

TEXTE

33/2022

Ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr

Abschlussbericht

TEXTE 33/2022

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

Forschungskennzahl 3717 58 1010

FB000644

Ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr

Abschlussbericht

von

Volker Breisig, Borge Hess, Lukas Rath
PricewaterhouseCoopers GmbH
Wirtschaftsprüfungsgesellschaft (PwC), Düsseldorf

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: www.umweltbundesamt.de

 [/umweltbundesamt.de](https://www.facebook.com/umweltbundesamt.de)

 [/umweltbundesamt](https://twitter.com/umweltbundesamt)

Durchführung der Studie:

PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
Moskauer Straße 19
40227 Düsseldorf

Abschlussdatum:

September 2021

Redaktion:

Fachgebiet „Umwelt und Verkehr“ (I 2.1)
Manuel Hendzlik

Publikationen als pdf:

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

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, April 2022

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

Kurzbeschreibung: Ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr

Der vorliegende Abschlussbericht enthält die Ergebnisse des Projektes „Ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr“. Diverse mögliche Maßnahmen zur Unterstützung der Erreichung der Sektorziele im Verkehr werden derzeit diskutiert. In diesem Projekt wurde für eine Auswahl von 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel einzelwirtschaftliche, gesamtwirtschaftliche und verteilungsbezogene Wirkungen bis zum Jahr 2050 untersucht. Das Projekt beinhaltete die Aufbereitung des Forschungsstandes auf dessen Basis ein ganzheitlicher Ansatz auch zur Bewertung von externen Umwelt- und Gesundheitseffekten aufgebaut wurde. Die anschließende Bewertung mittels einzel- und gesamtwirtschaftlicher Modelle mündete in einer Gesamtbetrachtung und der Erarbeitung einer vergleichenden Bewertung einer möglichen Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen.

Abstract: Economic evaluation of climate protection measures in transport

This final report contains the results of the project "Economic evaluation of climate protection measures in transport". In order to ensure the achievement of the mitigation target for the transport sector in Germany, there is still a debate regarding the best policy measures to be applied. In this project, 14 specific measures and three bundles have been chosen to be evaluated regarding sectoral, macroeconomic and distribution-related effects until 2050.

Within the scope of the project and based on an overview about evaluation approaches applied in research, a holistic evaluation approach was developed also covering external effects. Afterwards, the specific evaluation was processed by applying sectoral and macroeconomic models, and a comparative analysis was performed.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	11
Tabellenverzeichnis	12
Abkürzungsverzeichnis	18
Zusammenfassung.....	19
Summary	28
1 Einleitung und Zielsetzung	35
2 Aufbereitung des Forschungsstandes	36
3 Methodische Grundlagen zur ökonomischen Modellierung	43
3.1 Ökonomischer Bewertungsansatz	43
3.2 Modellverbund.....	50
3.2.1 Einzelwirtschaftliches Modell	50
3.2.2 Gesamtwirtschaftliches Modell	51
3.3 Rahmendaten und -annahmen	53
3.3.1 Diskontierung.....	53
3.3.2 Kostensätze.....	54
3.3.3 Energiepreise	56
3.3.4 Fahrzeugkosten.....	58
3.3.5 Elastizitäten.....	59
3.4 Referenzszenario.....	61
4 Ökonomische Bewertung von Maßnahmen	68
4.1 CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	70
4.1.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	70
4.1.2 Ergebnisse	72
4.1.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte	74
4.1.2.2 Ökonomische Folgewirkungen	75
4.1.2.3 Weitere Folgewirkungen	77
4.2 Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen	83
4.2.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	83
4.2.2 Ergebnisse	84
4.2.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte	86
4.2.2.2 Ökonomische Folgewirkungen	87
4.2.2.3 Weitere Folgewirkungen	89

4.3	Reform der Dienstwagenbesteuerung.....	92
4.3.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	92
4.3.2	Ergebnisse	92
4.3.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	94
4.3.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	94
4.3.2.3	Weitere Folgewirkungen	96
4.4	Abschaffung der Entfernungspauschale	98
4.4.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	98
4.4.2	Ergebnisse	99
4.4.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	100
4.4.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	101
4.4.2.3	Weitere Folgewirkungen	102
4.5	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I	104
4.5.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	104
4.5.2	Ergebnisse	105
4.5.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	106
4.5.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	107
4.5.2.3	Weitere Folgewirkungen	108
4.6	Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h	110
4.6.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	110
4.6.2	Ergebnisse	110
4.6.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	112
4.6.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	112
4.6.2.3	Weitere Folgewirkungen	114
4.7	Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen.....	116
4.7.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	116
4.7.2	Ergebnisse	117
4.7.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	118
4.7.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	119
4.7.2.3	Weitere Folgewirkungen	120
4.8	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe II (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	123
4.8.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	123
4.8.2	Ergebnisse	123

4.8.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	125
4.8.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	125
4.8.2.3	Weitere Folgewirkungen	127
4.9	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut II	129
4.9.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	129
4.9.2	Ergebnisse	129
4.9.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	130
4.9.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	131
4.9.2.3	Weitere Folgewirkungen	132
4.10	Förderung Umweltverbund	134
4.10.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	134
4.10.2	Ergebnisse	134
4.10.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	136
4.10.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	136
4.10.2.3	Weitere Folgewirkungen	138
4.11	Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw.....	140
4.11.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	140
4.11.2	Ergebnisse	140
4.11.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	142
4.11.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	142
4.11.2.3	Weitere Folgewirkungen	144
4.12	Stärkung des Schienengüterverkehrs	146
4.12.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	146
4.12.2	Ergebnisse	146
4.12.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	147
4.12.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	149
4.12.2.3	Weitere Folgewirkungen	150
4.13	Förderung des ÖPNV.....	152
4.13.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	152
4.13.2	Ergebnisse	152
4.13.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	154
4.13.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	154
4.13.2.3	Weitere Folgewirkungen	156
4.14	Pkw-Maut.....	158

4.14.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	158
4.14.2	Ergebnisse	158
4.14.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	160
4.14.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	161
4.14.2.3	Weitere Folgewirkungen	162
4.15	Maßnahmenbündel I.....	165
4.15.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	165
4.15.2	Ergebnisse	165
4.15.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	167
4.15.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	167
4.15.2.3	Weitere Folgewirkungen	168
4.16	Maßnahmenbündel II.....	171
4.16.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	171
4.16.2	Ergebnisse	171
4.16.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	173
4.16.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	174
4.16.2.3	Weitere Folgewirkungen	175
4.17	Maßnahmenbündel III.....	178
4.17.1	Beschreibung und Wirkung der Maßnahme.....	178
4.17.2	Ergebnisse	178
4.17.2.1	Umwelt- und Gesundheitseffekte	180
4.17.2.2	Ökonomische Folgewirkungen	181
4.17.2.3	Weitere Folgewirkungen	182
4.18	Vergleichende Bewertungen der Maßnahmen und Maßnahmenbündel	185
5	Zusammenfassende Übersicht und Schlussbemerkungen.....	195
6	Quellenverzeichnis	197
A	Zeitliche Entwicklung der Folgewirkungen der Maßnahmen.....	202
A.1	CO ₂ -Bepreisung auf fossile Kraftstoffe I.....	202
A.1.1	Wirkungskette.....	202
A.1.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	202
A.2	Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen.....	203
A.2.1	Wirkungskette.....	203
A.2.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	204

A.3	Reform der Dienstwagenbesteuerung.....	205
A.3.1	Wirkungskette.....	205
A.3.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	205
A.4	Abschaffung der Entfernungspauschale	206
A.4.1	Wirkungskette.....	206
A.4.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	206
A.5	Ausweitung und Erhöhung Lkw-Maut I.....	207
A.5.1	Wirkungskette.....	207
A.5.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	208
A.6	Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h	209
A.6.1	Wirkungskette.....	209
A.6.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	209
A.7	Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen.....	210
A.7.1	Wirkungskette.....	210
A.7.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	210
A.8	CO ₂ -Bepreisung auf fossile Kraftstoffe II.....	211
A.8.1	Wirkungskette.....	211
A.8.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	211
A.9	Ausweitung und Erhöhung Lkw-Maut II.....	213
A.9.1	Wirkungskette.....	213
A.9.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	213
A.10	Förderung Umweltverbund	214
A.10.1	Wirkungskette.....	214
A.10.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	214
A.11	Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw.....	215
A.11.1	Wirkungskette.....	215
A.11.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	216
A.12	Stärkung Schienengüterverkehrs	217
A.12.1	Wirkungskette.....	217
A.12.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	217
A.13	Förderung ÖPNV	218
A.13.1	Wirkungskette.....	218
A.13.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	218
A.14	Pkw-Maut.....	219

A.14.1	Wirkungskette.....	219
A.14.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	220
A.15	Maßnahmenbündel I.....	221
A.15.1	Wirkungskette.....	221
A.15.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	221
A.16	Maßnahmenbündel II.....	222
A.16.1	Wirkungskette.....	222
A.16.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	222
A.17	Maßnahmenbündel III.....	223
A.17.1	Wirkungskette.....	223
A.17.2	Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen	223
B	Fallbeispiele.....	224
B.1	Beschreibung der Fact Sheets.....	224
B.2	Fact Sheets für auserwählte Maßnahmen.....	225
B.2.1	Fact Sheet M2 - Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen.....	225
B.2.2	Fact Sheet M4 - Abschaffung der Entfernungspauschale.....	226
B.2.3	Fact Sheet M5 - Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I.....	227
B.2.4	Fact Sheet M7 - Bonus-Malus-System für Neufahrzeuge.....	228
B.2.5	Fact Sheet M13 - Förderung des ÖPNV	229

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Kumulierte THG-Emissionen der Einzelmaßnahmen bis 2050	24
Abbildung 2:	Kumulierte THG-Emissionen der Maßnahmenbündel bis 2050	25
Abbildung 3:	Vergleich der spezifischen (Netto-)Minderungskosten (Einzelmaßnahmen)	25
Abbildung 4:	Vergleich der spezifischen (Netto-)Minderungskosten (Maßnahmenbündel) ..	26
Abbildung 5:	Cumulative greenhouse gas emissions of individual measures by 2050	32
Abbildung 6:	Cumulative greenhouse gas emissions of bundles by 2050	32
Abbildung 7:	Comparison of specific (net) abatement costs (measures)	33
Abbildung 8:	Comparison of specific (net) abatement costs (bundles)	33
Abbildung 9:	Konzept der Differenzbetrachtung der Folgenabschätzung	43
Abbildung 10:	Betrachtete Wirkungskategorien	44
Abbildung 11:	Verzahnung der Betrachtungsebenen	47
Abbildung 12:	Schema Input-Output Modellierung	52
Abbildung 13:	Diskontierung von monetären Größen mit Basisjahr 2017	53
Abbildung 14:	Entwicklung der THG-Emissionen in der Referenz	61
Abbildung 15:	Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Referenz	62
Abbildung 16:	Entwicklung Elektrofahrzeuge in der Referenz (in Tsd.)	63
Abbildung 17:	Entwicklung der Personenverkehrsleistung in der Referenz (Mrd. Pkm)	64
Abbildung 18:	Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung in der Referenz (Mrd. Pkm)	65
Abbildung 19:	Entwicklung der Transportleistung in der Referenz (Mrd. tkm)	66
Abbildung 20:	Entwicklung des Straßengüterverkehrs in der Referenz	67
Abbildung 21:	M1 - Wirkungskette	70
Abbildung 22:	Kumulierte THG-Emissionen der Einzelmaßnahmen bis 2050	186
Abbildung 23:	THG-Emissionen des Verkehrssektors der Einzelmaßnahmen im Jahr 2030 ...	187
Abbildung 24:	Spezifische (Netto-)Minderungskosten der Einzelmaßnahmen	189
Abbildung 25:	Kumulierte THG-Einsparung und spezifische (Netto-) Minderungskosten	189
Abbildung 26:	Kumulierte THG-Emissionen der Maßnahmenbündel bis 2050	192
Abbildung 27:	Spezifische (Netto-)Minderungskosten der Maßnahmenbündel	193
Abbildung 28:	M1 - Wirkungskette	202
Abbildung 29:	M2 - Wirkungskette	203
Abbildung 30:	M3 - Wirkungskette	205
Abbildung 31:	M4 - Wirkungskette	206
Abbildung 32:	M5 - Wirkungskette	207
Abbildung 33:	M6 - Wirkungskette	209
Abbildung 34:	M7 - Wirkungskette	210
Abbildung 35:	M10 - Wirkungskette	214
Abbildung 38:	M11 - Wirkungskette	215
Abbildung 37:	M12 - Wirkungskette	217
Abbildung 38:	M13 - Wirkungskette	218
Abbildung 39:	M14 - Wirkungskette	219

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht bewerteter Maßnahmen	23
Tabelle 2:	Overview of evaluated measures	31
Tabelle 3:	Übersicht über die Studien-Longlist	37
Tabelle 4:	Bewertungsgegenstand im Vergleich	38
Tabelle 5:	Einzelwirtschaftliche Output-Größen-Kategorien im Vergleich	39
Tabelle 6:	Gesamtwirtschaftliche Output-Größen-Kategorien im Vergleich	40
Tabelle 7:	Vergleichende Modellbetrachtung	41
Tabelle 8:	Wesentliche Aspekte des Bewertungskonzeptes	49
Tabelle 9:	Klimakosten	54
Tabelle 10:	Kostensätze für Emissionen von Luftschadstoffen im Verkehr	54
Tabelle 11:	Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung durch Emissionen aus unbekannter Quelle	55
Tabelle 12:	Kostensätze für Lärm im Verkehr	56
Tabelle 13:	Kostensätze für Stau im Verkehr	56
Tabelle 14:	Entwicklung der Preise für Rohöl, Steinkohle, Erdgas	57
Tabelle 15:	Entwicklung der Kraftstoffpreise	57
Tabelle 16:	Entwicklung der mittleren Endverbraucher-Strompreise je Sektor	57
Tabelle 17:	Annahmen für die Entwicklung der Batteriesystemkosten	58
Tabelle 18:	Wesentliche Kostenbestandteile Fahrzeuggröße Mittel	58
Tabelle 19:	Übersicht der verwendeten Elastizitäten	60
Tabelle 20:	Übersicht bewerteter Maßnahmen	68
Tabelle 21:	M1 - Übersicht wesentlicher Effekte	72
Tabelle 22:	M1 - THG-Emissionen in den Stützjahren	73
Tabelle 23:	M1 - Umwelt- und Gesundheitseffekte	74
Tabelle 24:	M1 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	75
Tabelle 25:	M1 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	76
Tabelle 26:	M1 - Be- und Entlastungswirkungen	78
Tabelle 27:	M1 - Importabhängigkeit	80
Tabelle 28:	M1 - Verkehrsleistung in den Stützjahren	80
Tabelle 29:	M1 - Andere Folgewirkungen	81
Tabelle 30:	M1 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft	82
Tabelle 31:	M2 - Übersicht wesentlicher Effekte	85
Tabelle 32:	M2 - THG-Emissionen in den Stützjahren	86
Tabelle 33:	M2 - Umwelt- und Gesundheitseffekte	87
Tabelle 34:	M2 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	87
Tabelle 35:	M2 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	88
Tabelle 36:	M2 - Be- und Entlastungswirkungen	89
Tabelle 37:	M2 - Importabhängigkeit	89
Tabelle 38:	M2 - Verkehrsleistung in den Stützjahren	90
Tabelle 39:	M2 - Andere Folgewirkungen	90
Tabelle 40:	M2 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft	90
Tabelle 41:	M3 - Übersicht wesentlicher Effekte	93

Tabelle 42:	M3 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	93
Tabelle 43:	M3 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	94
Tabelle 44:	M3 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	94
Tabelle 45:	M3 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte.....	95
Tabelle 46:	M3 - Be- und Entlastungswirkungen	96
Tabelle 47:	M3 - Importabhängigkeit.....	96
Tabelle 48:	M3 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	97
Tabelle 49:	M3 - Andere Folgewirkungen	97
Tabelle 50:	M3 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	97
Tabelle 51:	M4 - Übersicht wesentlicher Effekte	99
Tabelle 52:	M4 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	100
Tabelle 53:	M4 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	100
Tabelle 54:	M4 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	101
Tabelle 55:	M4 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte.....	101
Tabelle 56:	M4 - Be- und Entlastungswirkungen	102
Tabelle 57:	M4 - Importabhängigkeit.....	102
Tabelle 58:	M4 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	103
Tabelle 59:	M4 - Andere Folgewirkungen	103
Tabelle 60:	M4 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	103
Tabelle 61:	M5 - Übersicht wesentlicher Effekte	105
Tabelle 62:	M5 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	105
Tabelle 63:	M5 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	106
Tabelle 64:	M5 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	107
Tabelle 65:	M5 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte.....	107
Tabelle 66:	M5 - Be- und Entlastungswirkungen	108
Tabelle 67:	M5 - Importabhängigkeit.....	108
Tabelle 68:	M5 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	109
Tabelle 69:	M5 - Andere Folgewirkungen	109
Tabelle 70:	M5 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	109
Tabelle 71:	M6 - Übersicht wesentlicher Effekte	111
Tabelle 72:	M6 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	111
Tabelle 73:	M6 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	112
Tabelle 74:	M6 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	112
Tabelle 75:	M6 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte.....	113
Tabelle 76:	M6 - Be- und Entlastungswirkungen	114
Tabelle 77:	M6 - Importabhängigkeit.....	114
Tabelle 78:	M6 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	115
Tabelle 79:	M6 - Andere Folgewirkungen	115
Tabelle 80:	M6 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	115
Tabelle 81:	M7 - Übersicht wesentlicher Effekte	117
Tabelle 82:	M7 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	118
Tabelle 83:	M7 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	119
Tabelle 84:	M7 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	119

Tabelle 85:	M7 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	120
Tabelle 86:	M7 - Be- und Entlastungswirkungen	120
Tabelle 87:	M7 - Importabhängigkeit.....	121
Tabelle 88:	M7 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	121
Tabelle 89:	M7 - Andere Folgewirkungen	121
Tabelle 90:	M7 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	121
Tabelle 91:	M8 - Übersicht wesentlicher Effekte	124
Tabelle 92:	M8 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	124
Tabelle 93:	M8 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	125
Tabelle 94:	M8 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	125
Tabelle 95:	M8 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	126
Tabelle 96:	M8 - Be- und Entlastungswirkungen	127
Tabelle 97:	M8 - Importabhängigkeit.....	127
Tabelle 98:	M8 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	128
Tabelle 99:	M8 - Andere Folgewirkungen	128
Tabelle 100:	M8 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	128
Tabelle 101:	M9 - Übersicht wesentlicher Effekte	129
Tabelle 102:	M9 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	130
Tabelle 103:	M9 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	130
Tabelle 104:	M9 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	131
Tabelle 105:	M9 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	131
Tabelle 106:	M9 - Be- und Entlastungswirkungen	132
Tabelle 107:	M9 - Importabhängigkeit.....	132
Tabelle 108:	M9 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	133
Tabelle 109:	M9 - Andere Folgewirkungen	133
Tabelle 110:	M9 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	133
Tabelle 111:	M10 - Übersicht wesentlicher Effekte	135
Tabelle 112:	M10 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	135
Tabelle 113:	M10 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	136
Tabelle 114:	M10 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	136
Tabelle 115:	M10 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	137
Tabelle 116:	M10 - Be- und Entlastungswirkungen	138
Tabelle 117:	M10 - Importabhängigkeit.....	138
Tabelle 118:	M10 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	138
Tabelle 119:	M10 - Andere Folgewirkungen	139
Tabelle 120:	M10 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	139
Tabelle 121:	M11 - Übersicht wesentlicher Effekte	141
Tabelle 122:	M11 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	141
Tabelle 123:	M11 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	142
Tabelle 124:	M11 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	143
Tabelle 125:	M11 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	143
Tabelle 126:	M11 - Be- und Entlastungswirkungen	144
Tabelle 127:	M11 - Importabhängigkeit.....	144

Tabelle 128:	M11 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	144
Tabelle 129:	M11 - Andere Folgewirkungen.....	145
Tabelle 130:	M11 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	145
Tabelle 131:	M12 - Übersicht wesentlicher Effekte.....	146
Tabelle 132:	M12 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	147
Tabelle 133:	M12 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	147
Tabelle 134:	M12 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	149
Tabelle 135:	M12 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	149
Tabelle 136:	M12 - Be- und Entlastungswirkungen	150
Tabelle 137:	M12 - Importabhängigkeit.....	150
Tabelle 138:	M12 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	150
Tabelle 139:	M12 - Andere Folgewirkungen	151
Tabelle 140:	M12 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	151
Tabelle 141:	M13 - Übersicht wesentlicher Effekte.....	153
Tabelle 142:	M13 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	153
Tabelle 143:	M13 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	154
Tabelle 144:	M13 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	154
Tabelle 145:	M13 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	155
Tabelle 146:	M13 - Be- und Entlastungswirkungen	156
Tabelle 147:	M13 - Importabhängigkeit.....	156
Tabelle 148:	M13 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	157
Tabelle 149:	M13 - Andere Folgewirkungen	157
Tabelle 150:	M13 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	157
Tabelle 151:	M14 - Übersicht wesentlicher Effekte.....	159
Tabelle 152:	M14 - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	159
Tabelle 153:	M14 - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	160
Tabelle 154:	M14 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	161
Tabelle 155:	M14 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	161
Tabelle 156:	M14 - Be- und Entlastungswirkungen	162
Tabelle 157:	M14 - Importabhängigkeit.....	162
Tabelle 158:	M14 - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	163
Tabelle 159:	M14 - Andere Folgewirkungen	163
Tabelle 160:	M14 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	164
Tabelle 161:	MB I - Übersicht wesentlicher Effekte.....	166
Tabelle 162:	MB I - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	166
Tabelle 163:	MB I - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	167
Tabelle 164:	MB I - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	167
Tabelle 165:	MB I - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	168
Tabelle 166:	MB I - Be- und Entlastungswirkungen	168
Tabelle 167:	MB I - Importabhängigkeit.....	169
Tabelle 168:	MB I - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	169
Tabelle 169:	MB I - Andere Folgewirkungen	170
Tabelle 170:	MB I - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	170

Tabelle 171:	MB II - Übersicht wesentlicher Effekte.....	172
Tabelle 172:	MB II - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	173
Tabelle 173:	MB II - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	173
Tabelle 174:	MB II - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	174
Tabelle 175:	MB II - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	174
Tabelle 176:	MB II - Be- und Entlastungswirkungen	175
Tabelle 177:	MB II - Importabhängigkeit.....	175
Tabelle 178:	MB II - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	176
Tabelle 179:	MB II - Andere Folgewirkungen	176
Tabelle 180:	MB II - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	177
Tabelle 181:	MB III - Übersicht wesentlicher Effekte.....	179
Tabelle 182:	MB III - THG-Emissionen in den Stützjahren.....	179
Tabelle 183:	MB III - Umwelt- und Gesundheitseffekte.....	180
Tabelle 184:	MB III - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen	181
Tabelle 185:	MB III - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte	181
Tabelle 186:	MB III - Be- und Entlastungswirkungen	182
Tabelle 187:	MB III Importabhängigkeit.....	182
Tabelle 188:	MB III - Verkehrsleistung in den Stützjahren.....	183
Tabelle 189:	MB III Andere Folgewirkungen	183
Tabelle 190:	MB III - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft.....	183
Tabelle 191:	Übersicht bewerteter Maßnahmen	185
Tabelle 192:	Wesentliche Effekte und makroökonomische Folgewirkungen der Einzelmaßnahmen	191
Tabelle 193:	Wesentliche Effekte und makroökonomische Folgewirkungen der Maßnahmenbündel	194
Tabelle 194:	M1 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	202
Tabelle 195:	M1 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen	203
Tabelle 196:	M1 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	203
Tabelle 197:	M2 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	204
Tabelle 198:	M2 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen	204
Tabelle 199:	M2 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	204
Tabelle 200:	M3 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	205
Tabelle 201:	M3 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen	205
Tabelle 202:	M3 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	206
Tabelle 203:	M4 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	206
Tabelle 204:	M4 Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen.....	207
Tabelle 205:	M4 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	207
Tabelle 206:	M5 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	208
Tabelle 207:	M5 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen	208
Tabelle 208:	M5 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	208
Tabelle 209:	M6 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	209
Tabelle 210:	M6 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen	209
Tabelle 211:	M6 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	210

