von einer optimistischen Entwicklung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie aus, die über den gesamten Betrachtungszeitraum gehalten werden kann. Um die Wertschöpfungs- und Beschäftigungsverluste in der Automobilwirtschaft im weiteren Sinne (Handel, Reparatur und Service) zu kompensieren, müssen sich zudem neue Branchen wie eine lokale Batterieproduktion etablieren.

- ▶ Die Maßnahmenpakete des SHS und des VHS führen im Vergleich zum MMS zu höheren und schnelleren Investitionen. So muss der Investitionshochlauf im Bereich der

Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge und der Strominfrastruktur schneller und umfassender erfolgen. Diese werden auch in den Klimaschutzszenarien hauptsächlich privat finanziert. Ebenso ist der Ausbau des Schienennetzes ambitionierter und führt zur Umsetzung des Deutschlandtakts bis 2040. Dies führt in den Klimaschutzszenarien zu höheren Staatsausgaben, da Schieneninfrastrukturprojekte öffentlich finanziert werden. Mehrausgaben ergeben sich auch durch die stärkere Nutzung des ÖPNV bzw. dessen Ausbau (bei unvollständiger Kostendeckung), insbesondere gegen Ende des Betrachtungszeitraums.

- ▶ Die fiskalischen Maßnahmen der Klimaschutzszenarien führen aber auch zu deutlichen Mehreinnahmen für die öffentlichen Haushalte. Insbesondere die Pkw-Maut führt bis 2050 zu einem konstanten Einnahmefluss, der es ermöglicht, die im SHS und VHS notwendigen zusätzlichen Staatsausgaben zu decken. Im Vergleich zum MMS ergibt sich weder für das Jahr 2030 noch für das Jahr 2050 eine Finanzierungslücke und es besteht stets ein Einnahmeüberschuss. Es sind also keine zusätzlichen Steuern für die Haushalte notwendig. Dies ist auch deshalb wichtig, weil die verschiedenen Abgaben der Klimaschutzszenarien auf den MIV zu einer Mehrbelastung der Haushalte führen (siehe Kapitel 4). Eine gezielte Rückverteilung könnte hier Abhilfe schaffen, auf eine solche Analyse wurde hier jedoch verzichtet.
- ▶ Die Unterschiede in der zeitlichen Umsetzung der Maßnahmen in den beiden Szenarien wirken sich auf die volkswirtschaftliche Betrachtung für die Jahre 2030 und 2050 kaum aus, die ökonomischen Unterschiede sind vernachlässigbar. Aus volkswirtschaftlicher Sicht führt die verzögerte Umsetzung im VHS zwar zu stärkeren preislichen Instrumenten. Deren Wirkung wird aber durch eine entsprechende Lenkung des Konsums rasch wieder abgeschwächt, so dass sich Wirtschaftsleistung, Staatshaushalt und privater Konsum in den Klimaschutzszenarien für die beiden Analysejahre nur marginal unterscheiden.

Zusammenfassend lässt sich zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen der Klimaschutzszenarien sagen, dass sowohl beim SHS als auch beim VHS der Schwerpunkt noch stärker als im MMS auf der Förderung des ÖV und des Antriebwechsels liegt, was sich auf positiv auf die Gesamtwirtschaft auswirkt. Diese positiven Aspekte verstärken sich noch, wenn die Veränderung der externen Kosten in den Klimaschutzszenarien in Bezug auf den MIV berücksichtigt und monetarisiert werden. Die Durchdringung mit Elektrofahrzeugen und die Verlagerung vom MIV auf den ÖV führen zu signifikanten Einsparungen bei den externen Kosten durch Klimaschäden und Unfälle.

Die ÖV-Förderung ist finanzpolitisch bis 2050 nicht nachhaltig, da sie eher staatliche Finanzierung erfordert und der Betrieb nicht kostendeckend ist. Da es sich aber um eine Daseinsvorsorge handelt, müssen für einen ausgeglichenen öffentlichen Haushalt die steigenden Staatsausgaben entsprechend gedeckt werden. Währenddessen kann die Antriebsförderung besser/eher durch die jeweiligen Branchen erfolgen als die ÖV-Förderung. Die öffentliche Hand muss aber die richtigen Rahmenbedingungen und Regulierungen setzen. Um in beiden Klimaschutzszenarien volkswirtschaftlich positive Zustände zu erreichen, spielt die Entwicklung der Fahrzeugproduktion (und der damit verbundenen Zulieferbranchen) in Deutschland während und nach der Verkehrswende eine entscheidende Rolle. Der Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilwirtschaft ist dafür elementar.

6 Schlussfolgerungen

In dieser Studie werden zwei Klimaschutzszenarien entwickelt, die sich vor allem in dem Zeitpunkt, zu dem ambitionierte Klimapolitik im Verkehrssektor startet und wirksam wird, unterscheiden (siehe Kapitel 3.3). Im Szenario „Sofortiges Handeln“ (SHS) ist ein politisches Handeln hinterlegt, welches Klimaschutzinstrumente im Verkehrssektor bereits kurzfristig ab dem Jahr 2024 wirksam werden lässt. Im Gegensatz dazu steht das Szenario „Verzögertes Handeln“ (VHS), in dem die Klimaschutzinstrumente erst verzögert in den Folgejahren nach 2024 wirksam werden (zumeist ab den Jahren 2026 bzw. 2027). Zielgröße für beide Szenarien ist dabei, mindestens das Verkehrssektor-Ziel des KSG für das Jahr 2030 einzuhalten (85 Millionen Tonnen CO₂-Äq.) und nach dem Jahr 2030 mögliche Zielverfehlungen des THG-Budgets des KSG für den Zeitraum bis zum Jahr 2030 zeitnah wieder auszugleichen. Ab dem Jahr 2045 sollen beide Szenarien auch das Ziel des KSG der Treibhausgasneutralität einhalten, so dass ab dem Jahr 2045 keine THG-Emissionen im Verkehrssektor mehr anfallen.

Die beiden Szenarien bauen auf den Rechnungen des Mit-Maßnahmen-Szenarios (MMS) des Projektionsberichts 2023 der Bundesregierung auf (BReg 2023b). Sie bilden die Grundlage für eine Analyse der erreichten THG-Emissionsreduktion sowie der ökonomischen Verteilungswirkungen und der volkswirtschaftlichen Effekte ambitionierter Verkehrspolitik. Schlussfolgerungen hinsichtlich dieser drei Analysedimensionen sind im Folgenden zusammengefasst.

6.1 Klimaschutzwirkung in ambitionierten Klimaschutzszenarien

Beide Klimaschutzszenarien in dieser Studie halten die Sektorziele des Verkehrs im KSG bis zum Jahr 2030 hinsichtlich des THG-Emissionsbudgets nicht ein (siehe Kapitel 3.4.4). Bis zum Jahr 2030 wird jedoch in beiden Szenarien eine strukturelle Trendwende im Verkehrssektor erreicht, die die Grundlage dafür bildet, dass der Verkehrssektor ab Mitte bis Ende der 2020er Jahre kontinuierlich im erheblichen Maßstab die THG-Emissionen von Jahr zu Jahr reduziert. Bei ambitionierter Klimapolitik ist es so möglich, dass das THG-Emissionsbudget des Verkehrssektors je nach Szenario bereits ab dem Jahr 2033 bzw. 2037 die bis zum Jahr 2030 zu viel ausgestoßenen THG-Emissionen wieder ausgleicht.⁶²

In beiden Klimaschutzszenarien verbleiben die THG-Emissionen auch, nachdem das THG-Emissionsbudget im Jahr 2033 bzw. 2037 wieder ausgeglichen ist, unter der linearen THG-Emissionsminderungstrajektorie für die im KSG festgeschriebenen Emissionsminderungsziele (Verminderung um 88 % in 2040; Treibhausgasneutralität in 2045). Der Verkehrssektor kann also durch die vergleichsweise schnelle Transformation der Fahrzeugbestände im Straßenverkehr und der damit verbundenen Möglichkeiten, schnell die THG-Emissionen zu reduzieren, vom „Problemfall“ für den Klimaschutz langfristig zu einem Sektor werden, der potenzielle Zielverfehlungen für den Klimaschutz in anderen Sektoren ausgleichen kann. Voraussetzung dafür ist – wie diese Studie zeigt – eine ambitionierte Klimaschutzpolitik im Verkehrssektor, die die unter anderem notwendige Transformation der Fahrzeugbestände möglichst zeitnah vollzieht. Die Bereitstellung von verbesserten Verkehrsalternativen und Verkehrsinfrastrukturen für die mögliche Verkehrsverlagerung auf klimafreundliche Verkehrsträger wie dem Schienenverkehr und dem öffentlichen Verkehr ist die Voraussetzung dafür, dass mögliche Preisinstrumente für den Klimaschutz ihre Wirksamkeit überhaupt erst entfalten können.

⁶² Als Referenz wurde eine lineare Reduktion der Emissionsziele des Verkehrs im Klimaschutzgesetz von 85 auf 20 Millionen Tonnen in 2040 (-88 % gegenüber 1990) und eine weitere lineare Reduktion auf 0 Millionen Tonnen im Jahr 2045 angenommen.

Ohne die verkehrliche und antriebsseitige Trendwende in den beiden Klimaschutzszenarien würde der Verkehrssektor – wie beispielsweise im Projektionsbericht 2023 sichtbar (BReg 2023b)– auch nach dem Jahr 2030 seine THG-Emissionsminderungsziele stark verfehlen. Der Druck für die Zielübererfüllung in den anderen Sektoren würde sich dadurch also stark erhöhen. Inwieweit andere Sektoren wie der Industriesektor und die Wärmeversorgung der Gebäude und des Gewerbes dazu in der Lage sind, die nicht erreichte THG-Emissionsminderung des Verkehrssektors auszugleichen, ist fraglich. Auch diese Sektoren erreichen mit den zur Zeit der Erstellung des Berichts gültigen Politiken nicht die im KSG geforderte THG-Emissionsreduktion (BReg 2023b). Die dargestellten Szenarien und die Entwicklungen der THG-Emissionen im Verkehrssektor sind also, unabhängig von Sektoraufteilungen, zielführend für die Klimaschutzbemühungen Deutschlands. Sie stellen die Treibhausgasneutralität t im Jahr 2045 sicher und weisen für den Verkehrssektor einen Weg auf, wie das THG-Emissionsbudget des KSG für die Entwicklung zu einer treibhausgasneutralen Gesellschaft eingehalten werden kann.

Die Voraussetzung für eine frühzeitige Trendwende des THG-Emissionsausstoßes des Verkehrssektors ist eine Trendwende der Klimaschutzpolitik im Verkehrssektor (siehe Kapitel 3.5). Wie die beiden Zielszenarien dieser Studie zeigen, ist dabei eine Anpassung der Klimapolitik mit Instrumenten aller Instrumententypen zielführend: Ökonomische Anreize über ein angepasstes Steuer- und Abgabensystem (inklusive Fördermittel für den Transformationsanschub) müssen genauso gesetzt werden wie auch ordnungsrechtliche Instrumente beibehalten (z. B. CO₂-Flottenzielwerte) bzw. verschärft oder neu eingeführt werden müssen (z. B. flächendeckendes Tempolimit auf Autobahnen und Reduktion des Tempolimits außerorts). Unabdingbar ist auch eine klimaschutzorientierte Ausgestaltung der verkehrlichen und der Energieinfrastrukturen für den Verkehrssektor, die eine Grundvoraussetzung für die Verlagerung auf den Umweltverbund aus öffentlichen Verkehren und dem Rad- und Fußverkehr sowie die Nutzung der neuen emissionsfreien Antriebstechnologien sind. Rechtliche Rahmenbedingungen für die schnelle Transformation sind, wie auch ausreichend finanzielle Mittel, die Voraussetzung für die notwendige Anpassung der Infrastrukturen.

Es wird deutlich, dass graduelle Anpassungen der Klimaschutzinstrumente nicht mehr ausreichen, um die Klimaschutzziele im Verkehr zu erreichen. Es müssen auch neue Instrumente geschaffen bzw. bestehende Instrumente angepasst und deutlich ambitionierter ausgestaltet werden.

Neben diesen allgemeinen Aussagen können aus dem Vergleich der beiden Szenarien weitere Schlüsse gezogen werden:

- ▶ Das sofortige Handeln mit Instrumenten, die sofort (ab dem Jahr 2024) eine Wirkung entfalten, ermöglicht längere Übergangsphasen bei der Einführung der Instrumente, sodass diese weniger stark ausgestaltet sein können. Beispiele dafür sind die längere Einführungsphase bei der Überarbeitung der Kfz-Steuer (CO₂-Emissionskomponente für die Besteuerung im 1. Jahr nach der Neuzulassung) sowie der niedrigere CO₂-Preis im SHS im Vergleich zum VHS. Andersherum lässt sich festhalten, dass je später das Handeln stattfindet bzw. je später die Instrumente wirksam werden, desto stärker die Politikinstrumente ausgestaltet sein müssen. Das Verzögern von Klimaschutzinstrumenten im Verkehrssektor oder gar das Weglassen kurzfristig wirksamer Instrumente wie beispielsweise des Tempolimits führen also langfristig zur Notwendigkeit, immer schärfere Instrumente einzusetzen, wenn die THG-Emissionen im Verkehrssektor im gezeigten Maßstab sinken sollen. Das zunächst niedrigere THG-Emissionsminderungsniveau kann so aber annähernd

ausgeglichen werden und es werden langfristige ähnliche jährliche THG-Emissionswerte erreicht.

- ▶ Wenn die Politikinstrumente – wie in den beiden Szenarien dieser Studie – langfristig annähernd gleich ausgestaltet sind, nähern sich die Entwicklungen und damit auch die THG-Emissionen der Szenarien langfristig auch an. Es bleiben jedoch weiterhin kleinere Unterschiede bestehen, die sich durch den leicht verspäteten Bestandsaufbau der emissionsfreien Technologien bzw. sich durch das Fehlen einiger Klimaschutzinstrumente im VHS (z. B. das Tempolimit) ergeben. Hinsichtlich der kumulierten THG-Emissionen stellen sich beim sofortigen Handeln daher Vorteile ein, die durch noch stärkere Klimaschutzinstrumente beim verzögerten Handeln ausgeglichen werden müssten. Über den Zeitraum 2020 – 2050 fallen im VHS beispielsweise kumuliert insgesamt 81 Millionen Tonnen mehr an CO₂-Äq. an als im SHS. Sollten diese nicht über zusätzliche und hier im Szenario nicht implementierte Instrumente ausgeglichen werden, müssten diese THG-Emissionen entweder in anderen Sektoren oder über negative Emissionen ausgeglichen werden, um auf die gleiche THG-Emissionsbilanz zu kommen. Das verzögerte Handeln in der Klimapolitik im Verkehrssektor führt also auch langfristig zu einer nachteiligen Klimabilanz dieses Szenarios im Vergleich zu einer Klimapolitik, die möglichst zeitnah wirksam wird.

Unabhängig vom Vergleich der Szenarien zeigt sich in beiden, dass eine zielgerichtete Klimapolitik mit ambitionierten Instrumenten im Verkehrssektor notwendig ist, um die Klimaschutzziele zu erreichen. Ob CO₂-Preise in der gezeigten Höhe durch die Politik durchgesetzt und neue Klimaschutzinstrumente eingeführt werden, ist offen. Deutlich ist jedoch, dass auch auf nationaler – und nicht wie bisher vor allem auf europäischer Ebene – Klimaschutzinstrumente ambitioniert umgesetzt werden müssen. Nationale Politiken mit der Entscheidungshoheit in Deutschland sind also entscheidend dafür, inwieweit die THG-Emissionen im Verkehrssektor in Deutschland abgesenkt werden können und auf welchem Klimaschutzpfad sich der Verkehrssektor in Deutschland bewegt. Beispielsweise sind die Anforderungen aus den CO₂-Flottenzielwerten und der RED nicht hinreichend für die Einhaltung der Klimaschutzziele des KSG und der deutschen Verpflichtungen im Rahmen der EU-Klimaschutzverordnung.

Die Spielräume, die die europäischen Richtlinien der Klimaschutzpolitik vorgeben und ermöglichen, müssen auf nationaler Ebene also möglichst mit ambitionierten nationalen Ausgestaltungen ausgeschöpft werden. Der erwartbare CO₂-Preis im ETS 2 sollte beispielsweise über eine nationale Regelung für höhere CO₂-Preise in Deutschland als jene im EU-Ausland ergänzt werden. Die Instrumentenauswahl in den beiden Szenarien macht auch deutlich, dass das nationale Steuer- und Abgabensystem im Verkehrssektor allgemein stärker am Klimaschutz und an den Kostenstrukturen der Zukunftstechnologien⁶³ ausgerichtet werden sollte. So kann ein Anreiz für den Erwerb klimafreundlicher Technologien gesetzt werden und die zusätzlichen Einnahmen können so teilweise für klimafreundlichere Verkehrsangebote und -infrastrukturen zur Verfügung gestellt werden.

Grundlage der Analysen sind die Vorgaben zu den THG-Emissionsbudgets des KSG. Welche jahresscharfen Zielwerte zur THG-Emissionsminderung außerhalb der Stichjahre 2040 und 2045 gesetzt werden und inwiefern sich die Jahreszielmengen insgesamt entwickeln, ist aus heutiger Sicht offen. Für die Analysen in dieser Studie wird ein lineares Absinken des Ziels für die THG-Emissionsminderung angenommen. Die für den Klimaschutz erforderliche

⁶³ Die alternativen Antriebstechnologien weisen zumindest kurz- bis mittelfristig höhere Anschaffungspreise als verbrennungsmotorische Fahrzeuge auf und haben im Vergleich zu den jetzigen Technologien Kostenvorteile in der Nutzungsphase der Fahrzeuge.

Emissionsminderungsentwicklung für den Verkehrssektor kann durchaus ambitionierter ausfallen. Die ausreichend schnelle THG-Emissionsminderung zur Einhaltung des KSG in den übrigen Sektoren ist nicht sichergestellt. Auch weist beispielsweise ein Gutachten des Sachverständigenrat für Umwelt daraufhin, dass die THG-Emissionen in Deutschland wesentlich schneller sinken müssten, als es derzeit im KSG festgelegt ist, wenn das im Pariser Abkommen als erstrebenswerte Zielgröße festgehaltene 1,5°C-Ziel eingehalten werden soll (Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) 2022).

6.2 Ökonomische Verteilungswirkungen in ambitionierten Klimaschutzszenarien

Die Analyse der ökonomischen Verteilungseffekte für Mobilitätsausgaben in deutschen Haushalten ist konsistent zwischen den beiden Szenarien: kurz- und mittelfristig bis zum Jahr 2030 führt der Instrumentenmix in den beiden ambitionierten Klimaschutzszenarien im Durchschnitt zu zusätzlichen Belastungen für Haushalte (siehe Kapitel 4.2.4 und 4.2.5). Im Untersuchungsjahr 2025 sind die Auswirkungen noch eher gering. Im Jahr 2030 werden diese zusätzlichen Belastungen für die Haushalte jedoch sehr deutlich sichtbar und sind im VHS für das Jahr 2030 aufgrund der verzögerten Einführung und der dadurch ambitionierteren Ausgestaltung der Klimaschutzinstrumente leicht höher als im SHS. Ein Umstieg auf Nullemissionsfahrzeuge oder den Umweltverbund erfolgt nicht im ausreichenden Maß, um den Kostenanstieg fossiler Mobilitätslösungen vollständig auszugleichen. Dies trifft insbesondere auf Haushalte mit geringem Einkommen und aufgrund der längeren Fahrtdistanzen und der geringeren Verfügbarkeit von Mobilitätsalternativen noch einmal verstärkt auf Haushalte im ländlichen Raum zu.

Haushalte reagieren auf steigende Nutzungskosten mit einer Verringerung der Pkw-Fahrleistung und steigen – wenn möglich – auf andere Verkehrsmittel um oder versuchen Wege zu vermeiden (z. B. durch die Steigerung an Home-Office-Tagen). Um das Risiko für Mobilitätsarmut, d. h. für die Verringerung der sozialen Teilhabe und der gesellschaftlichen Chancengerechtigkeit durch die Kostensteigerungen vor allem für fossile Mobilität zu verringern, gilt es daher ausreichend Alternativen bereitzustellen. So sollte der Umweltverbund so gestärkt werden, dass er hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Flexibilität und Verfügbarkeit an Attraktivität gewinnt und eine in den Alltag integrierbare Alternative darstellt.

Insbesondere in größeren Städten ist der Umweltverbund ein relevanter Bestandteil der Verkehrsmittelwahl und kann mit zusätzlicher Förderung auch noch weiter ausgebaut werden. Im ländlichen Raum, in dem aufgrund der Siedlungsstruktur auch zukünftig zum Teil eine vergleichsweise hohe Abhängigkeit vom eigenen Pkw bestehen bleiben wird, ist die Attraktivitätssteigerung des Umweltverbunds ein wichtiger Teil der ökologischen und sozialen Transformation des Verkehrs. Eine ergänzende Option ist es, einkommensschwache, autoabhängige Haushalte beim Umstieg auf emissionsfreie Pkw zu unterstützen. Beim sogenannten „Social Leasing“ – wie es beispielsweise in Frankreich existiert – wird einkommensschwachen Haushalten zu vergünstigten Konditionen die Möglichkeit eröffnet, einen emissionsfreien Pkw zu leasen. Neben der Kopplung an das Haushaltsnettoeinkommen wäre ebenfalls eine Prüfung der Notwendigkeit für einen Pkw bzw. der Verfügbarkeit des Umweltverbunds möglich. Die Bereitstellung kostengünstiger und schnell verfügbarer, klimafreundlicher Mobilitätslösungen für finanziell besonders stark von der Transformation des Verkehrs betroffenen Haushalten ist von zentraler Bedeutung für die sozial gerechte Transformation hin zu einem treibhausgasneutralen Verkehrssektor und die gesellschaftliche Akzeptanz von Klimaschutz im Verkehr. Ideen und Konzepte für deren Umsetzung und Finanzierung müssen also möglichst zeitnah entwickelt werden.

Die klassische Reaktion auf steigende Kosten durch Politikmaßnahmen sind Entlastungsmaßnahmen. Der Ungleichverteilung der zusätzlichen Kosten und daraus entstehenden sozialen Härten kann, zumindest teilweise, entgegengewirkt werden, indem Rückverteilungs- und Fördermechanismen entwickelt und implementiert werden. Die in den Szenarien wirkenden Preisinstrumente führen zu zusätzlichen Einnahmen des Staates, welche dieser wieder in Form von monetären Zuwendungen oder Förderprogrammen an die Bevölkerung teilweise rückverteilen kann. Einige dieser Einnahmenströme sind jedoch nur für einen begrenzten Zeitraum verfügbar. Darunter fallen unter anderem die Einnahmen des CO₂-Malus beim Neufahrzeugkauf und der CO₂-Preis des BEHG bzw. des ETS 2. Die Einnahmen des Malus versiegen mit der Verschärfung der CO₂-Flottenzielwerte im Jahr 2035, wenn nur noch emissionsfreie Fahrzeuge neu zugelassen werden können. Die Einnahmen des CO₂-Preises gehen mit der zunehmenden Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes und der Verlagerung auf weniger klimaschädliche Verkehrsträger zurück. Zugleich gehen die finanziellen Belastungen dieser Instrumente für immer mehr Haushalte zurück.

Daher gilt es, die Einnahmen – solange diese während der Transformationsphase verfügbar und wegen der Mehrkosten auch notwendig sind – effizient zu nutzen. Rückverteilungsmechanismen sollten indes so ausgestaltet werden, dass sie langfristig für Entlastung bei Haushalten sorgen und gleichzeitig nicht der Lenkungswirkung der Klimaschutzinstrumente entgegenwirken. Der Rückzahlungsmechanismus der Pro-Kopf-Pauschale kann kurzfristig für Entlastung sorgen⁶⁴ und wird von vielen Seiten für den sozialen Ausgleich bei steigenden CO₂-Preisen favorisiert.

Dadurch werden mittelfristig auch Haushalte entlastet, die angesichts der eigenen finanziellen Möglichkeiten und durch den Umstieg auf emissionsfreie Technologien wie emissionsfreie Pkw keine Entlastung benötigen. In einer Phase der fortschreitenden Transformation, die in diesen Szenarien bis Mitte bzw. Ende der 2030er Jahre geht, ist ein Pro-Kopf-Mechanismus aller Voraussicht nach, keine effiziente Art der Entlastung von Haushalten. Vielmehr erscheint es zielführend zu sein, die zusätzlichen Mittel so einzusetzen, dass finanzielle Entlastungen und Fördermechanismen für emissionsfreie Mobilitätslösungen – wie es im Social Climate Fund der EU beispielsweise vorgesehen ist – vor allem Haushalten mit niedrigen Einkommen und weniger guter Verfügbarkeit des Umweltverbunds zugutekommen.

Dieser Ansatz ist vor allem von Bedeutung, da die Analysen in Kapitel 4 Durchschnittsbetrachtungen über die jeweiligen Einkommensgruppen darstellen. Die Verteilung der Kosten innerhalb der Einkommensgruppen fällt mitunter stark unterschiedlich aus. Auch dieser Aspekt spricht dafür, die Entlastungsleistungen – sei es durch Rückzahlungsmechanismen oder durch Förderprogramme – möglichst zielgruppengerecht auszugestalten. Ein Pro-Kopf-Mechanismus bei der (teilweisen) Rückzahlung der Einnahmen des CO₂-Preises, wie er derzeit politisch stark diskutiert wird, sollte daher aller Voraussicht nach zeitnah nach dessen Einführung in eine zielgerichtete Rückzahlung weiterentwickelt werden.

6.3 Volkswirtschaftliche Wirkungen in ambitionierten Klimaschutzszenarien

Die volkswirtschaftliche Analyse der beiden Klimaschutzszenarien SHS und VHS im Vergleich zur Referenzentwicklung MMS zeigt, dass die Klimaschutzszenarien im Vergleich zum MMS positive Auswirkungen auf die volkswirtschaftliche Gesamtentwicklung haben. Insgesamt und

⁶⁴ Im Rahmen der Einführung des CO₂-Preises und der Diskussion um ein „Klimageld“ in Deutschland als Möglichkeit des sozialen Ausgleichs haben bereits verschiedene Studien gezeigt, dass kurzfristig soziale Härten mit der Rückverteilung der Einnahmen in Form einer Pauschale abgemildert werden können (Zerzawy und Fischle 2021; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019; Kalkuhl et al. 2021.). Im Hinblick auf den ab 2027 eingeführten EU-weit gültigen ETS 2 ist jedoch offen, inwieweit eine Pro-Kopf-Pauschale den Regelungen des „Social Climate Funds“ entspricht und ob eine Pro-Kopf-Pauschale überhaupt mit den Vereinbarungen des europäischen Emissionshandels konform geht.

für weite Teile der Wirtschaft sind die Unterschiede relativ zur Referenzentwicklung aber insgesamt eher gering. Für einzelne Branchen gibt es aufgrund der Maßnahmenpakete des VHS und des SHS jedoch erhebliche Veränderungen relativ zum MMS, sowohl auf die Beschäftigung wie auch auf die Wertschöpfung.

Das Maßnahmenbündel des MMS wirkt sich vor allem auf den Verkehrssektor (ÖPNV und Güterverkehr) sowie auf den Automobilsektor aus. Die Automobilindustrie steht bereits in der Referenzentwicklung vor einem tiefgreifenden Wandel, der zu erheblichen Verlusten an Wertschöpfung und Beschäftigung in der Herstellung fossiler Fahrzeuge und in wichtigen Zulieferindustrien führen wird. Der Trend zur Elektrifizierung der Fahrzeugflotten treibt das Wachstum der Elektrofahrzeugbranche voran und führt zu signifikanten Beschäftigungs- und Wertschöpfungsgewinnen in dieser Branche. Das MMS macht erhebliche Investitionen (mit positiven Auswirkungen für die Investitionsgüterhersteller) nötig, die die zusätzlichen Staatseinnahmen für 2050 übersteigen, so dass eine Finanzierungslücke entsteht. Für 2030 liegen die Staatsausgaben unter den Staatseinnahmen.

Die Klimaschutzszenarien erreichen bis 2045 einen treibhausgasneutralen Verkehr und fördern eine grundlegende Verkehrswende mit leicht positiven volkswirtschaftlichen Effekten gegenüber dem MMS (<1 % BIP in 2050). Die Veränderungen der Gesamtbeschäftigung liegen in einer ähnlichen positiven Größenordnung. Für die meisten Sektoren ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Klimaschutzszenarien und dem MMS, da die ambitionierteren oder zusätzlichen Maßnahmen der Klimaschutzszenarien nur bestimmte Teile der Wirtschaft direkt oder indirekt betreffen.

In den meisten Wirtschaftszweigen sind die Unterschiede zwischen MMS und SHS/VHS gering. Bemerkenswert sind die Unterschiede im Automobilsektor (im Vergleich zum MMS weitgehend neutral) und im Bereich Öffentlicher Verkehr/Verkehr (im Vergleich zum MMS positiv), da sich die Unterschiede in den Maßnahmenpaketen hauptsächlich auf diese Branchen auswirken. Am deutlichsten sind die Unterschiede im Bereich des öffentlichen Verkehrs, wo sowohl die Wertschöpfung als auch die Beschäftigung gesteigert werden können. Dieses Wachstum wird vor allem nach 2030 durch eine Verkehrsverlagerung vom motorisierten Individualverkehr auf den öffentlichen Verkehr getrieben. Der Ausbau des Schienennetzes, wie z. B. die Umsetzung des Deutschlandtakts, stärkt die Leistungsfähigkeit des öffentlichen Schienenverkehrs und des Schienengüterverkehrs, was sich positiv auf die Beschäftigung und die Wirtschaftsleistung dieser Branchen im Vergleich zum MMS auswirkt.

Die beschleunigte Elektrifizierung der Fahrzeugflotte in den Klimaschutzszenarien führt zu früheren und stärkeren Verschiebungen von Wertschöpfung und Beschäftigung in der Automobilindustrie. Mehr Elektrofahrzeuge bedeuten im Vergleich zur Referenzentwicklung weniger Wertschöpfung und Beschäftigung in der fossilen Fahrzeugproduktion und mehr Nachfrage und Produktion von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben. Nach dem Boom der Elektrofahrzeugbranche bis 2030 flacht das Wirtschaftswachstum bis 2050 dann wieder etwas ab und die Unterschiede zwischen den Szenarien verringern sich bis 2050. Nichtsdestotrotz ist die Wertschöpfung der Herstellung elektrisch betriebener Fahrzeuge in den Klimaschutzszenarien höher als im MMS.

Die Klimaschutzszenarien SHS und VHS erfordern im Vergleich zu MMS höhere und schnellere Investitionen, insbesondere in die Lade- und Strominfrastruktur sowie einen ambitionierten Ausbau des Schienennetzes. Dies beeinflusst die Staatsausgaben vor allem zur Finanzierung des Ausbaus der Schieneninfrastruktur, da davon ausgegangen wird, dass die Lade- und Strominfrastruktur – abgesehen von einer Anschubfinanzierung – überwiegend privat finanziert wird, während Schieneninfrastrukturprojekte auf öffentliche Mittel angewiesen sind. Weitere

Ausgaben sind durch den Anstieg der Verkehrsleistung im ÖPNV bzw. dessen Ausbau zu erwarten, da dessen Kosten zu einem erheblichen Teil von der öffentlichen Hand getragen werden.

Gleichzeitig führen die fiskalischen Maßnahmen in den Klimaschutzszenarien aber auch zu erheblichen Mehreinnahmen für die öffentlichen Haushalte, insbesondere durch die fahrleistungsunabhängige Pkw-Maut. Damit kann ein Großteil der zusätzlichen Staatsausgaben durch entsprechende Einnahmen gedeckt werden und die Finanzierungslücke, die im MMS noch aufgetreten ist, entfällt in den beiden Klimaschutzszenarien. 2030 übersteigen die Einnahmen sogar die Ausgaben des Staates, während sie sich für 2050 die Waage halten. Dies ist auch deshalb wichtig, weil die verschiedenen Abgaben auf den motorisierten Individualverkehr zu einer Mehrbelastung der privaten Haushalte führen. Gezielte Rückverteilung und Fördermaßnahmen könnten dafür Entlastung schaffen (siehe Abschnitt 6.2).

Die zeitlichen Unterschiede in der Umsetzung der Maßnahmen zwischen SHS und VHS führen bis 2030 und 2050 zu vernachlässigbaren Unterschieden der ökonomischen Wirkungen. Aus volkswirtschaftlicher Sicht führt die verzögerte Umsetzung im VHS zwar zu stärkeren preislichen Instrumenten. Deren Wirkung wird aber durch eine entsprechende Lenkung des Konsums rasch wieder abgeschwächt, so dass sich Wirtschaftsleistung, Staatshaushalt und privater Konsum in den Klimaschutzszenarien für SHS und VHS nur marginal unterscheiden.

Sowohl das SHS als auch das VHS messen der Umgestaltung des öffentlichen und privaten Verkehrs eine höhere Bedeutung bei als das MMS, was sich positiv auf die Gesamtwirtschaft auswirkt. Diese positiven Aspekte verstärken sich noch, wenn die Veränderungen der externen Kosten in den Klimaschutzszenarien in Bezug auf den MIV berücksichtigt und monetarisiert werden. Die Durchdringung mit Elektrofahrzeugen und die Verlagerung auf den Umweltverbund führen zu signifikanten Einsparungen bei den externen Kosten durch Klimaschäden und Unfälle.

Sowohl im SHS wie im VHS stehen zusätzliche Haushaltsmittel durch die Klimaschutzinstrumente zur Verfügung. Auch aus den Diskussionen zu den ökonomischen Verteilungswirkungen ergibt sich die Frage, wofür diese Haushaltsmittel genutzt werden. Die Einnahmen sind beispielsweise ausreichend, um die Angebotssteigerung im ÖV durch diese Einnahmen zu finanzieren, sofern auf eine Rückverteilung von Einnahmen aus bestimmten Abgaben (z.B. aus der CO₂-Bepreisung) abgesehen wird. Aus sozialpolitischen Gesichtspunkten erscheint eine (teilweise) Rückzahlung der Einnahmen jedoch opportun und zielführend zu sein. Die Aufgabe der Politik und Wissenschaft wird es also sein, Konzepte zu entwickeln, wie mit den zusätzlichen Einnahmen aus den aus klimapolitischer Sicht notwendigen Politikinstrumenten zukünftig effizient umgegangen werden kann, um sowohl die klimapolitischen als auch sozial- und verkehrspolitischen Zielsetzungen zu erreichen.

Die zur Elektrifizierung der Fahrzeugflotte notwendige Infrastruktur wird dagegen eher von den entsprechenden Wirtschaftszweigen und den Konsumenten finanziert. Finanzielle staatliche Unterstützung wird dafür nur in der Startphase und ggf. bei besonderen Härten notwendig. Entscheidend für eine positive wirtschaftliche Entwicklung in beiden Klimaschutzszenarien ist die Entwicklung der Automobil- und Zulieferindustrie in Deutschland während und nach der Verkehrswende. Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Automobilindustrie spielt dabei eine zentrale Rolle. Der Staat muss jedoch entsprechende politische und regulatorische Rahmenbedingungen schaffen, damit die wertschöpfungsintensiven Produktionsprozesse (z.B. Batterieentwicklung für Elektrofahrzeuge) auch künftig in Deutschland stattfinden.

A Modellmethodik

A.1 Methodik TEMPS

Die Modellierung erfolgt mithilfe des TEMPS-Modells des Öko-Instituts⁶⁵, das bereits in früheren Projektionsberichten der Bundesregierung verwendet wurde. Dieses Modell ermöglicht die Berechnung der zukünftigen Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors unter Berücksichtigung politischer und ökonomischer Rahmenbedingungen.

Ein wesentlicher Bestandteil der TEMPS-Modellierungen ist das Neuzulassungsmodell, das die Zusammensetzung und Effizienzentwicklung zukünftiger Neuzulassungen unter gegebenen Rahmenbedingungen modelliert. Diese Rahmenbedingungen umfassen CO₂-Zielwerte für Neufahrzeuge, Anschaffungspreise von Fahrzeugen, Energiepreise, CO₂-Preise und andere Faktoren. Die Berechnung basiert auf einem Antriebswahlmodell, das unter anderem wesentlich auf die Nutzerkosten (Total Cost of Ownership, TCO) zurückgreift. Die verwendeten Nutzerdaten stammen aus Erhebungen wie "Mobilität in Deutschland" (MiD) für den privaten Kraftfahrzeugverkehr und "Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland" (KiD) für den gewerblichen Verkehr.

Die Zusammensetzung des Fahrzeugbestands (nach Antrieben und CO₂-Emissionen) wird aus den Neuzulassungen abgeleitet, indem Überlebenskurven, basierend auf dem TREMOD-Modell (Transport Emission Model), auf die Fahrzeuge angewendet werden. Die Gesamttreibhausgasemissionen des Fahrzeugbestands ergeben sich aus der zugrunde gelegten Fahrleistung, dem Fahrzeugbestand, der Energieeffizienz je Antrieb und dem Kraftstoffmix.

Die Annahmen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage basieren auf der Referenzentwicklung REF-2020 der MKS, die die politischen Rahmenbedingungen bis Ende August 2021 enthält. Für die Entwicklung der Referenzverkehrsnachfrage werden diese Entwicklungen auf Basis der Rahmendaten des Projektionsberichts 2023 aktualisiert (z. B. BIP-Entwicklung, BEHG-Preispfad) und der Trend zu mehr Homeoffice nach der Corona-Pandemie berücksichtigt. Für das Basisjahr 2022 werden das Fahrleistungsgerüst aus TREMOD und aktuelle Daten zur Verkehrsnachfrage gemäß "Verkehr in Zahlen" verwendet. Die Auswirkungen zusätzlicher Maßnahmen auf die Verkehrsnachfrage werden hauptsächlich über Preiselastizitäten abgeleitet.

Für den Personenverkehr werden empirisch abgeleitete Werte von (Hautzinger et al. 2004) herangezogen. In Bezug auf den motorisierten Individualverkehr wird eine Preiselastizität von -0,3 für Kraftstoffpreisänderungen und eine Kreuzpreiselastizität von 0,13 für den öffentlichen Verkehr angegeben. Im Güterverkehr werden Elastizitäten aus (Jong et al. 2010) verwendet. Für Änderungen der Transportkosten im Straßengüterverkehr werden in einer Literaturrecherche konsistente Elastizitäten ermittelt, die einen Wert von -0,6 in Bezug auf die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr aufweisen. Die Kreuzelastizität für andere Verkehrsträgeroptionen wird auf 0,3 geschätzt.

Der Endenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen in diesem Papier beziehen sich auf die Berichterstattung gemäß des Zentralen Systems Emissionen (ZSE). Da die Modellierung des Verkehrssektors in dieser Studie auf dem Inlandsprinzip basiert, erfolgt eine Kalibrierung anhand der Energiebilanz für das Jahr 2022.

⁶⁵ Die Beschreibung von TEMPS deckt sich an dieser Stelle mit der Methodikbeschreibung BReg 2023b

A.2 Methodikergänzung DHoT

Für die Imputation und Extrapolation fehlender Daten im MOP wurde der MissForest-Algorithmus (Stekhoven und Bühlmann 2012; Stekhoven 2022) angewandt. MissForest verwendet für die Schätzung von fehlenden Daten den Random Forest-Algorithmus, um basierend auf den vorhandenen Daten die fehlenden Werte zu ermitteln. Random Forest ist ein Maschinelles Lernen-Algorithmus. Für die Imputation und Extrapolation fehlender Daten im MOP wurde der MissForest-Algorithmus (Stekhoven und Bühlmann 2012; Stekhoven 2022) angewandt. MissForest verwendet für die Schätzung von fehlenden Daten den Random Forest-Algorithmus, um basierend auf den vorhandenen Daten die fehlenden Werte zu ermitteln. Random Forest ist ein Maschinelles Lern-Algorithmus, der aus vielen Entscheidungsbäumen besteht und deren Vorhersagen kombiniert. Dieser Prozess wiederholt sich, bis die Schätzungen stabil sind oder eine bestimmte Anzahl von Wiederholungen erreicht ist. Der große Vorteil der Methode ist, dass auch komplexe, nicht-lineare Beziehungen in den Daten erkannt und modelliert werden können.

Sowohl die Anpassung der Daten im MOP an den Startbestand als auch die Anpassung an die projizierten Fahrzeugbestände wird wie folgt durchgeführt: Die Haushalte minimieren die TCO, wobei einige Haushalte, die am nächsten an der Second-best-lösung sind, diese anstatt der Firstbestlösung wählen. Dafür wird ein Minimierungsproblem formuliert, das mit der Dual Annealing-Methode gelöst wird (Tsallis 1988; Tsallis und Stariolo 1996; Xiang und Gong 2000; Xiang et al. 1997). Dual Annealing ist ein Algorithmus zur globalen Optimierung. Es wurde speziell für Zielfunktionen entwickelt, die eine nichtlineare Antwortoberfläche aufweisen. Dieser Algorithmus kombiniert bewährte Verfahren mit innovativen Ansätzen, um sowohl lokale als auch globale Minima effizient zu durchsuchen und zu identifizieren.

Mahalanobis Matching

Der für das DHoT-Modell genutzte Datensatz, basierend auf dem MOP, wird um die metrische Einkommensvariable aus der MiD 2017 mittels statistischem Matching erweitert. In diesem Fall wird auf ein Mahalanobis Verfahren zurückgegriffen. Ziel dieses Matching Verfahrens ist es, vergleichbare Haushalte in beiden Datensätzen anhand eines vorher bestimmten Sets an Variablen zu identifizieren und miteinander zu verbinden. Für das Matching der MOP- und MiD-Datensätze wurde auf folgendes Set an Variablen zurückgegriffen:

- ▶ Gruppiertes Haushaltseinkommen
- ▶ Einwohnerzahl der Region
- ▶ Haushaltsgröße
- ▶ Bundesland
- ▶ Haushaltstyp

B Anhang: Ergänzende Tabellen VHS

B.1 Verkehrsnachfrage

Tabelle 17: Verkehrsnachfrage Personenverkehr im VHS in Mrd. Pkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
MIV	917	864	723	628	642	636	640
Bahn	102	134	155	155	188	215	215
ÖV (Straße)	79	88	127	149	130	114	114
Fuß/Fahrrad	76	82	104	117	116	123	123
Flugzeug (national)	10	11	11	10	9	8	9
Gesamt national	1.184	1.180	1.120	1.059	1.085	1.099	1.101

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 18: Güterverkehrsnachfrage im VHS in Mrd. tkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Straße	499	513	519	551	595	641	690
Schiene	132	155	178	177	182	193	203
Binnenschiff	51	56	58	56	58	62	65
Gesamt national	682	724	755	783	834	896	958

Quelle: eigene Berechnungen

B.2 Entwicklung des Endenergiebedarfs

Tabelle 19: Endenergiebedarf des Verkehrssektors (ohne Sonderverkehre) VHS in PJ, 2019-2050

Energieträger	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Fossil	2.173	1.863	1.121	399	104	0	0
Biogen	113	121	109	115	127	103	51
Wasserstoff	0	0	63	131	82	42	36
E-Fuels	0	0	16	22	26	37	33
Strom	46	115	300	535	720	817	871
Summe(national)	2.332	2.100	1.608	1.202	1.060	999	990

Quelle: eigene Berechnungen

B.3 Entwicklung der Treibhausgasemissionen

Tabelle 20: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS

Kategorie	2019	2025	2030	2035	2040	2045
	Millionen Tonnen CO ₂ -Äq					
Pkw	102,6	84,3	47	18,6	5,2	0
Lkw	43,4	38,5	24,8	5	0,3	0
Leichte Nutzfahrzeuge	10,8	10	5,6	2	0,3	0
Luftverkehr (national)	2,2	2,4	2,1	1,5	0,8	0
Schieneverkehr	0,7	0,8	0,5	0,4	0,2	0
ÖV (Straße)	2,7	3,3	3,1	1,4	0,1	0
Binnenschifffahrt	1,6	1,5	1,5	1,1	0,8	0
Gesamt	164,3	140,8	84,6	30,1	7,8	0

Quelle: eigene Berechnungen

C Anhang: Kurzberichte

Die folgenden Kurzberichte wurden zu Beginn des Vorhabens erstellt und geben den Wissensstand zu unterschiedlichen Stichtagen wieder. Die Kurzberichte wurden zu diesem Zeitpunkt bereits auf der UBA-Website „Klimaschutz im Verkehr“⁶⁶ veröffentlicht. In wenigen Fällen hat der politische Prozess zu Weiterentwicklungen der Instrumente geführt und angekündigte sowie diskutierte Änderungen sind bereits umgesetzt oder die Instrumente wurden anderweitig weiterentwickelt.

⁶⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr>

C.1 CO₂-Preis im Verkehrssektor

Stand: 3. November 2021

Zusammenfassung

Ein CO₂-Preis setzt Anreize für Emissionsminderungen

Ein Preis auf CO₂ erhöht die Kosten fossiler Kraftstoffe. Dadurch entstehen finanzielle Anreize, die Fahrleistung zu reduzieren, indem z. B. kürzere Wege zurückgelegt werden oder auf klimafreundliche Verkehrsmittel umgestiegen wird. Der CO₂-Preis befördert zusätzlich den verstärkten Einsatz emissionsarmer Antriebe.

Die Wirksamkeit hängt von der Ausgestaltung des Policy-Mix ab

Der CO₂-Preis ist ein wichtiges Instrument, um finanzielle Anreize zur Emissionsminderung zu setzen. Jedoch kann er seine Lenkungswirkung vor allem dann voll entfalten, wenn sein Umfeld den Umstieg zu emissionsarmen Formen der Mobilität gestattet und fördert. Je niedriger der CO₂-Preis, desto ambitionierter müssen die komplementären Instrumente ausgestaltet sein, um das Sektorziel für den Verkehr bis 2030 zu erreichen. Ein umfassender Policy-Mix hilft also, die für die Zielerreichung notwendigen CO₂-Preise vergleichsweise geringer zu halten.

Angebot an Ausweichoptionen muss parallel geschaffen werden

Der CO₂-Preis ist ein Instrument, das über eine Erhöhung der (fossilen) Kilometerkosten einen Anreiz setzt, motorisierten Verkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger zu verlagern. Die Verbesserung des Angebots an öffentlichem Verkehr, Fuß- und Radverkehr sowie Schienengüterverkehr und Binnenschifffahrt wird jedoch nicht über CO₂-Preise adressiert. Es braucht daher gleichzeitig umfangreiche Förder- und Investitionsprogramme, damit die Verlagerung auf die alternativen Verkehrsträger auch stattfinden kann. Die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung können ein Baustein zu deren Finanzierung sein.

Klimafreundliche Fahrzeuge: Zusätzliche Anreize für Angebot und Nachfrage sind wichtig

In einer Gesamtkostenrechnung haben effiziente Fahrzeuge oft Vorteile gegenüber stärker emittierenden Fahrzeugen. Diese Kostenvorteile werden bei der Kaufentscheidung der Fahrzeuge jedoch häufig nicht ausreichend berücksichtigt. Wirksamer sind Instrumente, die beim Fahrzeugwerb für die Käufer*innen stärker sichtbar sind (Bsp. Bonus-Malus-System). Gleichzeitig muss garantiert werden, dass das entsprechende Angebot an effizienten und elektrischen Pkw vorhanden ist (Bsp. Pkw-CO₂-Standards).

Soziale Gerechtigkeit sicherstellen

Unerwünschte Verteilungswirkungen der CO₂-Bepreisung können durch die Rückverteilung der Einnahmen adressiert werden. Maßnahmen zum Schutz vulnerabler Bevölkerungsgruppen sollten so ausgestaltet werden, dass sie der Lenkungswirkung des CO₂-Preises nicht entgegenstehen. Kurzfristig könnte eine (teilweise) Rückverteilung durch eine Senkung bzw. Abschaffung der EEG-Umlage erfolgen, mittelfristig durch eine Pro-Kopf-Rückzahlung.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Um die Klimaschutzziele im Verkehr zu erreichen, bedarf es stärkerer Preissignale. Aus heutiger Perspektive müsste der entsprechende Preiskorridor für 2030 im Bereich von 200 bis 250 Euro/t liegen. Auch der Weg dahin muss entsprechend ambitionierter gestaltet werden. Aus Sicht des Umweltbundesamtes müssen die aktuellen Fixpreise des Brennstoffemissionshandelsgesetzes ab dem Jahr 2022 mindestens verdoppelt werden. Dies gilt auch, wenn die CO₂-Bepreisung für Brennstoffe im Rahmen des „Fit for 55-Pakets“ auf EU-Ebene harmonisiert und zentralisiert wird.

C.1.1 Klimaschutzbeitrag

Die Bepreisung von CO₂-Emissionen ist eine wirksame Möglichkeit, um die Emissionen im Verkehrsbereich zu reduzieren. Ein CO₂-Preis legt nicht fest, durch welche konkreten Maßnahmen klimapolitische Ziele erreicht werden sollen. Vielmehr schafft er die Flexibilität, Emissionen dort zu reduzieren, wo dies im Zusammenspiel mit anderen regulatorischen Instrumenten am kostengünstigsten möglich ist. Dies kann im Verkehr – abhängig von technologischen Möglichkeiten, verfügbaren Alternativen und individuellen Umständen – u. a. durch die Wahl emissionsarmer Fahrzeuge, einen Modal Shift (zu beispielsweise Fuß- und Fahrradverkehr oder den öffentlichen Verkehr) sowie die Reduktion der zurückgelegten Wege geschehen. Daher stellt die CO₂-Bepreisung grundsätzlich ein ökonomisch effizientes Instrument dar. Zusätzlich werden durch CO₂-Preise die Verursacher für soziale Kosten, die durch die von ihnen generierten Emissionen entstanden sind, belastet, so dass dieses Instrument als gerecht im Sinne des „Polluter-Pays-Principle“ angesehen werden kann.

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Verteuerung fossiler Kraftstoffe -> Anreiz, den Verbrauch zu reduzieren -> Umstieg auf emissionsarme Antriebe (z. B. Elektro-, Wasserstoff-betriebene oder effizientere Verbrennungsmotoren) und reduzierte Fahrleistung durch Modal Shift oder andere Wegewahl.

In Deutschland wurde mit Beginn des Jahres 2021 durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ein CO₂-Preis auf Heiz- und Kraftstoffe eingeführt. Dieser liegt 2021 bei 25 Euro/t CO₂ und wird durch ein Emissionshandelssystem mit einem übergangsweise festen Preis umgesetzt. Bis zum Jahr 2025 soll dieser auf 55 Euro/t CO₂ ansteigen. Ab 2026 wird ein Preiskorridor von 55 bis 65 Euro/t CO₂ festgelegt. Ab 2027 ist im BEHG grundsätzlich eine unbeschränkte Preisbildung in den Auktionen vorgesehen, bei der die Höhe des Preises davon abhängt, wie sich das Verhältnis von Angebot und Nachfrage entwickelt. Im Rahmen des „Fit for 55-Pakets“ hat die Europäische Kommission am 14. Juli 2021 für den Zeitraum ab 2026 die Einführung eines europäischen Emissionshandels für Brennstoffe in den Bereichen Straßenverkehr und Gebäude vorgeschlagen. Auch hier ist eine freie Preisbildung vorgesehen.

Für eine schnelle Transformation im Verkehrssektor wird der bis 2026 im BEHG festgelegte Preispfad nicht ausreichen. Dies liegt in erster Linie daran, dass Kraftstoffkosten bei der Wahl des genutzten Verkehrsmittels nur ein Teil der Verhaltensentscheidung ausmachen, da sie – insbesondere bei Pkw - nur einen relativ geringen Teil der Gesamtkosten der Automobilnutzung ausmachen.

Nach den Berechnungen des Öko-Instituts im Rahmen der Bewertung des Klimaschutzprogramms ergeben sich durch den bisher beschlossenen CO₂-Preispfad Minderungen von rund 3 Millionen Tonnen CO₂ im Jahr 2025 (Öko-Institut et al. 2020). In verschiedenen Studien wird davon ausgegangen, dass zur Zielerreichung im Jahr 2030 deutlich höhere Preise von über 200 Euro/t CO₂ benötigt werden.

Wechselwirkungen mit anderen Instrumenten

Die Wirksamkeit eines CO₂-Preises hängt stark von dem regulatorischen Umfeld ab, in welchem dieser eingeführt wird. Denn obwohl es nicht nur volkswirtschaftlich, sondern insbesondere auch in der individuellen Abwägung attraktiv wäre, steigen die Verbraucher*innen oft nicht auf effizientere Fahrzeuge oder umweltfreundliche Verkehrsmittel um. So fließen Kostenvorteile, die sich beim Betrieb des Fahrzeuges ergeben würden, bei der Kaufentscheidung oft nicht

vollständig mit ein. Und sobald der eigene Pkw vor der Tür steht, wird seltener auf andere Verkehrsmittel zurückgegriffen.

Klimaschutz im Verkehrssektor benötigt tiefgreifende strukturelle Veränderungen und ist durch einen kapitalintensiven technologischen und gesellschaftlichen Transformationsprozess geprägt. Werden die notwendigen Innovations- oder Infrastruktur-Vorleistungen nicht mit ausreichendem Vorlauf angestoßen, können sogenannte „Lock-in-Effekte“ entstehen, die die Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr erschweren und teurer machen. Aus diesem Grund kann die CO₂-Bepreisung als ein sinnvolles Element in einem breiten Bündel von Instrumenten betrachtet werden, das aber einer Flankierung mit wirkungsvollen sektorspezifischen Instrumenten und Maßnahmen bedarf.

C.1.2 Rückverteilung für besonders betroffene Bevölkerungsgruppen notwendig

Durch den aktuellen CO₂-Preis von 25 Euro/t CO₂ für 2021 steigen die Kosten von Benzin um etwa 7 Cent/l und für Diesel um knapp 8 Cent/l. Durch die Preissteigerung von Kraftstoffen werden aber gewisse Bevölkerungsgruppen wie Haushalte mit niedrigem Einkommen, Berufspendler*innen oder Bewohner*innen ländlicher Regionen stärker belastet als andere. Dies birgt die Gefahr, sozial ungerechter Auswirkungen und politischen Widerstands.

So ergibt sich, ausgehend von einem CO₂-Preis von 50 Euro/t ohne Rückverteilung der Einnahmen, eine regressive Wirkung – die prozentuale Belastung nimmt also mit zunehmendem Einkommen ab: Die einkommensschwächsten 20 % der Haushalte werden zusätzlich mit rund 120 Euro belastet, was etwa 0,75 % ihrer Konsumausgaben entspricht. Absolut steigt die Belastung mit dem Einkommen zwar, in Relation zu den Konsumausgaben werden Haushalte aus der Mitte der Einkommensverteilung aber am stärksten belastet, während die relative Belastung für das einkommensstärkste Fünftel der Haushalte am niedrigsten ausfällt (MCC 2021, berücksichtigt wird Verkehr und Gebäude/Heizen).

Unerwünschte Verteilungswirkungen einer CO₂-Bepreisung für vulnerable Bevölkerungsgruppen können auf verschiedene Arten ausgeglichen werden. Ein zentraler Hebel ist hierbei die Verwendung der Einnahmen. Durch geeignete (teilweise) Rückverteilung der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung kann eine progressive Ausgestaltung erreicht werden, das heißt, dass Haushalte am unteren Spektrum der Einkommensverteilung relativ zu ihrem Einkommen weniger stark belastet oder sogar entlastet werden. Eine Option dafür ist eine Pro-Kopf-Klimaprämie (d. h. eine direkte Rückverteilung an die Gesamtbevölkerung). Eine Alternative ist eine Senkung des Strompreises, bspw. durch Reduktion oder Abschaffung der EEG-Umlage, wobei die Pro-Kopf-Klimaprämie stärker progressiv wirkt als die Senkung des Strompreises. Im Fall, dass die Einnahmen über eine Pro-Kopf-Klimaprämie zurückverteilt werden, zeigt die finanzielle Wirkung einen progressiven Verlauf, d. h., während die einkommensschwächsten Haushalte entlastet werden, nimmt diese Entlastung sukzessive mit dem Einkommen ab und Haushalte am oberen Rand der Einkommensverteilung werden belastet. Die Rückverteilung über die Senkung der EEG-Umlage führt ebenfalls zu einer verringerten Belastung für die Haushalte - wenngleich in geringerem Umfang. Die Entlastungswirkung der Umlagesenkung wirkt allerdings weniger stark progressiv als die der Auszahlung per Pauschale. (MCC 2021).

Andere Ansätze zielen stärker darauf ab, die direkt Betroffenen differenziert zu entlasten. Hierzu zählt beispielsweise die parallel zur Einführung eines CO₂-Preises im Rahmen des BEHG in Kraft getretene Erhöhung der Entfernungspauschale. Obwohl diese in der Tat Berufspendler*innen von steigenden Kraftstoffkosten abschirmt, kommt sie aufgrund ihrer Ausgestaltung als

Pauschale, die von der Einkommensteuer abzugsfähig ist, verstärkt Besserverdienern zugute, die tendenziell über weitere Strecken pendeln und gleichzeitig höheren Steuersätzen unterworfen sind. Rückverteilungsoptionen für besonders betroffene Gruppen wie beispielsweise die Erhöhung der Entfernungspauschale für Fernpendler*innen wirken stark regressiv. Die Mobilitätsprämie hingegen wirkt leicht progressiv (FOES und FEST 2021).

Ferner wären auch Kombinationen verschiedener Rückverteilungsoptionen wie beispielsweise die Zahlung einer Klimaprämie, die Senkung der Stromsteuer sowie die Umgestaltung der Entfernungspauschale hin zu einem Mobilitätsgeld eine Ausgestaltungsmöglichkeit. In diesem Fall ist ebenfalls eine progressive Verteilungswirkung des CO₂-Preises zu beobachten und lediglich die oberen 30 % der Einkommensverteilung würden eine Netto-Zusatzbelastung erfahren (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2019).

Maßnahmen, welche die unerwünschten Verteilungswirkungen eines CO₂-Preises abdämpfen sollen, weisen allerdings das Problem auf, dass sie gleichzeitig dessen gewünschte Lenkungswirkung vermindern können. So reduziert die Entfernungspauschale den Anreiz für kürzere Wege (z. B. durch Wohn- oder Arbeitsortwahl oder verstärktes Home-Office). Aus diesem Grund ist es essenziell, über den CO₂-Preis hinaus auch Alternativen zum motorisierten Individualverkehr wie den Umweltverbund und die verstärkte Nutzung des Fahrrads, zu stärken.

C.1.3 CO₂-Bepreisung auf EU-Ebene

Die volle Wirkung des CO₂-Preises entfaltet sich vor allem dann, wenn in den Nachbarländern ein ähnliches Preisniveau besteht und es nicht zu Ausweichreaktionen wie beispielsweise Tanktourismus oder Optimierung des Tankverhaltens im Straßengüterverkehr kommt. Entsprechend wichtig ist die Diskussion auf EU-Ebene für einen einheitlichen CO₂-Preis im Verkehrssektor.

Die Europäische Kommission hat in ihrem „Fit for 55-Paket“ im Juli 2021 einen Vorschlag für einen europaweit einheitlichen CO₂-Preis im Straßenverkehr vorgelegt, der die Schaffung eines eigenen europaweiten Emissionshandelssystems für Verkehr und Gebäude parallel zum bereits existierenden EU ETS vorsieht. Dieses auch als EU ETS 2 bezeichnete System soll schrittweise bis 2026 eingeführt werden und hat zum Ziel, die Emissionen aus Straßenverkehr und Gebäuden bis 2030 um 43 % gegenüber dem Basisjahr 2005 zu mindern. Im EU ETS 2 ist eine Vollauktionierung der Zertifikate vorgesehen. Um einen sprunghaften Anstieg der Preise beim Inkrafttreten zu vermeiden und den Markt zu beruhigen, schlägt die Kommission vor, 2026 zunächst 130 % der ursprünglichen Jahresmenge an Emissionszertifikaten bereitzustellen. Flankierend wird in Anlehnung an den EU ETS eine Marktstabilitätsreserve eingeführt, um im weiteren Verlauf sprunghafte Preisänderungen zu verhindern oder zumindest abzumildern.

Bei einer EU-weiten CO₂-Bepreisung wird es Verteilungswirkungen zwischen reicheren und ärmeren EU-Ländern als auch zwischen den verschiedenen Bevölkerungsgruppen geben. Der Vorschlag der Kommission sieht daher einen Mechanismus zur Rückverteilung eines Teils der Auktionserlöse durch einen neuen Social Climate Fund vor. Damit sollen die EU-Mitgliedstaaten soziale Härtefälle abfedern und u. a. nachhaltige Mobilität fördern. Dabei muss sichergestellt werden, dass die Mittel tatsächlich bei den Bedürftigen ankommen. Daneben fließt ein weiterer Teil der Einnahmen in den bestehenden EU Innovation Fund, der künftig auch innovative Projekte im Verkehrs- und Gebäudebereich fördern wird.

Eine zentrale Wechselwirkung ergibt sich mit der Klimaschutzverordnung, in deren Rahmen mit der Effort Sharing Regulation (ESR) national differenzierte Ziele für die Sektoren außerhalb des

EU ETS (v.a. Verkehr und Gebäude) bis 2030 gesetzt werden. Für Deutschland liegen diese aktuell bei minus 38 % ggü. 2005, der Vorschlag der Europäischen Kommission sieht eine Ambitionssteigerung auf minus 50 % vor. Durch die nationalen Ziele bestehen weiterhin Anreize, zusätzliche (nationale) Instrumente zu implementieren, die zur Zielerreichung der ESR (und damit auch indirekt für das EU-ETS 2) notwendig sind. Gleichzeitig können einzelne Mitgliedstaaten für den jeweiligen Länderkontext flexibel passende Portfolios an verkehrspolitischen Maßnahmen umsetzen. Zudem können über die differenzierte Lastenteilung die Kosten der europäischen Emissionsminderungen so verteilt werden, dass ärmere Mitgliedstaaten weniger stark belastet werden.

Ein großer Teil der Emissionen, die in Deutschland vom BEHG abgedeckt sind, wird im EU-ETS 2 reguliert sein. Hier stellt sich die Frage, wie eine Überleitung des BEHG zum EU-ETS 2 erfolgreich gelingen kann.

C.1.4 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Wichtig zu beachten: Der CO₂-Preis ist nur ein Instrument im Policy-Mix. Je niedriger der CO₂-Preis, desto ambitionierter müssen komplementäre Instrumente sein und umgekehrt.

Der CO₂-Preis ist ein wichtiges Instrument, um finanzielle Anreize zur Emissionsminderung zu setzen. Jedoch kann er seine Lenkungswirkung nur in einem Umfeld entfalten, welches gleichzeitig Marktbarrieren und -hemmnisse adressiert und somit den Umstieg zu emissionsarmen Formen der Mobilität gestattet und fördert.

Für eine Transformation im Verkehrssektor sind verschiedene Instrumente notwendig. Die Rolle der CO₂-Bepreisung und komplementärer Politikinstrumente wird u. a. von der zu erzielenden Emissionsminderung determiniert sowie von sozialen und politischen Aspekten. Wenn die weiteren Klimaschutzinstrumente im Verkehrssektor schwach ausgestaltet sind, braucht es grundsätzlich einen sehr hohen CO₂-Preis, um die gesteckten Ziele bis 2030 zu erreichen. Werden komplementäre Instrumente dagegen besonders umfassend und ambitioniert ausgestaltet, so reicht ein im Vergleich geringerer CO₂-Preis.

Wichtig zu beachten: Zusätzlich zum CO₂-Preis braucht es Investitionen in Infrastrukturen

Die Lenkungswirkung des CO₂-Preises hängt von den verfügbaren Mobilitätsalternativen ab. Um den Umstieg zu emissionsarmen Arten der Fortbewegung zu erleichtern, ist die Voraussetzung der Ausbau der dafür nötigen Infrastrukturen wie Ladepunkte für Elektro-Fahrzeuge, Fahrradstrecken und öffentliche Verkehrsangebote.

Um eine – durch einen CO₂-Preis angereizte – notwendige Verlagerung zu erreichen, muss ein entsprechendes Angebot an Alternativen vorhanden sein. Der Ausbau der Fuß- und Radverkehrsinfrastruktur, des ÖPNV und des Schienengüterverkehrs ist aber planungs- und investitionsintensiv und braucht Zeit. Dies gelingt nicht durch den CO₂-Preis, dafür sind umfangreiche Förder- und Investitionsprogramme notwendig. Damit entsteht ein sich verstärkender Effekt zwischen den Maßnahmen: eine Abkehr von den dann teureren, emissionsreichen Arten der Fortbewegung, hin zu den dann attraktiven und verfügbaren Alternativen.

Wichtig zu beachten: Zusätzlich zum CO₂-Preis braucht es Anreize für die Nachfrage nach effizienten und E-Pkw

Der CO₂-Preis setzt durch Erhöhung der Kosten fossiler Kraftstoffe einen Anreiz zur Emissionsminderung. Allerdings stellen insbesondere für Pkw-Halter*innen die Kraftstoffkosten einen vergleichsweise geringen Anteil der Gesamtkosten dar. Auch werden zukünftige, nicht direkt beim Kauf anfallende Kosten von Käufer*innen oft unterbewertet. Daher sind zusätzliche Anreize notwendig, die direkt bei der Kaufentscheidung für emissionsarme Fahrzeuge ansetzen.

Zur Stimulation von Innovationen im Fahrzeugmarkt ist das Preissignal durch das BEHG kurzfristig nicht ausreichend, um die benötigte Effizienzsteigerung der Fahrzeuge und den erforderlichen Anstieg bei den Zulassungen von Elektrofahrzeugen zu erreichen. Zwar haben über den gesamten Nutzungszeitraum effiziente Fahrzeuge oft Kostenvorteile gegenüber stärker emittierenden Fahrzeugen. Dennoch erreichen sie bisher nicht den notwendigen Anteil an den Neuzulassungen. Die Betriebskostenvorteile während der Nutzungsdauer des Fahrzeugs werden bei der Kaufentscheidung oft nicht vollständig berücksichtigt. Wirksamer sind Instrumente, die beim Fahrzeugwerb für die Käufer*innen sichtbar sind (Bsp. Bonus-Malus-System). Gleichzeitig muss garantiert werden, dass das entsprechende Angebot an effizienten und E-Pkw vorhanden ist (Bsp. Pkw-CO₂-Standards).

Wichtig zu beachten: Instrumente, die den CO₂-Preis in seiner Wirkung schmälern, sollten reformiert und ggf. abgeschafft werden

Existierende Maßnahmen, die den motorisierten Verkehr fördern, vermindern die Lenkungswirkung des CO₂-Preises. Daher ist eine Reform dieser ‚negativen (impliziten) CO₂-Preise‘ für eine konsistente, nachhaltige Verkehrspolitik dringend geboten.

Als Beispiele für Regelungen, die die Wirksamkeit eines CO₂-Preises schmälern, können u. a. die Dienstwagenpauschale oder das Dieselprivileg genannt werden. Da beide Instrumente finanzielle Anreize für den motorisierten Individualverkehr setzen, können sie als negative CO₂-Preise verstanden werden (d. h. sie wirken dem Preissignal entgegen). Eine Abschaffung bzw. Anpassung dieser Instrumente würden die Wirkung eines CO₂-Preises entsprechend verstärken.

Wichtig zu beachten: Sozialen Ausgleich für vulnerable Gruppen schaffen

Ein CO₂-Preis im Verkehr wirkt regressiv, d. h. er belastet ärmere Haushalte relativ zu ihrem Einkommen stärker als reichere. Eine Rückverteilung der Einnahmen aus dem CO₂-Preis, z. B. durch Stärkung des Umweltverbands sowie Senkung der EEG-Umlage oder einer Pro-Kopf-Klimaprämie, kann unerwünschten Verteilungswirkungen entgegenwirken und je nach Ausgestaltung progressiv wirken.

Um übermäßige Belastungen für vulnerable Bevölkerungsgruppen zu verhindern, ohne dabei die Lenkungswirkung des CO₂-Preises stark zu beeinträchtigen, bieten sich z. B. die Stärkung des öffentlichen sowie des nicht-motorisierten Verkehrs an. Ferner sollte ein Rückverteilungsmechanismus der Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung die soziale Ausgewogenheit dieser Maßnahme sichern. Dies könnte durch eine Absenkung der EEG-Umlage auf Strom oder langfristig durch eine Pro-Kopf-Klimaprämie erreicht werden.

C.1.5 Ausgestaltungsvorschlag

Erhöhung des CO₂-Preispfads des BEHG für die Jahre 2022-2026

Zur Erreichung der gesteckten Emissionsminderungsziele im Verkehr wird bereits kurz- und mittelfristig ein höherer CO₂-Preis benötigt als in dem Preispfad des BEHG bisher vorgesehen. Daher sollte eine einmalige deutliche Anhebung dieser Preise im Einklang mit dem anvisierten Emissionspfad vorgenommen werden.

Die Bundesregierung hat mit dem BEHG 2021 die CO₂-Bepreisung im Verkehr eingeführt. Es zeigt sich aber, dass zur Erreichung der deutschen Klimaschutzziele im Verkehr deutlich höhere CO₂-Preise als bisher vorgesehen erforderlich sind.