Tabelle 212:	M7 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	210
Tabelle 213:	M7 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	211
Tabelle 214:	M7 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	211
Tabelle 215:	M8 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	211
Tabelle 216:	M8 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	211
Tabelle 217:	M8 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	212
Tabelle 218:	M9 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	213
Tabelle 219:	M9 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	213
Tabelle 220:	M9 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	213
Tabelle 221:	M10 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	214
Tabelle 222:	M10 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	215
Tabelle 223:	M10 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	215
Tabelle 224:	M11 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	216
Tabelle 225:	M11 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	216
Tabelle 226:	M11 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	216
Tabelle 227:	M12 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	217
Tabelle 228:	M12 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	217
Tabelle 229:	M12 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	218
Tabelle 230:	M13 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	218
Tabelle 231:	M13 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	219
Tabelle 232:	M13 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	219
Tabelle 233:	M14 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	220
Tabelle 234:	M14 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	220
Tabelle 235:	M14 - Entwicklung makroökonomischer Effekte	220
Tabelle 236:	MB I - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	221
Tabelle 237:	MB I - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	221
Tabelle 238:	MB I - Entwicklung makroökonomischer Effekte	221
Tabelle 239:	MB II - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	222
Tabelle 240:	MB II - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	222
Tabelle 241:	MB II - Entwicklung makroökonomischer Effekte	222
Tabelle 242:	MB III - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte	223
Tabelle 243:	MB III - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngößen	223
Tabelle 244:	MB III - Entwicklung makroökonomischer Effekte	223

Abkürzungsverzeichnis

BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BEV	Battery Electric Vehicle, Elektroauto mit Batterie
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BWS	Bruttowertschöpfung
CGE	Computable general equilibrium model, berechenbares allgemeines Gleichgewichtsmodell
CNG	Compressed Natural Gas
EC	Europäische Kommission
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
D	Deutschland
EU	Europäische Union
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GEMIO	German Economic Model for Inputs and Outputs
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen
GWP	Global warming potential, Treibhauspotential
Kfz	Kraftfahrzeug
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LNG	Liquified natural gas
LPG	Liquefied Petroleum Gas; Autogas
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MJ	Megajoule
MZR	Motorisierte Zweiräder
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OH-Lkw	Oberleitungs-Hybrid-Lkw
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PwC	PricewaterhouseCoopers GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
THG	Treibhausgase
tkm	Tonnenkilometer
TREMOD	Transport Emission Model
UBA	Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzplans bzw. des Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung ist unter anderem der Verkehrssektor von elementarer Bedeutung. Während ökologische Bewertungen der Wirkung vieler Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr bereits detailliert vorliegen, gibt es aktuell nur wenige Analysen zu deren Kosten sowie ökonomischen Auswirkungen. Diese sind zudem in Bezug auf ihren Fokus und methodischen Ansatz sehr vielfältig (z.B. Kosten-Nutzen-Analysen, Input-Output-Analysen, Gleichgewichtsmodelle) und führen entsprechend zu unterschiedlichen, häufig schwer vergleichbaren Ergebnissen. Auch werden meist nur Teilaspekte, wie beispielsweise Wertschöpfung, Vermeidungskosten oder Verteilungsaspekte aufgegriffen und nur einzelne Szenarien, Maßnahmenbündel bzw. Einzelmaßnahmen/Instrumente¹ im Rahmen einzelner Studien bewertet. Daher ist die Umsetzung konkreter Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr derzeit noch mit großen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer ökonomischen Auswirkungen verbunden.

Das Ziel dieses Projektes ist eine detaillierte und transparente Bewertung ökonomischer Auswirkungen von konkreten Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor.

Methodik

Die Bewertung wurde in drei Schritten durchgeführt. Zuerst wurde eine Literaturanalyse über bereits untersuchte Maßnahmen, verwendete Analyseansätze, bewertete Indikatoren, zum Einsatz gekommene Modelle, die zugrunde liegenden Annahmen und notwendige Datenbasis durchgeführt. Der zweite Schritt beinhaltete den Aufbau eines einheitlichen Bewertungsansatzes zur Abschätzung der ökonomischen Auswirkungen auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als auch für einzelne Branchen sowie des darin verzahnten, notwendigen Modell-Rahmens. Im dritten Schritt wurde die Bewertung von 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel durchgeführt und die maßnahmenspezifischen Ergebnisse einem Quervergleich unterzogen.

Literaturrecherche

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine umfassende Literaturrecherche zu bewerteten Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr und verwendeten Analyseansätze durchgeführt und der aktuelle Stand der Forschung erschlossen. Die Ergebnisse sind im nachfolgenden Bericht zusammengefasst, doch würde eine Darstellung an dieser Stelle den Rahmen dieser Zusammenfassung überschreiten. Auf Basis des betrachteten Forschungsstandes wurden folgende Anforderungen an den Bewertungsansatz zur Beantwortung der grundlegenden Forschungsfrage formuliert:

- ▶ Grundlegende Kategorisierung von Kosten- und Nutzeneffekten: Konzeptionelle Abbildung der Ermittlung einzelwirtschaftlicher (oder systemanalytischer) Kosten- und Nutzenwirkungen, makroökonomischer Wirkungen und Verteilungswirkungen.
- ▶ Konsistente Output-Größen: Verwendung eines einheitlichen und konsistenten Sets an Kosten- und Nutzengrößen, welches für eine größtmögliche Breite an Maßnahmen plausibel abgeschätzt werden kann.

¹ Wenn sich in diesem Bericht auf Maßnahmen bezogen wird, dann meint dies verkürzt verkehrliche Instrumente, Maßnahmen sowie Maßnahmenbündel. Hierbei werden Instrumente als Gesamtheit von staatlichen Maßnahmen zur umweltpolitischen Zielerreichung aufgefasst.

- ▶ Konsistente Bewertung nicht-monetärer Größen: Verwendung einer einheitlichen Bewertungsgrundlage zur monetären Bewertung von nicht-monetären Größen, wie CO₂-Emissionen, über alle zu bewertenden Maßnahmen.
- ▶ Diskontierung: Verwendung eines identischen Zeitraums für die Bewertung der Kosten- und Nutzenwirkungen je Maßnahme sowie die Nutzung eines einheitlichen Diskontfaktors zur Abzinsung zukünftiger Effekte auf ein einheitliches Basisjahr.
- ▶ Modellansatz: Verwendung eines Bottom-up-Modellansatzes zur Bestimmung der einzelwirtschaftlichen (oder systemanalytischen) Kosten- und Nutzenwirkungen. Für die Untersuchung gesamtwirtschaftlicher Effekte kommt ein Input-Output-Modell zum Einsatz.

Bewertungsansatz

Im Rahmen dieses Vorhabens wurde ein einheitlicher Bewertungsansatz der ökonomischen Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr erarbeitet. Neben einzelwirtschaftlichen Effekten im Verkehrssektor, ermöglicht dieser auch die Bewertung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen für Deutschland. Die Analysen umfassen einen Wirkungszeitraum bis zum Jahr 2050, wobei alle Maßnahmen vor dem Jahr 2030 eingeführt werden.

In die Bewertung fließen drei unterschiedliche Kategorien an Wirkungen ein. Erstens werden sogenannte systemanalytische Kosten und Nutzen ermittelt. Dazu werden Mehrkosten der Maßnahmenumsetzung gegenüber einer Standardtechnologie und auch Effekte in den Bereichen Energie, Treibhausgase, Luftschadstoffe, Stau und Lärm bestimmt. Diese weiteren Effekte werden monetarisiert und den Mehrkosten sowie der Einsparung bei Treibhausgasen gegenübergestellt. Zweitens werden makroökonomische Effekte auf Bruttoinlandsprodukt Bruttowertschöpfung und Arbeitsplätze ermittelt. Drittens erfolgt eine Untersuchung der Be- und Entlastung der Marktakteure Staat, Wirtschaft und Haushalte.

Zur Bewertung der unterschiedlichen Kategorien an Wirkungen werden verschiedene Analysemethoden eingesetzt. Die einzelwirtschaftliche Analyse ermittelt im Wesentlichen die Kosten- und Nutzenwirkungen im Verkehrssektor, wohingegen die gesamtwirtschaftliche Analyse die Wirkungen der einzelwirtschaftlichen Wirtschaftsimpulse (im Wesentlichen die systemanalytischen Mehrkosten und Energiekosten) in der Gesamtwirtschaft ermittelt.

Die Durchführung der Bewertung einer Maßnahme erfolgt dabei in mehreren Schritten. In einem ersten Schritt wird eine Wirkungskette der Maßnahmen erstellt, welche die Reaktionen auf die Einführung der Maßnahme bzw. Anpassungsprozesse im Verkehrssektor und der Gesamtwirtschaft abbilden. In einem zweiten Schritt wird die Reaktion im einzelwirtschaftlichen Analyse-Modell abgebildet und der Referenzentwicklung gegenübergestellt. In einem dritten Schritt dienen die einzelwirtschaftlichen und jahresscharfen Wirtschaftsimpulse als Ausgangspunkt für gesamtwirtschaftliche Modellrechnungen zur Abbildung der gesamtwirtschaftlichen Anpassungsprozesse. In einem vierten Schritt erfolgt aus den Erkenntnissen beider Analysen die Untersuchung der Be- und Entlastungen der Marktteilnehmer.

Modellierung der einzelwirtschaftlichen Wirkungen

Zur Durchführung der einzelwirtschaftlichen Analyse wurde ein Bottom-up Modell entwickelt, das den deutschen Verkehrssektor bis zum Jahr 2050 detailliert abbildet. Ziel des Modells ist eine möglichst genaue Abbildung des Ist-Zustands sowie der Entwicklung des deutschen Verkehrssektors. Zudem ermöglicht das Modell, die Maßnahmen abzutragen und deren Wirkung auf den deutschen Verkehrssektor zu modellieren. Grundlage des Modells sind die Daten des „Transport Emission Model“ (TREMOD) Version 5.83 des UBA (Stand: März 2019). Eine ausführliche Dokumentation des TREMOD liefert das Ifeu-Institut (2016). Jedoch bezieht sich diese Dokumentation auf die Vor-Version 5.63. Das Modell wird mit weiteren Rahmendaten bzw. -annahmen ergänzt, um die Breite an Ergebnisgrößen abzubilden, die nicht in TREMOD vorhanden sind (wie beispielsweise Benzin-Kosten). Die Prämissen sind im nachfolgenden Bericht zusammengefasst.

Basierend auf den TREMOD-Daten lässt sich das Modell in vier Dimensionen unterteilen: Verkehrs- und Fahrleistungen, Schadstoff- und THG-Emissionen, Flottenbestand und dessen Entwicklung sowie den Energieverbrauch im Verkehrssektor. Aus den gelieferten Daten lassen sich zudem einige weitere Kennzahlen ableiten. So können beispielsweise aus dem Energieverbrauch und der Verkehrsleistung spezifische Emissionsfaktoren gebildet werden, die für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen eine große Rolle spielen. Betrachtet werden jeweils der Straßen, Schienen-, Binnenschiffs- sowie Flugverkehr, wobei der Fokus auf dem Straßenverkehr liegt.

Wesentliche Ergebnisgrößen der einzelwirtschaftlichen Analyse sind Verkehrsleistung (Personenkilometer (Pkm), Tonnenkilometer (tkm)), Energiebedarf bzw. -kosten, Investitions- und Betriebskosten, Emissionen aus Treibhausgasen und Luftschadstoffen (NO₂, NO_x, Feinstaub) und damit verbundene Kosten sowie Lärm- und Staukosten.

Modellierung der gesamtwirtschaftlichen Wirkungen

Zur Durchführung der gesamtwirtschaftlichen Analyse von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr wird das von PwC entwickelte Input-Output Modell „German Economic Model for Inputs and Outputs“ (**GEMIO**) eingesetzt.

Das Modell von PwC dient der Abschätzung von gesamtwirtschaftlichen Effekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ökonomische Verflechtungen zwischen den einzelnen Wirtschaftssektoren werden anhand von Input-Output-Tabellen dargestellt. Mittels mathematischer Modellierung können die volkswirtschaftlichen Effekte durch eine Veränderung der Input-Variablen berechnet werden. Das GEMIO-Modell weist mit 72 abgebildeten Wirtschaftssektoren eine sehr hohe Granularität auf. Für Deutschland weist es durch die Nutzung der Destatis-Veröffentlichung eine hohe Vergleichbarkeit mit offiziellen Untersuchungen auf. Das Ausland wird durch Daten der World Input-Output Database (WIOD) im Modell abgebildet, was Aussagen zu weltweiten Handelsströmen und THG-Emissionen auf der Datenbasis von 44 Ländern bzw. Ländergruppen ermöglicht.

Aufbauend auf maßnahmenspezifische Wirkungsketten und der Ergebnisse aus der einzelwirtschaftlichen Analyse werden die indirekten Folgen im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Analyse mittels des GEMIO-Modells abgeschätzt. Hierbei werden jahresscharfe direkte, indirekte und induzierte Effekte berücksichtigt und die bisherigen Erkenntnisse zu den maßnahmenspezifischen Investitions-, Infrastruktur-, Betriebs- und Energiekosten als (positiver oder negativer) Wirtschaftsimpuls pro Jahr abgebildet. In der Dokumentation der Ergebnisse werden die jährlichen Einzelimpulse diskontiert und der Barwert kumuliert über den Betrachtungszeitraum abgebildet. Gesamtwirtschaftliche Umwelt- und Gesundheitsgrößen werden ebenso monetarisiert und als Barwert ausgedrückt.

Darüber hinaus wurde im Rahmen dieses Projektes die Erreichung der Sektorziele gemäß Klimaschutzplan 2050 und Klimaschutzgesetz in der Modellierung der Referenzentwicklung für alle anderen relevanten Sektoren (z.B. Energie oder Industrie) unterstellt und abgebildet. Für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen mittels des GEMIO-Modells werden jahresscharfe Emissionsfaktoren hinterlegt, die die Erreichung der Sektorziele abbilden.

Wesentliche Ergebnisgrößen der gesamtwirtschaftlichen Analyse sind die makroökonomischen Indikatoren Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung, Arbeitsplätze sowie externe Effekte der Emissionen aus Treibhausgasen und Luftschadstoffen (NO₂, NO_x, Feinstaub, SO₂, NH₃, NMVOC) und damit verbundene Kosten. Diese makroökonomischen Größen lassen sich in direkte, indirekte und induzierte Wertschöpfungseffekte unterteilen.

Es ist zu beachten, dass es sich bei Input-Output-Modellen um statische Modelle handelt. Die im Modell hinterlegten wirtschaftlichen Verflechtungen ändern sich im Zeitverlauf nicht. Mögliche Transformationen von Industrien oder Veränderungen von Wertschöpfungsketten können demnach nicht abgebildet werden (z.B. Mobilitätsdienstleistungen, größere Wertschöpfung durch Automatisierung oder der Auf- bzw. Ausbau einer Batterieindustrie). Diese könnten jedoch dazu beitragen, etwaige ausgewiesene negativen Effekte zu mindern oder auszugleichen.

Bewertete Maßnahmen

In diesem Forschungsvorhaben wurden insgesamt 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel für eine ökonomische Bewertung vom Auftraggeber ausgewählt. Dabei sind die Maßnahmen Nr. 1-11 Bestandteil des UBA Positionspapiers „Kein Grund zur Lücke“ (2019). Die Maßnahmenbündel I und II dieses Forschungsvorhabens sind dabei an die Etappen zwei und drei des Positionspapiers angelehnt. Tabelle 1 zeigt die in diesem Forschungsvorhaben bewerteten Maßnahmen und Maßnahmenbündel. Eine ausführliche Beschreibung der Maßnahmen und Maßnahmenbündel findet sich in Kapitel 4.

Tabelle 1: Übersicht bewerteter Maßnahmen

Lfd. Nr.	Maßnahme	Kürzel	Kurzbezeichnung
1	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M1	CO ₂ -Bepreisung (205 €)
2	Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen	M2	E-Quote
3	Reform der Dienstwagenbesteuerung	M3	Dienstwagen
4	Abschaffung der Entfernungspauschale	M4	Entfernungs- pauschale
5	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I	M5	Lkw-Maut (205 €)
6	Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h	M6	Tempolimit
7	Bonus-Malus System beim Kauf von Neufahrzeugen	M7	Bonus-Malus-System
8	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe II (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M8	CO ₂ -Bepreisung (80 €)
9	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut II	M9	Lkw-Maut (80 €)
10	Förderung Umweltverbund (ÖPNV, Schienenpersonenfernverkehr, Radverkehr)	M10	Umweltverbund
11	Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw	M11	OH-Lkw
12	Stärkung des Schienengüterverkehrs	M12	Schienen- güterverkehrs
13	Förderung ÖPNV	M13	Förderung ÖPNV
14	Pkw-Maut	M14	Pkw-Maut
15	Maßnahmenbündel I (mit Maßnahme Nr. 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10)	MB I	-
16	Maßnahmenbündel II (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11)	MB II	-
17	Maßnahmenbündel III (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14)	MB III	-

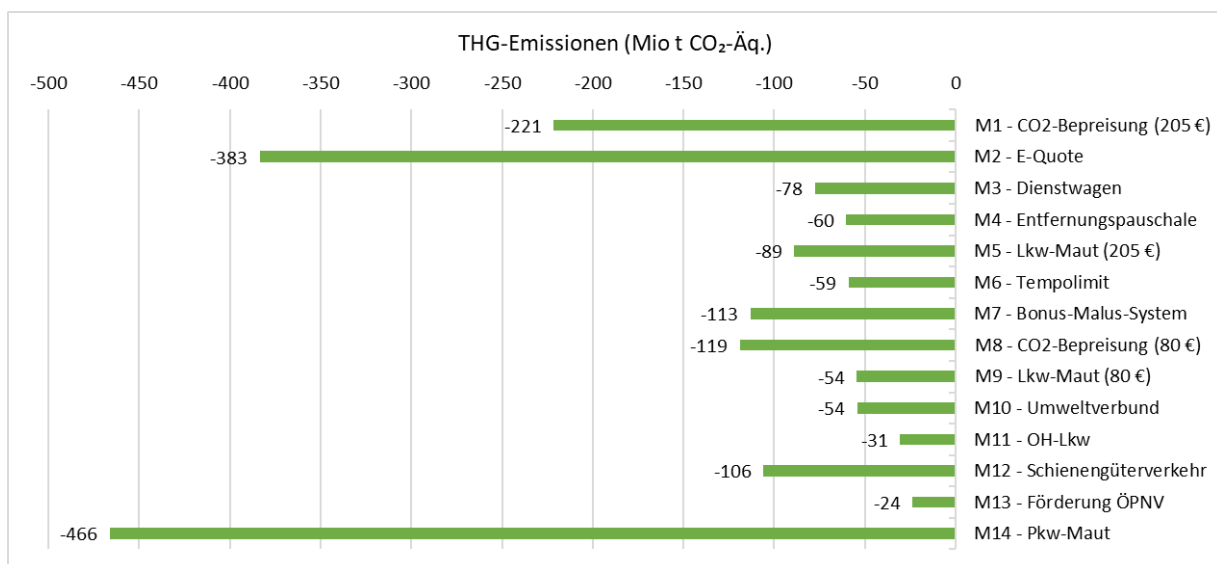
Quelle: eigene Darstellung

Ergebnisse der Bewertung

Auf Basis des verwendeten Modellverbundes lassen sich die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen von klimapolitischen Maßnahmen im Verkehr adäquat abbilden und ermöglichen eine vergleichende Analyse der 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel. Die Einzelmaßnahmen und Maßnahmenbündel lassen sich zum Beispiel anhand der eingesparten THG-Emissionen bewerten. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 und Abbildung 2 dargestellt.

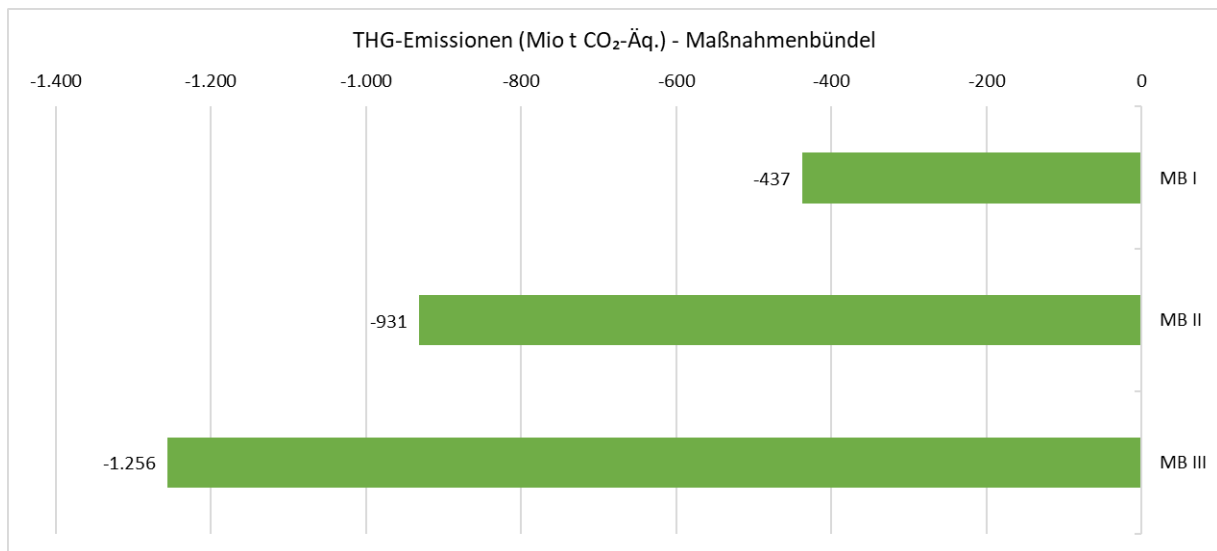
Alle Maßnahmen sowie die drei Maßnahmenbündel sparen in der Gesamtbetrachtung bis 2050 THG-Emissionen ein. Die Höhe der kumulierten Einsparung variiert deutlich zwischen den Maßnahmen. Maßnahmen wie die CO₂-Bepreisung (205 Euro/t CO₂-Äq.) (M1), die E-Quote (M2) oder die Pkw-Maut (M14) sparen über den Bewertungszeitraum mehrere Hundert Mio. t CO₂-Äq. ein. Die Maßnahmen Tempolimit auf Autobahnen (M6), Ausweitung Lkw-Maut (80 Euro/t CO₂-Äq.) (M9), Förderung des Umweltverbundes (M10), Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw (M11) und Stärkung des ÖPNV (M13) sparen hingegen weniger als 60 Mio. t CO₂-Äq. ein.

Abbildung 1: Kumulierte THG-Emissionen der Einzelmaßnahmen bis 2050



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 2: Kumulierte THG-Emissionen der Maßnahmenbündel bis 2050

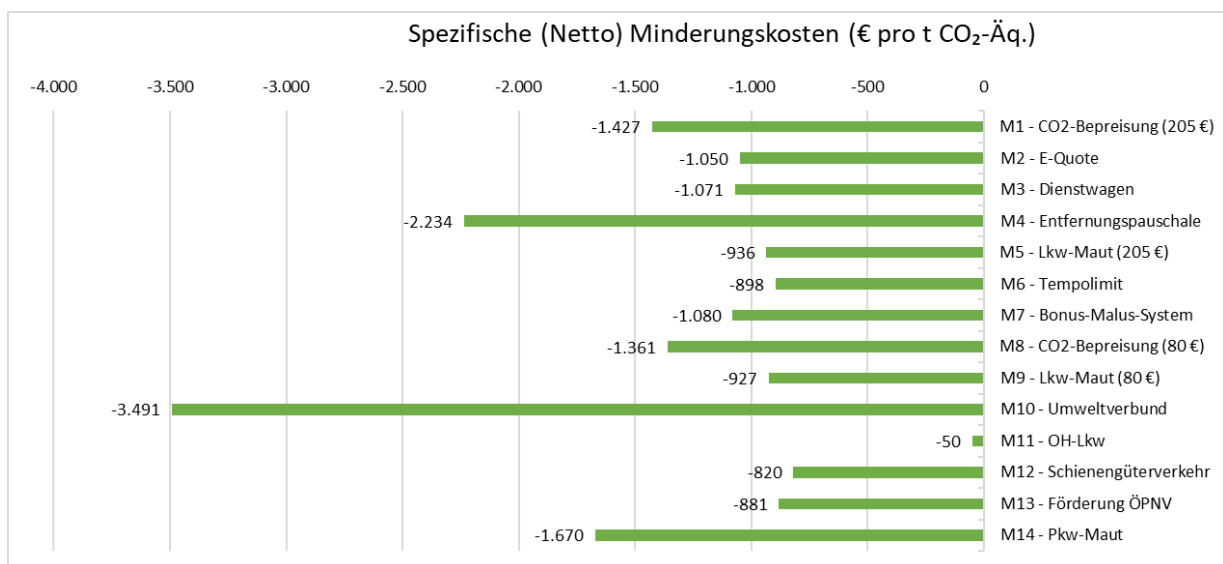


Anmerkungen: MB I entspricht einem Bündel mit den sieben Maßnahmen Nr. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10; MB II entspricht einem Bündel mit den neun Maßnahmen Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11; MB III entspricht einem Bündel mit den zehn Maßnahmen Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14.

Quelle: eigene Darstellung

Für dieses Vorhaben erfolgt der Vergleich der Maßnahmen und Maßnahmenbündel anhand der ökonomischen Kosteneffizienz, d.h. den spezifischen (Netto-)Minderungskosten. Die spezifischen (Netto-)Minderungskosten setzen die Einsparungen an THG-Emissionen ins Verhältnis zu den für die Maßnahmenumsetzung notwendigen Kosten. Anhand dieser Kennzahl lassen sich besonders effiziente Maßnahmen identifizieren. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

Abbildung 3: Vergleich der spezifischen (Netto-)Minderungskosten (Einzelmaßnahmen)

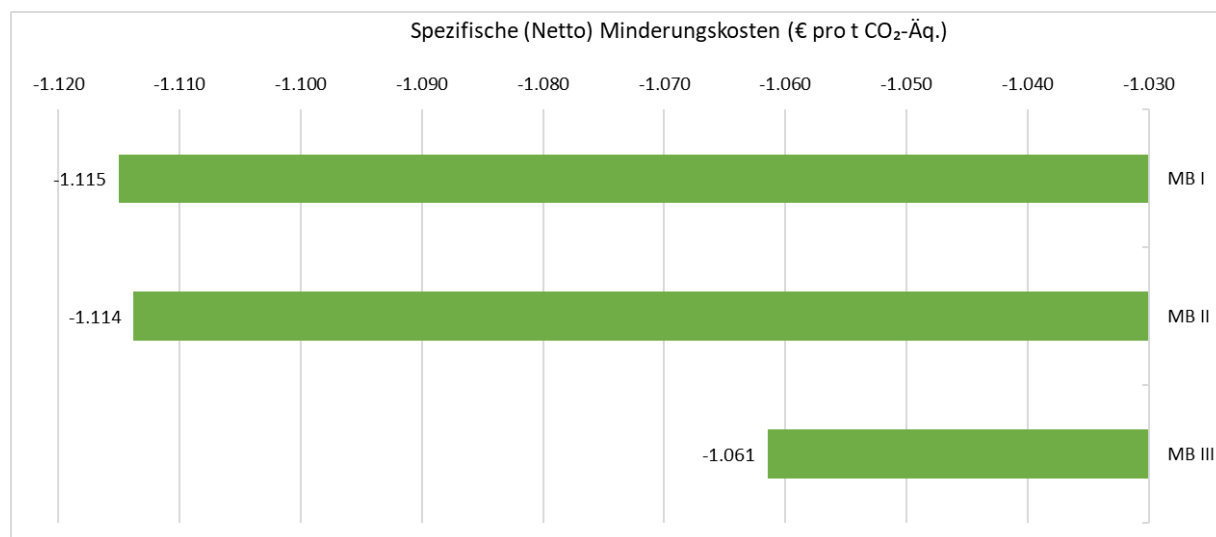


Quelle: eigene Darstellung

Alle untersuchten Maßnahmen sind in der Umsetzung wirtschaftlich vorteilhaft, da unter Berücksichtigung externer Effekte der bewertete Nutzen die Kosten überwiegt. Dies bedeutet pro eingesparter Tonne CO₂ entsteht ein Nettonutzen. Es ist zu beachten, dass die deutliche

Vorteilhaftigkeit der Maßnahme Förderung des Umweltverbundes (M10) daraus resultiert, dass keine Infrastrukturkosten für ÖPNV anfallen bzw. für den Schienenpersonenfernverkehr bestimmbar waren. Die geringste Vorteilhaftigkeit ist bei der Maßnahme Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw (M11), bedingt durch hohe Investitionskosten, zu beobachten. Auch die Maßnahmenbündel sind in ihrer Umsetzung wirtschaftlich vorteilhaft, da alle drei Maßnahmenbündel negative (Netto-)Minderungskosten aufweisen.

Abbildung 4: Vergleich der spezifischen (Netto-)Minderungskosten (Maßnahmenbündel)



Anmerkungen: MB I entspricht einem Bündel mit den sieben Maßnahmen Nr. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10; MB II entspricht einem Bündel mit den neun Maßnahmen Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11; MB III entspricht einem Bündel mit den zehn Maßnahmen Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14.

Quelle: eigene Darstellung

Fazit

Der in dieser Studie erarbeitete einheitliche Bewertungsansatz ermöglicht eine vergleichende Bewertung der ökonomischen Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Neben einzelwirtschaftlichen Effekten im Verkehrssektor, ermöglicht dieser auch die Bewertung gesamtwirtschaftlicher Wirkungen für Deutschland jeweils unter Berücksichtigung von externen Effekten.

Die durchgeführte Bewertung zeigt, dass alle Maßnahmen in der Umsetzung wirtschaftlich vorteilhaft sind, da unter Berücksichtigung externer Effekte der bewertete Nutzen die Kosten im Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050 überwiegt. Dies bedeutet pro eingesparter Tonne CO₂ entsteht ein Nettonutzen.

Bei der Höhe der Be- und Entlastung kann es zu Unterschieden zwischen den Akteuren kommen. Zudem können die einzelnen Akteure im Zeitverlauf unterschiedliche Be- und Entlastungsphasen durchlaufen. Beispielsweise können Käufer von Elektroautos zuerst höhere Aufwendungen für Elektroautos haben, welche sich im Zeitverlauf über eingesparte Energiekosten amortisieren und dann zu einem insgesamt vorteilhaften Kosten-Nutzen-Verhältnis führen. Diese Aspekte sollten bei der Umsetzung der Maßnahmen – beispielsweise durch Transferzahlungen – berücksichtigt werden.

Darüber hinaus gehen die wirtschaftlich vorteilhaften Maßnahmen oftmals mit einer Reduzierung der Verkehrsleistung und auch der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage nach Energie sowie Fahrzeugen einher. Dies hat negative Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt, die Bruttowertschöpfung und die Anzahl an Arbeitsplätzen, während die Gesamtkostenbewertung

inkl. externer Kosten gleichwohl positiv ausfällt. Es gilt hierbei zu beachten, dass die angewandte statische Input-Output-Analyse Veränderungsprozesse in Industrien oder Wertschöpfungsketten nicht abbildet. Dieser Anpassungsprozess kann helfen, die negativen makroökonomischen Effekte auszugleichen.

Hinsichtlich der Höhe der THG-Einsparungen lässt sich festhalten, dass eine Reihe von Maßnahmen umgesetzt werden müssen, damit der Verkehrssektor seine Klimaschutzziele erreichen kann. Bei der Auswahl der Maßnahmen sollten neben den Ergebnissen zur Kosteneffizienz von Maßnahmen auch weitere Effekte, wie die intertemporale Be- und Entlastungswirkungen, die Wirkungen auf die Sektorkopplung sowie makroökonomische Effekte (BWS, BIP, Arbeitsplätze) nicht unberücksichtigt bleiben.

Weitere Forschungsarbeiten könnten bei der Entwicklung eines Ansatzes hilfreich sein, welcher Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Rechnung noch besser mit den Verteilungsaspekten und makroökonomischer Folgen in einer einheitlichen Bewertungsgröße zusammenzuführt.

Summary

The transport sector, among others, is of fundamental importance for achieving the goals of the Climate Protection Plan and the Climate Protection Act of the German Federal Government. While detailed ecological assessments of the effects of many climate protection measures in the transport sector are already available, there are currently only a few analyses of their costs and economic effects. The corresponding results are often hardly to compare due to the focus on partial aspects or inconsistent goals or methodical approaches (e.g. cost-benefit analyses, input-output analyses, computable general equilibrium models). Thus, the implementation of climate protection measures in transport suffer from uncertainty regarding the corresponding economic impacts.

The goal of this project is a detailed and transparent assessment of economic impacts of specific climate protection measures in the transport sector.

Methodology

The evaluation was performed in three steps. First, a literature review was conducted on measures already studied, analytical approaches used, indicators assessed, models used, underlying assumptions and necessary data basis. The second step involved the development of a uniform assessment approach for estimating the economic impact at the macroeconomic level and for individual sectors, as well as the necessary interlinked model framework. In the third step, 14 individual measures and three bundles of measures were assessed, and the specific results were cross-compared.

Literature Review

In the course of this work, a comprehensive literature review was conducted on assessed climate protection measures in transport and the analysis approaches used, and the current state of research was made accessible. The results are summarized in the following report, but a presentation at this point would exceed the scope of this summary. Based on the state of research considered, the following requirements for the assessment approach were formulated to answer the fundamental research question.

- ▶ Basic categorization of cost and benefit effects: Conceptual mapping of the identification of microeconomic (or system-analytical) cost and benefit effects, macroeconomic effects, and distributional effects.
- ▶ Consistent output measures: Use of a uniform and consistent set of cost and benefit measures that can be reasonably estimated for the widest possible range of measures.
- ▶ Consistent assessment of non-monetary measures: Use of a consistent assessment basis for the monetary assessment of non-monetary quantities, such as CO₂ emissions, across all measures to be evaluated.
- ▶ Discounting: using an identical period for assessing the cost and benefit effects per measure and using a uniform discount factor to discount future effects to a uniform base year.
- ▶ Model approach: Use of a bottom-up model approach to determine the microeconomic (or system-analytical) cost and benefit effects. An input-output model is used to study macroeconomic effects.

Assessment Approach

Within the framework of this project, a uniform evaluation approach for the economic effects of climate protection measures in the transport sector was developed. In addition to microeconomic effects in the transport sector, this approach also allows the assessment of macroeconomic effects for Germany. The analyses cover an impact period up to the year 2050, with all measures being introduced before the year 2030.

Three different categories of effects are factored into the assessment. First, so-called system-analytical costs and benefits are determined. For this purpose, the additional costs of implementing the measures compared with a standard technology are identified as well as effects in the areas of energy, greenhouse gases, air pollutants, congestion and noise. These additional effects are monetized and compared with the additional costs and the savings in greenhouse gases. Second, macroeconomic effects on gross domestic product, gross value added and jobs are determined. Thirdly, the burden and relief of the market players government, economy and households are investigated.

Different analytical methods are used to assess the different categories of effects. The microeconomic analysis essentially determines the cost and benefit effects in the transport sector. The macroeconomic analysis, on the other hand, determines the effects of the microeconomic impulses (essentially the system-analytical additional costs and energy costs) in the overall economy.

The assessment of a measure is carried out in several steps. In a first step, an impact chain of the measures is created, which depicts the reactions to the introduction of the measure or adjustment processes in the transport sector and the overall economy. In a second step, the reaction is mapped in the microeconomic analysis model and compared with the reference scenario. In a third step, the microeconomic and annual economic impulses serve as a starting point for macroeconomic model calculations to map the macroeconomic adjustment processes. In a fourth step, the findings of both analyses are used to examine the burdens and reliefs on market players.

Modeling the Microeconomic Effects

To perform the microeconomic analysis, a bottom-up model was developed that depicts the German transport sector in detail up to the year 2050. The goal of the model is to depict the current state and the development of the German transport sector as accurately as possible. In addition, the model enables the measures to be mapped and their effect on the German transport sector to be modeled. The model is based on the data of the "Transport Emission Model" (TREMOM) version 5.83 of the UBA. A detailed documentation of the TREMOD is provided by the Ifeu Institute (2016). However, this documentation refers to the pre-version 5.63. The model is supplemented with additional framework data as well as assumptions in order to represent the width of result variables that are not available in TREMOD (such as gasoline costs). The underlying assumptions are summarized in the following report.

Based on TREMOD data, the model can be divided into four dimensions: Traffic and driving performance, pollutant and GHG emissions, fleet stock and its development, and energy consumption in the transport sector. Several other metrics can further be derived from the data provided. For example, specific emission factors can be formed from energy consumption and transport performance, which play a major role in the assessment of climate protection measures. The data covers road, rail, inland waterway and air traffic, with a particular focus on road traffic.

Key outcome variables of the microeconomic analysis are transport performance (passenger kilometers (pkm), ton kilometers (tkm)), energy demand respectively costs, investment and operating costs, emissions from greenhouse gases and air pollutants (NO₂, NO_x, particulate matter) as with associated costs, noise and congestion costs.

Modeling the Macroeconomic Effects

The input-output model "German Economic Model for Inputs and Outputs" (GEMIO) developed by PwC is used to perform the macroeconomic analysis of climate protection measures in transport.

PwC's model is used to estimate macroeconomic effects along the entire value chain. Economic interdependencies between the individual sectors of the economy are depicted using input-output tables. By means of mathematical modeling, the economic effects can be calculated by changing the input variables. With 72 economic sectors represented, the GEMIO model has a very high level of granularity. For Germany it shows a high comparability with official studies by using the Destatis publication. Foreign countries are represented in the model by data from the World Input-Output Database (WIOD), which allows statements on global trade flows and GHG emissions on the data basis of 44 countries respectively country groups.

Based on measure-specific impact chains and the results from the microeconomic analysis, the indirect consequences are estimated as part of the macroeconomic analysis using the GEMIO model. This considers year-specific direct, indirect and induced effects and maps the previous findings on measure-specific investment, infrastructure, operating and energy costs as a (positive or negative) economic impulse per year. In the documentation of the results, the annual individual impulses are discounted, and the present value is mapped cumulatively over the period under consideration. The sector-specific macroeconomic model results of the non-monetary environmental and health effects are then assigned a monetization factor as well and expressed as a present value.

In addition, within the framework of this project, the achievement of the sectoral targets according to the Climate Protection Plan 2050 and the Climate Protection Act was assumed and mapped in the modeling of the reference scenario for all relevant sectors (such as energy and industry). For the calculation of the overall economic GHG emissions by using the GEMIO model, year-specific emission factors are defined, which represent the achievement of the sectoral targets.

Key macroeconomic outcome variables are the macroeconomic indicators gross domestic product, gross value added, jobs, and external effects of emissions from greenhouse gases and air pollutants (NO₂, NO_x, particulate matter, SO₂, NH₃, NMVOC) and the associated costs. These macroeconomic variables can be divided into direct, indirect, and induced value-added effects.

It is important to note that input-output models are static models and the underlying economic interdependencies are assumed to be constant over time. Changes of economic interdependencies over time or the transformation of industries are not incorporated (such as mobility services, notable value added by automatization or the industrial development of battery manufacturing). These might contribute to reduce or offset negative effects that might be shown in the evaluation of measures in this study.

Measures Covered

In this research project, a total of 14 individual measures and three bundles of measures were selected by the client for an economic assessment. The measures No. 1-11 are part of the UBA paper "Kein Grund zur Lücke" (2019). The bundles of measures I and II of this research project are based on stages two and three of the position paper. The table above (Tabelle 2) displays the measures and bundles of measures assessed in this research project.

Tabelle 2: Overview of evaluated measures

#	Measure	Code	Short title
1	CO ₂ pricing for fossil fuels I (incl. alignment of the energy tax rate of diesel with gasoline).	M1	CO ₂ pricing (205 €)
2	Quota for electric vehicles in new registrations of cars and light commercial vehicles	M2	Quota BEV
3	Company car taxation reform	M3	Company car
4	Abolition of commuting allowance	M4	Commuting allowance
5	Extension and increase of truck toll I	M5	Truck toll (205 €)
6	Speed limit on federal highways of 120 km/h	M6	Speed limit
7	Bonus-malus system for the purchase of new vehicles	M7	Bonus-Malus-System
8	CO ₂ pricing for fossil fuels II (incl. alignment of the energy tax rate for diesel with gasoline)	M8	CO ₂ pricing (80 €)
9	Extension and increase of truck toll II	M9	Truck toll (80 €)
10	Promotion of public transport and active mobility (ecomobility)	M10	Ecomobility
11	Overhead catenary systems for trucks on federal highways and approvals of catenary hybrid trucks	M11	Catenary hybrid trucks
12	Strengthening rail freight transport	M12	Rail freight transport
13	Public transport promotion (local public transport, long-distance passenger rail transport, bicycle traffic)	M13	Public transport
14	Distance based toll for cars	M14	Car toll
15	Bundle of measures I (measure no. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10)	MB I	-
16	Bundle of measures II (measure no. 1, 2, 3 ,4, 5, 6, 7, 10, 11)	MB II	-
17	Bundle of measures III (measure no. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14)	MB III	-

Source: own presentation

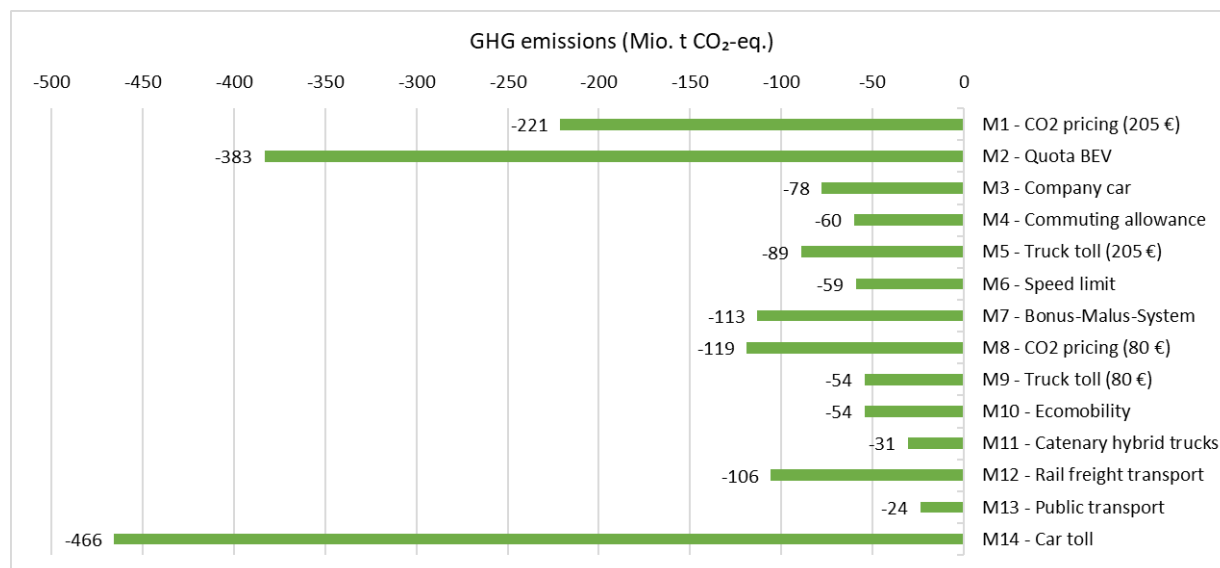
Results of the Assessment

Based on the model network used, the ecological and economic effects of climate policy measures in transport can be adequately mapped and allow a comparative analysis of the 14 individual measures and three bundles of measures. The individual measures and bundles of measures can be assessed, for example, based on the greenhouse gas emissions saved. The results are shown in the figures below (Abbildung 5 and Abbildung 6).

All measures and all three bundles of measures save greenhouse gas emissions in transport in the overall assessment up to 2050. The amount of savings varies significantly between the

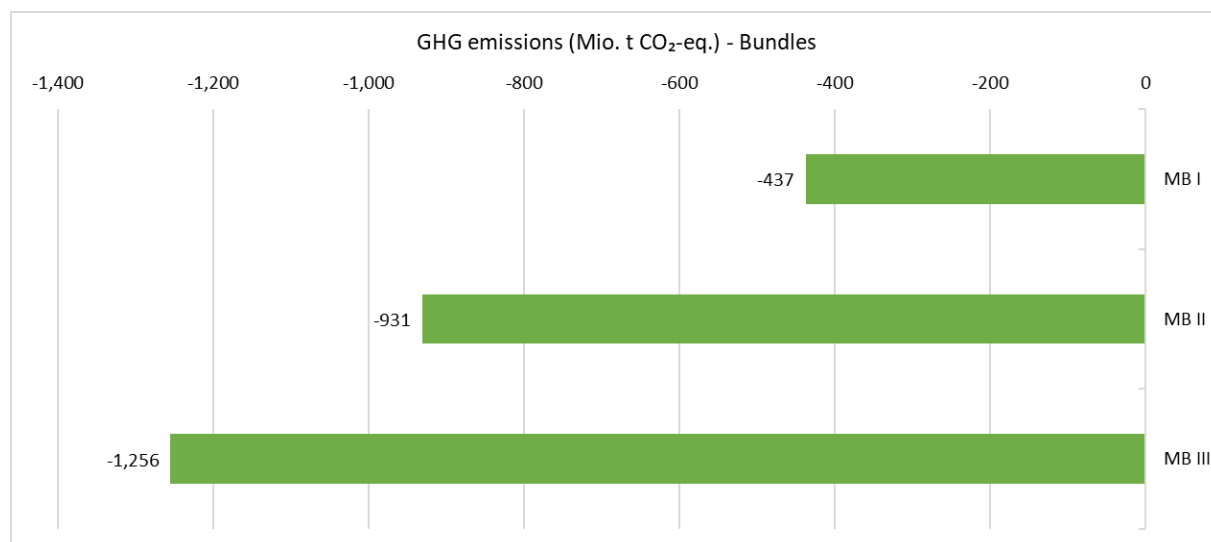
measures. Measures such as CO₂ pricing (205 euros/t CO₂) (M1), the Quota BEV (M2) or the car toll (M14) save several hundred million t CO₂-eq. over the assessment period. In comparison, the measures speed limit on federal highways (M6), extension of truck toll (80 Euro/t CO₂) (M9), promotion of the ecomobility (M10), catenary hybrid trucks (M11) and promotion of public transport (M13) save less than 60 million t CO₂-eq.