Dass der Verkehrssektor 2020 sein CO₂-Minderungsziel des Klimaschutzgesetzes erreicht hat, ist fast ausschließlich auf die COVID-19 Pandemie zurückzuführen und es ist davon auszugehen, dass nach der Pandemie die Ziele des Klimaschutzgesetzes vom Verkehrssektor nicht erfüllt werden. Möglichst kurzfristig sollten daher die Festpreise im Rahmen des BEHG gegenüber dem bisher beschlossenen Preispfad deutlich erhöht werden. Aus heutiger Perspektive müsste der entsprechende Preiskorridor für 2030 mindestens im Bereich von 200 bis 250 Euro/t und damit bei rund 56 bis 70 Cent pro Liter Benzin sowie etwa 63 bis 79 Cent pro Liter Diesel liegen (inkl. MwSt.). Aber auch der Weg dahin muss entsprechend ambitionierter gestaltet werden. So schlägt das Umweltbundesamt vor, dass ab dem Jahr 2022 die aktuellen Fixpreise des BEHG mindestens verdoppelt werden sollten, also in 2022 von 30 auf mindestens 60 Euro/t (Umweltbundesamt 2021). Dies gilt auch, wenn die CO₂-Bepreisung für Brennstoffe im Rahmen des „Fit for 55-Pakets“ auf EU-Ebene harmonisiert und zentralisiert wird.

Ein entsprechend hoher CO₂-Preis ist in Kombination mit weiteren wirkmächtigen Instrumenten für das Erreichen des Klimaschutzziels im Verkehr erforderlich.

C.2 CO₂-Flottenzielwerte für Pkw

Stand: 3.November 2021

Zusammenfassung

CO₂-Flottenzielwerte sind für die Automobilindustrie derzeit das zentrale Anreizinstrument für den Strukturwandel.

Die CO₂-Flottenzielwerte für Pkw sind das zentrale Lenkungsinstrument, damit Automobilhersteller Fahrzeuge mit niedrigeren und Null CO₂-Emissionen entwickeln und auf die Straße bringen. Die Transformation und der Strukturwandel in der Automobilindustrie werden dadurch angereizt. Die Schnelligkeit der THG-Emissionsreduktion und des Strukturwandels ergibt sich im Wesentlichen aus dem Ambitionsniveau der CO₂-Flottenzielwerte und deren Ausgestaltung, wie Zwischenziele und Anrechnung von Plug-In-Hybriden.

Der Fit for 55-Vorschlag der EU-Kommission sieht eine vollständige Nullemissions-Neufahrzeugflotte ab dem Jahr 2035 in der EU vor.

Mit dem Fit for 55-Paket hat die EU-Kommission einen Vorschlag für eine Verschärfung des bestehenden Zielwerts der Verordnung der CO₂-Flottenzielwerte vorgelegt: für das Jahr 2030 auf -55 % (zuvor -37,5 %) gegenüber den Werten des Jahres 2021 und eine Fortschreibung der Zielwerte bis zum Jahr 2035 (-100 %). Dieser Vorschlag würde dazu führen, dass ab dem Jahr 2035 in der EU nur noch Nullemissions-Pkw ohne Strafzahlungen neu zugelassen werden dürften.

CO₂-Emissions- und Flotteneffizienzstandards existieren in allen relevanten Fahrzeugmärkten.

Die meisten Fahrzeugmärkte der Welt besitzen CO₂-Emissions- und Flotteneffizienzstandards, so dass global rund 80 % der Pkw in Märkten mit solchen Regulierungen neuzugelassen werden. Die ambitioniertesten Zielwerte existieren in der EU, gefolgt von Japan und Südkorea.

Transformation der Automobil- und Zulieferindustrie sollte staatlich unterstützt werden.

Die Elektrifizierung der zukünftigen Neufahrzeugflotte wirkt sich auch auf die Art der Arbeitsplätze in der Industrie aus. Ein Festhalten an der Technologie der Verbrennungsmotoren wäre jedoch wirtschaftlich mit Nachteilen verbunden, weil damit die deutsche Automobilbranche inklusive ihrer Zulieferer aller Voraussicht nach an internationaler Wettbewerbsfähigkeit verlieren würde. Ziel muss daher sein, die Transformation und den Strukturwandel rasch anzugehen und bei Bedarf Risiken für verlierende Sektoren und Berufsbilder staatlich abzufedern. Je später die Transformation gestartet wird, desto abrupter wird der Strukturwandel stattfinden müssen.

Höhere Anreizwirkung zur Emissionsminderung ist notwendig – und möglich.

Die CO₂-Flottenzielwerte leisten einen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele. Dieser könnte jedoch bei einer ambitionierteren Ausgestaltung deutlich höher ausfallen. Beispielsweise erhöht sich das Ambitionsniveau der Zielwerte nur in einem Rhythmus von fünf Jahren, so dass die Emissionsminderung bei den Neuzulassungen nicht kontinuierlich, sondern in Stufen erfolgen muss, was insbesondere in Anbetracht derzeit Jahr für Jahr ansteigender Elektro-Anteile inkonsequent ist. Zwischenzielwerte und eine bessere Berücksichtigung der realen Emissionen von Plug-In-Hybriden (PHEV) können genauso wie zusätzliche nationale Instrumente die Wirkung erhöhen.

Ausgestaltungsvorschlag des Umweltbundesamtes

Das Umweltbundesamt empfiehlt, die Pkw-Ziele bis zum Jahr 2030 auf -80 % gegenüber 2021 zu verschärfen und für 2025 ein Zwischenziel von -30 % statt -15 % festzuschreiben. Ein Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor wäre bei neuen Pkw spätestens zwischen 2032 und 2035 notwendig.

C.2.1 Was sind die CO₂-Flottenzielwerte und wie funktionieren sie?

CO₂-Flottenzielwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge⁶⁷ (auch CO₂-Standards, CO₂-Emissionsnormen oder umgangssprachlich CO₂-Flottengrenzwerte genannt) wurden für die EU mit Zielwerten für die Jahre 2015 und 2020 erstmals im Jahr 2009 beschlossen und inzwischen bis zum Jahr 2030 fortgeschrieben. Mit ihnen besteht die Verpflichtung für die Automobilhersteller, die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen pro gefahrenem Kilometer (in g CO₂/km) der in Europa neu zugelassenen Pkw über die Zeit abzusenken. Auf diese Weise reduzieren sich die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen im Fahrzeugbestand kontinuierlich und die CO₂-Emissionen des Verkehrs sinken über die Zeit, solange eine steigende Fahrleistung nicht die positiven Effekte kompensiert. Liegen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen der Neufahrzeugflotte eines Herstellers über den festgelegten Zielwerten, fallen Strafzahlungen an, die sich aus der Höhe der Emissionsüberschreitung und der Anzahl der neuzugelassenen Fahrzeuge ergeben.

Seit dem Jahr 2020 liegt der Zielwert der CO₂-Flottenzielwerte über alle Hersteller und Fahrzeuge bei 95 g CO₂/km⁶⁸, wobei die Emissionsdaten für das Monitoring der Verordnung bei der Fahrzeugzulassung ermittelt werden. Bis zum Jahr 2018 fand die Bestimmung der CO₂-Emissionswerte mit dem „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ) statt. Da sich nach Einführung der CO₂-Flottenzielwerte mit der Zeit eine immer größere Lücke zwischen den CO₂-Emissionen im NEFZ bei der Zulassung und den Realemissionen im Betrieb der Fahrzeuge entwickelte, werden die CO₂-Emissionen bei der Fahrzeugzulassung mittlerweile nach der „Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure“ (WLTP) realistischer ermittelt.

Die Zielwerte der Verordnung (EU) 2019/631 ab dem Jahr 2025 und ab dem Jahr 2030 sind als prozentuale Minderung der durchschnittlichen CO₂-Emissionen bei den Pkw-Neufahrzeugen gegenüber dem Jahr 2021 definiert: -15 % im Jahr 2025 und -37,5 % im Jahr 2030.

Die herstellereinspezifischen Zielwerte ergeben sich aus dem durchschnittlichen Fahrzeuggewicht der Neufahrzeuge des Herstellers: Je höher dieser Durchschnitt liegt, desto höher können die spezifischen CO₂-Emissionen eines Herstellers sein, ohne das Ziel der CO₂-Regulierung zu verfehlen. Auch können Fahrzeughersteller Pools bilden und so gemeinsam die Zielerreichung sicherstellen. Es gibt zudem einen Anreizmechanismus für Niedrig- und Nullemissionsfahrzeuge (Zero and Low Emission Vehicles: ZLEV): Überschreiten Automobilhersteller ab dem Jahr 2025 einen gewissen Benchmark an ZLEV, kann sich der herstellereinspezifische Zielwert der CO₂-Flottenzielwerte um bis zu 5 % erhöhen.

Mögliche Weiterentwicklungsoptionen für eine stärkere Klimaschutzwirkung sind die Einführung einer kontinuierlichen Zielwertanpassung in einem kürzeren Intervall als fünf Jahre, die bessere Abbildung der realen CO₂-Emissionen der Plug-In-Hybridfahrzeuge sowie die Einführung von Elementen zur Effizienzsteigerung bei elektrischen Antrieben.

C.2.2 Fit for 55-Vorschlag der EU-Kommission zu den Pkw-Standards

Mit dem Fit for 55-Paket hat die EU-Kommission Mitte des Jahres 2021 ein Regulierungspaket veröffentlicht, welches stärker zum Klimaschutzziel der EU für das Jahr 2030 (Treibhausgas (THG)-Emissionsminderung um 55 % gegenüber 1990) und zur Erreichung der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2050 beitragen soll. Die EU-Kommission schlägt darin vor,

⁶⁷ (EU) 2019/631 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0631>

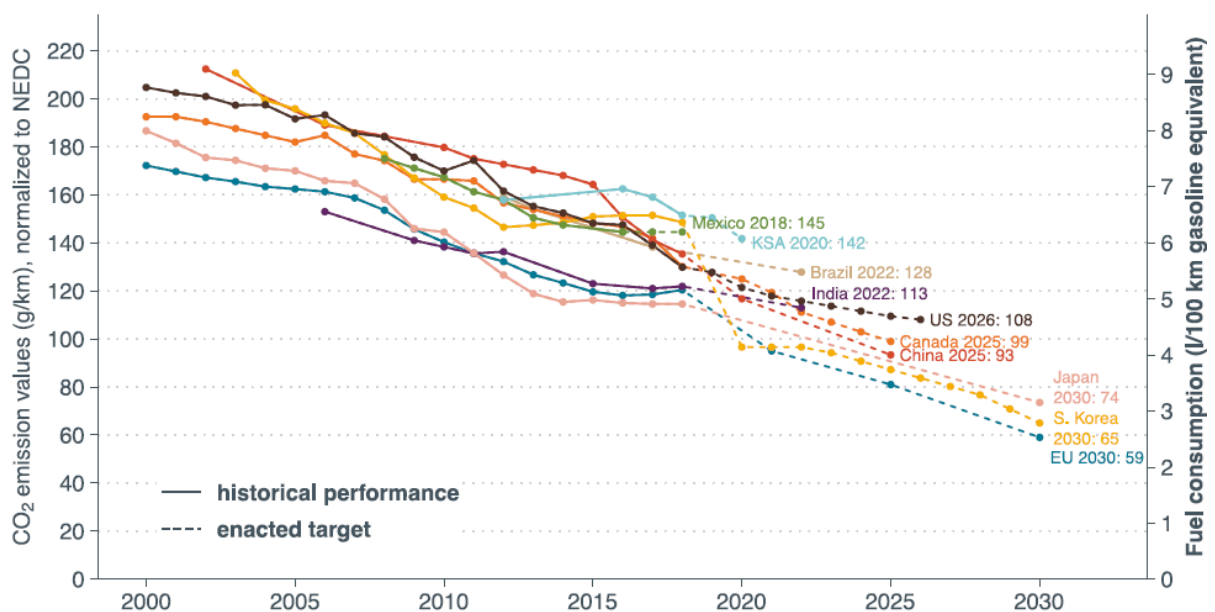
⁶⁸ Der Zielwert von 95 g CO₂/km bezieht sich auf CO₂-Emissionen nach dem NEFZ. Im Jahr 2020 musste dieser nur von 95 % der Fahrzeuge erfüllt werden.

das Ambitionsniveau der CO₂-Verordnung (EU) 2019/631 ab dem Jahr 2030 von -37,5 % auf -55 % (ggü. 2021) zu erhöhen und ab dem Jahr 2035 eine Minderung von 100 % festzusetzen. Dementsprechend könnten in der EU ab dem Jahr 2035 nur noch Nullemissionsfahrzeuge als Neufahrzeuge zugelassen werden. Derzeit wird dieser Vorschlag im Europäischen Rat und im Europäischen Parlament diskutiert.

C.2.3 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

CO₂-Flottenzielwerte bzw. Energieeffizienzregulierungen forcieren in den relevanten Fahrzeugmärkten die Effizienzsteigerung verbrennungsmotorischer Fahrzeuge sowie die Transformation hin zu Nullemissionsfahrzeugen. Das (Yang und Bandivadekar 2017) verweist darauf, dass rund 80 % der weltweit verkauften Pkw und leichten Nutzfahrzeuge einem CO₂-Emissionstandard bzw. einer Effizienzregulierung unterliegen. Neben Ländern wie der Volksrepublik China, den USA, Kanada, Südkorea und Japan gibt es solche Regulierungen beispielsweise auch in Indien, Mexiko und Brasilien. Das grundsätzliche Prinzip ist bei allen Regulierungen ähnlich: Die Zielwerte für die Energieeffizienz bzw. die CO₂-Emissionen der Neufahrzeuge sinken über die Zeit, so dass die Fahrzeughersteller immer geringer emittierende Fahrzeuge neu zulassen müssen. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die bestehenden gesetzlichen Vorgaben und Zielwerte in verschiedenen Ländern⁶⁹. Für das Jahr 2030 besitzt die EU die anspruchsvollsten Zielwerte, gefolgt von Südkorea und Japan.

Abbildung 60: Ambitionsniveau von CO₂-Emissions- und Energieeffizienzstandards Pkw (NEFZ) weltweit



Quelle: (ICCT 2021c)

Zusätzlich zu den CO₂-Emissions- und Energieeffizienzstandards existieren in einigen Ländern ergänzende Verpflichtungen für Anteile von Nullemissions- oder sehr gering emittierenden Fahrzeugen an der Neuzulassungsflotte. In China gibt es seit dem Jahr 2019 für die Fahrzeughersteller die Anforderung, einen gewissen Neuzulassungsanteil an „New Energy

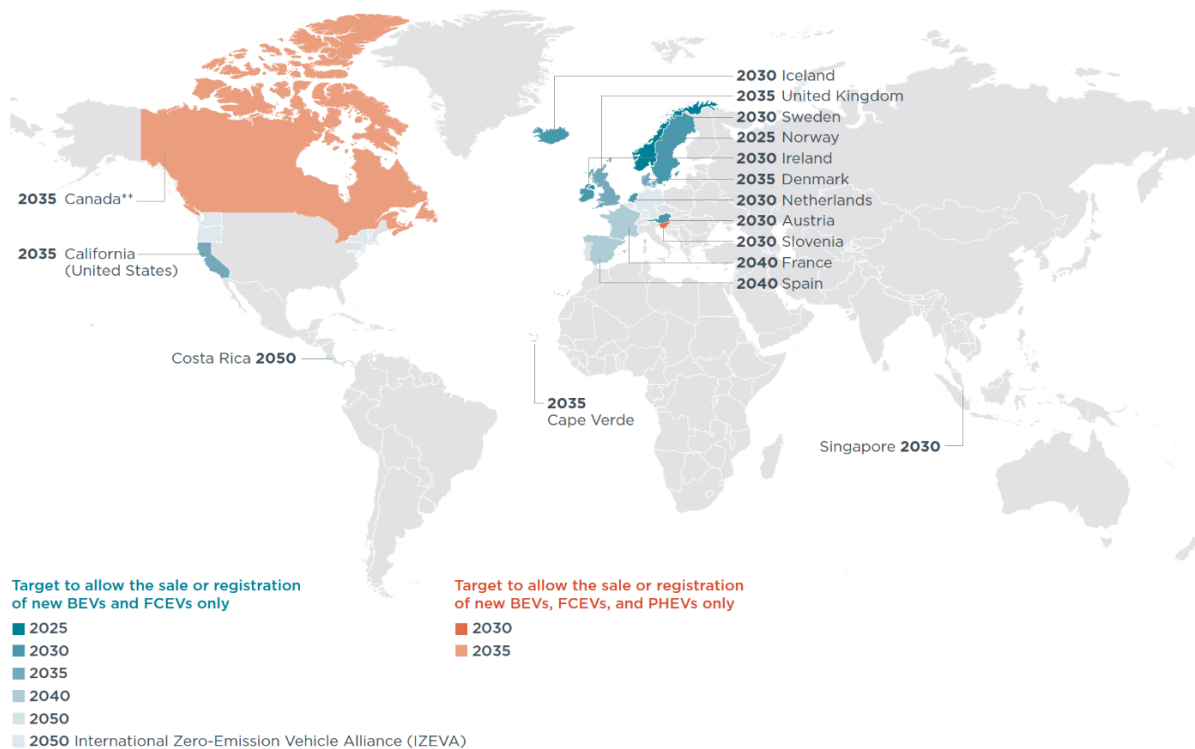
⁶⁹ Die CO₂-Emissionen wurden hierfür auf den Verbrauch im NEFZ normiert, damit diese vergleichbar sind. Die nominellen Ziele in anderen Fahrzyklen können daher von den hier dargestellten Werten abweichen.

“Vehicles“ zu erreichen. Zu diesen Fahrzeugen gehören neben batterieelektrischen (BEV) und Brennstoffzellenfahrzeugen (FCEV) auch Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV). Diese Anforderungen wurden kürzlich für den Zeitraum bis zum Jahr 2023 fortgeschrieben und verschärft (ICCT 2021d). Auch in Kalifornien gibt es eine ähnliche Verpflichtung für Fahrzeughersteller, die von neun weiteren Staaten in den USA angewendet wird (California Air Resources Board (CARB) 2021), so dass für ca. 30 % der Fahrzeugzulassungen in den USA diese Verpflichtung wirksam wird. Beide genannten Regulierungen sind als *Crediting*-Systeme aufgebaut, in denen Fahrzeuge mit höherer Reichweite für das emissionsfreie Fahren stärker zur Zielerreichung beitragen als solche mit einer niedrigeren Reichweite.

Ein weiteres Element mit Lenkungswirkung ist das Verbot für die Zulassung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren. Eine Übersicht der weltweit angekündigten und teilweise umgesetzten Verbote ist in folgender Abbildung gegeben. Nach (Agora Verkehrswende 2021b) sind dies Länder und Regionen, in die über 40 % der Exporte der deutschen Automobilindustrie durchgeführt werden.

Abbildung 61: Zulassungsverbote für verbrennungsmotorische Pkw weltweit

Governments with official targets to 100% phase out sales or registrations of new internal combustion engine cars by a certain date* (Status: August 2021)



* Includes countries, states, and provinces that have set targets to only allow the sale or registration of new battery electric vehicles (BEVs), fuel cell electric vehicles (FCEVs), and plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs). Countries such as Japan with pledges that include hybrid electric vehicles (HEVs) and mild hybrid electric vehicles (MHEVs) are excluded as these vehicles are non plug-in hybrids.
 ** The Canadian province of British Columbia has set its 2040 target into binding regulation; the Canadian province of Québec has also set a target for 2035.

Quelle: (ICCT 2021e)

Die Innovationswirkung der CO₂-Flottenzielwerte wird in den strategischen Ausrichtungen und den technischen Entwicklungsbudgets sowie in Ankündigungen der Automobilhersteller deutlich. Alle Fahrzeughersteller haben dort einen eindeutigen Fokus auf elektrische Fahrzeuge. In ihren Ankündigungen gehen die Marktanteile für elektrische Fahrzeuge bei vielen Herstellern über die Marktanteile hinaus, die notwendig sind, um die Flottenzielwerte des

Fit for 55-Vorschlags einzuhalten⁷⁰. Auch haben verschiedene Automobilhersteller angekündigt, zukünftig nicht mehr in die Weiterentwicklung von verbrennungsmotorischen Antriebskonzepten zu investieren.

C.2.4 Klimaschutzbeitrag

Das Instrument der Flottenzielwerte adressiert die Angebotsseite; die Automobilhersteller werden verpflichtet, effizientere Fahrzeuge abzusetzen. Weil sich die festgelegten Zielwerte auf den Durchschnitt aller neu verkauften Pkw beziehen, ist auch ein indirekter Anreiz für den Absatz von Elektrofahrzeugen gegeben: Sie haben im elektrischen Fahrmodus keine direkten CO₂-Emissionen, gehen aus diesem Grund mit Null in die Flottenzielwerte ein und können damit den Durchschnitt der Fahrzeugflotte erheblich senken.

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Angebot an effizienten und elektrischen Pkw wird sichergestellt → Kauf von effizienten Verbrennern und elektrischen Pkw → mehr effiziente und elektrische Pkw im Fahrzeugbestand → bei gleichbleibender Fahrleistung Minderung der CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs

In der Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030 aus dem Jahr 2020 liegt die Minderung der Treibhausgasemissionen durch die beschlossenen Pkw-Flottenzielwerte inklusive der Förderung von Elektro-Pkw (E-Pkw) im Jahr 2030 bei 3,7 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (4,6 Millionen Tonnen inkl. leichte Nutzfahrzeuge), die Anzahl der E-Pkw im Bestand bei rund 5,5 Mio. (Öko-Institut et al. 2020). Im Rahmen des Projektionsberichts aus dem Jahr 2021 wurde die Dynamik bei den neuzugelassenen E-Pkw des Jahres 2020 mitberücksichtigt, so dass die Anzahl der E-Pkw im Bestand 2030 in den neuen Berechnungen mit 7,5 Mio. Fahrzeugen höher liegen wird, jedoch bei ähnlicher CO₂-Minderungswirkung (4,9 Millionen Tonnen), da die konventionellen Pkw nach aktueller Einschätzung eine geringere Effizienzverbesserung als ursprünglich angenommen, aufweisen werden (noch nicht veröffentlicht).

Ein Bericht der AG 1 der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität zeigt auf, wie hoch die zusätzliche Minderung durch zusätzliche E-Pkw sein könnte: Gegenüber der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie-Referenzentwicklung mit 3,4 Mio. E-Pkw in 2030 wurde bei einem Hochlauf auf einen Bestand von 10 Mio. E-Pkw (PHEV-Anteil etwa ein Drittel) eine THG-Minderung im Jahr 2030 von über 13 Millionen Tonnen CO₂-Äq. allein durch die elektrifizierten Fahrzeuge berechnet. Bei einem Hochlauf auf 14 Mio. E-Pkw (PHEV-Anteil gut ein Viertel) bis 2030 beträgt die Minderung knapp 22 Millionen Tonnen CO₂-Äq. (BMDV 2021). Für beide Fälle geht der Hochlauf der E-Fahrzeuge aber weit über das aus den derzeit gültigen CO₂-Flottenzielwerten notwendige Maß hinaus.

Die Wirkung der CO₂-Flottenzielwerte auf den angestrebten Strukturwandel in der Automobilindustrie wird immer deutlicher. Im Jahr 2020 ist der Anteil der elektrischen Pkw bei den Neuzulassungen in der EU auf 11,4 % (6,2 % BEV; 5,2 % PHEV) angestiegen, 2019 lag er noch bei 3,4 % (2,2 % BEV; 1,2 % PHEV) (ICCT 2021b). Zudem haben verschiedene Automobilhersteller in ihrer strategischen Planung angekündigt, ab einem gewissen Zeitpunkt (2028-2035) in Europa nur noch Nullemissions-Pkw abzusetzen.

⁷⁰ Beispiele für Marktanteile an Nullemissionsfahrzeuge in Europa in Herstellerankündigungen: Opel: 100 % (2028); Fiat: 100 % (2030); Audi: 100 % (2033); Volkswagen: 70 % (2030) / 100 % (2033-2035); Ford: 100 % (2030)

C.2.5 Beschäftigungs- und volkswirtschaftliche Effekte

Aktuell beschäftigt die Automobilbranche in Deutschland rund 1,45 Mio. Personen (Hersteller, Zulieferer und Wartungs-/Unterhaltsbranche), dazu kommen etwa 235.000 Beschäftigte in angrenzenden Industrien (Agora Verkehrswende 2021a). Für die Einordnung der ökonomischen Effekte möglicher Regulatorien in Deutschland ist es wichtig, die grundlegenden Marktdaten der Automobilindustrie zu betrachten: Aktuell beschäftigt die Automobilbranche in Deutschland rund 1,45 Mio. Personen (Hersteller, Zulieferer und Wartungs-/Unterhaltsbranche), dazu kommen etwa 235.000 Beschäftigte in angrenzenden Industrien (Agora Verkehrswende 2021a). Für die Einordnung der ökonomischen Effekte möglicher Regulatorien in Deutschland ist es wichtig, die grundlegenden Marktdaten der Automobilindustrie zu betrachten:

- ▶ Produktion in Deutschland: Deutsche Automobilhersteller produzierten 2020 13,3 Mio. Pkw, im Vor-Coronajahr 2019 waren es noch 16 Mio. Pkw. Davon wurden allerdings nur 26 % (ca. 3,5 Mio. Pkw) in Deutschland produziert (2019: 29 %), der Rest in ausländischen Produktionsstätten (Verband der Automobilindustrie (VDA) 2021). Veränderungen in der deutschen Automobilindustrie betreffen also immer auch stark ausländische Arbeitsstätten und Beschäftigte.
- ▶ Absatz: 75 % der in Deutschland produzierten Pkw werden exportiert (2020: 2,6 Mio. Pkw), der Rest wird in Deutschland abgesetzt. Vom gesamten Export gehen 61 % in andere europäische Staaten, 22 % nach Asien und 14 % nach Amerika (Verband der Automobilindustrie (VDA) 2021).
- ▶ Zugelassene Pkw: Von den in Deutschland zugelassenen Pkw stammten 2020 30 % aus der einheimischen Produktion, 70 % werden importiert (VDA 2021). Der Anteil von Elektro-Pkw (BEV und Plug-In-Hybrid) an der Produktion in Deutschland betrug 2020 rund 10 bis 15 %, im ersten Halbjahr 2021 bereits knapp 20 % (VDA 2021). Aus den Zahlen kann gefolgert werden: Eine Veränderung der Pkw-Nachfrage in Deutschland beeinflusst gut ein Viertel des Umsatzes der deutschen Automobilbranche. Der Rest wird durch die ausländische Nachfrage bestimmt.

Elektromotoren sind in der Herstellung weniger beschäftigungsintensiv als Verbrennungsmotoren. Die zunehmende Elektrifizierung der Fahrzeugflotte wird bei den Automobilherstellern sowie bei den auf den Verbrennungsmotor bzw. Antriebsstrang fokussierten Zulieferern daher zu einer deutlichen Reduktion der Beschäftigung führen. Dies betrifft ca. 180.000 Beschäftigte bis 2030, davon ca. 70.000 bei den Automobilherstellern direkt (Agora Verkehrswende 2021a)). In anderen Branchen dagegen wird die wachsende Elektromobilität zu positiven Effekten führen. Einerseits wird es in der Zulieferindustrie – die unabhängig vom Verbrennungsmotor ist – deutliche Zugewinne geben (+95.000 Beschäftigte). Dazu gehört auch die Batterieherstellung. Ebenfalls substanzielle positive Beschäftigungswirkungen gibt es in assoziierten Industrien (ca. +110.000 Beschäftigte), vor allem bei der Energiebereitstellung und der Ladeinfrastruktur. Insgesamt wird erwartet, dass diese zusätzlichen Stellen die Verluste bis 2030 mehr als wettmachen (Agora Verkehrswende 2021a).

Auch im Bereich der Energieherstellung werden sich voraussichtlich neue Chancen bieten: Bei einer Elektrifizierung der Pkw steigt der Strombedarf stark an. Je höher der Anteil des hierzulande zusätzlich produzierten (erneuerbaren) Stroms, desto größere inländische Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte hat die Abkehr von importierten fossilen Treibstoffen in Deutschland.

Strukturwandel in der Automobil- und Zuliefererindustrie notwendig.

Der Wechsel zur Elektromobilität ist für die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie zentral. Er führt aber zu einem erheblichen Strukturwandel in der Automobil- und Zuliefererindustrie und bei den Beschäftigten. Je später man die Transformation vollzieht, desto abrupter werden Änderungen ausfallen. Sie sollte daher frühzeitig über Weiterbildungsangebote und Investitionshilfen von staatlicher Seite begleitet werden.

Die Elektrifizierung der Fahrzeugflotte im Straßenverkehr führt also zu erheblichen Beschäftigungseffekten. Die Verschiebungen im Arbeitsmarkt – zwischen den Branchen, aber auch zeitlich – führen zu großen Herausforderungen, unter anderem im Bereich der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

Mit einem zu langen Festhalten an der Technologie der Verbrennungsmotoren würde die deutsche Automobilbranche inklusive ihrer Zulieferer aber an internationaler Wettbewerbsfähigkeit verlieren. Das wäre aller Wahrscheinlichkeit nach mit deutlich höheren Beschäftigungsverlusten verbunden. Zudem gingen damit Chancen für profitierende und mit der Elektromobilität assoziierte Branchen verloren.

Ziel muss also sein, die Transformation und den Strukturwandel rasch anzugehen und bei Bedarf Risiken für verlierende Sektoren und Berufsbilder z. B. durch Weiterbildungsangebote und Investitionshilfen staatlich abzufedern und dabei die hohe Wettbewerbsfähigkeit der Automobilbranche zu erhalten. Darüber hinaus gilt es die Chancen auf neue positive Beschäftigungseffekte im Inland in der assoziierten Energie- und Produktionsindustrie (vor allem Stromproduktion, Batteriefertigung, Batterierecycling, Ladeinfrastruktur, Energiespeicherung) zu nutzen.

C.2.6 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Wichtig zu beachten: Zusätzliche Zwischenziele für CO₂-Flottenzielwerte

Zwischenziele in einem kürzeren zeitlichen Intervall als den zurzeit gültigen fünf Jahren können den Klimaschutzbeitrag der CO₂-Flottenzielwerte erheblich erhöhen.

Bei den CO₂-Flottenzielwerten erhöht sich das Ambitionsniveau der Verordnung bisher alle fünf Jahre; diese Vorgehensweise wird im Fit for 55-Vorschlag fortgesetzt mit neuen Zielwerten, die jeweils ab 2030 und ab 2035 gelten sollen. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass insbesondere zur Erreichung der Ziele für 2020/2021 die Fahrzeughersteller die CO₂-Emissionen nicht kontinuierlich reduzieren, sondern im relevanten Maßstab erst ab dem Jahr reagieren, in dem die Ambitionssteigerung festgeschrieben ist. Im schlimmsten Fall werden Fahrzeuge mit emissionsmindernder Wirkung bis dahin zurückgehalten, da deren spätere Zulassung für die Zielerfüllung einen höheren „Wert“ besitzt (Carrie Hampel 2019; Transport & Environment 2019). So stiegen die durchschnittlichen spezifischen CO₂-Emissionen der Neufahrzeuge trotz Zielerfüllung aller Hersteller in der EU zwischen 2016 und 2019 kontinuierlich von 118,1 g CO₂/km auf 122,3 g CO₂/km (European Environment Agency (EEA) 2021). Erst mit dem neuen Zielwert im Jahr 2020 sanken sie auf 107,8 g CO₂/km (EEA 2021). Jahr für Jahr anspruchsvoller werdende CO₂-Flottenzielwerte können daher die Wirksamkeit der Verordnung in Bezug auf die Emissionsminderung des Verkehrssektors bis 2030 in relevantem Maßstab erhöhen. Darüber hinaus ist eine solche graduelle Ambitionssteigerung auch vor dem Hintergrund des graduellen Produktions- und Markthochlaufs von Elektrofahrzeugen konsequent. Die Logik der Fünfjahresschritte stammt aus einer Zeit, in der

die CO₂-Minderung nicht über Elektrofahrzeuge, sondern vor allem über diverse Optimierungen am verbrennungsmotorischen Gesamtfahrzeug im Rahmen neuer Modellgenerationen erreicht wurden. Für die Flexibilität der Automobilhersteller könnte ein *Banking-* und *Borrowing-*Mechanismus sinnvoll sein.

Wichtig zu beachten: Aufbau der Ladeinfrastruktur als Voraussetzung für die Transformation der Antriebsstruktur

Eine ausreichende Ladeinfrastruktur ist die Voraussetzung für die Transformation des Pkw-Bestands hin zu Nullemissionsfahrzeugen.

Mit der perspektivisch steigenden Anzahl von E-Pkw nimmt die Bedeutung des Aufbaus einer ausreichend nutzbaren Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge zu. Dies zeigt sich auch in den Bestrebungen des Bundesverkehrsministeriums, über das Deutschlandnetz eine hinreichende Schnellladeinfrastruktur sicherzustellen (BMVI 2021). Auch im Fit for 55-Vorschlag für eine Verordnung auf EU-Ebene spielt die Ladeinfrastruktur eine wichtige Rolle. Hier wird der Aufbau einer Mindestinfrastruktur in Abhängigkeit des Bestands batterieelektrischer Pkw sowie einer Mindestinfrastruktur an Schnellladepunkten entlang des europäischen Straßennetzes in den Mitgliedsstaaten der EU vorgeschlagen (European Commission (EC) 2021).

Wichtig zu beachten: Mögliche Anrechnung von CO₂-Emissionsminderungen durch Kraftstoffe wäre mit Nachteilen verbunden

Die mögliche Anrechnung von THG-Emissionsminderung durch alternative Kraftstoffe würde zu keiner stärkeren THG-Emissionsminderung und eher zu höheren Zielerfüllungskosten für die Hersteller sowie zu höheren Nutzer*innenkosten führen.

Die CO₂-Flottenzielwerte beziehen sich auf die direkten Emissionen eines Fahrzeugs. THG-Emissionsminderungen, die über Kraftstoffe erreicht werden, sind nicht Teil des Regulierungssystems, sondern werden über die nationale Umsetzung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU, die Treibhausgas (THG)-Quote, angereizt. Die getrennten Anreizsysteme für die Emissionsminderung bei den Fahrzeugen (CO₂-Flottenzielwerte) und bei den Kraftstoffen (Erneuerbare-Energien-Richtlinie) haben den Vorteil, dass jeweils die relevanten Akteure für die Emissionsminderung (Automobilhersteller und Inverkehrbringer von Kraftstoffen) zielgerichtet mit jeweils einem Politikinstrument reguliert werden. Gleichzeitig müssen die Verordnungsgeber den jeweiligen Klimaschutzbeitrag der beiden Bereiche im Zusammenspiel mit Blick auf die Erreichung der Sektorziele festlegen. Im Impact Assessment für die Anpassung der CO₂-Flottenzielwerte im Rahmen des Fit for 55-Pakets hat die EU-Kommission verschiedene Anrechnungsoptionen der THG-Emissionsminderung durch Kraftstoffe bei den CO₂-Flottenzielwerten analysiert (EC 2021). Aufgrund der hohen Kosten der Kraftstoffe und der ausbleibenden zusätzlichen THG-Emissionsminderungswirkung durch klimafreundliche Kraftstoffe.

Wichtig zu beachten: Plug-In-Hybride haben derzeit um den Faktor 2 bis 4 höhere CO₂-Emissionen als im WLTP berechnet.

Um die realen Emissionen von Plug-In-Hybriden in der EU-Verordnung zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw adäquat zu berücksichtigen, sollten diese von dem Anreizsystem für ZLEV-Pkw ausgenommen werden und ein Korrekturfaktor bei der Berücksichtigung ihrer CO₂-Emissionen auf Basis des realen Spritverbrauchs eingeführt werden.

Datenanalysen der realen Nutzung von Plug-In-Hybriden haben gezeigt, dass diese Fahrzeuge zum Großteil verbrennungsmotorisch gefahren werden. Während im Norm-Zyklus WLTP ein elektrischer Anteil von etwa 60 bis 80 % hinterlegt ist, wird im realen Betrieb rund zwei bis vier Mal mehr CO₂ emittiert (ICCT und Fraunhofer ISI 2020). Diese Abweichung ist damit deutlich größer als bei Verbrennern und trägt dazu bei, dass sich die Realemissionen der Neuwagenflotte mit jedem neuzugelassenen Plug-In-Hybrid um ungefähr 10-15 t CO₂ erhöhen dürften (gegenüber einer Kombination aus reinen Elektroautos und Verbrennern mit gleich hohen offiziellen CO₂-Normwerten)⁷¹. Dies entspricht den gesamten jährlichen pro-Kopf-Emissionen von ein bis zwei Bundesbürger*innen. Plug-In-Hybride erschweren also die Erreichung der Klimaschutzziele auf Grund ihrer zu niedrigen offiziellen Norm-CO₂-Emissionen, die es Herstellern gestattet, an anderer Stelle die Emissionen ihrer Fahrzeuge weniger zu senken.

Daher sollten in der derzeitigen Überarbeitung der EU-weit geltenden CO₂-Flottenzielwerte für Pkw zwei Änderungen vorgenommen werden: Erstens sollten die Plug-In-Hybride nicht mehr für den Anreizmechanismus zur Förderung von ZLEV-Fahrzeugen anrechenbar sein. Zweitens sollte auf Basis der realen Spritverbräuche ein Korrekturfaktor abgeleitet werden, der die reale Nutzung des elektrischen Antriebs besser abbildet als der derzeit angewendete Nutzfaktor des WLTP. Dies wäre kurzfristig über eine Korrektur der Emissionen der PHEV im Monitoring der Regulierung möglich, ohne das Zulassungsverfahren und die Emissionsberechnung mit dem WLTP zu verändern. Dieser Korrekturfaktor könnte spätestens ab dem Jahr 2025 im Rahmen der CO₂-Flottenzielwerte für die Plug-In-Hybride Anwendung finden (siehe auch Fact-Sheet zu Plug-In-Hybriden).

Wichtig zu beachten: Energieeffizianzreize sollten zukünftig die CO₂-Flottenzielwerte ergänzen, um auch bei elektrischen Pkw Energieeffizienzgewinne zu realisieren.

Die CO₂-Flottenzielwerte liefern keine zusätzlichen Anreize zur Steigerung der Energieeffizienz bei Nullemissionsfahrzeugen. Entsprechend sollte möglichst frühzeitig auch ein Anreizsystem zur Steigerung der Energieeffizienz elektrischer Pkw etabliert werden.

In der EU entsteht durch die CO₂-Flottenzielwerte für die Automobilhersteller eine starke Anreizwirkung, Nullemissionsfahrzeuge auf den Markt zu bringen. Die Zielmetrik „spezifische CO₂-Emissionen“ (in g CO₂/km) führt jedoch dazu, dass durch die CO₂-Flottenzielwerte kein Anreiz entsteht, Nullemissionsfahrzeuge bezogen auf den Stromverbrauch effizienter auszugestalten (Dr. Günter Hörmandinger 2021)(Dr. Günter Hörmandinger 2021). In der Einführungsphase der Nullemissionstechnologien kann wegen der höheren Technologiekosten, z. B. für Batterien, von einem ökonomischen Anreiz der Hersteller ausgegangen werden, die elektrische Reichweite der Fahrzeuge bei möglichst niedrigen Fahrzeugkosten zu erhöhen. Wird jedoch bei den neuen Technologien ein Sättigungsniveau für die Kostendegression erreicht, fällt der Anreiz zur Steigerung der Fahrzeugeffizienz weg. Dementsprechend wichtig ist es, sowohl für die Nutzer*innen (z. B. über differenzierte Förderung je Fahrzeugeffizienz in kWh/km) als auch für die Fahrzeughersteller Anreizmechanismen für eine stärkere Energieeffizienz bei elektrischen Pkw zu entwickeln. Dies können für die Hersteller explizite Energieeffizienzstandards (vgl. zu den CO₂-Flottenzielwerten) oder auch Mechanismen wie beispielsweise Toprunner-Systeme sein (Umweltbundesamt 2013).

⁷¹ Plug-In-Hybride emittieren derzeit im Schnitt 110 g CO₂/km (www.spritmonitor.de). Die CO₂-Norm-Werte für Plug-In-Hybride liegen nach dem Monitoring der Flottenzielwerte derzeit bei ca. 40 g CO₂/km. Für Verbrenner liegen die Realemissionen jedoch nur ca. 15 % über den Norm-Werten (entspricht bei 40 g CO₂/km Mehremissionen von 6g6 g CO₂/km). Somit verursachen PHEV gegenüber einer Kombination von Verbrennern und reinen Elektrofahrzeugen, deren Norm-Emissionen im Schnitt genauso hoch wären, Mehremissionen von ca. 64 g CO₂/km. Bei einer Lebensfahrleistung von 200.000 km entstehen je Plug-In Hybrid zusätzliche CO₂-Emissionen in der Höhe von 10-15 t CO₂ (Annahme 50-75 g CO₂/km an Zusatzemissionen je Plug-In Hybrid).

Wichtig zu beachten: Nationale CO₂-Emissionsstandards können die Transformation des Verkehrssektors beschleunigen.

Deutschland könnte nationale CO₂-Emissionsstandards für Pkw einführen, die ambitionierter als diejenigen der EU sind. Die Einführung solcher nationalen Standards müsste aus rechtlicher Sicht frühzeitig angekündigt und das Ambitionsniveau schrittweise erhöht werden.

Die geltenden CO₂-Flottenzielwerte beziehen sich auf die gesamte europäische Neufahrzeugflotte und damit auf den europäischen Durchschnitt der CO₂-Emissionen. Um für Deutschland eine Vorreiterrolle in der Transformation des Flottenbestandes zu erreichen, sind nationale Zielwerte denkbar, die stringenter sind als die europäischen. Sie können eine, je nach Ausgestaltung, deutliche zusätzliche Minderungswirkung auf nationaler Ebene bewirken, wenn beispielsweise dabei auch für die Jahre zwischen den Stützjahren der europäischen Standards Anforderungen definiert werden. Zu beachten ist jedoch, dass so zwar ein zusätzlicher Beitrag zur Erreichung des deutschen Ziels geleistet wird, es auf EU-Ebene jedoch zur Folge haben kann, dass in anderen Mitgliedsländern die CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Pkw weniger ambitioniert gesenkt werden.

Ein nationaler Emissionsstandard wäre juristisch prinzipiell möglich (Prof. Christian Held et al. 2021), da solche Standards als wirksames Instrument zur Erreichung umweltpolitischer Ziele in europäischem Recht verankert sind. Art. 193 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union (Europäische Union (EU) 2009) gestattet Mitgliedstaaten explizit, zum Schutz der Umwelt über Unionsrecht hinauszugehen. Allerdings muss die Auswirkung solcher verschärften Standards die Verhältnismäßigkeit mit anderen Rechtsgütern, wie den Eigentumsrechten der Automobilhersteller, wahren. Dies kann durch die frühzeitige Ankündigung und die graduelle Verschärfung der nationalen Emissionsstandards (relativ zu EU-weiten Zielen) erreicht werden.

Solche nationalen Emissionsstandards sollten zusätzlich über ambitionierte Anreizinstrumente für den Kauf und die Nutzung von Nullemissionsfahrzeugen sowie weitere Maßnahmen unterstützt werden. Darunter fallen beispielsweise die Förderung eines zügigen Ausbaus der Ladeinfrastruktur für elektrische Pkw sowie zielgerichtete Anreizsysteme für den Kauf von Nullemissionsfahrzeugen (z. B. Bonus-Malus-System).

Ausgestaltungsvorschlag des Umweltbundesamtes zu den CO₂-Flottenzielwerten für Pkw

Kürzlich hat das Umweltbundesamt zur Erreichung der Minderungsvorgaben für den Verkehr bis zum Jahr 2030 nach dem novellierten Bundes-Klimaschutzgesetz vorgeschlagen, neben weiteren Maßnahmen die CO₂-Flottenzielwerte neuer Pkw deutlich zu verschärfen (UBA 2021). So sollen die spezifischen CO₂-Emissionen neuer Pkw bis zum Jahr 2030 um 80 % gegenüber 2021 gemindert werden, statt wie von der EU-Kommission vorgeschlagen, um 55 %. Für das Jahr 2025 solle ein ambitioniertes Zwischenziel von -30 % statt -15 % und ein konkreter Pfad mit Minderungsanforderungen für die Zwischenjahre festgeschrieben werden. Ein Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor sei bei neuen Pkw spätestens zwischen 2032 und 2035 notwendig (UBA 2021). Die Verringerung der spezifischen CO₂-Emissionen solle nach der gleichen Quelle, ergänzt durch eine E-Quote für neuzugelassene Pkw sowie ein Bonus-Malus-System, sichergestellt werden. Letzteres sollte sich an den CO₂-Emissionen orientieren.

Nach Berechnungen des Umweltbundesamtes können die Treibhausgasemissionen des Verkehrs im Jahr 2030 durch die Umsetzung dieser Vorschläge um 13 bis 15 Millionen Tonnen CO₂-Äq. gegenüber der im Projektionsbericht der Bundesregierung 2021 beschriebenen THG-Entwicklung gesenkt werden. Im gleichen Jahr wären dann rund 15 Mio. Elektro-Pkw im Bestand und damit

rund 7,5 Mio. mehr als in der Projektion. Batterie-elektrische Fahrzeuge würden von diesen den Großteil ausmachen.

C.3 Die Einordnung von Plug-In-Hybrid Pkw

Stand: 14. Oktober 2021

Zusammenfassung

Plug-In-Hybride: Eine Kombination aus Batterie, Elektro- und Verbrennungsmotor

Plug-In-Hybrid-Pkw (PHEV) sind Fahrzeuge, die einen Verbrennungsmotor und einen Elektromotor haben und über die Steckdose wie ein reines batterieelektrisches Fahrzeug aufgeladen werden können. Sie können also längere Strecken elektrisch zurücklegen als nicht-aufladbare Hybridfahrzeuge. Ist die Batterie leer, springt der Verbrennungsmotor an.

Plug-In-Hybride werden derzeit nur wenig elektrisch gefahren

Problematisch ist, dass Plug-In-Hybride aktuell überwiegend im verbrennungsmotorischen Modus gefahren werden bzw. zumindest deutlich mehr als in der Gesetzgebung angenommen. Ihr Klimavorteil ist daher geringer oder schlimmstenfalls sogar negativ. Auswertungen von realen Fahrdaten zeigen, dass in Deutschland derzeit der tatsächliche elektrische Fahranteil bei Privatwagen bei rund 43 % und bei Dienstwagen sogar nur bei 18 % liegt.

Plug-In-Hybride helfen den Herstellern, die CO₂-Flottenzielwerte zu erfüllen – trotz zweifelhafter Klimaschutzwirkung

Bei der Bestimmung der offiziellen CO₂-Werte im Typprüfzyklus nach WLTP werden je nach elektrischer Reichweite des Fahrzeuges hohe elektrische Fahranteile von rund 60 % bis 80 % angenommen, um die mittleren CO₂-Emissionen zu berechnen. Plug-In-Hybride sind daher für die Fahrzeughersteller eine gute Strategie, um die CO₂-Flottenzielwerte für Pkw zu erfüllen. In der Realität liegen die Emissionen derzeit jedoch um den Faktor 2 bis 4 höher.

Fehlende wirtschaftliche Anreize zum Laden und geringe elektrische Reichweiten begünstigen niedrige elektrische Fahranteile.

Finanziell lohnt sich das Fahren im elektrischen Modus derzeit oft nur bedingt. Vor allem Nutzer*innen von PHEV-Dienstwagen, die die Kraftstoffkosten, nicht aber die Stromkosten vom Arbeitgeber erstattet bekommen, haben keinen ökonomischen Anreiz, ihr Fahrzeug im elektrischen Fahrmodus zu betreiben. Zusätzlich ist zu beobachten, dass die tägliche Fahrleistung bei Plug-In-Hybrid-Fahrer*innen oft oberhalb der elektrischen Reichweite des Fahrzeuges liegt.

Durch die Förderung von Plug-In-Hybriden entstehen dem Staat hohe Ausgaben

Über Umweltbonus, reduzierten Steuersatz bei der Dienstwagenbesteuerung und eine niedrigere Kfz-Steuer werden Plug-In-Hybride derzeit mit sehr viel Steuermitteln gefördert. Dies verursacht Kosten in Milliardenhöhe. Gleichzeitig ist der Klimanutzen zweifelhaft.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Förderung von Plug-In-Hybriden im Rahmen von Kaufprämie und Dienstwagenbesteuerung kurzfristig aussetzen oder zumindest an strengere Kriterien knüpfen; Anreize zum Laden durch zügigen Ausbau der Ladeinfrastruktur und höhere CO₂-Preise schaffen sowie die Absetzbarkeit der Kraftstoffe als Betriebskosten seitens der Unternehmen beschränken; Anpassung der EU-Verordnung zu den CO₂-Flottenzielwerten: keine zusätzliche Anreizsetzung über den ZLEV-Mechanismus für PHEV und Einführung eines Korrekturfaktors für den Nutzfaktor auf Basis realer Daten; perspektivisch Anpassung des WLTP-Verfahrens an reale CO₂-Emissionen

C.3.1 Plug-In-Hybride: Anrechnungsmethodik bei den CO₂-Flottenzielwerten der EU

Der Kraftstoffverbrauch und damit auch die CO₂-Emissionen von Pkw werden über einen genormten Fahrzyklus ermittelt. Seit September 2017 ist dafür das WLTP-Prüfverfahren (Worldwide Harmonized Light vehicles Test Procedure) in der EU verbindlich vorgeschrieben. Der Kraftstoff- und Stromverbrauch wird dabei in den verschiedenen Phasen eines dynamischen Fahrzyklus, dem sogenannten WLTC (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle) für die aus dem vorgegebenen Fahrprofil resultierenden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen ermittelt und zu einem kombinierten Durchschnittswert aggregiert. Dieser bildet dann auch die Grundlage für die EU-weit geltenden CO₂-Flottenzielwerte für Pkw.

Da Plug-In-Hybride sowohl im elektrischen Modus fahren können als auch im verbrennungsmotorischen Modus genutzt werden, wurde ein Verfahren entwickelt, um einen über beide Modi gewichteten Energie- und CO₂-Wert für diese Antriebstechnologie zu generieren. Dazu wird angenommen, dass zuerst der elektrische Antrieb genutzt wird (charge depleting mode / CD Mode), bis die Batterie entladen ist und anschließend das Fahrzeug im ladungserhaltenden Zustand (charge sustaining mode / CS-Mode), bei gleichzeitiger Nutzung beider Antriebssysteme (Verbrennungsmotor + Elektroantrieb) oder ausschließlicher Nutzung des Verbrennungsmotors, gefahren wird. Es wurde der sogenannte Nutzfaktor (utility factor / UF) als ein Gewichtungsfaktor eingeführt, der das Verhältnis zwischen dem Fahren im CD- und CS-Modus in Abhängigkeit von der elektrischen Reichweite beschreibt. Er basiert auf der Verteilung der täglich zurückgelegten Kilometer und der Annahme einer täglichen Voll-Ladung.

Der Nutzfaktor nach der WLTP-Methode liegt bei den aktuellen elektrischen Reichweiten von 30 bis 60 km zwischen 60 und 80 % (Plötz und Jöhrens 2021). Darauf basierend werden die CO₂-Emissionen für diese Fahrzeuge berechnet.

In der Realität wird deutlich weniger elektrisch gefahren als im Norm-Zyklus angenommen

Datenanalysen der aktuellen realen Nutzung von Plug-In-Hybriden haben gezeigt, dass diese Fahrzeuge zum Großteil verbrennungsmotorisch gefahren werden, während im Norm-Zyklus WLTP in Abhängigkeit der elektrischen Reichweite ein elektrischer Fahranteil von etwa 60 bis 80 % hinterlegt ist.

In der Realität liegt der Anteil der elektrisch gefahrenen Kilometer jedoch deutlich unter dem im Rahmen des WLTP definierten Wert. Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge werden im praktischen Fahrbetrieb deutlich weniger elektrisch bzw. oft überwiegend verbrennungsmotorisch betrieben. Damit verbunden sind deutlich höhere Kraftstoffverbräuche und direkte CO₂-Emissionen. Mehrere im Jahr 2020 veröffentlichte Studien kamen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass PHEV bisher in der Praxis oft nur sehr geringe elektrische Fahranteile erreichen. Datenauswertungen haben gezeigt, dass der elektrische Fahranteil in Deutschland 43 % für Privatfahrzeuge und 18 % für Firmenwagen beträgt (Plötz et al. 2020).

Ein wesentlicher Grund ist, dass in Deutschland die durchschnittliche Jahresfahrleistung von PHEV höher ist als die des durchschnittlichen Pkw-Bestands (Plötz et al. 2020a). Oft werden sie als Dienstwagen beschafft, mit denen häufiger lange Strecken jenseits der Batteriereichweite der PHEV zurückgelegt werden. Auch die mittlere Jahresfahrleistung der privaten PHEV ist mit 21.000 km deutlich höher als der Durchschnitt der Privatfahrzeuge von etwa 14.000 km. Da die vollelektrische Reichweite der meisten aktuellen PHEV derzeit nur bei etwa 50 km liegt, reduziert dies den Anteil der mit Strom gefahrenen Kilometer deutlich (Plötz et al. 2020a). Der für die Emissionsermittlung genutzte WLTP und darin hinterlegte Nutzfaktor entspricht damit nicht der realen Nutzung der PHEV auf der Straße.

Eine aktuelle Veröffentlichung zeigt, dass die elektrische Reichweite bei privat beschafften Pkw doppelt so hoch sein müsste, damit die realen Emissionen in etwa mit denen aus dem WLTP übereinstimmen. Bei Dienstwagen müsste die Reichweite sogar fünfmal so hoch sein, um mit den Werten, die die Grundlage der CO₂-Flottenzielwerte bilden, übereinzustimmen (Plötz und Jöhrens 2021).

Ein weiterer Aspekt ist, dass viele PHEV bei Weitem nicht täglich (wie im WLTP angenommen) geladen werden, da dafür kaum (finanzielle) Anreize bestehen. Die Voraussetzungen durch die entsprechende Ladeinfrastruktur und ein angemessenes Kostenverhältnis zwischen Kraftstoff und Strom müssten für häufiges Laden weiter verbessert werden.

Anpassung des WLTP ist notwendig, um die realen Emissionen von PHEV besser abzubilden.

Um die realen CO₂-Emissionen von Plug-In-Hybriden adäquat auszuweisen, muss beim WLTP der Nutzfaktor hinsichtlich eines realistischeren Verhältnisses zwischen elektrischer und verbrennungsmotorischer Fahrleistung angepasst werden.

Neben der elektrischen Fahrleistung gibt es noch einen weiteren Grund, warum die CO₂-Emissionen von Plug-In-Hybriden im realen Betrieb höher liegen: Trotz vollständiger bzw. ausreichender Akkukapazität können Plug-In-Hybride auf der Autobahn oder beim Kaltstart durchaus auch Kraftstoff verbrauchen, da der Verbrennungsmotor in verschiedenen Fahrsituationen zur Unterstützung zugeschaltet wird. Der Akku des Fahrzeuges wird nicht immer wie für den Nutzungsfaktor angenommen erst leer gefahren.

Um die realen CO₂-Emissionen von Plug-In-Hybriden adäquat auszuweisen, muss der WLTP bezüglich des Nutzungsfaktors angepasst werden. Eine kurzfristiger wirkende Option wäre es, wenn bei der derzeit laufenden Überarbeitung der Verordnung zu den Pkw-Flottenzielwerten Plug-In-Hybride für den Anreizmechanismus zur Förderung von niedrig emittierenden und Nullemissionsfahrzeugen (zero and low emission vehicles / ZLEV) nicht mehr anrechenbar wären und im Monitoring auf Basis realer Nutzungsdaten ein Korrekturfaktor für die Emissionsberechnung der Plug-In-Hybride eingeführt würde (Plötz und Jöhrens 2021).

C.3.2 Klimaschutzbeitrag

Wie können strengere Kriterien für PHEV zum Klimaschutz beitragen?

Werden die Potenziale von Plug-In-Hybriden durch tägliches Laden und damit einem höheren Anteil an elektrischer Fahrleistung ausgeschöpft, können die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs im Jahr 2030 um gut 4 Millionen Tonnen gesenkt werden.

Da Plug-In-Hybride mit einem deutlich höheren Anteil im Verbrennungsmodus betrieben werden als über das Typgenehmigungsverfahren angenommen wird, liegen auch der Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen von PHEV im realen Fahrbetrieb deutlich höher als in den Fahrzeugpapieren ausgewiesen. Im Durchschnitt wurden etwa zwei- bis viermal höhere Werte als die der Typgenehmigung berechnet (Plötz et al. 2020a).

Gegenüber den bisherigen Prognosen, die hinsichtlich des elektrischen Fahranteils auf Annahmen des WLTP beruhen, können die CO₂-Mehremissionen damit um bis zu 4,3 Millionen Tonnen im Jahr 2030 höher liegen. Das ist dann der Fall, wenn Plug-In-Hybride weiterhin überwiegend verbrennungsmotorisch betrieben werden. Berechnungen zeigen aber auch, dass bei einer täglichen Ladung der Plug-In Hybride diese Mehremissionen um rund 3,5 Millionen

Tonnen auf nur noch rund 0,8 Millionen Tonnen reduziert werden können (ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) et al. 2020).

Eine hohe Zahl an Plug-In-Hybriden kann also die Erreichung der deutschen Klimaschutzziele erschweren, wenn ihre niedrigen Norm-CO₂-Emissionen - welche nicht den Emissionen im Realbetrieb entsprechen - es Herstellern gestatten, an anderer Stelle weniger ambitioniert die CO₂-Emissionen ihrer Fahrzeuge zu senken und trotzdem die EU-weit geltenden CO₂-Flottenzielwerte zu erreichen. Zum Klimaschutz beitragen können Plug-In-Hybride nur dann, wenn strengere Kriterien mit deren Förderung verbunden werden, ihre Berücksichtigung bei den CO₂-Flottenzielwerten und im WLTP an die realen Emissionen angepasst wird sowie die Voraussetzungen für häufiges Laden durch die entsprechende Ladeinfrastruktur und ein angemessenes Kostenverhältnis zwischen Kraftstoff und Strom bestehen.

C.3.3 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Derzeit werden PHEV im Wesentlichen über die Kaufprämie, die Kfz-Steuererleichterung sowie bei Dienstwagen über die reduzierte Versteuerung des geldwerten Vorteils gefördert.

Wichtig zu beachten: Weiterführung der derzeitigen Förderpolitik führt zu hohen Kosten bei zweifelhaftem Nutzen

Der Kauf von Plug-In-Hybriden wird derzeit über mehrere Förderinstrumente angereizt. Gleichzeitig zeigen verschiedene Studien, dass deren Klimanutzen derzeit oft nicht gegeben ist.

Für Pkw mit CO₂-Emissionen von bis zu 95 g/km (d. h. vor allem Plug-In-Hybride) werden 30 Euro der Kfz-Jahressteuer für maximal 5 Jahre nicht erhoben, für rein batterieelektrische Pkw müssen keine Kfz-Steuern gezahlt werden. Diese Regelung ist begrenzt bis Ende 2025. Bis Anfang 2021 zugelassene Plug-In-Hybride werden also in Summe mit bis zu 150 Euro im Rahmen der Kfz-Steuer finanziell gefördert. Der Betrag reduziert sich entsprechend, je später das Fahrzeug zugelassen wird. Allein für das Jahr 2025 bedeutet das aber bei einer angenommenen Anzahl von 3 Mio. Plug-In-Hybriden reduzierte Kfz-Steuereinnahmen von rund 90 Mio. Euro.

Beim Fahrzeugkauf wird für reine Elektro-Pkw sowie Plug-In-Hybrid-Pkw mit dem Umweltbonus eine zusätzliche Prämie gewährt, die zunächst jeweils zur Hälfte aus einem Bundesanteil und einem Herstelleranteil finanziert wurde. Im Rahmen des Konjunktur-Programms wurde der Bundesanteil am Umweltbonus verdoppelt (sog. "Innovationsprämie"). Damit beträgt die Kaufprämie derzeit für Plug-In-Hybride mit einem Netto-Listenpreis bis 40.000 Euro 9.000 Euro und mit einem Netto-Listenpreis zwischen 40.000 und 65.000 Euro 5.625 Euro. Zunächst sollte die Innovationsprämie bis Ende 2021 gezahlt werden, sie wurde dann bis Ende 2025 verlängert. Im Jahr 2020 gingen rund 110.000 Anträge für den Umweltbonus für Plug-In-Hybride beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) ein. Werden diese mit durchschnittlich 4.000 Euro Staatsgeld gefördert, so sind das allein für 2020 440 Mio. Euro. Bei gleichbleibender Anzahl an Förderungen pro Jahr ergeben sich bis 2025 noch einmal zusätzliche Kosten für den Staatshaushalt in Höhe von 2,2 Mrd. Euro. Würde die Anzahl der Neuzulassungen deutlich steigen – wonach die Hochlaufkurve für Elektrofahrzeuge derzeit aussieht - und beispielsweise bei 3 Mio. geförderten PHEV bis 2025 liegen, so wären es 12 Mrd. Euro.

Für Plug-In-Hybride wird der zu versteuernde geldwerte Vorteil für die Nutzer*innen nur halb so hoch angesetzt wie für reine Verbrennerfahrzeuge. Das heißt, dass die Nutzer*innen statt 1 %

nur 0,5 % des Listenpreises pro Monat versteuern müssen. Die Ersparnisse für einen Plug-In-Hybrid-Dienstwagen fallen damit deutlich ins Gewicht. Ein Beispiel: Bei einem durchschnittlichen Bruttolistenpreis von 40.000 Euro, einer Entfernung zum Arbeitsplatz von 17 Kilometern und einem Grenzsteuersatz von 42 % sind für einen konventionellen Dienstwagen rund 3.000 Euro Steuern p.a. zu zahlen. Für einen Plug-In-Hybrid sind es nur 1.500 Euro. Bei 1 Mio. PHEV-Dienstwagen wären das 1,5 Mrd. Euro Steuerausfälle allein in einem Jahr.

Da eine Reduktion der CO₂-Emissionen durch Plug-In-Hybride nicht grundsätzlich gegeben ist, entstehen dem Staat also ohne einen garantierten Klimanutzen Ausgaben bzw. Mindereinnahmen in Höhe von mehreren Milliarden Euro.

Wichtig zu beachten: Kriterien für elektrische Reichweite UND CO₂-Emissionen sind wichtig – ein ODER reicht nicht aus

Für die tatsächlichen CO₂-Emissionen von Plug-In-Hybriden sind sowohl die elektrische Reichweite als auch die Auslegung des Verbrennungsmotors (Motorisierung) ausschlaggebend.

Für die Förderung von PHEV im Rahmen der Kaufprämie und der Dienstwagenbesteuerung gilt bisher: Die Mindestreichweite muss 40 km betragen *oder* der CO₂-Ausstoß unterhalb von 50 g/km liegen. Die Mindestreichweite wird ab 2022 auf 60 km und ab 2025 auf 80 km erhöht – allerdings soll das „*oder*“-Kriterium beibehalten werden. Alle Fahrzeuge unterhalb von 50 g CO₂/km bleiben damit förderfähig; eine hohe elektrische Reichweite wird nicht zum Mindestkriterium.

Aufgrund der verzerrend wirkenden Berechnungsmethode der CO₂-Emissionen nach WLTP werden jedoch auch für Fahrzeuge mit geringeren Reichweiten in vielen Fällen zumindest im Prüfmodus CO₂-Emissionen im WLTP von unter 50 g/km erreicht, weshalb die erhöhte Reichweitenanforderung dann nicht greift.

Wird an der Förderung von Plug-In-Hybriden festgehalten, sollten sowohl die Reichweitenanforderung als auch die CO₂-Grenze erfüllt werden. Die Anforderungen an die CO₂-Emissionen sollten außerdem im Zeitverlauf sinken sowie die Reichweitenanforderung stärker steigen als bisher vorgesehen. Nur so können geförderte Plug-In-Hybride zum Klimaschutz beitragen.

Derzeit gibt es damit kaum Anreize für Hersteller, PHEV energieeffizient bzw. auf hohe elektrische Fahrleistungen auszulegen. Aufgrund der aktuellen Förderinstrumente sind PHEV als Dienstwagen besonders attraktiv. Der Dienstwagenmarkt ist generell von überdurchschnittlich großen, leistungsstarken Fahrzeugen geprägt, was einen Anreiz für die Hersteller darstellt, solche Fahrzeuge bevorzugt als PHEV anzubieten. Angesichts dieser Angebotslage kann die Förderung umgekehrt auch einen Anreiz bedeuten, sich für ein überdimensioniertes Fahrzeug zu entscheiden, mit einem insgesamt höheren Energieverbrauch.

Hinzu kommt, dass sich die Batteriekapazität und damit die elektrische Reichweite in vielen Fällen am unteren Rand dessen bewegt, was für die Anrechnung der Fahrzeuge als PHEV bzw. die Inanspruchnahme der Privilegien erforderlich ist.

In Großbritannien z. B. werden PHEV-Dienstwagen (mit CO₂-Emissionen unter 50 g CO₂/km) in Abhängigkeit der Reichweite besteuert: Ab 2022/2023 sind bei einer Reichweite von unter 30 Meilen (48 km) 14 % des Anschaffungspreises zu versteuern, d. h. deutlich mehr als für ein PHEV in Deutschland mit etwa 6 %. Der Steuersatz, in diesem Fall der zu versteuernde Anteil des Anschaffungspreises, sinkt mit steigender Reichweite auf 2 % bei mindestens 130 Meilen Reichweite (209 km) (Carmen Data 2021).

Wichtig zu beachten: Laden sollte sich lohnen

Je weniger geladen wird, desto mehr wird im Verbrennermodus gefahren. Es braucht ökonomische Anreize zum Laden sowie eine ausreichende Ladeinfrastruktur, um den elektrischen Fahranteil von Plug-In-Hybriden zu erhöhen.

Bei der Nutzung von Plug-In-Hybriden gibt es derzeit nur geringe Anreize, das Fahrzeug regelmäßig zu laden, denn Deutschland hat mit die höchsten privaten Strompreise in Europa und vergleichsweise niedrige Kraftstoffpreise (Plötz et al. 2020a). Entsprechend wichtig ist es, durch steigende CO₂-Preise sowie eine Entlastung bei den Strompreisen (z. B. Wegfallen der EEG-Umlage bzw. der Stromsteuer) einen Anreiz für häufiges Laden zu schaffen.

Und auch hier spielen Dienstwagenfahrer*innen eine besondere Rolle: Für sie gibt es oft praktisch keine ökonomischen Anreize, Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge zu laden und elektrisch zu fahren. In Deutschland werden die Betriebskosten für Dienstwagen und damit auch die Kraftstoffkosten z. B. über Tankkarten oft vom Unternehmen übernommen – nicht nur für dienstliche, sondern auch für private Fahrten. Für den Strom ist das oft noch nicht der Fall. Dadurch ist ein finanzieller Anreiz gegeben, den Plug-In-Hybrid im Verbrennungsmodus zu fahren und so Strom und damit Geld zu sparen. Hinzu kommt, dass Arbeitgeber nur selten das Schaffen einer Heimlademöglichkeit unterstützen. Diese Konstellation führt zu sehr niedrigen elektrischen Fahranteilen von Plug-In-Hybrid-Dienstwagen von 18 % (Plötz et al. 2020).

C.3.4 Ausgestaltungsvorschlag

Abbau der Förderung von Plug-In-Hybriden durch Kaufprämien und Dienstwagenbesteuerung.

Die derzeitigen Förderinstrumente für Plug-In-Hybride (v.a. Umweltbonus, Dienstwagenbesteuerung) verursachen hohe Kosten, der Nutzen fürs Klima ist jedoch sehr zweifelhaft. Sie sollten daher zeitnah abgebaut werden.

Da derzeit die realen CO₂-Emissionen der PHEV um ein Vielfaches höher sind als die CO₂EmissionenCO₂EmissionenCO₂Emissionen nach Testzyklus, führen zusätzliche Plug-In-Hybride zu Mehremissionen gegenüber der angestrebten Minderung durch die CO₂-Flottenzielwerte. Sie sollten daher nicht weiter mit Steuermitteln gefördert werden. Hinzu kommt, dass die Förderung von PHEV als Brückentechnologie das Tempo der Antriebswende hin zu rein batterieelektrischen Pkw verlangsamen kann und damit Fehlanreize setzt.

Daher sollte sowohl die Kaufprämie für PHEV vorzeitig abgeschafft als auch die Steuerermäßigung für PHEV (0,5 %-Regel) im Rahmen der Dienstwagenbesteuerung so bald wie möglich ausgesetzt werden.