Abbildung 5: Cumulative greenhouse gas emissions of individual measures by 2050



Source: own presentation

Abbildung 6: Cumulative greenhouse gas emissions of bundles by 2050

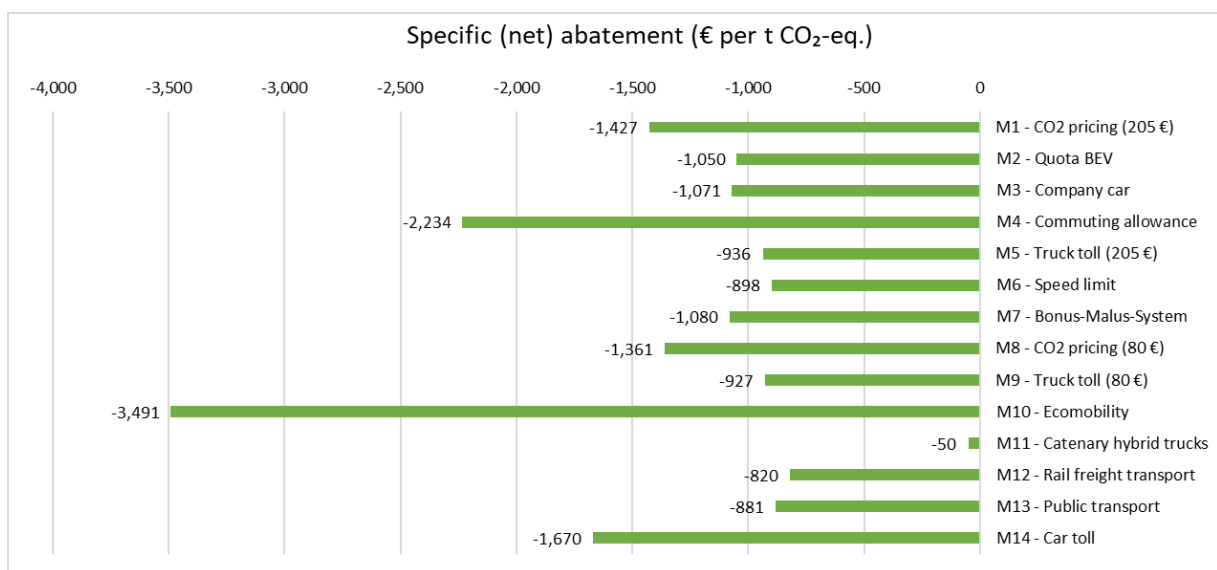


Note: MB I is a bundle of seven measures No. 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10; MB II is a bundle of nine measures No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11; MB III is a bundle of nine measures No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14.

Source: own presentation

For this project, the comparison of measures and bundles of measures is based on the economic cost-effectiveness, i.e. the specific (net) abatement costs. The specific (net) abatement costs put the savings in greenhouse gas emissions in relation to the costs necessary for the implementation of the measures. This metric can be used to identify particularly efficient measures. The results are shown in the figures below (Abbildung 7 and Abbildung 8).

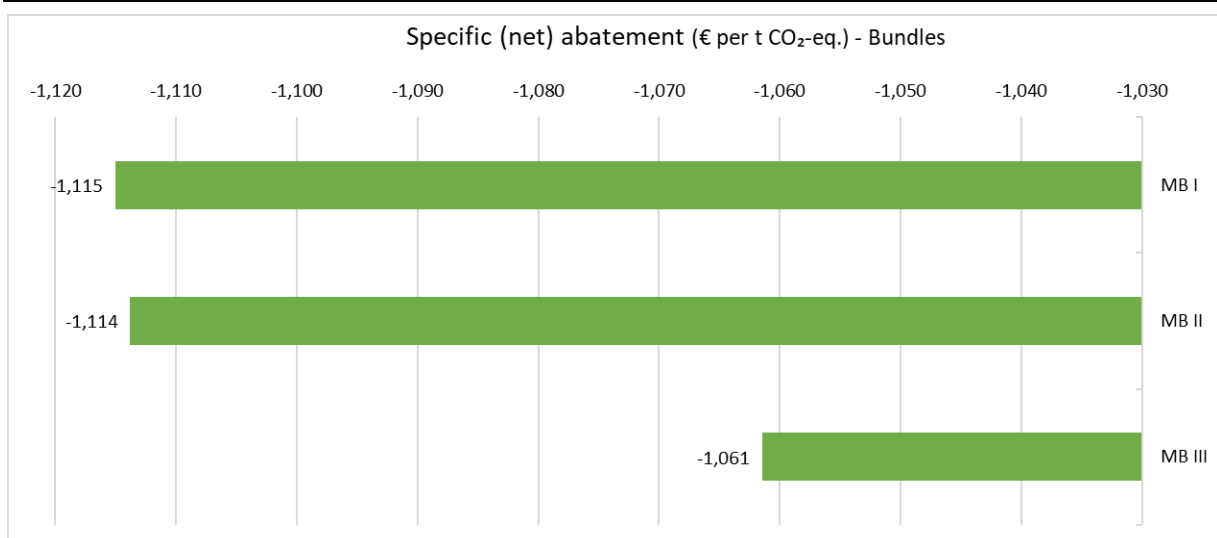
Abbildung 7: Comparison of specific (net) abatement costs (measures)



Source: own presentation

All measures examined are economically advantageous when implemented. This is because the assessed benefits outweigh the costs when external effects are considered. This means that there is a net benefit per ton of CO₂ saved. It is important to note that the very positive cost assessment of the measure promotion of the ecomobility (M10) is driven by no infrastructure investments assumed for local public transport and no infrastructure investments determinable for long-distance passenger rail transport. The low but positive cost assessment of the measure catenary hybrid trucks (M11) is related to high infrastructure investments. The bundles of measures are also economically advantageous in their implementation, since all three bundles of measures have negative (net) abatement costs.

Abbildung 8: Comparison of specific (net) abatement costs (bundles)



Note: MB I is a bundle of seven measures No. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10; MB II is a bundle of nine measures No. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11; MB III is a bundle of nine measures No. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14.

Source: own presentation

Conclusion

The standardized evaluation approach developed in this study enables a comparative evaluation of the economic effects of climate protection measures in the transport sector. In addition to microeconomic effects in the transport sector, it also enables the evaluation of macroeconomic effects for Germany, taking external effects into account.

The analysis carried out shows that all measures are economically advantageous when implemented, as the evaluated benefits outweigh the costs in the evaluation period up to the year 2050 when external effects are considered. This means that there is a net benefit per ton of CO₂ saved.

There may be differences between the stakeholders in the amount of the burden and relief. In addition, the different stakeholders can go through different burden and relief phases over time. For example, people purchasing electric cars may initially have higher expenses for electric cars, which are amortized over time through saved energy costs and then lead to an overall advantageous cost-benefit ratio. These aspects should be considered when implementing the measures - for example through transfer payments.

Furthermore, the economically advantageous measures are often accompanied by a reduction in transport performance and in the overall economic demand for energy as well as vehicles. This has negative effects on the gross domestic product, the gross value added and the number of jobs, while the overall cost assessment including external costs is nevertheless positive. It is important to note here that the static input-output analysis applied does not depict change processes in industries or value chains. However, this adjustment process can help to offset the negative macroeconomic effects.

Regarding the level of GHG savings, it can be concluded that a number of measures need to be implemented to enable the transport sector to achieve its climate change mitigation goals. When selecting measures, in addition to the results on the cost-effectiveness of measures, other effects such as the intertemporal burden and relief effects, the effects on sector coupling and macroeconomic effects (GVA, GDP, jobs) should not be disregarded.

Further research might be helpful to develop an approach that still better combines results of the cost-benefit-analysis, the distributional analyses as well as the macroeconomic impacts in one holistic indicator.

1 Einleitung und Zielsetzung

Zum Erreichen der Ziele des Klimaschutzplans bzw. des Klimaschutzgesetzes der Bundesregierung ist der Verkehrssektor von elementarer Bedeutung. Während Studien, die ökologische Bewertungen der Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr untersuchen, bereits in großer Zahl vorliegen, gibt es nur wenige Studien, die die damit verbundenen, ökonomischen Folgenabschätzungen vornehmen. Darüber hinaus besteht nur eine geringe Vergleichbarkeit der Studien, die sich mit der ökonomischen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen beschäftigen. Sowohl Fokus als auch Methodik weichen zum Teil stark voneinander ab. So werden meist nur Teilaspekte (z.B. Wertschöpfung, Vermeidungskosten oder Verteilungseffekte) behandelt und nur einzelne Szenarien, Maßnahmen bzw. Instrumente bewertet. Aus den genannten Problemen ergibt sich eine große Unsicherheit im Hinblick auf die ökonomischen Folgen der Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor.

Das Ziel dieses Projektes ist eine detaillierte und transparente Analyse ökonomischer Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor. Es wird auf der Grundlage einer Literaturanalyse der aktuelle Stand der Forschung erschlossen und anhand der Anforderungen der zugrundeliegenden Forschungsfrage ein methodisches Vorgehen erarbeitet. Damit werden dann Maßnahmen² bewertet und Wirkungen sowohl auf gesamtwirtschaftlicher Ebene als auch für einzelne Branchen untersucht.

Kapitel 2 gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung und darin verwendeten Ansätzen einer ökonomischen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Kapitel 3 beschreibt den in diesem Projekt entwickelten Ansatz für die ökonomische Bewertung von Maßnahmen. Kapitel 4 zeigt die Bewertungsergebnisse für 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel zum Klimaschutz im Verkehrsbereich in Deutschland. Abschließend erfolgt in Kapitel 5 eine Zusammenfassung.

² Wenn sich in diesem Bericht auf Maßnahmen bezogen wird, dann meint dies verkürzt verkehrliche Instrumente, Maßnahmen sowie Maßnahmenbündel. Umweltpolitische Instrumente werden üblicherweise als Gesamtheit von Maßnahmen interpretiert, welche der Staat einsetzt, um seine umweltpolitischen Ziele zu erreichen. Dazu zählen gewöhnlich neben marktwirtschaftlichen Instrumenten (wie Preise oder Gebühren) auch ordnungsrechtliche Instrumente (wie Ge- und Verbote) sowie individualpolitische Instrumente (wie Informationskampagnen zur Steigerung des umweltfreundlichen Verhaltens).

2 Aufbereitung des Forschungsstandes

Die Entwicklung einer geeigneten Methodik zur ökonomischen Bewertung soll nicht nur dem aktuellen wissenschaftlichen Forschungsstand entsprechen, sondern auch in der praktischen Durchführung von Politikfolgenabschätzungen anwendbar sein. Dazu wurde zunächst der Stand der Forschung zusammengefasst und hinsichtlich Art und Umfang

- ▶ der untersuchten Maßnahmen
- ▶ der bewerten Kosten- und Nutzengrößen
- ▶ der verkehrs- und gesamtwirtschaftlichen Analysen
- ▶ der eingesetzten Daten sowie verwendeter Modelle

ausgewertet.

Zur Auswahl der betrachteten Literatur zu ökonomischen Auswirkungen wurde deswegen ein methodisches Vorgehen in mehreren Schritten gewählt. Die Erfahrungen von Branchenexperten seitens PwC sowie die PwC-Studiendatenbank wurden berücksichtigt und in Abstimmung mit dem UBA in eine Studien-Longlist überführt.

Nach Sichtung der durchgeführten Untersuchungen in den Studien der Longlist wurden diejenigen für die Shortlist ausgewählt, die sowohl einzel- als auch gesamtwirtschaftliche Analysen durchführen. Die relevantesten Studien wurden anschließend systematisch analysiert, aufbereitet und verglichen. Dieser Vergleich erfolgte anhand eines Kriterienkatalogs in Form von Studiensteckbriefen. Dies soll sicherstellen, dass jene Studien identifiziert werden, die die größte Relevanz hinsichtlich des Gesamtprojektes haben.

Tabelle 3: Übersicht über die Studien-Longlist

Lfd. Nr.	Studie	Eigene ökonomische Bewertung		Studien-Shortlist
		Sektor	Gesamtwirtschaft	
1	Öko-Institut et al. (2016): Endbericht Renewbility III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors	x	x	x
2	PwC (2016): Wirtschaftliche Bewertung des Aktionsprogramm Klimaschutz 2020	x	x	x
3	UBA (2016): Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente	(x)		x
4	UBA (2013b): Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr	x	x	x
5	BCG/Prognos (2018): BDI-Studie - Klimapfade für Deutschland	x	x	x
6	Öko-Institut et al. (2013): Renewbility II	x	x	x
7	Baden-Württemberg Stiftung (2017): Mobiles Baden-Württemberg	x	x	x
8	EC (2017): Impact Assessment: emission performance standards	x	x	x
9	Ricardo Energy & Environment (2018): Assessing the impacts of selected options for regulating CO ₂ emissions from new passenger cars and vans after 2020	x	x	x
10	Cambridge Econometrics (2017): Low-carbon cars in Germany	x	x	x
11	Cambridge Econometrics (2018): Fuelling Europe's Future	x	x	x
12	Cambridge Econometrics (2014): The Impact of Including the Road Transport Sector in the EU ETS	x	x	x
13	ifo Institut (2017): Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (für VDA)	(x)	(x)	
14	dena (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende			
15	Fraunhofer ISI (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität			
16	Fraunhofer ISI (2014): Energiespeicher für die Elektromobilität Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter?			
17	Fraunhofer ISI (2015): Gesamt-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030			
18	Fraunhofer IAO (2011): ROADMAP – ELEKTROMOBILE STADT			
19	EC (2014): Impact Assessment: Strategy for Reducing Heavy-Duty Vehicles Fuel Consumption and CO ₂ Emissions	x		
20	CE Delft (2015): Driving renewable energy for transport			

Quelle: eigene Darstellung

Die verbleibenden Studien mit nennenswertem Beitrag zur weiteren Bearbeitung der Methodik wurden anschließend zusammengetragen und vergleichend betrachtet. Im Hinblick auf eine gesamtwirtschaftliche Analyse wurden die Output-Größen-Kategorien in einem Vergleich zusammengeführt. Hier lassen sich die gesamtwirtschaftlichen Output-Größen der Studien sowie eine Behandlung von Verteilungswirkungen vergleichen.

Tabelle 4 stellt den Bewertungsgegenstand und Methodik der Studien-Shortlist vergleichend gegenüber.

Tabelle 4: Bewertungsgegenstand im Vergleich

Lfd. Nr.	Studie	Bewertungs-gegenstand	Modelle	Zeit-horizont	Diskont-faktor	Räumliche Abgrenzung
1	Öko-Institut et al. (2016)	Szenarien: 3 Maßnahmen: (10) Maßn.-Bündel: (2)	TREMOD VEDIOM FARM	2050		D
2	PwC (2016)	Szenarien: - Maßnahmen: 11 Maßn.-Bündel: 1	EwO (Verkehr) GEMIO	2020 (teilw. bis über 2050)	1.50%	D
3	UBA (2016)	Szenarien: - Maßnahmen: 3 Maßn.-Bündel: -	IZAΨMOD			D
4	UBA (2013b)	Szenarien: - Maßnahmen: 5 Maßn.-Bündel: -	ASTRA		3%	D
5	BCG/Prognos (2018)	Szenarien: 5 Maßnahmen: - Maßn.-Bündel: -	VIEW	2050	2%	D
6	Öko-Institut et al. (2013)	Szenarien: 2 Maßnahmen: (19) Maßn.-Bündel: -	TREMOD/GEMIS ASTRA	2030		D
7	BW Stiftung (2017)	Szenarien: 3 Maßnahmen: - Maßn.-Bündel: -	IAO- Mobilitätsmodell	2050		Baden- Württemberg
8	EC (2017)	Szenarien: - Maßnahmen: 5 Maßn.-Bündel: -	PRIMES-TREMOVE GEM-E3 DIONE	2050	4%	EU
9	REE (2018)	Szenarien: - Maßnahmen: 4 Maßn.-Bündel: -	PRIMES-TREMOVE GEM-E3 DIONE	2050	4%	EU
10	CE (2017)	Szenarien: 6 Maßnahmen: - Maßn.-Bündel: -	Stock Model E3ME	2050		D
11	CE (2018)	Szenarien: 5 Maßnahmen: - Maßn.-Bündel: -	Stock Model E3ME	2050		EU
12	CE (2014)	Szenarien: 5 Maßnahmen: - Maßn.-Bündel: -	E3ME	2030		EU

Anmerkungen: Werte in Klammern bedeuten, dass Ergebnisse der Maßnahmen bzw. -bündeln grundsätzlich aber für die Szenarien ausgewiesen werden. Ein Ausgangs- oder Referenzszenario wird als Szenario gezählt.

Quelle: eigene Darstellung

In der nachfolgenden Tabelle 5 werden die verkehrs- und umweltbezogenen sowie einzelwirtschaftlichen Output-Größen³ der Studien vergleichend gegenübergestellt:

Tabelle 5: Einzelwirtschaftliche Output-Größen-Kategorien im Vergleich

Lfd. Nr.	Studie	Verkehrsaufkommen	Energiebedarf	Preise	Investitionen	Betriebskosten	THG/Luftschadstoffe	Verkehrssicherheit	Sonstige
1	Öko-Institut et al. (2016)	x	x	x	x	x	x	x	Lärm
2	PwC (2016)	x	x	x	x	x	x		
3	UBA (2016)							x	Lärm, Flächennutzung
4	UBA (2013b)	x			x	x	x	x	Gesundheit, Lärm
5	BCG/Prognos (2018)	x	x		x		x		
6	Öko-Institut et al. (2013)	x	x		x		x		
7	BW Stiftung (2017)	x	x		x	x	x	x	Gesundheit, Lärm, Flächennutzung
8	EC (2017)	x	x		x	x	x	x	Lärm, Stau
9	REE (2018)	x	x		x	x	x	x	Lärm, Stau
10	CE (2017)	x	x	x	x	x	x		
11	CE (2018)	x	x		x	x	x		
12	CE (2014)	x		x			x		

Quelle: eigene Darstellung

Die gesamtwirtschaftlichen Output-Größen der Studien sowie eine Behandlung von Verteilungswirkungen wird in nachfolgender Tabelle 6 vergleichend gegenübergestellt. Die darin abgetragenen Emissionen von THG/Luftschadstoffe beziehen sich auf die Emission der Gesamtwirtschaft durch die Umsetzung von Maßnahmen und nicht diese des Verkehrssektors allein (in einzelwirtschaftlicher Analyse betrachtet).

³ Die einzelwirtschaftliche Betrachtungsebene bezieht sich auf den Verkehrssektor. Die Definition und Einordnung in den methodischen Rahmen dieser Forschungsarbeit wird in Kapitel 3 erläutert.

Tabelle 6: Gesamtwirtschaftliche Output-Größen-Kategorien im Vergleich

Lfd. Nr.	Studie	BWS/BIP	Beschäftigung	Außenhandel	THG/ Luftschadstoffe	Verteilungswir- kungen
1	Öko-Institut et al. (2016)	x	x	x	x	x
2	PwC (2016)	x	x	x	x	x
3	UBA (2016)					x
4	UBA (2013b)	x	x			
5	BCG/Prognos (2018)	x	x	x		
6	Öko-Institut et al. (2013)	x	x	x		
7	BW Stiftung (2017)		x		x	
8	EC (2017)	x	x			x
9	REE (2018)	x	x			
10	CE (2017)	x	x	x		x
11	CE (2018)	x	x	x		
12	CE (2014)	x				

Quelle: eigene Darstellung

In der nachfolgenden Tabelle ist ersichtlich, dass der Großteil der verwendeten Modelle zur ökonomischen Bewertung einem Top-down Ansatz folgen. Lediglich der PRIMES-Modell Verbund, inklusive seines separaten Verkehrsmoduls PRIMES-TREMOVE, nutzt einen reinen Bottom-up Ansatz.

Die nationalen Verkehrsprognose-Modelle ASTRA-D und TREMOD nutzen wiederum ein hybrides Rahmenkonzept. Dies ist womöglich auf ihren auffallend hohen Detaillierungsgrad der Modellierung zurückzuführen. Diese Detailtiefe büßen sie jedoch bei der räumlichen Bandbreite ein. Sowohl das ASTRA-D Modell als auch das TREMOD Modell beschränken sich auf die nationale Ebene. Die klassischen Top-down Modelle, wie das GEMIO Modell lassen hingegen weltweite Prognosen und Analysen zu.

Tabelle 7: Vergleichende Modellbetrachtung

Aspekt	PRIMES	PRIMES-TREMOVE	GEMIO	E3ME	GEM-E3	VIEW	ASTRA-D	TREMOD
Rahmen-konzept	Bottom-up		Top-down				Hybrid	
Modellklasse	Partielles Gleichgewichtsmodell	Hybrid	Input-Output Modell	Ökonomisches Modell	CGE ⁴	Hybrid	SD Modell	Hybrid
Granularität	++	+++	++	++	++	++	+++	+++
Räumliche Bandbreite	++	++	+++	+++	+++	+++	+	+
Zeithorizont	2050							2030

Legende: +/++/+++; niedrig/mittel/hoch

Quelle: eigene Darstellung

Fazit

Die durchgeführte Literaturanalyse gibt einen Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zur Bewertung von klimapolitischen Maßnahmen im Verkehr. Hieraus konnten wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung des methodischen Ansatzes für dieses Forschungsvorhaben gewonnen werden. Zur Beantwortung der grundlegenden Forschungsfrage ist ein flexibler und zugleich konsistenter Bewertungsansatz erforderlich, welcher folgende Aspekte berücksichtigen soll:

- **Grundlegende Kategorisierung von Kosten- und Nutzeneffekten:** Konzeptionelle Abbildung der Ermittlung einzelwirtschaftlicher (oder systemanalytischer) Kosten- und Nutzenwirkungen, makroökonomischer Wirkungen und Verteilungswirkungen.
- **Konsistente Output-Größen:** Verwendung eines einheitlichen und konsistenten Sets an Kosten- und Nutzengrößen, welches für eine größtmögliche Breite an Maßnahmen plausibel abgeschätzt werden kann.

⁴ Berechenbares allgemeines Gleichgewichtsmodell (Computable general equilibrium model, CGE) zur Abbildung der Volkswirtschaft als Ganzes zur Untersuchung gesamtwirtschaftlicher Gleichgewichtszustände.

- ▶ **Konsistente Bewertung nicht-monetärer Größen:** Verwendung einer einheitlichen Bewertungsgrundlage zur monetären Bewertung von nicht-monetären Größen, wie CO₂-Emissionen, über alle zu bewertenden Maßnahmen.
- ▶ **Diskontierung:** Verwendung eines identischen Zeitraums für die Bewertung der Kosten- und Nutzenwirkungen je Maßnahme sowie die Nutzung eines einheitlichen Diskontfaktors zur Abzinsung zukünftiger Effekte auf ein einheitliches Basisjahr.
- ▶ **Modellansatz:** Verwendung eines Bottom-up-Modellansatzes zur Bestimmung der einzelwirtschaftlichen (oder systemanalytischen) Kosten- und Nutzenwirkungen. Für die Untersuchung gesamtwirtschaftlicher Effekte kommt ein Input-Output-Modell zum Einsatz.

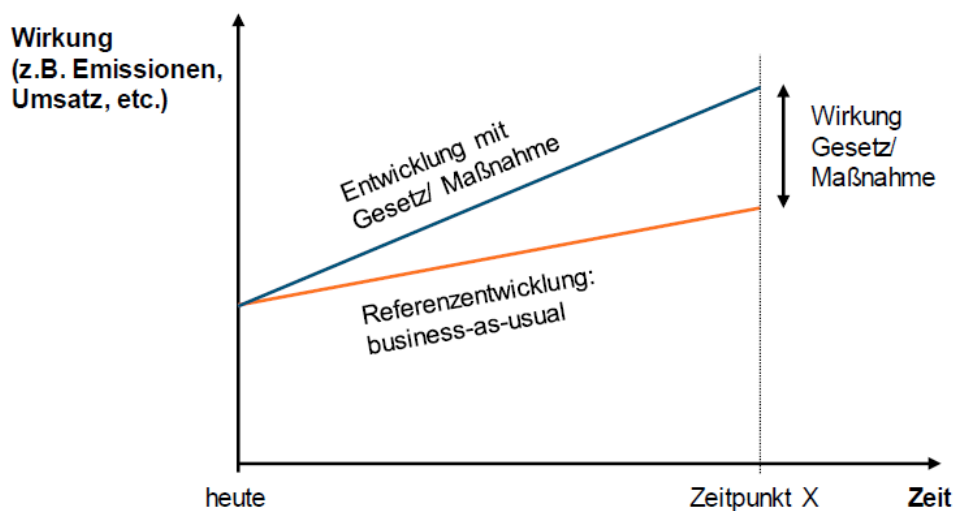
3 Methodische Grundlagen zur ökonomischen Modellierung

3.1 Ökonomischer Bewertungsansatz

Rahmen des Bewertungsprozesses

Die Bewertung der wesentlichen ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr im Zeitverlauf erfolgt im Vergleich zu einer Referenzentwicklung. Die Referenzentwicklung entspricht der zentralen einzelwirtschaftlichen Analyse aus den hinterlegten Entwicklungen auf Basis der TREMOD-Daten, die PwC vom UBA zur Verfügung gestellt wurden. Durch diese Differenzbetrachtung kann aufgezeigt werden, welche zusätzlichen Effekte durch die Umsetzung der Pfade jeweils bedingt sind (siehe Abbildung 9).

Abbildung 9: Konzept der Differenzbetrachtung der Folgenabschätzung

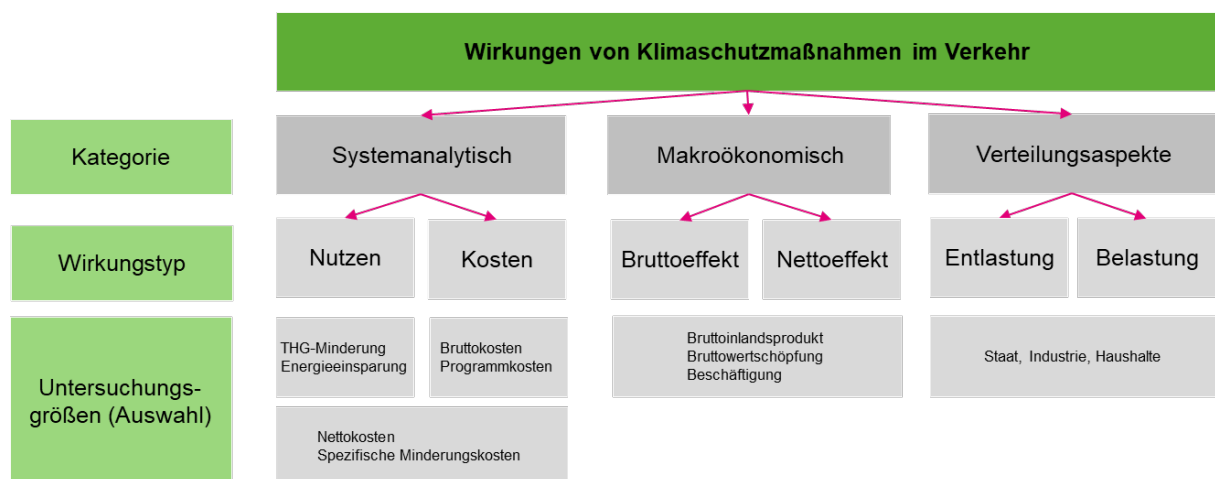


Quelle: UBA (2015): „Leitfaden zur Nutzen-Kosten-Abschätzung umweltrelevanter Effekte in der Gesetzesfolgenabschätzung“, S. 20

Kategorisierung der Ergebnisgrößen

Das Konzept zur Durchführung der Kosten-/Nutzenanalyse klassifiziert die zu bestimmenden Größen in drei Wirkungskategorien, denen anschließend entsprechende Analyseansätze zugeordnet werden (siehe Abbildung 10). Dies ermöglicht eine lückenlose Bestimmung von Kosten und Nutzen der klimapolitischen Maßnahmen.

Abbildung 10: Betrachtete Wirkungskategorien



Quelle: eigene Darstellung

Systemanalytische Kosten- und Nutzenwirkungen bilden alle direkten und indirekten Kosten der Maßnahmen ab, denen entweder mittelbar oder unmittelbarer Ressourcenverbrauch gegenübersteht. Das betrachtete System umfasst hierbei alle Marktakteure bzw. -sektoren, wie z.B. Verkehr, Haushalte, Industrie etc., die in Deutschland aktiv sind und von der Ausgangsgröße (Emissionen) durch eine Be- bzw. Entlastung betroffen sind. Hierbei werden ausschließlich die Kosten und Nutzen betrachtet, die in Deutschland anfallen und verursacht werden. Die Verteilung von Kosten und Nutzen wird an dieser Stelle noch nicht betrachtet. Dies erfolgt bei der Analyse der Verteilungsaspekte.

Bei diesem Ansatz werden sowohl direkte Kosten als auch indirekte Kosten berücksichtigt. Unter direkten Kosten werden die direkt mit der Umsetzung einer Maßnahme verbundenen Kosten erfasst, wie Kosten für Erstellung und Betrieb von betroffenen Anlagen. Indirekte Kosten bilden hingegen die Folgekosten beispielsweise durch notwendige Infrastrukturerweiterungen ab, wie der Ausbau von Ladesäulen. Die systemanalytischen Kostenwirkungen einer Umsetzung einer Maßnahme werden dabei grundsätzlich in einem Vergleich mit einer Situation ohne Umsetzung der Maßnahme erfasst (Referenzszenario). Diese können in einer monetären Größe abgebildet werden und insbesondere einer monetarisierten Nutzenwirkung gegenübergestellt werden, welche sich vorwiegend aus den eingesparten Energiekosten oder eingesparten Gesundheitskosten durch vermiedene Schadstoffemissionen ergeben. Alle betrachteten externen Effekte werden monetarisiert. Zusätzlich werden Transferzahlungen (sog. Programmkosten II) ermittelt, welche den Finanzierungsanteil der gesamten, mit der Umsetzung der Maßnahme verbundenen Kosten und Investitionen darstellen. Diese werden von der Allgemeinheit oder dem Staat getragen. Diese Zuteilung ist anschließend bei der Betrachtung der Verteilungswirkungen relevant.

Die einzelnen Ergebnisgrößen der Maßnahmenbewertungen werden grundsätzlich kumulativ für den Zeitraum von Einführung der Maßnahmen bis zum Jahr 2050 und für einzelne Stützjahre und nur bei einzelnen Größen zusätzlich jährliche Effekte ausgewiesen. Bei der Definition der Größen wird sich im Wesentlichen an den Definitionen der Studie von Fraunhofer ISI et al. (2008) für das Umweltbundesamt orientiert:

- **Bruttokosten der Maßnahme:** Mehrkosten der Maßnahmenumsetzung ohne Gegenrechnung der Energieeinsparung als Differenzinvestitionen im Vergleich zur Standardtechnologie.

- ▶ **Programmkosten I:** rein administrative Programmkosten (administrative Ausgaben des Staates für die Durchführung von Programmen).
- ▶ **Differenzkosten** als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I als gesamte Differenzinvestitionen im Vergleich zur Standardtechnologie.
- ▶ **Programmkosten II:** Transferzahlungen, welche Finanzmittel zum Abbau von Investitionsbarrieren enthalten. Bei den Transferzahlungen/Programmkosten II handelt es sich um Aufwendungen des Staates oder von Akteuren, die als Transfers innerhalb der Volkswirtschaft nicht mit Ressourcenverzehr verbunden sind. Sie gehen deshalb auch nicht in die Schätzung der (Netto-) Minderungskosten einer Maßnahme ein.⁵
- ▶ **Eingesparte Energiekosten (oder andere eingesparte Kosten):** Nutzenstiftende Einspareffekte ohne weitere Berücksichtigung der eingesparten Umweltkosten (externe Effekte), d.h. ohne monetäre Bewertung beispielsweise von THG-Einsparungen. Staatliche Preisaufschläge, z.B. in Form von Steuern, werden als Transferzahlung bewertet und nicht den Energiekosten, sondern den Programmkosten II zugeordnet.
- ▶ **Eingesparte Umwelt- oder Gesundheitskosten (externe Effekte):** Nutzenstiftende Einspareffekte durch die Reduzierung von externen, nicht direkt von Marktteilnehmern getragenen Kosten.
- ▶ **Nettokosten:** Differenz aus Bruttokosten (zuzüglich der Programmkosten I, die im Vergleich zu den Investitionen aber sehr gering ausfallen) und den erzielten Einsparungen insbesondere Energie- Umwelt- und Gesundheitskosten.
- ▶ **Summe bewerteter Kosten:** Summe aus Differenzkosten, Energiekosten und bewerteten Umwelt- und Gesundheitskosten (ohne Programmkosten II).
- ▶ **Spezifische Minderungskosten:** Setzt man nun die bewerteten Kosten mit der Treibhausgas-Einsparung ins Verhältnis, so werden spezifische (Netto-) Minderungskosten in € pro t CO₂-Äq. ermittelt. Diese Größe beinhaltet über einen Zeitraum alle relevanten und diskontierten Kosten im Verhältnis zu der eingesparten Menge an Treibhausgasen.⁶ Diese Kostengröße kann auch als ein Durchschnitt der spezifischen Minderungskosten der Einzeljahre des Betrachtungszeitraums bis zum Jahr 2050 interpretiert werden. Ein negativer Wert steht für eine innerhalb des angegebenen Zeitraums rentable Maßnahmeninvestition, ein positiver für eine unrentable Maßnahmeninvestition.

Dem Ansatz der „begrenzten Kapitalwerte“ wird auch in diesem Vorhaben gefolgt, da die Betrachtung den Zeitraum nach 2050 nicht umfasst. Somit können alle kumulativen Größen als

⁵ Im Fall, dass der Staat bzw. öffentliche Stellen selbst als Investoren auftreten (beispielsweise bei Anpassungen des staatlichen Fuhrparks), so werden die hierfür nötigen Investitionen den Bruttokosten der Maßnahme und nicht bei den Programmkosten II eingeordnet.

⁶ Fraunhofer ISI et al. (2008) verwendet diesen Begriff für eine Bewertung zu einem Zeitpunkt. Für die Betrachtung eines Zeitraums wird der Begriff „Spezifischer begrenzter Kapitalwert“ (Euro/t CO₂) verwendet. Dieser bezieht den mittleren (begrenzten) Kapitalwert oder Barwert auf die eingesparte Menge an CO₂ im Zeitraum 2008-2020. Er ist begrenzt, da die Wirkungen nach 2020 nicht berücksichtigt wurde.

begrenzte Größen aufgefasst werden. Dies ist eine zweckmäßige Vereinfachung, da die Maßnahmen kein festes Ende besitzen und somit zwar noch nach 2050 wirken, doch gleichzeitig ein hohes Maß der Wirkungen von mindestens 20 Jahren erfasst werden kann, da alle betrachteten Maßnahmen vor 2030 beginnen.

Makroökonomische Effekte bilden eine Reihe verschiedener wirtschaftlicher Indikatoren ab, wie beispielsweise Bruttoinlandsprodukt (BIP), Bruttowertschöpfung (BWS), Beschäftigung oder Importe. Diese Effekte können grundsätzlich in Brutto- und Nettoeffekte unterteilt werden. Bruttoeffekte umfassen die durch eine durchgeführte Maßnahme bedingte direkte Nachfrage nach Gütern bzw. Dienstleistungen sowie abgeleiteter Größen, wie beispielsweise Investitionen und Beschäftigung.

Eine Einschätzung der gesamtwirtschaftlichen Effekte (makroökonomische Indikatoren sowie externe Umwelt- und Gesundheitseffekte) wird demgegenüber auf Basis von Nettoeffekten durchgeführt. Diese Nettoeffekte bilden alle positiven und negativen Effekte innerhalb der volkswirtschaftlichen Sektoren saldiert ab und berücksichtigen auch indirekte und induzierte Effekte. So kann eine Maßnahme zum Abbau von Beschäftigung in einer Branche und dem Aufbau von Beschäftigung in einer anderen Branche führen. Hinzu kommen die vermiedenen Importe fossiler Energieträger. Durch die Nutzung volkswirtschaftlicher Modelle lassen sich nicht nur direkte Effekte durch eine initiale Güternachfrage, sondern auch indirekte Effekte durch Nachfrage nach Vorleistungen sowie induzierte Effekte durch verstärkte Konsumausgaben von Arbeitnehmern ableiten. Eine Betrachtung von Opportunitätskosten und deren Wirkung wird nicht vorgenommen.

Verteilungswirkungen entsprechen keinem direkten Ressourcenverzehr der Volkswirtschaft. So zeigen Verteilungseffekte auf, welche volkswirtschaftlichen Akteure, wie Unternehmen, Haushalte und der Staat monetär von der Umsetzung der Maßnahmen be- bzw. entlastet werden.

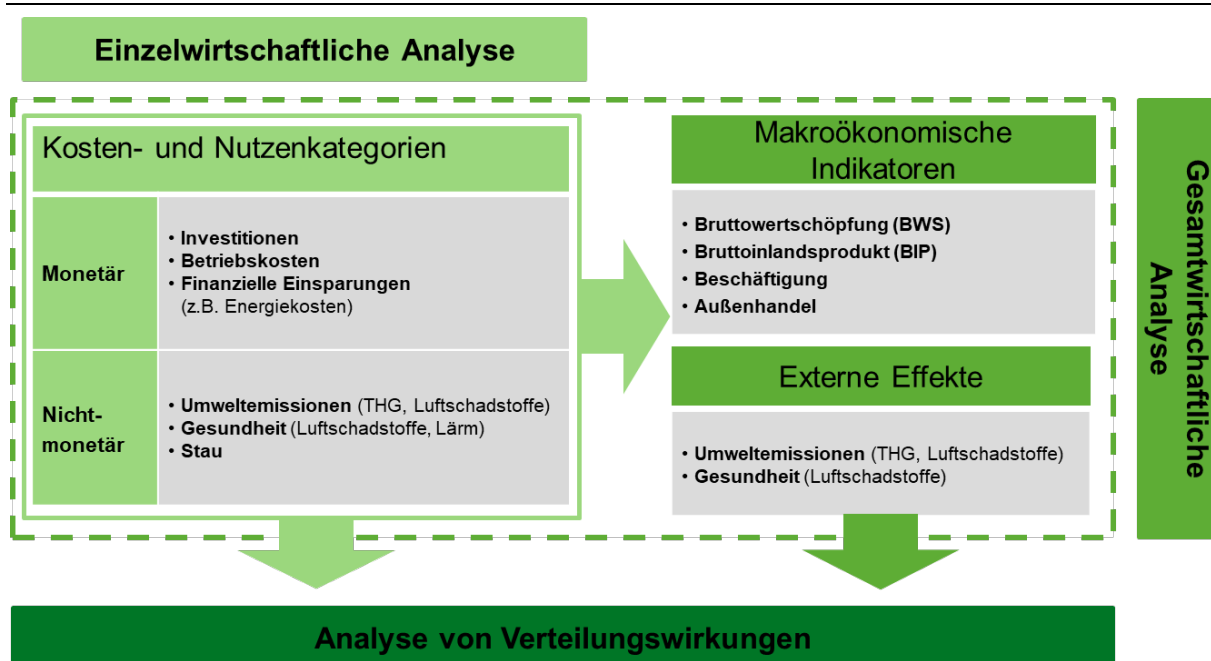
So führen die Maßnahmen ggf. zu einer geringeren Endenergienachfrage und Importstrukturen bei Primärenergieträgern. Damit verbunden sind Preiseffekte bei verschiedenen Energieträgern zu erwarten, was Gruppen von Wirtschaftsakteuren unterschiedlich stark betreffen wird. Die Gesamteffekte aus Mengen- und Preisveränderungen werden für alle betroffenen Energieträger ermittelt bzw. abgeschätzt.

Die Be- und Entlastungen werden für verschiedene Marktakteure ermittelt. Dabei werden Umwelt- und Gesundheitseffekte (aus einzel- und gesamtwirtschaftlicher Analyse) vollumfänglich den Haushalten zugewiesen. Die weiteren systemanalytischen Kosten- und Nutzengrößen werden maßnahmenspezifisch auf die Akteure geschlüsselt und sind in der jeweiligen Maßnahmenbeschreibung dargestellt. So werden beispielsweise Belastungen der Pkw-Nutzung entsprechend der Besitzquoten auf Haushalte und Unternehmen verteilt. Die in diesem Vorhaben ermittelten Programmkosten II umfassen Transferzahlungen, die von verschiedenen Akteuren getragen werden können. So werden beispielsweise Lkw-Maut, Pkw-Maut oder CO₂-Bepreisung zum einen dem Staat als finanzielle Entlastung und den zahlenden Akteuren (Haushalte, Unternehmen) als finanzielle Belastung zugewiesen. Beispiele für Transferkosten, die zu staatlichen Belastungen führen sind Investitionszuschüsse, wie die gegenwärtige Kaufprämie von Elektrofahrzeugen, sowie Fördermittel, wie beispielsweise für einen ÖPNV-Ausbau. Makroökonomische Rückkopplungseffekte werden grundsätzlich nicht berücksichtigt.

Verzahnung der Betrachtungsebenen

Die Verzahnung der unterschiedlichen Kategorien an Wirkungen kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden. Die einzel- und die gesamtwirtschaftliche Analyse werden in einheitlichen Modellrahmen durchgeführt. Die einzelwirtschaftliche Analyse ermittelt im Wesentlichen die Kosten- und Nutzenwirkungen im Verkehrssektor, wohingegen die gesamtwirtschaftliche Analyse die Wirkungen der einzelwirtschaftlichen Wirtschaftsimpulse (im Wesentlichen die systemanalytischen Differenz- und Energiekosten) in der Gesamtwirtschaft ermittelt. Die gesamtwirtschaftliche Analyse liefert Erkenntnisse über die Höhe von makroökonomischen Indikatoren als auch externen Umwelt- und Gesundheitseffekten aus den Emissionen von Treibhausgasen sowie Luftschadstoffen in der Lieferkette in Deutschland. Aus den Erkenntnissen beider Analysen erfolgt im Nachgang die Untersuchung der Verteilungswirkungen.

Abbildung 11: Verzahnung der Betrachtungsebenen



Quelle: eigene Darstellung

Indikatoren

Aus der Aufbereitung des Forschungsstandes ergaben sich Erkenntnisse über in der Literatur häufig betrachtete Kosten- und Nutzengrößen bei der ökonomischen Bewertung von klimapolitischen Maßnahmen im Verkehr. Auf dieser Basis wurden Daten für die Erstellung eines Bottom-up-Modells vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel 3.2.1). Hieraus lassen sich folgende Indikatoren (nach diversen Dimensionen aggregier- und disaggregierbar) für eine Bewertung herausarbeiten:⁷

- Verkehrsleistung: Personenkilometer (Pkm), Tonnenkilometer (tkm)

⁷ Die Auswahl der Indikatoren erfolgte zum einen auf Basis der verfügbaren und nutzbaren Modelldaten und zum anderen auf Basis der Ergebnisse der Literaturanalyse hinsichtlich der häufig verwendeten Indikatoren (vgl. Tabelle 5). Darüber hinaus finden sich in der Literatur weitere Indikatoren, wie Flächennutzung (z.B. Parkraum) oder andere Formen der Zeitbewertung (z.B. Dauer der Überwindung einer bestimmten Entfernung).

- ▶ Energiebedarf (in PJ)
- ▶ Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten und EUR): CO₂, CH₄, N₂O
- ▶ Luftschadstoffe (in t und EUR): NO, NO_x, Feinstaub
- ▶ Lärm (in EUR)
- ▶ Stau (in EUR)

Darüber hinaus werden direkte Investitions- und Betriebskosten ermittelt.

Im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Analyse werden analoge Abbildungen ermöglicht. So werden im GEMIO-Modell folgende Indikatoren für 72 Branchen bestimmt:

- ▶ Wirtschaftsleistung: BIP (in EUR), BWS (in EUR)
- ▶ Arbeitsplätze
- ▶ Außenhandel (in EUR)
- ▶ Energiebedarf (in EUR)
- ▶ Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten und EUR): CO₂, CH₄, N₂O, CO,
- ▶ Luftschadstoffe (in t und EUR): NO₂, NO_x, Feinstaub, SO₂, NH₃, NMVOC

Zusammenfassung

Die nachfolgende Tabelle fasst die wesentlichen Aspekte des Bewertungskonzeptes zusammen.

Tabelle 8: Wesentliche Aspekte des Bewertungskonzeptes

Kategorie	Beschreibung
Betrachtungszeitraum	kumulative Auswirkungen für die Jahre 2030 und 2050 sowie Angaben zum Zeitraum der Wirkungen der Maßnahme; Stützintervalle für die Jahre 2020, 2040
Räumliche Abgrenzung	Deutschland
Diskontfaktor	2,0%
Basisjahr	Ausweis aller monetären Ergebnisgrößen als Barwert des Basisjahres 2017
Verkehrsträger	Straßenverkehr, Schienenverkehr, Binnenschifffahrt, Luftverkehr (Inland)
Einzelwirtschaftliche Betrachtungsgrößen (Indikatoren) ⁸	• Verkehrsleistung: Personenkilometer (Pkm), Tonnenkilometer (tkm) • Energiebedarf (in PJ und EUR) • Investitions- und Betriebskosten (in EUR): Bruttokosten, Programmkosten (I und II), Energiekosten, Nettokosten • Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten und EUR): CO₂, CH₄, N₂O • Luftschadstoffe (in t und EUR): NO₂, NO_x, Feinstaub • Lärm- und Staukosten (in EUR)
Gesamtwirtschaftliche Betrachtungsgrößen (Indikatoren)	• Ausweis aller Größen für bis zu 72 Branchen • Wirtschaftsleistung: BIP (in EUR), BWS (in EUR) • Arbeitsplätze (in Personenjahren) • Außenhandel (in EUR) • Energiebedarf (in EUR) • Treibhausgase (in t CO₂-Äquivalenten und EUR): CO₂, CH₄, N₂O, CO • Luftschadstoffe (in t und EUR): NO₂, NO_x, Feinstaub, SO₂, NH₃, NMVOC
Verteilungsbezogene Betrachtungsgrößen (Indikatoren)	Ausweis der relevanten Kosten- und Nutzengrößen aus der einzel- und gesamtwirtschaftlichen Analyse (soweit möglich) auf die Sektoren Staat, Haushalte, Verkehr und Sonstige (Energiewirtschaft, Industrie, GHD, Landwirtschaft). Die Automobilwirtschaft wird – soweit möglich – separat ausgewiesen.

Quelle: eigene Darstellung

⁸ Auf eine Bewertung der Verkehrssicherheit in Form von Unfalltoten bzw. Verletzten wird in diesem Vorhaben verzichtet. Es existieren kontroverse Diskussionen, ob und inwieweit die monetäre Bewertung eines Menschenlebens methodisch möglich und politisch bzw. ethisch zulässig ist.

3.2 Modellverbund

3.2.1 Einzelwirtschaftliches Modell

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde ein einzelwirtschaftliches Bottom-Up Modell entwickelt, das den deutschen Verkehrssektor bis zum Jahr 2050 abbildet. Ziel des Modells ist eine möglichst genaue Abbildung des Ist-Zustands sowie der Entwicklung des deutschen Verkehrssektors. Zudem ermöglicht das Modell, die Maßnahmen abzutragen und deren Wirkung auf den deutschen Verkehrssektor zu modellieren.

Verkehrsdaten

Grundlage des Modells sind die Daten des „Transport Emission Model“ (**TREMOD**) Version 5.83 des UBA (Stand: März 2019). Eine ausführliche Dokumentation des TREMOD liefert das Ifeu-Institut (2016). Jedoch bezieht sich diese Dokumentation auf die Vor-Version 5.63.