Wie stark Käufer*innen auf veränderte Anreize reagieren, haben Erfahrungen in den Niederlanden gezeigt. Im Zeitraum 2013 bis 2016 stieg dort die Zahl der Plug-In-Hybride stark an, hauptsächlich aufgrund der Steuervorteile für diese Fahrzeuge (u. a. im Rahmen eines Bonus-Malus-Systems). Da Plug-In-Hybride nicht zwingend umweltfreundlich sind und außerdem deutlich weniger Einnahmen durch die Neuzulassungssteuer generiert wurden als erwartet, wurde die Plug-In-Hybrid-Förderung ausgesetzt. Während 2015 und 2016 der Anteil der Plug-In-Hybride an den E-Pkw-Neuzulassungen noch bei über 85 % lag, hat sich das Verhältnis in den zwei Folgejahren zugunsten der rein batterieelektrischen Pkw umgekehrt.

Als zweitbeste Alternative ist denkbar, die Gewährung der Förderung an strengere Kriterien zu koppeln. So könnte die elektrische Mindestreichweite bereits 2022 auf 80 km und ab 2023 auf

100 km erhöht werden sowie die Obergrenze für die maximal zulässigen CO₂-Emissionen kontinuierlich abgesenkt werden. Da für die tatsächlichen CO₂-Emissionen von Plug-In-Hybriden sowohl die Reichweite als auch die Auslegung des Verbrennungsmotors (Motorisierung) ausschlaggebend sind, sollten die Förderkriterien Mindestreichweite und CO₂-Emissionen enthalten.

Auf Basis der ab 2022 veröffentlichten On-Board Fuel Consumption Meter-Daten könnte auch ein Anpassungsfaktor für den realen Kraftstoffverbrauch und damit die realen CO₂-Emissionen abgeleitet werden und als *default*-Wert für die Förderkriterien mit aufgenommen werden. Werden höhere elektrische Reichweiten und niedrigere reale CO₂-Emissionen als bei den *default*-Werten erreicht, so kann das über ein Auslesen der On-Board Daten, z. B. bei der Hauptuntersuchung, im Nachhinein nachgewiesen werden. Im Rahmen der Dienstwagenbesteuerung kann dann entsprechend jedes Jahr die Höhe des zu versteuernden geldwerten Vorteils an die reale Nutzung angepasst werden. Bei der Kaufprämie könnte es so ausgestaltet sein, dass die volle Höhe der Förderung erst nach einem Jahr in Abhängigkeit der realen Nutzung ausgezahlt wird, was jedoch mit einem deutlich höheren Verwaltungsaufwand einhergehen würde.

Steuerliche Absetzbarkeit von Kraftstoffkosten als Betriebsausgaben einschränken.

Die steuerliche Absetzbarkeit von Kraftstoffkosten für dienstlich und privat gefahrene Dienstwagen sollte aus klimapolitischen Gründen eingeschränkt werden, um Fehlanreize für die Nutzung im Verbrennermodus zu vermeiden.

Viele Unternehmen übernehmen die Kraftstoffkosten der Arbeitnehmer*innen auch für private Fahrten (z. B. durch Bereitstellung einer Tankkarte). Das Laden hingegen – auch weil es einen höheren administrativen Aufwand darstellt, wenn beispielsweise zu Hause mit der eigenen Wallbox geladen wird – wird meist nur an der unternehmenseigenen Ladeinfrastruktur am Arbeitsplatz übernommen. So entstehen finanzielle Anreize für die Arbeitnehmer*innen, das Fahrzeug im Verbrennermodus zu fahren. Um zusätzliche Anreize zu schaffen, PHEV elektrisch zu nutzen, sollten Kraftstoffkosten vom Arbeitgeber nicht mehr als Betriebsausgaben steuerlich abgesetzt werden können. Eine solche Regelung sollte im Sinne des Klimaschutzes auf alle Kraftstoffkosten unabhängig vom Antriebssystem angewendet werden (siehe auch Fact Sheet zur Dienstwagenbesteuerung).

EU-Monitoring zu realen Verbrauchsdaten (OBFCM) auf Pkw-Modell-Ebene veröffentlichen.

Über On-Board Fuel Consumption Meter (OBFCM) werden reale Verbräuche und Fahrleistungsanteile ausgelesen. Um diese Daten u. a. zur Ableitung von Korrekturfaktoren hinsichtlich Norm- vs. Realverbräuchen nutzen zu können, sollten sie auf der Ebene der Pkw-Modelle und nicht als ein aggregierter Wert veröffentlicht werden.

Der reale elektrische Fahranteil der europäischen PHEV-Flotte ist seit 2021 Gegenstand eines Monitorings der EU-Kommission mittels On-Board Fuel Consumption Meter (OBFCM), einem standardisierten Verbrauchsmessgerät. Dabei handelt es sich um ein System, das bei reinen Verbrennern den Kraftstoff-, bei Elektroautos den Energieverbrauch und bei Hybriden beides erfasst. Bei Plug-In-Hybriden wird zusätzlich erfasst, wie oft elektrisch und wie oft mit Unterstützung des Verbrennungsmotors gefahren wird.

Die auf diesem Weg erfassten Daten müssen jährlich von den Herstellern an die EU-Kommission berichtet werden. Noch nicht entschieden ist, auf welchem Aggregationsniveau die Daten dann von der Kommission veröffentlicht werden. Für einen zusätzlichen Erkenntnisgewinn

hinsichtlich der realen Kraftstoffverbräuche und elektrischer Fahrleistungsanteile wäre es wichtig, zumindest auf Länder- und Herstellerebene Daten zur Verfügung zu stellen. Auch um die Daten für nationale Maßnahmen nutzen zu können, wäre ein möglichst disaggregiertes Format notwendig. Um die Daten z. B. über Anpassungsfaktoren in die Förderkriterien für Plug-In-Hybride aufzunehmen oder aber als Grundlage für die Berücksichtigung von Plug-In-Hybriden in der Pkw-Verordnung zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw zu dienen, müssten sie auf Modellebene bereitgestellt bzw. für das Monitoring der CO₂-Flottenzielwerte angewendet werden. Die Kommission muss 2022 erstmals auf Basis der OBFCM einen Bericht vorlegen.

Anrechnung der Plug-In-Hybride im Rahmen der CO₂-Flottenzielwerte ändern.

Um die realen Emissionen von Plug-In-Hybriden in der EU-Verordnung zu den CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw adäquat zu berücksichtigen, sollten diese vom Anreizmechanismus für ZLEV-Fahrzeuge ausgenommen werden und ein Korrekturfaktor bei der Berücksichtigung ihrer CO₂-Emissionen eingeführt werden.

In der derzeitigen Überarbeitung der EU-weit geltenden CO₂-Flottenzielwerte für Pkw sollten zwei Änderungen hinsichtlich der PHEV vorgenommen werden: Erstens sollten die Plug-In-Hybride nicht mehr für den Anreizmechanismus zur Förderung von ZLEV-Fahrzeugen anrechenbar sein, der ab dem Jahr 2025 wirksam werden wird. Zweitens sollte ein Korrekturfaktor abgeleitet werden, der die reale Nutzung des elektrischen Antriebs besser abbildet als der derzeit angewendete Nutzfaktor des WLTP. Dieser könnte mindestens kurzfristig als Korrekturfaktor der PHEV-Emissionen im Monitoring der Regulierung integriert werden, ohne dass das Zulassungsverfahren und die Emissionsberechnung mit dem WLTP bei der Zulassung verändert werden muss (Plötz und Jöhrens 2021). Dieser Korrekturfaktor könnte spätestens ab dem Jahr 2025 im Rahmen der CO₂-Flottenzielwerte für die Plug-In-Hybride Anwendung finden.

Verbraucherinformation über die Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung verbessern.

Damit Käufer*innen von Plug-In-Hybriden einschätzen können, welche Energieverbräuche bei ihnen mit Blick auf Ladeoptionen und elektrische Fahrleistung des Pkw entstehen können, ist es notwendig, im Rahmen der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung für Pkw bei PHEV auch den Kraftstoffverbrauch bei leerer Batterie (CS-Mode) separat auszuweisen.

Für die Verbraucher*innen ist es schwer, die Klimawirkungen und den Energieverbrauch ihres Plug-In-Hybrid-Fahrzeugs einzuschätzen. Ähnlich wie bei Kühlschränken gibt es zwar eine Energieeffizienzkenzeichnung für Pkw. Aber es wird nur ein kombinierter Wert von verbrennungsmotorischem und elektrischem Betrieb für den Verbrauch für Plug-In-Hybride angegeben. Dadurch haben potenzielle Käufer*innen nicht die Möglichkeit einzuschätzen, welche Klimawirkung es hätte (und auch welche Kosten sich ergeben würden), wenn das Fahrzeug sehr viel im Verbrennungsmodus gefahren wird, weil beispielsweise keine Ladeinfrastruktur zur Verfügung steht oder sie oft Strecken fahren, die über die elektrische Reichweite des Fahrzeuges deutlich hinaus gehen. Daher sollte bei der Novelle der Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung für Pkw darauf geachtet werden, dass bei PHEV der Kraftstoffverbrauch bei leerer Batterie (CS-Mode) separat ausgewiesen wird.

C.4 Umgestaltung der Kfz-Steuer: Bonus-Malus-System

Stand: 14. Oktober 2021

Zusammenfassung

Anreize zum Kauf effizienter Pkw

Eine stärkere Ausrichtung der Kfz-Steuer am CO₂-Ausstoß setzt einen Anreiz zur Beschaffung verbrauchsarmer und emissionsarmer Fahrzeuge und damit für den Klimaschutz. Allerdings werden Kostenvorteile durch niedrigere Verbrauchskosten über die Lebensdauer von den Neuwagenkäufer*innen oft unterschätzt. Instrumente, die direkt beim Kauf des Fahrzeuges ansetzen, sind daher effektiver.

„Einmalzahlung“ für Pkw mit CO₂-Emissionen beim Kauf: Bonus-Malus-System

Bei einem Bonus-Malus-System bekommen Käufer*innen eines besonders CO₂-armen Autos einen Bonus (wie z. B. die derzeitige Kaufprämie für E-Pkw), wohingegen beim Kauf eines Pkw mit höheren CO₂-Emissionen ein Malus gezahlt werden muss, der zudem mit dem CO₂-Ausstoß ansteigt. Wer das Klima belastet, muss also mehr bezahlen, und wer es weniger belastet, bekommt einen Zuschuss. Einmalzahlungen beim Kauf eines Pkw haben dabei einen größeren Effekt als jährliche Kfz-Steuern. In vielen europäischen Ländern gibt es bereits ein entsprechendes System über eine Neuzulassungssteuer. In Deutschland wäre es am einfachsten umzusetzen, wenn die Kfz-Steuer im Jahr der Erstzulassung angehoben wird.

Bonus-Malus-Systeme sind sozialverträglicher als reine Kaufprämien für E-Pkw

Bei einem Bonus-Malus-System finanzieren nicht alle Steuerzahlenden den Kauf von E-Pkw, sondern nur diejenigen, die sich einen CO₂-intensiven Neuwagen leisten können. Durch die Mehreinnahmen des Malus kann der Bonus (die Kaufprämie) gegenfinanziert werden.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Die jährliche Kfz-Steuer wird wie bisher weitergeführt, aber es wird ab 2023 - zunächst als Ergänzung zur Kaufprämie für E-Autos - schrittweise ein einmaliger Malus im ersten Jahr der Zulassung in das derzeitige Abgaben- und Steuersystem integriert. Damit die Kaufprämie vollständig gegenfinanziert werden kann und ein Anreiz zum Kauf emissionsarmer Pkw über den EU-CO₂-Flottenzielwert hinaus besteht, sollte ab 2023 für Pkw ab 95 Gramm CO₂ pro Kilometer (g CO₂/km) ein Malus von 60 Euro pro Gramm CO₂ (Euro/g CO₂) fällig werden. In fünf weiteren Stufen steigt der Malus dann weiter an und ab 195 g CO₂/km sind 200 Euro/g CO₂ zu zahlen. Beim Kauf von Verbrennern unter 95 g CO₂/km würde kein Malus fällig, aber auch kein Bonus bezahlt – das wäre auch für Plug-In-Hybride der Fall. Dafür entfällt die Kaufprämie für Plug-In-Hybride ab 2022 und für rein batterieelektrische Pkw ab 2025.

C.4.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

Die Kfz-Steuer für Pkw ist in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern sehr niedrig, eine Einmalzahlung beim Fahrzeugkauf (Malus) wird nicht erhoben. Bonus-Malus-Systeme – sei es als Zulassungssteuer oder als erhöhter Kfz-Steuersatz im ersten bzw. den ersten Jahren - gibt es aber bereits in vielen (EU-)Ländern.

Tabelle 21: Ausgestaltung der Kaufprämie und Malus in ausgewählten Ländern

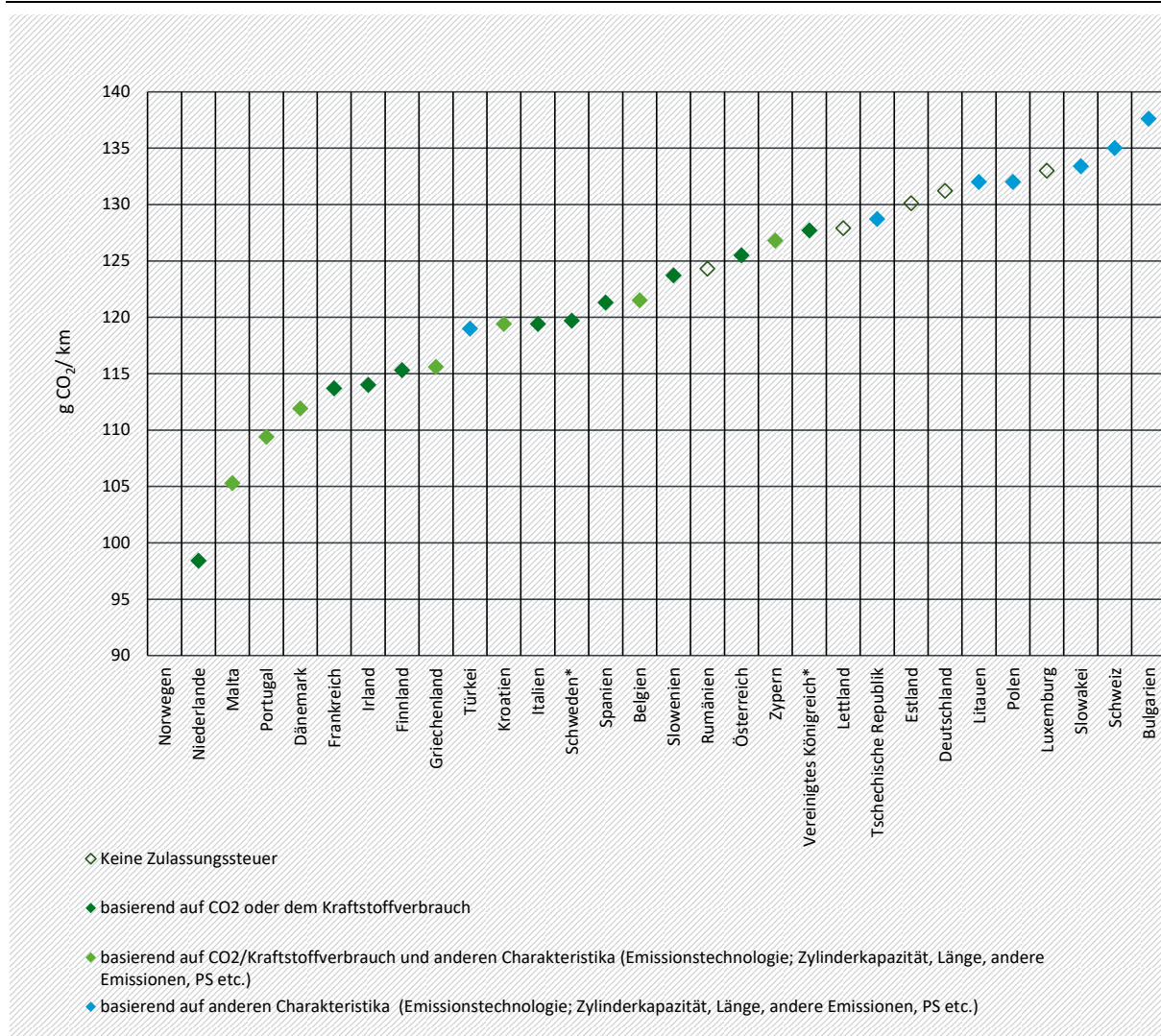
Land	Kaufprämie (Bonus)	Malus		
		E-Pkw	VW Golf 120 g CO ₂ /km	Opel Insignia 166 g CO ₂ /km
Die Niederlande nutzen eine jährliche Fahrzeugsteuer in Kombination mit einer einmaligen Zulassungssteuer.	4.000 Euro	3.146 Euro	16.839 Euro	25.262 Euro
In Großbritannien ist im ersten Jahr nach Zulassung des Fahrzeugs im Rahmen der Kfz-Steuer ein erhöhter Steuersatz zu zahlen, wodurch sich ein Zulassungssteuer-ähnlicher Effekt ergibt.	3.360 Euro	196 Euro	605 Euro	1.462 Euro
In Frankreich existiert seit 2007 ein Bonus-Malus-System in Form einer Zulassungssteuer, deren Höhe dynamisch angepasst wird.	6.000 Euro	50 Euro	ca. 1.000 Euro	ca. 14.500 Euro
Portugal erhebt seit 1998 eine progressive Zulassungssteuer auf Basis von Hubraum und CO ₂ -Ausstoß.	3.000 Euro	16 Euro	975 Euro	4.700 Euro
In Schweden zahlen Käufer*innen von neuen Benzin- und Diesel-Pkw seit Juli 2018 in den ersten drei Jahren nach der Erstzulassung eine erhöhte jährliche Kfz-Steuer (Angaben summiert über die drei Jahre). Danach wird die jährliche Kfz-Steuer dann auf das frühere Niveau gesenkt.	5.940 Euro	717 Euro	2.028 Euro	3.237 Euro

Quelle: Berechnungen auf Basis von (ACEA 2020; ADAC 2021a)

Länder mit CO₂- oder verbrauchsbasierten Zulassungssteuern weisen im Durchschnitt niedrigere CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw auf als die Länder, die kein vergleichbares System haben. Norwegen und die Niederlande haben den stärksten Anstieg des Malus für Fahrzeuge mit hohen CO₂-Emissionen. Seit der Einführung 2008 in den Niederlanden sind die durchschnittlichen CO₂ Emissionen neu zugelassener Pkw innerhalb von 10 Jahren um 32 % gesunken, während der Rückgang im EU-Durchschnitt nur bei 22 % und in Deutschland bei 23 % lag. In Norwegen ist im Zeitraum 2013-2018 ein Rückgang von fast 40 % im Gegensatz von

nur rund 6 % in der EU zu verzeichnen (Auswertungen auf Basis ICCT (2020)). Zum Teil ist dies auch auf einen deutlichen Anstieg von E-Pkw zurückzuführen, der in Norwegen zusätzlich über weitere Maßnahmen zur Förderung der Elektromobilität, wie einer CO₂-differenzierten Dienstwagenbesteuerung und günstigen Voraussetzungen für die Nutzung von E-Pkw (u. a. durch die entsprechende Ladeinfrastruktur), zurückzuführen ist.

Abbildung 62: Bonus-Malus-Systeme in (EU-)Ländern korrelieren mit niedrigen CO₂-Emissionen (Bezugsjahr 2019)



*durch erhöhte Kfz-Steuer in den ersten 1-3 Jahren umgesetzt

**bspw. Emissionstechnologie; Zylinderkapazität, Länge, andere Emissionen, PS etc.

Quelle: Nach Blanck et al. (2020b), mit Daten aus European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2019), Mock und Díaz (2020) und European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2020b)

C.4.2 Klimaschutzbeitrag

Eine stärkere Ausrichtung der jährlichen Kfz-Steuer am CO₂-Ausstoß setzt einen Anreiz zur Beschaffung emissionsarmer Fahrzeuge. Allerdings unterschätzen Neuwagenkäufer*innen systematisch Kostenvorteile über die Lebensdauer. Das Niveau der Kfz-Steuer müsste daher auf ein Mehrfaches erhöht werden, um eine nennenswerte Lenkungswirkung CO₂-armer Pkw und damit für einen klimafreundlicheren Pkw-Verkehr zu erzielen.

Eine deutlich stärkere Lenkungswirkung würde hingegen ein Preissignal direkt beim Kauf oder in den ersten Jahren nach der Zulassung des Fahrzeuges entfalten. Eine Ausgestaltung der Kfz-Steuer im Sinne eines solchen Bonus-Malus-Systems ist damit ein zentrales Element zur Erreichung der Klimaschutzziele im Verkehr.

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Anreiz zum Kauf von effizienten Verbrennern und E-Pkw → mehr effiziente Pkw im Fahrzeugbestand → bei gleichbleibender Fahrleistung Minderung der CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs.

Eine nach CO₂ gespreizte Kfz-Steuer hat Wechselwirkungen mit den europäischen Pkw-Flottenzielwerten. In der derzeitigen moderaten Ausgestaltung unterstützt sie lediglich das Erreichen der CO₂-Standards. Ein Bonus-Malus-System könnte dagegen auch eine Wirkung über die Standards hinaus haben, wenn es entsprechend ambitioniert ausgestaltet ist.

Der Malus setzt einen zusätzlichen nationalen Anreiz, Pkw mit effizienterem Verbrennungsmotor zu kaufen und wirkt damit der Gefahr von Rebound-Effekten entgegen. Denn wenn deutlich mehr E-Pkw verkauft werden, ohne dass die europäischen CO₂-Flottenzielwerte angepasst werden, besteht sonst die Gefahr, dass die Automobilhersteller im Gegenzug auch eine größere Anzahl an weniger effizienten Benzin- und Diesel-Pkw verkaufen. Verbrenner haben aufgrund ihrer „unbegrenzten“ Reichweite gegenüber E-Pkw wahrscheinlich auch eine höhere jährliche Fahrleistung, so dass in Summe die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs nicht abnehmen oder sogar ansteigen können.

C.4.3 Mehr soziale Gerechtigkeit

Eine Anpassung der jährlichen Kfz-Steuer kann zu mehr sozialer Gerechtigkeit beitragen, wenn Besserverdienende, welche im Durchschnitt größere, schwerere und verbrauchsintensivere Fahrzeuge nutzen, steuerlich stärker belastet werden als Geringverdienende, die im Schnitt kleinere, leichtere und verbrauchsärmere Pkw fahren. So zeigen Auswertungen von Daten des Mobilitätspanels, dass Fahrzeuge mit sehr hohen CO₂-Emissionen vor allem von einkommensstarken Haushalten gekauft werden: Im 5. Quintil, den 20 % der Bevölkerung mit dem höchsten Einkommen, haben über 10 % der Neuwagen CO₂-Emissionen von über 180 g CO₂/km. Bei den übrigen Haushalten liegt der Anteil dieser hoch emittierenden Fahrzeuge dagegen bei unter 5 % (BMAS 2021).

Hinzu kommt: Auch wenn die Kaufprämie für E-Pkw zukünftig den Gebrauchtwagenmarkt stimuliert, wirkt die derzeitige Kaufprämie diskriminierend gegenüber Verbraucher*innen, die sich derzeit kein Auto bzw. kein neues E-Auto leisten können. Da es sich in den nächsten Jahren um eine enge Zielgruppe von Begünstigten handelt, kann dies negative Verteilungswirkungen haben. Ein Bonus-Malus-System ist viel sozialverträglicher. Dann erfolgt nämlich die Gegenfinanzierung der Kaufprämie nicht aus dem allgemeinen Steuerhaushalt (jede*r Steuerzahler*in finanziert den Kauf von E-Pkw für wenige, meist Besserverdienende mit), sondern durch die Neuwagenkäufe über einen Zuschlag für CO₂-intensive Pkw (einem Malus).

Bei einer deutlichen Erhöhung der Steuerlast wäre es zudem möglich, besonders belasteten Bevölkerungsgruppen einen niedrigeren Malus zu gewähren (z. B. in Frankreich: Familien mit mindestens 3 Kindern sowie mobilitätseingeschränkte Personen).

C.4.4 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Wichtig zu beachten: Es braucht eine Gegenfinanzierung für die Kaufprämie von E-Pkw.

Kaufprämien für E-Pkw sollten mit höheren Abgaben für CO₂-intensive Pkw kombiniert werden. Dies trägt dazu bei, dass konventionelle Pkw effizienter werden und ermöglicht die Gegenfinanzierung der Staatsausgaben für die Kaufprämie.

Die in den nächsten Jahren anstehenden Ausgaben für die Förderung von E-Pkw über die Kaufprämie werden sich auf mehrere Milliarden Euro belaufen. Das vom Bund bereitgestellte Volumen liegt bis 2024 bei gut 4 Milliarden Euro, eine Erhöhung wird nicht ausgeschlossen. Um den Staatshaushalt nicht zu sehr zu belasten und eine sozial verträglichere Ausgestaltung sicherzustellen, sollte diese Förderung über Abgaben für hoch emittierende Pkw gegenfinanziert werden. Es entstünde ein geschlossener Finanzierungskreislauf, in dem Kaufprämien für E-Fahrzeuge innerhalb der Gruppe der Neuwagenkäufe finanziert würden.

Wichtig zu beachten: CO₂-Komponente in der Kfz-Steuer ist zu niedrig.

Das Niveau der derzeitigen CO₂-Komponente in der Kfz-Steuer muss deutlich erhöht werden, damit eine Lenkungswirkung erzielt wird. Jährliche Kfz-Steuer und Bonus-Malus sollten kombiniert eingesetzt werden.

Ein durchschnittlicher neuer Verbrenner mit 158 g CO₂/km kostet derzeit nur 143 Euro pro Jahr für die CO₂-Komponente der Kfz-Steuer. So wird kaum ein Anreiz gesetzt, besonders effiziente Fahrzeuge zu kaufen. Dafür müsste die jährliche (CO₂-abhängige) Kfz-Steuer um das Fünf- bis Zehnfache erhöht werden. Noch wirksamer ist aber ein Preissignal beim Fahrzeugkauf. Wie die Erfahrungen aus anderen Ländern zeigen, ist bei einem Malus in einer Größenordnung von 4.000 bis 8.000 Euro eine spürbare Lenkungswirkung zu erwarten. Bei einem solchen Malus könnte mittelfristig sogar ohne eine Kaufprämie für E-Pkw Kostenparität zu konventionellen Pkw erreicht werden.

Wichtig zu beachten: Eine stärkere Progression der Steuersätze kann die Sozialverträglichkeit verbessern.

Werden vor allem hoch emittierende Fahrzeuge (>175 g CO₂/km) stärker besteuert, wird die Sozialverträglichkeit verbessert.

Es sind Steuersätze möglich, die linear von den CO₂-Emissionen abhängen oder progressive Varianten, bei denen die zu zahlenden Beträge für stark emittierende Fahrzeuge stärker ansteigen. Während lineare Varianten einfacher und intuitiver sind, können progressive Varianten die höhere Zahlungsbereitschaft oberer Einkommensklassen für sehr PS-starke Fahrzeuge mit hohem Verbrauch besser abschöpfen und wären damit sozial gerechter.

Wichtig zu beachten: Dynamische Ausgestaltung hilft, Steuereinnahmen nachzujustieren.

Die Höhe des Bonus (sinkend) und des Malus (steigend) sowie der Wert, ab dem der Malus erhoben wird, müssen regelmäßig überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Damit werden Einnahmen und Ausgaben ausgeglichen und die gewünschte Lenkungswirkung bei technischem Fortschritt beibehalten.

Da die tatsächliche Nachfragewirkung nicht genau vorhergesagt werden kann, sollte das Instrument dynamisch über die Zeit angepasst werden. So ist auch gewährleistet, dass Ausgaben

(Bonus) und Einnahmen (Malus) sich in etwa die Waage halten und der Staatshauhalt nicht zusätzlich belastet wird.

Die Wirkung der Bonuszahlungen wurde in Frankreich bei der Einführung 2009 unterschätzt. Es wurden deutlich mehr Autos verkauft als angenommen. Die Kosten des Programms lagen daher deutlich über den eingeplanten Ausgaben. Das System wurde dann durch dynamische Anpassung zu einem langfristigen CO₂- und kosteneffizienten Bonus-Malus-System weiterentwickelt.

In den Niederlanden trat ein ähnliches Problem auf. Die Nachfrage nach Plug-In-Hybriden ist im Zeitraum 2013 - 2016 stark angestiegen, hauptsächlich aufgrund der Steuervorteile für diese Fahrzeuge. Dieser Anstieg fiel deutlich stärker aus als in der Schätzung des Finanzministeriums vorgesehen. Daraufhin – aber auch aufgrund des real niedrigen Klimavorteils von Plug-In-Hybriden – wurden diese 2017 in das Malus-System integriert. Sie zahlen nun ebenfalls eine Zulassungssteuer basierend auf ihren CO₂-Emissionen. Die Wirkung trat sofort ein, rein batterieelektrische Pkw werden nun deutlich bevorzugt angeschafft.

Wichtig zu beachten: Abbau der Kaufprämie für Plug-In-Hybride

Plug-In-Hybrid-Pkw werden derzeit überwiegend im verbrennungsmotorischen Modus gefahren. Ihr Klimavorteil ist entsprechend gering. Diese Fahrzeuge sollten daher zukünftig nicht weiter über eine Kaufprämie gefördert werden.

Einen deutlichen Klimaschutzvorteil haben Plug-In-Hybride gegenüber Verbrennern nur dann, wenn sie überwiegend im elektrischen Modus gefahren werden. Bei der Bestimmung der offiziellen CO₂-Werte im Typprüfzyklus nach WLTP werden nach der aktuellen Gesetzgebung hohe elektrische Fahranteile von rund 60 % bis 80 % bei der derzeitigen Batteriereichweite angenommen, um die mittleren CO₂-Emissionen der Fahrzeuge zu berechnen. Auswertungen von realen Fahrdaten zeigen jedoch, dass in Deutschland der tatsächliche elektrische Fahranteil derzeit bei Privatwagen bei rund 43 % und bei Dienstwagen sogar nur bei 18 % liegt (Plötz et al. 2020a), diese Fahrzeuge also kaum einen Umweltvorteil aufweisen. Daher sollte die Kaufprämie für Plug-In-Hybride bereits 2022 abgebaut werden.

C.4.5 Ausgestaltungsvorschlag

Die Integration eines Malus in das derzeitige Abgaben- und Steuersystem könnte grundsätzlich über die Anhebung der Kfz-Steuer im ersten Jahr oder den ersten Jahren, über eine Sonderabgabe oder über eine neu einzuführende Zulassungssteuer erfolgen. Alle Optionen haben Vor- und Nachteile und sollten geprüft werden.

Eine Zulassungssteuer wäre mit einem hohen (zeitlichen) Aufwand verbunden, da es sich um eine neu einzuführende Steuer handelt. Eine Sonderabgabe mit Finanzierungszweck könnte mit finanzverfassungsrechtlichen Risiken einhergehen. Für eine Sonderabgabe mit Lenkungswirkung bedarf es einer rechtlichen Pflicht für die Fahrzeugnutzenden, die CO₂-Emissionen zu senken, welche nicht erkennbar ist (Becker Büttner Held (BBH) 2021). Dasselbe Gutachten sieht dagegen bei der Einführung eines Malus durch die Erhöhung der Kfz-Steuer für Neufahrzeuge mit Verbrennungsmotor finanzverfassungsrechtlich nur wenige Bedenken. Bei der konkreten Umsetzung muss darauf geachtet werden, dass der Malus nicht umgangen werden kann, indem Autos verstärkt im Ausland zugelassen und nach Deutschland importiert werden.

Die folgende Tabelle zeigt, wie ein wirksamer Malus – hier als Beispiel in die Kfz-Steuer integriert - im 1. Jahr nach der Zulassung aussehen könnte. Während in der 1. Stufe (ab 95 g CO₂) bisher nur 2 Euro je g CO₂ anfallen, wären es ab 2025 dann 120 Euro. Für Fahrzeuge ab 175 g CO₂/km ist die Progression etwas stärker als bei der bisherigen Kfz-Steuer. Die Einführung dieses Malus könnte schrittweise zwischen 2023 und 2025 erfolgen. Die jährliche Kfz-Steuer würde wie bisher weitergeführt werden, denn jährliche Kfz-Steuern wirken zusätzlich auf den Fahrzeugbestand und garantieren ein planbares Steueraufkommen. Jährliche Kfz-Steuer und Bonus-Malus sollten daher kombiniert eingesetzt werden.

Tabelle 22: Ausgestaltungsvorschlag für den Malus (Kfz-Steuer im ersten Jahr)

	Euro ab 95g CO ₂ /km	Euro ab 115g CO ₂ /km	Euro ab 135g CO ₂ /km	Euro ab 155g CO ₂ /km	Euro ab 175g CO ₂ /km	Euro ab 195g CO ₂ /km
ab 2023	60	67	78	92	128	200
ab 2025	120	132	150	174	234	354

Quelle: (Blanck et al. 2021)

Das Aufkommen aus einer so erhöhten Kfz-Steuer würde aller Voraussicht nach ausreichen, um die bis 2025 weiterlaufenden Kaufprämien für batterieelektrische Pkw (ohne Plug-In-Hybride) gegen zu finanzieren (Blanck et al. 2021). Danach entspricht der Malus einer nach CO₂-Emissionen gestaffelten Neuzulassungssteuer, wie sie in anderen europäischen Staaten bereits existiert.

In der nachfolgenden Tabelle ist dargestellt, was der Ausgestaltungsvorschlag für E-Pkw bzw. verschiedene Varianten von verbrennungsmotorischen Pkw finanziell bedeuten würde.

Tabelle 23: Beispielrechnung für Bonus-Malus-System 2023

	Kaufprämie (Bonus)	Malus		
		E-Pkw	VW Golf 120g CO ₂ /km	Opel Insignia 166g CO ₂ /km
Ausgestaltungsvorschlag Bonus-Malus-System Deutschland	6.000 Euro	1.602 Euro	5.204 Euro	10.500 Euro

Quelle: eigene Berechnung nach (Blanck et al. 2021)

C.5 CO₂-Standards Lkw

Stand: 20. Oktober 2021

Zusammenfassung

Die CO₂-Emissionsstandards sind das zentrale Anreizinstrument für Hersteller, klimaschonende Nutzfahrzeuge zu realisieren.

Die CO₂-Emissionsstandards sind das zentrale Anreizinstrument für Fahrzeughersteller, effizientere Antriebe auch für schwere Nutzfahrzeuge zu realisieren. Um die CO₂-Emissionen im Flottendurchschnitt gemäß der EU-weit vorgeschriebenen Ziele zu senken, entwickeln alle europäischen Hersteller in den regulierten Fahrzeuggruppen Serienfahrzeuge mit Elektroantrieb. Die Unternehmen kündigten zudem an, ab 2040 in der EU ausschließlich treibhausgasneutrale Neufahrzeuge anzubieten. Ein Markthochlauf wird zunächst im Nah- und Regionalverkehr erwartet.

Zur Zielerfüllung im Jahr 2030 werden verschiedene Lösungen für den Fernverkehr erwartet.

Spätestens zur Zielerfüllung im Jahr 2030 werden relevante Emissionsminderungen auch im Straßengüterfernverkehr notwendig. Im Fokus stehen batterieelektrische Lkw in Kombination mit Hochleistungsschnellladern, Oberleitungs-Lkw mit Lademöglichkeiten während der Fahrt sowie Brennstoffzellen-Lkw mit Wasserstoffspeichern. In dieser Dekade sind richtungsweisende Entwicklungen wahrscheinlich, die Pfadentscheidungen für weitere Investitionen in die einzelnen Technologien ermöglichen.

Der Markthochlauf elektrischer Lkw setzt den Aufbau neuer Energieinfrastruktur voraus.

Neben der Ausstattung von Depots und Umschlagpunkten ist der Aufbau eines öffentlichen Schnellladenetzes für E-Lkw notwendig, um deren Aktionsbereich weiter zu erhöhen. Der zusätzliche Aufbau einer Basis-Infrastruktur für Wasserstoff-Lkw und Oberleitungs-Lkw ermöglicht den Einsatz weiterer technischer Alternativen, die zur Zielerfüllung beitragen können. Die EU-Kommission schlägt vor, bis Ende 2025 die Hauptverkehrsachsen der EU mit Ladeinfrastruktur sowie im geringeren Umfang mit Wasserstoff-Tankstellen für schwere Nutzfahrzeuge auszurüsten (AFIR: Alternative Fuels Infrastructure Regulation).

In der Überarbeitung der CO₂-Emissionsstandards wird eine Erweiterung um bislang nicht-regulierte Nutzfahrzeugklassen und Anhänger erwartet.

Die bislang nicht regulierten Fahrzeuggruppen verursachen EU-weit rund ein Drittel der CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge. Aktuell prüft die EU-Kommission eine Erweiterung um weitere Lkw-Klassen und Busse. Zusätzlich könnten Effizienzsteigerungen für Anhänger – beispielsweise über Minderungen des Luftwiderstandes – vorgeschrieben werden. Ein Nebeneffekt wäre, dass dadurch die Reichweite von E-Lkw erhöht werden kann.

Eine ambitionierte Fortschreibung von 2030 bis zur Treibhausgasneutralität schafft Planungssicherheit.

Mit der Überarbeitung der CO₂-Emissionsstandards im Jahr 2022 ist eine Anhebung des 30 %-Ziels für 2030 möglich. Um die Planungssicherheit für Akteurinnen und Akteure über 2030 hinaus zu gewähren, ist eine ambitionierte Fortschreibung der Ziele auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität erforderlich. Damit der Bestand an schweren Nutzfahrzeugen ab 2045 (D) bzw. 2050 (EU) vollständig treibhausgasneutral operieren kann, sollte spätestens für 2040 ein 100 %-Ziel für Neuzulassungen emissionsfreier Nutzfahrzeuge formuliert werden.

C.5.1 Was sind die CO₂-Emissionsstandards und wie funktionieren sie?

Seit 2019 gelten in der EU erstmals CO₂-Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge⁷². Ähnlich der Verordnung für Pkw werden Hersteller bestimmter Lkw verpflichtet, die CO₂-Emissionen der in der EU zugelassenen Neufahrzeugflotten ab dem Jahr 2025 um 15 % und ab 2030 um 30 %, verglichen mit den Referenzjahren 2019/2020, zu senken. Ziel ist es, den durchschnittlichen CO₂-Ausstoß des Fahrzeugbestandes schrittweise zu senken, um die CO₂-Emissionen insbesondere im Straßengüterverkehr zu reduzieren. Verfehlen Hersteller den Zielwert, fallen Strafzahlungen je Fahrzeug und Höhe der Emissionsüberschreitung an.

Die Zielvorgaben gelten bislang nur für die Fahrzeuggruppen, die für die CO₂-Emissionen am relevantesten sind: Lkw oder Sattelzugmaschinen mit drei oder zwei Achsen ab 16 Tonnen Gesamtgewicht und Zweiradantrieb. In Summe verursachen diese Fahrzeuge rund 65 bis 70 % der EU-weiten CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge ab 3,5 Tonnen Gesamtgewicht (EU 2019/1242). Zur Bestimmung der CO₂-Emissionen wurde das Simulationstool VECTO (Vehicle Energy Consumption calculation Tool) entwickelt, welches die Energieverbrauchswerte der Fahrzeugkomponenten in definierten Fahrzyklen unter Annahme verschiedener Nutzlasten simuliert. Berücksichtigt werden die direkten CO₂-Emissionen der Fahrzeuge; mögliche Emissionsquellen und -senken der Vorketten der Energieversorgung sind aus dem regulatorischen Rahmen ausgenommen. Seit Januar 2019 werden die CO₂-Emissionswerte für die regulierten Fahrzeuggruppen verpflichtend bei der Zulassung erfasst und das Monitoring seit Januar 2020 kontinuierlich um weitere Fahrzeuggruppen erweitert⁷³.

Der spezifische CO₂-Emissionswert (in g CO₂/tkm) eines Herstellers berechnet sich aus den Zulassungen über Gewichtungsfaktoren für Fahrzeug-Untergruppen, welche typische Entfernungsbereiche, Nutzlastwerte und Jahresfahrleistungen berücksichtigen. In der Folge werden speziell Fahrzeug-Untergruppen mit Einsatzschwerpunkten im Fernverkehr höher gewichtet als Einsatzprofile im Nah- und Regionalverkehr. Als Referenzwert zur Zielerfüllung wurden in den Jahren 2019/2020 nach der gleichen Berechnungslogik die EU-weiten durchschnittlichen CO₂-Emissionswerte über alle Hersteller ermittelt. Liegen die CO₂-Emissionswerte der Neufahrzeugflotte eines Herstellers unterhalb des Referenzwertes, reduziert sich der Minderungsbedarf für diesen Hersteller entsprechend. Für Hersteller, deren Emissionen über dem Durchschnitt des Referenzjahres liegen, gilt das Gegenteil. Zudem können Hersteller von Beginn an jährlich Emissionsgutschriften sammeln und auf die Zielerfüllung anrechnen. Einen Überblick über die aktuellen Positionen der Hersteller im EU-Vergleich bietet das International Council on Clean Transportation (ICCT 2021c). Einen besonderen Anreiz für die Zulassung emissionsfreier und -armer Fahrzeuge wird durch einen Bonus („ZLEV-Faktor“) geschaffen, welcher ab bestimmten Zulassungszahlen den spezifischen CO₂-Emissionswert eines Herstellers um bis zu 3 % senkt.

Eine Überarbeitung der CO₂-Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge ist 2022 vorgesehen. Als wesentliche Neuerung wird eine Ausweitung des Gültigkeitsbereichs erwartet, in deren Folge weitere Lkw-Typen, Busse und Anhänger reguliert werden könnten. Zusätzlich wird erwartet, dass geprüft wird, ob treibhausgasneutrale Kraftstoffe zur Zielerfüllung angerechnet werden sollen oder der Fokus auf Antriebe für emissionsfreie Fahrzeuge⁷⁴ geschärft wird. Zudem könnte mit Blick auf die verschärften Klimaschutzziele der EU das Ambitionsniveau für die Minderung der CO₂-Emissionen im Jahr 2030 erhöht werden.

⁷² Verordnung (EU) 2019/1242

⁷³ Verordnung (EU) 2018/956

⁷⁴ im Sinne der Verordnung (EU) 2019/1242

C.5.2 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

Vor der EU haben bereits die USA und Kanada rechtlich verbindliche Minderungsziele für den CO₂-Ausstoß schwerer Nutzfahrzeuge festgelegt. In den USA sollen in der aktuellen Phase 2 der Regulierung die CO₂-Emissionen über Grenzwerte je Fahrzeugklasse bis 2027 um insgesamt 5 bis 27 % gegenüber dem Niveau von 2017 gesenkt werden (U.S. Environmental Protection Agency 2016). Kanada hat im Jahre 2018 den US-Standard übernommen (Government of Canada 2018). Zusätzlich erließ Kalifornien als erste Regierung weltweit Zulassungsquoten für emissionsfreie Lkw: Bis 2035 sollen 40 bis 75 % der Neuzulassungen im Fahrbetrieb CO₂-frei sein, so dass der Bestand schwerer Nutzfahrzeuge ab 2045 vollständig treibhausgasneutral wird (California Air Resources Board 2020).

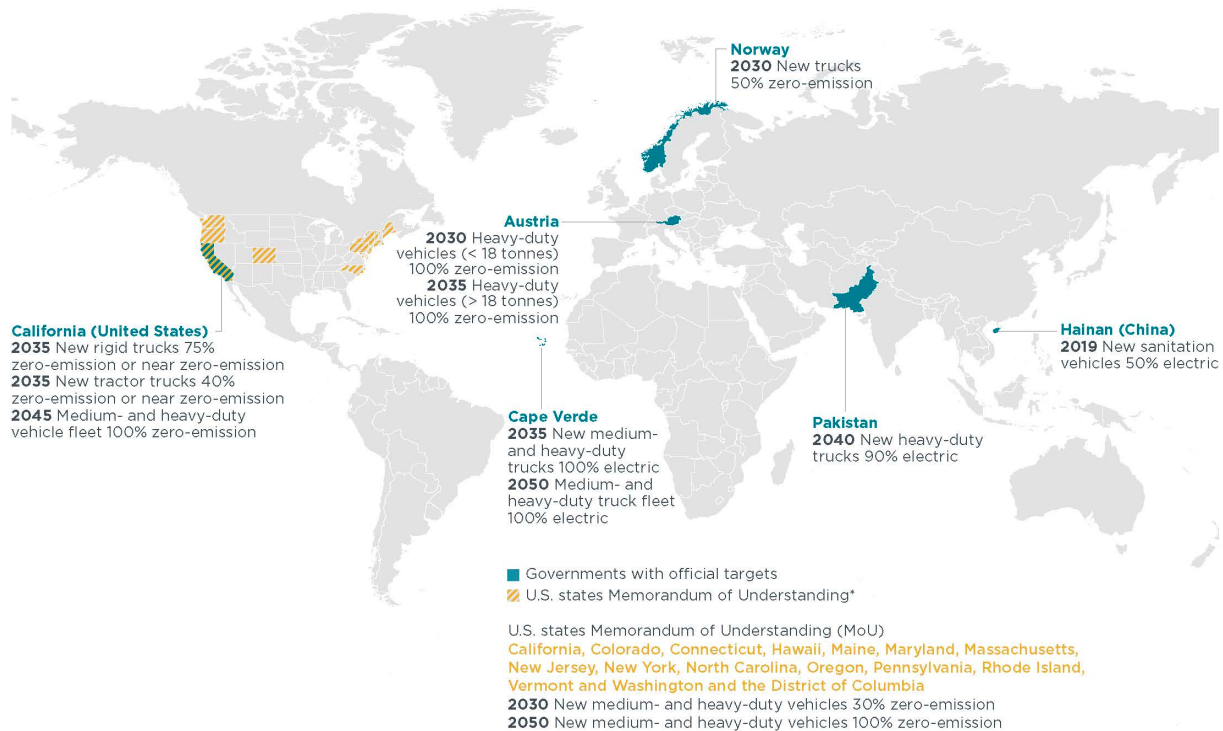
Auch in China und Japan gelten Standards für den Kraftstoffverbrauch von schweren Nutzfahrzeugen. Die japanische Regierung hat 2005 weltweit die ersten Effizienzstandards für konventionelle Nutzfahrzeuge eingeführt. Die Grenzwerte basieren auf den jeweils besten Modellen einer Fahrzeugklasse. In der aktuellen Phase 2 wird eine Minderung des CO₂-Ausstoßes von Lkw und Sattelzugmaschinen um 13,4 % im Zeitraum 2015 bis 2025 angegeben (Ministry of Economy, Trade and Industry Japan 2019). Speziell für hoch emittierende Sattelzüge ist in diesem Zeitraum allerdings nur eine relativ geringe Minderung von 3,4 % vorgesehen (ICCT 2019a). China führte 2012 zunächst einen Industriestandard für den Kraftstoffverbrauch von Nutzfahrzeugen ein. Im Vergleich dazu entspricht das Ambitionsniveau der seit 2019 gültigen Stufe 3 einer Minderung von 21,7 bis 27,2 % gegenüber 2012 (Xie und Rodríguez 2021). Aufgrund der unterschiedlichen Referenzwerte und -jahre, Erhebungsverfahren und Nutzlastanforderungen sind die Minderungsziele in absoluten Emissionswerten schwierig zu bewerten. In China könnte eine Einführung von flottenbasierten Grenzwerten eine stärkere Anreizwirkung für Zulassungen emissionsfreier Nutzfahrzeuge bewirken als die bisherige Regulierung auf Fahrzeugebene (Xie und Rodríguez 2021).

Darüber hinaus wurden in weiteren Ländern politische Ziele bezüglich klimafreundlicher schwerer Nutzfahrzeuge formuliert (Abbildung 63). Österreich kündigte an, ab 2030 Fahrzeuge bis 18 Tonnen nur noch mit emissionsfreien Antrieben neu zuzulassen. Ab 2035 soll dies auch für Fahrzeuge ab 18 Tonnen gelten (Bundesministerium Klimaschutz 2021). In Norwegen gilt das Ziel, bis 2030 die Hälfte der Neuzulassungen schwerer Nutzfahrzeuge über emissionsfreie Lkw zu erreichen (Norwegian Ministry of Transport and Communications 2017). Kap Verde will ab 2035 ausschließlich elektrische Lkw zulassen, um bis 2050 den Bestand vollständig zu elektrifizieren (Xie und Rodríguez 2021). Pakistan hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2040 Neuzulassungsanteile elektrischer Lkw von 90 % zu erreichen (Xie und Rodríguez 2021). In den USA haben sich 15 Regionen und Staaten dazu bekannt, ab 2050 ausschließlich emissionsfreie Lkw neu zuzulassen und als Zwischenschritt im Jahr 2030 einen Neuzulassungsanteil von 30 % zu erreichen (Nescaum 2020). Im Juli hat zudem das Vereinigte Königreich angekündigt, ab 2035 keine Neufahrzeuge mit fossilem Antrieb unter 26 Tonnen und ab 2040 keine über 26 Tonnen mehr neu zuzulassen (Department for Transport (DfT) 2021). Auch aus Frankreich werden konkrete Zielformulierungen erwartet (Xie und Rodríguez 2021). In Deutschland werden bisher keine Ziele für ein Ausphasen der Neuzulassungen fossil angetriebener Nutzfahrzeuge genannt. Im Klimaschutzprogramm hat die Bundesregierung das Ziel gesetzt, im Jahr 2030 etwa ein Drittel der Fahrleistung des Straßengüterverkehrs elektrisch oder auf Basis strombasierter Kraftstoffe zu erbringen (Bundesregierung 2019).

Insgesamt werden zunehmend politische Verpflichtungen und Ziele formuliert, welche die CO₂-Emissionen des Schwerlastverkehrs auf der Straße adressieren. Verbindliche Ziele zum

Ausphasen fossil angetriebener Nutzfahrzeuge sollten mit Blick auf das Ziel der Treibhausgasneutralität politisch stärker fokussiert werden.

Abbildung 63: Regierungen mit zeitlich definierten Zielen zum Ausphasen der Zulassungen von schweren Nutzfahrzeugen mit Verbrennungsmotoren (Stand: August 2021, ICCT)



Note: Governments with an at least 40% new truck sales target.

* Not necessarily yet reflected in an official national/state policy document such as a climate or transport strategy/plan, in a law, or in a similar framework.

Quelle: (Xie und Rodríguez 2021)

C.5.3 Technologieentwicklung im Nutzfahrzeugbereich

Anders als im Pkw-Markt werden EU-weit 99 % der in den CO₂-Emissionsstandards regulierten Nutzfahrzeuge von nur sieben Unternehmen hergestellt: Daimler Truck, MAN, Scania, Volvo Trucks, Renault Trucks, DAF und Iveco⁷⁵ (ICCT 2019b). Mit der Einführung der CO₂-Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge hat sich ein Strategiewechsel dieser Nutzfahrzeughersteller hin zu elektrischen Fahrzeugantrieben vollzogen. Nach ersten Praxistests schwerer Lkw bei Pilotkunden ab 2018 sind die genannten Hersteller inzwischen in der Serienfertigung batterieelektrischer Lkw aktiv. Synergien ergeben sich aus der zunehmenden Produktion batterieelektrischer Pkw. In einem gemeinsamen Positionspapier mit dem Potsdamer Institut für Klimafolgenforschung haben sich die Unternehmen verpflichtet, spätestens ab 2040 ausschließlich treibhausgasneutrale Neuwagen anzubieten (European Automobile Manufacturers Association (ACEA) 2020a).

In den kommenden Jahren wird ein Markthochlauf batterieelektrischer Lkw zunächst im regionalen Verteilerverkehr erwartet. Typische Transportdistanzen und -gewichte können über moderne Batteriesysteme realisiert werden, wobei die hohe Effizienz des batterieelektrischen Antriebs im Fahrzeugbetrieb perspektivisch Kostenvorteile gegenüber Diesel-Lkw bieten sollte.

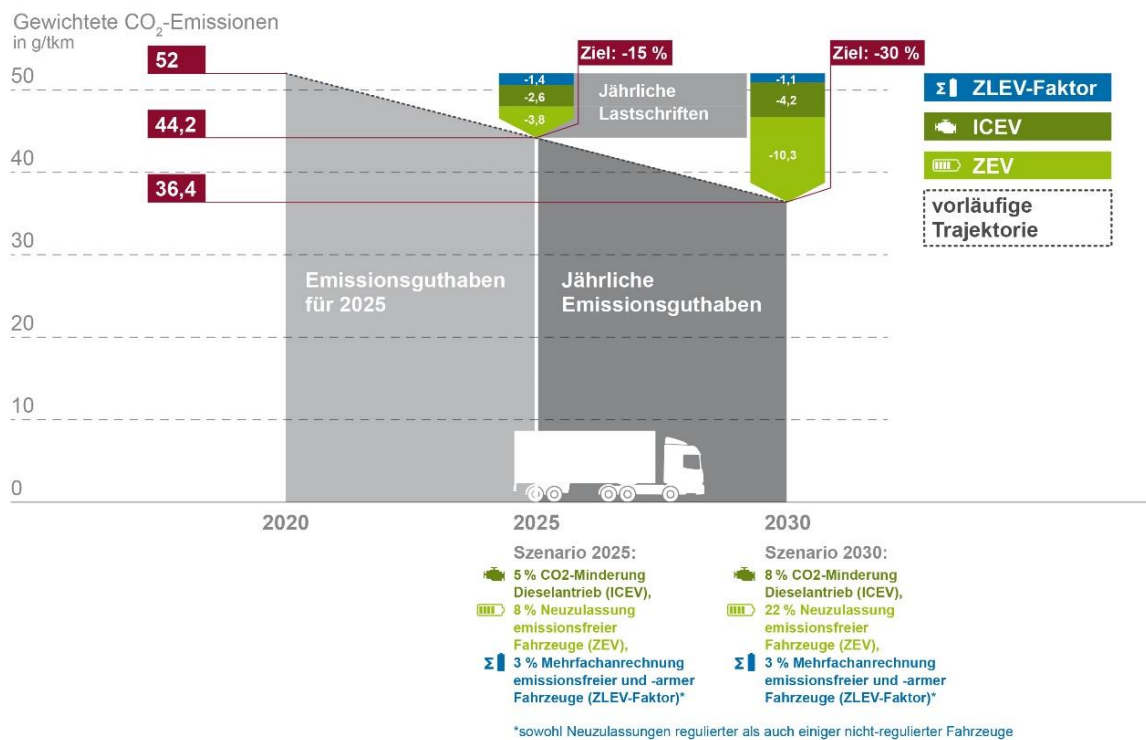
⁷⁵ MAN und Scania gehören zur Traton Gruppe der VW AG, Volvo Trucks und Renault Trucks sind Teil der Volvo Gruppe und Iveco ist eine Marke von CNH Industrial

Im Fernverkehr stehen drei im Fahrzeugbetrieb CO₂-emissionsfreie Antriebstechnologien im Fokus, die für den anspruchsvollen Einsatz auf der Langstrecke weiterer Entwicklungen und Erprobungen bedürfen: batterieelektrische Lkw (in Kombination mit Hochleistungsschnellladern), Oberleitungs-Lkw⁷⁶ und wasserstoffbasierte Lkw. In Innovationsclustern sollen die Technologien im Praxiseinsatz auf Bundesautobahnen getestet und genehmigungsrechtliche Fragen geklärt werden, bis in der Mitte des Jahrzehnts Pfadentscheidungen für weitere Investitionen in die Technologieoptionen getroffen werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) 2021, 2020).

Spätestens im Jahr 2030 wird zur Zielerfüllung der CO₂-Emissionsstandards ein starker Fokus auf emissionsfreie Nutzfahrzeuge im Güterfernverkehr erwartet. Minderungen beim CO₂-Ausstoß konventioneller Diesel-Antriebe werden in diesem Zeithorizont aufgrund der angekündigten Transformationen zu elektrischen Antrieben wahrscheinlich nicht weiter im Fokus stehen und weiterhin moderater ausfallen, als es das technische Potenzial zulässt. Abbildung 64 veranschaulicht ein mögliches Szenario der Zielerfüllung unter der Annahme moderater Effizienzsteigerungen konventioneller Antriebe von 8 % bis 2030. Im Marktmittel werden demnach im Jahr 2025 etwa 8 % Neuzulassungen von emissionsfreien Fahrzeugen benötigt und im Jahr 2030 über 20 %. Bisher konzentrieren sich die Hersteller zur Zielerfüllung überwiegend auf die Markteinführung von batterieelektrischen Lkw. Einige Hersteller entwickeln zusätzlich Brennstoffzellen-Lkw, welche im Zeitraum von 2025 bis 2030 serienreif werden sollen.

⁷⁶ Oberleitungs-Lkw beziehen die Antriebsenergie über Stromabnehmer direkt aus über der Fahrbahn installierten Oberleitungen. Gleichzeitig kann ein Batteriesystem für Fahrten jenseits der Oberleitung dynamisch geladen werden.

Abbildung 64: EU CO₂-Emissionsstandards für schwere Nutzfahrzeuge und ein mögliches Szenario der Zielerfüllung im EU-Durchschnitt auf Basis vorläufiger Referenzwerte



Quelle: (Göckeler et al. 2020)

C.5.4 Klimaschutzbeitrag

Durch die Lkw-Standards werden die Hersteller verpflichtet, effizientere Fahrzeuge abzusetzen. Das Instrument adressiert demnach vor allem die Angebotsseite. Da sich die festgelegten Zielwerte auf den Durchschnitt aller neu verkauften Lkw beziehen und im elektrischen Fahrmodus keine direkten CO₂-Emissionen anfallen, reizen die Standards bei entsprechend ambitionierter Ausgestaltung auch den Absatz von Lkw mit alternativen Antrieben an.

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Angebot an effizienten und elektrischen Lkw wird sichergestellt → Anreiz zum Kauf von effizienten Verbrennern und Lkw mit alternativen Antrieben → mehr effiziente Lkw sowie Lkw mit alternativen Antrieben im Fahrzeugbestand → bei gleichbleibender Fahrleistung Minderung der CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs.

In der Bewertung des Klimaschutzprogramms 2030, die Anfang 2020 veröffentlicht wurde, liegt die Minderung durch die beschlossenen Lkw-Standards im Jahr 2030 bei 5,1 Millionen Tonnen (Öko-Institut et al. 2020). Damalige Annahme war, dass diese nahezu ausschließlich über die Effizienzsteigerung der Diesel-Lkw erreicht wird. Durch die EU-Lkw-Standards wird so eine Effizienzsteigerung von knapp 2 % pro Jahr erreicht.

Im Rahmen des aktuellen Projektionsberichts aus dem Jahr 2021 wird von einer ähnlichen CO₂-Minderungswirkung (5,7 Millionen Tonnen) durch die Lkw-Standards, aber mit einem höheren Anteil an E-Lkw ausgegangen (noch nicht veröffentlicht). Gleichzeitig wurde die Förderung von Lkw mit alternativen Antrieben etwas erhöht sowie die mittlerweile

beschlossene CO₂-Spreizung der Infrastrukturkomponente der Lkw-Maut hinterlegt, so dass im Jahr 2030 rund 11 % der Lkw-Fahrleistung elektrisch absolviert und zusätzlich zu der Wirkung der Standards rund 1,8 Millionen Tonnen CO₂ eingespart werden.

C.5.5 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Wichtig zu beachten: Ein Markthochlauf elektrischer Lkw setzt den Aufbau neuer Energieinfrastruktur für den Verkehr voraus.

Der Aufbau von Ladeinfrastruktur sollte gezielt für Depots sowie an Be- und Entladungsrampen angereizt werden. Zusätzlich sollte ein öffentliches Schnellladenetz für Lkw aufgebaut werden, welches sukzessive in der Fläche verdichtet und in der Leistung erhöht werden kann. Innovationskorridore für Wasserstoff- und Oberleitungs-Lkw sind ebenfalls sinnvoll.

Die erwartete Wirkung der CO₂-Emissionsstandards auf das Angebot elektrischer Lkw muss durch den Aufbau der benötigten Ladeinfrastruktur unterstützt werden. Eine Ausstattung von Depots und Umschlagpunkten mit Ladeinfrastruktur ist für den Einsatz von E-Lkw elementar. Mit der Richtlinie „Klimaschonende Nutzfahrzeuge und Infrastruktur“ des BMVI werden Investitionen in Ladeinfrastruktur für den Betrieb von E-Lkw mit bis zu 80 % bezuschusst (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)). Zusätzlich müssen die speziellen Anforderungen von Nutzfahrzeugen – ein höherer Platzbedarf sowie höhere Ladeleistungen und Energiemengen – stärker in den Ausbaustrategien öffentlicher Ladeinfrastruktur berücksichtigt werden. Im Juli hat die Europäische Kommission hierzu verbindliche Ziele vorgeschlagen: Bis Ende 2025 sollen entlang der Hauptverkehrsachsen der EU in maximal 60 km Abstand Lademöglichkeiten für schwere Nutzfahrzeuge zur Verfügung stehen (Europäische Kommission (EK) 2021). Zusätzlich ist auch mit Blick auf den Güterfernverkehr der Aufbau von Innovationskorridoren für Wasserstoff-Lkw und Oberleitungs-Lkw sinnvoll.

Wichtig zu beachten: Busse, leichtere Lkw und Anhänger sollten zusätzlich reguliert werden.

Die nicht in den CO₂-Standards regulierten Fahrzeuggruppen verursachen etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge. Effizientere Anhänger beschleunigen die Dekarbonisierung und erhöhen die Reichweite elektrischer Last- und Sattelzüge.

Rund ein Drittel der CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge werden bisher nicht reguliert. Diese stammen von den Lkw-Gruppen (z. B. unter 16 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht) und Bussen, welche die CO₂-Emissionsstandards bisher nicht umfassen. Die Europäische Kommission prüft derzeit eine Erweiterung um diese Fahrzeugklassen. Für Busse in öffentlicher Hand bestehen über die Clean-Vehicle-Richtlinie⁷⁷ bereits Ziele zur Flottenelektrifizierung. Zusätzlich könnten Vorgaben für Anhänger (bzw. Sattelaufleger) weitere Herstellerkreise in die Pflicht nehmen. Der Einfluss der Anhänger auf den CO₂-Ausstoß soll über das VECTO-Tool simuliert werden, dass zu diesem Zweck weiterentwickelt werden sollte. In den USA gilt bereits ein Minderungsziel von 3 bis 9 % von 2017 bis 2027. Das ICCT geht in einer Studie von einem Minderungspotenzial in der EU von 7 bis 10 % im Jahr 2030 durch Verbesserungen an Sattelauflegern aus (ICCT 2021a). Als Nebeneffekt können effizienzsteigernde Anhänger die Reichweite von E-Lkw erhöhen.

⁷⁷ Richtlinie (EU) 2019/1161

Wichtig zu beachten: Eine CO₂-Spreizung der Maut steigert effektiv die Nachfrage nach E-Lkw.

Eine CO₂-Spreizung der Lkw-Maut schafft eine wichtige Querverbindung zu den CO₂-Emissionsstandards, indem die Nutzung emissionsfreier Lkw über streckenabhängige Kosteneinsparungen angereizt wird.

Die Nachfrage nach E-Lkw wird über einen Zuschuss zu den Mehrinvestitionen gegenüber Diesel-Lkw in Höhe von bis zu 80 % gefördert (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)). Der in Deutschland im Januar eingeführte CO₂-Preis auf fossile Kraftstoffe kann zudem Kostenvorteile im elektrischen Fahrbetrieb begünstigen. Zur Vermeidung von Tanktourismus und als weiteres wirtschaftliches Anreizinstrument für den elektrischen Fahrbetrieb sollte die Lkw-Maut gespreizt nach CO₂EmissionenCO₂EmissionenCO₂Emissionen erhoben werden. Voraussetzung hierfür ist eine Novelle der Eurovignetten-Richtlinie, die aktuell im Trilogverfahren der EU verhandelt wird. Günstigere Betriebskosten je Kilometer können, aufgrund der zum Teil sehr hohen Fahrleistungen im Straßengüterverkehr, Mehrinvestitionen bei der Fahrzeuganschaffung kompensieren (vgl. (Hacker et al. 2020)).

Wichtig zu beachten: Eine Fortschreibung der Ziele bis 2040 schafft Planungssicherheit.

Die Minderungsziele der CO₂-Emissionsstandards sinken aktuell nur bis zum Jahr 2030. Eine ambitionierte Fortschreibung der Ziele bis zur Treibhausgasneutralität schafft Planungssicherheit.

Die Zielsetzung der CO₂-Emissionsstandards erfolgt stufenweise. In der ersten Stufe von 2025 bis 2029 gilt das Minderungsziel von 15 % gegenüber 2020. In dieser Phase werden richtungsweisende Technologieentwicklungen speziell im Fernverkehr erwartet. Ab 2030 gilt derzeit ein Minderungsziel von 30 %. Offen ist, wie lange diese Stufe gültig ist und, ob ein höheres Ziel im Rahmen der laufenden Überarbeitung festgelegt wird. Zur Erreichung der Treibhausgasneutralität der EU im Jahre 2050 (und Deutschland im Jahre 2045) sollte spätestens ab 2040 ein Minderungsziel von 100 % für Neuzulassungen gelten. Entsprechend ambitioniert sollten die Ziele von 2030 bis 2040 ausfallen. Eine frühe Festschreibung der Minderungsstufen würde für alle Akteure Planungssicherheit bei dem aktuell absehbaren Wechsel auf Elektroantriebe schaffen.

Das Umweltbundesamt empfiehlt, im Zeitraum zwischen 2035 und 2038 aus dem reinen Verbrennungsmotor auszusteigen. Dazu seien die Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge so zu verschärfen, dass diese nicht mehr in den Markt gebracht würden (Umweltbundesamt 2021).

C.6 Tempolimit auf Autobahnen

Stand: 14. Oktober 2021

Zusammenfassung

Ein Tempolimit auf Autobahnen hilft beim Klimaschutz

Ein bundesweites, generelles Tempolimit von 120 Kilometern pro Stunde (km/h) auf Autobahnen könnte die gesamten CO₂-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen um 2,7 % senken. Das entspricht relativ zu den Emissionen des Jahres 2018 einer Minderung von rund 2,6 Millionen Tonnen CO₂. Bei einem Tempolimit von 100 km/h läge die Minderung sogar bei ca. 5,7 % (5,4 Millionen Tonnen CO₂), bei 130 km/h immer noch bei 2 % (1,9 Millionen Tonnen CO₂).

Ein Tempolimit reduziert die Anzahl der Verkehrstoten

Eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 130 km/h würde die Zahl der Unfälle auf deutschen Autobahnen deutlich reduzieren. Die Anzahl der jährlichen Verkehrstoten könnte um etwa die Hälfte sinken und ca. 140 Menschenleben könnten gerettet werden. Auch die Zahl der Verletzten würde stark zurückgehen, wahrscheinlich um mehr als die Hälfte.

Breite gesellschaftliche Unterstützung

Die Mehrheit der Bevölkerung ist der Ansicht, dass derzeit zu wenig unternommen wird, um Treibhausgase, Luftschadstoffe und Verkehrslärm zu reduzieren und die Sicherheit im Straßenverkehr zu steigern. Ein Tempolimit würde zu diesen gesellschaftlichen Zielen beitragen. Fast zwei Drittel der Deutschen sprechen sich mittlerweile für eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 130 km/h auf deutschen Autobahnen aus. Auch die Mitglieder des ADAC sind inzwischen mehrheitlich für die Einführung eines Tempolimits.