Basierend auf den gelieferten Daten lässt sich das Modell in vier Dimensionen unterteilen. Verkehrs- und Fahrleistungen, Schadstoff- und THG-Emissionen, Flottenbestand und dessen Entwicklung sowie den Energieverbrauch im Verkehrssektor. Aus den gelieferten Daten lassen sich zudem einige weitere Kennzahlen ableiten. So können beispielsweise aus dem Energieverbrauch und der Verkehrsleistung spezifische Emissionsfaktoren gebildet werden, die für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen eine große Rolle spielen. Betrachtet werden jeweils der Straßen-, Schienen-, Binnenschiffs- sowie Flugverkehr, wobei der Fokus auf dem Straßenverkehr liegt.

Die Daten für den Straßenverkehr weisen die höchste Granularität auf. So liegen Daten für den (direkten) Energieverbrauch (in MJ) im Straßenverkehr im Inland vor. Differenziert wird der Energieverbrauch im Straßenverkehr nach Fahrzeuggruppe (BUS, LNF, MZR, Pkw, SNF, sonstige) und nach der jeweiligen Antriebsart (Benzin, Diesel, CNG, LPG, LNG, Elektro). Zusätzlich wird für Pkw nach Fahrzeuggröße (Groß, Mittel, Klein) und Antriebsart differenziert, ebenso wie nach Energieverbrauch für Pkw nach Straßenart (Autobahn, Außerorts, Innerorts) und Antriebsart.

Zudem liegen Daten für die direkten Emissionen von Luftschadstoffen (NO₂, NO_x, Feinstaub) und Treibhausgasen (CH₄, CO₂, N₂O) im Straßenverkehr vor. Differenziert wird analog zum Energieverbrauch nach Fahrzeuggruppe und Kraftstoff, nach Pkw-Fahrzeuggröße und Kraftstoff sowie nach Emissionen je Straßentyp und Kraftstoff für Pkw und SNF.

Des Weiteren liegen Daten zu Fahr- und Verkehrsleistungen im Straßenverkehr vor (in Fahrzeug-km bzw. Pkm/tkm). Analog zum Energieverbrauch und den Emissionen werden auch die Fahr- und Verkehrsleistungen im Straßenverkehr differenziert nach Fahrzeuggruppe und Kraftstoff, Pkw-Fahrzeuggröße und Kraftstoff sowie Fahr- und Verkehrsleistungen für Pkw und SNF nach Straßenkategorie und Kraftstoff.

Außerdem liegen Daten zum Bestand sowie zur Bestandsentwicklung der inländischen Pkw- und SNF-Flotte vor. Diese sind jeweils differenziert nach Fahrzeuggröße und Antriebsart.

Für den Schienenverkehr liegen ebenfalls Daten für Energieverbrauch, Verkehrsleistung, Luftschadstoff- und THG-Emissionen vor. Differenziert werden diese Daten nach Antriebsart (Diesel, Elektrisch), Zuggruppe (Güterverkehr, Nah- und Fernverkehr sowie Straßen-, Stadt- und U-Bahnen). Auch für den Flugverkehr liegen Daten zu Energieverbrauch und Verkehrsleistung vor. Differenziert wird zwischen Güter- und Personenverkehr, Antriebsart (Kerosin, BF) sowie internationalem bzw. nationalem Flugverkehr, wobei lediglich der abgehende Verkehr betrachtet wird. Für den Binnenschiffsverkehr liegen Daten für Energieverbrauch, Verkehrsleistung und Emissionen (Schadstoffe und THG) vor, ohne weitere Differenzierung.

Anreicherung weiterer Daten

Neben den TREMOD-Daten wurden weitere Daten in das einzelwirtschaftliche Bottom-Up Modell integriert. Zum einen wurden wesentliche Annahmen für die Bewertung einer Vielzahl an Maßnahmen (wie Kostensätze, Energiepreise, Fahrzeugkosten, Elastizitäten) recherchiert und mit den vorhandenen Daten verzahnt. Diese Rahmendaten und -annahmen sind in Kapitel 3.3 beschrieben. Zum anderen werden maßnahmenspezifische Daten bzw. Annahmen bei Bedarf integriert (beispielsweise Infrastrukturkosten eines Oberleitungsbaus in Maßnahme 11). Diese sind in der jeweiligen Maßnahmenbeschreibung zu finden.

Bestandsveränderungen zwischen Jahren sind im Modell abgebildet sind, nicht aber die direkte Anzahl an Neuzulassungen. Daher erfolgt bei maßnahmenspezifischen Bestandsveränderungen eine Verteilung von Anschaffungskosten für Fahrzeuge über die Nutzungsdauer des Fahrzeugs. Beispielhaft bedeutet dies, dass der jährliche Rückgang des Bestands an Diesel-Pkw (Differenz zwischen Maßnahmen- und Referenzszenario) mit einem Sechstel der Anschaffungskosten multipliziert wird.

3.2.2 Gesamtwirtschaftliches Modell

Für die gesamtwirtschaftliche bzw. makroökonomische Analyse von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr wird das von PwC entwickelte Input-Output Modell „German Economic Model for Inputs and Outputs“ (**GEMIO**) eingesetzt.

Das GEMIO-Modell dient der Bewertung volkswirtschaftlicher Effekte und bildet die Basis für die gesamtwirtschaftlichen Analysen. Das Modell von PwC dient der Abschätzung von gesamtwirtschaftlichen Effekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Es kommt beispielsweise auch in der Studie „Wirtschaftliche Bewertung des Aktionsprogramm Klimaschutz 2020“ von PwC zum Einsatz. Ökonomische Verflechtungen zwischen den einzelnen Wirtschaftssectoren werden anhand von Input-Output-Tabellen dargestellt. Mittels mathematischer Modellierung können die volkswirtschaftlichen Effekte durch eine Veränderung der Input-Variablen berechnet werden. Das GEMIO-Modell weist mit 72 abgebildeten Wirtschaftssectoren eine sehr hohe Granularität auf. Für Deutschland weist es durch die Nutzung der Destatis-Veröffentlichung eine hohe Vergleichbarkeit mit offiziellen Untersuchungen auf. Das Ausland wird durch Daten der World Input-Output Database (WIOD) im Modell abgebildet, was Aussagen zu weltweiten Handelsströmen und THG-Emissionen auf der Datenbasis von 44 Ländern bzw. Ländergruppen ermöglicht.

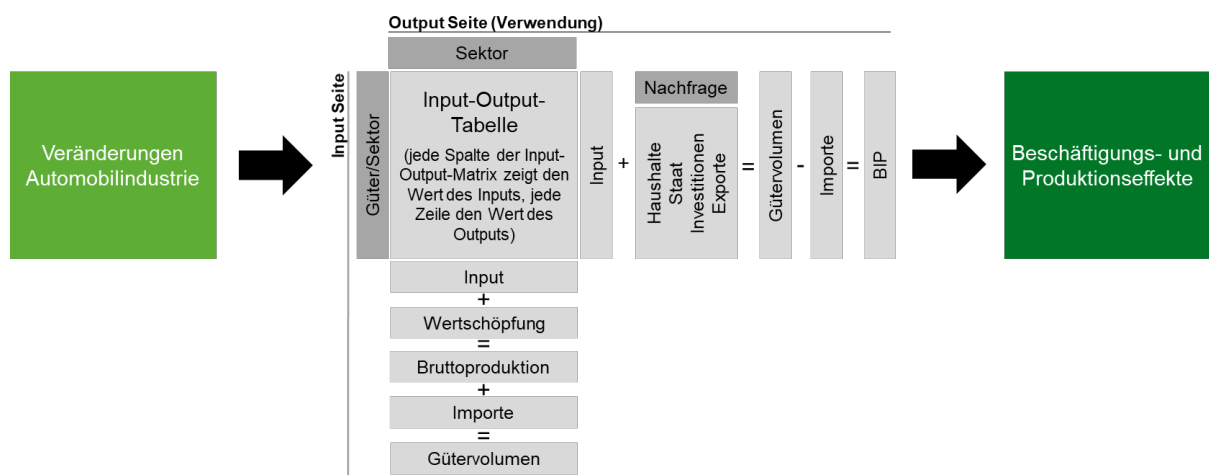
Die Output-Größen des GEMIO-Modells sind im Wesentlichen die Wertschöpfungseffekte, Beschäftigungs- und THG-Effekte über die Lieferkette. Diese lassen sich in direkte, indirekte und induzierte Wertschöpfungseffekte unterteilen. Darüber hinaus lassen sich mit einer Multiplikatoranalyse auf Grundlage des GEMIO-Modells eine Vielzahl weiterer Output-Größen berechnen, wie CO₂-Emissionen oder Luftschadstoffe. Branchenscharfe Daten für Luftschadstoffe des Jahres 2013 stammen von Eurostat.

Aufbauend auf den skizzierten Wirkungsketten und der Ergebnisse aus der einzelwirtschaftlichen Analyse werden die indirekten Folgen im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Analyse mittels des GEMIO-Modells abgeschätzt. Hierbei werden jahresscharfe direkte, indirekte und induzierte Effekte berücksichtigt und die bisherigen Erkenntnisse zu den maßnahmenspezifischen Investitions-, Infrastruktur-, Betriebs- und Energiekosten als (positiver oder negativer) Wirtschaftsimpuls pro Jahr abgebildet. In der Dokumentation der Ergebnisse werden die jährlichen Einzelimpulse diskontiert und der Barwert kumuliert über den Betrachtungszeitraum abgebildet. Die branchenscharfen

gesamtwirtschaftlichen Modell-Ergebnisse der nicht-monetären Umwelt- und Gesundheitseffekte werden im Nachgang ebenfalls mit einem Monetarisierungsfaktor belegt und als Barwert bzw. Kapitalwert ausgedrückt.

Vereinfacht dargestellt, betrachtet die Input-Output-Analyse die ökonomische Verflechtung zwischen den Wirtschaftssektoren mit den Kategorien der Endnachfrage (Konsum, Investitionen, Exporte) in einen abgegrenzten Wirtschaftsraum, welcher auch die Verflechtungen von In- und Ausland mit einbeziehen kann. Ein Input Output-Modell basiert auf linearen Zusammenhängen zentraler Parameter, wie beispielsweise Produktionswert und damit verbundener direkter Beschäftigung oder auch Vorleistungsnachfrage. Der große Vorteil von Input-Output-Modellierungen zeigt sich darin, dass sich die Bedeutung einer (Teil)Industrie, bspw. der Automobilindustrie, auf gesamtwirtschaftliche Ebene überführen lässt (vgl. Abbildung 12). Makroökonomische Rückkopplungseffekte werden grundsätzlich nicht berücksichtigt.

Abbildung 12: Schema Input-Output Modellierung



Quelle: eigene Darstellung

Die Ermittlung von Input-Output-Tabellen ist mit großem Aufwand verbunden, so dass sie erst mit einer mehrjährigen Verzögerung von statistischen Ämtern veröffentlicht werden. Generell stellen diese Daten eine Momentaufnahme eines spezifischen Jahres dar. Dadurch sind diese Modelle gelegentlich dem Vorwurf ausgesetzt, die Dynamik einer Volkswirtschaft wie Faktorsubstitution, einem Anstieg des Importanteils oder dem technischen Fortschritt nur unzureichend abzubilden. Jedoch verändern sich Vorleistungsverflechtungen nur träge und sind daher im Zeitablauf vergleichsweise strukturell stabil, weshalb dennoch valide Ergebnisse erzielt werden. Darüber hinaus wurde im Rahmen dieses Projektes die Erreichung der Sektorziele gemäß Klimaschutzplan 2050 und Klimaschutzgesetz (Stand: Dezember 2019) in der Modellierung der Referenzentwicklung unterstellt und abgebildet. Für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen mittels des GEMIO-Modells werden jahresscharfe Emissionsfaktoren hinterlegt, die die Erreichung der Sektorziele abbilden.⁹

⁹ Diese Emissionsfaktoren werden in t CO₂-Äq. pro Euro Produktionswert ausgedrückt und sinken mit jedem Jahr im Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2050. Jahreswerte zwischen den Stützenjahren wurden interpoliert.

3.3 Rahmendaten und -annahmen

Bei der Modellierung der verschiedenen Maßnahmen bedarf es einer ganzen Reihe an Annahmen und Rahmendaten. Diese werden aus bereits veröffentlichten Studien und bestehenden Datenbanken gezogen. Da die Wirkungsweisen der einzelnen Maßnahmen sich unterscheiden, sind maßnahmenspezifische Annahmen notwendig. Diese werden in Kapitel 4 jeweils ausführlich beschrieben. Jedoch gibt es auch einige generelle Annahmen beziehungsweise Rahmendaten, wie zum Beispiel die verschiedenen Kostensätze oder Energiepreise, die über alle Maßnahmen hinweg gültig und notwendig sind. In folgenden Abschnitten werden diese genauer beschrieben und dargelegt.

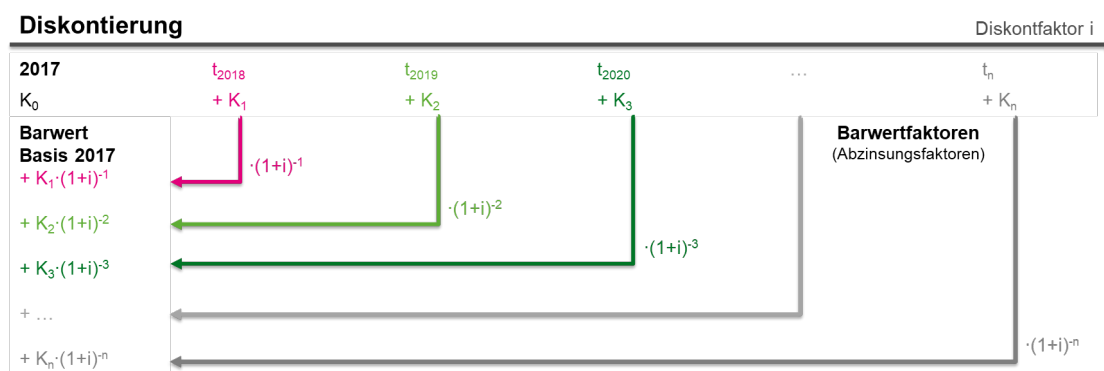
3.3.1 Diskontierung

Bei den zu untersuchenden Maßnahmen ist davon auszugehen, dass diese unterschiedliche Lebensdauern aufweisen und auch Kosten und Nutzen einer Maßnahme zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen. Zusätzlich entsteht der Nutzen (eingesparte Kosten) über die gesamte Lebensdauer, während die Bruttokosten gegebenenfalls nur in den Anfangsjahren der Lebensdauer anfallen.

Für einen sachgerechten ökonomischen Vergleich zwischen Kosten und Nutzen ist der Zeitpunkt der Realisation der Größen von großer Bedeutung. Zwei Aspekte gilt es dabei zu berücksichtigen: Erstens sollten alle anfallenden Kosten und Nutzen im Vergleich berücksichtigt werden, sodass ein identischer Zeitraum bei der Ermittlung von Kosten und Nutzen gewählt wird. Es werden daher je Maßnahmen alle Wirkungen innerhalb der Lebensdauer dieser Maßnahme berücksichtigt. Zweitens sollte der Vergleich berücksichtigen, dass Kosten und Nutzen zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Lebensdauer der Maßnahmen anfallen können. Zu diesem Zweck wird ein Diskontierungsansatz für alle monetären Größen genutzt, welcher zukünftige Kosten und Nutzen auf das Basisjahr hin abzinst. Dies sichert eine Vergleichbarkeit von heutigen und zukünftigen Kosten- und Nutzengrößen.

Als Basisjahr ist das Jahr 2017 gewählt, da hierzu Ist-Zahlen des Verkehrs vorliegen. Nachfolgende Abbildung 13 stellt die Diskontierung von monetären Größen beispielhaft dar. So werden nach dem Basisjahr 2017 anfallende Zahlungsströme mit dem Diskontfaktor auf den Wert des Basisjahres 2017 abgezinst. Im Ergebnis ist bei einem positiven Diskontfaktor (und somit mit einem Barwertfaktor kleiner 1) die einfache Summe zukünftiger Zahlungen (horizontal: Summe der K) größer als der auf das Basisjahr abgezinste Barwert der zukünftigen Zahlungsströme (vertikal: Summe der K multipliziert mit den jeweiligen auf das Jahr ermittelten Barwertfaktoren).

Abbildung 13: Diskontierung von monetären Größen mit Basisjahr 2017



Quelle: eigene Darstellung

Gemäß der Studie Öko-Institut et al. (2019) „Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung“ wird eine reale **Diskontrate von 2%** p.a. angesetzt. Diese Diskontrate bietet eine Konsistenz mit anderen relevanten Studien und erlaubt daher Vergleichsmöglichkeiten.

3.3.2 Kostensätze

Die Bewertung von Umweltkosten erfolgt im Wesentlichen auf Basis der Kostensätze der „Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze“ des UBA (UBA (2018a)) oder kurz „Methodenkonvention“.

Für die Kostensätze für Kohlendioxid- und andere THG-Emissionen werden die UBA-Empfehlungen (1% reine Zeitpräferenz) übernommen, die sich wie folgt darstellen:

Tabelle 9: Klimakosten

in €₂₀₁₆ / t CO₂-Äq.

	2016	2030	2050
1% reine Zeitpräferenz	180	205	240

Quelle: UBA (2018a): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze

In der Quelle sind weitere Kostensätze vorhanden. Für Werte, die nicht in obenstehender Tabelle angegeben sind, wurde eine lineare Interpolation der Kostensätze angewendet. Die Kostensätze für die weiteren Treibhausgase lassen sich demnach durch eine Übertragung in CO₂-Äquivalente anhand des Treibhausgaspotenzials (GWP) berechnen. Für Methan (CH₄) entspricht dies dem Faktor 25 und für Lachgas (N₂O) dem Faktor 298.

Auch für Luftschadstoffe aus dem Straßenverkehr werden die Kostensätze gemäß der Methodenkonvention genutzt. Diese lassen sich in Gesundheitsschäden sowie nichtgesundheitliche Schäden unterteilen; erstere lassen sich noch nach der Umgebung unterteilen, in der sie anfallen. Unterschieden wird zwischen dem urbanen, suburbanen und ländlichen Raum. Sofern Umgebungsdetails bei der Bewertung genutzt werden, können die spezifischen Sätze angesetzt werden; ansonsten werden die Sätze der Kategorie „Unbekannt“ genutzt. Die Kostensätze der in der Bewertung betrachteten Luftschadstoffe sind in nachfolgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 10: Kostensätze für Emissionen von Luftschadstoffen im Verkehr

in €₂₀₁₆ / t Emissionen

Typ	Gesundheitsschäden				Nichtgesundheitliche Schäden
	Unbekannt	Urban	Suburban	Ländlich	
PM _{2.5}	59.700	242.500	70.000	41.100	0
PM _{coarse}	1.000	4.700	1.200	600	0
PM ₁₀	6.800	28.500	8.000	4.600	0
NO _x	15.000	15.000	15.000	15.000	3.500
SO ₂	14.200	14.200	14.200	14.200	1.400

Quelle: UBA (2018a) Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze, S. 16

Für die Bewertung von weiteren Umweltschäden im Zusammenhang mit der gesamtwirtschaftlichen Analyse sind weitere Kostensätze für alle Wirtschaftsbranchen zum Einsatz gekommen.

Tabelle 11: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung durch Emissionen aus unbekannter Quelle

in €₂₀₁₆ / t Emissionen

Typ	Gesundheitsschäden	Nichtgesundheitliche Schäden
PM _{2.5}	58.400	0
PM _{coarse}	960	0
PM ₁₀	41.400	0
NO _x	14.400	3.530
SO ₂	13.600	1.440

Quelle: UBA (2018a) Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze, S. 13

Die vorliegenden TREMOD-Daten weisen bezüglich der Emissionen von Feinstaub ein höheres Aggregationsniveau auf. Es findet keine Unterscheidung zwischen den Feinstaub-Partikelgrößen PM_{2.5}, PM_{coarse} und PM₁₀ statt. Eine Differenzierung nach Feinstaub-Partikelgrößen wird auf Basis der Anteile an den gesamten Feinstaubemissionen vorgenommen. Auf Basis von UBA (2018b) ergibt sich im Bereich Verkehr ein Verhältnis von 39% zu 61% für PM_{2.5} zu PM₁₀. Als branchenweiter Durchschnitt liegt ein Verhältnis von 33% zu 67% vor.

Neben den oben genannten Umwelteffekten werden auch Lärm- und Staukosten bewertet. Lärm- und Staukosten werden ebenfalls aus der Fahr- bzw. Verkehrsleistung mithilfe von Kostensätzen abgeleitet. Die verwendeten Kostensätze für Lärm stammen aus der Studie „Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland“ (Allianz pro Schiene (2019)). In der Studie basieren die Lärmkosten auf einem Verkehrsmengengerüst multipliziert mit einem spezifischen Kostensatz für die Lärmkosten pro Fahrzeugkilometer. Die Studie monetarisiert die Lärmkosten auf Basis von Lärmkostensätzen aus dem aktualisierten Handbuch der externen Transportkosten (EC 2019), da in der Methodenkonvention 3.0 des UBA (UBA, 2018a) die Lärmkosten lediglich pro belästigte Personen und dB-Klasse abgebildet sind, doch nicht als Kostensätze pro Fahrleistung.

Tabelle 12: Kostensätze für Lärm im Verkehr

in Euro-Cent₂₀₁₇ / Fahrzeugkilometer

Verkehrsträger	Fahrzeugkategorie	Lärmkosten
Straßenverkehr	Pkw	0,5
Straßenverkehr	Motorräder	3,6
Straßenverkehr	Linienbusse	3,6
Straßenverkehr	Lkw	3,8
Straßenverkehr	Lieferwagen	0,7
Eisenbahnverkehr	Personenfernverkehr	91,0
Eisenbahnverkehr	Personennahverkehr	91,0
Eisenbahnverkehr	Güterverkehr	345,0

Quelle: Allianz pro Schiene (2019) basierend auf EC (2019), S. 17

Die Kostensätze für Stau sind direkt dem aktualisierten Handbuch der externen Transportkosten (EC 2019) entnommen und wurden auf das Basisjahr diskontiert. Die dargestellten Kosten bilden die durchschnittlichen externen Kosten für die gesamte Verkehrsinfrastruktur ab und entstammen einem „deadweight loss“ Ansatz. Dieser Ansatz beschreibt den Wohlfahrtverlust durch überhöhte Verkehrsnachfrage gegenüber einer optimalen Situation durch fehlende Internalisierung der Staukosten. Dieser Fokus auf die Verkehrsleistung ist mit denen der anderen Indikatoren am stärksten konsistent.¹⁰

Tabelle 13: Kostensätze für Stau im Verkehr

in Euro-Cent₂₀₁₇ / Fahrzeugkilometer

Fahrzeugkategorie	Staukosten
Pkw	1,09
Lkw	2,31
LNF	2,39
Bus	2,50

Quelle: EC (2019)

3.3.3 Energiepreise

Für die Bewertung der Energiekosten werden Projektionen diverser Energieträger bis zum Jahr 2050 benötigt.

Hinsichtlich der Preise für Rohöl, Steinkohle und Erdgas wird sich aus Konsistenzgründen an den Annahmen der Folgeschätzung der Sektorziele des Klimaschutzplans 2050 orientiert (Öko-Institut et al. (2019)). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass nur Werte bis 2035 dokumentiert sind. Auf Basis der Originaldaten des Referenzszenarios aus EIA (2017) haben wir die Projektion

¹⁰ Der im Handbuch auch angewandte „delay costs“ Ansatz beschreibt hingegen den Nutzenverlust durch Ausweitung der Fahrzeit infolge von Stau. Diese Werte stellen teilweise das Sechsfache der Werte des „deadweight loss“ Ansatzes dar.

der Rohölpreise bis 2050 angeleitet. Bei Steinkohle und Erdgas werden die seit 2020 konstanten Preise bis ins Jahr 2050 fortgeschrieben.