Fast überall gibt es Geschwindigkeitsbegrenzungen

Deutschland ist eines der wenigen Länder ohne Geschwindigkeitsbegrenzung. In allen anderen Ländern der EU, der OECD sowie der G20 gibt es generelle Tempolimits auf Autobahnen. In den meisten Ländern der EU liegt dieses bei 130 km/h, in einigen bei 120 km/h. Manche Länder erlauben sogar nur 100 km/h auf Autobahnen.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

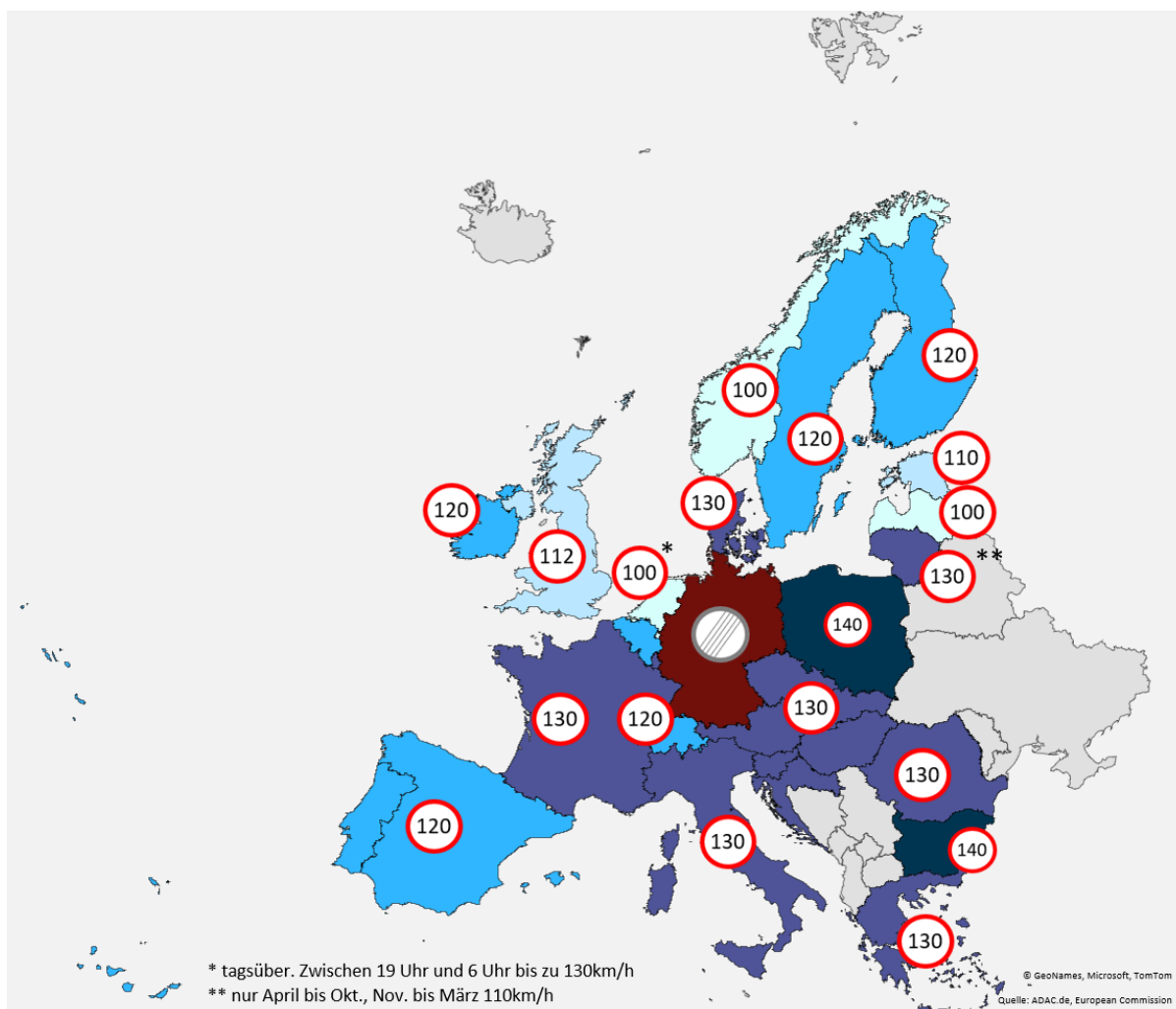
Kurzfristige Einführung eines Tempolimits auf Bundesautobahnen in Höhe von 120 km/h.

C.6.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

Praktisch überall auf der Welt gibt es eine Höchstgeschwindigkeit auf Autobahnen. Ausnahmen sind meist Länder, bei denen sie aufgrund der Straßenbeschaffenheit ohnehin keine Rolle spielen würden. Hierunter fallen neben Nordkorea, Haiti, Somalia, Libanon, Nepal, Myanmar, Burundi, Bhutan, Afghanistan und Mauretanien auch die Isle of Man (Großbritannien), einige Bundesstaaten in Indien sowie die Northern Territories von Australien. Deutschland ist also das einzige Land in der EU, der OECD und den G20, in dem landesweit Straßen ohne zulässige Höchstgeschwindigkeit existieren.

Innerhalb der EU gilt in den meisten Ländern ein Tempolimit von 130 Kilometern pro Stunde (km/h), in manchen 120 km/h. Nur in Polen und Bulgarien beträgt die Höchstgeschwindigkeit 140 km/h (siehe nachfolgende Abbildung).

Abbildung 65: Tempolimits in der EU und ausgewählten Nachbarländern



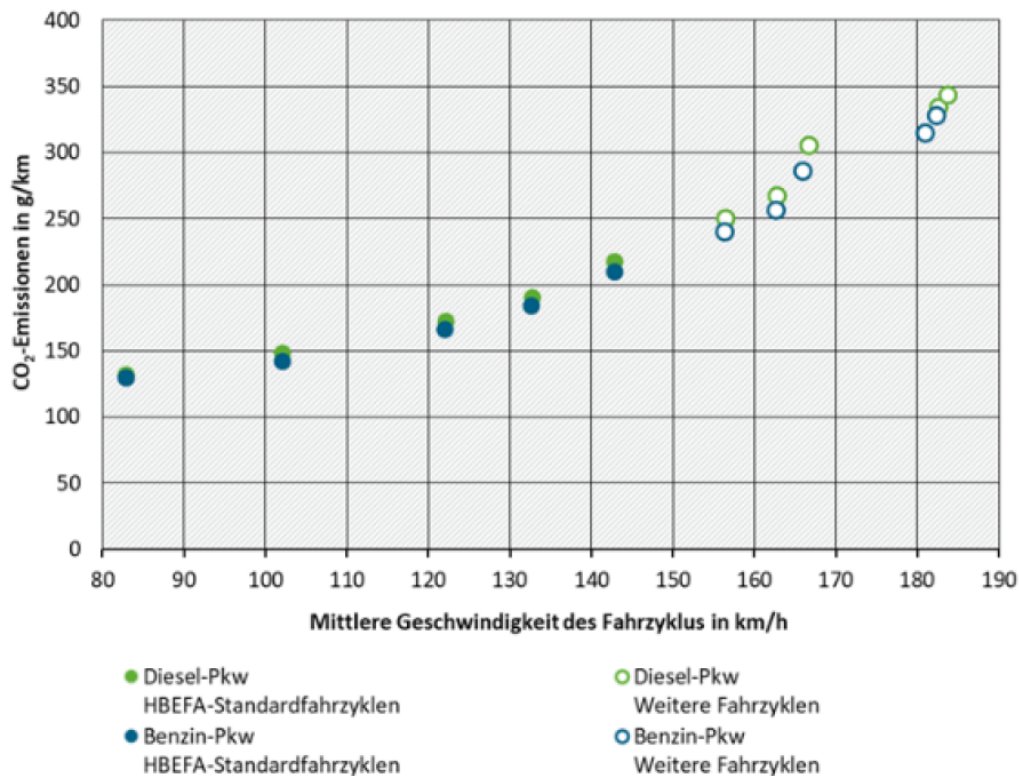
Quelle: Eigene Darstellung, basierend auf Daten des ADAC (2020) und der European Commission (2017).

C.6.2 Klimaschutzbeitrag

Autobahnen machen nur knapp 1,5 % des deutschen Straßennetzes aus (BMVI 2020). Trotzdem ist der Verkehr auf Autobahnen für mehr als 40 % der CO₂-Emissionen von Pkw in Deutschland

verantwortlich (UBA 2020). Dies liegt sowohl an der intensiven Nutzung der Autobahnen wie auch den hohen Durchschnittsgeschwindigkeiten der Fahrzeuge auf Autobahnen, denn je höher die Geschwindigkeit, desto höher der Luftwiderstand und desto größer die benötigte Menge an Kraftstoff. So verbraucht ein durchschnittlicher Pkw bei einer Geschwindigkeit von 150 km/h pro gefahrenen Kilometer etwa ein Drittel mehr Kraftstoff als bei 120 km/h und etwa die Hälfte mehr als bei 100 km/h.

Abbildung 66: CO₂-Emissionen pro gefahrenem km in Abhängigkeit der Geschwindigkeit



Quelle: UBA (2020a)

Aktuell unterliegen weniger als ein Viertel der deutschen Autobahnkilometer einem dauerhaften Tempolimit (Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) 2015). Die Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung wäre eine kostengünstige und kurzfristig realisierbare Möglichkeit, um den Kraftstoffverbrauch und somit die Treibhausgas- und Schadstoffemissionen zu senken. Laut Schätzungen des Umweltbundesamts (UBA 2020) würde ein Tempolimit von 120 km/h auf Strecken, wo aktuell keine Geschwindigkeitsobergrenze gilt, zu einer Reduktion der spezifischen Emissionen um fast 11 % führen (von 185,7 g CO₂/km auf 165,6 g CO₂/km).

Insgesamt könnte ein bundesweites Tempolimit von 120 km/h auf Autobahnen die gesamten CO₂-Emissionen von Pkw um gut 2,7 % senken. Dies entspricht für das Jahr 2018 einer Minderung von etwa 2,6 Millionen Tonnen CO₂. Bei einem Tempolimit von 100 km/h läge die Minderung sogar bei ca. 5,7 %, bei 130 km/h immer noch bei 2 % (5,4 Millionen Tonnen CO₂ bzw. 1,9 Millionen Tonnen CO₂ jeweils bezogen auf das Jahr 2018). Diese Minderungen beziehen sich nur auf Emissionen aus fossilen Kraftstoffen, die innerhalb Deutschlands getankt wurden (Bilanzgrenze nach Klimaberichterstattung). Berücksichtigt man auch die Emissionsminderungen durch im Ausland getankte, aber auf deutschen Autobahnen genutzte Kraftstoffe, läge der tatsächliche absolute Effekt um 14 % höher (UBA 2020a).

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Geschwindigkeitsbegrenzung -> Geringere Emissionen pro Kilometer bei gleicher Fahrleistung und Kauf weniger stark motorisierter Pkw -> Minderung der CO₂-Emissionen.

Mittel- und langfristig könnte ein Tempolimit auf Autobahnen über die direkte Minderung hinaus auch einen Einfluss auf die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte haben. Wenn die Leistung sehr PS-starker Pkw nicht voll ‚ausgefahren‘ werden kann, könnten diese auch weniger attraktiv für Käufer*innen werden. Sollten sich sparsamere Fahrzeuge am Markt durchsetzen, könnte somit auch der Verbrauch auf allen Strecken zurückgehen. In der Folge könnte zusätzlich durch eine verringerte Nachfrage nach leistungsstarken Fahrzeugen in Deutschland die Produktion solcher Fahrzeuge für andere Länder aufgrund von verringerten Skaleneffekten weniger attraktiv werden. Prinzipiell ist es auch denkbar, dass durch die längeren Reisezeiten infolge eines Tempolimits Pkw-Fahrten auf die Schiene verlagert werden und dadurch weitere Klimavorteile erreicht werden können.

C.6.3 Weniger Verkehrstote und Verletzte

Ein Tempolimit auf Autobahnen brächte zusätzliche Vorteile mit sich, die weit über den Klimaschutz hinausgehen. Hierzu zählt insbesondere die Verkehrssicherheit. In Brandenburg etwa ging schon durch ein Tempolimit von 130 km/h auf 62 Kilometern der A24 zwischen den Autobahndreiecken Wittstock/Dosse und Havelland die Zahl der Unfälle um 26,5 % zurück. Die Zahl der Unfalltoten halbierte sich (von 38 auf 19) und die der Verletzten sank um mehr als die Hälfte (von 1.850 auf 799) (Scholz et al. 2007). Dies erscheint wenig überraschend, da der Bremsweg mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. So ist beispielsweise der Bremsweg bei 180 km/h mehr als doppelt so lang wie bei 120 km/h. Laut Daten des Statistischen Bundesamts war „nicht angepasste Geschwindigkeit“ im Jahr 2019 für beinahe die Hälfte (46 %) der Autobahn-Verkehrstoten mitverantwortlich (Destatis - Statistisches Bundesamt 14.01.2020). Modellrechnungen legen nahe, dass ein Tempolimit von 130 km/h die Zahl der Verkehrstoten um etwa 140 pro Jahr reduzieren könnte (Spiegel Online 2019). Deutschland könnte damit voraussichtlich die Anzahl der Verletzten und Verkehrstoten, die aktuell auch schon unter dem EU-Durchschnitt liegen, noch weiter verringern.

Erhöhte Verkehrssicherheit durch Tempolimits

Überhöhte Geschwindigkeit ist die häufigste Unfallursache auf deutschen Autobahnen. Ein Tempolimit von 130 km/h würde Menschenleben retten und die Anzahl der Verletzten deutlich reduzieren.

Der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsbegrenzungen und Unfallhäufigkeit findet sich auch in anderen Ländern: In den USA hat die im Jahr 1993 durchgeführte Lockerung der Geschwindigkeitsbegrenzung um lediglich 5 Meilen pro Stunde (ca. 8 km/h) auf Schnellstraßen zu 8,5 % mehr Verkehrstoten geführt (Farmer (2019)). Ohne die Lockerung wären es jährlich fast 2000 Verkehrstote weniger.

C.6.4 Geringere Lärmbelastung und bessere Luft

Straßenlärm wird von der bundesdeutschen Bevölkerung als wichtigste Lärmquelle angesehen (UBA 2021a). Auch für den Lärmschutz würden sich Geschwindigkeitsbegrenzungen grundsätzlich positiv auswirken. Die Lärminderungswirkung hängt dabei stark von ihrer

Ausgestaltung ab. Bei Autobahngeschwindigkeiten werden die Geräuschpegel von Kfz vom Reifen-Fahrbahn-Geräusch bestimmt. Dabei reduziert eine Halbierung der Fahrgeschwindigkeit die Geräuschpegel um etwa 10 dB, was einer empfundenen Halbierung des Lärms entspricht. An vielen Autobahnen werden jedoch die Lärmpegel – besonders nachts – von Lkw dominiert. In solchen Bereichen wäre eine Geschwindigkeitsreduzierung ausschließlich für Pkw für den Lärmschutz weitgehend wirkungslos.

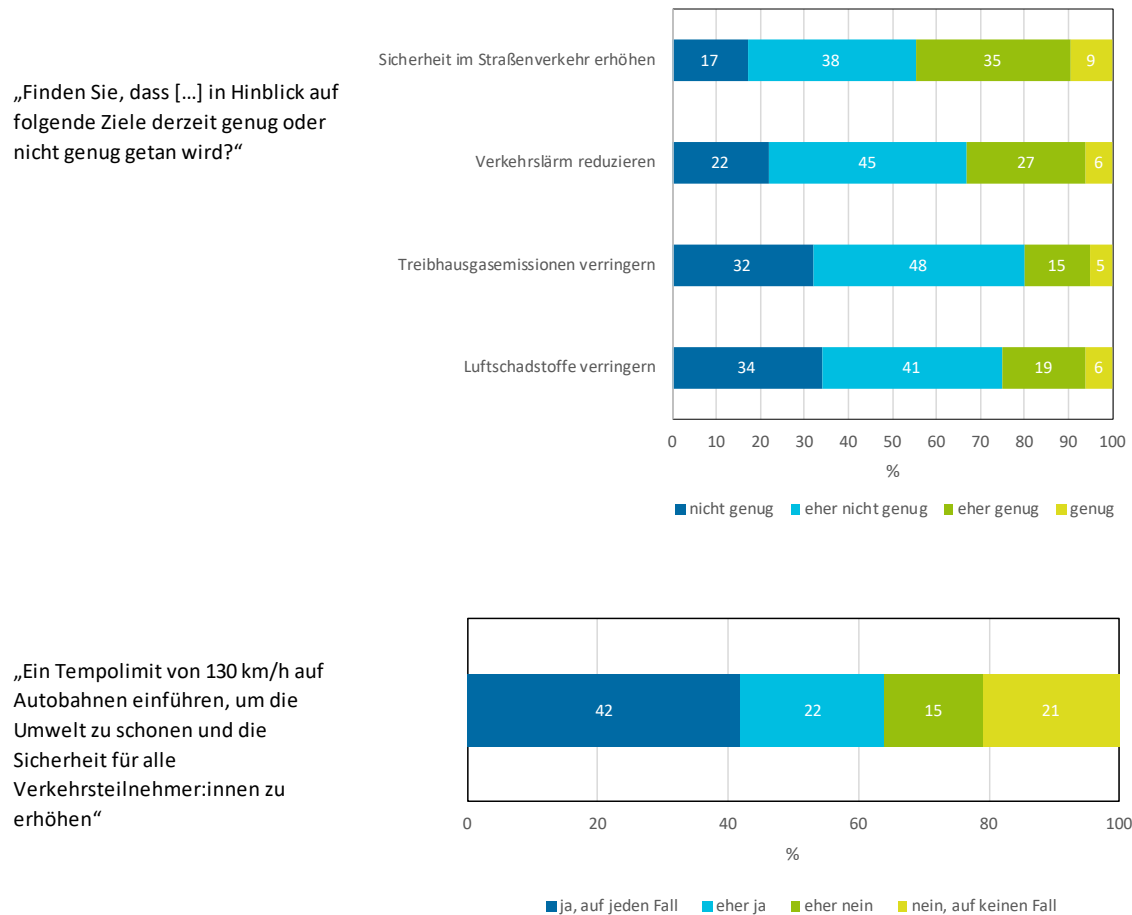
Ein Tempolimit auf Autobahnen würde darüber hinaus auch maßgeblich zur Luftreinhaltung und zur Einhaltung der nationalen Emissionshöchstmengen für Luftschadstoffe beitragen. Basierend auf Emissionsfaktoren aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) und Daten zur Fahrleistung auf Autobahnen aus dem Verkehrsmodell TREMOD können für Stickoxide (NO_x) und Feinstaub (PM₁₀) entsprechende Minderungsbeträge abgeschätzt werden: Bei einem Tempolimit von 120 km/h würden auf Autobahnen die NO_x Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen um 28 %, die für Feinstaub um ca. 24 % verringert werden. Bei einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h würden die Stickoxid- und Feinstaubemissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen auf Autobahnen sogar um jeweils fast die Hälfte reduziert (45 % bzw. 42 %).

C.6.5 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Manche Autofahrer*innen betrachten Tempolimits als Bevormundung oder Beschränkung ihrer persönlichen Freiheit. Allerdings werden in der öffentlichen Diskussion verstärkt die Vorzüge von Geschwindigkeitsbegrenzungen betont.

Laut der Studie „Umweltbewusstsein in Deutschland 2020“ finden 80 % der Befragten, dass aktuell „nicht genug“ oder „eher nicht genug“ zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Verkehr unternommen wird, für 75 % der Befragten werden Luftschadstoffe im Verkehr unzureichend adressiert. 67 % der Befragten sehen Handlungsbedarf zur Verringerung des Verkehrslärms und 55 % zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr.

Abbildung 67: Handlungsbedarf in Bezug auf Mobilität (oben) und Unterstützung für Geschwindigkeitsbegrenzungen (unten)



Quelle: Eigene Darstellung nach UBA (2021b)

Geschwindigkeitsbegrenzungen würden einen wichtigen Beitrag zu all den genannten Aspekten leisten. Folgerichtig stehen 64 % der Befragten einem Tempolimit von 130 km/h auf deutschen Autobahnen positiv gegenüber (42 % „ja, auf jeden Fall“ und 22 % „eher ja“), während nur 36 % sie ablehnen (15 % „eher nein“ und 21 % „nein, auf keinen Fall“) (UBA 2021b).

Selbst unter den Mitgliedern des ADAC hat sich die Einstellung bezüglich Tempolimits auf Autobahnen deutlich verändert (ADAC 2021b). Bei Mitgliederbefragungen zeichneten sich früher durchgängig – teils deutliche – Mehrheiten gegen eine Geschwindigkeitsbegrenzung ab. 2020 aber gab es zum ersten Mal seit 1995 eine knappe Mehrheit für ein generelles Tempolimit auf Autobahnen (47 % dafür, 46 % dagegen). Dieser Trend setzte sich in der Befragung 2021 fort (50 % dafür, 45 % dagegen) (ADAC 2021b). Aus diesem Grund hat der ADAC angekündigt, sich „bis auf weiteres einer Empfehlung an die Politik zum allgemeinen Tempolimit auf Autobahnen [zu enthalten]“ (ADAC 24.01.2020).

Wichtig zu beachten: Breite öffentliche Unterstützung für Tempolimits

In Umfragen spricht sich die Mehrheit der Deutschen für ein Tempolimit auf Autobahnen aus. Dies trifft inzwischen sogar für die Mitglieder des ADAC zu, die in der Vergangenheit mehrheitlich gegen Geschwindigkeitsbegrenzungen waren.

Allerdings werden Tempolimits oft nicht eingehalten. Aktuell wird auf Autobahnabschnitten mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 km/h diese von fast 40 % der Fahrer*innen überschritten (UBA 2020a). Daher ist ein großflächiges System zur Geschwindigkeitsüberwachung auf Autobahnen sinnvoll, um die verschiedenen genannten Vorteile abzusichern bzw. bezüglich des Klimavorteils noch zu verstärken.

Ferner könnten Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Autobahnen zu einer Verkehrsverlagerung auf Landstraßen führen. Um diesen Effekt zu begrenzen, wären verschärfte Tempolimits auf Landstraßen, wie z. B. eine Begrenzung auf 80 km/h, denkbar. Darüber hinaus müssten alternative Mobilitätsangebote, insbesondere der Schienenpersonenverkehr, gestärkt werden.

C.6.6 Ausgestaltungsvorschlag

Ein bundesweites Tempolimit auf Autobahnen könnte durch eine entsprechende Gesetzgebung rasch auf den Weg gebracht werden. In der Einführungsphase wäre wahrscheinlich eine Beschilderung der Autobahnauffahrten notwendig. Es kann davon ausgegangen werden, dass diese in kurzer Zeit zu geringen Kosten erfolgen könnte.

Um die Einhaltung der Tempolimits sicherzustellen, wäre ein deutlicher Ausbau der Infrastruktur zur Geschwindigkeitsüberwachung notwendig. Hierbei haben sich Radarmessung sowie Lichtschranken und LIDAR⁷⁸-Systeme bewährt. Langfristig könnten hierzu feste Säulen zur Geschwindigkeitsmessung auf weiten Teilen des deutschen Autobahnnetzes installiert werden. Für die anfallenden Kosten existieren keine verlässlichen Schätzungen. Unter angenommenen Kosten von 100.000 Euro pro Säule (Wikipedia 2021) könnte das gesamte Autobahnnetz für gut 400 Mio. Euro in Abständen von 3 km mit Geschwindigkeitsmesspunkten ausgestattet werden. Zumindest ein Teil dieser Ausgaben könnte über anfallende Bußgelder gegenfinanziert werden. In der kurzen Frist, d.h. bis diese Infrastruktur aufgebaut ist, bieten sich mobile Messpunkte an. Als flankierende Maßnahme scheint es zudem angebracht, die Einführung eines Tempolimits auf Autobahnen mit einer umfangreichen Informationskampagne zu begleiten. Durch Aufklärung der Autofahrer*innen über die Vorteile dieser Maßnahme kann deren Akzeptanz erhöht und das Ausmaß der Überschreitungen begrenzt werden. Dadurch könnte sich die Einhaltung der Geschwindigkeitsobergrenze als soziale Norm etablieren, die selbst ohne Überwachung und Bußgelder befolgt wird.

⁷⁸ LIDAR: Light detection and ranging, entspricht dem Prinzip des Radars, wobei statt Radiowellen Laser-Licht verwendet wird.

C.7 Dienstwagenbesteuerung

Stand: 1. September 2022

Zusammenfassung

Die aktuelle Dienstwagenbesteuerung führt zu mehr Pkw

Schätzungsweise 20 bis 25 % der neu zugelassenen Pkw in Deutschland sind Dienstwagen, die auch privat genutzt werden (UBA 2021). Grund für die Attraktivität des Pkw als Gehaltsbestandteil ist die niedrige Besteuerung: Für Arbeitnehmende ist der zu versteuernde geldwerte Vorteil deutlich günstiger als die Kosten für einen privat angeschafften Pkw (im Schnitt nur 40 % des wahren Vorteils). Firmen können die Anschaffungen von Pkw zur betrieblichen Nutzung ohne Höchstpreisbegrenzung und ungeachtet der CO₂-Emissionen der Fahrzeuge als Betriebsausgaben absetzen.

„Flat Rates“ begünstigen Vielfahrer

Viele Unternehmen stellen ihren Mitarbeitenden zudem Tankkarten zur Verfügung, auch für private Fahrten. Das wirkt wie eine „Flat Rate“ zur Nutzung des Pkw und führt dazu, dass es sich nicht lohnt, für private Wege den ÖPNV oder die Bahn zu nehmen. Durchschnittlich fahren Dienstwagen 30.000 km im Jahr, Privatwagen nur 12.400 km.

Soziale Unausgewogenheit

Höhere Einkommen profitieren besonders von Steuererleichterungen für Dienstwagen, denn fast die Hälfte aller privat genutzten Dienstwagen gehört den einkommensstärksten 20 % der Haushalte. Sie können durch die niedrige Besteuerung viel Geld sparen. Personen mit niedrigem Einkommen haben dagegen nur sehr selten einen Dienstwagen und profitieren von den Regelungen nicht.

Faire Besteuerung sicherstellen

Um die Dienstwagenbesteuerung zu einer sozial ausgewogenen Maßnahme ohne negative Umwelteffekte zu machen, muss der tatsächliche Wert des Fahrzeugs in der Besteuerung zugrunde gelegt werden. Dienstwagennutzende sollten für nicht-dienstliche Fahrten mit Dienstwagen nicht weniger bezahlen, als wenn sie einen privaten Pkw nutzen würden. Dafür könnten die privat gefahrenen Kilometer in die Berechnung des geldwerten Vorteils einbezogen oder Tankkarten für die private Nutzung untersagt werden.

Begünstigung für Plug-In-Hybride zeitnah abschaffen

Für Plug-In-Hybride ist der zu versteuernde geldwerte Vorteil nur halb so hoch wie für Verbrennungsmotoren (0,5 % des Listenpreises pro Monat). Im Durchschnitt beträgt der elektrische Fahranteil bei deutschen Dienstwagen mit Plug-In-Hybrid-Antrieb aber nur etwa 18 %. Für sie sollte die Steuerermäßigung daher so bald wie möglich ausgesetzt werden, da ihr Umweltvorteil gerade bei Nutzung als Dienstwagen (ohne Anreiz zum Laden) kaum sicherzustellen ist.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Der geldwerte Vorteil sollte sich zukünftig nach dem Gesamtwert der Fahrzeugnutzung richten – neben dem Kaufpreis sollten dafür auch die privat gefahrenen Kilometer einbezogen werden. Begünstigungen für Plug-In-Hybride sollten abgeschafft bzw. an den elektrischen Fahranteil geknüpft werden.

C.7.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

In Deutschland liegt der zu versteuernde geldwerte Vorteil für einen Dienstwagen der Mittelklasse bei ca. 3.840 Euro und für die Oberklasse bei etwa 8.640 Euro. In anderen Ländern werden teils deutlich höhere Sätze angewandt: So liegt der geldwerte Vorteil für einen Oberklassedienstwagen in den Niederlanden und Österreich zwischen gut 9.900 Euro und knapp 11.000 Euro, im Vereinigten Königreich und Dänemark sogar bei fast 17.000 Euro.

Tabelle 24: Zu versteuernder geldwerter Vorteil für privat genutzte Dienstwagen in ausgewählten Ländern.

Land	Berechnung des jährlichen geldwerten Vorteils (GWV)	Beispiel E-Pkw	Beispiel Mittelklasse	Beispiel Oberklasse
Deutschland	12 % des Bruttolistenpreises + 0.36 % des Listenpreises pro Kilometer zwischen Wohnort und Arbeitsplatz* Halbierung für Plug-In-Hybride und 25 % für E-Pkw Alternative: individuelle Berechnung mit Logbuch *Für die Beispielrechnungen wurden 20 km angenommen	1.056 Euro	3.840 Euro	8.640 Euro
Dänemark	25 % des Kaufpreises bis 40.000 Euro (min. 21.500 Euro) 20 % auf den Rest des Autopreises + Green Tax (CO2-abhängig; kW-abhängig für BEV)	5.500 Euro + Green Tax	6.160 Euro	16.500 Euro
Niederlande	Wenn mehr als 500 km privat gefahren werden: 22 % des Listenpreises 4 % für Nullemissionsfahrzeuge	880 Euro	4.400 Euro	9.900 Euro
Österreich	< 121 gCO2/km: 18 % des Listenpreises, max. 720 Euro/Monat > 121 gCO2/km: 24 % des Listenpreises, max. 960 Euro/Monat Keine Besteuerung auf Nullemissionsfahrzeuge	0 Euro	3.600 Euro	10.800 Euro
UK	16 – 37 % des Listenpreises, abhängig von CO2-Emissionen, jährliche Anpassung der Raten und CO2 Stufen	3.520 Euro	5.000 Euro	16.650 Euro

Quelle: Blanck et al. (2021)

C.7.2 Klimaschutzbeitrag nur bei einer Umgestaltung

Wenn Arbeitnehmende Dienstwagen privat nutzen, müssen sie dies als geldwerten Vorteil mit 1 % des inländischen Bruttolistenpreises pro Monat versteuern. Zusätzlich fallen 0,03 % je Kilometer Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz an. Diese Regelung gleicht im Schnitt nur 40 % des wahren Vorteils aus (Blanck et al. 2020a), ein privat angeschafftes Fahrzeug wäre

deutlich teurer. Außerdem können Firmen momentan die Anschaffungen von Pkw zur betrieblichen Nutzung ohne Höchstpreisbegrenzung und ungeachtet der CO₂-Emissionen der Fahrzeuge als Betriebsausgaben steuerlich absetzen.

Klimawirkung der Dienstwagensteuer (heute)

Steuerliche Absetzbarkeit von Dienstwagen sowie geringer Pauschalbetrag für private Nutzung → Anreiz, privat nutzbare Dienstwagen als Teil des Gehalts in Form einer Sachleistung zur Verfügung zu stellen → höherer Bestand Pkw und hohe (private) Fahrleistungen von Dienstwagen

Das derzeitige System wirkt aus mehreren Gründen den Klimaschutzanstrengungen entgegen:

- ▶ Die steuerlichen Vorzüge bergen einen Anreiz für Unternehmen, ihren Mitarbeitenden Pkw als Teil ihres Gehalts zur Verfügung zu stellen. Für Arbeitnehmende ist der zu versteuernde geldwerte Vorteil deutlich günstiger als die Kosten für einen privat angeschafften, gleichwertigen Pkw. In Summe führt die Dienstwagenbesteuerung dadurch zu mehr Pkw.
- ▶ Dürfen Tankkarten auch für private Fahrten genutzt werden, haben Dienstwagenfahrer*innen keinen Anreiz, Bahn, Bus oder Rad statt des Autos zu nutzen oder Kraftstoff einzusparen, z. B. durch kürzere Wege oder angepasstes Fahrverhalten.
- ▶ Die steuerliche Bevorzugung von Plug-In-Hybriden bringt bei der aktuellen durchschnittlichen Nutzung keine Vorteile für das Klima, da diese Fahrzeuge gerade als Dienstwagen zum Großteil verbrennungsmotorisch gefahren werden. Der vergünstigte Steuersatz regt zusätzlich die Beschaffung teurer, großer, schwerer und damit verbrauchsstarker Fahrzeuge an.

Dienstwagen machen einen Anteil von schätzungsweise 20 bis 25 % an den Neuzulassungen aus. Da sie nach zwei bis drei Jahren bereits in den Gebrauchtwagenmarkt gehen, haben sie unter dem Strich relevante Auswirkungen auf die Zusammensetzung des Fahrzeugbestands.

C.7.3 Soziale Auswirkungen

In ihrer aktuellen Ausgestaltung konterkariert die Dienstwagenbesteuerung nicht nur die Klimaschutzanstrengungen, sondern bringt auch substanzielle Kosten für den Staatshaushalt mit sich.

Nach Schätzungen des Forums Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft hatte die Dienstwagenbesteuerung in vergangenen Jahren Einnahmeausfälle von durchschnittlich 4,4 Mrd. Euro jährlich zur Folge (FOES 2021). Bei angenommenen 2 bis 3 Mio. elektrischen Dienstwagen könnten zusätzliche Steuermindereinnahmen von rund 3 bis 6 Mrd. Euro durch die bevorzugte Behandlung dieser Fahrzeugtypen entstehen. Diese Steuermindereinnahmen müssen dann von allen Steuerzahlenden ausgeglichen werden.

Dienstwagenbesteuerung hat regressive Verteilungswirkungen

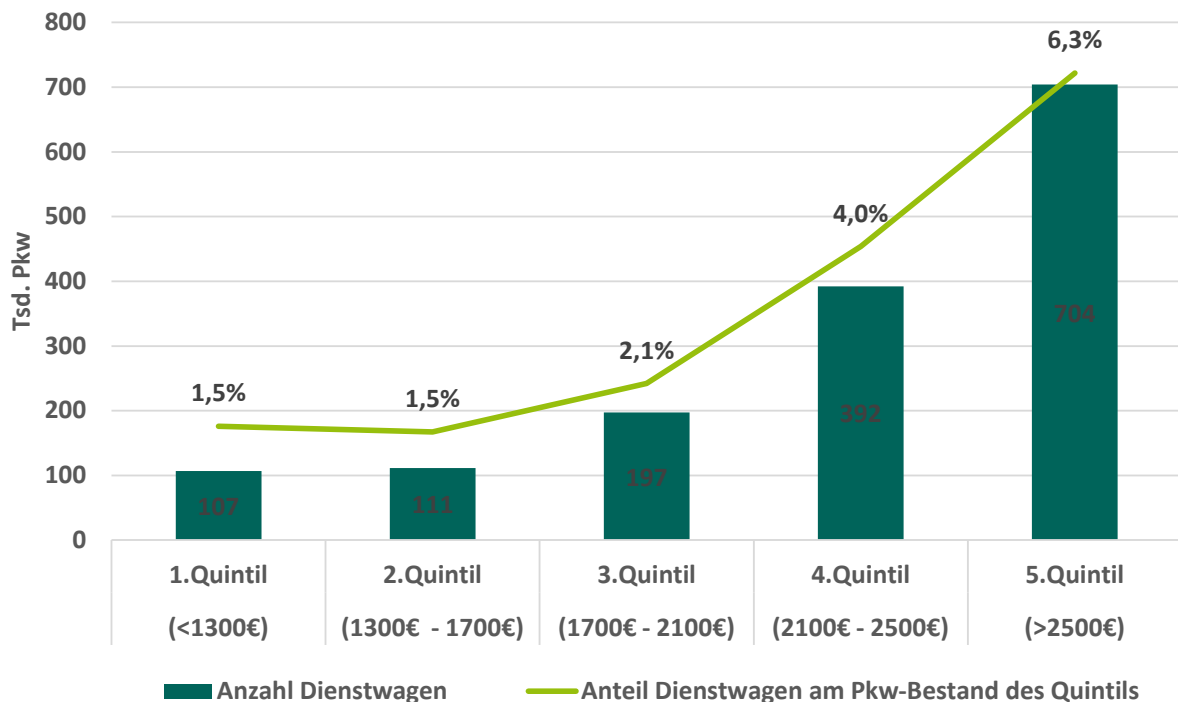
Höhere Einkommen profitieren besonders von Steuererleichterungen für Dienstwagen, da die einkommensstarken Haushalte überproportional Dienstwagen zur Verfügung haben.

Eine zu niedrige Bemessung des geldwerten Vorteiles entspricht nicht dem Konzept der Steuerneutralität: Für die private Anschaffung und Nutzung eines vergleichbaren Pkw durch die Arbeitnehmer*innen wäre eine deutlich höhere Barlohnerhöhung nötig. Im Falle der

Dienstwagenbereitstellung sinken die zu zahlenden Einkommenssteuern und in gleicher Relation die Sozialabgaben gegenüber dem Fall einer Barlohnerhöhung ohne Dienstwagenbereitstellung. Aufgrund der Steuerprogression steigt der Vorteil mit dem Einkommen und es werden überwiegend einkommensstarke Bevölkerungsgruppen begünstigt.

Menschen ohne Erwerbstätigkeit kommen nicht in den Genuss dieser Vergünstigung. Und auch innerhalb der Gruppe der Erwerbstätigen profitieren Besserverdienende weitaus stärker. Während in den obersten 20 % der Einkommensverteilung gut 6 % aller zugelassenen Pkw Dienstwagen sind, sind es bei den untersten 20 % nur 1,5 %. Sowohl von der bestehenden als auch von einer weiteren, nicht gegenfinanzierten Begünstigung von (elektrischen) Dienstwagen profitieren also vor allem sehr hohe Einkommen.

Abbildung 68: Anzahl der Dienstwagen sowie deren Anteil im Bestand nach Einkommensgruppen



Quelle: Öko-Institut (Blanck et al. 2020a)

C.7.4 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Wichtig zu beachten: Dienstwagen fair besteuern (Steuerneutralität)

Um die Dienstwagenbesteuerung zu einer sozial ausgewogenen Maßnahme ohne negative Umwelteffekte zu machen, sollte der tatsächliche Wert des Fahrzeugs für die Besteuerung zugrunde gelegt werden.

Bisher liegt der nach der 1 %-Regel berechnete geldwerte Vorteil deutlich unter den Kosten eines privat angeschafften Pkw. Ziel einer umgestalteten Dienstwagenbesteuerung sollte es sein, Steuerneutralität herzustellen und den wirklichen Wert des Dienstwagens widerzuspiegeln. Denn wenn kein Unterschied zwischen den Kosten der Dienstwagennutzung und denen einer privaten Anschaffung und Nutzung besteht, entfällt der Anreiz zur Anschaffung zusätzlicher Pkw.

Wichtig zu beachten: „Flat-Rate“ für die private Nutzung von Dienstwagen abschaffen

Dienstwagennutzende sollten die Kosten für privat gefahrene Kilometer selbst tragen. Nur dann haben auch sie einen Anreiz, Wege zu verkürzen oder auf den öffentlichen Verkehr umzusteigen.

Von den Unternehmen zur Verfügung gestellte Tankkarten stellen eine Art „Flat-Rate“ zum Autofahren dar. Es gibt keine Anreize, z. B. den Umweltverbund zu nutzen oder beim Kauf des Dienstwagens auf dessen Kraftstoffverbrauch zu achten. Der Impuls, den ein CO₂-Preis für Benzin und Diesel setzen soll, wird damit ebenfalls ausgehebelt. Entsprechend wichtig ist es, die „Flat-Rate“ für die private Nutzung von Dienstwagen abzuschaffen. Zwei Möglichkeiten sind denkbar: Entweder erhöht man den geldwerten Vorteil für Dienstwagen in Abhängigkeit der privaten Fahrleistung oder man schafft die Möglichkeit von unentgeltlichen Tankkarten vollständig ab.

Wichtig zu beachten: Begünstigung von Plug-In-Hybriden zeitnah abschaffen

Plug-In-Hybride weisen, insbesondere als Dienstwagen, keine nennenswerten Klimavorteile gegenüber Verbrennern auf. Die Halbierung des geldwerten Vorteils (0,5 statt 1,0 %) sollte daher kurzfristig abgeschafft werden.

Plug-In-Hybride als Dienstwagen werden zu größten Teilen mit Verbrennungsmotor gefahren. Dies liegt zum einen daran, dass oft die Tankkosten vom Arbeitgeber übernommen werden, aber nicht die Kosten des Ladens am Wohnort. Dadurch entsteht ein finanzieller Anreiz, sie vorwiegend im Verbrennungsmotor-Modus zu nutzen. Zudem sind Dienstwagen häufig auf langen Strecken im Einsatz, für die der Verbrennungsmotor anspringt, da die Batteriekapazität nicht ausreicht. Damit haben sie keinen Klimavorteil und ihre Begünstigung sollte schnellstmöglich rückgängig gemacht werden.

Wichtig zu beachten: CO₂-Spreizung der Dienstwagenbesteuerung birgt Risiken

Eine CO₂-Spreizung des geldwerten Vorteils im Rahmen der Dienstwagenbesteuerung kann einen Anreiz setzen, besonders effiziente Fahrzeuge zu beschaffen. Wenn aber Dienstwagen durch eine CO₂-Spreizung günstiger werden, könnte sie das als Gehaltsbestandteil noch attraktiver machen und langfristig zu mehr statt weniger Pkw führen.

Je günstiger Dienstwagen sind, desto mehr Dienstwagen gibt es. Das sieht man z. B. in Belgien: Dort sind Dienstwagen besonders günstig und es gibt auch sehr viele davon. Es ist nicht davon auszugehen, dass jeder elektrische Dienstwagen einen konventionellen Pkw ersetzt.

Um Elektromobilität zu fördern, gibt es sozial ausgewogenere Möglichkeiten als die Dienstwagenbesteuerung. Wichtiger als eine CO₂-Spreizung der Dienstwagenbesteuerung ist, dass Dienstwagen insgesamt angemessen entsprechend ihres tatsächlichen Werts besteuert werden.

Ein wesentliches Hemmnis für eine Reform der Dienstwagenbesteuerung könnte der Einfluss der deutschen Automobilindustrie sein, die momentan über 70 % der in Deutschland zugelassenen Dienstwagen stellt (tz 2018). Auch die Unternehmen und Arbeitnehmer*innen, welche von der Regelung profitieren, haben kein Interesse an einer grundlegenden Änderung. Daher erscheint eine transparente Darstellung der negativen Auswirkungen dieser Politik auf Umwelt und soziale Gerechtigkeit als wichtiger erster Schritt in der Debatte, um Reformmöglichkeiten zu sondieren.

C.7.5 Ausgestaltungsvorschlag

Privat genutzte Dienstwagen sollten steuerlich nicht bessergestellt sein als eine entsprechende Gehaltsleistung des Arbeitgebers. Dafür sollte sich der geldwerte Vorteil nach dem Gesamtwert der Fahrzeugnutzung richten. Privat gefahrene Kilometer müssten dafür in die Berechnung des geldwerten Vorteils einbezogen werden. So könnten z. B. zusätzlich zur 1 %-Regel je 1.000 Kilometer jährlicher privater Fahrleistung weitere 0,1 % des Bruttolistenpreises als zu versteuernder geldwerter Vorteil angesetzt werden. Alternativ, um eine Fahrtenbuchpflicht zu vermeiden, dürften Privatkilometer auch pauschal (z. B. 75 % der Jahresfahrleistung) angesetzt werden.

Eine weniger effektive, aber leichter umzusetzende Alternative bestünde darin, den zu versteuernden geldwerten Vorteil zu erhöhen, z. B. von 1 % auf 1,5 % des Listenpreises. Die höhere Besteuerung der Dienstwagen mit Verbrennungsmotor hätte auch den Vorteil, dass die Förderung von elektrischen Dienstwagen nicht mehr von allen Steuerzahler*innen getragen würde, sondern nur noch von denjenigen, die selbst einen – weniger umweltfreundlichen – Dienstwagen fahren. Für Plug-In-Hybride, welche als Dienstwagen derzeit kaum Vorteile für das Klima bringen, bietet sich eine kurzfristige Abschaffung der Steuerermäßigung an.

Mittelfristig ist eine CO₂-Spreizung der Dienstwagenbesteuerung nicht mehr notwendig bzw. sinnvoll. Stattdessen sollte eine solche Staffelung für jedes Fahrzeug, unabhängig davon, ob es privat oder dienstlich angeschafft wird, Anwendung finden – beispielsweise in Form einer CO₂-abhängigen Kfz-Steuer. Ansonsten birgt eine zusätzliche Bevorzugung emissionsarmer Dienstwagen die Gefahr, Dienstwagen auch weiterhin als Gehaltsbestandteil zu etablieren. Dies würde die Verkehrsverlagerung bremsen, zu substantziellen Steuerausfällen führen und sozial unausgewogene Verteilungen fortschreiben.

C.8 Umgestaltung der Entfernungspauschale

Stand: 13.Oktober 2021

Zusammenfassung

Fehlanreize für den Klimaschutz

Kosten für die Fahrt zwischen Wohnung und Arbeitsstätte können in Deutschland als Werbungskosten von der Einkommenssteuer abgesetzt werden. Diese Entfernungspauschale, oft Pendlerpauschale genannt, beträgt zurzeit bis zum 20. einfachen Entfernungskilometer 30 Cent je Kilometer und Arbeitstag, ab dem 21. einfachen Entfernungskilometer sind es 35 Cent – unabhängig vom Verkehrsmittel. Ob die einkommenssteuerrechtliche Behandlung der Fahrtkosten als Werbungskosten angemessen ist, ist juristisch umstritten. Fraglich ist, ob die Kosten für den Arbeitsweg tatsächlich primär beruflich veranlasst sind oder nicht vielmehr private Gründe für die Wahl des Wohnortes maßgeblich sind.

Die Entfernungspauschale unterstützt den Trend zu langen Arbeitswegen. Gleichzeitig werden Arbeitswege überdurchschnittlich häufig mit Pkw, welche i.d.R. nur mit einer Person besetzt sind, durchgeführt. Zusammengenommen wirkt die Entfernungspauschale damit den Klimaschutzanstrengungen entgegen. Eine hohe Zahl von Einpendler*innen mit Autos in die Städte und Ballungszentren führt außerdem zu lokalen Problemen durch Stau, Luftverschmutzung und Unfälle.

Höhere Einkommen profitieren stärker

Höhere Einkommensgruppen profitieren deutlich stärker von der Entfernungspauschale als Menschen mit niedrigerem Einkommen. Letztere zahlen weniger Einkommenssteuer, wohnen oftmals näher am Arbeitsplatz und erreichen auch seltener den Werbungskostenpauschbetrag von 1.000 Euro. Zudem ist in absoluten Beträgen die Steuerentlastung bei höherem Einkommen größer als bei niedrigem. Grund ist der progressive Einkommenssteuersatz.

Verschiedene Optionen für eine Umgestaltung

Es sind verschiedene Optionen für eine Reform der Entfernungspauschale denkbar:

Ihre generelle Abschaffung hätte eine positive Wirkung auf die Umwelt und würde die ungerechte Vorteilswirkung für Besserverdienende abschaffen. Eine Abschaffung oder Reduktion sollte mit einer Regelung kombiniert werden, die Härten bei Gruppen mit geringem Einkommen und gleichzeitig hohen Fahrtkosten für den Arbeitsweg abfedert. Diese Variante wird vom Umweltbundesamt aufgrund der potenziell besten ökologischen und sozialen Wirkung bevorzugt.

Alternativ könnte die steuerliche Absetzbarkeit an die Verfügbarkeit von Bus und Bahn geknüpft werden: Die Pauschale wird reduziert, wenn das Auto genutzt wird, obwohl öffentliche Verkehrsmittel mit gutem Angebot zur Verfügung stehen. So würde ein Anreiz gesetzt, verstärkt alternative Verkehrsmittel zu nutzen. Oder die Entfernungspauschale könnte generell nur für die ersten 20 Kilometer gezahlt werden.

Eine weitere Option wäre die Umgestaltung zu einem Mobilitätsgeld, das unabhängig vom Verkehrsmittel und dem Einkommenssteuersatz von der Einkommensteuerschuld abgezogen wird und so die Steuerzahler*innen entlastet. Damit würde die Sozialverträglichkeit verbessert werden. Eine ökologische Lenkungswirkung wäre auch beim Mobilitätsgeld möglich, wenn man deren Höhe an die Verfügbarkeit des öffentlichen Verkehrs knüpft.

C.8.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

In Deutschland existiert für Arbeitswege eine Entfernungspauschale unabhängig vom Verkehrsmittel. Seit dem Jahr 2021 können ab dem 21. Kilometer 35 Cent für jeden vollen Kilometer der einfachen Entfernung zum Arbeitsplatz von dem zu versteuernden Einkommen abgesetzt werden (30 Cent bis zum 20. Kilometer). Mit der unbegrenzten und pauschalen Absetzbarkeit nimmt Deutschland eine Sonderstellung in der steuerlichen Behandlung von Fahrt- bzw. Wegekosten ein – nur wenige Länder haben ein vergleichbares System.

In vielen Ländern sind dagegen Pendelkosten steuerlich grundsätzlich nicht absetzbar (u. a. Australien, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Portugal, Spanien, Tschechien, USA) oder die Absetzbarkeit ist an enge Voraussetzungen geknüpft (bspw. an Länge / Dauer des Anfahrtsweges oder Verkehrsmittelwahl). Fahrtkosten mit dem Pkw sind oft nur unter bestimmten Bedingungen oder nur beschränkt absetzbar (z. B. Finnland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Schweden, Schweiz). Die Frage, ob es zumutbar ist, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, ist häufig ausschlaggebend (Blanck et al. 2021).

C.8.2 Klimawirkung

Wie kann eine Umgestaltung der Entfernungspauschale zum Klimaschutz beitragen?

Reduktion oder Abschaffung der Entfernungspauschale → Vermeidung oder Verkürzung von Wegen z. B. durch Wohn- bzw. Arbeitsortwahl

Ausrichtung der Entfernungspauschale an der ÖV-Verfügbarkeit → Verlagerung auf ÖV

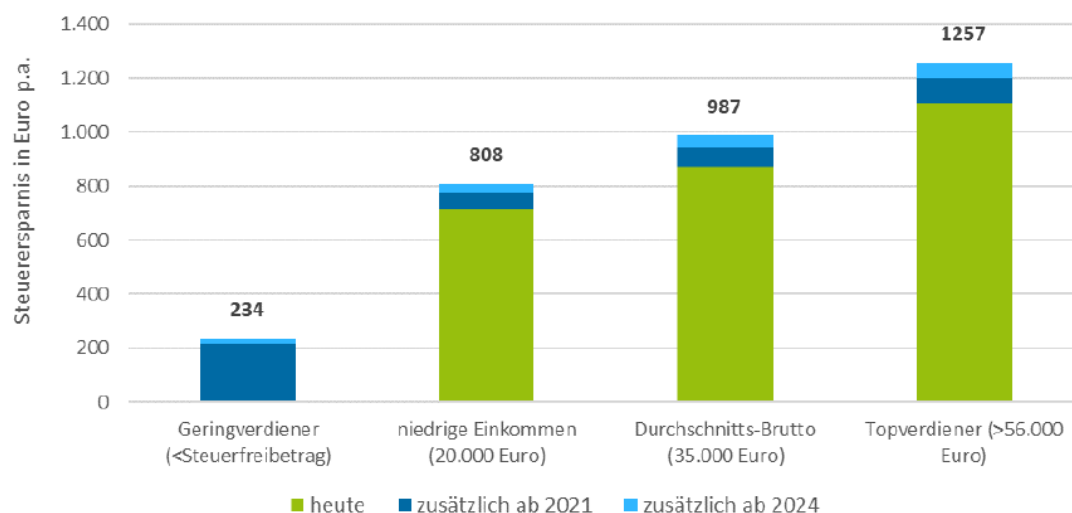
Eine Pauschale, die nur von der zurückgelegten Entfernung abhängt, reduziert Anreize zur Einsparung von Treibhausgasemissionen durch kürzere Wegstrecken. Auch wenn nur ein geringer Anteil beim Wohnortwechsel die Kosten durch das Pendeln als Entscheidungskriterium für den neuen Wohnstandort zu Grunde legt, so kann eine Reduktion oder Abschaffung der Entfernungspauschale durchaus relevante Auswirkungen auf die CO₂-Emissionen entfalten. Schätzungsweise könnte eine vollständige Abschaffung die jährlichen Verkehrsemissionen mittelfristig (nach 10 Jahren) um etwa 4 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr senken (UBA 2019). Signifikant abhängig sind die Überlegungen zum CO₂-Minderungspotenzial von den Annahmen hinsichtlich der Wohnstandortwahl. Analysen zufolge wechseln 40 % der Berufstätigen ihren Wohnort bzw. Wohn- und Arbeitsort einmal innerhalb von 6 Jahren (Matthes et al. 2008). Wenn beispielsweise innerhalb von 10 Jahren 60 % der Berufstätigen umziehen und 25 % davon bei ihrem nächsten Umzug den Wegfall der Entfernungspauschale berücksichtigen und ihre Wegelängen um 20 % reduzieren, ergibt sich eine Reduktion um rund 2,5 Millionen Tonnen CO₂.

Durch das Brennstoffemissionshandelsgesetz wurde 2021 ein CO₂-Preis für Kraftstoffe im Verkehrssektor eingeführt. Dieser beträgt aktuell 25 Euro pro Tonne CO₂, was in etwa einer Preiserhöhung von 5,8 Cent/Liter für Benzin und 6,6 Cent/Liter für Diesel entspricht. Bis zum Jahr 2025 soll der Emissionspreis auf 55 Euro pro Tonne CO₂ ansteigen. Als Kompensationsmaßnahme für Berufspendler*innen beinhaltet das Klimapaket der Bundesregierung eine Erhöhung der Entfernungspauschale für weite Strecken: seit Januar 2021 ab dem 21. Entfernungskilometer 35 Cent/km, ab 2024 soll sie auf 38 Cent/km erhöht werden. Damit wird zwar das Ziel erreicht, übermäßige finanzielle Belastungen für Fernpendelnde zu vermeiden, die Lenkungswirkung des CO₂-Preises wird aber verringert.

C.8.3 Auswirkungen auf die Einkommensverteilung

Die Entfernungspauschale führt dazu, dass dem Staatshaushalt Einnahmen entgehen – laut Bundesministerium der Finanzen (BMF) etwa 6 Mrd. Euro in 2018. Menschen mit niedrigem Einkommen profitieren von diesen Steuereinsparungen jedoch kaum (Jacob et al. 2016): Zum einen steigt die absolute Steuerersparnis aufgrund des progressiven Einkommenssteuersatzes. Beispielsweise spart man bei 40 Kilometern Arbeitsweg und 220 Arbeitstagen und niedrigem Einkommen etwa 800 Euro Steuern, bei hohem Einkommen bis zu 1.200 Euro. Zwar können Geringverdienende mit einem Einkommen unterhalb des Grundfreibetrags, die nicht von der Entfernungspauschale profitieren, seit 2021 eine Mobilitätsprämie beim Finanzamt beantragen. Diese greift aber erst ab einer Entfernung von mindestens 21 Kilometern zwischen Arbeitsplatz und Wohnort.

Abbildung 69: Steuerersparnis für unterschiedliche Einkommen durch die Entfernungspauschale bei 40 Kilometern Arbeitsweg



Quelle: Blanck et al. (2020a)

Zum anderen pendeln Gutverdienende häufiger und legen dabei weitere Strecken zurück. Während die ärmsten 20 % im Schnitt pro Tag knapp 5 Kilometer an Arbeitswegen zurücklegen, sind es für die reichsten 20 % gut 12 Kilometer (und gut 8 Kilometer im Bundesdurchschnitt) (Blanck et al. 2020a). Das liegt vor allem daran, dass es in der Gruppe der obersten Einkommensquintile besonders viele Erwerbstätige gibt. Ein Drittel der gesamten Pendelkilometer entfällt auf Arbeitswege mit einer Länge von mehr als 50 Kilometern, ein weiteres Drittel auf Wege mit einer Länge von 20 bis 50 Kilometern und nur das letzte Drittel auf Wege mit einer Länge unter 20 Kilometern. Und ganz wesentlich: Arbeitswege werden noch öfter als andere Wege mit dem Pkw zurückgelegt und in den meisten Fällen mit nur einer Person pro Fahrzeug (Blanck et al. 2020a).

C.8.4 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfallen

Angesichts der gerade erst beschlossenen und umgesetzten Anhebung der Entfernungspauschale im Rahmen des Klimaschutzprogramms 2030 ist eine kurzfristige Umgestaltung eher unwahrscheinlich. Sie ist jedoch mittelfristig für die Transformation des Verkehrssektor hin zu mehr Klimaschutz und sozialer Gerechtigkeit dringend notwendig. Aus

diesem Grund sollten schon jetzt verschiedene Umgestaltungsoptionen diskutiert und zeitnah beschlossen werden. Dies ist auch sinnvoll, um den betroffenen Menschen ausreichend Zeit zur Vorbereitung bzw. Anpassung zu ermöglichen und ggf. eine stufenweise Umgestaltung zu gewährleisten. Folgende Umgestaltungsoptionen stehen u. a. zur Diskussion:

Verschiedene Optionen für die Umgestaltung der Entfernungspauschale

1. Abschaffung der Entfernungspauschale mit Härtefallregelung: Positive Umweltwirkung gegen den „Zersiedelungsanreiz“ sowie Abschaffung der ungerechten Vorteilswirkung für Besserverdienende.
2. Verknüpfung der steuerlichen Absetzbarkeit an ÖV-Verfügbarkeit: Positive Umweltwirkung, da Entfernungspauschale für Pkw bei steigender ÖV-Qualität sinkt und damit ein Anreiz geschaffen wird, weniger den Pkw zu nutzen. Die regressive Verteilungswirkung bliebe jedoch bestehen.
3. Mobilitätsgeld: Klarer sozialer Nutzen, aber spezifischer Klimaschutznutzen nur in Kombination mit weiteren Kriterien, wie z. B. einer Halbierung des Mobilitätsgeldes bei Pkw-Nutzung.

Um die Anreize für umweltbelastendes Verhalten zu beseitigen, sollte die Entfernungspauschale im besten Fall vollständig entfallen, zumindest jedoch deutlich reduziert werden. Dies sollte nicht kurzfristig, sondern in der mittleren Frist erfolgen, um Anpassungsreaktionen frühzeitig zu ermöglichen. Dabei ist eine Härtefallregelung zentral: Um unzumutbare, zusätzliche finanzielle Belastungen zu vermeiden, müssen parallel zu einer Abschaffung der Entfernungspauschale gezielt diejenigen entlastet werden, die relativ zu ihrem Einkommen sehr hohe Fahrtkosten aufwenden müssen. Eine Abschaffung der Entfernungspauschale hat damit einen ökologischen und sozialen Nutzen.

Eine ökologische Umgestaltung der Entfernungspauschale könnte auch dadurch erreicht werden, indem die Absetzbarkeit ganz oder teilweise an bestimmte Bedingungen geknüpft wird. So könnten Strecken, die mit dem Pkw gefahren werden, nur noch in Fällen steuerlich absetzbar sein, in denen der Umweltverbund einen erheblichen, unzumutbaren zeitlichen Mehraufwand darstellt, beispielsweise wenn die Fahrtzeit mit dem öffentlichen Verkehr mindestens 60 Minuten pro Tag länger ist. So werden immer größere Pendeldistanzen unattraktiver. Ähnliche Ansätze wurden bereits in anderen europäischen Ländern umgesetzt. Die Verknüpfung mit der Anbindung an den öffentlichen Verkehr ermöglicht zwar eine ökologische Lenkungswirkung, die regressive Verteilungswirkung bleibt jedoch bestehen. Hinzu kommt, dass die nötige Zumutbarkeitsprüfung mit einem erhöhten Verwaltungsaufwand einhergeht und mitunter zeitaufwendig und im Einzelfall ungenau sein kann.

Eine weitere Option wäre ein Mobilitätsgeld für alle Verkehrsmittel, das unabhängig vom individuellen Steuersatz ist. Derzeit wäre ein Mobilitätsgeld von 10 Cent pro Kilometer Arbeitsweg aufkommensneutral im Vergleich zur aktuellen Regelung über die Entfernungspauschale. So würden Haushalte mit geringem Einkommen stärker profitieren und die Ausgestaltung wäre sozial ausgewogener. Die reine Umgestaltung hin zu einem steuersatzunabhängigen Mobilitätsgeld entfaltet jedoch keine direkte ökologische Lenkungswirkung. Daher sollte zusätzlich das Mobilitätsgeld halbiert werden, wenn das Auto trotz guter öffentlicher Anbindung genutzt wird, so dass sich auch eine ökologische Wirkung einstellt. In diesem Fall wäre aber ebenfalls eine Zumutbarkeitsprüfung mit dem entsprechenden Verwaltungsaufwand notwendig.

C.9 Fahrleistungsabhängige Lkw-Maut

Stand: 14.Oktober 2021

Zusammenfassung

Die Lkw-Maut finanziert die Straßeninfrastruktur – und kann zum Klimaschutz beitragen

Die Lkw-Maut ist eine Gebühr für die Nutzung eines bestimmten Straßennetzes. Sie wird in Deutschland derzeit auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen für Lkw ab 7,5 t erhoben. Die fahrleistungsabhängige Lkw-Maut setzt Anreize, Wege zu verkürzen und Leerfahrten zu vermeiden. Sie kann – bei entsprechender Differenzierung der Mautsätze – auch Anreize setzen für den Kauf besonders umweltfreundlicher Lkw, denn Mautkosten haben einen hohen Anteil an den Gesamtkosten im Straßengüterverkehr.

Zusätzliche CO₂-Komponente in Lkw-Maut zentral für Hochlauf alternativer Antriebe

Bisher hängt die Höhe der Mautsätze von der Fahrzeuggröße und den Schadstoffemissionen ab, nicht aber von den CO₂-Emissionen. Nur batterieelektrische Lkw und Erdgas-Lkw sind derzeit nicht mautpflichtig. Damit bei Neuinvestitionen CO₂-ärmere Antriebstechnologien den nötigen Zuspruch finden, sollte die Lkw-Maut zukünftig eine CO₂-Komponente enthalten, die zusätzlich zur bisherigen Maut eingeführt wird. Die laufende Revision der Eurovignetten-Richtlinie wird diese Art der CO₂-Differenzierung aller Voraussicht nach in Zukunft ermöglichen.

CO₂-Preis in Lkw-Maut verhindert unerwünschte Ausweichreaktionen

Ein CO₂-Preis auf Kraftstoffe wurde 2021 national über das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) eingeführt. Das kann aber zu unerwünschtem Ausweichverhalten führen, indem Lkw zum Beispiel im Ausland betankt werden. Um einen international fairen Wettbewerb sicherzustellen und „graue Importe“ von Kraftstoff aus dem Ausland zu vermeiden, sollte der CO₂-Preis des BEHG im Straßengüterverkehr über die Lkw-Maut erhoben werden. Dies setzt jedoch voraus, dass eine CO₂-Komponente in der Lkw-Maut (wie oben erwähnt) zusätzlich zur bisherigen Maut erhoben wird.

Infrastrukturkomponente sichert künftige Finanzierung für Straßen und setzt Anreize

Die Infrastrukturkomponente sichert die Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur auch in Zukunft. Als Anreiz für den schnellen Markthochlauf von alternativen Antrieben sollte (neben dem CO₂-Preis) übergangsweise die Infrastrukturkomponente für elektrische Fahrzeuge reduziert werden auf nur 25 % des Mauthöchstsatzes der entsprechenden Fahrzeugklasse. Wird gleichzeitig der Mautsatz für konventionelle Lkw erhöht, wird die Wegekostendeckung insgesamt sichergestellt. Die Mautspreizung für elektrische Fahrzeuge sollte mittelfristig sukzessive reduziert werden.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Die Infrastrukturkomponente der Lkw-Maut sollte nach CO₂ gespreizt und die Klimakosten durch eine zusätzliche CO₂-Komponente internalisiert werden (beides ab 2023). Leitplanke bildet die UBA-Methodenkonvention 3.1 mit 215 Euro₂₀₂₀/t CO₂ in 2030. Als nächster Schritt erfolgt die Ausweitung der Maut auf alle Lkw ab 3,5 Tonnen zGG. und alle Straßen (ab 2025) und die vollständige Internalisierung aller externer Kosten (bis 2035).

C.9.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

In Europa gibt es unterschiedliche Mautsysteme. Teils wird ein fixer Tarif erhoben, teils wie in Deutschland ein fahrleistungsabhängiger Tarif. Aktuell finden sich in einigen EU-Ländern noch zeitabhängige Vignetten-Lösungen, z. B. in Dänemark, den Niederlanden und in Schweden. Grundsätzlich ist es jedoch sinnvoll, in allen Staaten in Europa ein fahrleistungsabhängiges System zu implementieren. Die EU arbeitet auf ein einheitliches Mautsystem hin und versucht, die Kompatibilität zwischen den Systemen herzustellen – zwischen Deutschland und Österreich ist dies bereits der Fall.

Ein Beispiel für ein erfolgreiches Modell einer fahrleistungsabhängigen Maut ist die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) der Schweiz, ein System mit Vollkosten-Ansatz und Anlastung externer Kosten. Stufenweise wurde das maximal zulässige Gewicht der Lkw von 28 t auf 40 t erhöht. In der Summe führte dies zu einer starken Effizienzsteigerung im Straßengüterverkehr, einer höheren Auslastung der Lkw, weniger Leerfahrten und somit rund 23 % weniger Fahrzeugkilometern im Jahr 2005 im Gegensatz zu einem hypothetischen Referenzszenario ohne LSVA und niedriger Gewichtsbeschränkung (ARE 2007). Rund ein Drittel davon ist auf eine verstärkte Verlagerung auf die Schiene zurückzuführen (Ecoplan 2012). Die Lkw-Maut ist in der Schweiz heute ca. dreimal so hoch wie in Deutschland.

Dank der LSVA sind die CO₂-Emissionen des Straßengüterverkehrs pro Jahr etwa 6 % geringer gegenüber einem Referenzszenario ohne LSVA (ARE 2007). Aufgrund der höheren durchschnittlichen Beladung der Fahrzeuge sanken die Emissionen im Vergleich zur Fahrleistung weniger stark. Trotz der im Zeitverlauf steigenden Transportleistungen im Güterverkehr, konnte der Modal-Split über die Jahre stabil gehalten werden. Im Jahr 2019 betragen in der Schweiz der Anteil der Straße an der Verkehrsleistung 63 % und der Modal Split der Schiene 37 % (BFS 2021). Ohne LSVA wäre der Straßenanteil deutlich gestiegen. Zum Vergleich: In Deutschland erfolgten 2019 74 % der Güterverkehrsleistung auf der Straße, 19 % auf der Schiene und 7 % per Binnenschifffahrt (UBA 2021b).

Der stabil hohe Bahnanteil im Güterverkehr in der Schweiz ist aber nicht allein auf die Einführung der LSVA zurückzuführen. Gleichzeitig wurde das Schienennetz weiter ausgebaut (u. a. NEAT (Neue Eisenbahn-Alpentransversale), 4-Meter-Korridor), ein Nachtfahrverbot auf der Straße eingeführt sowie der kombinierte Verkehr (KV) und der Umschlag von Gütern zwischen der Schiene und der Straße stark gefördert. Der kombinierte Verkehr erlaubt es, mehr Transporte auf die Schiene zu verlagern und nur die Feinverteilung mit Lkw oder Lieferwagen zu erbringen. Gleichzeitig besteht ein Nachtfahrverbot auf der Straße. Der hohe Bahnanteil im Schweizer Güterverkehr ist also zum einen auf die Kombination der Instrumente im Straßen- und Schienengüterverkehr und zum anderen auf die Lenkungswirkung der LSVA zurückzuführen. Gleichzeitig ermöglicht die LSVA die Finanzierung von Straße und Schiene.

C.9.2 Klimaschutzbeitrag

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Verteuerung der Transportkosten → Verlagerung auf Schiene und Binnenschiff → Reduktion der CO₂-Emissionen des Güterverkehrs

Verteuerung der Transportkosten → Erhöhung der Auslastung von Fahrzeugen → Reduktion der Lkw-Fahrleistung → Reduktion der CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs

CO₂-Differenzierung setzt Anreize für Anschaffung CO₂-freier(arm)er Lkw → Reduktion der CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs

Die Lkw-Maut wurde primär für die Straßeninfrastrukturfinanzierung und die Anlastung der Wegekosten eingeführt. Grundsätzlich kann eine (Erhöhung der) Lkw-Maut kurzfristig die Effizienz und Auslastung der Fahrzeuge erhöhen. Längerfristig können Verlagerungswirkungen auf die Bahn (bei passendem Angebot) und, über den allmählichen Fahrzeugersatz, ein schnellerer Wandel der Lkw-Antriebstechnologien folgen.

Die Wirkung der Lkw-Maut als Instrument zur Vermeidung und Verlagerung des Straßengüterverkehrs ist in der heutigen Ausgestaltung allerdings gering. Aktuell steigt die Güterverkehrsleistung kontinuierlich an und der Modal-Split-Anteil des Schienengüterverkehrs nimmt nur marginal zu. Der Schienenverkehr hat bisher nicht ausreichende Kapazitäten, Qualitätsprobleme und weist eine geringere Flexibilität auf, so dass er weder quantitativ noch qualitativ eine gute Alternative für eine Verlagerung des Straßengüterverkehrs darstellt. Eine Ausweitung der Lkw-Maut auf weitere Netzelemente und eine damit einhergehende Kostensteigerung im Straßengüterverkehr würde einen Modal Shift hin zum Schienengüterverkehr begünstigen.

Die Lkw-Maut dient auch als Instrument zur Verkehrslenkung sowie Verbesserung der Fahrzeugtechnik. Mit der Differenzierung nach Schadstoffklassen konnten Anreize für eine Erneuerung der Fahrzeugflotte geschaffen werden. Da mittlerweile bereits 82,5 % der Fahrleistung durch Straßengüterfahrzeuge der aktuell besten Schadstoffklasse Euro 6 erfolgt, sind die Anreize jedoch nicht mehr groß (BAG 2020). Bei einer Ausdehnung der Mautpflicht auf alle Straßen können Ausweichverkehre vermieden und ein Anreiz für möglichst kurze Routen (unabhängig der Straßenkategorie) gesetzt werden.

Daraus ergibt sich ein großes Potential zur Minderung der Treibhausgase: Eine Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen ab 2025 in Kombination mit einer weiteren Internalisierung von externen Kosten (inkl. CO₂-Komponente) in Form von höheren Gebühren für schwere Lkw (zusätzlich 17 ct/km, also eine Verdoppelung des heutigen Mautsatzes), könnte eine Reduktion der Lkw-Fahrleistung von rund 13 % auslösen (Agora Verkehrswende 2018). Eine solche Reduktion würde eine Minderung an Treibhausgasen von 6,8 Millionen Tonnen im Jahr 2030 ergeben. Andere Schätzungen, welche allein auf die Wirkung der zusätzlichen CO₂-Komponente fokussieren, kommen auf Einsparpotentiale von 1,5 bis 4 Millionen Tonnen CO₂ in 2030 (UBA 2021, Prognos und FVT 2018).

C.9.3 Handlungsspielraum ist abhängig von der Revision der Eurovignetten-Richtlinie

Die EU-Richtlinie 1999/62/EG (Wegekosten- oder Eurovignetten-Richtlinie) bildet die Grundlage für die Erhebung von Straßennutzungsgebühren auf den europäischen Straßen. Die

Möglichkeiten für eine CO₂-Differenzierung von Straßenbenutzungsgebühren in Deutschland sind dadurch begrenzt bzw. davon abhängig.

Seit dem Jahr 2017 wird eine Revision der Wegekostenrichtlinie diskutiert. In der Neufassung soll erstmals eine CO₂-Differenzierung möglich sein. Die CO₂-Kosten können über eine CO₂-abhängige Differenzierung der Infrastrukturgebühren, über eine Gebühr für externe Kosten der CO₂-Emissionen oder über beides zusammen erhoben werden. Für die CO₂-Gebühr werden differenziert nach den Gewichtsklassen Referenzwerte pro Kilometer für verschiedene CO₂-Klassen (z. B. Klasse 1 alle Lkw Euro 0 bis Euro VI) vorgeschlagen. Unter bestimmten Umständen können diese Referenzwerte erhöht werden, dürfen aber nicht mehr als das Doppelte betragen

Neben der Berücksichtigung von CO₂-Emissionen beinhaltet der aktuelle Diskussionsstand zur Änderung der Richtlinie auch die (verpflichtende) Ausweitung der Maut auf Fahrzeuge ab 3,5 t, die Möglichkeit für einen Stauzuschlag und die Berücksichtigung von Hybrid-Fahrzeugen. Bei diesen sollte sich die CO₂-Spreizung idealerweise möglichst nah an den tatsächlichen Treibhausgasemissionen orientieren, denn bei einer fahrzeugbezogenen Spreizung der Maut besteht die Gefahr, dass auch ohne elektrischen Fahranteil Mautbegünstigungen gewährt werden.

C.9.4 Ausgestaltung: Leitplanken und Stolperfalle

Wichtig zu beachten: CO₂-Komponente darf nicht zu niedrig angesetzt werden

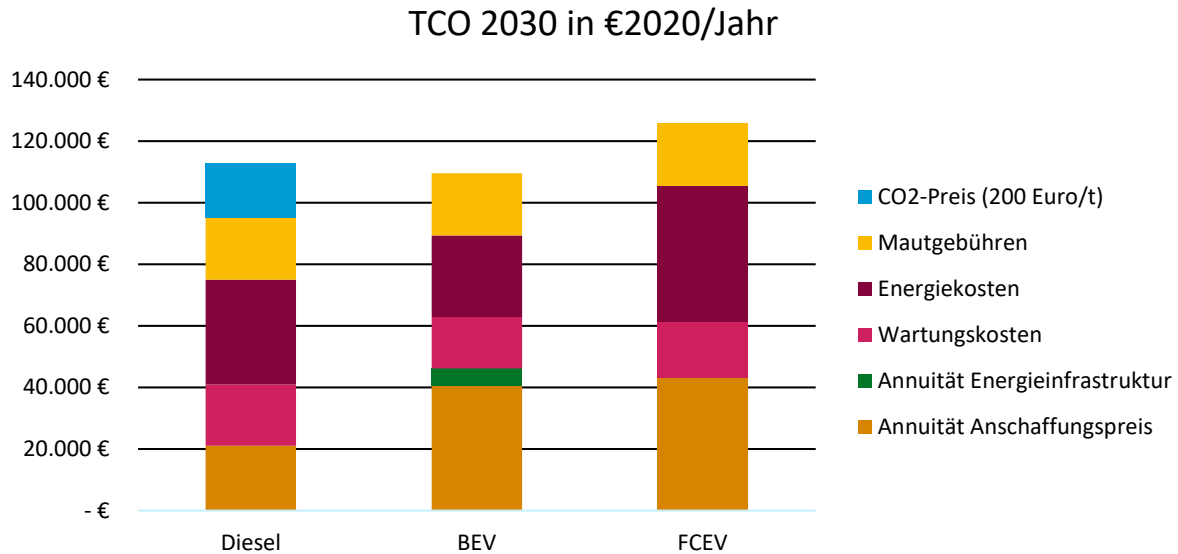
Alternative Antriebsoptionen bei Lkw, also Batterie, Oberleitung und Brennstoffzellen, befinden sich noch im Entwicklungsstadium mit hohen Anschaffungskosten. Für einen schnellen Markthochlauf sind deutliche finanzielle Anreize notwendig. Die CO₂-Komponente bzw. CO₂-Spreizung der Lkw-Maut ist dafür ein geeignetes Instrument, darf aber nicht zu niedrig sein.

Die externen Kosten der CO₂-Emissionen werden im Jahr 2030 auf 215 Euro₂₀₂₀/t CO₂ geschätzt (Bünger, Björn, Matthey, Astrid 2020). Diese sollen vollständig internalisiert werden.

Eine Schätzung der Gesamtnutzungskosten ergibt für einen CO₂-Preis von 200 Euro₂₀₂₀/t CO₂ im Jahr 2030 Kostenvorteile für einen Batterie-Lkw (BEV) im Vergleich zum fossilen Diesel-Antrieb (siehe folgende Abbildung 70). Brennstoffzellen-Lkw (FCEV) weisen die höchsten Gesamtnutzungskosten je Lkw-Kilometer auf, die erst bei deutlich höheren CO₂-Preisen wirtschaftlich werden. In den Berechnungen ist dabei hinterlegt, dass nicht nur der CO₂-Preis ansteigt, sondern es auch beim Strompreis eine Entlastung durch Abschaffung der EEG-Umlage und der Stromsteuer gibt⁷⁹. Zur Finanzierung der Straßeninfrastruktur beinhalten alle Gesamtkosten für die betrachteten Technologien identische Mautabgaben. Eine stärkere Spreizung der Straßeninfrastrukturkomponente nach Technologien wäre zusätzlich möglich, um den Kostenvorteil der klimafreundlichen Alternativen zu erhöhen und gleichzeitig mehr Investitionssicherheit zu schaffen, sie ist in dieser Betrachtung aber nicht hinterlegt worden.

⁷⁹ Diesel-Preis an Tankstelle: 1,01 EUR/l, Strompreis an Ladesäule: 14 ct/kWh, Wasserstoffpreis an Tankstelle: 4,9 EUR/kg unter Berücksichtigung von Kostendegressionen durch Skaleneffekte gemäß Branchenangaben (jeweils ohne MwSt.).

Abbildung 70: Jährliche Gesamtnutzungskosten für einen Lkw im Fernverkehr im Jahr 2030 mit Berücksichtigung eines CO₂-Preises von 200 Euro/tCO₂.



Quelle: Berechnungen des Öko-Instituts auf Basis von Matthes et al. 2021 und Kühnel et al. 2018. Jahresfahrleistung: 120.000 km.

Wichtig zu beachten: Infrastrukturfinanzierung muss sichergestellt bleiben

Die Infrastrukturfinanzierung muss sichergestellt bleiben, das heißt die Einnahmen für die Infrastruktur dürfen insgesamt nicht abnehmen. Ein niedrigerer Mautsatz für elektrische Lkw zum Beispiel sollte mit einem höheren Mautsatz für Lkw mit Verbrennungsmotor ausgeglichen werden.

In Anbetracht der künftig verstärkt wachsenden Elektrifizierung und Dekarbonisierung des Verkehrs werden die Einnahmen durch die Energiesteuer sinken und die Bedeutung der Lkw-Maut für die Finanzierung der Infrastruktur zunehmen.

Das Mautsystem muss daher an zukünftige Antriebstechnologien der Fahrzeuge angepasst werden. Langfristig wäre es auch denkbar, eine Mautspreizung der Infrastrukturkomponente nach dem Energieverbrauch der (elektrischen) Fahrzeuge vorzunehmen, um auch hier Effizianzanreize zu setzen.

Für eine durchgehende Nutzerfinanzierung bietet sich jedoch zunächst eine Ausweitung auf alle Straßen und Fahrzeuge ab 3,5 t an, sowie mittelfristig die umfassendere Internalisierung der externen Kosten des Straßengüterverkehrs (UBA 2021).

Wichtig zu beachten: Straßengüterverkehr nicht vom BEHG ausnehmen

Der Güterverkehr darf nicht vom CO₂-Preis im BEHG ausgenommen werden, da sonst wichtige Einnahmen für den Energie- und Klimafonds fehlen. Sobald es europarechtlich möglich ist, sollte zur Vermeidung von grauen Importen der CO₂-Preis des BEHG (für mautpflichtige Fahrzeuge und Straßen) über die Lkw-Maut erhoben werden.

Als ein wichtiges Instrument zur Erreichung der Sektorziele wurde 2021 in Deutschland ein nationales Emissionshandelssystem (nEHS) eingeführt, das u. a. die Emissionen aus der Verbrennung fossiler Kraftstoffe im Verkehrssektor umfasst. Grundsätzlich ist die Wirkung eines CO₂-Preises auf Kraftstoffe und einer CO₂-Komponente in der Lkw-Maut ähnlich, denn beide

erhöhen je Kilometer die Kosten für Diesel-Lkw. Im Detail gibt es jedoch relevante Unterschiede, wie die folgende Tabelle zeigt – und jeweils spezifische Vorteile und Nachteile.

Tabelle 25: Vergleich: CO₂-Komponente in der Lkw-Maut und CO₂-Preis auf Kraftstoffe

	CO ₂ -Preis auf Kraftstoff (BEHG)	CO ₂ -Komponente in der Lkw-Maut
Höhe des CO ₂ -Preises	Gemäß BEHG: Fixpreis (bis 2026), anschließend Preisbildung am Markt (volatil)	Höhere Planungssicherheit durch Festlegung der Preise, höherer Preis als im BEHG möglich
berücksichtigte Straßen	alle	Bundesfernstraßen (bisher)
berücksichtigte Fahrzeuge	alle	Nur Lkw ab 7,5 t zGG (bisher)
Gefahr „grauer Importe“ bei unterschiedlichen CO ₂ -Preisen in der EU	ja	nein
Grundlage für Bestimmung CO ₂ -Emissionen	Direkte CO ₂ -Emissionen des Kraftstoffs	CO ₂ -Emissionen des Fahrzeugs (in verschiedenen Klassen) nach Typprüfzyklus
Berücksichtigung erneuerbarer Kraftstoffe (biogen, strombasiert)	EE-Kraftstoffe zahlen keinen CO ₂ -Preis	Berücksichtigung EE-Anteil des Kraftstoffs bei der Maut wäre vermutlich kompliziert
Anreiz zum kraftstoffsparenden Fahren	ja	nein, da die CO ₂ -Komponente nur vom Fahrzeug abhängt und nicht vom Fahrstil
Akzeptanz bei (deutschem) Logistikgewerbe	Niedrig	Hoch
Verwendung der Einnahmen	Einnahmen fließen in den Energie- und Klimafonds (EKF)	Mauteinnahmen fließen in den Haushalt des Verkehrsministeriums und werden für Straßenverkehrsprojekte verwendet => „Umleitung“ der Einnahmen aus einer CO ₂ -Komponente in den EKF wäre notwendig

Grundsätzliche Leitplanke sollte sein: Der Straßengüterverkehr sollte die CO₂-Kosten nach Methodenkonvention 3.1 zahlen. Zur Vermeidung von grauen Importen sollten die Klimakosten im Straßengüterverkehr über die Lkw-Maut internalisiert werden. Damit Fuhrunternehmen nicht doppelt für die CO₂-Emissionen bezahlen müssen, soll der nach BEHG erhobene Preis rückerstattet werden können.

Die zusätzlichen Einnahmen aus der CO₂-Komponente sollten nicht in den Haushalt des Verkehrsministeriums fließen, sondern in den Energie- und Klimaschutzfonds, wo sie für wichtige Maßnahmen wie bspw. die Absenkung der EEG-Umlage oder Investitionsförderung alternativer Technologien zur Verfügung zu stehen.

Ausgestaltungsvorschlag

Vier Komponenten für die Weiterentwicklung der Lkw-Maut

- ▶ CO₂-Spreizung der Infrastrukturkosten (ab 2023)
- ▶ Zusätzliche CO₂-Komponente (ab 2023) sowie Rückerstattungsmechanismus
- ▶ Ausweitung der Lkw-Maut auf alle Straßen und alle Fahrzeuge ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht (ab 2025)
- ▶ Vollständige Internalisierung der externen Kosten für Luftschadstoffe, Lärm, Natur und Landschaft (bis 2035)

Grundsätzlich kann die Lkw-Maut zur Förderung alternativer Antriebstechnologien genutzt werden. Dies kann entweder über eine Absenkung der Kosten für die Infrastruktur oder über die Einführung einer CO₂-Komponente bzw. eine Kombination aus beidem erfolgen.

Die **Infrastrukturkomponente** der Lkw-Maut sollte (sobald dies nach Eurovignetten-Richtlinie möglich ist) nach CO₂ gespreizt werden. Dadurch können elektrische Lkw zügig einen Kostenvorteil gegenüber konventionellen Lkw erlangen, indem sie z. B. nur 25 % des Maut-Höchstsatzes zahlen. Im Vergleich zu anderen Förderinstrumenten wie z. B. Kaufprämien für E-Lkw ist eine Mautspreizung effektiver, da die Gefahr von Mitnahmeeffekten geringer ist. Zudem ist die Mautspreizung finanziell tragfähig, sofern die Mautsätze für konventionelle Lkw erhöht werden und damit die Infrastrukturfinanzierung insgesamt sichergestellt wird.

Für die mautpflichtigen Lkw sollten die Klimakosten über eine zusätzliche **CO₂-Komponente** in der Lkw-Maut internalisiert werden, um graue Importe zu vermeiden. In jedem Fall sollten die Mauteinnahmen durch die CO₂-Komponente nicht der Finanzierung der Straßeninfrastruktur dienen, sondern mit den übrigen Einnahmen des BEHG verwendet werden (u. a. für Absenkung der EEG-Umlage).

In einem nächsten Schritt sollte (ab dem Jahr 2025) die Lkw-Maut **auf alle Straßen und auf Lkw ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht** ausgeweitet werden. Dafür muss das Bundesfernstraßenmautgesetz geändert werden.

Es ist anzustreben, über die Lkw-Maut nicht nur die Klimakosten, sondern auch die **externen Kosten** für Luftschadstoffe, Lärm, Natur und Landschaft vollständig zu internalisieren.

C.10 Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut

Stand: 14. Oktober 2021

Zusammenfassung

Anreize für kürzere Wege und Umstieg auf andere Verkehrsmittel

Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut setzt Anreize, Autofahrten zu verkürzen oder ganz einzusparen oder stattdessen auf klimafreundlichere Verkehrsmittel umzusteigen.

Wichtiger Baustein zur langfristigen Finanzierung von Straßen

Langfristig wird die Elektrifizierung des Verkehrs bei gleichbleibenden Steuersätzen zu sinkenden Staatseinnahmen aus der Energiesteuer führen. Die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ist eine Möglichkeit, eine verursachungsgerechte und zukunftsfähige Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur langfristig zu gewährleisten.

Verursachergerecht bepreisen, ökologische und fiskalische Ziele erreichen

Mautsätze können neben den Kosten für die Straßeninfrastruktur verschiedene externe Kosten internalisieren: Dazu zählen externe Umweltkosten wie Treibhausgase, Luftschadstoffe und Lärm, aber auch Stau- und Unfallkosten. Eine intelligente, fahrleistungsabhängige Pkw-Maut könnte damit mittel- bis langfristig einen Wechsel zu einer verursachergerechten Nutzerfinanzierung ermöglichen, mit der sowohl die fiskalischen als auch die ökologischen Ziele gleichzeitig adressiert werden können. Wird die Maut zeitabhängig ausgestaltet, so trägt sie zusätzlich zu einer besseren Auslastung der bestehenden Infrastruktur bei und kann den Investitionsbedarf in Ausbauten und Neubau vermindern.

Wichtige Ergänzung zu anderen Maßnahmen auf dem Weg in die postfossile Mobilität

Bereits existierende Instrumente adressieren vor allem die Fahrzeugwahl und -effizienz, sowie den Kohlenstoffgehalt von Kraftstoffen. Die Lenkungswirkung der fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut fokussiert in erster Linie darauf, die Fahrleistung von Pkw zu verringern. Sie stellt so eine wichtige Ergänzung des Maßnahmenportfolios für eine Verkehrswende dar.

Ausgestaltungsvorschlag in Kürze

Unter haushaltspolitischen Gesichtspunkten notwendig erscheint die schrittweise Einführung einer Pkw-Maut ab 2030 auf allen Straßen. Für eine vollständige Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur sollte der Maut-Satz mindestens 4,3 Cent/km betragen. Anschließend sollten dann zusätzlich noch die externen Kosten für Luftschadstoffe, Lärm, sowie Natur und Landschaft in Höhe von gut 2 Cent/km internalisiert werden. Der CO₂-Preis wird weiterhin über den nationalen Brennstoffemissionshandel erhoben.

C.10.1 Beispiele für Umsetzungen in anderen Ländern

Die Mehrzahl der europäischen Länder verlangt für die Nutzung ihrer Autobahnen bereits eine Straßenbenutzungsgebühr für Pkw. Österreich, Tschechien oder die Schweiz arbeiten mit Vignetten, die für einen Zeitraum zwischen 10 Tagen und einem Jahr gültig sind. Für ein Jahr kostet die Vignette für Pkw zwischen knapp 40 Euro (Schweiz) und gut 90 Euro (Österreich). In Tschechien sind Elektro-Wasserstoff- und Hybridfahrzeuge mautfrei. Andere Länder, darunter Frankreich, Italien, Kroatien, Polen, Portugal und Spanien, erheben eine streckenbezogene Pkw-Maut. In Italien bzw. Portugal beispielsweise liegen die Tarife für die Nutzung der Autobahnen von privatwirtschaftlichen Betreibergesellschaften für Pkw bei rund 4 bis 10 Cent/km. Eine Differenzierung der Tarife für Pkw nach Umweltkriterien gibt es dort nicht.

C.10.2 Klimaschutzbeitrag

Eine Maut für einen bestimmten Zeitraum, beispielsweise als Jahresvignette, kommt einer „Flatrate“ gleich und belohnt diejenigen, die viel fahren. Durch eine entfernungsabhängige Pkw-Maut hingegen erhöhen sich die Kilometerkosten. Sie setzt also finanzielle Anreize zu Verhaltensänderungen: auf Fahrten zu verzichten, die Kosten pro Person durch eine höhere Auslastung der Fahrzeuge über z. B. die Bildung von Fahrgemeinschaften zu reduzieren oder die Wege durch öffentliche Verkehrsmittel, mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurückzulegen. Die Wirkung ist dabei abhängig von der Höhe der Maut.

Der Wirkmechanismus einer entfernungsabhängigen Pkw-Maut ist ähnlich dem eines CO₂-Preises, bei dem die Kilometerkosten über die höheren Kraftstoffkosten ansteigen. Der CO₂-Preis hat vor allem das Ziel, die externen Kosten der CO₂-Emissionen zu internalisieren. Dessen Lenkungswirkung wird jedoch mit zunehmender Elektrifizierung der Pkw-Flotte abnehmen. Selbst wenn der Pkw-Bestand vollständig elektrisch fährt, muss aber die Infrastruktur dafür weiter finanziert werden. An dieser Stelle setzt eine Pkw-Maut an.

Mit einer Maut sollen Infrastrukturkosten finanziert und können neben CO₂ oft auch weitere Arten von externen Kosten (Luftschadstoffe, Lärm etc.) internalisiert werden. Deshalb können die Kosten pro gefahrenen Kilometer durch die Maut erheblich höher ausfallen als allein durch einen CO₂-Preis, so dass dann auch die Wirkung auf die Verkehrsnachfrage stärker ausfällt.

Wie trägt das Instrument zum Klimaschutz bei?

Höhere Betriebskosten pro zurückgelegten Kilometer → Reduktion der Fahrleistung durch höhere Auslastung der Fahrzeuge, kürzere Wege und/oder die Wahl von umweltfreundlicheren Verkehrsträgern → geringerer Energie- und Kraftstoffverbrauch und somit weniger CO₂-Emissionen

Zusätzlich ist denkbar, die Pkw-Maut in Abhängigkeit von der CO₂-Intensität des jeweiligen Fahrzeugs zu staffeln, so dass emissionsintensivere Pkw einen höheren Betrag pro Kilometer zu entrichten haben. In dieser Ausgestaltung weist die Pkw-Maut nochmals stärkere Parallelen mit einem CO₂-Preis auf und setzt einen verstärkten Anreiz zur Anschaffung emissionsärmerer Fahrzeuge. Eine nach CO₂ gestaffelte Pkw-Maut kann insbesondere dann von Interesse sein, wenn der vorherrschende CO₂-Preis (beispielsweise durch Obergrenzen im BEHG oder durch Einbeziehung in den europäischen Emissionshandel) zu niedrig ist, um eine Reduktion der Fahrleistung zu gewährleisten, die mit den deutschen Klimaschutzziele für den Verkehr im Einklang steht – oder aber, wenn die Kraftstoffkosten in den benachbarten Ländern deutlich niedriger liegen, über Tanktourismus also die Wirkung des CO₂-Preises abgeschwächt wird.

In einer Studie für das Umweltbundesamt wird bei einem Maut-Satz von durchschnittlich 6 Cent/km auf allen Straßen (Erhöhung der Nutzerkosten um ca. 60 %) mit Hilfe gängiger Elastizitäten im Jahr 2030 eine Reduktion der Pkw-Fahrleistung um rund 18 % und eine CO₂-Minderung von rund 18 Millionen Tonnen CO₂ errechnet (UBA 2021). Die Minderungswirkungen hängen dabei jedoch stark von den Ausweichoptionen ab, also beispielsweise wie gut der öffentliche Verkehr als Alternative ausgebaut ist. Die Minderungen können zudem niedriger ausfallen, wenn sich ein hoher CO₂-Preis über den nationalen Brennstoffemissionshandel ausgebildet hat und die Pkw-Maut – wie vorgeschlagen – erst ab 2030 als langfristiger Ersatz des CO₂-Preises eingeführt wird.

Für den Fall, dass eine Maut gestaffelt eingeführt wird, wäre es denkbar, dass einige Städte als Pilotregionen eine von der Systematik her einheitliche City-Maut einführen, die nach einer

Testphase auf das gesamte Gebiet der Bundesrepublik erweitert wird. In diesem Fall ist zu berücksichtigen, dass geographische Faktoren wie Stadtgröße und Siedlungsdichte eine wichtige Rolle für die mit einer bestimmten Höhe der Pkw-Maut erzielbaren Emissionsminderungen spielen, ebenso die Verfügbarkeit von alternativen Transportmitteln wie ÖPNV oder Fahrradverkehr. Je weniger dicht besiedelt und je unattraktiver die Transportalternativen, desto geringer ist die erzielbare Wirkung und desto höher können soziale Schiefagen ausfallen.

Wechselwirkungen mit einem CO₂-Preis

Die Pkw-Maut wirkt sich in erster Linie auf die zurückgelegte Strecke aus, v.a. wenn sie nicht nach weiteren Merkmalen differenzierte Sätze aufweist. Sie hat damit eine ähnliche Wirkung wie der CO₂-Preis, der bei fossil betriebenen Fahrzeugen ebenfalls die Kilometerkosten erhöht.

Grundsätzlich können die Klimakosten sowohl über den CO₂-Preis als auch über eine Maut internalisiert werden. Ein wesentlicher Vorteil bei einer Berücksichtigung über den CO₂-Preis ist, dass der reale Kraftstoffverbrauch bepreist wird. Dies ist bei der Internalisierung über die Maut schwieriger, da dann die im Fahrzeugbrief vermerkten CO₂-Emissionen als Grundlage dienen müssten, die im Normprüfzyklus erhoben werden und derzeit oft deutlich unter den realen Emissionen liegen.

Bei Lkw besteht deutlich stärker die Gefahr relevanter Mengen an grauen Importen – also dem Tanken im Ausland, um dem CO₂-Preis in Deutschland zu entgehen, solange es keine Harmonisierung der Kraftstoffkosten gibt. Daher ist bei Lkw die Internalisierung der Klimakosten über die Lkw-Maut zu empfehlen.

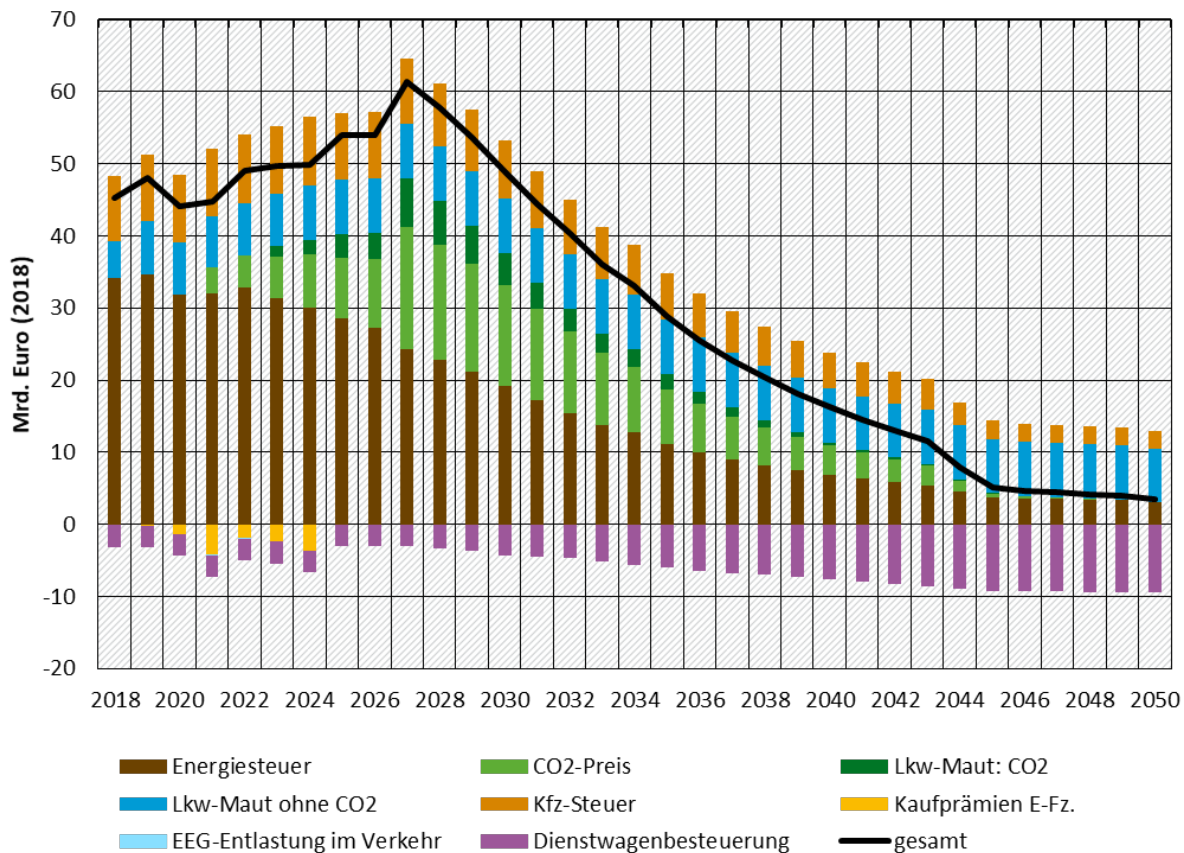
C.10.3 Wesentliche Funktion: Sicherung der Steuereinnahmen

Pkw-Maut zur Finanzierung der Straßeninfrastruktur

Zunehmende Elektrifizierung des Verkehrs führt zu sinkenden Einnahmen durch die Energiesteuer. Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ist damit in Ergänzung zur Lkw-Maut zentral für die Sicherung der Steuereinnahmen und die Finanzierung der Straßeninfrastruktur und kann ggf. auch für weitere Investitionen in die Verkehrswende genutzt werden.

Bis spätestens 2030 ist eine grundlegende Umgestaltung des Steuersystems im Verkehr notwendig, um den Staatshaushalt auszugleichen. Denn Steuern, Abgaben und Ausgaben werden nach dem Jahr 2030 deutlich abnehmen, wenn der regulatorische Rahmen auf heutigem Stand bleibt und die Transformation zur Elektrifizierung des Verkehrs gelingen wird.

Abbildung 71: Mögliche Entwicklung von Steuern, Abgaben und Ausgaben im Verkehr unter Fortschreibung des derzeitigen Steuersystems bei gleichzeitiger Erreichung der Klimaschutzziele



Quelle: Blanck et al. 2021

Im Saldo würden die Einnahmen in einem ambitionierten Klimaschutzszenario bis 2045 von heute rund 50 Mrd. Euro auf nur noch rund 5 Mrd. Euro sinken, da einseitig neben der Stromsteuer nur noch die Lkw-Maut verbleibt. Auch wenn diese Überlegungen hypothetisch sind, so zeigen sie doch deutlich auf, dass eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut in Ergänzung zur Lkw-Maut zentral für die Sicherung der Steuereinnahmen und eine verursachergerechte Finanzierung der Straßeninfrastruktur ist. Ambitionierten Klimaschutz wird man ohne eine Umgestaltung des Abgaben- und Steuersystems nicht schaffen. Die perspektivisch gegen Null laufenden Energiesteuererträge können mit Stromsteuereinnahmen nicht kompensiert werden. Auch die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung fallen lediglich temporär an, sind als Standbein einer nachhaltigen Finanzierung daher ungeeignet. Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ist ein ertragsreiches und transparentes Instrument für die Deckung von Infrastrukturkosten sowie auch weiterer Investitionen in die Verkehrswende und kann die bestehenden oder weiter geplanten Instrumente im Verkehr gut ergänzen. Mit lokalen und antriebsabhängigen Aufschlägen ist sie auch gut für die Internalisierung von unmittelbaren Lärm- und Luftschadstoffkosten geeignet.

Die Erfassung einer fahrleistungsabhängigen, differenzierten Pkw-Maut wurde in der Vergangenheit als sehr aufwändig und teuer beurteilt und argumentiert, dass damit ein hoher Anteil der Einnahmen wegfallen würde. Insbesondere die Videoerfassung der Autokennzeichen wie in London führte zu sehr hohen Kosten. Aufgrund der technologischen Entwicklungen und auch den Harmonisierungsbestrebungen auf EU-Ebene sind die Erhebungskosten aber gesunken:

Während früher die Video- und Funkerfassung im Vordergrund standen, nutzen neuere System die satellitengestützte Erfassung zur Lokalisierung mittels Global Navigations Satellite System (GNSS) und Datenübertragung mittels Mobilfunk (alternativ auch Kurzstreckenfunk). Dies entspricht auch den EETS-Vorgaben (europäischer elektronischer Mautdienst).

Analog der Lkw-Maut steht daher die satellitengestützte, automatische Erfassung der gefahrenen Kilometer mittels einer eingebauten On-Board Unit (OBU) im Vordergrund. Ergänzend können beispielsweise bei Ausländern bzw. wenig Fahrenden ebenfalls Smartphone Apps zur manuellen Erfassung dienen. In einer Studie für die Schweiz wurden die Investitions- und jährlichen Betriebskosten auf umgerechnet rund 0,6 Cent pro Fahrzeugkilometer geschätzt (Rapp Trans 2019). Dies wären rund 3 bis 4 Mrd. Euro bzw. rund 10 % der Einnahmen bei einem Mautsatz von rund 6 Cent/km. Die Erhebungskosten würden die Einnahmen aus der Pkw-Maut demnach lediglich etwas minimieren.

C.10.4 Ausgestaltungsvorschlag

Um den Ertragsausfall durch sinkende Energiesteuereinnahmen rechtzeitig abzufedern sowie den Weg zur Erreichung der Klimaschutzziele zu unterstützen, sollte eine Pkw-Maut ab dem Jahr 2030 für alle Straßen eingeführt werden. Ein Mautsatz in Höhe von durchschnittlich gut 4 Cent/km kann eine nachhaltige und tragfähige Finanzierung der Infrastruktur sicherstellen (Schreyer et al. 2010). Gegebenenfalls kann ein „Phase-In“ für einen langsamen Anstieg der Mautsätze sorgen, bspw. von 1 ct/km im Jahr 2030 auf die vollständige Nutzerfinanzierung der Straßeninfrastruktur in Höhe von 4,3 ct/km ab dem Jahr 2033. Anschließend sollten dann zusätzlich noch die externen Kosten für Luftschadstoffe, Lärm, sowie Natur und Landschaft in Höhe von gut 2 ct/km internalisiert werden. Klimakosten werden weiterhin über den CO₂-Preis im Brennstoffemissionshandel internalisiert.

Überlegt werden sollte eine anteilige, zweckgebundene Verwendung der Einnahmen zur Förderung des Umweltverbundes oder weiterer Klimaschutzmaßnahmen in den Kommunen und Ländern proportional bei regionalen Akteuren zu erhöhen. So hat sich zum Beispiel der Deutsche Städte- und Gemeindebund für die in ihrem Zuständigkeitsbereich gefahrenen Kilometern um die Akzeptanz bei lokalen und eine intelligente Maut ausgesprochen, mit welcher der Investitionsrückstand in der kommunalen Verkehrsinfrastruktur behoben werden könnte.

Folgende Tabelle fasst die Vor- und Nachteile einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut sowie ihrer möglichen Erweiterungen zusammen.

Tabelle 26: Vor- und Nachteile einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut sowie möglicher Erweiterungen.

Beschreibung	Pro	Contra
Fahrleistungsabhängige Pkw-Maut	Umweltwirkung hinsichtlich Pkw-Fahrleistung, kann Energiesteuer auf Kraftstoffe ersetzen	Datenerfassung für alle Fahrzeugbewegungen erforderlich
Erweiterung 1: ortsabhängige Schadstoff- und Lärmkomponente	Zusätzliche Wirkung zur Reduktion von Schadstoffen und Lärm	
Erweiterung 2: CO ₂ -Differenzierung	Zusätzliche Wirkung zur Reduktion von CO ₂ -Emissionen	Doppelbepreisung von CO ₂ erhöht Komplexität,

Beschreibung	Pro	Contra
	durch Förderung alternativer Antriebe	Internalisierung der Klimakosten über CO ₂ -Preis ermöglicht besser die Erfassung der realen Emissionen
Erweiterung 3: Zeitliche Differenzierung	Gleichmäßigere Auslastung der Verkehrsinfrastruktur	
Erweiterung 4: Internalisierung von ungedeckten Unfall- und Staukosten	Weniger Unfälle, flüssigerer Verkehr	Methodik zur Internalisierung von Unfallkosten und Staus muss definiert werden

Quelle: in Anlehnung an Blanck et al. 2021

D Anhang: Internationale Best Practices: Politikinstrumente für eine nachhaltige Verkehrswende

Zu Beginn des Vorhabens wurden die Ausgestaltung und Implementierung von Klimaschutzinstrumenten im Verkehrssektor in anderen Ländern analysiert.

Die Motivation dafür war es, auf die dortigen Erfahrungen hinsichtlich Rahmenbedingungen, Wirksamkeit, Herausforderungen und Erfolgsfaktoren für eine Umsetzung in Deutschland zurückgreifen zu können. Zusätzlich wurde versucht einzuordnen, inwiefern die gewählten Instrumente in einer Dekarbonisierungsstrategie des jeweiligen Landes verankert sind. Die dargestellten Informationen sind das Ergebnis einer Literaturrecherche. Diese wurden zusätzlich durch Telefoninterviews mit Personen aus umsetzenden Behörden und Wissenschaftler*innen ergänzt, um eine verbesserte Einsicht in die jeweilige Umsetzung vor Ort zu erhalten (siehe D.9 Interviewleitfaden).

Folgende Länder und Instrumente wurden für die Analyse ausgewählt:

Tabelle 27: Länderauswahl für Darstellung ausgewählter Klimaschutzmaßnahmen

Land	Konkretes Beispiel	Bearbeitung
Norwegen	Steuerliche Förderung E-Fahrzeuge beim Fahrzeugkauf	INFRAS
Frankreich	Bonus-Malus-System beim Pkw-Kauf / CO ₂ -Steuer / Umtauschprämie für Diesel-Pkw	INFRAS
Schweden	CO ₂ -Abgabe auf Kraftstoffe und Kfz-Steueranpassung zu einem Malus-System beim Fahrzeugkauf	Öko-Institut
Schweiz	CO ₂ -Emissionsvorschriften für Neufahrzeuge / Kompensationspflicht im Inland durch Importeure von Treibstoffen / Verlagerungspolitik im Güterverkehr einschließlich einer leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (Lkw-Maut)	INFRAS
Niederlande	CO ₂ -abhängige Zulassungssteuer / Dienstwagensteuer / Tempolimit	Öko-Institut
Belgien	Förderung von Alternativen für die Arbeitswege (statt Dienstwagenprivileg Mobilitätsfreibetrag und Mobilitätsbudget)	Öko-Institut
Vereinigtes Königreich	Dienstwagensteuer (allgemein und Ausnahmen für E-Autos)	Öko-Institut
USA (Kalifornien)	E-Fahrzeugquote und erhöhter Zuschuss bei Kauf E-Auto (Clean Cars Program)	INFRAS

D.1 Förderung emissionsarmer Fahrzeuge in Frankreich

D.1.1 Dekarbonisierungsstrategie des Landes im Verkehr

Frankreich verfolgt im Verkehrsbereich insgesamt eine ambitionierte Dekarbonisierungspolitik und hat dazu über die letzten Jahre verschiedene Rahmenbedingungen geschaffen:

- a) Im Jahr 2007 hat Präsident Nicolas Sarkozy mit dem Diskussionsprozess „Grenelle de l’Environnement“ eine breit angelegte Plattform geschaffen, in der auch der Klimawandel diskutiert wurde. Dabei wurde die Elektromobilität als ein zentraler Ansatzpunkt für den Klimaschutz identifiziert. Neben dem Klimaschutz soll die Elektromobilität auch weiteren Interessen dienen: Beispielsweise der Verbesserung der Luftqualität in französischen Städten, aber auch wirtschaftlichen Interessen wie der Verbesserung der Handelsbilanz (Nutzung von inländischem Atomstrom statt Import von fossilen Treibstoffen). Als wichtigste Herausforderungen wurden der höhere Preis für E-Autos sowie die Ladinfrastruktur identifiziert. Seit der Grenelle de l’Environnement haben alle französischen Regierungen - unabhängig von ihrem politischen Lager - Politiken entwickelt, die die Elektromobilität unterstützen und insbesondere an den zwei zentralen Herausforderungen anknüpfen. Das wichtigste Instrument, das aus dem Grenelle-Prozess resultierte, war ein Bonus-Malus System beim Autokauf.
- b) Im Gesetz von 2015 zur „Energiewende für grünes Wachstum“ verpflichtete sich Frankreich dazu, den THG-Ausstoß bis 2050 um 75 % zu verringern (ggü. 1990). Als zentrales Instrument führte das Gesetz mit der Contribution climat-énergie einen CO₂-Preis ein. Zudem wurde das Ziel gesetzt, im Jahr 2030 7 Mio. öffentliche und private Ladestationen installiert zu haben (Ministère de l’environnement, de l’énergie et de la mer 2016).
- c) Plan Climat 2017: Die Regierung unter Präsident Macron strebt an, die bisher festgelegten CO₂-Reduktionsziele noch zu übertreffen und bis Mitte des Jahrhunderts die Treibhausgasneutralität Frankreichs zu erreichen. Die Grundlagen für die neue Klimapolitik wurden im Juli 2017 mit dem „Plan Climat“ geschaffen. Für den Verkehrsbereich wird darin ein umfassender Instrumentenmix definiert. Die wichtigsten Instrumente darin sind (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire 2017a):
- ▶ Contribution climat-énergie (CO₂-Steuer)
 - ▶ Bonus-Malus-System für Kraftfahrzeuge (inkl. Velobonus)
 - ▶ Umtauschprämie
 - ▶ Schaffung des „Fonds pour la mobilité durable“, mit welchem insb. der Ausbau der Ladeinfrastruktur unterstützt wird
 - ▶ Verkaufsstopp für Verbrennungsmotoren ab 2040

Interessant ist die solidarische Einbettung dieses ambitionierten Instrumentenmix: Um negative Auswirkungen auf Haushalte mit geringem Einkommen zu vermeiden (Stichwort „Energiearmut“) wurde 2017 das „Paquet solidarité climatique“ verabschiedet, das insgesamt vier Maßnahmenpakete zur Bekämpfung negativer Effekte vorsieht. Für den Verkehrsbereich relevant ist, dass für Haushalte mit geringem Einkommen die Umtauschprämie bei der Neuanschaffung eines emissionsarmen Fahrzeugs verdoppelt wird (von 1.000 auf 2.000 Euro). (Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire 2017b)

Im Rahmen der Coronakrise wird zur Unterstützung der Autoindustrie vorübergehend der Bonus für E-Autos und Hybridautos erhöht. Zudem wird für 200.000 Fahrzeuge, die bereits produziert, aber wegen der Corona-Pandemie nicht verkauft sind, eine zusätzliche temporäre Abwrackprämie gewährt. Hiervon werden aber vor allem Benziner und Diesel profitieren, da die Elektroautos wegen der langen Lieferzeiten meist schon verkauft sind (Schaal 2020).

D.1.2 Beschreibung Instrumente

Contribution climat-énergie (CO₂-Steuer)

Im Jahr 2014 wurde der Energieverbrauchssteuer eine CO₂-Komponente hinzugefügt, der sogenannte «Beitrag für Klima und Energie» (Contribution climat-énergie). Die CO₂-Komponente berechnet sich aus einem für alle Energieträger einheitlichem CO₂-Preis und der spezifischen CO₂-Emissionen, die bei der Verbrennung des Energieträgers anfallen. Der CO₂-Preis lag bei der Einführung bei 7 EUR /tCO₂. Das Gesetz für die Energiewende und grünes Wachstum legte einen Entwicklungspfad fest, mit dem Ziel, einen Preis von 100 EUR/t CO₂ bis 2030 zu erreichen (Ministère de la Transition écologique 2017). Im Jahr 2018 führte die geplante Erhöhung des CO₂-Preises zu den Gelbwesten-Protesten und die Preise wurden nicht weiter erhöht (Stand 2018: 44.60 EUR/t CO₂). Es ist unklar, wann und ob die Preise weiter erhöht werden. Um eine Doppelregulierung zu vermeiden, sind in das EU-ETS einbezogene Industrieanlagen von der CO₂-Steuer ausgenommen (Bayette 2019).

Die Einnahmen im französischen Haushalt sollen nicht zweckgebunden sein. Beim Beitrag für Klima und Energie wurde jedoch eine gewisse Ausnahme gemacht: Ab 2017 wird ein Teil des Umsatzes der Kohlenstoffkomponente (1,7 Mrd. EUR im Jahr 2017) dem Sonderkonto für die Energiewende zugewiesen und trägt so zur Finanzierung erneuerbarer Energien bei. Zudem wird im Gesetz für die Energiewende vorgesehen, dass die progressiven Erhöhungen des Beitrags für Klima und Energie durch eine Steuererleichterung kompensiert werden (Boyette 2019).

Bonus-Malus

Im Rahmen der Politik zum Umweltschutz und zur Bekämpfung des Klimawandels hat Frankreich 2008 ein Bonus-Malus-System für Neuwagenkäufe eingeführt. Beim Kauf eines Neuwagens mit niedrigem CO₂-Ausstoß wird ein Bonus gewährt, während beim Kauf von Neuwagen mit hohem CO₂-Ausstoß ein Malus bezahlt werden muss. Das Instrument ist kostenneutral ausgestaltet: Der Bonus wird durch den Malus finanziert.

Die Boni und Malus werden seit der Einführung 2008 dynamisch angepasst, wobei die Grenzwerte für die Gültigkeit des Bonus kontinuierlich weiter abgesenkt wurden und gleichzeitig der zu entrichtende Malus für Fahrzeuge mit hohen Emissionen immer weiter verteuert wird. Die Höhe des gewährten Bonus wird jedes Jahr per Dekret festgelegt. Aktuell werden nur noch elektrisch, Plug-in-Hybrid oder mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge, welche weniger als 20 g CO₂/km ausstoßen, mit einem Bonus gefördert. Das Fahrzeug muss neu und in Frankreich registriert sein. Dieser Bonus richtet sich nach dem Fahrzeugpreis und der Art des Antragstellers (natürliche oder juristische Person). Das Instrument ist mit einer Umtauschprämie gekoppelt (vgl. Abschnitt zu Umtauschprämie) (Ministere de la Transition écologique 2020).

Im Jahr 2020 beträgt der Bonus für Haushalte 6.000 EUR, sofern sie ein Fahrzeug für weniger als 45.000 EUR kaufen und 3.000 EUR, falls sie ein Fahrzeug zu einem Preis zwischen 45.000 EUR und 60.000 EUR kaufen. Für juristische Personen, die ein Fahrzeug für weniger als 60.000 EUR kaufen, beträgt er 3.000 EUR. Für Fahrzeuge, welche teurer als 60.000 EUR sind, wird kein Bonus ausbezahlt. Ausnahmen bilden leichte Nutzfahrzeuge und Wasserstofffahrzeuge. Ihr Bonus beträgt 3.000 EUR. Für zwei- oder dreirädrige Elektrofahrzeuge (u. a. E-Bikes) wird ein Bonus von 900 EUR gewährt. Zusätzlich gibt es Hilfe der Gemeinden (Ministere de la Transition écologique 2019).

Beim Kauf von Neufahrzeugen, die mehr als 138 g CO₂/km ausstoßen, wird ein Malus von 50 EUR fällig. Der Malus steigt mit dem CO₂-Gehalt bis zu einem Höchstbetrag von 20.000 EUR ab 213 g CO₂/km an (Ministere de la Transition ecologique 2020).

Umtauschprämie

Seit 2009 wird eine Umtauschprämie bei der Neuanschaffung eines emissionsarmen Fahrzeugs und gleichzeitiger Verschrottung eines alten Fahrzeugs gewährt. Mit der Umtauschprämie will der französische Staat die Erneuerung der alten und umweltschädlichen Flotte beschleunigen. Es gibt eine Prämie von bis zu 5.000 EUR, wenn Neuwagenkäufer gleichzeitig ein mehr als 15 Jahre altes Auto verschrotten lassen. Für Haushalte mit geringem Einkommen gelten besondere Tarife (Ministère de la Transition ecologique 2019). Wenn ein*e Käufer*in in einer der „zone à faibles émissions“ wohnt, erhöht sich der potenzielle Anspruch auf eine zusätzliche Unterstützung auf bis zu 6.000 EUR.

Damit man diese Prämie erhält, muss ein altes Diesel- oder Benzinfahrzeug verschrottet werden. Bei steuerpflichtigen Haushalten ist ein Dieselfahrzeug, das vor 2001 zugelassen wurde oder ein Benzinfahrzeug mit Erstzulassung vor 1997 einzutauschen. Bei nicht-steuerpflichtigen Haushalten mit geringem Einkommen gibt es bei einem Dieselfahrzeug mit Erstzulassung vor 2006 bzw. ein Benzin-Fahrzeug mit Erst-Immatrikulation vor 1997 diese Prämie (Ministère de la Transition ecologique 2020b).

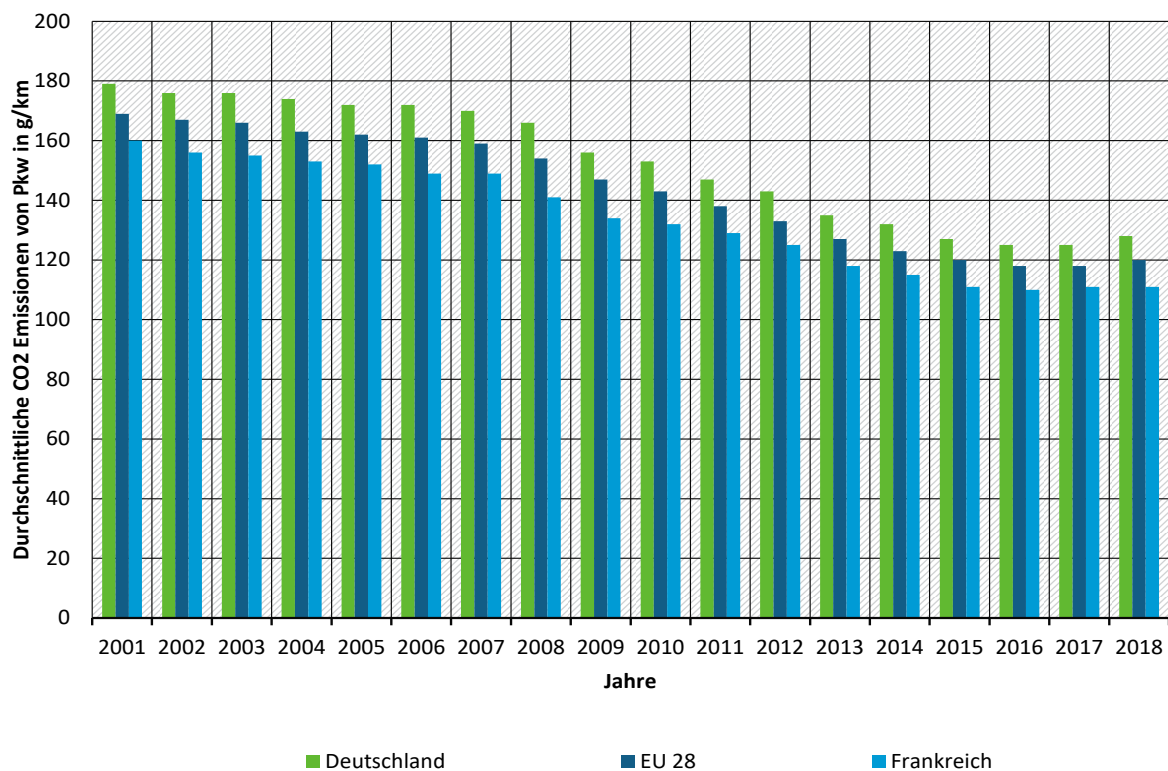
Die Höhe der Prämie ist abhängig vom gekauften Fahrzeug und dem Einkommen. Die Prämie wird einmalig ausbezahlt und beschränkt sich auf die Neuanschaffung von Fahrzeugen. Sie gilt für private als auch für gewerbliche Nutzer. Beim Kauf eines gebrauchten Elektrofahrzeugs oder eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotors (die mindestens die französischen Luftqualitätskriterien 1 oder 2 erfüllen) mit Emissionen unter 50 g CO₂/km liegt die Prämie bei 1.000 EUR für steuerpflichtige Haushalte und bei 3.000 EUR für nicht-steuerpflichtige Haushalte mit geringem Einkommen. Beim Kauf eines neuen Elektrofahrzeugs liegt die Prämie bei 5.000 Euro, unabhängig vom Einkommen. Bei gewerblichen Nutzern hängt die Prämie von der Kategorie des gekauften Fahrzeugs und dem Steuerreferenzeinkommen je Aktie des Antragstellers ab (Ministere de la Transition ecologique 2020b). Die Prämie wurde über die letzten Jahre mehrfach angepasst.

Die Umtauschprämie kann mit dem Bonus des Bonus-Malus-Systems kombiniert werden. Zusammen können die Umtauschprämie und der Bonus für einen neuen elektrischen Personenkraftwagen 12.000 EUR erreichen (5.000 EUR Umtauschprämie (+1.000 EUR in zones à faibles émissions) + 6.000 EUR Ökobonus) (Ministere de la transition ecologique et solidaire 2020).

D.1.3 Wirkungen

Mit der Einführung des Bonus-Malus-Systems ist die Abnahme der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw zunächst stärker als in der EU28 (Abbildung 72).

Abbildung 72: Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in Frankreich ggü. D und EU28



Eigene Abbildung. Datenquelle: ICCT (2020)

Auch die Wirkung auf die Elektromobilität zeigt sich: Die Anzahl neu registrierter Elektroautos konnte seit 2010 kontinuierlich gesteigert werden. Im Jahr 2019 machte der Anteil der elektrifizierten Autos 1,9 % der Neuzulassungen aus, wovon rund 85 % reinelektrische Fahrzeuge waren. Der durchschnittliche CO₂-Ausstoß der gesamten neuzugelassenen Flotte betrug 117 g CO₂/km.

Im ersten Halbjahr 2020 war ein starker Anstieg an elektrifizierten Autos zu verbuchen: Sie machten 9,1 % der Neuzulassungen aus. Der durchschnittliche CO₂-Ausstoß sank auf 99 g CO₂/km. Der sprunghafte Anstieg der E-Autos ist teilweise auf Sondereffekte zurückzuführen (Lieferungsengpässe von Renault Zoes im Dezember 2019 und geringere Autoverkäufe aufgrund von Corona) und muss daher (noch) mit Vorsicht interpretiert werden. Allerdings ist auch der Malus im Januar 2020 für Fahrzeuge mit 185 g/km und mehr auf 20.000 EUR angehoben worden.

D.1.4 Reaktionen Stakeholder

Als Grundstein für die Förderung der Elektromobilität in Frankreich steht die Grenelle de l'Environnement. Es gelang in einem breit angelegten Diskussionsprozess einen politischen Konsens zu erlangen, dass die Elektromobilität eine zentrale Rolle im Kampf gegen den Klimawandel spielen soll. Die Förderung wurde jedoch nicht nur klimapolitisch begründet. Auch wirtschaftliche Argumente, wie beispielsweise eine Verbesserung der Handelsbilanz, wurden in den Vordergrund gerückt. Hilfreich ist sicherlich auch, dass ein Großteil der abgesetzten Elektroautos von der inländischen Autoindustrie produziert werden. Im Jahr 2019 waren 44 % der abgesetzten reinelektrischen Autos Renault Zoes.

Zentral ist auch, dass die Förderung der Elektromobilität immer von Maßnahmen zur Entlastung der ärmeren Haushalte begleitet wurden. So ist beispielsweise der Bonus für ärmere Haushalte höher als jener für den durchschnittlichen, und günstigere Modelle werden stärker gefördert als teure Modelle. Wie wichtig die Berücksichtigung der ärmeren Haushalte in der Klimapolitik ist, zeigte sich bei den Gelbwestenprotesten, die im Jahr 2018 eine weitere Erhöhung des CO₂-Preises verunmöglichten.

Eine politische Folge der Gelbwestenproteste ist die Einführung der Convention Citoyenne pour le climat (Bürgerkonvent). Er soll den Bürger*innen eine Stimme im Kampf gegen den Klimawandel geben. 150 Menschen, die alle per Los gezogen wurden, kommen zusammen und repräsentieren die französische Gesellschaft. Den Bürger*innen werden Experten aus verschiedenen Bereichen zur Seite gestellt. Das Mandat des Bürgerkonvent besteht darin, eine Reihe von Maßnahmen zu definieren, mit denen die Treibhausgasemissionen bis 2030 im Sinne der sozialen Gerechtigkeit um mindestens 40 % gesenkt werden sollen (gegenüber 1990). Der Präsident der Republik hat sich verpflichtet, diese Gesetzgebungs- und Regulierungsvorschläge „ohne Filter“ entweder einem Referendum, der Abstimmung des Parlaments oder einer direkten Anwendung der Regulierung vorzulegen (Convention Citoyenne pour le climat 2020). Es wird spannend zu beobachten, inwiefern dieser Bürgerkonvent zu Durchbrüchen in der Klimapolitik beitragen kann.

Eine Stärke der französischen Klimapolitik im Verkehrsbereich ist, dass relativ früh eine Priorität auf die E-Mobilität gesetzt wurde. Möglich wurde dies durch einen breit angelegten Diskussionsprozess, in den sich alle Interessen einbringen konnten. Das Erlangen eines breit getragenen politischen Konsenses ist in Frankreich besonders wichtig, da eine starke Streikkultur herrscht. Der im Zusammenhang mit den Gelbwesten-Protesten verbundene Stopp der Erhöhung des CO₂-Preises zeigt, dass selbst bereits beschlossene Maßnahmen durch Proteste gestoppt werden können. Auch aus diesem Grund, wird in Frankreich in der Entwicklung der Klimapolitik auch ein Augenmerk auf die Auswirkungen auf die ärmeren Haushalte gelegt. Ein Beispiel ist die höhere Umtauschprämie für ärmere Haushalte oder auch, dass der Bonus für günstigere Autos höher ist als für teurere. Kritisch würdigen kann man, dass Frankreich in den letzten Jahren im europäischen Ranking bezüglich der Anzahl an Neuregistrierungen von Elektroautos nach hinten rutschte. Während 2015 Frankreich nach Norwegen noch den 2. Platz erlangte (Castelli und Beretta 2016), rutschte es im Jahr 2018 auf den 4. Platz ab. Deutschland und Großbritannien registrierten in diesem Jahr mehr neue Elektroautos als Frankreich.

D.1.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Viele Instrumente, die Frankreich hat, kennt Deutschland in ähnlicher Form. So ist es auch nicht erstaunlich, dass in Deutschland der Anteil elektrifizierter Autos (reinelektrischer Antrieb und Plug-in Hybrid) an den Neuzulassungen in den letzten Jahren auf einem ähnlichen Niveau lag, wie in Frankreich (KBA o.J.)

Im Instrumentarium sind zwei Aspekte bedenkenswert: Einerseits die Ergänzung des heutigen Ökobonus mit einem Malus, wie ihn Frankreich kennt, und andererseits die explizite Definition von Maßnahmen, die arme Haushalte entlasten und die Akzeptanz der Klimapolitik in weniger begünstigten Bevölkerungsschichten erhöhen könnten.

Was in Frankreich deutlich sichtbar wird, ist die Relevanz von breit angelegten Diskussionsprozessen. Die Grenelle de L'Environnement legten den Grundstein für die Förderung der Elektromobilität. Interessant wird sein, welchen Einfluss der Bürgerkonvent auf

die Fortschritte der Klimapolitik hat. Die ersten Vorschläge des Bürgerkonvents sind vergleichsweise ambitioniert. Es ist zu früh, um Schlüsse zu ziehen. Die Idee des breiten Involvements der Bevölkerung ist aber durchaus interessant.

Spannend ist auch, dass Frankreich mit seiner starken Automobilindustrie beabsichtigt, ab 2040 reine Verbrennungsmotore ganz zu verbieten. Diese Absichtserklärung schmerzt heute noch niemanden, setzt aber für die Industrie klare Guidelines, in welche Richtung die Technologieentwicklung gehen soll. Es ist prüfenswert, ob ein solches Ziel auch für Deutschland denkbar wäre.

D.2 CO₂-abhängige Zulassungssteuer in den Niederlanden

D.2.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

Im Juni 2019 wurde in den Niederlanden das nationale „Climate Agreement“⁸⁰ verabschiedet und für 2050 die Treibhausgasneutralität festgelegt. Für das Jahr 2030 gibt es das Ziel, die THG-Emissionen gegenüber 1990 um 49 % zu verringern. Je nach europäischen Zielsetzungen kann sich das nationale Ziel aber noch verändern. Es wurde ein jährliches Monitoring implementiert und alle fünf Jahre werden Ziele und Maßnahmen bzw. Instrumente ggf. angepasst. Ein Stakeholder-Dialog mit etwa 100 Teilnehmenden war integraler Bestandteil bei der Erstellung des Climate Agreements.

Im Verkehrssektor gibt es ein Ziel zur Reduktion von 7,5 Millionen Tonnen CO₂ bis 2030. Es wurden vier Kernthemen identifiziert:

- ▶ Nachhaltige Energieträger (Erneuerbare Energien, Wasserstoff)
- ▶ Förderung des elektrischen Personen- und sonstigen Verkehrs (Ziel von 100 % emissionsfreien (neuen) Fahrzeugen ab 2030)
- ▶ Nachhaltige Entwicklungen in der Logistik (z. B. durch emissionsfreie-Zonen in 30 bis 40 größeren Städten, emissionsfreie Baufahrzeuge und -maschinen u.v.m.)
- ▶ Nachhaltigkeit des Personenverkehrs (ÖPNV, Dienstreisen und Fahrrad)

Es wird von einer ähnlichen Minderungswirkung in allen vier Themenbereichen ausgegangen. Das ist das Ergebnis der Diskussionen und Berechnungen im Rahmen des Stakeholder-Prozesses. Im Climate Agreement sind teilweise sehr genaue Maßnahmen und Instrumente vorgesehen. Diese sollen jetzt nach und nach umgesetzt werden.

Bisher wurden in den Niederlanden eher Einzelmaßnahmen umgesetzt (Green Deal Initiatives), bei denen die wesentlichen Stakeholder und regionale bzw. lokale Regierungsvertreter zu Einzelthemen (z. B. Ladeinfrastruktur) zur Entscheidungsfindung eingeladen wurden. Mit dem Climate Agreement wird nun stärker verzahnt geplant. Zur Entwicklung der Klimaschutzstrategie hat die Zusammenlegung des Umwelt- und des Verkehrsministeriums vor 8 Jahren geholfen, so dass die Diskussion jetzt verstärkt auf der Fachebene stattfinden kann, anstatt über zwei Ministerien hinweg.

⁸⁰ Klimaatberaad (2019)

<https://www.klimaatkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/national-climate-agreement-the-netherlands>

D.2.2 Beschreibung Instrumente

CO₂-abhängige Neuzulassungssteuer

Ein zentrales Lenkungsinstrument hinsichtlich der CO₂-Minderung im Verkehrssektor in den Niederlanden ist die CO₂-differenzierte Zulassungssteuer bei der Erstanmeldung eines Pkw. Die CO₂-Komponente wurde bereits 2010 eingeführt.

Die CO₂-Emissionskomponente ist in fünf Tarifbereiche unterteilt. Die Kurve Steuer versus CO₂-Emissionen steigt exponentiell an, so dass sich für hochemittierende Fahrzeuge deutliche Kosten durch die Neuzulassungssteuer ergeben (Bsp. Tarifbereich 5: ab 151 g/km 424 EUR pro g CO₂/km). Die Niederlande haben für hochemittierende Fahrzeuge die mit Abstand höchsten Steuern bei der Neuzulassung in Europa.

Reine Elektrofahrzeuge sind von der Neuzulassungssteuer befreit. Hingegen wurden Plug-in Hybride 2017 in das System integriert, da diese vorher deutlich überproportional nachgefragt wurden. Sie zahlen nun ebenfalls eine Zulassungssteuer, basierend auf ihren CO₂-Emissionen. Es wird in 3 Tarifbereichen unterschieden.

Hinzu kommt ein fester Grundbetrag von 366 EUR für alle neu zugelassenen Pkw (außer Plug-In-Hybride), die mehr als 1 g/km emittieren. Darüber hinaus wird ein Dieselszuschlag erhoben. Der Dieselszuschlag gilt für Fahrzeuge mit CO₂-Emissionen von mehr als 59 g/km und beträgt im Jahr 2020 78,8 EUR.

Weitere Instrumente

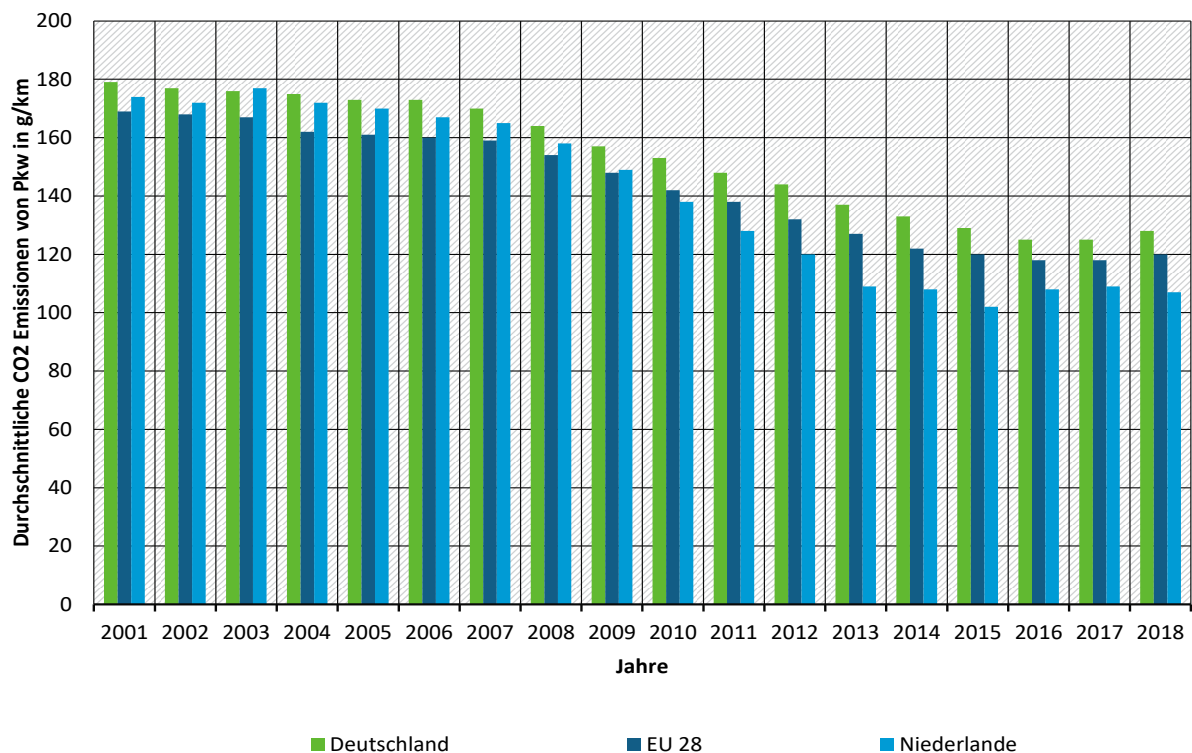
Neben einer CO₂-Komponente in der jährlich zu zahlenden Kfz-Steuer werden auch Dienstwagen, deren private Nutzung über 500 km im Jahr liegt, besteuert. Bei Fahrzeugen, die mehr als 0 g CO₂/km ausstoßen wird ein zu versteuernder geldwerter Vorteil von 22 % des Steuerwerts zugrunde gelegt, für Null-Emissionsfahrzeuge 8 %. Da die Nachfrage nach teuren batterieelektrischen Modellen vergleichsweise hoch war und sich die Frage nach der sozialen Gerechtigkeit gestellt hat, werden für diese, wenn sie einen Kaufpreis > 45.000 EUR haben, ebenfalls 22 % zugrunde gelegt (Wappelhorst et al. 2018).

Als Teil des Climate Agreement wurde ab dem 1. Juli 2020 in den Niederlanden eine Kaufprämie für E-Pkw eingeführt (4.000 EUR für neue BEV und 2.000 EUR für gebrauchte BEV; Mindestreichweite 120 km). Die Nachfrage war groß; nach 10 Tagen war das vorgesehene Budget aufgebraucht (10 Mio. EUR) (Hampel 2020).

D.2.3 Wirkungen

Auch in den Niederlanden wird mit einem Mix an Preisinstrumenten gearbeitet, um die CO₂-Emissionen von Pkw zu reduzieren. Dadurch ist es nicht möglich zu unterscheiden, wie groß der Effekt einzelner Instrumente ist. Die folgende Abbildung zu der Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw zeigt, dass diese in den Niederlanden, verglichen mit denen der EU 28 und mit denen von Deutschland deutlich, stärker abgenommen haben. Auch wenn die Minderung nicht allein auf den Instrumentenmix der Niederlande zurückgeführt werden kann, so hat dieser jedoch einen deutlichen Beitrag, da sich die Niederlande hier signifikant stärker entwickelt haben als die anderen Mitgliedsländer, die Fortschreibung der CO₂-Standards also nicht der alleinige Grund sein kann.

Abbildung 73: Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in den Niederlanden ggü. D und EU28



Eigene Abbildung, Datenquelle: ICCT (2020)

Die Zahl der Plug-In-Hybride ist in den Niederlanden im Zeitraum 2013 - 2016 stark angestiegen, hauptsächlich aufgrund der Steuervorteile für diese Fahrzeuge. Statt der erwarteten 70.100 waren Ende 2017 in den Niederlanden 98.217 Plug-In-Hybride im Pkw-Bestand registriert (Ministerie van Financiën 2018), Ende Mai 2018 waren es fast 98.000. Das ist wesentlich mehr, als in der Schätzung des Finanzministeriums vorgesehen war. Untersuchungen von TNO (The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research) kamen zu dem Schluss, dass Plug-In-Hybride nicht zwingend umweltfreundlich sind, da sie größtenteils im verbrennungsmotorischen Fahrmodus genutzt werden (v. a. Dienstwagen mit langen Wegen), außerdem wurden deutlich weniger Einnahmen durch die Neuzulassungssteuer generiert, als erwartet. Entsprechend wurde ein Auslaufen der Förderung von Plug-In-Fahrzeugen im Rahmen der Neuzulassungssteuer beschlossen, was sich wiederum klar in deren Neuzulassungsanteilen und den Steuereinnahmen widerspiegelt (Abbildung 73).

Die Entwicklung der Einnahmen über die Neuzulassungssteuer in den Niederlanden zeigt einmal mehr, wie wichtig eine dynamische Ausgestaltung der Steuersätze ist.