Tabelle 14: Entwicklung der Preise für Rohöl, Steinkohle, Erdgas

Euro-Cent₂₀₁₃/MWh

Energieträger	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Rohöl	29,8	37,8	42,1	46,1	49,9	52,0
Steinkohle	8,1	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9
Erdgas	22,2	21,1	21,1	21,1	21,1	21,1

Quelle: Öko-Institut et al. (2019) in Verbindung mit EIA (2017) Annual Energy Outlook 2017.

Auf Basis der vorgeschlagenen Energiepreisprojektionen der Folgenabschätzung (Öko-Institut et al. (2019)) lassen sich die Entwicklungen der Kraftstoffpreise in der Referenzentwicklung für Verbraucher herleiten. Diese sind in den nachfolgenden Tabellen für alle in TREMOD vorkommenden konventionellen Kraftstoffe im Verkehr dargestellt. Dies beinhaltet die Verbraucherpreisentwicklung bis 2050 für Diesel, Benzin, CNG, LPG und LNG. Darüber hinaus werden die Entwicklungen der Verbraucherpreise bis 2050 differenziert in ihre Bestandteile aufgezeigt. Es gilt hinsichtlich der Preisentwicklungen der Kraftstoffe zu beachten, dass diese im Wesentlichen auf den Preisprojektionen für Rohöl basieren.

Tabelle 15: Entwicklung der Kraftstoffpreise

Euro-Cent₂₀₁₃/kWh

Preis (inkl. MwSt.)	2018	2019	2020	2025	2030	2040	2050
Diesel	13,1	13,7	14,1	14,8	15,5	16,7	17,3
Benzin	16,6	17,2	17,7	18,4	19,1	20,4	21,1
CNG	7,67	7,61	7,56	8,63	9,69	9,69	9,69
LNG	9,36	8,02	7,97	9,04	10,10	10,10	10,10
LPG	7,99	8,38	8,75	10,03	10,03	10,03	10,03

Quelle: eigene Berechnung auf Basis von Öko-Institut et al. (2019) in Verbindung mit EIA (2017) Annual Energy Outlook 2017.

Die Entwicklung der mittleren **Strom-Endverbraucherpreise** ist in Tabelle 16 abgebildet und dem Projektionsbericht der Bundesregierung 2019 entnommen. Da in der Quelle nur Daten bis zum Jahr 2035 vorlagen, werden für den nachfolgenden Zeitraum bis 2050 vereinfacht konstante Preise des Jahres 2035 angenommen.

Tabelle 16: Entwicklung der mittleren Endverbraucher-Strompreise je Sektor

Euro-Cent₂₀₁₆/kWh

Sektor	2015	2020	2025	2030	2040	2050
Haushalte (inkl. MwSt.)	29	34	34	33	31	31
GHD (ohne MwSt.)	21	23	24	22	21	21
Industrie (ohne MwSt.)	11	14	15	14	14	14

Quellen: BMU (2019): Projektionsbericht 2019 und eigene Darstellung.

3.3.4 Fahrzeugkosten

Viele der betrachteten Maßnahmen zielen auf eine veränderte Zusammensetzung des Pkw-Bestandes ab. Den Maßnahmen ist insbesondere eine hohe Marktdurchdringung von Elektroauto mit Batterie (BEV) und Plug-in-Hybrid Elektroautos (PHEV) zum Ziel. Letztendlich werden Kaufentscheidungen aber von Konsumenten unter wirtschaftlichen Aspekten getroffen.¹¹ Daher sind etwaige Mehrkosten in Beschaffung und Unterhalt von elektrisch betriebenen Pkw von elementarer Bedeutung für die Wirksamkeit von Maßnahmen. Dabei wird unterstellt, dass Konsumenten bei ihrer Kaufentscheidung neben Anschaffungskosten auch Wartungs-, Versicherungs- und Kraftstoffkosten berücksichtigen.

Die Entwicklung der Kraftstoffkosten wird auf Basis der in Kapitel 3.3.3 beschriebenen Prognose der Energiepreise hergeleitet. Werte für Anschaffungs-, Wartungs- und Versicherungskosten stammen aus dem Kostenrechner für Elektrofahrzeuge des Öko-Instituts. Dabei wird von Fahrzeugen mittlerer Größe mit 14.000 km Jahresfahrleistung und einer Nutzungsdauer von sechs Jahren ausgegangen. Es wird angenommen, dass Wartungs- und Versicherungskosten sowie Anschaffungskosten für Verbrenner im Zeitverlauf konstant bleiben, die Anschaffungskosten von elektrischen Fahrzeugen analog zur Degression der Batteriekosten sinken (siehe Projektionsbericht 2019, BMU (2019)). So sinken die Anschaffungskosten von elektrischen Pkw bis zum Jahr 2050 um etwa 20% entsprechend des Batteriekostenanteils.

Tabelle 17: Annahmen für die Entwicklung der Batteriesystemkosten

Euro_{real}

Jahr	Kosten in €/kWh
2015	250
2020	150
2025	120
2030	100
2035	95

Quellen: BMU (2019) auf Basis von Hackmann et al. (2015), Wolfram und Lutsey (2016)

Tabelle 18: Wesentliche Kostenbestandteile Fahrzeuggröße Mittel

Werte für Jahr 2018 in Euro₂₀₁₈

Fahrzeugtyp	Benzin	Diesel	Elektrofahrzeug	Plug-in-Hybrid (Benzin)	Plug-in-Hybrid (Diesel)
Anschaffungskosten	19.627	22.301	29.412	24.083	26.757
Wartung / Reparatur	4.777	4.919	2.828	4.619	4.735
Versicherung / Steuer	6.949	8.050	6.151	6.432	7.128

Quellen: Öko-Institut (2019)

¹¹ Veränderungen des Bestandes werden anhand von Elastizitäten und den Projektionen des Fahrzeugbestandes im einzelwirtschaftlichen Referenzmodells abgeschätzt. Ein Fahrzeugmodell mit Überlebenskurven wurde nicht aufgebaut, da das dafür notwendige Annahmegerüste zur konsistenten Nachbildung der Bestandsentwicklungen in TREMOD nicht verfügbar war.

Die vereinfachenden Annahmen der konstanten Preise sowie dem Ansatz eines durchschnittlichen Fahrzeugtyps sind dem Umstand geschuldet, dass langfristige Preisprognosen bis 2050 für die Kostenkomponenten nicht in robustem Maße vorliegen und zudem die Größenklassen in der Referenzentwicklung im Zeitverlauf vergleichsweise konstant bleiben. Bei den Elektrofahrzeugen (BEV) wird von einer durchschnittlichen Batteriegroße von 40 kWh ausgegangen, bei den Plug-in-Hybriden (PHEV) von 25 kWh.

3.3.5 Elastizitäten

Einige der zu bewertenden Maßnahmen haben Auswirkungen auf die Kosten des Motorisierten Individualverkehrs (MIV) oder die Einkommen der Haushalte. Für die Abschätzung der aus den Maßnahmen resultierenden Effekte sind Elastizitäten wichtige Kenngrößen. Anhand von Elastizitäten können Reaktionen eines Akteurs auf eine Veränderung abgeschätzt werden. Insbesondere Nachfrageelastizitäten sind für die Bewertung der Maßnahmen von großer Bedeutung. Sie geben in diesem Vorhaben an, wie sich die Nachfrage verändert, wenn sich

- a) der Preis des nachgefragten Gutes (Preiselastizität der Nachfrage) bzw.
- b) der Preis eines anderen Gutes (Kreuzpreiselastizität der Nachfrage) bzw.
- c) die Angebotsmenge des Gutes (Angebotselastizität der Nachfrage) bzw.
- d) das Haushaltseinkommen (Einkommenselastizität der Nachfrage) verändert.

Eine Kraftstoffpreiselastizität der Pkw-Verkehrsleistung von -0,3 bedeutet zum Beispiel, dass eine Erhöhung des Kraftstoffpreises um 1 % zu einem Rückgang der Pkw-Verkehrsleistung um 0,3 % führt. Je kleiner der Betrag der Elastizität ist, desto weniger stark reagiert die Nachfrage auf eine Preisveränderung. Kreuzpreiselastizitäten geben hingegen an, wie stark die Nachfrage eines Gutes reagiert, wenn der Preis eines ähnlichen Gutes verändert wird. Die Kreuzpreiselastizität der ÖPNV-Nachfrage auf die Kraftstoffpreise gibt daher an, wie die ÖPNV-Nachfrage reagiert, wenn sich der Kraftstoffpreis für den MIV verändert. Elastizitäten können nicht nur die Reaktion der Nachfrage auf Preisveränderungen eines Gutes, sondern auch auf Angebotsänderungen des Gutes anzeigen (z.B. bei der Nachfragezunahme in Folge der Angebotsausweitung des ÖPNV). Eine ausführliche Beschreibung von Elastizitäten im Verkehr findet sich auch in Hautzinger et al. (2002). In Tabelle 19 werden die in der Modellierung der Maßnahmen verwendeten Elastizitäten zusammenfassend dargestellt. Diese werden auch in der jeweiligen Maßnahmenbeschreibung noch einmal genannt.

Elastizitäten werden i.d.R. aus historischen Daten abgeleitet. Grundlegende technologische Strukturbrüche können damit nicht oder nur schlecht erfasst werden.

Tabelle 19: Übersicht der verwendeten Elastizitäten

Elastizität	Wert	Quelle	Maßnahmen ¹²
Kraftstoffpreiselastizität der Pkw-Verkehrsleistung	-0,3	Hautzinger et al. (2002)	M1, M8, M14
Einkommenselastizität der Pkw-Verkehrsleistung	0,3	UBA (2008), Goodwin et al. (2004)	M4
Kraftstoffpreiselastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes	-0,1	Johansson & Schipper (1997), Litman (2019)	M1, M8, M14
Einkommenselastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes	1	Litman (2019)	M3
Kraftstoffpreiselastizität der Güterverkehrsnachfrage	-0,14	Hergeleitet aus de Jong (2010), Agora (2018)	M1, M8
Transportkostenelastizität der Transportleistung des Straßengüterverkehrs	-0,6	de Jong (2010), Agora (2018)	M1, M5, M8, M9
Angebotselastizität ÖPNV-Nachfrage	0,3	kcw (2019a)	M10
Kreuzpreiselastizität Kraftstoffpreise auf ÖPNV	0,13	BMU (2015)	M1, M8, M14

Quelle: eigene Darstellung

Es ist plausibel anzunehmen, dass sich Elastizitäten in der langen Frist ändern können, wenn Akteure sich auf die Preisveränderung eingestellt haben. Im Rahmen dieses Projektes wurde jedoch darauf verzichtet zwischen kurzfristigen und langfristigen Elastizitäten zu unterscheiden.

¹² Siehe Kapitel 4 für eine Übersicht der bewerteten Maßnahmen.

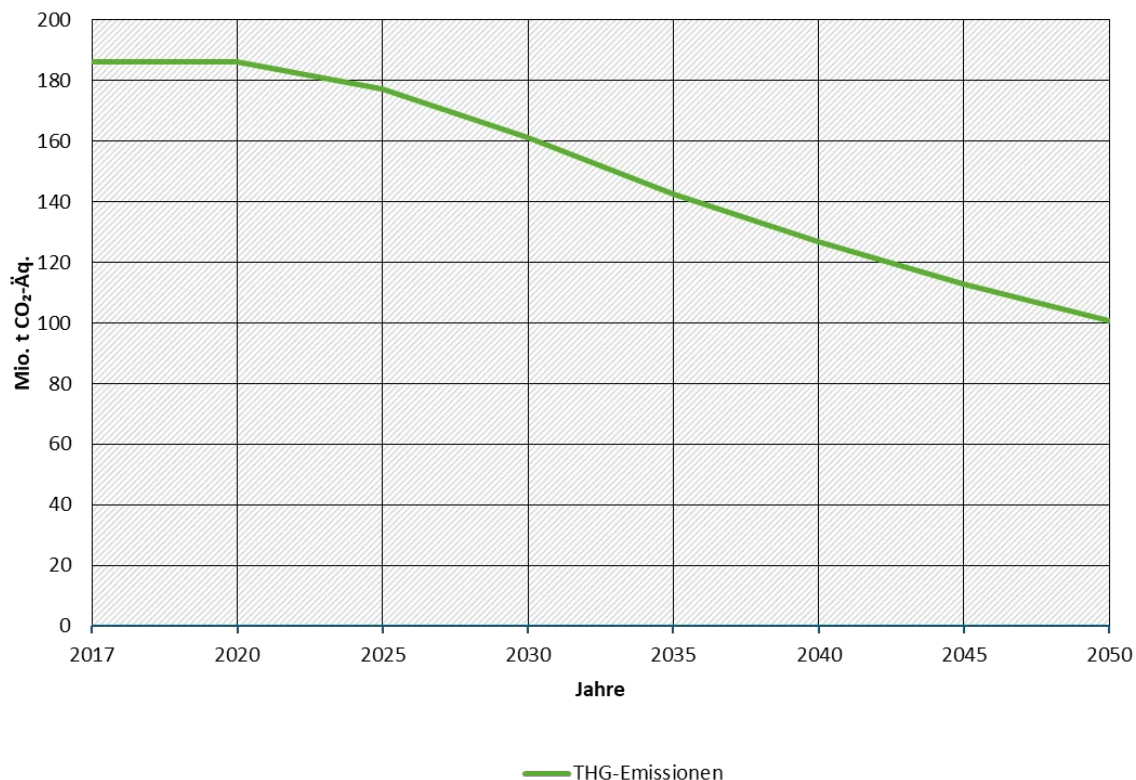
3.4 Referenzszenario

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, wird das Konzept der Differenzbetrachtung zur Bewertung der Maßnahmen verwendet. Dabei wird für die einzelnen Indikatoren die Differenz zwischen dem Szenario mit der jeweiligen Maßnahme sowie der Referenzentwicklung herangezogen. Daher hat nicht nur die Ausgestaltung der Maßnahme Einfluss auf das Ergebnis, sondern auch die Entwicklung des Referenzszenarios. Wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, basiert die hinterlegte Referenzentwicklung auf den Daten aus dem Transport Emission Model“ (**TREMOD**) Version 5.83 des UBA (Stand: März 2019). Politische Entscheidungen, wie die europäischen Rechtsvorschriften zu CO₂-Emissionsnormen für Pkw und Nutzfahrzeuge oder das Klimaschutzproramm 2030 der Bundesregierung sind hier nicht berücksichtigt. Es wird immer der Inlandsverbrauch ohne Korrekturfaktor für Energiebilanzen dargestellt, wodurch die Daten nicht direkt mit den Emissionsdaten der Klimaberichterstattung oder des Klimaschutzgesetzes vergleichbar sind.

THG-Emissionen

In Abbildung 14 ist die Entwicklung der THG-Emissionen der Referenz im Verkehrssektor dargestellt. Es zeigt sich, dass ab 2020 eine lineare Abnahme der THG-Emissionen hinterlegt ist. Im Jahr 2030 sind in der Referenz THG-Emissionen in Höhe von etwa 161 Mio. t CO₂-Äq. hinterlegt. Für das Jahr 2050 sind in der Referenz THG-Emissionen in Höhe von etwa 101 Mio. t CO₂-Äq. hinterlegt.

Abbildung 14: Entwicklung der THG-Emissionen in der Referenz

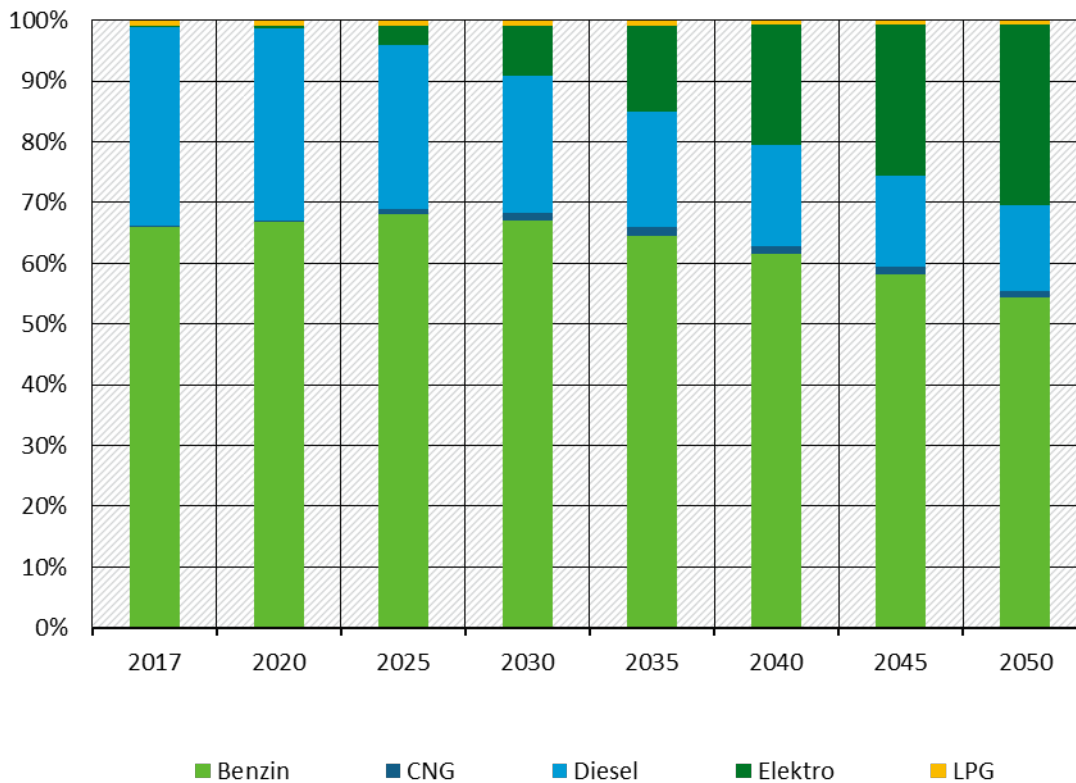


Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83

Antriebs- und Effizienzentwicklung

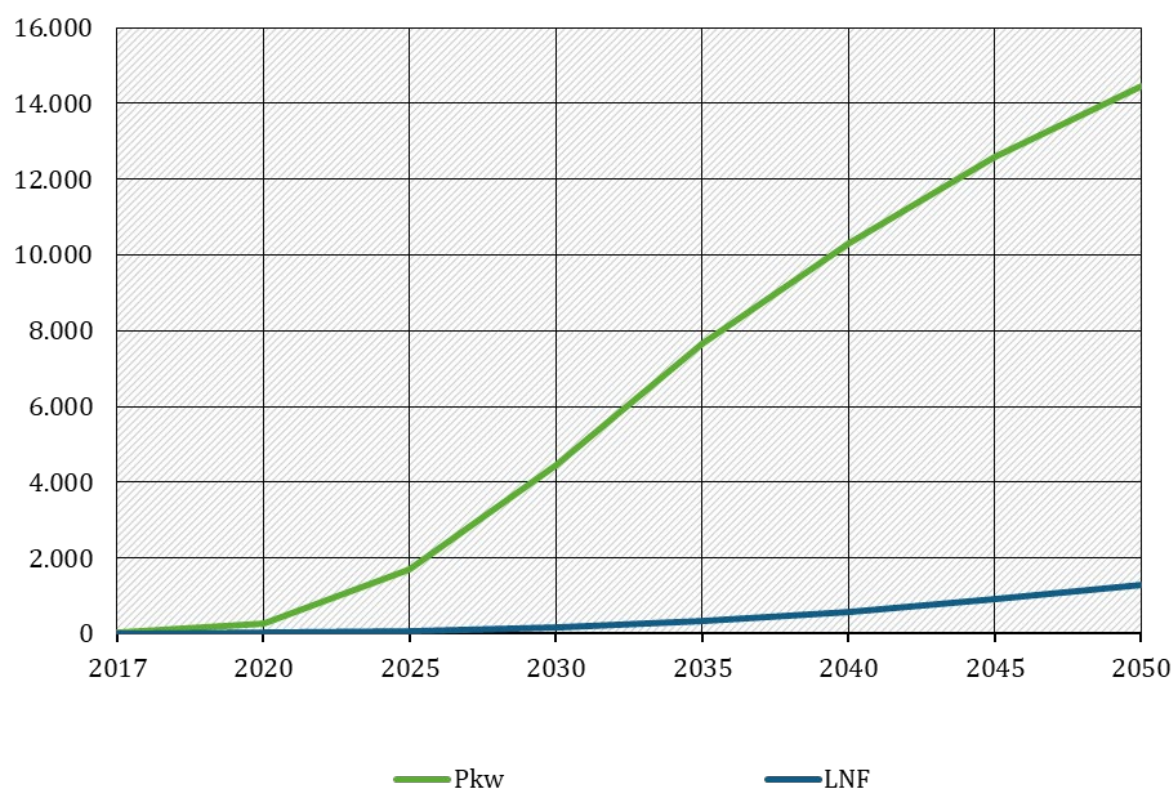
In Abbildung 15 ist die Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Referenz dargestellt. Hier wird deutlich, dass der Anteil an elektrisch betriebenen Fahrzeugen im Zeitverlauf deutlich ansteigt. In 2030 wird in der Referenz von einem Bestand an E-Autos in Höhe von rund 4,5 Mio. ausgegangen (ca. 8 % des Gesamtbestandes). In 2050 wird in der Referenz ein Bestand an E-Autos in Höhe von 14,5 Mio. ausgegangen, was etwa 30 % des gesamten Pkw-Bestands entspricht. Dabei bleibt die Verteilung auf die verschiedenen Pkw-Größenklassen in der Referenz relativ konstant. Der Bestand an elektrischen LNF wächst ebenfalls, allerdings deutlich geringer. Die Entwicklung des Pkw- und LNF-Bestands für elektrische Fahrzeuge ist in Abbildung 16 genauer dargestellt. Der Anteil von Benzinern und insbesondere Diesel-Fahrzeugen nimmt in der Referenz entsprechend ab. In 2030 besteht der gesamte Pkw-Bestand zu 67 % aus Benzinern und zu 23 % aus Diesel-Fahrzeugen. Im Jahr 2050 sinken die Anteile auf 54 % bzw. 14 %. In der Referenz wird im Jahr 2030 von einem gesamten Pkw-Bestand in Höhe von 53,5 Mio. Fahrzeugen ausgegangen. Bis zum Jahr 2050 sinkt dieser Wert auf 48,7 Mio. Fahrzeuge.

Abbildung 15: Entwicklung des Pkw-Bestandes in der Referenz



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83

Abbildung 16: Entwicklung Elektrofahrzeuge in der Referenz (in Tsd.)