Elektrische Fahrzeuge werden in den Niederlanden v.a. als Dienstwagen zugelassen. Deren Anteil an E-Pkw betrug 2016 98 % (Vleugel, Bal 2018). Es ist also davon auszugehen, dass der Steuervorteil über die Dienstwagenbesteuerung der entscheidende Hebel für hohe Neuzulassungszahlen von E-Pkw war. Denn mit der Zulassungssteuer wurde für die Privatkunden der ökonomische Nachteil beim Kauf von batterieelektrischen Pkw zwar verringert, aber nicht geschlossen.

Die Hypothese des starken Hebels der Dienstwagenbesteuerung wird dadurch unterstützt, dass die Niederlande einen sprunghaften Anstieg der Zulassungen von Elektrofahrzeugen auf ein Niveau von 54 % im Dezember 2019 verzeichneten. Anders als in anderen Ländern sank der Anteil im Januar 2020 wieder auf ein Niveau von 6 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bis

Dezember das zu versteuernde Einkommen für die private Nutzung von batterieelektrischen Firmenwagen auf 4 % des Kaufpreises des Fahrzeugs festgelegt wurde. Ab Januar 2020 verdoppelte sich dieser Satz auf 8 %. Dies ist zwar immer noch deutlich weniger als die 22 % für alle anderen Fahrzeugtypen, aber auch deutlich weniger attraktiv als zuvor (Mock, Tietge, Wappelhorst 2020).

Die Ausgestaltung der Neuzulassungssteuer hat (wahrscheinlich in Kombination mit dem Diesel-Gate) eher dazu geführt, dass mehr Benzin- als Dieselfahrzeuge gekauft wurden. Denn der finanzielle Break-Even zwischen Diesel und Benziner verschiebt sich zu höheren Fahrleistungen. Der Anteil der neu zugelassener Diesel-Pkw ist von 28,9 % im Jahr 2015 auf 18,9 % im Jahr 2016 und 17,4 % im Jahr 2017 gesunken. Gleichzeitig ist der Anteil der neu verkauften Benzinfahrzeuge von 57,6 % im Jahr 2015 auf 71,8 % im Jahr 2016 und 75,0 % im Jahr 2017 gestiegen (Ministerie van Financiën 2018).

Ein Problem mit der Neuzulassungssteuer und den sehr hohen Beiträgen für hochemittierende Fahrzeuge ist, dass Importe von Gebrauchtwagen aus anderen Ländern (z. B.) mit niedrigeren Steuersätzen gerade bei teuren Fahrzeugen zugenommen haben. Denn bei Gebrauchtwagen auf dem niederländischen Markt ist die Erstzulassungssteuer im Preis enthalten, bei Gebrauchtwagen aus dem Ausland wird eine Pauschale hauptsächlich basierend auf dem Wert des Fahrzeugs berechnet. Über Gutachten ist der Fahrzeugwert leicht manipulierbar, häufig werden Schäden größer gemacht oder erfunden, die CO₂-Emissionen des Fahrzeuges spielen keine Rolle. Das hat zur Folge, dass Importe seit einigen Jahren stark zugenommen haben (Ministerie van Financiën 2018).

D.2.4 Reaktionen Stakeholder

Generell liegt in den Niederlanden ein anderes Stakeholder-Setting als in Deutschland vor. Bei der in den Transportsektor involvierten Industrie handelt es sich bis auf ein paar Ausnahmen (z. B. Shell, DAF, VDL) eher um mittelgroße Unternehmen, so dass es keine allzu dominante Stakeholder-Gruppe gibt.

Hinzu kommt, dass Verteilungseffekte oder soziale Benachteiligungen in den Niederlanden ein nicht so relevantes Thema sind wie in anderen Ländern, was möglicherweise auch mit den Alternativen zum Pkw, also einer gut ausgebauten Fahrradverkehrsinfrastruktur und dem ÖPNV zusammenhängt und damit das Auto nicht ganz so zwingend für die Mobilität ist wie in anderen Ländern. Wenn es Diskussionen gibt, dann eher darüber, dass teure E-Fahrzeuge wie der Tesla und Outlander noch weiter gefördert werden.

Auch in den Niederlanden bestehen die verschiedenen Preisinstrumente zur Besteuerung von Pkw bereits seit vielen Jahren. Das jetzige Steuersystem ist damit immer eine Folge von Anpassungen bestehender Steuern, was grundsätzlich leichter umzusetzen ist, als neue Steuern einzuführen. Das Finanzministerium ist federführend zuständig und setzt mit dem jährlichen car taxation letter die Steuern fest (mit einer 3-jährigen Vorlaufzeit). Die Leitlinie besagt grundsätzlich, dass der Staat immer dieselben Staatseinnahmen hat, die Bemessungsgrundlage wird also so angepasst, dass eine Lenkungswirkung entsteht, aber die Gesamteinnahmen gleichbleiben. Über das Argument des Staatshaushaltes können also gut Änderungen an der Bemessungsgrundlage an die Öffentlichkeit vermittelt werden. Mit der CO₂-Regulierung und sinkenden CO₂-Emissionen musste die Bemessungsgrundlage immer wieder an die Entwicklung angepasst werden, was automatisch eine immer stärkere CO₂-Spreizung der Steuerelemente zur Folge hatte. Hinzu kamen dann noch Fördermaßnahmen, u. a. für die Elektromobilität, für die entsprechend auch eine Gegenfinanzierung geschaffen werden musste.

Hilfreich war für die Förderung von elektrischen Fahrzeugen die Diskussion um die Luftqualität. Viele Städte lagen Anfang der 2010er Jahre über den Luftqualitätsgrenzwerten. Als eine Lösung wurde die Elektromobilität verstärkt gefördert. E-Fahrzeuge sind erst mit den ansteigenden Anforderungen aus der CO₂-Regulierung ein Klimaschutzthema geworden.

Exkurs Tempolimit: Im März 2020 wurde in den Niederlanden das Tempolimit von 130 auf 100 km/h abgesenkt. Der Hintergrund sind zwei Gerichtsurteile: Der EU-Gerichtshof hat Ende 2018 geurteilt, dass das „Programma Aanpak Stikstof“ unvereinbar mit dem EU-Recht sei (Ehl 2020, Meijer, King 2019). Das Programm billigte eine Überschreitung der Stickstoff Grenzwerte, solange an anderer Stelle Stickstoff eingespart werde. 2019 kippte das oberste niederländische Verwaltungsgericht die Regelung und stoppte alle Bauprojekte, die die Stickstoffbelastung weiter verstärkten. Es mussten also schnell wirksame, zusätzliche Maßnahmen zur NO_x-Reduktion gefunden werden, um die Bauprojekte weiter verfolgen zu können. Das zweite ausschlaggebende Urteil kam vom Verfassungsgericht der Niederlande, indem es Umweltaktivisten Recht gegeben hat, dass die Niederlande bis 2020 mindestens 25 %- THG-Minderung erreichen müssen (de Rechtspraak 2019). Wegen beiden Urteilen mussten schnell Maßnahmen gefunden werden. Im Verkehrssektor diente als Kurzfristmaßnahme sowohl zur Reduktion der Schadstoffemissionen als auch zur Reduktion der CO₂-Emissionen die Reduktion des Tempolimits auf 100 km/h.

Die Meinung dazu ist in Bevölkerung und Parteien gespalten, auch weil die Maßnahme tendenziell verwirrend ist, da das Tempolimit erst vor 8 Jahren von 120 auf 130 km/h erhöht wurde. Als eine schnell wirksame Maßnahme wurde es trotzdem eingeführt. Je nach politischer Mehrheit könnte nach den nächsten Wahlen aber wieder anders entschieden werden.

D.2.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Der überwiegende Anteil der EU-Länder verfügt bereits über Neuzulassungssteuern (oder erhöhte Kfz-Steuern im ersten Jahr der Zulassung), die eine CO₂-Differenzierung aufweisen. Grund hierfür ist die Relevanz und Effektivität von entsprechend ausgestalteten Zulassungssteuern auf die CO₂-Emissionen der Pkw-Flotte. Deutschland hat keine Zulassungssteuer. Eine neue Steuer einzuführen, wäre äußerst aufwendig und die Widerstände wahrscheinlich kaum zu überwinden. Alternativ könnte aber, wie in Schweden oder England, die Kfz-Steuer im ersten Jahr der Neuzulassung deutlich angehoben und nach den CO₂-Emissionen des Pkw differenziert werden. Berücksichtigt werden müsste dabei aus den „lessons learned“ der Niederlande:

- ▶ Ein möglicherweise zunächst größerer Hebel bei teureren Fahrzeugen ist eine CO₂-Differenzierung und Förderung von E-Pkw über die Dienstwagensteuer.
- ▶ Eine dynamische Ausgestaltung, die regelmäßig angepasst wird, um zum einen die Steuereinnahmen in etwa konstant zu halten, zum anderen aber auch weiterhin eine Lenkungswirkung hin zu immer effizienteren Pkw zu generieren.
- ▶ Eine Steuerbefreiung oder -begünstigung von Plug-In-Hybriden ist mit großer Vorsicht zu genießen und der Umweltvorteil derzeit nicht zwingend gegeben.
- ▶ Auf ungewünschte sonstige Effekte wie eine erhöhte Importquote von Gebrauchtwagen zur Umgehung der Neuzulassungssteuer muss geachtet werden; ggf. sind Anpassungen weiterer Instrumente notwendig.

D.3 Mobilitätsbudget in Belgien

D.3.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

In Belgien gibt es keinen nationalen Dekarbonisierungsplan. Generell ist in Belgien das Vorgehen beim Klimaschutz wegen der Regierungsform regional stark differenziert. Es gibt jeweils einen NECP (National Energy and Climate Plan) für die drei Regionen Brüssel, Flandern, Wallonien. Die Pläne werden auch getrennt nach Brüssel berichtet. Der NECP an die Kommission ist die einzige Strategie, die verfolgt wird. Die Ziele ergeben sich daher stark aus dem EU-Prozess. Die nationale Ebene hat eher wenig Kompetenzen (z. B. Bahnverkehr, Dienstwagenbesteuerung), die meisten Gesetzgebungskompetenzen (z. B. Neuzulassungsregulierung) liegen bei den Regionen. Daher gibt es teilweise unterschiedliche Regeln und unterschiedliche Strategien zwischen den Regionen. Vor eineinhalb Jahren gab es eine Initiative für eine gemeinsame Vision für die Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Allerdings arbeitet die bestehende Regierung als Reaktion auf die COVID-19-Krise mit Sondervollmachten nur an Notfallregulierungen und strategische Themen können wegen der fehlenden Mehrheit der Regierungsparteien auf nationaler Ebene derzeit nicht weiterentwickelt werden.

D.3.2 Beschreibung Instrument

Belgien berücksichtigt bei der Besteuerung von Dienstwagen den CO₂-Ausstoß, wobei sich der Steuersatz linear mit steigenden Emissionen pro Kilometer erhöht. Die ermittelte Rate wird auf den Listenpreis und einen altersbezogenen Korrekturfaktor angewendet und unterscheidet zwischen Benzin- und Dieselfahrzeugen. Zur Verringerung der Anzahl an Dienstwagen mit privater Nutzung, hat die belgische Bundesregierung zwei Alternativen zum Dienstwagen eingeführt, die mindestens die gleiche steuerliche und sozialversicherungsrechtliche Behandlung wie ein Dienstwagen erhalten. Arbeitnehmende haben die Möglichkeit, einen Mobilitätsfreibetrag/„Cash for Car“ oder ein Mobilitätsbudget zu beantragen. Diese beiden Alternativen sollen Anreize schaffen, den Dienstwagen aufzugeben und auf umweltfreundlichere Verkehrsangebote umzusteigen.

Mobilitätsfreibetrag: „Cash for Car“

Im März 2018 wurde ein Mobilitätsfreibetrag („Cash for Car“) eingeführt, der Anfang 2020 jedoch wieder annulliert wurde. Der maximale jährliche Steuerfreibetrag bei der Aufgabe eines bereits vorhandenen Dienstwagens richtete sich nach dem Listenpreis und danach, ob vom Unternehmen eine Tankkarte gestellt wurde. Der jährliche Betrag entsprach 17,14 % (wenn keine Tankkarte enthalten ist) bzw. 20,57 % (wenn eine Tankkarte enthalten ist) des Listenpreises des Fahrzeugs (Blanckaert o.J.; Deloitte 2018). Eine Sachleistung wurde in Höhe von 4 % von 6/7 des Listenpreises des Autos erhoben und der Arbeitgeber zahlte den gleichen Sozialversicherungsbeitrag wie für den aktuellen Dienstwagen. Voraussetzung war, dass der Dienstwagen in den vergangenen 3 Jahren mindestens 12 Monate genutzt worden ist. Ausnahmen gab es teilweise für Jungunternehmer. Der 2018 eingeführte Mobilitätsfreibetrag wurde Anfang 2020 aufgrund einer Entscheidung des Verfassungsgerichtes abgeschafft. Der Freibetrag konnte vom Arbeitnehmer frei ausgegeben werden.

Mobilitätsbudget

Das Mobilitätsbudget wurde im März 2019 eingeführt. Ziel ist es, dem Arbeitnehmenden nachhaltigere Transportmöglichkeiten zu bieten als seinen aktuellen Dienstwagen. Wie im Fall des Mobilitätsfreibetrages steht es den Arbeitgebern frei, das Mobilitätsbudget anzubieten oder

nicht. Arbeitnehmende, die einen Dienstwagen private nutzen, haben die Wahl, ihren Dienstwagen gegen ein Mobilitätsbudget einzutauschen.

Das Mobilitätsbudget besteht aus einem oder mehreren der folgenden Elemente (ACEA 2020):

- ▶ Säule 1: Umweltfreundlicherer Dienstwagen als der bisherige:
 - ≤ 105 g CO₂/km im Jahr 2019; ≤ 100 g CO₂/km im Jahr 2020; ≤ 95 g CO₂/km im Jahr 2021
 - Mindestens Euro 6d-TEMP
 - Budget für das neue Auto \leq Budget des ersetzten Firmenwagens
 - Besteuerung wie bei normalen Dienstwagen

und/oder

- ▶ Säule 2: Umstieg auf nachhaltige Verkehrsträger und Dienstleistungen:
 - Leichte Mobilität wie Monowheel, (Elektro-)Fahrrad usw. (Kauf, Miete, Leasing),
 - Elektrisches Motorrad
 - Öffentliche Verkehrsmittel über Abos
 - Fahrgemeinschaften, Carsharing/pooling
 - Taxi und Autovermietung mit Fahrer
 - Autovermietung ohne Fahrer ≤ 30 Tage/Jahr
 - Ausgaben im Zusammenhang mit dem Erwerb oder der Anmietung eines Wohnsitzes in einem Umkreis von 5 km vom Arbeitsplatz

Der geldwerte Vorteil wird nicht besteuert. Die zweite Säule ist damit ein großer finanzieller Vorteil gegenüber den anderen Optionen.

und/oder

- ▶ Säule 3: Ungenutztes Budget: Bargeldzahlung, die mit 38,0 % Sozialabgaben belegt wird

Der Betrag des für die drei Säulen zur Verfügung stehenden Mobilitätsbudgets entspricht den jährlichen Gesamtbetriebskosten (TCO) des abgeschafften bzw. nicht neu angeschafften Dienstwagens, also inklusive Kraftstoff, Versicherung, Wartung, Steuern, nicht abzugsfähige Mehrwertsteuer usw. Die Voraussetzungen sind die gleichen wie beim Mobilitätsfreibetrag: Der Dienstwagen muss in den vergangenen 3 Jahren mindestens 12 Monate genutzt worden sein.

D.3.3 Wirkungen

Die EU-Kommission hat Belgien seit längerer Zeit darauf hingewiesen, dass das Land einen sehr hohen Anteil an gewerblichen Pkw im Bestand hat und eine Reduzierung des Anteils erstrebenswert wäre. Der hohe Anteil kommt dadurch zustande, dass die Einkommenssteuern plus Sozialabgaben in Belgien sehr hoch sind und die Unternehmen sowie Arbeitnehmenden auf einen Dienstwagen geringere Abgaben zahlen. Es ist also sehr attraktiv, einen Dienstwagen zu nutzen. Entsprechend hat Belgien einen sehr hohen Anteil an Dienstwagen. 2019 wurden

550.003 neue Pkw in Belgien zugelassen. 315.000 davon waren ausschließlich Dienstwagen (~57,3 %) (Lütkehus (o.J., VRT 2018). Insgesamt waren 2017 5,7 Mio. Fahrzeuge registriert, von denen 1/5 Dienstwagen sind (1,14 Mio.). Eine attraktive Alternative zu einem Dienstwagen kann daher einen deutlichen Einfluss auf die Emissionen des Verkehrs haben.

Die Wirkungen durch den Mobilitätsfreibetrag waren jedoch sehr gering. Im Einführungsjahr 2018 wurde das System von 0,065 % der Arbeitnehmenden genutzt. Im darauffolgenden Jahr 2019 tauschten kaum 0,175 % der Arbeitnehmenden ihren Dienstwagen gegen einen Mobilitätsfreibetrag ein (The Brussels Times 2020).

Eine Evaluierung der Wirkungen des Mobilitätsbudgets wurde aufgrund der noch kurzen Laufzeit bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht durchgeführt. Es zeichnet sich jedoch ab, dass auch hier nur eine geringe Anzahl an Arbeitnehmenden das Mobilitätsbudget in Anspruch nimmt.

Das hat folgende Gründe:

- ▶ Das Mobilitätsbudget muss von Arbeitgeberseite nicht verpflichtend angeboten werden. Es kann also sein, dass es Arbeitnehmenden gar nicht möglich ist, dieses in Anspruch zu nehmen.
 - ▶ Gerade bei kleineren Unternehmen ist der administrative Aufwand groß im Vergleich zum Dienstwagen und es braucht Zeit, ein neues System zu implementieren. Auch braucht es Zeit, das Gesetz zu verstehen, da es sehr vielschichtig ist. Hinzu kommt, dass in dem Gesetz nicht genau definiert ist, wie die Total Cost of Ownership definiert sind und welche Kosten eingerechnet und welche nicht eingerechnet werden können.
- ▶ Leasing-Verträge laufen meistens für 3-5 Jahre. Es ist teuer, einen Leasing-Vertrag vorzeitig zu kündigen. Das bedeutet, dass es für viele erst nach Ablauf des Leasing-Vertrags interessant wird, das Mobilitätsbudget zu beantragen.
 - ▶ Noch gibt es kaum entsprechende Komplett-Angebote auf dem Markt, sowohl was die niedrig emittierenden Fahrzeuge angeht als auch eine einfache Kombination der alternativen Mobilitätsoptionen wie z. B. „alles mit einer Karte/App“. Die meisten Leasing-Unternehmen sind aber dabei, das Mobilitätsbudget in ihr Angebot aufzunehmen. Dieses Problem sollte mit der Zeit also kleiner werden. Es gibt auch unabhängige Anbieter aus der MaaS-Szene, die entsprechende Produkte für das Mobilitätsbudget technisch und administrativ anbieten (wollen).
- ▶ Ein Problem bei der zweiten (tragenden) Säule ist, dass teilweise die Mobilitätsbedürfnisse nicht abgedeckt werden. Ein Beispiel: Ein Einzelticket für den ÖPNV kann für andere Familienmitglieder gekauft werden, ein monatliches Abo aber nicht. Wenn Kinder in die Schule gebracht werden sollen, geht das mit dem Auto, ein Abo für das Schulkind kann nicht über das Mobilitätsbudget abgedeckt werden. Die Vorteile des Dienstwagens sind damit höher.
- ▶ Viele Unternehmen bieten sogenannte Cafeteria Plans an. Das Gehalt kann um einen gewissen Prozentsatz reduziert werden, was für den Arbeitnehmenden geringere Steuern bedeutet, und die Unternehmen bieten dafür alternative Angebote an (mehr Urlaubstage; Versicherungen, Sportkurse etc.). In Belgien werden von vielen Unternehmen als Teil des Cafeteria Plans bereits Mobilitätsangebote bereitgestellt. Es gibt also schon ein Angebot für alle Mitarbeitenden. Daher müssten viele Unternehmen ein neues, zusätzliches Angebot schaffen, das teilweise ohnehin schon existiert. Der Vorteil des Mobilitätsbudgets ist wegen

der steuerlichen Begünstigung zwar höher, einige Unternehmen, die alternative Mobilitätsangebote anbieten wollen, wollen das jedoch für alle Mitarbeitenden anbieten und nicht nur für die Dienstwagenfahrer*innen.

Einschätzungen von Experten gehen davon aus, dass mit der Zeit und mit Verbesserungen hinsichtlich der Angebote die Nachfrage nach dem Mobilitätsbudget steigen wird. Allerdings sollte der administrative Aufwand für das Unternehmen reduziert werden. Das Gesetz müsste also noch einmal überarbeitet und einfacher gestaltet werden. Leasing-Unternehmen arbeiten bereits an vereinfachten Angeboten. Es sind erste Bezahlkarten für das Mobilitätsbudget - vergleichbar zu Tankkarten - in Erarbeitung.

Im Parlament wird gerade ein Vorschlag diskutiert, ab einem gewissen Zeitpunkt (verschiedene Zeitpunkte in Diskussion: 2023 und 2028) die Vorteile der Dienstwagenbesteuerung nur noch für Null-Emissionsfahrzeuge zu geben. Alle anderen Fahrzeuge würden dann wie ein normales Gehalt besteuert werden.

D.3.4 Reaktionen Stakeholder

Die Diskussionen zu „Cash for Cars“ und zum Mobilitätsbudget haben zum selben Zeitpunkt begonnen. „Cash for Cars“ wurde allerdings schneller eingeführt. Gewerkschaften haben dagegen geklagt und aus zwei Gründen recht bekommen:

- ▶ Der monetäre Ausgleich ist nur für Personen möglich, die vorher einen Dienstwagen genutzt haben. Das Gleichheitsgebot wird nicht eingehalten, weil nicht alle, sondern nur Dienstwagenfahrer zusätzliches Geld erhalten. Es handelt sich nicht mehr um einen geldwerten Vorteil, sondern um Geld.
- ▶ Es ist keine Umweltwirkung sichergestellt. Da der Arbeitnehmende frei über die Summe verfügen kann, kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Freibetrag dafür verwendet wird, ein stärker emittierendes Auto zu kaufen.

Auch das Mobilitätsbudget ist nur beantragbar für Arbeitnehmende, die bereits einen Dienstwagen nutzen. Allerdings gibt es die Einschätzung, dass das Mobilitätsbudget kein Problem für das Verfassungsgericht darstellt, weil die ersten beiden Säulen eine Umweltwirkung haben und der Arbeitnehmende „Mobilität“ erhält und nicht einfach Geld. Damit bleibt es ein geldwerter Vorteil für Mobilität. Die dritte Säule ist ggf. gefährdet, weil hier - ähnlich wie bei „Cash for Car“ - Geld ausgezahlt wird. Bisher gibt es jedoch keinen Kläger. Die Gewerkschaften, die gegen „Cash for Car“ geklagt haben, haben sich bisher nicht gegen das Mobilitätsbudget positioniert.

Überraschend viele Unternehmen finden das Mobilitätsbudget interessant. Allerdings wird bemängelt, dass es sehr komplex ist und es Zeit braucht, bis Unternehmen es implementiert haben. Auch wenn es bisher nicht stark genutzt wird, bringt es Arbeitnehmende und Unternehmen zum Nachdenken, wie sie Mobilitätsangebote anbieten und nutzen können.

Auf der anderen Seite gibt es Stimmen, die sagen, dass nach eineinhalb Jahren noch keine Nachfrage da ist und es auch zukünftig nicht viel mehr Nachfrage geben wird.

D.3.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Auch in Deutschland haben die Dienstwagen einen signifikanten Einfluss auf die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs. Der Anteil der Dienstwagen an den Pkw-Neuzulassungen beträgt

schätzungsweise rund 20 %⁸¹. Die Abschaffung der steuerlichen Begünstigung von Dienstwagen bzw. deren teilweiser Ersatz durch ein Mobilitätsbudget kann damit einen signifikanten Beitrag zur Minderung der CO₂-Emissionen beitragen.

Ein eigener Dienstwagen gilt für viele noch als ein Statussymbol, die Dienstwagenbesteuerung ermöglicht den Arbeitnehmenden, ein vergleichsweise teures Fahrzeug zu wählen. Doch allmählich kommt es insbesondere bei der jungen Generation zu einem Umdenken. Ihnen sind zumindest teilweise zwei Aspekte wichtig: Flexibilität und Freiheit. Diese Arbeitnehmenden möchten frei entscheiden, wie sie ihre Arbeitswege bestreiten und dabei möglichst ungebunden bleiben. Das Dienstwagenmodell könnte bei der jungen Arbeitnehmergeneration also an seine Grenzen stoßen.

Auch machen sich erste Unternehmen Gedanken bzw. entwickeln erste Angebote für ein Mobilitätsbudget (Göttler 2020, Deutsche Bahn Connect o.J.). Es ist also ein guter Zeitpunkt, ein möglichst einfaches, dem Dienstwagen finanziell gleichgestelltes System zu entwickeln, was alternativ zum Dienstwagen angeboten werden kann. Aus den Erfahrungen von Belgien schienen folgende Aspekte wichtig:

- ▶ Möglichkeit, dieses sowohl bei der Abschaffung eines Dienstwagens anzubieten als auch für „Neu-Nutzer“,
- ▶ Analyse und Berücksichtigung der Mobilitätsbedürfnisse, die über das Mobilitätsbudget abgedeckt werden sollten,
- ▶ Format, bei dem der administrative Aufwand für die Unternehmen möglichst geringgehalten wird.

D.4 CO₂-Preis und Kfz-Steuer in Schweden

D.4.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

Aus dem Swedish Climate Policy Framework (2017) geht das übergeordnete Ziel hervor, dass sich die Emissionen im Transportsektor bis 2030 um 70 % verringern im Vergleich zu 2010. Die CO₂ Steuer bildet dabei ein zentrales Instrument.

D.4.2 Beschreibung Instrument

Die CO₂ Steuer wurde 1991 mit einem Preis von 24 EUR/t CO₂ eingeführt und kontinuierlich gesteigert (Nov. 2019 bei 115 EUR/t CO₂)

Käufer von neuen Benzin- und Dieselfahrzeugen mit CO₂-Emissionswerten über 95 g/km zahlen in den ersten drei Jahren nach der Erstzulassung eine erhöhte jährliche Kfz-Steuer, den so genannten Malus. Nach drei Jahren wird die jährliche Kfz-Steuer dann auf das frühere Niveau gesenkt. Der zu Grunde zu legende CO₂-Wert bei der Berechnung der jährlichen Kraftfahrzeugsteuer nach dem Bonus-Malus-System ist bis Ende 2019 der NEFZ-Wert bzw. der angepasste NEFZ-Wert, wenn WLTP-Werte verfügbar sind. Für Neuregistrierungen ab 2020 wird der WLTP-Wert verwendet. Wenn der WLTP-Wert niedriger ist als der NEFZ-Wert, muss

⁸¹ Der „relevante Flottenmarkt“ (= gewerbliche Zulassungen, bereinigt um Mietwagen, Kurzzzeitzulassungen der Hersteller etc.) 2017 betrug 850.000 von 3,4 Mio. Pkw-Neuzulassungen (=25 %), davon sind aber auch noch ein Teil Poolfahrzeuge, die nicht privat genutzt werden (Öko-Institut et al. 2021).

der NEFZ-Wert auch ab 2020 verwendet werden, da das Steuergesetz besagt, dass der höchste Wert ab 2020 verwendet werden soll.

Die Steuerhöhe wird wie folgt berechnet (ACEA 2020):

Benzinfahrzeuge

- ▶ Erste 3 Jahre: 35 EUR⁸² + 8 EUR für jedes Gramm CO₂ über 95 g bis zu 140 g + 10 EUR für jedes Gramm CO₂ über 140 g
- ▶ Ab Jahr 4 und folgende: 35 EUR + 2 EUR für jedes Gramm CO₂ über 111 g

Dieselfahrzeuge

- ▶ Erste 3 Jahre: 35 EUR + 8 EUR für jedes Gramm CO₂ über 95 g bis zu 140 g + 10 EUR für jedes Gramm CO₂ über 140 g + 13,52 x den CO₂-Wert des Fahrzeugs + 24 EUR
- ▶ Ab Jahr 4 und folgende: 35 EUR + 2 EUR für jedes Gramm CO₂ über 111 g + 13,52 x den CO₂-Wert des Fahrzeugs + 24 EUR

CNG/Ethanol-Fahrzeuge

- ▶ Erste 3 Jahre: 35 EUR + 1 EUR für jedes Gramm CO₂ über 111 g
- ▶ Ab dem 4. Jahr: 35 EUR + 1 EUR für jedes Gramm CO₂ über 111 g.

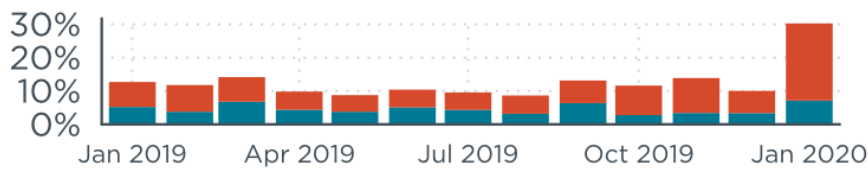
Ebenfalls ab dem 1. Juli 2018 erhalten Käufer eines Pkw mit CO₂-Emissionen zwischen 0 und 70 g/km im NEFZ einen Bonus, der maximal etwa 5.796 EUR für emissionsfreie Fahrzeuge beträgt und linear mit dem Anstieg der CO₂-Emissionswerte auf 968 EUR für Fahrzeuge mit einem Ausstoß von 70 g/km absinkt⁸³. Vor der Einführung des Bonus-Malus-Systems betrug der Bonus 3.800 EUR für emissionsfreie Fahrzeuge und eine Pauschale von 10.800 EUR für Fahrzeuge mit einem CO₂-Ausstoß von 1-50 g/km (Wappelhorst, Tietge 2018).

D.4.3 Wirkungen

In Schweden hat sich der Anteil der Elektrofahrzeuge, von 10 % im Dezember 2019 auf 30 % im Januar 2020 sprunghaft verdreifacht. Dies ist wahrscheinlich ein Ergebnis des Übergangs der Bemessungsgrundlage des Bonus-Malus-Systems von NEFZ auf WLTP. Seit Januar 2020 basiert die Steuer auf den CO₂-Emissionsniveaus, wie sie im Rahmen des neuen WLTP gemessen werden, wobei das CO₂-Niveau von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor etwa 20 % über dem liegt, was bei der vorherigen Typgenehmigungsprüfung gemessen wurde (Mock, Tietge, Wappelhorst 2020).

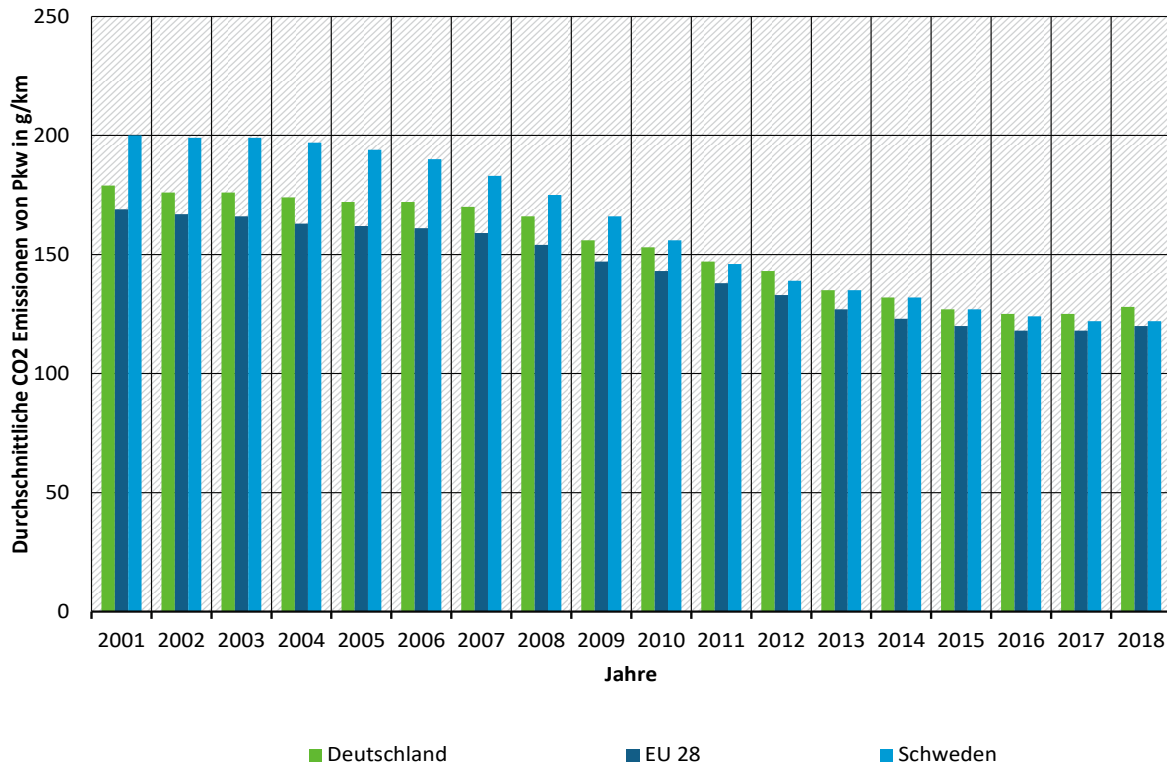
⁸² Alle Geldwerte basieren hier auf einem Wechselkurs von: 1 Schwedischen Krone (SEK) = 0,09660 EUR, was dem Kurs vom 16.07.2020 entspricht.

Abbildung 74: Anteile E-Pkw an den Neuzulassungen in Schweden, monatscharf



Quelle: Mock, Tietge, Wappelhorst (2020)

Abbildung 75: Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw Schweden ggü. D und EU28



Eigene Abbildung, Datenquelle: ICCT (2020)

D.4.4 Reaktionen Stakeholder

D.4.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

D.5 Schweiz

D.5.1 Dekarbonisierungsstrategie des Landes im Verkehr

Die Klimapolitik im Verkehrssektor der Schweiz ist stark fragmentiert. Unterschiedliche Politikbereiche, für die unterschiedliche Bundesämter zuständig sind, tragen zur Emissionsminderung bei. Zu nennen sind insbesondere:

- das Bundesamt für Umwelt, das die Gesamtverantwortung für die Klimapolitik innehat.

- ▶ das Bundesamt für Energie, das für alle Maßnahmen und Instrumente zur Effizienzsteigerung der Kraftfahrzeuge sowie für die Förderung der E-Mobilität zuständig ist.
- ▶ das Bundesamt für Verkehr, das für die Verlagerung von Straßenverkehr auf die Schiene zuständig ist.

Die wichtigsten *klimapolitischen* Instrumente zur Dekarbonisierung des Verkehrs in der Schweiz sind:

- ▶ CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen
- ▶ Kompensationspflicht für Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe

Flankierend zu diesen Instrumenten erarbeiteten Vertreter der Elektrizitäts- und Mobilitätsbranche sowie von Bund, Kantonen und Städten die Roadmap Elektromobilität. Die Vertreter einigten sich in der Roadmap auf das Ziel, bis 2022 den Anteil von Elektrofahrzeugen bei den Neuzulassungen von Personenzugmaschinen auf 15 % zu erhöhen. Mit den in der Roadmap abgestimmten freiwilligen Maßnahmen wollen die Akteure gemeinsam dieses Ziel erreichen.

Die Verlagerungspolitik der Schweiz läuft bisher weitgehend unabhängig von der Klimapolitik. Die Politik bezweckt den Schutz des Alpenraumes. Sie geht auf die Diskussion des Waldsterbens der 80er Jahre zurück. Befeuert wurde die Verlagerungspolitik 1994 durch die Annahme der Alpeninitiative durch das Volk. Die Volksinitiative fordert, dass der Bund das Alpengebiet vor negativen Auswirkungen des Transitverkehrs schützt und der alpenquerende Güterverkehr auf der Schiene abzuwickeln sei. Zur Umsetzung der Initiative wurden folgende Maßnahmen getroffen, die auch zur Reduktion der CO₂-Emissionen des Verkehrs führen.

- ▶ Modernisierung der Schieneninfrastruktur (insbesondere der Bau der Basistunnel am Gotthard und am Lötschberg)
- ▶ Bahnreform (Liberalisierung)
- ▶ Einführung einer leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA)

Als flankierende Maßnahmen dienen die „Rollende Landstrasse“ (RoLa) sowie Betriebsabgeltungen und Investitionshilfen für den unbegleiteten kombinierten Verkehr.

Im Personenverkehr gibt es keine explizite Verlagerungspolitik. Auf Bundesebene wird das Thema im Rahmen der Daseinsvorsorge behandelt. Das Umweltargument ist – zumindest bisher – eher sekundär.

Die Klimapolitik der Schweiz im Verkehrsbereich ist das Ergebnis des politischen Prozesses und keine Politik aus einem Guss. Ein wichtiger Faktor spielt die direkte Demokratie. In der Schweiz kann das Volk in Volksinitiativen Änderungen in der Bundesverfassung vornehmen. Dieses Instrument wird auch für sehr konkrete politische Anliegen genutzt. Da Volksentscheide immer eine gewisse Unsicherheit mit sich bringen, erarbeitet das Parlament häufig Gegenvorschläge zu Initiativen, die das Anliegen der Initiative in abgeschwächter Form aufnehmen. Eine weitere schweizerische Besonderheit ist, dass jedes Gesetz dem fakultativen Referendum untersteht. Wenn die Stimmberechtigten innerhalb von 100 Tagen 50.000 gültige Unterschriften sammeln, kann das Volk an der Urne entscheiden, ob das Gesetz in Kraft tritt oder nicht. Mit der glaubwürdigen Drohung, das Referendum zu ergreifen, können politische Gruppierungen bereits im Gesetzgebungsprozess Zugeständnisse aushandeln.

Alle diese direktdemokratischen Instrumente haben ihre Spuren in der Dekarbonisierung des Verkehrs hinterlassen: Die gesamte Verlagerungspolitik geht auf eine Volksinitiative zurück, die

- entgegen den Erwartungen der Politik - an der Urne angenommen wurde. Die CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen ist ein Gegenvorschlag zu einer weitergehenden Initiative. Die Wirkung des fakultativen Referendums zeigte sich in der Einführung der Kompensationspflicht für Treibstoffimporteure: Die ursprüngliche Idee war, eine Lenkungsabgabe auf Brenn- und Treibstoffe einzuführen. Schließlich wurde sie nur auf Brennstoffe eingeführt. Im Gegenzug verpflichteten sich die Treibstoffimporteure, einen Teil der Emissionen aus Treibstoffen zu kompensieren.

D.5.2 Beschreibung Instrumente

CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen

Seit Juli 2012 gelten in der Schweiz, analog zur EU, CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personenwagen (PW). Erstmals zum Verkehr in der Schweiz zugelassene Personenwagen dürfen im Durchschnitt maximal 130 g CO₂ pro Kilometer ausstoßen. Diese Zielvorgabe galt bis Ende 2019. Ab dem Jahr 2020 gilt für Personenwagen ein Zielwert von 95 g CO₂ pro Kilometer. Ab 2020 werden für Lieferwagen und leichte Sattelschlepper (LNF) zusätzliche CO₂-Emissionsvorschriften eingeführt. Diese Fahrzeuge müssen dann einen CO₂-Emissionszielwert von 147 g CO₂ pro Kilometer einhalten. Für die Periode 2025–2029 sollen die Zielwerte in Anlehnung an die EU weiter gesenkt werden. Auf Basis des Zielwerts muss die Flotte jedes Importeurs eine individuelle Zielvorgabe einhalten. Überschreitet er diese, wird eine Sanktion fällig (Bundesamt für Energie 2019).

Großimporteure können die Einfuhr eines ineffizienten Fahrzeugs durch die Einfuhr eines besonders effizienten Fahrzeugs kompensieren. Kleinimporteure müssen jedes Fahrzeug einzeln abrechnen, wobei die Bildung von Emissionsgemeinschaften möglich ist.

Bei einer Verfehlung der individuellen CO₂-Zielvorgaben, müssen die Fahrzeugimporteure eine Ersatzleistung bezahlen, die unter Berücksichtigung der EU-Regelung und des Wechselkurses innerhalb einer Bandbreite von 95–152 Franken (88 – 144 EUR) pro Gramm jährlich festgelegt wird. (Bundesamt für Umwelt 2019a)

Zwischen 2012 und 2017 wurden die Zielvorgaben im Durchschnitt aller Importeure erreicht. Im Jahr 2018 wurden die Ziele erstmals nicht erreicht und Sanktionszahlungen fällig. (Bundesamt für Energie 2020)

Kompensationspflicht für Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe

Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe sind seit 2013 verpflichtet, einen zunehmenden Anteil der CO₂-Emissionen aus dem Verkehr zu kompensieren. Bereits 2008 bis 2012 gab es ein ähnliches Instrument, das Klimarappen hieß. Die Emissionsreduktion entsteht damit nicht gezwungenermaßen im Verkehr, wird jedoch durch den Verkehr finanziert. Der zu kompensierende Anteil betrug:

- ▶ 2 % für die Jahre 2014 und 2015
- ▶ 5 % für die Jahre 2016 und 2017
- ▶ 8 % für die Jahre 2018 und 2019
- ▶ 10 % für das Jahr 2020.

Bis 2020 war dieses Instrument auf die Kompensation im Inland ausgerichtet. Reduktionsleistungen aus Projekten und Programmen zur CO₂-Kompensation müssen vom Bund

bescheinigt werden. Analog zu internationalen Vorgaben müssen die Kompensationsprojekte und -programme einen bestimmten Projektzyklus durchlaufen. Zentral ist dabei der Nachweis, dass die Reduktionen zusätzlich sind und ohne Projekt bzw. Programm nicht eingetreten wären.

Ab 2020 wird die zu kompensierende Emissionsmenge erhöht. Im Gegenzug können auch im Ausland erbrachte Reduktionsleistungen angerechnet werden. Diese sollen einen maßgeblichen Beitrag zur Einhaltung des Gesamtreduktionsziels der Schweiz von 50 % bis 2030 leisten.

Der Anteil der CO₂-Emissionen, der kompensiert werden muss, muss ab 2020 mindestens 15 % betragen, kann aber bis auf 90 % erhöht werden. Innerhalb der gesetzlichen Bandbreite (15 %-90 %) kann der Bundesrat den zu kompensierende Anteil auf Verordnungsstufe festlegen. Mindestens 20 % sind in der Schweiz zu kompensieren. Angerechnet wird dabei auch der Einsatz erneuerbarer Treibstoffe, mit denen mindestens 5 % der CO₂-Emissionen aus dem Verkehr kompensiert werden sollen.

Die Importeure dürfen die Kosten der Kompensation auf die Treibstoffpreise überwälzen. Dabei darf der Aufschlag bis 2020 maximal 5 Rappen (4,5 Cent) betragen. Bis 2025 ist er auf 10 Rappen (9,1 Cent) limitiert, danach darf er bis zu 12 Rappen (10,9 Cent) betragen. (Bundesamt für Umwelt 2019b)

Wird das Kompensationsziel nicht erreicht, wird eine Strafzahlung fällig.

Verlagerungspolitik

Die Verlagerungspolitik geht auf eine Volksinitiative (Alpeninitiative) zurück und wird im Güterverkehrsverlagerungsgesetz geregelt. Es verlangt, dass die Zahl der Fahrten in- und ausländischer Lastwagen und Sattelschlepper durch die Schweizer Alpen von 1,4 Mio. im Jahr 2000 auf 650.000 Fahrten pro Jahr gesenkt werden soll. Hierzu wurden verschiedene Instrumente beschlossen und umgesetzt (Bundesamt für Verkehr BAV o.J.):

- ▶ Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA): Seit Anfang 2001 bezahlen Lastwagen auf allen Schweizer Straßen eine distanz-, gewichts- und emissionsabhängige Abgabe. Zwei Drittel der Einnahmen aus der LSVA fließen in den Bahninfrastrukturfonds (BIF), aus welchem unter anderem die NEAT (Neue Eisenbahn-Alpentransversale) finanziert wird.
- ▶ Modernisierung der Bahninfrastruktur: Für rund 24 Milliarden Franken (22,33 Mrd. EUR) baut die Schweiz die Nord-Südachse der Schieneninfrastruktur aus. Dank dieser Infrastrukturen können Güterzüge in größerer Zahl unter erleichterten Bedingungen verkehren. Die Fahrzeiten zwischen Nord und Süd werden kürzer.
- ▶ Bahnreform: Die Liberalisierung des Güterverkehrsmarktes und die Öffnung des Schienennetzes für Dritte verstärkt den Wettbewerb unter den Bahngesellschaften. Das Bahnangebot ist besser und kostengünstiger geworden.
- ▶ Landverkehrsabkommen Schweiz-EU: Es sichert die schweizerische Verlagerungspolitik gegenüber Europa ab; die EU anerkennt die Schweizer Ziele und Instrumente, insbesondere die LSVA.
- ▶ Flankierende Maßnahmen: Betriebsabgeltungen und Investitionshilfen für den unbegleiteten kombinierten Verkehr und die Rollende Landstraße unterstützen und verstärken die Verlagerung.

Die Verlagerungspolitik bezweckt die Reduktion von Luftschadstoffemissionen. Sie bewirkt jedoch als Nebenwirkung auch eine Verminderung der Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs.

D.5.3 Wirkungen

CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen

Der Zielwert für die Jahre 2015-2019 lag bei 130 g CO₂/km. Dieser wurde nie erreicht.

Die gesetzliche Verpflichtung der Importeure enthielt jedoch ein gewisses Phase-in. Bis 2017 sanken die CO₂-Emissionen und die einzelnen Importeure haben ihre Zielvorgaben größtenteils erreicht. Dies ist ein Hinweis, dass die Importeure entsprechende Anstrengungen unternommen hatten. In den Jahren 2017 und 2018 stiegen jedoch die durchschnittlichen CO₂-Emissionen wieder. Die gewünschte Wirkung der Emissionsvorschriften blieb aus. Im Jahr 2018 hatte fast die Hälfte der Importeure ihre Zielvorgaben verfehlt und musste Sanktionen entrichten. Für die Zunahme sind insbesondere die steigenden Anteile von Allradfahrzeugen und SUV sowie das steigende Leergewicht der Fahrzeuge verantwortlich.

Wie die Entwicklung ohne CO₂-Emissionsvorschriften ausgefallen wäre, kann aufgrund einer fehlenden Kontrollgruppe nicht präzise beziffert werden. Zu würdigen ist, dass „die Marktanteile von emissionsarmen Personewagen seit der Einführung der Emissionsvorschriften stark zugenommen haben, insbesondere seit dem Jahr 2018. Auch der Anteil von elektrischen Fahrzeugen nimmt konstant zu. Hinsichtlich der von Jahr zu Jahr steigenden Gesamtfahrleistung haben die CO₂-Emissionsvorschriften dazu beigetragen, die weitere Zunahme des verkehrsbedingten CO₂-Ausstoßes zu dämpfen“ (Bundesamt für Verkehr (BAV) 2021), S. 313, konnten jedoch nicht zu einer Trendwende führen (Bundesamt für Verkehr (BAV) 2021).

Kompensationspflicht für Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe

Die Kompensationspflicht der Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe wurde erfüllt. Sie trug insbesondere zur Einführung von erneuerbaren Treibstoffen bei. Diese wurden zuvor über Begünstigungen in den Mineralölsteuern gefördert, was jedoch kaum Wirkung zeigte. Durch die Kompensationspflicht wurden sie in relevantem Umfang eingesetzt. Zudem half es als technologieoffenes Instrument, Reduktionsprojekte frühzeitig umzusetzen, die von keinen spezifischen Förderprogrammen profitieren (z. B. Wärmeverbunde). Dass es gewisse Mitnahmeeffekte gibt, ist jedoch trotz strenger Prüfung der Projekte nicht auszuschließen.

Die Effizienz ist abhängig von der Projektgröße. Bei Projekten mit einem Reduktionsvolumen unter 1.000 t CO₂/Jahr dürften die Transaktionskosten hoch sein. Für große Projekte ist das Instrument jedoch durchaus effizient.

Als Nebenwirkung führten die Umsetzung der inländischen Kompensationsprojekte zu inländischer Wertschöpfung und Beschäftigung.

Verlagerungspolitik

Dank der Verlagerungspolitik konnte die Zahl schwerer Güterfahrzeuge durch die Schweizer Alpen auf unter eine Million gesenkt werden. Dies entspricht noch nicht dem gesetzlichen Ziel von maximal 650.000 Fahrten, weshalb weitere Verlagerungsanstrengungen unternommen werden. Jedoch wird geschätzt, dass ohne die Maßnahmen heute jährlich rund 800.000 zusätzliche Lastwagen und Sattelschlepper die Alpen durchqueren würden. Die Bahn hat im Güterverkehr durch die Schweizer Alpen einen Marktanteil von rund 70 Prozent - massiv mehr als in benachbarten Ländern mit ähnlicher Topographie. Dominierend ist dabei der kombinierte Verkehr (Bundesamt für Verkehr BAV o.J.). Zudem werden vermehrt Fahrzeuge mit vergleichsweise wenig Schadstoffemissionen verwendet. Da die Verlagerungsinstrumente - insb. die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) - nicht nur auf der Nord-Süd-Achse, sondern im ganzen Land wirkt, beeinflussen sie alle inländischen Güterverkehrstransporte. Auch im Ost-West-Verkehr kann festgestellt werden, dass durch die Verlagerungspolitik die

Auslastung der Lkw steigt und Leerfahrten vermieden werden. Infrac und Ifeu (2018) schätzen, dass ohne die Verlagerungspolitik der Güterverkehr mit schweren inländischen Nutzfahrzeugen in der Schweiz heute mindestens 30 % mehr CO₂ ausstoßen würde.

D.5.4 Reaktionen Stakeholder

Die Emissionsvorschriften und die Kompensationspflicht gehen ursprünglich auf Vorschläge von Verkehrsakteuren zurück. Sie wollten mit diesen Vorschlägen andere Instrumente verhindern, die von der Umweltseite her vorgeschlagen wurden. Über die Zeit wurden die Instrumente verschärft. Dies führte teilweise zwar zu gewissen Widerständen der betroffenen Akteure und es wurden von der Umweltseite auch Zugeständnisse gemacht. Bei den Betroffenen bestand jedoch stets die Bereitschaft, durch Gespräche gemeinsame Lösungen zu finden und ein Verständnis, dass „nichts tun“ keine politisch realistische Alternative ist.

Die gesamte Verlagerungspolitik geht auf eine Volksinitiative zurück. Hier erzwang ein Volksentscheid, dass gehandelt werden muss. Der Anlass war der Schutz der Alpen vor Luftschadstoffen. Der Grundsatz, dass starke Anstrengungen zur Verlagerung des alpenquerenden Güterverkehrs notwendig sind, war daher allseits anerkannt. Nichts destotrotz wurden und werden Justierungen kontrovers diskutiert.

Der starke öffentliche Personenverkehr der Schweiz hat seinen Ursprung vor allem in der Daseinsvorsorge. Zwar unterstützt das Argument des Klimaschutzes ihn, er wird aber in anderen politischen Prozessen geregelt.

Die Stärke des schweizerischen Systems ist die – auch durch die direkte Demokratie erzwungene – breite Abstützung politischer Entscheide. Die verschiedenen Interessensgruppen werden durch das System gezwungen, aufeinander zuzugehen. In der Klimapolitik führte dies dazu, dass sie sich in den frühen Phasen stark auf freiwillige Maßnahmen der Wirtschaft stützten und Anreize gesetzt wurden, sich an freiwilligen Maßnahmen zu beteiligen. Der Grundsatz war, dass, bevor starke verpflichtende Regulierungen an die Hand genommen werden, die Akteure sich selbst beweisen können. Auch wenn die Regime strenger und verpflichtender wurden, ist immer noch viel vom Geist spürbar, dass die Akteure selbst Verantwortung übernehmen sollen. So liegt z. B. die Verantwortung für die Kompensationspflicht bei der Wirtschaft. Der Bund beaufsichtigt sie nur. Auch bei den Emissionsvorschriften wird der Wirtschaft in der Umsetzung viel Gestaltungsraum gelassen. Dieses Involvement der Wirtschaft stellt eine Chance dar.

Die Kehrseite der politischen Kultur des Involvements und des Konsenses ist, dass es schwierig ist, große Schritte zu machen. Zwar ist die Schweiz stolz auf ihre Verlagerungspolitik und den guten öffentlichen Verkehr. Diese Elemente gehören unterdessen zum Selbstverständnis der Schweiz. Die Motivation dafür war aber keine klimapolitische. Neuere Themen wie die E-Mobilität kommen nur langsam ins Rollen. Zudem wird die Effizienzsteigerung der Motore aufgrund der hohen Kaufkraft der Bevölkerung weitgehend durch stärker motorisierte und schwerere Fahrzeuge sowie einen erhöhten Mobilitätskonsum übersteuert. Hier zeigen sich z. B. auch die Grenzen des Instruments der Emissionsvorschriften: Offensichtlich ist die Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit für schwere und potente Pkw in der Schweiz höher als die drohende Sanktion bei Nichterfüllung der Emissionsvorschriften. Bei der Kompensationspflicht kann als Stärke der mengenbasierte Ansatz hervorgehoben werden. Dies ist hilfreich für die Erfüllung der international versprochenen Ziele: In der politischen Praxis orientiert sich die Höhe der Kompensationspflicht am erwarteten Delta zwischen den international vereinbarten Zielen der Schweiz und der mit den übrigen Maßnahmen erreichten CO₂-Reduktion. Da ein Teil der Kompensation im Inland zu erfolgen hat, unterstützt sie die Markteinführung

klimaschonender Technologien. Die Technologieoffenheit ist durchaus eine Stärke des Instruments. Dies bedeutet aber auch, dass sie nicht zwingend zur Dekarbonisierung des Verkehrs führt. Viele Reduktionsprojekte werden nicht im Verkehrsbereichen umgesetzt.

D.5.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Die schweizerische Klimapolitik im Verkehrsbereich ist stark durch direktdemokratische Prozesse geprägt. Das Ambitionslevel ist daher überschaubar.

Interessant ist, dass durch die Bargainingprozesse viele Instrumente von der Wirtschaft vorgeschlagen wurden und diese in der Umsetzung stark involviert ist. Der Staat hat vor allem eine überwachende Rolle. Im Falle der Kompensationspflicht funktioniert das relativ gut. Die Ziele werden eingehalten. Die Umsetzung in privatrechtlichem Rahmen dürfte Effizienzvorteile aufweisen. Weniger erfolgreich sind die Emissionsvorschriften, die jüngst durch die Aktivität der Wirtschaft nicht eingehalten werden konnten.

Die Güterverkehrsverlagerungspolitik und die Förderung des öffentlichen Verkehrs sind bisher nicht im Rahmen der Klimapolitik erfolgt. Annäherungen der Politikfelder sind jedoch spürbar, da offensichtliche Synergien bestehen. So ist es durchaus eine Option, im Rahmen der Weiterentwicklung der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA) eine CO₂-Differenzierung einzuführen. Die Verlagerungspolitik zeigt, dass eine Verlagerung von Verkehr von der Straße auf die Schiene durchaus möglich ist, aber auch, dass dafür große Investitionen in die Schieneninfrastruktur und darüber hinaus teilweise Betriebsabgeltungen notwendig sind.

D.6 Dienstwagenbesteuerung im Vereinigten Königreich

D.6.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

Im März 2020 wurde für das Vereinigte Königreich ein nationaler Plan für die Dekarbonisierung bis zum Jahr 2050 veröffentlicht, in dem für den Verkehrssektor eine Roadmap mit sechs Kernelementen seitens des Verkehrsministeriums herausgearbeitet wurde (Department for Transport 2020a). Die strategischen Prioritäten werden wie folgt gesehen:

- ▶ Modal Shift zum Öffentlichen Verkehr und der aktiven Mobilität vorantreiben: Öffentlicher Verkehr als erste Wahl für die täglichen Wege (Stichwörter: bequem, kosteneffizient, flächendeckendes ÖV-Netz), kurze Strecken per Fahrrad oder zu Fuß, damit einhergehend Reduktion der Pkw-Nutzung.
- ▶ Dekarbonisierung der Straßenfahrzeuge: Alle Fahrzeuge sollen emissionsfrei sein. Investitionen in neue Technologien und Innovationen, Ausbau der notwendigen (Lade-)Infrastruktur
- ▶ Dekarbonisierung des Güterverkehrs: Güter werden über ein effizientes, nachhaltiges und integriertes Liefersystem transportiert, vor allem hinsichtlich der „letzten Meile“. Dazu beitragen sollen innovative digitale Systeme sowie Plattformen zum Teilen von Daten und Kollaboration.
- ▶ Ortsbasierte/regionale Lösungen zu Emissionsminderung: Spezifisch auf die örtlichen Begebenheiten angepasste Lösungsansätze. Zusammenarbeit mit entsprechenden Stakeholdern vor Ort.

- ▶ UK als Knotenpunkt (Hub) für grüne Transporttechnologie und -Innovation: Ziel ist, ein Weltführer im Bereich nachhaltige Technologien und Innovationen im Verkehrssektor zu sein.
- ▶ Emissionsminderung in einer globalen Wirtschaft: Reduzierung von Emissionen auch im internationalen Transport.

Bis Ende 2020/Anfang 2021 findet eine Stakeholder-Beteiligung statt, um Instrumente und Maßnahmen abzuleiten, die für die Erreichung dieser Roadmap notwendig sind.

Teil der Entwicklung ist auch, dass das Ziel für den Ausstieg aus dem Verbrenner von 2040 auf spätestens 2035 vorgezogen wird und dass im Gegensatz zu den vorigen Ankündigungen auch PHEV und HEV nicht mehr zugelassen werden dürfen. Die Konkretisierung erfolgt über einen Konsultationsprozess (bis Ende Juli 2020) (Department for Transport 2020b). Es findet auch ein Beratungsprozess dazu statt, wie die Neuzulassungssteuer (erstes Jahr der Kfz-Steuer) angehoben werden kann, um einen zusätzlichen Hebel für elektrische Fahrzeuge zu schaffen.

Das Konjunkturprogramm gegen die Corona-Krise sieht keine zusätzliche Förderung von E-Fahrzeugen vor, sondern fokussiert auf alternative Verkehrswende-Elemente. So wurden die Ausgaben für Rad- und Fußverkehr auf ca. 2,2 Mrd. (von ca. 0,275 Mrd.) EUR⁸⁴ und auch die finanzielle Unterstützung des ÖV erhöht. Im Konjunkturprogramm gibt es keine spezifische Unterstützung der Automobilindustrie.

D.6.2 Beschreibung Instrumente

Dienstwagenbesteuerung

Ein zentrales Lenkungsinstrument zur CO₂-Minderung im Verkehrssektor im Vereinigten Königreich ist die differenzierte CO₂-basierte Besteuerung der privaten Nutzung eines Dienstwagens.

Die private Nutzung eines Dienstwagens (und von Lieferwagen) durch Arbeitnehmer wird im Vereinigten Königreich (wie auch in Deutschland) als geldwerter Vorteil besteuert. Es fällt eine höhere Steuer an, wenn kostenloser oder subventionierter Kraftstoff zur privaten Nutzung in einem Dienstwagen zur Verfügung gestellt wird. Die Besteuerung von Dienstwagen basiert auf dem Listenpreis eines Autos einschließlich aller Extras, Zubehörteile etc.

Die Steuer wird seit April 2002 entsprechend den CO₂-Emissionswerten (g/km) des Pkw und seiner Kraftstoffart festgelegt (Benzin/Diesel/alternative Kraftstoffe) (ACEA 2020). Rein elektrische Fahrzeuge sind seit April 2020 von der Steuer befreit, das heißt, es gilt ein Satz von 0 %. Bei E-Fahrzeugen mit Emissionen zwischen 1 und 50 g/km hängt der Steuersatz von der elektrischen Reichweite des Fahrzeuges ab. Für ein Fahrzeug mit 51 g/km werden 13 % pro Jahr gezahlt, die dann bis zum Höchstsatz von 37 % mit je 1 % pro 5 g/km ansteigen. Derzeit gilt also der Höchstsatz von 37 % für Fahrzeuge mit CO₂-Emissionen über 170 g. Dieser Höchstsatz wird dann in den kommenden Jahren in 5 g-Schritten abgesenkt (dynamische Ausgestaltung). Die dargestellten Sätze gelten für Fahrzeuge, die ab dem 6. April 2020 erstmalig zugelassen wurden.

Seit dem Steuerjahr 2018/19 wird wie bei der Zulassungssteuer zwischen Dieselfahrzeugen, die den RDE2 (Real Driving Emissions-) Standard erfüllen und denen, die ihn nicht erfüllen, unterschieden. Letztere zahlen zusätzlich einen Aufschlag von 4 % im Vergleich zu Elektro-,

⁸⁴ Alle Geldwerte basieren hier auf einem Wechselkurs von: 1 Britisches Pfund (GBP) = 1,10171 EUR, was dem Wechselkurs vom 16.07.2020 entspricht.

Benzin- und Dieselfahrzeugen, die die RDE2-Vorgaben (Euro 6d) erfüllen (Wappelhorst et al. 2018).

Wenn Kraftstoff seitens des Arbeitgebers kostenfrei bzw. reduziert für den privaten Gebrauch zur Verfügung gestellt wird, ist dieser ebenfalls zu versteuern. Im April 2003 wurde ein neues System eingeführt, das den CO₂-abhängigen Steuersatz eines Autos mit einem festgelegten Betrag verknüpft, um den geldwerten Vorteil des Kraftstoffs zu ermitteln. Für 2020/21 liegt dieser Betrag bei 26.992 EUR. Wenn beispielsweise das Fahrzeug 240 g/km emittiert, entspricht dies einem Steuersatz von 37 % und würde bei Anwendung auf die 26.992 EUR für 2020/21 einen Vorteilswert von 9.987 EUR für den privat genutzten Kraftstoff ergeben, der dem persönlichen steuerpflichtigen Einkommen zugerechnet wird (ACEA 2020). Die Fahrt zwischen Wohnung und Arbeitsplatz des Arbeitnehmers wird als Privatfahrt behandelt. Pendler können diese Fahrten, anders als in vielen anderen Ländern, also nicht steuerlich geltend machen („Werkstorprinzip“).

Die Dienstwagenbesteuerung für konventionelle Pkw liegt also im UK deutlich höher als in Deutschland: Dort beträgt die Dienstwagenbesteuerung für konventionelle Pkw 12 % des Listenpreises pro Jahr, zuzüglich 0,03 % je einfachem Kilometer Entfernung zum Arbeitsplatz.

Weitere Instrumente

Weitere Instrumente zur Dekarbonisierung des Pkw-Verkehrs im Vereinigten Königreich sind:

- ▶ Zulassungssteuer: Sie wird so umgesetzt, dass die Kfz-Steuer im ersten Jahr der Neuzulassung eines Pkw erhöht und nach CO₂-Emissionen differenziert ausgestaltet ist. Diese Zulassungssteuer für private Pkw-Käufer ist jedoch nicht sehr hoch (beispielsweise für einen Pkw mit 140 g/km 237 EUR) und es wird derzeit diskutiert, diese weiter anzuheben, um eine höhere Lenkungswirkung hin zu Pkw mit geringeren CO₂-Emissionen zu erzielen.
- ▶ Kraftstoffsteuern: Sie liegen, anders als in Deutschland, für Diesel und Benzin mit 63,87 ct/l auf gleichbleibendem Niveau. Sie wurden seit 2011 nicht mehr erhöht.
- ▶ Plug-In-Grant: Neuwagenkäufer können durch einen Zuschuss, den die Regierung Fahrzeughändlern und -herstellern gewährt, einen Rabatt auf den Preis für neue emissionsarme Fahrzeuge erhalten. Die Zuschüsse belaufen sich derzeit auf bis zu 3.305 EUR für E-Pkw (Emissionen müssen unter 50 g/km liegen, Reichweite mindestens 112 km und weniger als 55.085 EUR Neupreis).

D.6.3 Wirkungen

Im Vereinigten Königreich wurden im Jahr 2019 59 % der erstmals registrierten Autos gewerblich zugelassen. Der Anteil am Fahrzeugbestand liegt bei 9 % (Department for Transport (2020c, p. 9), was belegt, dass diese innerhalb weniger Jahre in Privatbesitz übergehen. Auch wenn ein nennenswerter Anteil Kurzzeitzulassungen der Hersteller oder Mietwagen sind, so verbleibt ein signifikanter Anteil an Zulassungen von Dienstwagen, der den Fahrzeugbestand und dessen CO₂-Emissionen deutlich beeinflusst.

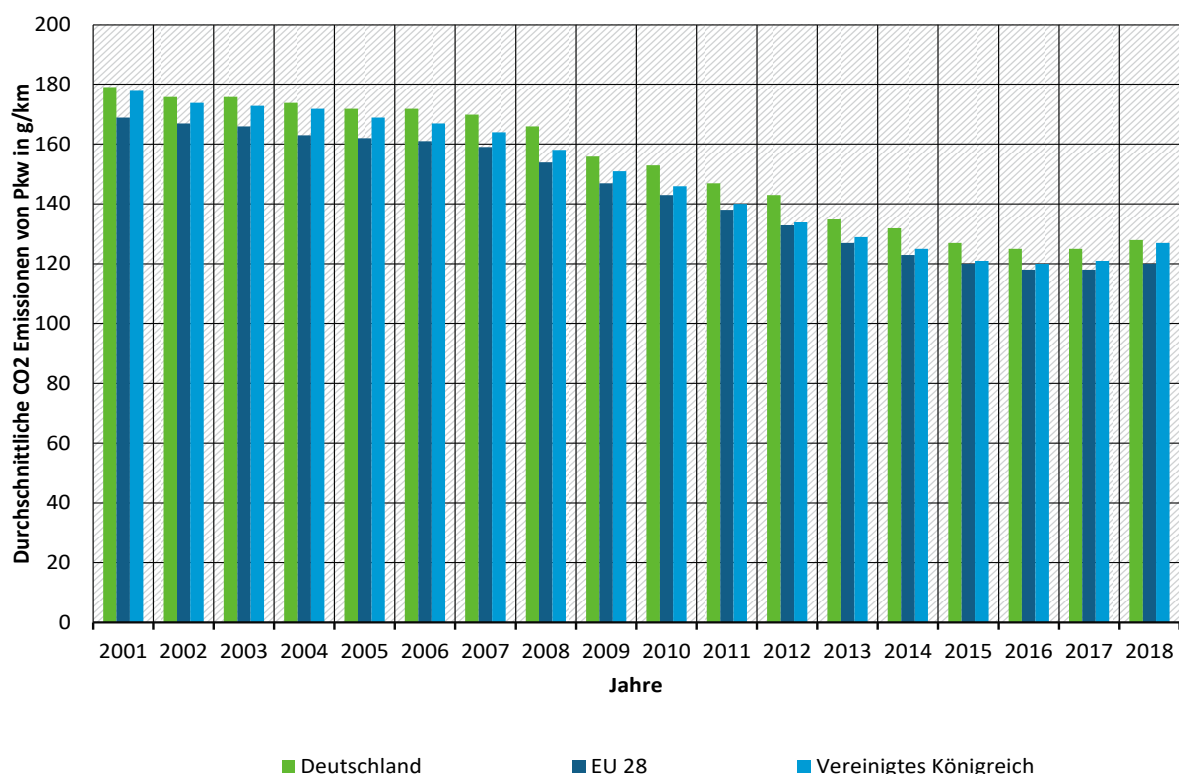
Die Besteuerung von Dienstwagen kann die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs durch folgende Effekte beeinflussen

- ▶ Anschaffung von Fahrzeugen mit hohen CO₂-Emissionen
- ▶ Häufigere Anschaffung von Fahrzeugen bzw. größere Firmenwagenflotten

- Anreize zu höheren (beruflichen und privaten) Fahrleistungen aufgrund der Kostenübernahme der Betriebskosten durch das Unternehmen.

Alle drei Aspekte werden durch die Dienstwagenbesteuerung in UK adressiert. Die direkte Wirkung auf die CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Fahrzeuge ist jedoch schwer zu bewerten, da hier eine Vielzahl von Faktoren wie die Pkw-Standards und die Kraftstoffpreise mit hineinspielen. Wie die Abbildung 76 zeigt, verändert sich ab 2002 im Verhältnis der Entwicklung in UK im Vergleich zu der Entwicklung in Deutschland und dem EU-Durchschnitt nur sehr langsam etwas. Bis 2017 nähern sich die CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw von einem höheren Niveau aus dem EU-Durchschnitt an, steigen jedoch in 2018 wieder an. Auf dieser Basis ist es nicht möglich, eine direkte Wirkung abzuleiten.

Abbildung 76: Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw im Vereinigten Königreich ggü. D und EU28



Eigene Abbildung, Datenquelle: ICCT (2020)

Für die neu eingeführte Steuerbefreiung von rein batterieelektrischen Dienstwagen ist noch keine Bewertung der Wirkungsweise möglich, da diese Neuerung im Rahmen der Dienstwagensteuer erst im April 2020 umgesetzt wurde. Grundsätzlich gibt es jedoch ein großes Interesse der Leasing-Unternehmen, Elektrofahrzeuge als Dienstwagen zu beziehen.

Nach Einschätzung der Experten wird mit einer relevanten Wirkung gerechnet, da die psychologische Wirkung von „keine Steuer zu zahlen“ zusätzlich zu einer Einmalprämie beim Kauf eines Fahrzeuges als wesentlich eingeschätzt wird.

D.6.4 Reaktionen Stakeholder

Die CO₂-Abhängigkeit bei der Besteuerung des geldwerten Vorteils der Dienstwagennutzung existiert in UK bereits seit 2002. Bei deren Einführung stiegen die Besteuerungssätze mit den

CO₂-Emissionen der Fahrzeuge noch nicht sehr stark an, um die Akzeptanz des Instrumentes zu fördern und dessen Einführung zu ermöglichen. Es handelt sich jedoch um ein dynamisch ausgestaltetes Steuersystem, das immer wieder mit dem jährlichen Haushaltsplan des Finanzministeriums angepasst wird. Auch gab es in der Vergangenheit immer wieder Anpassungen, die sich aus den aktuellen Entwicklungen ergeben haben (z. B. Extra-Bemessungsgrundlage für Diesel nach dem Dieselgate). Daher ist es die Öffentlichkeit gewohnt, dass sich die Besteuerungsgrundlage ändert, und eine schrittweise Anhebung der CO₂-Spreizung konnte ohne größere Widerstände umgesetzt werden. Auch konnte mit vergleichsweise geringem öffentlichen Widerstand auf politischer Ebene entschieden werden, was gefördert werden soll, wie jetzt die zero-emission-Fahrzeuge.

Außer der Automobilindustrie gab es keine größeren gesellschaftlichen Gruppen, die sich zur Dienstwagenbesteuerung äußern. Damit ist die Dienstwagenbesteuerung eine gute Möglichkeit für die britische Regierung, den Fahrzeugmarkt zu steuern. Andere Steuern wie v.a. die Neuzulassungssteuer für Pkw und die Kraftstoffsteuern werden öffentlich deutlich stärker diskutiert und sind daher sehr viel schwieriger anzupassen. Die neu eingeführte Steuerbefreiung für rein batterieelektrische Pkw wurde v.a. von Automobilunternehmen mit Schwerpunkt Elektromobilität (u. a. Tesla, Nissan) unterstützt. Generell hat sich die Automobilindustrie aber auch nicht grundsätzlich gegen eine Steuerbefreiung positioniert, weil sie eine nachfrageseitige Unterstützung für die Einhaltung der CO₂-Regulierung benötigt.

Die Regierung hat sich auch für die Steuerbefreiung von E-Pkw im Rahmen der Dienstwagenbesteuerung entschieden, weil sie zukünftig die Kaufprämien zurückfahren will.

Eine Besonderheit besteht darin, dass UK nur noch bis Ende des Jahres 2020 Teil der EU CO₂-Regulierung ist. Wenn kein neues, vergleichbares Instrument eingeführt wird, geht der Anreiz für die Hersteller verloren, in UK E-Fahrzeuge zu verkaufen. Hierzu laufen in UK derzeit Überlegungen für ein Instrument, was die Wirkung der auf EU-Ebene geltenden CO₂-Standards ersetzen kann, gerade auch im Hinblick auf den geplanten Ausstieg aus dem Verbrennungsmotor bis spätestens 2035.

D.6.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Anders als in UK wird in Deutschland der privat genutzte Dienstwagen pauschal mit 12 %/a des Listenpreises, unabhängig von den CO₂-Emissionen des Fahrzeuges versteuert. Ausnahmen gibt es für batterieelektrische Fahrzeuge (0,25 %) und PHEV (0,5 %). Die Ausdehnung der Dienstwagennutzung sowie die Anschaffung teurerer Fahrzeuge und damit ggf. auch höherer CO₂-Emissionen werden durch die bestehenden Begünstigungen finanziell angereizt, da der Steuervorteil mit höheren Preisen steigt.

Darüber hinaus werden die vom Unternehmen bereitgestellten Kraftstoffe zur privaten Nutzung in Deutschland nicht zusätzlich besteuert. Es fallen damit keine Betriebskosten für die Nutzung an, da die Kraftstoffkosten (aufgrund der vollen Absetzbarkeit) meist von den Unternehmen übernommen werden.

Auch in Deutschland haben die Dienstwagen einen signifikanten Einfluss auf die CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs. Der Anteil der Dienstwagen an den Pkw-Neuzulassungen beträgt schätzungsweise rund 20 %⁸⁵ und aufgrund der kurzen Haltedauer beeinflussen sie über den

⁸⁵ Der „relevante Flottenmarkt“ (= gewerbliche Zulassungen, bereinigt um Mietwagen, Kurzzeitzulassungen der Hersteller etc.) 2017 betrug 850.000 von 3,4 Mio. Pkw-Neuzulassungen (=25 %), davon sind aber auch noch ein Teil Poolfahrzeuge, die nicht privat genutzt werden.

Gebrauchtwagenmarkt deutlich den Pkw-Bestand. Die Dienstwagensteuer ist damit ein zentrales Instrument, um den Fahrzeugmarkt zu steuern.

Seit Januar 2019 ist für Elektro- und Plug-In-Fahrzeuge die Bemessungsgrundlage halbiert. Im Rahmen des Maßnahmenprogramms des Klimaschutzplans 2050 wurde diese Regelung verabschiedet und rein batterieelektrische Fahrzeuge mit einem Listenpreis unter 40.000 EUR werden nur noch mit 0,25 % besteuert. Das Konjunkturpaket von Anfang Juni 2020 sieht vor, die Listenpreisgrenze auf 60.000 EUR zu erhöhen. Ab dem Jahr 2022 muss die (rein elektrisch betriebene) Mindestreichweite der geförderten Plug-In-Hybrid-Fahrzeuge 60 km betragen oder ein maximaler CO₂-Ausstoß von 50 g/km gelten. Ab 2025 steigt die Mindestreichweite dann auf 80 km (oder max. CO₂-Ausstoß von 50 g/km) (Öko-Institut 2020).

Eine Umgestaltung der Dienstwagensteuer entsprechend dem Vorbild UK würde gut in die strategische Ausrichtung der CO₂-Minderungsstrategie und den Klimaschutzziele in Deutschland passen, da diese eine hohe Relevanz hinsichtlich CO₂-Emissionen und Struktur des Pkw-Bestandes haben. Es wurde auch bereits der Prozentsatz der Besteuerung für E-Pkw halbiert bzw. mittlerweile auf 25 % gegenüber dem von konventionellen Fahrzeugen reduziert. Nachteil sind jedoch die finanziellen Mehraufwendungen im Haushalt durch die weitere Steuerbegünstigung der E-Fahrzeuge, da hierfür keine Gegenfinanzierung innerhalb der Dienstwagenbesteuerung vorgesehen wurde. Diese könnte über eine höhere Besteuerung von Pkw mit hohen CO₂-Emissionen entsprechend UK geschaffen werden.

Stärker als in UK profitieren vor allem nationale Automobilunternehmen von der Dienstwagenbesteuerung, da durch dieses „Privileg“ eher teurere Fahrzeuge angeschafft werden. Auch hat die deutsche Automobilindustrie einen überdurchschnittlich hohen Anteil an neu zugelassenen Dienstwagen. Es ist also von Industrieseite mit Widerstand zu rechnen.

Es profitieren ausschließlich Erwerbstätige, und auch innerhalb dieser Gruppe korreliert die Dienstwagennutzung mit der Höhe des Gehaltes. Es ist also wahrscheinlich, dass ein Großteil der Bevölkerung deutlich weniger Einwände gegen eine CO₂-Differenzierung innerhalb der Dienstwagenbesteuerung hätte als gegen eine Neuzulassungssteuer oder aber eine weitere Anhebung der CO₂- und damit Kraftstoffpreise.

Eine Möglichkeit wäre es, eine CO₂-Differenzierung zunächst nur zum Haushaltsausgleich (für die Steuerbegünstigung der E-Fahrzeuge) einzuführen, die einen nur geringen Anstieg mit steigenden CO₂-Emissionen aufweist, um diesen Baustein des Instrumentes zunächst einmal zu etablieren. Perspektivisch könnte sie dann stärker differenziert werden, um die für das Erreichen der Klimaschutzziele notwendige Lenkungswirkung zu erreichen.

Ebenfalls denkbar wäre ein mit dem Vorgehen in UK vergleichbarer Prozess zur Diskussion und Festlegung, wann und mit welchen Instrumenten auch in Deutschland ausschließlichen Null-Emissionsfahrzeugen neu zugelassen werden dürfen. Entsprechende Strategien wurden bereits in verschiedenen europäischen Ländern festgelegt und unterstützen die Planungssicherheit der Automobilhersteller.

D.7 „Clean Cars Strategy“ in Kalifornien

D.7.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

Aufgrund der extremen Luftverschmutzung (Smog) in den großen kalifornischen Ballungsräumen, hat die Landesregierung bereits in den 1970er Jahren erste Emissionsstandards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge auf den Weg gebracht. Wegweisend war

1990 die Einführung des „Clean Cars Program“, welches bereits damals das „Zero-Emission Vehicle“ (ZEV) Program mit Vorgaben für den anteiligen Umsatz von emissionsfreien Fahrzeugen einführte. Der Fokus lag zu Beginn klar bei der Reduktion lokaler Luftschadstoffe (PM₁₀, NO_x), mit der Neuausrichtung des Programms im Jahr 2012 („Advanced Clean Cars“) sind aber auch die CO₂-Standards der Fahrzeuge verstärkt in den Mittelpunkt gerückt. Aufgrund der tatsächlich wahrgenommenen Belastung der Luftverschmutzung in der Bevölkerung, fand die „Clean Cars“ Strategie bereits seit den 1980er Jahren hohe öffentliche Akzeptanz und entsprechend wurden die Programme stark auf diesen Fokus ausgerichtet (FrontierGroup 2010, Clausen 2017). In Kalifornien gibt es demnach eine klare strategische Stoßrichtung, an der die Einzelmaßnahmen ausgerichtet sind. Die „Clean Cars“ Strategie ist als solche im kalifornischen Klimaschutzplan verankert und ist als Schwerpunktthema in der Verwaltung aber auch Forschung institutionalisiert.⁸⁶

Seit 2006 ist das Clean Cars Programme in die Klimaschutzpolitik des Bundesstaats Kalifornien eingebettet, der „Global Warming Solutions Act“ (Assembly Bill 32) bildet die rechtliche Grundlage dafür (California Air Resources Board o.J. a). Insbesondere das ZEV-Programm ist im Aktionsplan 2030 enthalten, dort wird angestrebt, dass bis 2050 im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge vollständig auf Nullemissionsfahrzeuge umgestellt werden soll und bei allen anderen Fahrzeugkategorien ein „signifikanter“ Anteil erreicht werden soll. Ein Zwischenziel wurde bereits für 2025 festgelegt, bis dahin sollen 1,5 Mio. ZEV in Kalifornien registriert sein (California Air Resources Board 2017a).

2018 wurde in Kalifornien ein weiteres klimapolitisches Ziel verankert: Mit dem SB100 wird das Ziel einer zu 100 % erneuerbaren Stromversorgung bis 2045 festgelegt (mit Zwischenzielen 2020 und 2030).⁸⁷ Schon vor diesem Zeitpunkt wurde auf strategischer Ebene entschieden, dass der Ausbau der Elektromobilität nur Sinn macht, wenn eine effiziente Integration in das Energiesystem mitverfolgt wird. Bereits im Jahr 2014 wurde eine „Vehicle-Grid Integration Roadmap“ verabschiedet mit dem Ziel, eine möglichst starke Sektorkopplung zu erreichen (California Independent System Operator 2014).

Kalifornien hat seine starke Clean Cars Strategie ebenfalls genutzt, um weitere US-Bundesstaaten sowie andere Länder für eine ähnliche Umsetzung zu motivieren. In den USA haben 13 weitere Bundesstaaten und der District of Columbia die LEV-Regulierung übernommen, 10 davon haben ebenfalls die ZEV-Vorgaben übernommen. Ebenso hat Kalifornien die „International ZEV Alliance“ gegründet, in der Länder und Regionen weltweit ihre Erfahrungen austauschen und Partnerschaften bilden können (California Air Resources Board o.J. b).

Zentraler Akteur in der Umsetzung der Clean Cars Strategie ist das California Air Resources Board (CARB), welches bereits seit Beginn des Programms zuständig für die konkrete Ausgestaltung der Instrumente ist (CARB 2017, Frontier Group 2010). Zu Beginn wurde das Programm dort von einzelnen Personen getrieben, die stark an der Sache interessiert waren und sich für eine ambitionierte Umsetzung eingesetzt haben (Clausen 2017). Schon seit Beginn wird das Programm in enger Zusammenarbeit mit allen relevanten Akteuren umgesetzt, auch die Industrie ist in die Ausgestaltung der konkreten Vorgaben eingebunden.

Im Jahr 2010 wurde das „Clean Vehicle Rebate Project“ initiiert, welches alle Förderinstrumente für Fahrzeuge mit niedrigen Emissionen koordiniert und kommuniziert. Das Projekt wird vom

⁸⁶ Im California Air Resources Board gibt es eine „Advanced Clean Cars Branch“, die sich ausschließlich mit der Umsetzung des Programms und des Instrumentenmixes beschäftigt, an der University of California in Davis gibt es ein ganzes Forschungsinstitut „Plug-in Hybrid and Electric Vehicle Research Center“.

⁸⁷ <https://focus.senate.ca.gov/sb100>

Center for Sustainable Energy durchgeführt und stellt mittlerweile eine zentrale Anlaufstelle für alle Stakeholder sowie einen wichtigen Wissenshub in der Clean Cars-Szene dar (CSE 2018).

D.7.2 Beschreibung Instrumente

Die Clean Cars Strategie wird über einen umfassenden Instrumentenmix umgesetzt, der vollständig über das CARB koordiniert wird. Entsprechend sind die Instrumente passgenau aufeinander abgestimmt und können jeweils im Set weiterentwickelt werden. Interessenskonflikte in der Umsetzung können entsprechend vermieden werden. Die zentralen Elemente umfassen auf der Angebotsseite das Zero Emission Vehicle Program mit hoher Anreizwirkung für Innovationen sowie das Low Emission Vehicle Program, welches über Emissionsstandards die notwendigen Leitplanken setzt. Das umfassende Rebate-Programm erzeugt zudem deutliche Impulse auf der Nachfrageseite, wobei die konkreten Förderbeträge eng an die Entwicklung der Marktpreise gekoppelt sind und zusätzlich bestimmte Zielgruppen im Fokus stehen. Gleichzeitig wird der Aufbau der relevanten Lade-Infrastruktur in Kalifornien schon seit langem öffentlich gefördert. 2018 gab es ein neu aufgelegtes Förderprogramm, für das den drei großen Energieversorgern 750 Mio. USD zur Verfügung gestellt wurden. Ziel ist es, bis 2025 das Netz der Ladestationen auf 250.000 Stationen zu erweitern (Berkeley University 2019). Die wichtigsten Ausgestaltungsmerkmale der einzelnen Elemente sind in den folgenden Abschnitten beschrieben, für Detailinformationen zum weiteren Vertiefen sind jeweils Referenzen angegeben.

Zero-Emission Vehicle Program (ZEV)

Das Zero-Emission Vehicle Program wurde im Jahr 2010 neu konzipiert, um nicht nur einen Beitrag zur Reduktion lokaler Luftschadstoffe, sondern auch einen substantiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele im Bundesstaat Kalifornien zu leisten. Automobilhersteller werden danach verpflichtet, einen bestimmten Anteil ihrer verkauften Neuwagen als emissionsfreie Fahrzeuge auf den Markt zu bringen (full battery-electric, hydrogen fuel cell, and plug-in hybrid-electric vehicles) (CARB 2020, Berkeley 2019).

Autohersteller müssen im Rahmen des ZEV-Programms eine festgelegte Anzahl an ZEV und Plug-in Hybriden produzieren, basierend auf den je Hersteller tatsächlich verkauften Fahrzeugen in Kalifornien. Der Anteil soll von 4,5 % im Jahr 2018 auf 22 % im Jahr 2025 gesteigert werden. Die Erfüllung der Vorgaben wird über „Credits“ abgerechnet, wobei Fahrzeuge mit größerer Reichweite mehr „Credits“ erhalten. „Credits“, die von dem jeweiligen Hersteller nicht benötigt werden, können mit anderen Herstellern gehandelt oder für spätere Jahre gespart werden. Für jeden Hersteller wird von CARB jährlich eine „credit bank balance“ herausgegeben. BMW, Fiat Chrysler, Ford, General Motors, Honda, Hyundai, Kia, Mercedes, Nissan, Toyota und Volkswagen fallen in das Anwendungsfeld des Programms, zudem fünf kleinere Hersteller (Jaguar/Land Rover, Mitsubishi, Mazda, Subaru and Volvo), die jedoch einen Teil ihrer Anforderungen über Plug-in Hybride erfüllen dürfen.⁸⁸

Die Handelbarkeit der Credits stellt ein Kernelement des ZEV-Mandats dar, es bietet den Automobilherstellern zusätzliche Flexibilität und trägt somit erheblich zur Akzeptanz des Programms bei. Die Handelbarkeit wurde bereits mit Einführung des ZEV-Programms implementiert und geht auf einen Vorschlag aus der Industrie zurück. Der Verkauf von ZEV-Credits stellt einen zusätzlichen Anreiz für innovative Hersteller dar, insbesondere Tesla Motors

⁸⁸ Die Erfüllung der ZEV-Vorgaben je Hersteller, also die „credit bank balances“ werden jedes Jahr veröffentlicht. Die letzten Abrechnungen liegen aus dem Jahr 2018 vor (Stand Juli 2019):

https://www2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-01/2018%20ZEV%20Credits_ac.pdf

hat die letzten Jahre über den Verkauf zusätzlicher ZEV-Credits einen erheblichen Umsatz generiert (Internetquellen nennen einen Betrag von knapp 2 Mrd. USD über den Zeitraum 2010-2019).⁸⁹ Somit setzt sich Tesla Motors, zusammen mit anderen Herstellern mit hohem Marktanteil im Verkauf emissionsarmer Fahrzeuge auch stark für die ambitionierte Weiterentwicklung des ZEV-Programms ein. Der Verkauf von ZEV-Credits hat, gemäß Expertenaussagen, die Rentabilität von Tesla-Fahrzeugen über die letzten Jahre stark erhöht, da für jedes verkaufte Fahrzeug noch zusätzlich Einnahmen aus dem Verkauf von ZEV-Credits anfallen. Andere Hersteller profitieren von dem Ankauf von Credits, da ansonsten für nicht erfüllte Credits eine Strafzahlung von 8.000 USD notwendig wäre.⁹⁰

Das ZEV-Programm ist stark dynamisch ausgestaltet und wird regelmäßig an den Fortschritt der technologischen Entwicklung angepasst. Die Vergabe der Credits wurde 2012 komplett neu geregelt, 2017 erfolgte die Festlegung für die Modelljahre 2018-2025. Aktuell wurden alle Vorgaben bis 2025 bereits erfüllt, so dass in den nächsten Jahren keine zusätzlichen Anreize zu erwarten sind. Eine Anpassung der Regulierung in der laufenden Periode würde aber einen „waiver“ von der nationalen Regierung erfordern, was in der aktuellen politischen Situation nicht erfolgsversprechend erscheint.⁹¹

Low Emission Vehicles Regulation (LEV)

Die Low-Emission Vehicle-Regulierung geht auf das Jahr 1990 zurück, in dem das CARB erstmals Emissionsstandards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge festlegte, zu Beginn mit Fokus auf smogbildende Schadstoffe wie Kohlenstoffmonoxid und NO_x. Die LEV I Regulierung legte erste Standards für die Jahre 1994 bis 2003 fest, die von den Herstellern für neue Fahrzeuge erreicht werden musste und im weltweiten Vergleich am ambitioniertesten waren. Im Jahr 2004 wurde das LEV-Programm weiterentwickelt und es wurden auch CO₂-Grenzwerte in die Standards integriert. 2012 wurde das Programm dann nochmals überarbeitet, um eine stärkere Dynamik zu etablieren, die die Grenzwerte für Luftschadstoffe und CO₂-Emissionen über die Jahre hinweg weiter reduziert.⁹²

Im Juli 2019 konnte das CARB einen weiteren Schritt voraus gehen: In einer Einigung mit wichtigen Autoherstellern konnte eine modifizierte Version der CO₂-Standards festgelegt werden, obwohl parallel die US Environmental Protection Agency versuchte, die Eigenständigkeit Kaliforniens im Rahmen des Clean Air Act rückgängig zu machen.

Für die Erfüllung der Grenzwerte wird in Kalifornien ein eigenes Testverfahren angewendet, das deutlich stringenter ist als das europäische System. So wurden auch in Kalifornien erstmals die Unstimmigkeiten zwischen ausgewiesenen und „real-life“-Emissionen von Dieselfahrzeugen deutscher Hersteller erkannt. Es wird geschätzt, dass die LEV-Regulierung zu einer deutlichen Reduktion der spezifischen Emissionen von lokalen Luftschadstoffen (-75 % gegenüber 2012) und CO₂-Emissionen (-40 % ggü 2012) führen wird (California Air Resources Board o.J. c).

Rebate Programme

Das Clean Cars Programm rückte mit den verstärkten Klimaschutz-Bemühungen der Regierung von Gouverneur Schwarzenegger verstärkt in den Mittelpunkt und ab 2005 wurden zusätzliche Anreizmechanismen auf den Weg gebracht: 2009 wurde ein umfangreiches Rabattprogramm (Rebate Programme) aufgelegt, ab 2009 wurde der Zugang für Niedrigemissions-Fahrzeuge zu

⁸⁹ siehe z. B. Korosec (2019)

⁹⁰ Interview mit Dr. Scott Hardman (21.07.2020).

⁹¹ Interview mit Dr. Scott Hardman (21.07.2020).

⁹² Vgl. die Darstellung in Delphi Technologies (2020), Booklet on Emission Standards; dort werden die kalifornischen Grenzwerte ab S. 26 detailliert beschrieben und die Staffelung über die Jahre dargestellt.

Carpool-Lanes ermöglicht (ICCT 2015, CSE 2018). Insbesondere das Rabattprogramm stellt einen Meilenstein für den Erfolg des Clean Cars Programms dar, bis heute wurden 377.000 Fahrzeuge mit einer Fördersumme von knapp 865 Mio. USD über dieses Programm gefördert. 62,4 % der geförderten Fahrzeuge sind voll batterieelektrische Fahrzeuge, 35,4 % sind Plug-in-Hybride mit elektrischem Antrieb. Brennstoffzellen-Fahrzeuge stellen lediglich 2 % der geförderten Fahrzeuge dar.⁹³

Die Fördersätze wurden über die Zeit nach unten angepasst, um über das verfügbare Budget eine größere Anzahl an Fahrzeugen fördern zu können. Für voll batterieelektrische Fahrzeuge lag der Fördersatz zu Beginn bei 5.000 USD, in der Förderperiode 2015-2016 bei 2.500 USD und heute noch bei 2.000 USD. Brennstoffzellen-Fahrzeuge erhalten durchgehend einen hohen Fördersatz von 5.000 USD, für Plug-in-Hybride lag die Förderung seit Beginn bei 1.500 USD, sie wurde kürzlich auf 1.000 USD angepasst (CSE 2018, CSE 2020). Die Fördersätze liegen somit deutlich niedriger als die Förderung über den aktuellen Umweltbonus in Deutschland (zumindest für batterieelektrische Fahrzeuge und Plug-in). Eine weitere Reduktion oder Herabstufung des Rebate-Programms ist nicht vorgesehen, neue Studien weisen eher darauf hin, dass die Kaufanreize verstetigt werden müssen, um jeweils neue Konsumentengruppen anzusprechen (Hardman und Sperling 2020).

Ein spannender Aspekt des Rebate-Programmes ist die Einführung einer einkommensabhängigen Staffelung ab dem Jahr 2016. Danach erhalten Personen/Haushalte mit hohem Einkommen keine Zuwendung mehr (Cap liegt für Einzelverdiener bei einem Jahreseinkommen von 150.000 USD), für Haushalte mit moderatem oder niedrigem Einkommen wird der Förderbetrag hingegen um 2.500 USD erhöht.⁹⁴

Die Finanzierung des Rebate-Programmes läuft bisher über den allgemeinen öffentlichen Haushalt, wobei jährlich ein verfügbarer Betrag festgelegt wird. Nach Ausschöpfung dieses Budgets können neue Anträge erst jeweils wieder im neuen Jahr gestellt werden, was zu Verzögerungen in der Bearbeitung und Rückzahlung und somit zu Unsicherheiten bei den Verbrauchern führt. Hier werden aktuell neue Optionen diskutiert, wie die Finanzierung verbessert werden kann. Eine Option ist die Einführung eines aufkommensneutralen Bonus-Malus-Systems (z. B. analog zu Frankreich), bei dem die Einnahmen aus dem Malus für die Bonuszahlungen verwendet werden könnten. Wenn ein solches „Feebate“-System dynamisch weiterentwickelt wird und zukünftig auch eine Differenzierung innerhalb des Segments von Nullemissionsfahrzeugen vorsieht (z. B. verschiedene Effizienzklassen), könnte eine kontinuierliche und tragfähige Finanzierung des Rebate-Programms gewährleistet werden (Hardman und Sperling 2020). Eine weitere Option ist die Finanzierung aus Mitteln des neu eingeführten „Low carbon fuel production programs“, bei dem Mineralö Raffinerien eine bestimmte Abgabe auf klassische Mineralöle entrichten müssen.

D.7.3 Wirkungen

Das Clean Cars Program wurde zuletzt im Jahr 2017 umfassend evaluiert und auf dieser Basis weiterentwickelt. Insgesamt wird in diesem „Mid-term review“ festgestellt, dass das Programm einen großen Erfolg hat und insbesondere im Bereich der Elektrofahrzeuge ein erheblicher technologischer Fortschritt zu verzeichnen ist, der über die Erwartungen des Programms hinausging. Die Automobilhersteller haben bis 2017 die vorgegebenen Grenzwerte gemäß LEV-

⁹³ Center for Sustainable Energy (2020b)

⁹⁴ Die Anspruchsberechtigung auf die höheren Fördersätze beruht auf dem Federal Poverty Level und gibt Haushaltseinkommen für verschiedene Haushaltsgößen vor. Für Einzelverdienende liegt das Einkommen dort für das Jahr 2020 bei unter 38.320 USD (California Clean Vehicle Rebate Project o.J.).

Regulierung übererfüllt und die Fahrzeugflotte aus dem Jahr 2017 entsprach bereits den durchschnittlichen Emissionszielwerten, die für spätere Jahre vorgesehen waren (CARB 2018). Bereits im Jahr 2017 lagen die spezifischen Emissionen (CO₂, aber auch lokale Luftschadstoffe) deutlich unter den Emissionen von Verbrennungsmotoren, wie sie nach ambitionierten Erwartungen für 2025 erwartet werden können.

Als Teil des Mid-term Reviews wurde analysiert, wie sich einerseits die technologische Entwicklung über die letzten Jahre dargestellt hat und welche weiteren Fortschritte absehbar sind (vehicle technology assessment), zudem wurden die Akzeptanz und Motivation in der Bevölkerung analysiert. Dabei wurde u. a. deutlich, dass bereits zum Zeitpunkt des Mid-term Reviews 2017 Niedrigemissionsfahrzeuge, insbesondere batterieelektrische Fahrzeuge als kostengünstig angesehen werden. In der Befragung nach der Motivation des Fahrzeugkaufs wurden 2010 noch zumeist Umwelt- und Technologieaspekte genannt, 2017 standen ganz klar die Kosteneinsparungen im Vordergrund. Der Aspekt der begrenzten Reichweite sowie die Verfügbarkeit von Ladestationen sind weiterhin die kritischsten Punkte in der Akzeptanz, jedoch hat sich auch hier die Zustimmung verbessert (CARB 2017).

Insgesamt ist die Wirksamkeit des Clean Cars Program als sehr hoch einzuschätzen. Im Gegensatz zu Deutschland sind insbesondere vollelektrische Fahrzeuge in Kalifornien gut etabliert und komplett aus dem Nischenstatus heraus. Sie werden für alle Arten von Anwendungen eingesetzt und mittlerweile, auch mit Hilfe der Förderprogramme, als kostengünstig gegenüber Verbrennungsmotoren eingeschätzt. Die Hemmnisse gegenüber der Technologie konnten weitestgehend beseitigt werden, zudem ist mittlerweile ein breites Angebot an attraktiven Fahrzeugen verfügbar.⁹⁵

Spannend sind auch die industriepolitische Bedeutung innovativer Antriebstechnologien und insbesondere Technologieentwicklung und Produktion rund um die Elektromobilität. Kalifornien konnte in den letzten Jahren eine Electric Vehicle Industry aufbauen, die mittlerweile eine hohe Relevanz auch für die Exporte darstellt. Die etablierten Autohersteller sehen Kaliforniens ambitionierte Policy mittlerweile als Anreiz, um ihre Research und Design-Aktivitäten in diesem Bundesstaat zu bündeln. Start-up-Unternehmen haben spannende Windows-of-opportunities genutzt, um im Rahmen von Public-Private-Partnerships die Transformation hin zur Elektromobilität zu unterstützen. Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen liefern parallel neue Insights zur Technologieentwicklung, Integration von EV ins Stromnetz oder künstliche Intelligenz (autonomes Fahren). Es ist nicht verwunderlich, dass heute erfolgreiche Unternehmen wie Tesla Motors ihren Ausgangspunkt in Kalifornien hatten (Los Angeles County 2020, Clausen 2019).

Die Umsetzungskosten werden aktuell aus dem allgemeinen Staatshaushalt finanziert. Allein für das Rebate-Programm stehen in den Jahren 2019-2021 jährlich knapp 300 Mio. USD zur Verfügung (Center for Sustainable Energy 2020a). Der Aufbau der Ladeinfrastruktur wird aktuell mit 750 Mio. USD gefördert. Für das Rebate-Programm wird aktuell diskutiert, wie die Finanzierung aufkommensneutral und vom Staatshaushalt unabhängig ausgestaltet werden kann (s. Abschnitt zu RebateProgramm).

D.7.4 Reaktionen Stakeholder

Insgesamt findet das Clean Cars Program in Kalifornien starke Unterstützung und hohe Akzeptanz bei allen relevanten Stakeholdern (vgl. Clausen 2017, Berkeley 2020, CSE 2018).

⁹⁵ Interview Peter Dempster, 10.7.2020

Das Programm wird seit je her in Zusammenarbeit mit der Automobilindustrie entworfen und umgesetzt, 2019 wurde sogar ein Beschluss zusammen mit den Herstellern getroffen, in dem neue GHG-Standards festgelegt werden sollen (Berkeley 2020). Die Vorgaben aus dem ZEV-Programm und dem LEV-Programm wurden in Hinblick auf Ansätze in anderen Ländern schon immer als Konsenslösung in der Industrie betrachtet, aktuell scheint es eine Win-win-Situation zu sein.

Im Rahmen des ZEV-Programms trägt insbesondere die Lösung mit den handelbaren Credits zu einer starken Akzeptanz bei den Herstellern bei. Für alle entsteht dadurch mehr Flexibilität bei der Erfüllung, gleichzeitig entstehen insbesondere bei den Herstellern mit hohem Verkauf von rein batterieelektrischen Fahrzeugen zusätzliche Anreize, da mit dem Verkauf der Credits ein nicht unerhebliches Aufkommen generiert werden kann (siehe Abschnitt zum ZEV-Programm).

Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist bei einem Blick auf die Statistik zum Kauf von Elektrofahrzeugen hoch, aktuell sind Niedrigemissionsfahrzeuge keine Nischentechnologie mehr. Die Akzeptanz konnte also entsprechend stark gefördert werden. Dies liegt insbesondere am Rebate program und den damit zusammenhängenden Awareness-raising und Kommunikationsaktivitäten.

Politische und öffentliche Akzeptanz konnte auch durch die Berücksichtigung des Verteilungsaspekts verbessert werden. Seit 2016 ist das Rebate-Programm nach Einkommensklassen gestaffelt, für Haushalte mit niedrigem Einkommen ist der Fördersatz doppelt so hoch wie für Haushalte im mittleren Einkommenssegment. Zudem wurde das Clean Cars 4 All program auf den Weg gebracht, das für niedrige Einkommensgruppen und Zielgruppen aus „disadvantaged communities“ einen zusätzlichen finanziellen Bonus beim Eintausch eines alten Fahrzeugs gegen ein niedrigemissions-Fahrzeug (scrap-bonus) oder gegen ein Zeitticket für den öffentlichen Verkehr vorsieht (California Air Resources Board 2016).

Insgesamt ist das kalifornische Advanced Clean Cars Program positiv zu bewerten, nicht umsonst wurde es von vielen weiteren Bundesstaaten in den USA übernommen und diente als Vorlage für andere Länder, insbesondere für China und Südkorea. Das Zusammenspiel von angebots- und nachfrageseitigen Mechanismen ist im Advanced Clean Cars Program sehr geschickt ausgestaltet und insbesondere das ZEV-Programm scheint gemäß Expertenaussagen ein zentrales Erfolgselement zu sein.

Seine Stärke ist sicherlich die klare Ausrichtung auf einen seit vielen Jahren verwendeten regulatorischen Rahmen: Das Clean Cars Program läuft seit über 30 Jahren, zuerst mit Fokus auf Luftreinhaltung, jetzt mit Fokus auf Dekarbonisierung. Die Instrumente wurden aber 1:1 und insbesondere im nahtlosen Übergang fortgeführt.

Die Akzeptanz für das Programm in der Bevölkerung ist sehr hoch, in Kalifornien wurde es geschafft, dass die Gesundheit der Bevölkerung über die Anliegen der Automobilwirtschaft gestellt wird (*„Throughout the state’s history, when faced with a choice between the promise of cleaner air or the short-term interests of the auto industry, citizens have opted for cleaner air. History shows that we’ve made the right choice every time“*, FrontierGroup 2010).

Der Fokus liegt in Kalifornien klar bei Clean Cars, andere Elemente einer nachhaltigen Verkehrspolitik sind dagegen stark unterentwickelt (z. B. Public Transport hat Fokus nur in großen Metropolen, aber dort auch nicht überall).

Die Industriestruktur in Kalifornien ist eine Opportunity im Prozess: geringe Bedeutung der klassischen Automobilindustrie, dafür viele Unternehmen mit hoher Innovationstätigkeit und Link zu Digitalisierung, „Automobil der Zukunft“ (Tesla, Unternehmen im Bereich autonomes Fahren). In der ersten Phase des ZEV-Programms war General Motors an der Front (GM

Impact/EV1), jetzt sind es neue Hersteller wie Tesla. Auch im Bereich Nutzfahrzeuge gibt es innovative Unternehmen (aktuell vor allem ein Hype um Nikola Motors).

Auch gab es wichtige „Change makers“ im politischen Diskurs: Ca. ab 2003 gab es einen deutlichen Schwung durch Gouverneur Schwarzenegger, der das Thema stark gepusht hat. Unter seiner Regierung konnte Kalifornien seine unabhängige Rolle in der US-Klimapolitik verteidigen und er legte den Schwerpunkt sehr stark auf den Verkehrsbereich.

Als Risiko wird aktuell v.a. das Finanzierungsthema betrachtet, da bisher die Finanzierung komplett über den allgemeinen Haushalt lief. Hier sind neue Finanzierungsmodelle notwendig, damit das Programm langfristig politische Akzeptanz findet. Es gibt jedoch bereits verschiedene Optionen, die aktuell in Kalifornien diskutiert werden.

D.7.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Grundsätzlich ließe sich das Instrumentarium sehr gut auf Deutschland übertragen, einen Teil der Elemente findet sich bereits in den deutschen und europäischen Rahmenbedingungen. Nachfrageseitig gibt es in Deutschland bereits den Umweltbonus, der aktuell ja auch ausgeweitet wurde, zusätzlich könnte eine Quote für die Hersteller im Sinne des kalifornischen ZEV-Programms eingeführt werden. Wichtig erscheint dabei, ein umfassendes und ambitioniertes Instrumentarium auf den Weg zu bringen, das wie in Kalifornien sowohl die Nachfrage- als auch die Angebotsseite umfasst.

Stärkere Anreize auf der Angebotsseite erscheinen insgesamt wichtig, die deutschen Automobilhersteller sind weiterhin in der Entwicklung hinterher. Den weltweit höchsten Absatz an Elektrofahrzeugen hatte z. B. im Jahr 2019 der Hersteller Tesla mit dem Model 3, nur von BMW kommen Fahrzeuge in der Top-10 Liste vor (Statista o.J.). In Kalifornien hat das breit ausgerichtete Anreizsystem und insbesondere das ZEV-Programm mit den vorgegebenen Anteilen für ZEV am Neuwagenverkauf eine hohe Motivationswirkung entfaltet, mittlerweile ist eine ambitionierte EV-Industrie entstanden. Eine entsprechende Strategie wäre in Deutschland vorstellbar, z. B. in einer Innovations-Partnerschaft zwischen Bundesregierung und denjenigen Automobilherstellern, die sich stark auf die Elektromobilität ausrichten.

Auf der Nachfrageseite ist in Kalifornien das Rebate program das Kernelement und es wird immer mehr deutlich, dass Bonuszahlungen für den Kauf von Niedrigemissions-Fahrzeugen nicht nur kurzfristig, sondern über eine lange Frist notwendig sind (es sollen nicht nur „early mover“, sondern von Jahr zu Jahr neue Konsumentengruppen angesprochen bleiben). Die Erfahrungen in Kalifornien zeigen, dass die Bonusprogramme somit langfristig ausgestaltet und entsprechend aufkommensneutral finanziert werden sollten. In Kalifornien wird daher aktuell die Einführung eines Bonus-Malus Systems (Feebate) diskutiert, ein solches System wäre auch für Deutschland wünschenswert (siehe auch Fallstudien Norwegen und Frankreich).

Wichtig ist aber zu beachten, dass die Clean Cars-Strategie in Kalifornien schon eine lange Geschichte hat und auf eine wirklich spürbare Umweltbelastung mit den starken Smogsituationen in den Ballungsräumen zurück geht. Das Thema „saubere Luft“ und die Rolle von sauberen Fahrzeugen sind schon viel länger in den Köpfen verankert, es gibt schon länger Experimentierräume etc. Insgesamt gibt es in Kalifornien einen hohen Anteil an sehr technologieaffinen Menschen, die gegenüber neuen Fahrzeugtechnologien aufgeschlossener sind (z. B. im Silicon Valley). In Deutschland gibt es mit dem Diesel-Skandal ebenfalls ein „window-of-opportunity“, um die Notwendigkeit emissionsarmer Fahrzeuge stärker in den Mittelpunkt zu rücken; die Diskussion rund um die Fahrverbote von Euro 4/5 in Großstädten erzeugte hier jedoch leider teilweise eine falsche Dynamik.

Wichtig aus Erfahrung in Kalifornien: Wenn es um neue Technologien geht, macht es Sinn, kurzfristig viel Energie und auch Budget in diese Stoßrichtung zu packen: die Technologie sollte so schnell wie möglich aus dem Nischendasein in einen breiteren Marktanteil kommen, dann wird es eher ein Selbstläufer. Das hat Kalifornien zwischen 2010 und 2016/2017 geschafft, Deutschland müsste seine Anstrengungen wohl verstärken, mit deutlichen Verbindlichkeiten.

Juristische Grundlagen sind auch relevant: Kalifornien hat einen Sonderstatus in der US-Umwelt- und Klimapolitik, es darf als einziger Bundesstaat eine unabhängige Gesetzgebung dazu umsetzen. Da in Kalifornien sowohl die etablierte Automobil- als auch Energieindustrie keine wichtige Rolle spielen, war die umfangreiche Gesetzgebung vermutlich einfacher als in einem Prozess auf nationaler Ebene.

D.8 Förderung der Elektromobilität in Norwegen

D.8.1 Dekarbonisierungsstrategie im Verkehr

Norwegen hat optimale Voraussetzungen für ein auf Elektromobilität ausgerichtetes Verkehrssystem: die Stromerzeugung erfolgt schon heute fast weitestgehend aus erneuerbaren Energien, wobei vor allem die Wasserkraft mit fast 95 % der Erzeugung eine bedeutende Rolle spielt. Durch die hohe Verfügbarkeit an Wasserkraft, ist auch die norwegische Wärmeversorgung stark auf Strom ausgerichtet, so dass die Mitversorgung eines batterieelektrischen Fahrzeugs zumindest von technischer Seite keine Herausforderungen darstellt (Verteilernetz ist entsprechend aufgebaut, häusliche Ladestationen können problemlos eingerichtet werden) (Clausen 2019, Figenbaum 2015). Die Voraussetzungen im Energiesystem sind somit eine „Steilvorlage“ für eine umfassende Nutzung der Elektromobilität.

Diese „Steilvorlage“ wurde von der norwegischen Regierung schon in den 1970er Jahren erkannt und es wurde gezielt ein Programm zur Technologieförderung im Bereich Elektromobilität aufgebaut. Mit Mitteln der norwegischen Forschungsförderung wurden die Bakelittfabriken (als Vorläufer des späteren Elektroautoherstellers PIVCO/Think), Strømmens Verksted und ABB aktiv in der Entwicklung von Elektroautos, mit PIVCO gab es kurzfristig eine eigene Automobilproduktion in Norwegen (Clausen 2019, Steinbacher et al. 2018, Figenbaum 2015). Gleichzeitig hat die klassische Automobilindustrie in Norwegen keine Bedeutung.

Die Transformation zur Elektromobilität ist in Norwegen seit der Jahrtausendwende eine klare klimapolitische Strategie, sie ist entsprechend in den norwegischen Klimaschutzplan eingebettet. Ziel ist es, dass bis 2025 nur noch vollelektrische Fahrzeuge verkauft werden. Der Verkehrsbereich ist in der Klimaschutzstrategie als prioritäres Handlungsfeld verankert (Steinbacher et al. 2018).

Mit dem National Transport Plan von 2016 wurden die Ziele für die vollständige Transformation hin zur Elektromobilität sehr hoch aufgehängt: bis 2025 sollen in den Segmenten Personenkraftwagen, kleine Nutzfahrzeuge (Vans) und City-Busse nur noch Nullemissions-Fahrzeuge verkauft werden dürfen, für größere Nutzfahrzeuge sowie 50 % der schweren Güterfahrzeuge und 75 % der Langstrecken-Busflotte soll dies bis 2030 erfolgen (Figenbaum et al. 2020).

D.8.2 Beschreibung Instrumente

Der Grundgedanke der ökologischen Steuerreform ist in Norwegens Umweltpolitik, ähnlich wie in den anderen skandinavischen Ländern, schon lange verankert und insbesondere beim motorisierten Individualverkehr gibt es eine breite Palette an ökonomischen Steuerungsinstrumenten. Für Personenkraftwagen wird nicht nur eine jährliche Kfz-Steuer erhoben, sondern auch eine hohe einmalige Zulassungssteuer, beide werden differenziert nach CO₂-Emissionen erhoben (Cicccone 2015, Steinbacher et al. 2018). Elektrofahrzeuge sind davon weitestgehend ausgenommen, was einen starken fiskalischen Anreiz bei der Fahrzeugwahl darstellt. Um jedoch nicht nur fiskalische, sondern auch „qualitätsseitige“ Anreize zu schaffen, wurden zudem weitere Vorteile für Elektrofahrzeuge umgesetzt, insbesondere um den Nutzenden einen staufreien Zugang zu den Städten zu ermöglichen (EVs erhalten Zulassung auf Busspuren, freies Parken, Reduktion bei Maut) (Clausen 2019, Figenbaum 2015). Der breit angelegte Policy-Mix war bisher sehr effektiv: Ende 2018 hatten batterieelektrische Fahrzeuge und Fahrzeuge mit beiden Formen des Hybridantriebs bereits einen Anteil von knapp 14 % am norwegischen Automobilbestand.

Fiskalische Instrumente

In Norwegen wurde die Förderung der Elektromobilität sehr stark in das System der fiskalischen Instrumente integriert, fast in allen relevanten Steuern-, Abgaben- und Gebührensystemen gibt es Sonderregelungen für Niedrigemissions-Fahrzeuge:

- ▶ Importsteuer: vollständige Befreiung von der Importsteuer für alle Elektroautos (ab 1996)
- ▶ Zulassungssteuer: vollständige Freistellung von der Zulassungssteuer (1990 eingeführt, generell gültig ab 1996)
- ▶ Fahrzeuglizenzgebühr: vollständige Freistellung von der jährlichen Fahrzeuglizenzgebühr (ab 1996),
- ▶ Dienstwagensteuer: 50 % reduzierte Dienstwagensteuer (2000-2018), Reduktion der Ermäßigung auf 40 % seit 2018.
- ▶ Mehrwertsteuerbefreiung: Befreiung von der Mehrwertsteuer von 25 % beim Kauf eines Fahrzeugs. (ab 2001).

Die folgende Tabelle stellt ein Beispiel dar, wie die Kombination der verschiedenen Steuerbegünstigungen allein bei den Anschaffungskosten (ohne Berücksichtigung der Betriebskosten) effektiv zu einer Bevorzugung von elektrischen Fahrzeugmodellen führt (CO₂-tax, NO_x tax und weight tax beziehen sich darin auf die Zulassungssteuer, die scrapping fee stellt eine Recyclinggebühr dar):⁹⁶

Tabelle 28: Kombination der verschiedenen Steuerbegünstigungen und Wirkung auf Fahrzeugmodelle

	Volkswagen Golf (EUR)	Volkswagen e-Golf (EUR)
Import price	22.046	33.037
CO ₂ tax (113 g/km)	4.348	-
NO _x tax	206	-

⁹⁶ Weitere Berechnungen finden sich z. B. in Haugneland et al. (2017).

	Volkswagen Golf (EUR)	Volkswagen e-Golf (EUR)
Weight tax	1.715	-
Scrapping fee	249	249
25 % VAT	5.512	-
Retail price	34.076	33.286

Quelle: Haugneland et al. (2017)

Nach 2021 werden die Anreize überarbeitet und parallel zur Marktentwicklung angepasst (Norsk elbilforening 2019). Bereits in den letzten Jahren fanden einige Anpassungen im System statt, da deutlich wurde, dass die Anreize sonst „überproportional“ werden. So wurde z. B. die Reduktion bei der Dienstwagensteuer angepasst, die Freistellung von der Mehrwertsteuer steht ebenfalls zur Diskussion (Steinbacher et al. 2018). Die grundsätzliche Befreiung von Zulassungssteuer und Mehrwertsteuer als Anreizwirkung beim Fahrzeugkauf, wurde aber im politischen Konsens noch einmal verlängert (Clausen 2019).

Staatliche Dienstleistungen und Infrastrukturen

Zusätzlich zu den vorteilhaften fiskalischen Rahmenbedingungen werden alle staatlichen Dienstleistungen und Infrastrukturen auf den weiteren Ausbau der Elektromobilität ausgerichtet. Sowohl ordnungsrechtliche Maßnahmen als auch eine massive Förderung des Infrastrukturausbaus unterstützen die Transformation (vgl. Clausen 2019; Haugneland et al. 2017, Steinbacher et al. 2018).

- ▶ Kommunen dürfen frei entscheiden, ob sie Parkgebühren für EV reduzieren
 - ▶ Es wurde ein eigener Dienstleister „Enova“ (früher Transnova) eingesetzt, welcher die Errichtung der Ladeinfrastruktur koordiniert. 2017 startete die norwegische Regierung ein Programm zur Finanzierung der Errichtung von mindestens zwei Mehrnormen-Schnellladestationen alle 50 km auf allen Hauptstraßen in Norwegen.
 - ▶ Mautgebühren für EV werden ebenfalls reduziert; zuerst gab es eine vollständige Freistellung von Mautgebühren (1997-2017), die in Norwegen auf vielen Straßen sowie für die Benutzung von Fähren und Tunneln zu zahlen sind. Ab 2018 wurde eine 50 %-Obergrenze für differenzierte EV-Mautsätze eingeführt. Insbesondere bei der City-Maut, die in vielen norwegischen Städten erhoben wird, hat dies eine zusätzliche fiskalische Anreizwirkung.
- ▶ Zudem wurde teilweise das Nutzungsrecht von Busspuren eingeführt, was insbesondere in Städten mit hoher Staubbelastung eine hohe Anreizwirkung hat.

D.8.3 Wirkungen

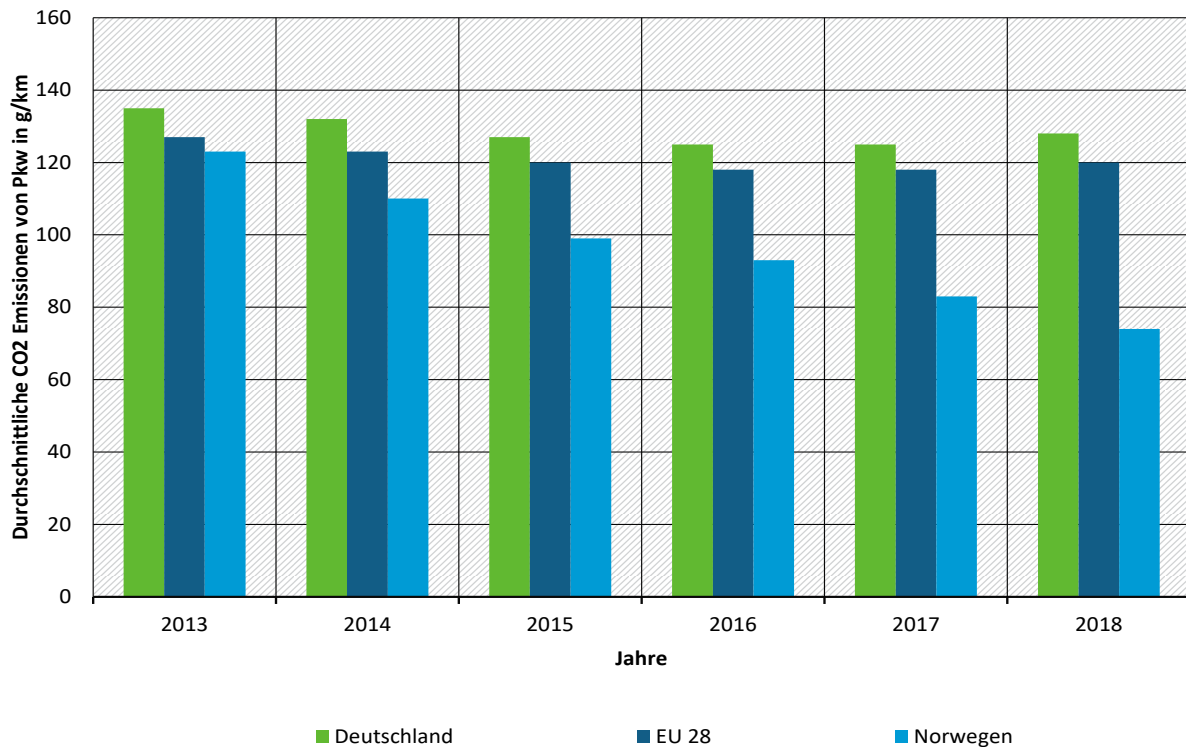
Über die breite Förderung konnte eine überdurchschnittlich starke Marktdurchdringung von Elektrofahrzeugen für die Jahre 2010 bis 2018 erreicht werden. Der Anteil von voll-batterieelektrischen Fahrzeugen am Fahrzeugabsatz lag dann im Jahr 2019 bei 40 %, Plug-In-EV stellten zusätzlich einen Anteil von 13 % dar. Insgesamt lag der Absatz an elektrischen Fahrzeugen somit bei 55 % im Personenwagensegment (Figenbaum et al. 2019).

Norwegen hat sein selbstgestecktes Ziel bezüglich der spezifischen Fahrzeugemissionen bereits übertroffen. Ursprünglich war vorgesehen, dass bis 2020 eine durchschnittliche CO₂-Emission

von 85 g CO₂/km erreicht werden soll, dieses Ziel wurde bereits 2017 erfüllt. Damit liegt Norwegen deutlich unter den Werten anderer europäischer Länder (Steinbacher et al. 2018).

Abbildung 77 zeigt deutlich die Wirkung des in Norwegen implementierten Instrumentenmix auf die CO₂-Emissionen der neu zugelassenen Fahrzeuge. Während diese im Jahr 2013 noch knapp unter dem Niveau der EU 28 lagen, lagen sie 2018 mehr als ein Drittel darunter.

Abbildung 77: Entwicklung der CO₂-Emissionen neu zugelassener Pkw in Norwegen ggü. D und EU28



Eigene Abbildung, Datenquelle: ICCT (2020)

Auch im Bereich der Busse konnte ein hoher Anteil an Elektrofahrzeugen erreicht werden, im Segment des schweren Güterverkehrs laufen Test- und Demonstrationsprojekte.

Durch Ausnahmeregelungen z. B. für das Fahren auf Busspuren, freies Parken etc. bleibt Individualverkehr in den Städten attraktiv, Stau konnte nicht reduziert werden, Verkehrsvolumina bleiben hoch. Radfahren und öffentlicher Verkehr verlieren im Vergleich an Attraktivität. Als Gegenmaßnahme wurden die Vorteile für EV beim Parken sowie beim Zugang auf Busspuren wieder zurückgefahren (Clausen 2019, Steinbacher et al. 2018).

Teilweise wird auch argumentiert, dass die umfangreichen Anreize ihrerseits Anreize zur Anschaffung von neuen Fahrzeugen setzen und somit die Fahrzeugdichte in Norwegen unnötig erhöht wird (Steinbacher et al. 2018). Dieser Aspekt scheint jedoch in der Diskussion keine große Berücksichtigung zu finden.

Insgesamt profitiert Norwegen in der Umsetzung der ambitionierten EV-Policy stark von seinem gesunden Staatshaushalt (der stark durch die hohen Einnahmen aus den Ölvorkommen und anderen Ressourcen beeinflusst ist). Seit Jahren hat Norwegen einen Einnahmenüberschuss in

den öffentlichen Finanzen und kann sich eine starke Förderung im Bereich der Elektromobilität leisten.⁹⁷

D.8.4 Reaktionen Stakeholder

Auf der administrativen Ebene wird die Förderung der Elektromobilität vom Verkehrsministerium umgesetzt, die Strategie ist dabei eng in die Klimapolitik eingebunden. Von politischer Seite gibt es breite Unterstützung für die Strategie, ihre Weiterentwicklung und Relevanz für Norwegen wurden im politischen Konsens mit allen relevanten Parteien entschieden (Clausen 2019).

Spannend im norwegischen Fall ist der starke Fokus auf die industriepolitische Förderung zur Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen und in der Batterieforschung. Hier entstanden schon früh Public-Private-Partnerships zwischen öffentlicher Hand, Stromversorgern und engagierten Start-ups. Das Unternehmen Think mit eigener Automobilproduktion wurde in den 1990er Jahren stark unterstützt, es kam dann nochmal in den Mittelpunkt, nachdem ab 2003 viele andere Hersteller ihre EV-Produktion eingeschränkt hatten (vgl. Figenbaum 2015).

Interessant ist auch eine starke Interessensvertretung im Segment Elektromobilität. Schon 1995 wurde der Verband der norwegischen Elektromobilität etabliert, in dem sowohl Hersteller und Lieferanten wie auch Nutzer*innen Mitglied sind. Der Verband besteht bis heute und koordiniert viele Aktivitäten rund um das Marketing von Elektrofahrzeugen in Norwegen.

Die breite Akzeptanz bei den Nutzern und Nutzerinnen und allen wichtigen Stakeholdern ist ein Kernelement für den Erfolg der norwegischen EV-Policy. Elektrofahrzeuge haben in den letzten 10 Jahren massiven Schwung erhalten, die Hürden bei der Akzeptanz konnten klar überwunden werden. Insgesamt wird in Norwegen erkannt, dass die Vorteile gegenüber Verbrennungsmotoren überwiegen. Insbesondere sind die Betriebskosten aufgrund der niedrigen Strompreise sehr gering. 2017 wurde eine Befragung von EV-Nutzenden durchgeführt, die als Hauptargument die ökonomischen Vorteile von Elektrofahrzeugen bei der Anschaffung eines neuen Fahrzeugs sahen (Haugneland et al. 2017).

Akzeptanz und Awareness wurde ganz klar auch über ausgezeichnete Kommunikations- und Marketingarbeit verbessert. Der Verband für Elektromobilität hat eine Vielzahl von spannenden Pilotprojekten, aber auch Events umgesetzt, die Lust auf das Thema Elektromobilität machen; das Thema scheint in Norwegen insgesamt sehr positiv besetzt zu sein.⁹⁸

Antrieb war ein parteiübergreifender Konsens in der norwegischen Regierung. Dieser Konsens war aber in Norwegen aufgrund der sehr positiven Rahmenbedingungen des Energiesystems sowie der fehlenden Lobby der Automobilindustrie leicht zu erreichen. Insgesamt scheint es nur Vorzüge und wenig Gefahren in dieser Strategie zu geben (vgl. Clausen 2019).

Insgesamt ist die norwegische Elektrofahrzeug-Strategie sehr positiv zu bewerten, wobei bei der Bewertung immer die sehr vorteilhaften Rahmenbedingungen in Norwegen berücksichtigt werden müssen. Das Energiesystem bietet eine hervorragende Ausgangslage für die Integration von Elektrofahrzeugen, da es weitestgehend auf erneuerbaren Strom ausgerichtet ist und infrastrukturseitig schon viele Voraussetzungen erfüllt sind (z. B. bei den Hausanschlüssen). Und

⁹⁷ CIA (o.J.): The World Factbook, Europe: Norway; online abrufbar unter: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/countries/norway/>

⁹⁸ Z. B. gab es 2015 ein EV-Festival mit Rallye und anderen Events.

auch industriepolitisch konnte Norwegen ohne Bedeutung in der „klassischen“ Automobilproduktion nur gewinnen:

- ▶ Klare Stärke der norwegischen Strategie ist der breit angelegte Instrumentenmix, in dem alle bestehenden fiskalischen Instrumente mit Bezug zu Fahrzeugkauf, Fahrzeughaltung- und Nutzung auf EV ausgerichtet sind. Ergänzt werden diese fiskalischen Anreize durch qualitätsseitige Elemente, so dass umfassende Anreize bei den Nutzer*innen bestehen und die Vorteile von EV gegenüber Verbrennungsmotoren klar ersichtlich sind.
- ▶ Schwächen gibt es in der Strategie an sich eigentlich wenig. Bereits erkannt wurde die starke Pfadabhängigkeit des Fördersystems: Nachdem umfassende Förderelemente eingesetzt wurden, wird es schwierig diese wieder zurückzufahren. Insbesondere die Befreiung von der Mehrwertsteuer für EV steht aktuell verstärkt zur Diskussion.
- ▶ Die Rahmenbedingungen in Norwegen sind durchweg als Opportunity anzusehen: Energiesystem, industriepolitische Motivation, gesunder Staatshaushalt.
- ▶ Unerwünschte Nebenwirkungen ergeben sich durch die starke Förderung des motorisierten Individualverkehrs vs. öffentlicher Verkehr und Radverkehr. Auch entstehen Anreize für eine unnötig hohe Fahrzeugdichte, was im Rahmen einer ambitionierten Klimaschutzstrategie nicht wünschenswert erscheint.

D.8.5 Übertragbarkeit auf Deutschland

Bei der Bewertung der Ergebnisse der norwegischen EV-Policy und deren Übertragbarkeit müssen ganz klar die stark unterschiedlichen Rahmenbedingungen berücksichtigt werden (in Norwegen: Energiesystem mit sehr hohem Anteil Erneuerbare, stark auf Strom ausgerichtetes Energiesystem, Hausanschlüsse bereits über Fernwärme gegeben, hoher Urbanisierungsgrad, hohes Bruttoinlandsprodukt). Elektrofahrzeuge ließen sich in Norwegen seit Beginn der strategischen Ausrichtung sehr leicht zumindest in die private Infrastruktur integrieren, beim Infrastrukturausbau musste entsprechend nur die Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum ausgebaut werden. In Deutschland müssen beide Elemente ausgebaut werden. Aktuell haben in Deutschland nur die wenigsten Haushalte eine Lademöglichkeit für Elektrofahrzeuge (Wallbox), selbst bei Neubauten wird eine Ladestelle oft nicht mitgedacht.

Durch die Unterschiede in den Energiepreisen (höhere Strompreise in Deutschland vs. höhere Mineralölpreise in Norwegen) ist die Wettbewerbsfähigkeit von Elektrofahrzeugen im Betrieb in Deutschland deutlich niedriger. Im europäischen Vergleich fällt der Betriebskostenvorteil von EV in Norwegen aktuell am höchsten aus, in Deutschland liegt die jährliche Einsparung nur halb so hoch (vgl. Figenbaum 2018).

Die Interessen der etablierten Automobilindustrie, die in Deutschland teils aufgrund ihres technologischen Rückstands, teils aufgrund ihrer organisationalen Bindung an Verbrennungsmotoren (KPMG 2018) Widerstand gegen den Wandel leistet, sind in Norwegen ohne wesentlichen Einfluss.

Zusammengefasst gelten für Norwegen ähnliche Erkenntnisse wie für die kalifornische Fallstudie: die klare strategische Ausrichtung auf das Ziel einer Dekarbonisierung der Fahrzeugflotte auf Basis einer schnelle Marktdurchdringung von Niedrigemissionsfahrzeugen und ein umfassender Instrumentenmix, der nur auf diese eine Zielstellung ausgerichtet ist, konnte dazu beitragen, dass insbesondere Elektrofahrzeuge aus dem Nischenstatus heraus sind und heute mehr als die Hälfte der Neufahrzeuge ausmachen. In Norwegen waren die

Rahmenbedingungen jedoch noch deutlich vorteilhafter und boten im Prinzip einen „Steilpass“ für die Transformation hin zur Elektromobilität. Im Hinblick auf Hindernisse, Akzeptanz etc. ist daher die Fallstudie Kalifornien wohl interessanter für Deutschland.

Norwegen kann aber als gutes Beispiel dienen, wenn es darum geht, alle fiskalischen Instrumente mit Relevanz für Fahrzeuganschaffung und -nutzung klar am Ziel einer möglichst CO₂-armen Fahrzeugflotte auszurichten: hier gibt es in Deutschland noch viel Spielraum, z. B. stärkere Spreizung der Kfz-Steuer nach CO₂-Emissionen oder Dienstwagenbesteuerung in Abhängigkeit von CO₂-Emissionen. Auch wäre zu prüfen, ob eine Zulassungssteuer mit einem Bonus-Malus Charakter einzuführen ist bzw. das aktuelle System des Umweltbonus entsprechend weiterentwickelt werden könnte (siehe auch Erkenntnisse aus der aktuellen Diskussion in Kalifornien).

In Norwegen sowie in Kalifornien gibt es zudem ein klares strategisches Ziel für die Transformation hin zur Elektromobilität: Schon ab 2025 sollen in Norwegen nur noch vollelektrische Fahrzeuge verkauft werden dürfen. Ein solches Ziel mit einer klaren Vision könnte den Prozess in Deutschland ebenfalls noch beschleunigen bzw. ein unmissverständliches Signal an die Automobilwirtschaft senden.

D.9 Interviewleitfaden

Einbettung in Strategie:

- ▶ Verfolgt das Land eine Gesamtstrategie bei der Dekarbonisierung des Verkehrs? Liegt den Instrumenten ein konkretes Dekarbonisierungsziel (2030/2050) zu Grunde?
- ▶ Welches sind dabei die Handlungsschwerpunkte (Themen/Schnittstellen)?
- ▶ Bilden die Instrumente im Verkehr ein abgestimmtes Gesamtbündel oder sind sie als Summe von Einzelmaßnahmen zu verstehen?
- ▶ Gibt es im Corona-Konjunkturprogramm Elemente, welche die Dekarbonisierung im Verkehr unterstützen/anregen?

Einführung und Wirkung Instrument(-enkombination)

- ▶ Wie schätzen sie die Wirksamkeit (Klimaschutzbeitrag) und Effizienz (Kosten/Nutzen) des Instruments ein?
- ▶ In welchem Rahmen wurde das Instrument eingeführt (einzeln, im Maßnahmenbündel, als Element Strategie)? Brauchte es für die Instrumente neue rechtliche Grundlagen?
- ▶ Wurden bei dem Instrument neben Klimaschutz noch andere Zielsetzungen als Ziel genannt, um Relevanz zu verdeutlichen und Akzeptanz zu erhöhen (z. B. Stickstoffreduktion, Luftreinhaltung etc.)? Hat das deren politische Realisierbarkeit und gesellschaftliche Akzeptanz erhöht?
- ▶ Wie waren Reaktionen in der Öffentlichkeit, Akzeptanz nach Einführung?
- ▶ Sind ergänzende Instrumente geplant, aber noch nicht umgesetzt?
- ▶ Ist Instrument(-enkombination) dynamisch ausgestaltet, so dass bei zu geringer Dekarbonisierungswirkung eine Verschärfung erfolgen kann (und umgekehrt)?
- ▶ Weitere Wirkungen (z. B. Rückverteilung der Aufkommen oder Effekte auf Steuereinnahmen/ausgaben, weitere ökol. Effekte, soziale Wirkungen)
- ▶ Beurteilung SWOT (Stärken, Schwächen, Chancen, Gefahren) des Instruments
- ▶ Was würde man bei neuerlicher Umsetzung des Instruments in ihrem Land anders machen (lessons learned)?
- ▶ Erfolgsfaktoren bei der Umsetzung?
- ▶ Hemmnisse bei der Umsetzung?
- ▶ Gefahren einer „falschen“ Umsetzung?

E Anhang: Datenquellen für Investitionen für volkswirtschaftliche Analyse

Tabelle 29: Übersicht zu den Quellen für die Investitionen

Infrastrukturtyp	Quelle
Ladeinfrastruktur für batteriebetriebene Fahrzeuge	<ul style="list-style-type: none"> • Schade W., Berthold D., Mader S., Scherf C., Stich M., Wagner U. (2020) • Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022) • Öko-Institut, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH (EWI) und Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN) an der RWTH Aachen (2022)
Stromnetzinfrastuktur	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Energie-Agentur GmbH (2018) • Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022)
Infrastruktur für die Stromproduktion	<ul style="list-style-type: none"> • Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022):
Schieneninfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022): • Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016)
Straßeninfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016)
Radinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Annahmen SHS und VHS aus Kapitel 3.3.3.3
Oberleitungsinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022): • Öko-Institut (2023)

F Anhang: Ergebnistabellen des SHS und VHS

Tabelle 30: Verkehrsnachfrage Personenverkehr im VHS in Mrd. Pkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
MIV	917	864	723	628	642	636	640
Bahn	102	134	155	155	188	215	215
ÖV (Straße)	79	88	127	149	130	121	114
Fuß/Fahrrad	76	82	104	117	116	119	123
Flugzeug (national)	10	12	11	10	9	8	9
Gesamt national	1.184	1.180	1.120	1.059	1.085	1.099	1.101

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 31: Vergleich der Verkehrsnachfrage im Personenverkehr im SHS und VHS in Mrd. Pkm, 2019 – 2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
MIV	917	829	864	720	723	589	628	603	642	617	636	621	640,0
Bahn	102	143	134	155	155	188	155	220	188	218	215	217	215,2
ÖV (Straße)	79	94	88	130	127	155	149	131	130	124	121	118	114,4
Fuß/Fahrrad	76	85	82	103	104	119	117	120	116	124	119	127	123
Flugzeug (national)	10	10	12	10	10	10	10	9	9	8	8	9	9
Gesamt national	1.184	1.160	1.180	1.119	1.120	1.060	1.059	1.083	1.085	1.090	1.099	1.092	1.101

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 32: Modal Split Personenverkehr (Verkehrsleistung) im VHS in Prozent, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
MIV	77	73	65	59	59	58	58
Bahn	9	11	14	15	17	20	20
ÖV (Straße)	7	7	11	14	12	11	10
Fuß/Fahrrad	6	7	9	11	11	11	11
Flugzeug (national)	1	1	1	1	1	1	1
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 33: Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Personenverkehr im SHS und VHS in Prozent, 2019 – 2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
MIV	77	71	73	64	65	56	59	56	59	57	58	57	58
Bahn	9	12	11	14	14	18	15	20	17	20	20	20	20
ÖV (Straße)	7	8	7	12	11	15	14	12	12	11	11	11	10
Fuß/Fahrrad	6	7	7	9	9	11	11	11	11	11	11	12	11
Flugzeug (national)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 34: Güterverkehrsnachfrage im SHS in Mrd. tkm, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Straße	499	516	513	548	594	639	689
Schiene	132	152	184	179	183	195	204
Binnenschiff	51	56	60	56	58	62	65
Luftfracht	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04
Gesamt national	682	724	756	784	835	896	958

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 35: Vergleich der Verkehrsnachfrage im Güterverkehr im SHS und VHS in Mrd. pkm, 2019 – 2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Straße	499	513	516	519	513	551	548	595	594	641	639	690	689
Schiene	132	155	152	178	184	177	179	182	183	193	195	203	204
Binnenschiff	51	56	56	58	60	56	56	58	58	62	62	65	65
Luftfracht	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Gesamt national	682	724	724	755	756	783	784	835	835	896	896	958	958

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 36: Modal Split im Güterverkehr (Verkehrsleistung) im VHS in Prozent, 2019-2050

	2019	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Straße	73	71	68	70	71	71	72
Schiene	19	21	24	23	22	22	21
Binnenschiff	7	8	8	7	7	7	7
Luftfracht	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 37: Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Güterverkehr im SHS und VHS in Prozent, 2019 – 2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Straße	73	71	71	69	68	70	70	71	71	72	71	72	72
Schiene	19	21	21	24	24	23	23	22	22	22	22	21	21
Binnenschiff	7	8	8	8	8	7	7	7	7	7	7	7	7
Luftfracht	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt national	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 38: Pkw Neuzulassungsstruktur im SHS und VHS, 2025 – 2030 in Prozent

	2019	2024		2025		2026		2027		2028		2029		2030	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	31	17	19	14	17	10	17	7	9	5	5	3	3	2	2
Benzin	66	52	49	46	45	36	44	19	19	12	12	8	10	8	8
BEV	1	19	21	30	26	43	29	63	61	73	73	78	78	83	83
PHEV	2	13	11	10	12	11	11	11	11	11	10	6	8	6	6
Andere (inkl. FCEV, Gas)	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,9	1,6	0,9	1,3
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 39: Pkw-Bestandsstruktur im SHS und VHS, 2019 - 2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
	Mio.												
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	15,5	13,0	13,2	8,3	8,7	4,2	4,5	2,0	2,1	0,9	0,9	0,3	0,3
Benzin	31,2	30,5	30,4	24,1	24,1	15,5	15,4	9,0	8,8	4,7	4,6	1,9	1,9
BEV	0,1	3,2	3,2	13,3	12,8	25,5	25,3	35,0	34,9	41,3	41,2	45,3	45,1
PHEV	0,1	2,1	2,1	3,6	3,6	3,7	3,6	2,8	2,8	1,8	1,7	0,9	0,8
Andere (inkl. FCEV, Gas)	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1
Gesamt	47,4	49,1	49,1	49,5	49,4	49,2	49,1	49,0	48,9	48,7	48,6	48,5	48,3

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 40: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (>3,5 t zGG, ohne Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050

	2019	2024		2025		2026		2027		2028		2029	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	100	66	78	634	64	61	62	59	64	49	48	37	33
BEV	0	34	22	36	36	39	38	39	36	45	45	56	56
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	2	0,1	6	6	8	11
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 41: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050, in Prozent

	2019	2024		2025		2027		2030	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	100	85	91	82	89	72	82	29	29
BEV	0	12	9	14	12	16	18	39	48
OBEV	0	4	0	5	0	12	0	19	0
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	13	24
Gesamt	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 42: Entwicklung der Lkw-Neuzulassungen (Last- und Sattelzüge) nach Antrieben im SHS und VHS, 2019-2050

	2035		2040		2050	
	Prozent					
	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	0,2	0,2	0	0	0	0
BEV	57,7	83,8	68,2	100	74,1	100
OBEV	31,5	0	31,8	0	25,9	0
FCEV	10,6	16,0	0	0	0	0
Gesamt	100	100	100	100	100	100

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 43: Lkw-Bestand nach Antrieben (Last- und Sattelzüge) im SHS und VHS in Tausend, 2019-2050

	2019	2025		2030		2035		2040		2045		2050	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Diesel	190	189	193	137	146	46	48	8	8	1	1	0	0
BEV	0	7	6	35	38	93	121	132	188	158	237	178	254
OBEV	0	2	0	19	0	46	0	66	0	74	0	75	0
FCEV	0	0	0,0	7	14	23	38	16	25	4	6	1	1
Gesamt	190	198	198	197	198	208	207	221	220	237	244	254	255

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 44: Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS und VHS, 2019-2050

	2019	2025		2026		2027		2028		2029	
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Fossil	2173	1741,0	1863,4	1642,9	1791,2	1529,1	1667,9	1393,6	1514,8	1230,0	1322,3
Biogen	113	114,1	121,4	112,2	120,8	109,0	117,2	113,1	120,3	107,2	112,6
Wasserstoff	0	0,4	0,4	0,7	0,7	1,3	1,0	6,7	7,7	19,9	31,5
E-Fuels	0	0	0	0,1	0,2	10,3	10,4	15,4	15,6	15,4	15,4
Strom	46	121,5	114,5	153,9	138,9	192,2	170,9	236,5	212,3	281,0	254,7
Gesamt	2332	1977	2100	1910	2052	1842	1967	1765	1871	1653	1736

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 45: Endenergiebedarf im nationalen Verkehr im SHS und VHS, 2019-2050

	2030		2035		2040		2045		2050	
	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Fossil	1055,3	1120,6	371,3	399,1	99,3	104,4	0	0	0	0
Biogen	105,6	108,9	107,8	115,3	117,9	127,3	98,0	103,1	48,4	50,5
Wasserstoff	37,2	62,6	90,1	130,9	61,7	81,7	37,4	42,1	34,3	36,4
E-Fuels	15,8	15,8	21,1	22,1	24,9	26,2	36,7	37,4	32,5	32,5
Strom	326,6	300,1	547,5	534,6	712,3	720,0	802,1	816,9	852,8	871,0
Gesamt	1541	1608	1138	1202	1016	1060	974	999	968	990

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 46: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im VHS

Kategorie	2019	2025	2030	2035	2040	2045
Millionen Tonnen CO ₂ -Äq						
Pkw	102,7	84,3	47,0	18,6	5,2	0,0
Lkw	43,4	38,5	24,8	5,1	0,4	0,0
Leichte Nutzfahrzeuge	10,8	10,1	5,6	2,0	0,4	0,0
Luftverkehr	2,3	2,5	2,1	1,5	0,8	0,0
Andere	5,1	5,5	5,1	3,0	1,1	0,0
Gesamt	164,3	140,8	84,7	30,1	7,9	0,0

Tabelle 47: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor nach Verkehrsträgergruppen zwischen 2019 und 2045 im SHS und VHS

Kategorie	2019	2025		2030		2035		2040		2045	
		Millionen Tonnen CO ₂ -Äq.									
		SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS	SHS	VHS
Pkw	103	77	84	44	47	17	19	5	5	0	0
Lkw	43	37	39	24	25	5	5	0,4	0,4	0	0
Leichte Nutzfahrzeuge	11	10	10	5	6	2	2	0,4	0,4	0	0
Luftverkehr	2	2	3	2	2	2	2	0,8	1	0	0
Andere	5	6	6	5	5	3	3	1	1	0	0
Gesamt	164	131	141	80	85	28	30	8	8	0	0

Quelle: eigene Berechnungen

7 Quellenverzeichnis

- ACEA (2020): ACEA Tax Guide. Online verfügbar unter https://acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Tax_Guide_2020.pdf, zuletzt geprüft am 05.08.2020.
- ADAC (2020): Tempolimits in Europa einhalten. So schnell dürfen Pkw in Europa fahren. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/recht/verkehrsvorschriften-ausland/tempolimits-ausland/>, zuletzt geprüft am 26.08.2021.
- ADAC (24.01.2020): ADAC neutral zum Tempolimit auf Autobahnen. Umfassende Faktenklärung statt Empfehlung an die Politik. Online verfügbar unter <https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/verkehr/adac-neutral-zum-tempolimit-auf-autobahnen.html>, zuletzt geprüft am 26.08.2021.
- ADAC (2021a): Automarken & Modelle. Technische Daten von VW Golf VIII, BMW X4 und Opel Insignia. Online verfügbar unter https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/?filter=ONLY_RECENT&sort=SORTING_DESC, zuletzt geprüft am 28.04.2021.
- ADAC (2021b): Tempolimit auf Autobahnen. Online verfügbar unter <https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/positionen/tempolimit-autobahn-deutschland/>, zuletzt aktualisiert am 19.05.2021, zuletzt geprüft am 26.08.2021.
- Agora Verkehrswende (Hg.) (2021a): Automobile Arbeitswelt im Wandel. Jobeffekte in Deutschland bis 2030. Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/veroeffentlichungen/automobile-arbeitswelt-im-wandel/>, zuletzt geprüft am 06.09.2021.
- Agora Verkehrswende (Hg.) (2021b): Zulassungsverbote für verbrennungsmotorische Fahrzeuge weltweit und deren Exportanteil Deutschlands. Online verfügbar unter https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Abbildungen/20210218_Verbrenneraus/Verbrenner-Aus_25-02-21_News_EN.png, zuletzt aktualisiert am 17.03.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.
- Agora Verkehrswende; Agora Energiewende (2019): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. Online verfügbar unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf, zuletzt geprüft am 22.11.2020.
- Andor, Mark A. (2022): Auswertung des Neun Euro Tickets. Vorläufige Ergebnisse. Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung (rwi). Agora Verkehrswende. Online verfügbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/9Euro-Ticket/RWI_Andor_Webinar_Agora_Verkehrswende_9_Euro_Ticket.pdf, zuletzt geprüft am 14.08.2023.
- Ariadne (2021): Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich. Online verfügbar unter: <https://ariadneprojekt.de/publikation/deutschland-auf-dem-weg-zur-klimaneutralitat-2045-szenarienreport/>, zuletzt geprüft am 09.05.2022
- Bauer E.H.W, Riedel O., Herrmann F. Borrmann D. und Sachs C., (2018): ELAB 2.0. Wirkungen der Fahrzeugelektrifizierung auf die Beschäftigung am Standort Deutschland. <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-299428>
- Bauer, Uta; Bracher, Tilman (2020): Bewohnerparken in den Städten – wie teuer darf es sein? Standpunkt. In: Deutsches Institut für Urbanistik 2020. Online verfügbar unter: <https://difu.de/nachrichten/bewohnerparken-in-den-staedten-wie-teuer-darf-es-sein>, zuletzt geprüft am 12.10.2023.
- BDI (2021): Klimapfade 2.0. Ein Wirtschaftsprogramm für Klima und Zukunft. Hg. v. Bundesverband der deutschen Industrie (BDI). Boston Consulting Group (BCG). Online verfügbar unter: https://issuu.com/bdi-berlin/docs/211021_bdi_klimapfade_2.0_-_gesamtstudie_-_vorabve, zuletzt geprüft am 16.08.2023

Becker Büttner Held (BBH) (2021): Fehlinvestitionen vermeiden–Eine Untersuchung zu den rechtlichen Möglichkeiten und Grenzen zur Defossilisierung der deutschen Volkswirtschaft bis 2045. Gutachten.

Bergquist, Magnus; Nilsson, Andreas; Harring, Niklas; Jagers, Sverker C. (2022): Meta-analyses of fifteen determinants of public opinion about climate change taxes and laws. In: Nat. Clim. Chang. (Nature Climate Change), 12 (3), S. 235-240. DOI: 10.1038/s41558-022-01297-6

Blanck, Ruth; Kreye, Konstantin; Zimmer, Wiebke (2020a): Impulse für mehr Klimaschutz und soziale Gerechtigkeit in der Verkehrspolitik. Kurzstudie zu monetären Verteilungswirkungen ausgewählter verkehrspolitischer Instrumente und Vorschläge für eine sozial gerechtere Ausgestaltung. im Auftrag des Naturschutzbunds Deutschland (NABU). Öko-Institut. Online verfügbar unter https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/verkehr/20-11-27-studie_impulse_f_r_mehr_klimaschutz_und_sozialvertr_glichkeit_in_der_verkehrspolitik.pdf, zuletzt geprüft am 23.12.2020.

Blanck, Ruth; Zimmer, Ruth; Mottschall, Moritz; Göckeler, Katharina; Keimeyer, Friedhelm; Runkel, Matthias et al. (2021): Mobilität in die Zukunft steuern: Gerecht, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben "Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität". Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Öko-Institut (ÖI); Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS); Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR).

Blanck, Ruth; Zimmer, Wiebke; Runkel, Matthias; Klinski, Stefan; Kresin, Johanna (2020b): Klimaschutz im Verkehr: Reformbedarf der fiskalpolitischen Rahmenbedingungen und internationale Beispiele. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA) (UBA Texte, 165/2020), zuletzt geprüft am 28.10.2020.

BMAS (2021): Verteilungswirkungen und soziale Folgewirkungen klimapolitischer Maßnahmen in den Bereichen Wohnen und Mobilität.

BMDV (2021): Wege für mehr Klimaschutz im Verkehr. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 1 (NPM, AG 1). Online verfügbar unter: https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/07/NPM_AG1_Wege-fuer-mehr-Klimaschutz.pdf, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

BMDV (2022): Nationaler Radverkehrsplan 3.0. Fahrradland Deutschland 2030. Online verfügbar unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/nationaler-radverkehrsplan-3-0.pdf?blob=publicationFile>, zuletzt geprüft am 30.01.2024.

BMDV (2023a): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Straßengüterverkehr. NOW. Online verfügbar unter: <https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/wp-content/uploads/2023/02/Marktentwicklung-klimafreundlicher-Technologien-im-schweren-Strassengueterverkehr.pdf>, zuletzt geprüft am 30.01.2024.

BMVI (2020a): Verkehr in Zahlen 2019/2020. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2019-pdf.pdf?blob=publicationFile>.

BMUV, UBA (2023): Umweltbewusstsein in Deutschland 2022. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbewusstsein-in-deutschland-2022>, zuletzt geprüft am 31.01.2024

BMVI (2020b): Verkehr in Zahlen 2020/2021. 49. Jahrgang. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2020-pdf.pdf?blob=publicationFile>, zuletzt geprüft am 16.05.2022.

BMVI (Hg.) (2021): Deutschlandnetz: Scheuer stellt 1.000 Standorte für Schnellladesäulen und Preismodell vor. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/087-scheuer-1000->

[standorte-schnellladesaeulen-preismodell.html](#), zuletzt aktualisiert am 16.08.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) (2015): Tempolimits auf Bundesautobahnen. Unter Mitarbeit von B. Kollmus, H. Treichel und F. Quast.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hg.) (2020): Gesamtkonzept klimafreundliche Nutzfahrzeuge. Mit alternativen Antrieben auf dem Weg zur Nullemissionslogistik auf der Straße. BMVI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/gesamtkonzept-klimafreundliche-nutzfahrzeuge.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Bekanntmachung der Richtlinie über die Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur für elektrisch betriebene Nutzfahrzeuge. KsNI. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/richtlinie-KsNI.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030. Online verfügbar unter: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/bundesverkehrswegeplan-2030-gesamtplan.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hg.) (2021a): BMVI bringt Innovationscluster für klimafreundliche Lkw-Antriebstechnologien auf den Weg. BMVI. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/104-scheuer-innovationscluster-strassennutzverkehr.html>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) (Hg.) (2021b): Wege für mehr Klimaschutz im Verkehr. AG1 - Bericht. Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 1 (NPM, AG 1). Berlin. Online verfügbar unter https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2021/07/NPM_AG1_Wege-fuer-mehr-Klimaschutz.pdf, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Bundesministerium Klimaschutz (Hg.) (2021): Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich. Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor. Nachhaltig – resilient – digital. Online verfügbar unter <https://www.bmk.gv.at/themen/mobilitaet/mobilitaetsmasterplan/mmp2030.html>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Bundesregierung (2019): Klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1>, zuletzt geprüft am 14.10.2020.

Bundesregierung (2023): Modernisierungspaket für Klimaschutz und Planungsbeschleunigung.

Online verfügbar unter:

https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Beschluesse/20230328_Koalitionsausschuss.pdf, zuletzt geprüft am 01.12.2023

Bundesregierung (2023a): Klimaschutzprogramm 2023 der Bundesregierung. Online verfügbar unter: https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/klimaschutz/20231004-klimaschutzprogramm-der-bundesregierung.pdf?__blob=publicationFile&v=4, zuletzt geprüft am 01.12.2023

Bundesregierung (2023b): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. Gemäß Artikel 18 der Verordnung (EU) 2018/1999 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 über das Governance-System für die Energieunion und für den Klimaschutz, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 663/2009 und (EG) Nr. 715/2009. Hg. v. Umweltbundesamt (Climate Change 39/2023). Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/39_2023_cc_projektionsbericht_12_23.pdf , zuletzt geprüft am 24.11.2023

Bureau, Benjamin (2011): Distributional effects of a carbon tax on car fuels in France. In: Energy Economics 33 (1), S. 121-130. DOI: 10.1016/j.eneco.2010.07.011

California Air Resources Board (Hg.) (2020): Advanced Clean Trucks. Online verfügbar unter <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-trucks>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

California Air Resources Board (CARB) (Hg.) (2021): Zero-Emission Vehicle Program. Online verfügbar unter <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/zero-emission-vehicle-program/about>, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Carmen Data (2021): Car benefit charge. Hg. v. COMCAR - Company Car Tax. Online verfügbar unter <https://comcar.co.uk/taxpages/carbenefitcharge/>, zuletzt geprüft am 03.09.2021.

Carrie Hampel (2019): Are European carmakers holding back on EV sales? Hg. v. electrive.com. Online verfügbar unter <https://www.electrive.com/2019/03/29/norway-are-european-carmakers-holding-back/>, zuletzt aktualisiert am 31.03.2019, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Consentec; Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI); TU Berlin Fachgebiet E&R; Institut für Energie- und Umweltforschung (2021): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland 3. Kurzbericht: 3 Hauptszenarien. Karlsruhe, Aachen. Online verfügbar unter: https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-wAssets/docs/LFS_Kurzbericht_final_v5.pdf , zuletzt geprüft am 20.07.2021.

Department for Transport (DfT) (Hg.) (2021): Decarbonising Transport. A Better, Greener Britain. Online verfügbar unter https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1009448/decarbonising-transport-a-better-greener-britain.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Destatis - Statistisches Bundesamt (Hg.), (2010): Input-Output-Rechnung im Überblick. Online verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Publikationen/Downloads-Input-Output-Rechnung/input-output-rechnung-ueberblick-5815116099004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Destatis - Statistisches Bundesamt (Hg.), (2019): Input-Output-Tabelle 2016 (Revision 2019). Online verfügbar unter: https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00053150/2180200_167005.xlsx, zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Destatis - Statistisches Bundesamt (14.01.2020): Zahl der Woche. Nicht angepasste Geschwindigkeit für 46 % der Verkehrstoten auf Autobahnen mitverantwortlich. Wiesbaden. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Zahl-der-Woche/2020/PD20_03_p002.html, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

Destatis - Statistisches Bundesamt (2023): Reallohnindex. Reallöhne und Nominallohne. Online verfügbar unter: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Verdienste/Realloehne-Nettoverdienste/Tabellen/liste-reallohnindex.html#134650> , zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Deutscher Bundestag (2023): Klimaschutzgesetz (KSG). Online verfügbar unter: <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/> , zuletzt geprüft am 15.12.2023

Dr. Günter Hörmandinger (2021): Blogeintrag - Warum wir Regeln für die Effizienz von Elektrofahrzeugen brauchen. Hg. v. Agora Verkehrswende. Online verfügbar unter <https://www.agora-verkehrswende.de/blog/warum-wir-regeln-fuer-die-effizienz-von-elektrofahrzeugen-brauchen/>, zuletzt aktualisiert am 06.09.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Online verfügbar unter: [9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf](#), zuletzt geprüft am 13.10.2023.

EU (Hg.), (2019): Handbook on the external costs of transport. Online verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2832/51388>, zuletzt geprüft am 16.08.2023.

EC (2021): Amending Regulation (EU) 2019/631 as regards strengthening the CO2 emission performance standards for new passenger cars and new light commercial vehicles in line with the Union's increased climate ambition. 2021/0197 (COD). Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/amendment-regulation-co2-emission-standards-cars-vans-with-annexes_en.pdf, zuletzt geprüft am 09.06.2021.

EEA (Hg.) (2021): Sharp decrease in CO2 emissions of new cars in 2020. Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/highlights/sharp-decrease-in-emissions-of> , zuletzt aktualisiert am 04.08.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Europäische Kommission (EK) (2021): Proposal for a regulation of the EU parliament and the council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council. AFIR. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Europäische Union (EU) (Hg.) (2009): Art. 193 AEUV (ehem. Art. 176 EGV). Online verfügbar unter <https://www.aeuv.de/aeuv/dritter-teil/titel-xx/art-193.html>, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

EU (2021): VERORDNUNG (EU) 2021/1119 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Juni 2021 zur Schaffung des Rahmens für die Verwirklichung der Klimaneutralität und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 401/2009 und (EU) 2018/1999 („Europäisches Klimagesetz“). Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1119> , zuletzt geprüft am 15.08.2023.

European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (Hg.) (2020a): The transition to zero-emission road freight transport. ACEA. Online verfügbar unter <https://www.acea.auto/files/acea-pik-joint-statement-the-transition-to-zero-emission-road-freight-trans.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2019): ACEA Tax Guide 2019. Online verfügbar unter <https://www.acea.auto/files/ACEA-Tax-Guide-2019.pdf> , zuletzt geprüft am 07.09.2021.

European Automobile Manufacturers' Association (ACEA) (2020b): Interactive map – CO2 emissions from new passenger cars in the EU, by country. Online verfügbar unter <https://www.acea.auto/figure/interactive-map-co2-emissions-from-new-passenger-cars-in-the-eu-by-country/> , zuletzt aktualisiert am 27.08.2021, zuletzt geprüft am 07.09.2021.

European Commission (2017): Going abroad - Speed limits. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/transport/road_safety/going_abroad/austria/speed_limits_en.htm, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

European Commission (EC) (Hg.) (2021): Proposal for a regulation of the european parliament and of the council on the deployment of alternative fuels infrastructure, and repealing. Directive 2014/94/EU of the European Parliament and of the Council. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/revision_of_the_directive_on_deployment_of_the_alternative_fuels_infrastructure_with_annex_0.pdf , zuletzt aktualisiert am 14.07.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

European Environment Agency (EEA) (2021): CO2 performance of new passenger cars in Europe (IND-457-en). Online verfügbar unter <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-co2-emissions-from-motor-vehicles->

[1/assessment?utm_source=EEASubscriptions&utm_medium=RSSFeeds&utm_campaign=Generic](#), zuletzt aktualisiert am 2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

EY (2021): 8. Bericht über die Entwicklung der Kostendeckung im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und die Finanzleistungen der öffentlichen Hand für den ÖPNV – FE-Projekt Nr.: 70.0944/2018. Online verfügbar unter:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiOz-yokfOBAXVLhv0HHcj0BXkQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fops.de%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F09%2F70-944-Schlussbericht.pdf&usq=AOvVaw0LdTFYC8ZoOeVXuJJ2gKrM&opi=89978449>, zuletzt geprüft am 13.10.2023

Farmer, Charles M. (2019): The effects of higher speed limits on traffic fatalities in the United States, 1993-2017. Hg. v. Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). Online verfügbar unter <https://www.iihs.org/api/datastoredocument/bibliography/2188>, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

FiFo Köln; Klinski, Stefan; Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS) (2011): Steuerliche Behandlung von Firmenwagen in Deutschland (FiFo-Berichte, 13). Online verfügbar unter: http://www.foes.de/pdf/2011_Firmenwagenbesteuerung_lang.pdf, zuletzt geprüft am 26.11.2019.

FOES (2021): Klimaschädliche Subventionen sozial gerecht abbauen. Online verfügbar unter https://foes.de/publikationen/2021/2021-02_FOES_Klimaschadliche_Subventionen_sozial_gerecht_abbauen.pdf, zuletzt geprüft am 31.03.2021.

Göckeler, Katharina; Hacker, Florian; Mottschall, Moritz; Blanck, Ruth; Görz, Wolf; Kasten, Peter et al. (2020): Status quo und Perspektiven alternativer Antriebstechnologien für den schweren Straßengüterverkehr - 1. Teilbericht. Erster Teilbericht des Forschungs- und Dialogvorhabens „StratES: Strategie für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehr“. Öko-Institut (ÖI); Hochschule Heilbronn (HHN). Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Teilbericht1-Marktanalyse.pdf>, zuletzt geprüft am 11.03.2021.

Göckeler, Katharina; Steinbach, Inia; Görz, Wolf; Hacker, Florian; Blanck, Ruth; Mottschall, Moritz (2023): StratES – Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs. Studie auf Basis von Markthochlaufmodellierungen. Dritter Teilbericht des Forschungs- und Dialogvorhabens StratES. Hg. v. Öko Institut e.V.. Online verfügbar unter: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Szenarien-Elektrifizierung-Strassengueterverkehr.pdf>, zuletzt geprüft am 27.09.2023.

Government of Canada (Hg.) (2018): Regulations Amending the Heavy-duty Vehicle and Engine Greenhouse Gas Emission Regulations and Other Regulations Made Under the Canadian Environmental Protection Act, 1999: SOR/2018-98. Canada Gazette, Part 2, Volume 152, Number 11. Online verfügbar unter <https://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2018/2018-05-30/html/sor-dors98-eng.html>, zuletzt geprüft am 05.06.2023.

Günther, Dirk; Gniffke, Patrick (2023): Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2022 gemäß Bundesklimaschutzgesetz. Begleitender Bericht Kurzfassung vom 15. März 2023. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/vjs_2022_-_begleitbericht_final_kurzfassung.pdf

Hacker, Florian; Blanck, Ruth; Görz, Wolf (2020): StratON Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge. Endbericht. Unter Mitarbeit von Öko-Institut, HHN, Fraunhofer IAO und ITP. Öko-Institut.

Harthan, R.; Förster, H.; Borkowski, K.; Böttcher, H.; Braungardt, S.; Bürger, V.; Emele, L.; Görz, W.; Hennenberg, K.; Jansen (2023): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. 2. Auflage. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlaus (Climate Change, 39/2023). Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland> , zuletzt geprüft am 31.01.2024

Hautzinger, H.; Mayer, K.; Helms, M.; Kern, C.; Wiesenhütter, M.; Haag, G.; Binder, J. (2004): Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens - insbesondere der Pkw-Fahrleistung - als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise. Schlussbericht zum FP 96.0756/2002 des BMVBW. Hg. v. Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung (IVT). Online verfügbar unter:

<https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/164566/> , zuletzt geprüft am 14.08.2023.

Hekler, Drews et al. (2022): Push & Pull: Aktueller Forschungsstand. Ergebnisse einer Literaturanalyse der internationalen Diskussion. In: Internationales Verkehrswesen 74 (4), S. 20-24. Online verfügbar unter:

https://www2.tuhh.de/pushundpull/wp-content/uploads/sites/52/2022/11/Hekler_Drews_Gertz_Schwedes-2022-PushPull-Intern.Verkehrswesen.pdf , zuletzt geprüft am 12.10.2023.

ICCT (Hg.) (2019a): Second-phase fuel economy standards for on-road heavy-duty vehicles in Japan. Unter Mitarbeit von Ben Sharpe. Online verfügbar unter <https://theicct.org/publications/second-phase-fuel-economy-standards-road-heavy-duty-vehicles-japan> , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

ICCT (Hg.) (2019b): The EU heavy-duty CO2 standards: Impact of the COVID-19 crisis and market dynamics on baseline emissions. Unter Mitarbeit von Pierre-Louis Ragon. Online verfügbar unter

<https://theicct.org/publications/eu-heavy-duty-co2-standards-baseline-impact-Dec2020> , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

ICCT (2020): European Vehicle Market Statistics. Online verfügbar unter

https://theicct.org/sites/default/files/publications/European_vehicle_market_statistics_20192020_20191216.pdf , zuletzt geprüft am 22.07.2020.

ICCT (Hg.) (2021a): Benefits of extending the EU heavy-duty CO2 emissions standards to other truck segments. Unter Mitarbeit von Pierre-Louis Ragon. Online verfügbar unter <https://theicct.org/publications/extending-eu-hdv-co2-standards-sept21> , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

ICCT (Hg.) (2021b): CO2 emissions from new passenger cars in Europe: Car manufacturers' performance in 2020. Unter Mitarbeit von Uwe Tietge, Peter Mock, Sonsoles Díaz, Jan Dornoff. Online verfügbar unter https://theicct.org/sites/default/files/publications/eu-co2-pvs-performance-2020-aug21_0.pdf , zuletzt aktualisiert am 01.08.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

ICCT (Hg.) (2021c): Passenger car CO2 emission and fuel consumption values, normalized to NEDC. Online verfügbar unter https://theicct.org/sites/default/files/plot_nedc_pc_SAFEGHG-aug2021.pdf , zuletzt geprüft am 06.09.2021.

ICCT (Hg.) (2021d): The second phase of China's new energy vehicle mandate policy for passenger cars. Online verfügbar unter <https://theicct.org/sites/default/files/publications/china-new-energy-vehicle-mandate-phase2-may2021.pdf> , zuletzt geprüft am 06.09.2021.

ICCT (Hg.) (2021e): Update on government targets for phasing out new sales of internal combustion engine passenger cars. Unter Mitarbeit von Sandra Wappelhorst. Online verfügbar unter

https://theicct.org/sites/default/files/publications/update-govt-targets-ice-phaseouts-jun2021_0.pdf , zuletzt geprüft am 06.09.2021.

ICCT; Fraunhofer ISI (2020): Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions. Unter Mitarbeit von Patrick Plötz, Cornelius Moll, and Yaoming Li (Fraunhofer ISI) und Peter Mock Georg Bieker. Online verfügbar unter <https://theicct.org/publications/phev-real-world-usage-sept2020> , zuletzt aktualisiert am 27.09.2020, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

infas; DLR; IVT Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme; infas 360 GmbH (2018): Mobilität in Tabellen (MiT 2017). Mobilität in Deutschland. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. Online verfügbar unter: <https://test1.q-dot.de/mit/> , zuletzt geprüft am 11.01.2019.

ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu); Transport & Environment; Öko-Institut (2020): Plug-in hybrid electric cars: Market development, technical analysis and CO₂ emission scenarios for Germany. Unter Mitarbeit von Julius Jöhrens, Dominik Räder, Jan Kräck, Lucien Mathieu, Ruth Blanck und Peter Kasten. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/uploads/oeko/oekodoc/PHEV-Report-Market-Technology-CO2.pdf> , zuletzt geprüft am 30.04.2021.

INFRAS (2020): Interne Arbeitsdokumentation Aufbau der Input-Output-Modellierung. Nicht veröffentlicht
Jacob, Klaus; Guske, Anna-Lena; Pestel, Nico; Range, Claire; Sommer, Eric, Weiland, Sabine; Pohlmann, Jonas (2016): Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente. Umweltbundesamt. Dessau (Texte, 73/2016). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-01-11_texte_73-2016_abschlussbericht_verteilungswirkungen_final.pdf , zuletzt geprüft am 26.06.2018.

Jong, G.; Schrotten, A.; van Essen, H.; Otten, M.; Bucci, P. (2010): The price sensitivity of road freight transport - a review of elasticities. Online verfügbar unter: <https://significance.nl/wp-content/uploads/2019/03/2010-GDJ-The-price-sensitivity-of-road-freight-transport-a-review-of-elasticities.pdf> , zuletzt geprüft am 23.05.2022.

Kalkuhl, Matthias; Knopf, Brigitte; Edenhofer, Ottmar (2021): CO₂-Bepreisung: Mehr Klimaschutz mit mehr Gerechtigkeit (MCC-Arbeitspapier). Online verfügbar unter: https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2021_MCC_Klimaschutz_mit_mehr_Gerechtigkeit.pdf , zuletzt geprüft am 10.10.2021

KBA (2023a): Neuzulassungen: Jahresbilanz 2022. Online verfügbar unter: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Jahresbilanz_Neuzulassungen/jahresbilanz_node.html , zuletzt geprüft am 10.10.2023.

KBA (2023b): Fahrzeugzulassungen (FZ) - Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Haltergruppen und Wirtschaftszweigen. Hg. v. Kraftfahrtbundesamt. Online verfügbar unter: https://www.kba.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ23/fz23_2023.xlsx;jsessionid=8A8CD331C275862761D0C9FD670FCDF7.live11292?__blob=publicationFile&v=6 , zuletzt geprüft am 01.12.2023.

Kühnel, Sven; Hacker, Florian; Görz, Wolf (2018): Oberleitungs-Lkw im Kontext weiterer Antriebs- und Energieversorgungsoptionen für den Straßengüterfernverkehr. Ein Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Erster Teilbericht des Forschungsvorhabens „StratON - Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge“. Öko-Institut. Freiburg, Berlin, Darmstadt.

Matthes, Felix Christian; Braungardt, Sibylle; Bürger, Veit; Göckeler, Katharina; Heinemann, Christoph; Hermann, Hauke et al. (2021): Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. (in Bearbeitung). Hg. v. Stiftung Klimaneutralität.

Matthes, Felix Christian; Gores, Sabine; Graichen, Verena; Harthan, Ralph; Markewitz, Peter; hansen, Patrick et al. (2008): Politiksznarien für den Klimaschutz IV. Szenarien bis 2030. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Öko-Institut; Forschungszentrum Jülich; Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW); Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (FhG-ISI). Dessau-Roßlau (Climate Change, 1/08). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3361.pdf> , zuletzt geprüft am 26.08.2021.

Mattioli, Giulio; Wadud, Zia; Lucas, Karen (2018): Vulnerability to fuel price increases in the UK. A household level analysis. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 113, S. 227-242. DOI: 10.1016/j.tra.2018.04.002.

Mendelevitch, Roman; Repenning, Julia; Matthes, Felix Chr. (2022): Rahmendaten für den Projektionsbericht 2023. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rahmendaten-fuer-den-projektionsbericht-2023> , zuletzt geprüft am 09.08.2023

Ministry of Economy, Trade and Industry Japan (Hg.) (2019): New Fuel Efficiency Standards for Trucks and Buses Formulated. Online verfügbar unter https://www.meti.go.jp/english/press/2019/0329_003.html , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Mock, Peter; Díaz, Sonsoles (Hg.) (2020): European vehicle market statistics. Pocketbook 2020/21. Unter Mitarbeit von Yoann Bernard, Georg Bieker, Izabela Pniewska, Pierre-Louis Ragon, Felipe Rodríguez, Uwe Tietge und Sandra Wappelhorst. International Council on Clean Transportation (ICCT). Online verfügbar unter , zuletzt geprüft am 07.09.2021.

Nescaum (Hg.) (2020): Multi-State Medium-and Heavy-Duty Zero Emission Vehicle. Memorandum of Understanding. Online verfügbar unter <https://www.nescaum.org/documents/multistate-truck-zev-governors-mou-20200714.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Nikodinoska, Dragana; Schröder, Carsten (2025): On the emissions-inequality trade-off in energy taxation. Evidence on the German car fuel tax. Diskussionsbeiträge. Online verfügbar unter: <http://hdl.handle.net/10419/107430>

Nobis, Claudia (2022): Das 49-Euro-Ticket: Das Potenzial eines neuen Angebots. Webinar der Agora Verkehrswende am 15.11.2022. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Online verfügbar unter: https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/user_upload/Agora_Webinar_Nobis_aktualisiert.pdf , zuletzt geprüft am 14.08.2023.

Norwegian Ministry of Transport and Communications (Hg.) (2017): National Transport Plan 2018 - 2029. A targeted and historic commitment to the Norwegian transport sector. Online verfügbar unter <https://www.regjeringen.no/contentassets/7c52fd2938ca42209e4286fe86bb28bd/en-gb/pdfs/stm201620170033000engpdfs.pdf> , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Öko-Institut (2023): StratES - Szenarien für die Elektrifizierung des Straßengüterverkehrs. Studie auf Basis von Markthochlaufmodellierungen. Online verfügbar unter: [oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Szenarien-Elektrifizierung-Strassengueterverkehr.pdf](https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratES-Szenarien-Elektrifizierung-Strassengueterverkehr.pdf), zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Öko-Institut, DLR, ifeu und INFRAS, (2016): Endbericht Renewability III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektor. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Online verfügbar unter: ENDBERICHT RENEWABILITY III (oeko.de), zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Öko-Institut, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln gGmbH (EWI) und Institute for Future Energy Consumer Needs and Behavior (FCN) an der RWTH Aachen, (2022): Szenarien und regulatorische Herausforderungen für den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrische Pkw und Lkw. Online verfügbar unter: Szenarien und regulatorische Herausforderungen für den Aufbau der Ladeinfrastruktur für elektrische Pkw und Lkw (oeko.de), zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Öko-Institut; Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS); Prof. Stefan Klinski (2021): Mobilität in der Zukunft steuern: Gerecht, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben "Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität". Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/publikationen/2021-11-18_texte_85-2021_mobilitaet-zukunft-steuern.pdf , zuletzt geprüft am 30.03.2022.

Öko-Institut und Fraunhofer ISI (2015) (KSZ). Klimaschutzszenarien 2050. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Online verfügbar unter: https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2015/Bericht_Runde_2.pdf, zuletzt geprüft am 05.12.2023

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien (IREES); Thünen-Institut (2020): Abschätzung der Treibhausgaserminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politiksznarien IX“)“. Unter Mitarbeit von Ralph Harthan, Julia Repenning, Ruth Blanck, Hannes Böttcher, Veit Bürger, Lukas Emele und Wolf Görz, zuletzt geprüft am 05.09.2020.

Öko-Institut; Fraunhofer ISI; IREES; Thünen-Institut (2023): Treibhausgasprojektionen 2023 für Deutschland - Instrumente im MMS und MWMS. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/372/dokumente/projektionsbericht2023_instrumente_final.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2023.

Petschow, Ulrich; Lutz, Christian; Distelkamp, Martin (2008): Wirkungen fiskalischer Steuerungsinstrumente auf Siedlungsstrukturen und Personenverkehr vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeitsziele der Bundesregierung. Online verfügbar unter: https://www.ioew.de/publikation/wirkungen_fiskalischer_steuerungsinstrumente_auf_siedlungsstrukturen_und_personenverkehr_vor_dem_hi, zuletzt geprüft am 05.09.2020.

Plötz, Patrick; Jöhrens, Julius (2021): Realistic Test Cycle Utility Factors for Plug-in Hybrid Electric Vehicles in Europe. Hg. v. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. Karlsruhe.

Plötz, Patrick; Moll, Cornelius; Bieker, Georg; Mock, Peter; Li, Yaoming (2020): Real-world usage of plug-in hybrid electric vehicles: Fuel consumption, electric driving, and CO2 emissions. Hg. v. ICCT und Fraunhofer ISI, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

Pohl, Michael (2020): Validierung einer Verdopplung der Fahrgastzahlen im Deutschlandtakt. Abschlussbericht. Intraplan Consult GmbH. Online verfügbar unter: https://assets.ctfassets.net/scbs508bajse/6nSeSiD5udWlqbBnaFZCte/46e3beea7f7bbd32fd1f9f4fb40f7df9/Deutschlandtakt_Gutachterbericht_zur_Verdoppelung_der_Nachfrage_im_SPV.PDF, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

Prof. Christian Held; Dr. Martin Altrock; Dr. Roman Ringwald; Christine Kliem, LL.M.; Lisa Angela Gut (2021): Gutachten - Europa- und verfassungsrechtlichen Fragestellungen bzgl. ausgewählter klimapolitischer Instrumente im Verkehrssektor. Hg. v. Stiftung Denkfabrik Klimaneutralität. Online verfügbar unter https://www.stiftung-klima.de/app/uploads/2021/03/2021-03-12_Gutachten-zu-klimapolitischen-Instrumenten-im-Verkehrssektor.pdf, zuletzt aktualisiert am 12.03.2021, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Prognos AG, (2019): Beschäftigungseffekte der BDE-Klimapfade. Erstellt im Auftrag der Stiftung Arbeit und Umwelt der IG BCE. Online verfügbar unter: [190404_Studie_BeschäftigungEffekteKlimapfadeBDI_StiftungIGBCE.pdf](https://www.arbeit-umwelt.de/190404_Studie_BeschäftigungEffekteKlimapfadeBDI_StiftungIGBCE.pdf) (arbeit-umwelt.de), zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Prognos AG, (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050. Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Online verfügbar unter: [klimagutachten.pdf](https://www.klimagutachten.de/klimagutachten.pdf) (bmwk.de), zuletzt geprüft am 16.08.2023.

Reañós, Miguel A. Tovar; Sommerfeld, Katrin (2018): Fuel for inequality. Distributional effects of environmental reforms on private transport. In: Resource and Energy Economics 51, S. 28-43. DOI: 10.1016/j.reseneeco.2017.10.007.

Repenning, Julia; Harthan, Ralph; Blanck, Ruth; Böttcher, Hannes; Braungardt, Sibylle; Bürger, Veit; Cook, Vanessa; Emele (2023): Klimaschutzinstrumente-Szenario 2030 (KIS-2030) zur Erreichung der Klimaschutzziele 2030. Öko-Institut; Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien; Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI). Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/11850/publikationen/2023_07_04_climate_change_30_2023_klimaschutzinstrumente.pdf , zuletzt geprüft am 10.07.2023

Rohs, Maximilian; Flore, Gabriel (2021): Parkraummanagement für eine nachhaltige urbane Mobilität in der Stadt für Morgen. Hg. v. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uba_broschuere_parkraummanagement.pdf , zuletzt geprüft am 12.10.2023.

Schaal, Sebastian (2023): Fast 233.000 neue Elektro-Pkw in deutschen Flotten in 2022 (electrive). Online verfügbar unter <https://www.electrive.net/2023/01/17/fast-233-000-neue-elektro-pkw-in-deutschen-flotten-in-2022/> , zuletzt geprüft am 01.12.2023.

Schade W., Berthold D., Mader S., Scherf C., Stich M., Wagner U. (2020): Gesamtwirtschaftliche Wirkungen durch die Transformation zu nachhaltiger Mobilität. Arbeitspapier im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung, Karlsruhe. Online verfügbar unter: Gesamtwirtschaftliche Wirkungen durch die Transformation zu nachhaltiger Mobilität (m-five.de), zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Schade W., Stich M., Kleemann M., Berthold D., Scherf C., Krail M., Brauer C., Krauß K., Anstett P., Walther C., Waßmuth V. (2022): Gestaltung des MKS Referenzszenarios für die Periode 2021 bis 2035 (REF-2020). Arbeitspapier im Auftrag des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr. Karlsruhe. Online verfügbar unter: Gestaltung des Referenzszenarios zur Nutzung in der MKS 2020+ (m-five.de), zuletzt geprüft am 13.10.2023.

Scholz, Th.; Schmallowsky, A.; Wauer, T. (2007): Auswirkungen eines allgemeinen Tempolimits auf Autobahnen im Land Brandenburg. Schlothauer & Wauer Ingenieurgesellschaft für Straßenwesen; Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg.

Spiegel Online (2019): Tempolimit könnte bis zu 140 Todesfälle im Jahr verhindern. Unter Mitarbeit von Patrik Stotz. Online verfügbar unter <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/tempolimit-koennte-jaehrlich-bis-zu-140-todesfaelle-verhindern-a-1254504.html> , zuletzt aktualisiert am 23.02.2019, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2022): Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget. Stellungnahme. Berlin. Online verfügbar unter: https://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/04_Stellungnahmen/2020_2024/2022_06_fragen_und_antworten_zum_co2_budget.pdf?blob=publicationFile&v=30 , zuletzt geprüft am 01.12.2023.

Stekhoven, Daniel J.; Bühlmann, Peter (2021): non-parametric missing value imputation for mixed-type data. In: Bioinformatics 28 (1), S. 112-118. DOI: 10.1093/bioinformatics/btr597

Stekhoven, Daniel J. (2022): Package 'missForest'. Online verfügbar unter: <http://cran.r-project.org/web/packages/missforest/missforest.pdf> , zuletzt geprüft am 10.12.2023.

Transport & Environment (Hg.) (2019): New evidence: Carmaker holding back EV sales to maximise SUV-fueled profits | Transport & Environment. Unter Mitarbeit von Eoin Bannon. Online verfügbar unter <https://www.transportenvironment.org/news/new-evidence-carmaker-holding-back-ev-sales-maximise-suv-fueled-profits> , zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Tsallis, Constantino (1988): Possible generalization of Boltzmann-Gibbs statistics. In: Journal of Statistical Physics 52 (1-2), S. 479-487. DOI: 10.1007/BF01016429

Tsallis, Constantino; Stariolo, Daniel A. (1996): Generalized simulated annealing. In: Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 233 (1), S. 395-406. DOI: 10.1016/S0378-4371(96)00271-3.

U.S. Environmental Protection Agency (Hg.) (2016): Greenhouse Gas Emissions and Fuel Efficiency Standards for Medium- and Heavy-Duty Engines and Vehicles - Phase 2. 81 FR 73478. Online verfügbar unter <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2016-10-25/pdf/2016-21203.pdf> , zuletzt geprüft am 05.10.2021.

UBA (2019): Kein Grund zur Lücke. Online verfügbar unter

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/19-12-03_uba_pos_kein_grund_zur_luecke_bf_0.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2020.

UBA (2020a): Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2020. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2018.

Umweltbundesamt - UNFCCC-Submission.

UBA (2020b): Klimaschutz durch Tempolimit. Unter Mitarbeit von Martin Lange, Manuel Hendzlik und Martin Schmied. Online verfügbar unter

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15_texte_38-2020_wirkung-tempolimit_bf.pdf, zuletzt geprüft am 27.10.2020.

UBA (2020c): Zentrales System Emissionen (ZSE). Datenauspielung, Stand 01.09.2020. Umweltbundesamt (UBA).

UBA (2021a): Umweltbelastungen durch Verkehr. Online verfügbar unter

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr#undefined>, zuletzt aktualisiert am 10.06.2021, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

UBA (2021b): Umweltbewusstsein in Deutschland 2020. Zentrale Ergebnisse. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/421/dokumente/factsheet_zentrale_ergebnisse_umweltbewusstsein_2020_0.pdf, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

UBA (2023a): Flüssiger Verkehr für Klimaschutz und Luftreinhaltung. Unter Mitarbeit von Schmaus, Matthias; Bawidamann, Jürgen; Friedrich, Markus; Haberl, Michael; Trenkwalder, Lukas; Fellendorf, Martin; Uhlig, Jörg; Lohse, Ralf; Pestel, Eric. Hg. v. UBA. Online verfügbar unter:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_14-2023_fluessiger_verkehr_fuer_klimaschutz_und_luftreinhaltung.pdf, zuletzt geprüft am 31.01.2024.

UBA (2023b): Umweltschädliche Subventionen in Deutschland. Aktualisierte Ausgabe 2021. Unter Mitarbeit von Burger, A.; Bretschneider, W. Online verfügbar unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschaedliche-subventionen-in-deutschland-0>, zuletzt geprüft am 19.07.2023

Umweltbundesamt (Hg.) (2013): Konzept zur zukünftigen Beurteilung der Effizienz von Kraftfahrzeugen. Online verfügbar unter

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_95_2013_konzept_zur_zukuenftigen_beurteilung_der_effizienz_von_kraftfahrzeugen.pdf, zuletzt aktualisiert am 01.12.2013, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Umweltbundesamt (Hg.). (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Online verfügbar unter: Methodenkonvention 3.1 - Kostensätze (umweltbundesamt.de) zuletzt geprüft am 16.08.2023.

VDV (2022): Bilanz zum 9-Euro-Ticket. Hg. v. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV). Online verfügbar unter: <https://www.vdv.de/bilanz-9-euro-ticket.aspx>, zuletzt geprüft am 31.01.2024.

Verband der Automobilindustrie (VDA) (Hg.) (2021): Zahlen und Daten zur deutschen Automobilindustrie.

Online verfügbar unter <https://www.vda.de/de/services/zahlen-und-daten.html>, zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Victoria Transport Policy Institute (VTPI) (2023): Transit Price Elasticities and Cross Elasticities. Unter Mitarbeit von Todd Alexander Litman. Online verfügbar unter: <https://www.vtpi.org/tranelas.pdf>, zuletzt geprüft am 20.09.2023.

Wadud, Zia; GRAHAM, DANIEL J.; Noland, Robert B. (2010): Gasoline Demand with Heterogeneity in Household Responses. In: The Energy Journal 31 (1), S. 47-74. Online verfügbar unter: www.jstor.org/stable/41323270

Wikipedia (2021): PoliScan Speed. Online verfügbar unter https://de.wikipedia.org/wiki/PoliScan_Speed, zuletzt aktualisiert am 13.01.2021Uhr, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

Xiang, Y.; Sun, D.Y; Fan, W.; Gong, X.G. (1997): Generalized simulated annealing algorithm and its application to the Thomson model. In: Physics Letters A. Online verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037596019700474X> , zuletzt geprüft am 10.12.2023.

Xiang, Y.; Gong, X. G. (2000): Efficiency of generalized simulated annealing. In: Physical review E 62 (3), S. 4473-4476. DOI: 10.1103/physreve.62.4473.

Xie, Yihao; Rodríguez, Felipe (2021): Zero-emission integration in heavy-duty vehicle regulations: A global review and lessons for China. Hg. v. ICCT (Briefing). Online verfügbar unter <https://theicct.org/publications/china-hdv-reg-zev-review-sep21>, zuletzt geprüft am 05.10.2021.

Yang, Zifei; Bandivadekar, Anup (2017): Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas and Fuel Economy Standards. The international council on clean transportation (ICCT) (2017 Global Update). Online verfügbar unter https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/2017-Global-LDV-Standards-Update_ICCT-Report_23062017_vF.pdf. zuletzt geprüft am 06.09.2021.

Zerzawy, Florian; Fischle, Christian (2021): Verwendung der Einnahmen aus dem CO2-Preis: Wie gelingt eine faire Verteilung? (FOES Policy Brief). Online verfügbar unter: file:///C:/Users/j.cludius/Downloads/2021-09_FOES_Policy_Brief_Mittelverwendung_CO2-Preis.pdf, zuletzt geprüft am 10.10.2021

Literatur zu Anhang C

Agora Verkehrswende [Hrsg.] (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030. Öko-Institut e.V.; ICCT. Berlin.

ARE (2007): Volkswirtschaftliche Auswirkungen der LSWA mit höherer Gewichtslimite.

BAG (2020): Mautstatistik Jahrestabellen 2020.

BFS (2021): Güterverkehr in der Schweiz 2019. Online verfügbar unter <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/15424211/master>.

Bünger, Björn, Matthey, Astrid (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf, zuletzt geprüft am 07.05.2021

Kühnel, Sven; Hacker, Florian; Görz, Wolf (2018): Oberleitungs-Lkw im Kontext weiterer Antriebs- und Energieversorgungsoptionen für den Straßengüterfernverkehr. Ein Technologie- und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Erster Teilbericht des Forschungsvorhabens „StratON - Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge“. Öko-Institut (ÖI). Freiburg, Berlin, Darmstadt.

Matthes, Felix Christian; Braungardt, Sibylle; Bürger, Veit; Göckeler, Katharina; Heinemann, Christoph; Hermann, Hauke et al. (2021): Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. (in Bearbeitung). Hg. v. Stiftung Klimaneutralität. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Die-Wasserstoffstrategie-2-0-fuer-DE.pdf>, zuletzt geprüft am 16.08.2021.

Prognos AG und FVT (2018): Energieeffizienzgespreizte Lkw-Maut. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/MKS/energieeffizienzgespreizte-lkw-maut-endbericht.pdf?__blob=publicationFile#page=1, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

Rüfli, Christian; Schenkel, Walter (2009): Evaluation Verlagerungspolitik / Güterverkehr. Schlussbericht an die Begleitgruppe. Online verfügbar unter

http://www.buerovatter.ch/pdf/28_Evaluation%20Verlagerungspolitik.pdf#page=1, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

UBA [Hrsg.] (2015): Maut für Deutschland: Jeder Kilometer zählt, November 2015. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/maut_fuer_deutschland_je_der_kilometer_zaeHLT_web.pdf#page=1, zuletzt geprüft 26.08.2021.

UBA [Hrsg.] (2016): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. Ifeu. Dessau-Roßlau, Juni 2016. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/texte_56_2016_klimaschutzbeitrag_des_verkehrs_2050_getagged.pdf#page=1, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

UBA [Hrsg.] (2020). Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten. Dezember 2020. Online verfügbar https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf#page=1, zuletzt geprüft am 26.08.2021.

UBA (2021): Mobilität in die Zukunft steuern: Gerech, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität.

UBA (2021b) Fahrleistungen, Verkehrsleistungen und „Modal Split“. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#fahrleistung-im-personen-und-guterverkehr>.

Rapp Trans (2019): Mobility Pricing – Technologie und Datenschutz, im Auftrag des Bundesamts für Straßen (ASTRA), April 2019.

Schreyer, C.; Doll, C.; Maibach, M.; Zandonella, R.; Lückge, H. (2010): Verkehrsträgeranalyse, Kosten, Erträge und Subventionen des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs in Deutschland. Endbericht. Infrac; Fraunhofer Institut für System- und Innovationstechnik. Zürich, Karlsruhe, 2010.

UBA (2021): Mobilität in die Zukunft steuern: Gerech, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben "Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität". Unter Mitarbeit von Ruth Blanck, Wiebke Zimmer, Moritz Mottschall, Katharina Göckeler, Friedhelm Keimeyer, Matthias Runkel, Johanna Kresin, Prof. Dr. Stefan Klinski.

Literatur zu Anhang D

Fallstudie Frankreich:

Boyette, M. (2019): CO₂-Bepreisung in Frankreich - Das europäische Emissionshandelssystem EU-ETS und die CO₂-Steuer.

Castelli und Beretta (2016): Development of electromobility in France: Causes, facts and figures.

ICCT (2019) : European Vehicle Market Statistics, Pocketbook 2019/2020 ; online unter https://theicct.org/sites/default/files/publications/European_vehicle_market_statistics_20192020_20191216.pdf 22.07.2020)

KBA (o.J.): Neuzulassungen von Pkw im Jahr 2018 nach Bundesländern und ausgewählten Kraftstoffarten absolut, online unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Umwelt/fz_n_umwelt_archiv/2018/2018_n_umwelt_dusl.html?nn=2601598 (abgerufen am 15.07.2020)

Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (2016): LA LOI DE TRANSITION ÉNERGÉTIQUE POUR LA CROISSANCE VERTE en actions: Territoires - Citoyens – Entreprises.

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (2017a): Plan Climat.

Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire (2017b): Paquet solidarité climatique: Quatre mesures écologiques et solidaires

Ministère de la Transition écologique, 2017c: Fiscalité carbone. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/fiscalite-carbone> (17.07.2020)

Ministère de la Transition écologique (2019): Bonus écologique : de nouvelles modalités. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/bonus-ecologique-nouvelles-modalites> (16.07.2020)

Ministère de la Transition écologique (2020): Prime à la conversion, bonus écologique : toutes les aides en faveur de la mobilité propre. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/prime-conversion-bonus-ecologique-toutes-aides-en-faveur-mobilite-propre#e2> (16.07.2020)

Ministère de la Transition écologique (2020b): Questions fréquentes sur le dispositif de prime à la conversion 2020. <https://www.primealaconversion.gouv.fr/dboneco/accueil/faq.html> (16.07.2020)

Ministère de la Transition écologique (2020c): Convention citoyenne pour le climat : 146 propositions retenues par Emmanuel Macron. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/convention-citoyenne-climat-146-propositions-retenues-emmanuel-macron> (16.07.2020)

Schaal, S. (2020): Frankreich plant weitere Kaufanreize für Elektroautos, electrive.net vom 26.05.2020 mit update vom 27.05.2020 ; online unter <https://www.electrive.net/2020/05/26/frankreich-plant-weitere-kaufanreize-fuer-elektroautos/> (abgerufen am 15.07.2020)

Service-Public.fr (2020): Taxe sur les véhicules des sociétés (TVS). <https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F22203> (16.07.2020)

Fallstudie Niederlande

De Rechtspraak (2019): Dutch State to reduce greenhouse gas emissions by 25 % by the end of 2020; online unter <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Organisatie/Hoge-Raad-der-Nederlanden/Nieuws/Paginas/Dutch-State-to-reduce-greenhouse-gas-emissions-by-25-by-the-end-of-2020.aspx>, (abgerufen am 22.07.2020)

Ehl, D. (2020): Niederländisches Tempolimit wider Willen, Deutsche Welle-Themen; online unter <https://www.dw.com/de/niederl%C3%A4ndisches-tempolimit-wider-willen/a-52782914>; (abgerufen am 20.07.2020)

Hampel, Carrie (2020): The Netherlands goes for EV purchase subsidies; in: electrive today vom 05.03.2020, online unter <https://www.electrive.com/2020/03/05/the-netherlands-goes-for-ev-purchase-subsidies/>, (abgerufen am 21.07.2020)

Klimaatberaad (2019): Klimaataakkoord - National Climate Agreement - The Netherlands; online unter <https://www.klimaataakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/national-climate-agreement-the-netherlands> (abgerufen am 15.07.2020)

Kok, R. (2015): Six years of CO₂-based tax incentives for new passenger cars in The Netherlands: Impacts on purchasing behavior trends and CO₂ effectiveness. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice. Jg. 77, S. 137–153

Meijer, B.; King, L. (2019): Dutch construction boom set to end as EU nitrogen rules bite; online unter <https://www.reuters.com/article/us-netherlands-construction/dutch-construction-boom-set-to-end-as-eu-nitrogen-rules-bite-idUSKBN1XA1GI?smb1=esg>, Reuters am 31.10.2019 (abgerufen am 22.07.2020)

Ministerie van Financien (2018): Kamerbrief evaluatie Autobrief II en parallelimport in relatie tot de BPM; online unter <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2018/07/05/kamerbrief-evaluatie-autobrief-ii-en-parallelimport-in-relatie-tot-de-bpm>, (abgerufen am 22.07.2020)

Mock, P; Tietge, U.; Wappelhorst, S. (2020): The great reveal: A snapshot of EU new passenger car markets in January, posted online bei ICCT am 26.02.2020, online unter <https://theicct.org/blog/staff/snapshot-eu-new-pv-markets-jan2020>, (abgerufen am 22.07.2020)

Vleugel, J.M.; Bal, Frans (2018): The impact of a CO2 reduction target on the private car fleet in the netherlands; TU Delft, WIT Press, Southampton; Abstract online unter <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A8c9a0255-50b9-4f5e-8b97-ee0b9c74f86a>; (abgerufen am 22.07.2020)

Fallbeispiel Belgien:

ACEA (2020): ACEA Tax Guide, online unter https://acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Tax_Guide_2020.pdf, (abgerufen am 15.07.2020)

Blanckaert, S. (2019): Belgian Mobility Budget and Mobility Allowance explained; Fleet Europe 01.03.2019, online unter <https://www.fleeteurope.com/en/smart-mobility/belgium/features/belgian-mobility-budget-and-mobility-allowance-explained?a=SBL09&t%5B0%5D=Cash%20for%20car&t%5B1%5D=mobility%20allowance&t%5B2%5D=Mobility%20budget&t%5B3%5D=Belgium&curl=1>, (abgerufen 20.07.2020)

Deloitte (2018): Will the Mobility Allowance, also known as “Cash for Car”, be a valid alternative for the company car?, November 2018 Update; online unter https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/be/Documents/tax/Deloitte-Mobility-Allowance_EN.pdf; (abgerufen am 20.07.2020)

Deutsche Bahn Connect (o.J.): Bonvoyo - Das Mobilitätsbudget der Deutschen Bahn; online unter <https://www.deutschebahnconnect.com/de/produkte/mobilitaetsbudget#> (abgerufen am 22.07.2020)

Göttler, B. (2020): Besonderer Mitarbeiter-Benefit: Das Mobilitätsbudget; Fuhrpark & Management 23.04.2020; online unter <https://www.fuhrpark.de/besonderer-mitarbeiter-benefit-das-mobilitaetsbudget> (abgerufen am 22.07.2020)

The Brussels Times (2020): ‘Cash-for-car’ scheme chosen by less than 2 % of workers; The Brussels Times 10.01.2020; online unter <https://www.brusselstimes.com/all-news/business/88627/cash-for-car-scheme-chosen-by-only-0-175-of-workers>, (abgerufen am 22.07.2020)

Lütkehus, R. (o.J.): Diesjähriger Brüsseler Autosalon unter dem Motto „Sanfte Mobilität“; in Belgieninfo - Wirtschaft, online unter <https://www.belgieninfo.net/diesjaehriger-bruesseler-autosalon-unter-dem-motto-sanfte-mobilitaet/> (abgerufen am 20.07.2020)

VRT (2018): Waarom het aantal bedrijfswagens blijft stijgen; VRT 09.01.2018; online unter <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/01/09/meer-en-meer-nieuwe-bedrijfswagens/>, (abgerufen am 22.07.2020)

Fallstudie Schweden:

ACEA (2020): ACEA Tax Guide, online unter https://acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Tax_Guide_2020.pdf, (abgerufen am 15.07.2020)

Mock, P; Tietge, U.; Wappelhorst, S. (2020): The great reveal: A snapshot of EU new passenger car markets in January, posted online bei ICCT am 26.02.2020, online unter <https://theicct.org/blog/staff/snapshot-eu-new-pv-markets-jan2020>, (abgerufen am 22.07.2020)

Wappelhorst, S; Tietge, U. (2018): Sweden’s new bonus-malus scheme: From rocky roads to rounded fells?, posted online bei ICCT am 08.10.2018; online unter <https://theicct.org/blog/staff/swedens-feebate-system-20181008> (abgerufen am 20.07.2020)

Fallstudie Schweiz:

Bundesamt für Energie (2019): CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personen- und Lieferwagen; online unter <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/effizienz/mobilitaet/co2-emissionsvorschriften-fuer-neue-personen-und-lieferwagen.html> (abgerufen am 15.07.2020)

Bundesamt für Energie (2020): Auswirkungen der CO₂-Emissionsvorschriften für neue Personenwagen 2012-2018. Bericht des UVEK zuhanden der Kommissionen für Umwelt, Raumplanung und Energie UREK des National- und Ständerats.

Bundesamt für Umwelt (2019a): Faktenblatt 7: CO₂-Grenzwerte für Neufahrzeuge

Bundesamt für Umwelt (2019b): Faktenblatt 7: Kompensationspflicht für Hersteller und Importeure fossiler Treibstoffe.

Bundesamt für Verkehr BAV (o.J.): Verlagerung des Güterverkehrs durch die Alpen; online unter <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen-a-z/verlagerung.html> (abgerufen am 15.07.2020)

INFRAS und Ifeu (2018): Beitrag des Güterverkehrs zur Erreichung der Schweizer Klimaziele. Studie im Auftrag des Bundesamts für Verkehr.

Fallbeispiel Großbritannien:

ACEA (2020): ACEA Tax Guide, online unter https://acea.be/uploads/news_documents/ACEA_Tax_Guide_2020.pdf, (abgerufen am 15.07.2020)

Department for Transport (2020a): Decarbonising Transport. Setting the Challenge; online unter https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/878642/dcarbonising-transport-setting-the-challenge.pdf (abgerufen am 20.07.2020)

Department for Transport (2020b): Consulting on ending the sale of new petrol, diesel and hybrid cars and vans – open consultation; updated 09.04.2020; online unter <https://www.gov.uk/government/consultations/consulting-on-ending-the-sale-of-new-petrol-diesel-and-hybrid-cars-and-vans/consulting-on-ending-the-sale-of-new-petrol-diesel-and-hybrid-cars-and-vans> (abgerufen am 21.07.2020)

Department for Transport (2020c): Vehicle licensing statistics: 2019. Annual statistics relating to licensed vehicles and new vehicle registrations in Great Britain; published 30.04.2020; online unter <https://www.gov.uk/government/statistics/vehicle-licensing-statistics-2019> (abgerufen am 15.07.2020)

Fallstudie Kalifornien:

Berkeley University (2019): California Climate Policy Fact Sheet: Advanced Clean Cars, <https://www.law.berkeley.edu/wp-content/uploads/2019/12/Fact-Sheet-Advanced-Clean-Cars.pdf> (abgerufen am 15.07.2020).

California Air Resources Board, CARB (o.J. a): AB 32 Climate Change Scoping Plan; online unter <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/ab-32-climate-change-scoping-plan> (abgerufen am 15.07.2020)

California Air Resources Board, CARB (o.J. b): ZEV Collaboration; online unter <https://ww2.arb.ca.gov/zev-collaboration> (abgerufen am 15.07.2020)

California Air Resources Board, CARB (o.J. c): Low-Emission Vehicle Program; online unter <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-emission-vehicle-program/about> (abgerufen am 15.07.2020)

California Air Resources Board, CARB (2020): Zero-Emission-vehicle Program, Factsheet <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/zero-emission-vehicle-program> (abgerufen am 15.7.2020).

California Air Resources Board (2017a): California's 2017 Climate Change Scoping Plan; online unter https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/cc/scopingplan/scoping_plan_2017.pdf (abgerufen am 15.07.2020)

California Air Resources Board, CARB (2017b): Mid-term Review, Appendix B: Consumer Acceptance of Zero Emission Vehicles and Plug-in Hybrid Electric Vehicles.

California Air Resources Board, CARB (2016): Moving California – cleaner transportation for all communities; online unter <https://ww3.arb.ca.gov/msprog/lct/vehiclescrap.htm> (abgerufen am 15.07.2020)

California Clean Vehicle Rebate Project (o.J.): Income Eligibility; online unter <https://cleanvehiclerebate.org/eng/income-eligibility> (abgerufen am 15.07.2020)

California Independent System Operator (ISO) (2014): California Vehicle-Grid Integration (VGI) Roadmap: Enabling vehicle-based grid services <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/california-vehicle-grid-integration-roadmap-update> (abgerufen am 21.07.2020).

Center for Sustainable Energy (2020): Funding Plan 2019-2020: online unter https://cleanvehiclerebate.org/sites/default/files/attachments/CVRP_Projections_for_Proposed_FY19-20_Funding_Plan_v10-01.pdf (abgerufen am 13.07.2020)

Center for Sustainable Energy (2020): California Air Resources Board Clean Vehicle Rebate Project, Rebate Statistics. Data last updated 02.07.2020. Retrieved 15.07.2020 from cleanvehiclerebate.org/rebate-statistics

Clausen, J. (2017): Elektromobilität in Kalifornien. Fallstudie im Rahmen des Projekts Evolution2Green – Transformationspfade zu einer Green Economy.

Clean Vehicle Rebate Project (2018): Final Report Fiscal Year 2015–2016, Center for Sustainable Energy. Prepared under Grant G-15-LCTI-01 for the California Air Resources Board.

Delphi Technologies (2020), Booklet on Emission Standards; online unter <https://www.delphi.com/sites/default/files/2020-04/DELPHI%20booklet%20emission%20passenger%20cars%202020%20online%20complet.pdf>, (abgerufen am 16.07.2020)

Frontier Group (2010): Clean Cars in California: Four Decades of Progress in the Unfinished Battle to Clean Up Our Air.

Hardman, S. und D. Sperling (2020): The need for sustainable and persistent incentives for electric vehicles, in: EV Uptake in the Transport Fleet: Consumer Choice, Policy Incentives and Consumer-centric Business Models; The Oxford Institute for Energy Studies, Quarterly Journal, July 2020, Issue 122.

Korosec, K. (2019): GM and Fiat Chrysler are buying Tesla's regulatory credits; in thecrunch vom 04.06.2019; online unter https://techcrunch.com/2019/06/03/why-gm-and-fiat-chrysler-are-buying-teslas-regulatory-credits/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLnNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAABHD_24ymzBzQQ1Bx1DljGXuc_KHFW40q_jAk7kmCJ73HFkTD2laQ6PtcFlz3XYIPGh3doLVz17QpNK2Knidi_n0jQjluX4_qKx-04vD5SBTV5KQGezZQZwY5DuNfek5T5YH1QYDjR1z67ahtB_nYPAoLwdA7pVUbu37iKdUfxt7 (abgerufen am 15.07.2020)

Los Angeles County (2020): Energizing an Ecosystem: The Electric Mobility Revolution in Southern California, https://laedc.org/wp-content/uploads/2020/03/EV_Report_Digital_FINAL_Single_Page.pdf (abgerufen am 21.07.2020).

Statista (o.J.): Best-selling plug-in electric vehicle models worldwide in 2019; online unter <https://www.statista.com/statistics/960121/sales-of-all-electric-vehicles-worldwide-by-model/> (abgerufen am 15.07.2020)

Fallstudie Norwegen:

CIA (o.J.): The World Factbook, Europe: Norway; online unter <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/no.html> (abgerufen am 15.07.2020)

Cicccone, A. (2015): Environmental effects of a vehicle tax reform: empirical evidence from Norway. Memorandum No. 3/2015, Department of Economics, University of Oslo.

Clausen, J. (2019). Verbreitung radikaler Systeminnovationen. Fallbeispiel Elektromobilität Norwegen. Berlin: Borderstep Institut.

Figenbaum, E. (2015): Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy, Environmental Innovation and Societal Transitions 25 (2017) 14–34.

Figenbaum, E. et al. (2019): 360 degree analysis of the potential for zero-emission vehicles, TØI Report 1744/2019

Haugneland, P.; Lorentzen, E., Bu, Ch and H. Espen (2017): Put a price on carbon to fund EV incentives – Norwegian EV policy success, EVS30 Symposium Stuttgart, Germany, October 9 - 11, 2017.

Steinbacher et al. (2018): Incentives for Electric Vehicles in Norway, Studie im Rahmen des EUKI Projekts BEACON.