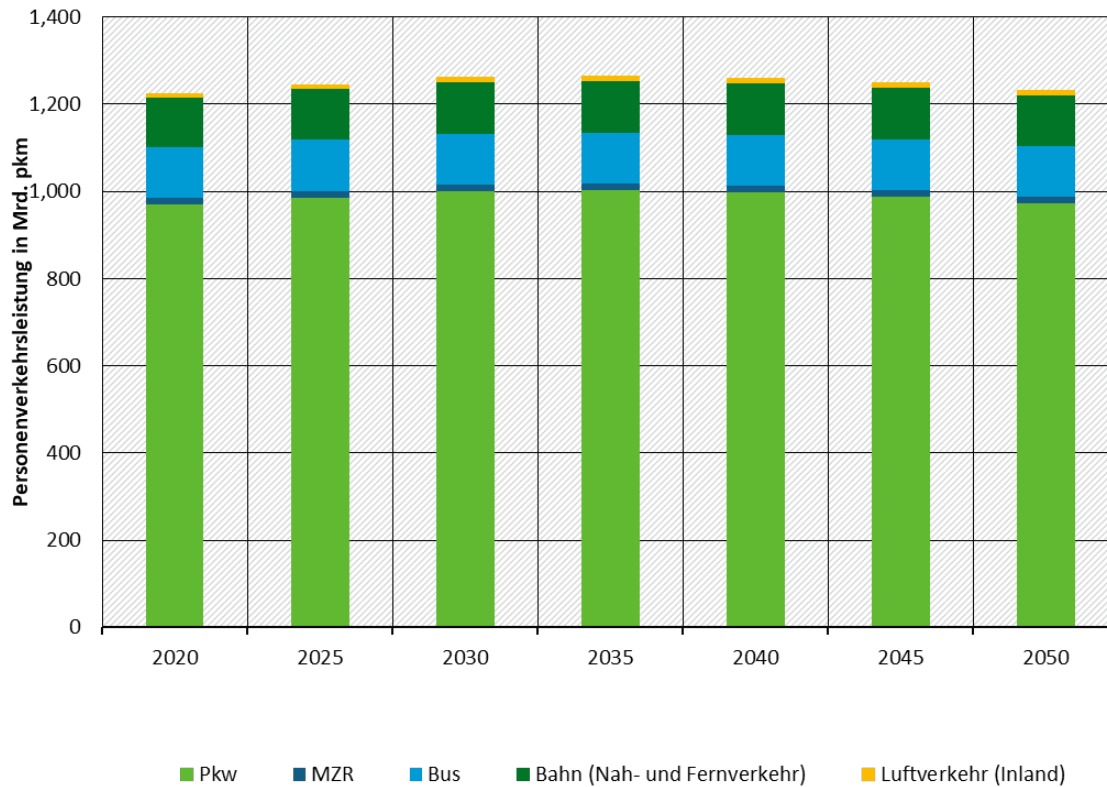


Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83

Verkehrsleistung im Personenverkehr

In Abbildung 17 ist die Entwicklung der Personenverkehrsleistung aller Modi (MIV, ÖPNV, Bahn (nah und fern), Luftverkehr) in der Referenz abgebildet. Hier zeigt sich insbesondere zwischen 2020 und 2030 eine stark ansteigende Verkehrsleistung, die von 2030 bis 2050 nur noch deutlich weniger stark zunimmt.

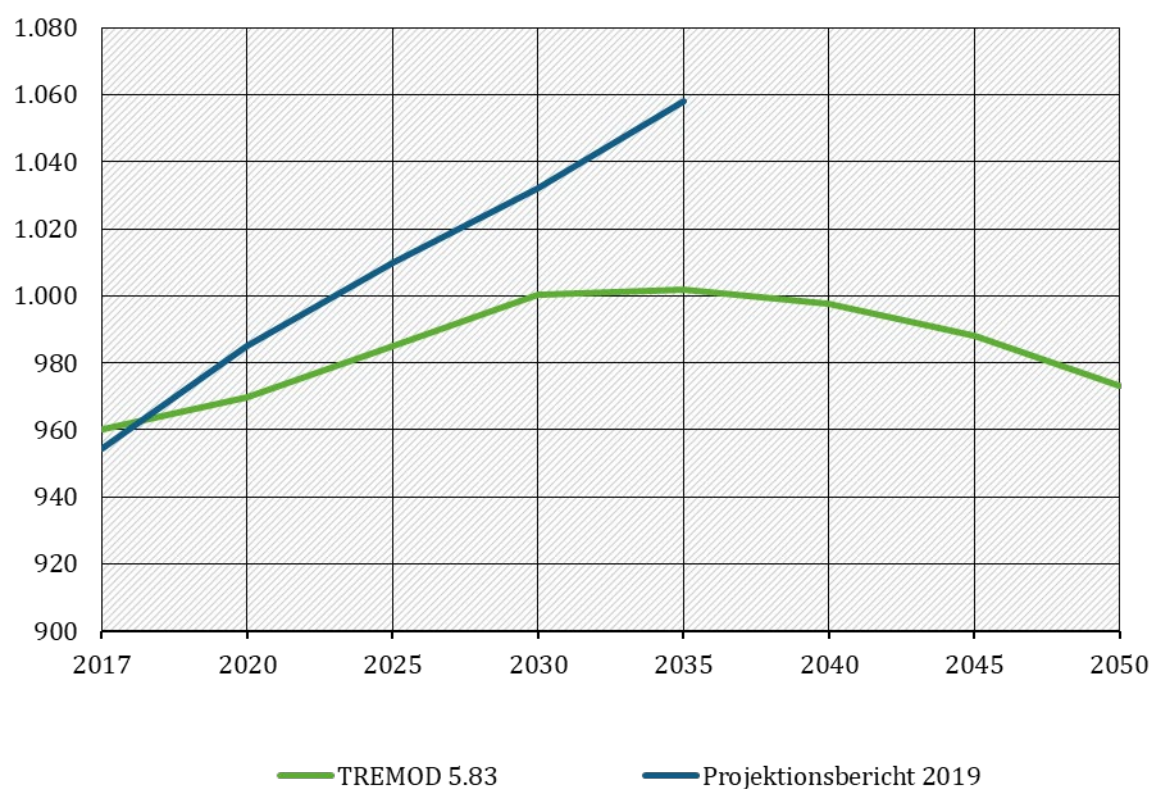
Abbildung 17: Entwicklung der Personenverkehrsleistung in der Referenz (Mrd. Pkm)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83

In Abbildung 18 wird die Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung aus TREMOD von 2017 bis 2050 abgetragen. Zum Vergleich ist ebenfalls die Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung aus dem Projektionsbericht 2019 bis 2035 abgetragen. Während die Projektion der Pkw-Verkehrsleistung aus dem Projektionsbericht fast linear ansteigt, zeigt die TREMOD-Entwicklung nur bis 2030 einen ähnlichen Verlauf, wenn auch auf niedrigerem Niveau. Zwischen 2030 und 2040 bleibt die Pkw-Verkehrsleistung in TREMOD fast konstant und fällt anschließend bis 2050 ab. Da viele der in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen auf eine Verringerung der Pkw-Verkehrsleistung abzielen, ist die Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung der Referenz von großer Bedeutung.

Abbildung 18: Entwicklung der Pkw-Verkehrsleistung in der Referenz (Mrd. Pkm)



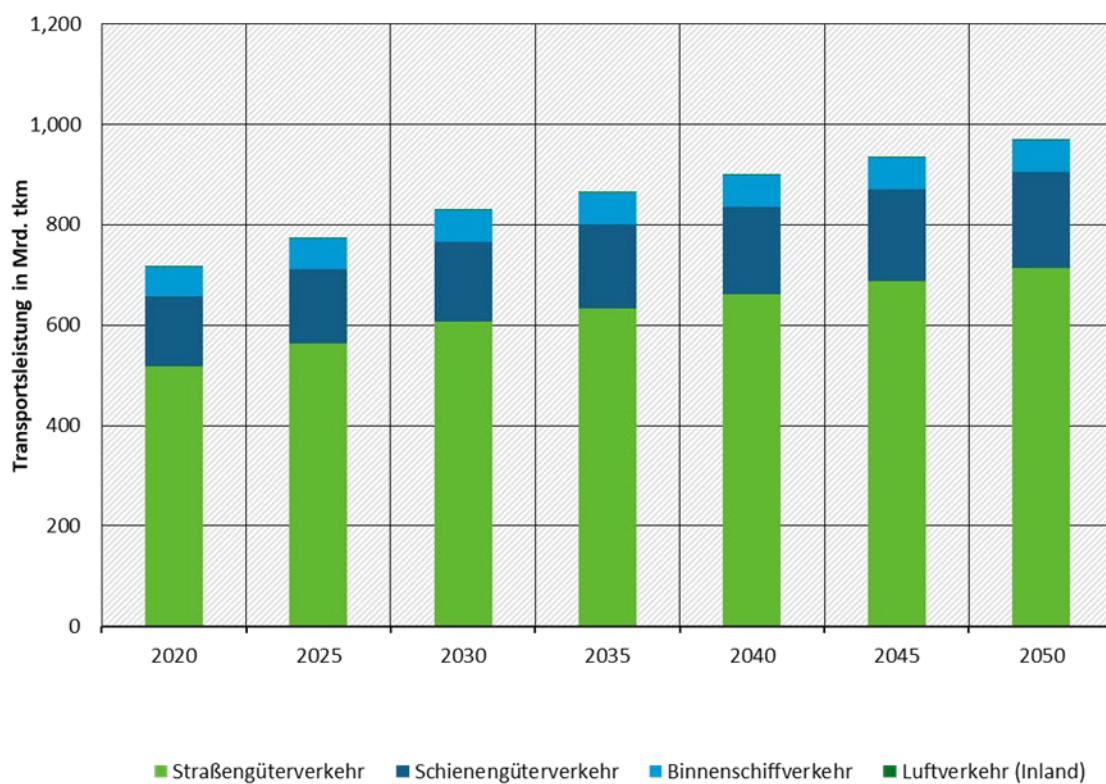
Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83 und Projektionsbericht 2019 des BMU (2019)

Transportleistung im Güterverkehr

Neben der Personenverkehrsleistung wird auch die Transportleistung in vielen Maßnahmen adressiert. In Abbildung 19 ist die Entwicklung der Transportleistung aller Modi (Straßenverkehr, Eisenbahnverkehr, Binnenschifffahrt, Luftverkehr (Inland)) in der Referenz abgebildet.

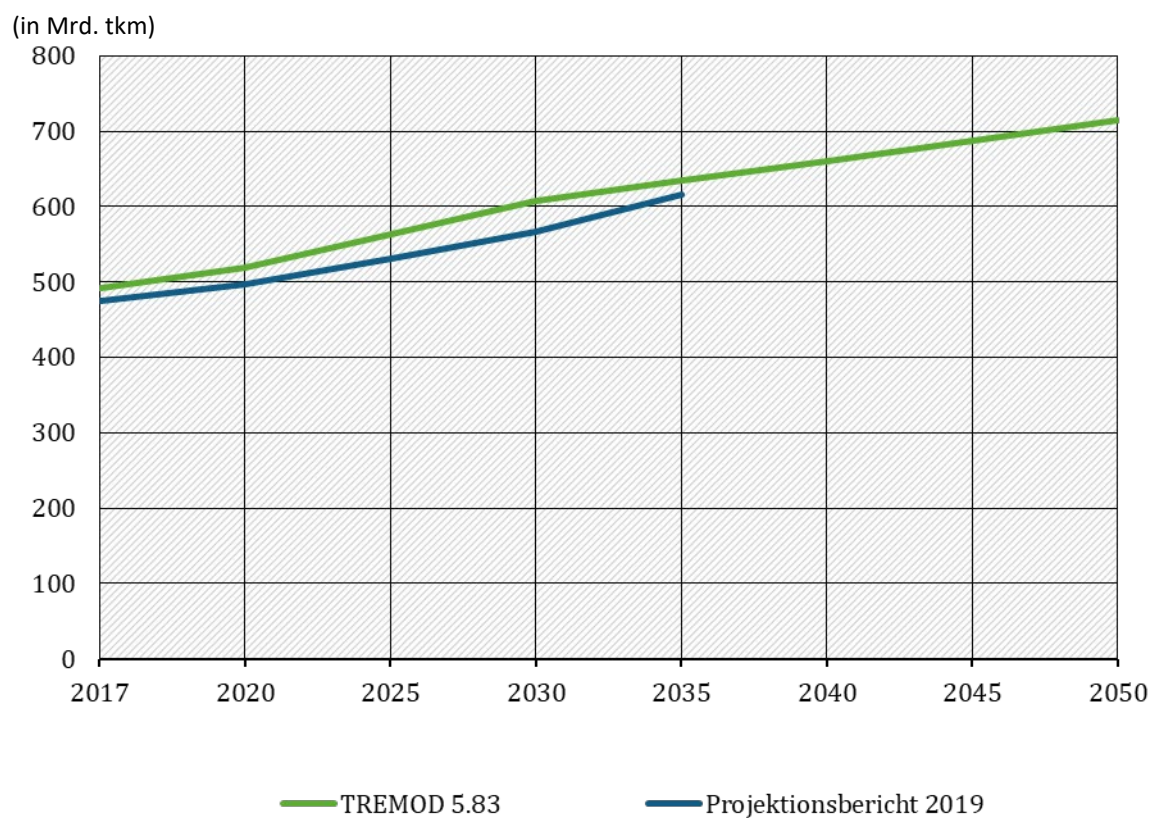
In Abbildung 20 wird die Entwicklung des Straßengüterverkehrs in der TREMOD-Referenz dargestellt und wiederum mit der Entwicklung im Projektionsbericht 2019 verglichen. Im Gegensatz zur Pkw-Verkehrsleistung in Abbildung 18, weist die Prognose der Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs in der TREMOD-Referenz einen ähnlichen Verlauf auf wie die Prognose des Projektionsberichtes. Beide unterliegen einem fast linear positiven Trend. Die prognostizierte Verkehrsleistung des Straßengüterverkehrs in TREMOD wächst von 2017 bis 2050 um mehr als 40%.

Abbildung 19: Entwicklung der Transportleistung in der Referenz (Mrd. tkm)



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83

Abbildung 20: Entwicklung des Straßengüterverkehrs in der Referenz



Quelle: eigene Darstellung auf Basis der Daten von TREMOD 5.83 und Projektionsbericht 2019 des BMU (2019)

4 Ökonomische Bewertung von Maßnahmen

In diesem Forschungsvorhaben wurden insgesamt 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel für eine ökonomische Bewertung vom Auftraggeber ausgewählt. Dabei sind die Maßnahmen 1-11 in ihren Grundzügen Bestandteil des UBA Positionspapieres „Kein Grund zur Lücke“ (2019), wobei eine direkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse aufgrund unterschiedlicher Modellierungen nicht zwingend gegeben ist. Die Maßnahmenbündel I und II dieses Forschungsvorhabens sind dabei an die Etappen zwei und drei des Positionspapiers angelehnt. Tabelle 20 zeigt die in diesem Forschungsvorhaben bewerteten Maßnahmen und Maßnahmenbündel.

Tabelle 20: Übersicht bewerteter Maßnahmen

Lfd. Nr.	Maßnahme	Kürzel	Kurzbezeichnung
1	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M1	CO ₂ -Bepreisung (205 €)
2	Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen	M2	E-Quote
3	Reform der Dienstwagenbesteuerung	M3	Dienstwagen
4	Abschaffung der Entfernungspauschale	M4	Entfernungs- pauschale
5	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I	M5	Lkw-Maut (205 €)
6	Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h	M6	Tempolimit
7	Bonus-Malus System beim Kauf von Neufahrzeugen	M7	Bonus-Malus-System
8	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M8	CO ₂ -Bepreisung (80 €)
9	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut II	M9	Lkw-Maut (80 €)
10	Förderung Umweltverbund (ÖPNV, Schienenpersonenfernverkehr, Radverkehr)	M10	Umweltverbund
11	Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw	M11	OH-Lkw
12	Stärkung des Schienengüterverkehrs	M12	Schienen- güterverkehrs
13	Förderung ÖPNV	M13	Förderung ÖPNV
14	Pkw-Maut	M14	Pkw-Maut
15	Maßnahmenbündel I (mit Maßnahme Nr. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10)	MB I	-
16	Maßnahmenbündel II (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11)	MB II	-
17	Maßnahmenbündel III (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14)	MB III	-

Quelle: eigene Darstellung

Die nachfolgende Ergebnisdarstellung der ökonomischen Bewertung der 17 Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel folgt einem einheitlichen Schema, um Vergleiche zwischen den Ergebnissen zu erleichtern. Für die erste Maßnahme wird eine detaillierte Erläuterung zu allen Darstellungen gegeben, die auf die folgenden Maßnahmen-Ergebnisse übertragen werden kann.

Im Anschluss erfolgt eine vergleichende Betrachtung der Einzelmaßnahmen anhand von wesentlichen Ergebnissen.

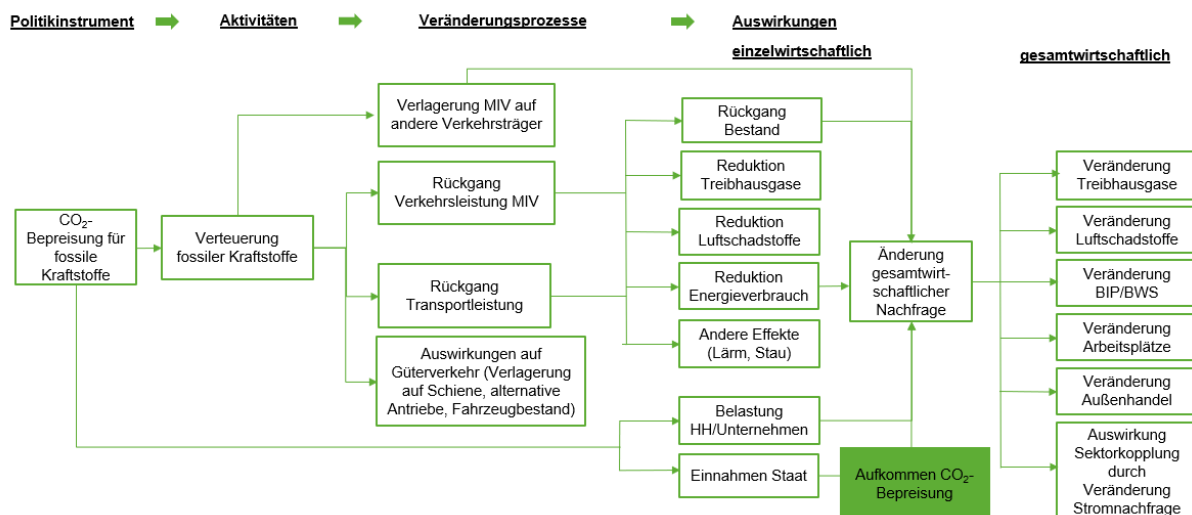
4.1 CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)

4.1.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Mit dieser Maßnahme wird eine CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe eingeführt, welche im Jahr 2023 30 Euro pro Tonne CO₂ beträgt und bis zum Jahr 2030 auf 205 Euro pro Tonne steigt. Bis zum Jahr 2050 verbleibt sie auf diesem Niveau. Für fossile Kraftstoffe bleibt eine Sockelbesteuerung in Höhe der heutigen Energiesteuer bestehen bzw. wird zuvor die steuerliche Begünstigung des Diesels aufgehoben, sodass die Sockelbesteuerung für Diesel und Benzin identisch sind.

Das Aufkommen aus der CO₂-Bepreisung wird zu einem Drittel als Pro-Kopf-Zahlung an die Haushalte („Klimaprämie“) ausgeschüttet, zu einem Drittel zur Senkung der Stromsteuer und EEG-Umlage verwendet und zu einem Drittel für die Förderung des Umweltverbundes (70%) und von alternativen Kraftstoffen (30%) genutzt.

Abbildung 21: M1 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

Eine graphische Darstellung der Wirkungskette dieser Maßnahmen ist in Abbildung 21 zu finden. Die direkte Wirkung der CO₂-Bepreisung ist die Verteuerung der Preise der fossilen Kraftstoffe, insbesondere Diesel und Benzin, da die CO₂-Bepreisung einen zusätzlichen Preisaufschlag zuzüglich zum Kraftstoffpreis bedeutet. Die Verteuerung der Kraftstoffe hat einen unmittelbaren Einfluss auf die Pkw-Fahrleistung und die Transportleistung durch leichte Nutzfahrzeuge. Mautpflichtige Lkw werden in den Maßnahmen M5 und M9 untersucht und werden an dieser Stelle nicht betrachtet. Sowohl die Pkw-Fahrleistung als auch die Transportleistung gehen zurück. Die Elastizität der Pkw-Fahrleistung auf eine Erhöhung der Kraftstoffpreise beträgt -0,3 basierend auf Hautzinger et al (2002). Bei unterstelltem konstanten Besetzungsgrad bedeutet dies, dass die Pkw-Fahrleistung bzw. Pkw-Verkehrsleistung um 3% zurückgeht, wenn der Kraftstoffpreis um 10% ansteigt. In der Modellierung werden durch diese Maßnahmen zeitlich zunehmende Preiserhöhungen bei Diesel von etwa 5-50% eingeführt, während sie bei Benzin im Bereich von 4-29% liegen. Der Rückgang der Pkw-Fahrleistung wird zum Teil durch den ÖPNV (43%) und durch den Rad- und Fußverkehr (13%) substituiert (BMU 2015, S. 52 und S. 142). Für die Transportleistung im Güterverkehr wird gemäß de Jong (2010) und Agora (2018) eine Elastizität der Güterverkehrsnachfrage auf die Erhöhung der

Kraftstoffpreise von $-0,14^{13}$ angesetzt. Der durchschnittliche Besetzungsgrad für Pkw wird mit 1,49 Personen/Fahrzeug angesetzt (UBA Methodenkonvention 2018).

Der Rückgang des motorisierten Individualverkehrs (MIV) in Folge der ansteigenden Kraftstoffpreise sorgt für eine Reduktion des Energieverbrauchs, der ausgestoßenen Treibhausgase und Luftschadstoffe sowie von Lärm und Stau. Die Reduktion der Verkehrsleistung des MIV senkt auch den Fahrzeugbestand in den von der Abgabe betroffenen Antriebskategorien, da bei geringerer Fahrleistung weniger Autos benötigt werden. Die Elastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes auf die Veränderung der Kraftstoffpreise wird mit $-0,1$ angesetzt (Johansson & Schipper (1997) und Litman (2019)). Denkbar wäre zudem ein „Fuel-Switch“ in Folge der Maßnahme, also ein verstärkter Wechsel von Verbrennungsmotoren auf elektrisch betriebene Fahrzeuge. Mangels relevanter empirischer Studien zu diesem Thema wird ein Wechsel der Antriebstechnologie in Folge der Erhöhung der Kraftstoffpreise nicht modelliert.

Die oben beschriebenen Wirkungen der Maßnahme sind dem Verkehrssektor zuzuordnen. Jedoch ergeben sich aus diesen einzelwirtschaftlichen Effekten auch Impulse, die Einfluss auf andere Wirtschaftssektoren haben. So führt der Rückgang des Pkw-Bestandes zu einer geringeren Nachfrage nach Neufahrzeugen. Daraus folgt wiederum ein negativer wirtschaftlicher Impuls für die Automobilwirtschaft, wie z.B. ein Rückgang der Produktion und Abbau von Arbeitsplätzen. Eine geringere wirtschaftliche Aktivität innerhalb einer Branche ist mit weiteren Effekten verbunden, wie einem Rückgang an ausgestoßenen THG-Emissionen oder Luftschadstoffen.

Für die Haushalte und Unternehmen bedeutet die Maßnahme zunächst eine finanzielle Mehrbelastung aufgrund der höheren Kraftstoffpreise. Das Aufkommen aus der CO₂-Bepreisung wird zu einem Drittel als Pro-Kopf-Zahlung an die Haushalte („Klimaprämie“) ausgeschüttet und mildert dort die direkte Mehrbelastung. Ein Drittel wird zur Senkung der Stromsteuer und EEG-Umlage eingesetzt und ein Drittel unterstützt die Förderung des Umweltverbundes (70%) und von alternativen Kraftstoffen (30%). Die Verwendung des Aufkommens aus der CO₂-Bepreisung wird separat in der gesamtwirtschaftlichen Analyse berücksichtigt.

Während die Effekte, die sich unmittelbar aus der Maßnahme bzw. den direkten Folgewirkungen innerhalb des Verkehrssektors ergeben, als „einzelwirtschaftliche“ Effekte bezeichnet werden, werden jene Effekte, die sich in anderen Wirtschaftssektoren ergeben als „gesamtwirtschaftliche“ Effekte bezeichnet. Die Summe dieser Effekte gibt den gesamten Effekt der Maßnahme wieder, welche über einen Zeitraum bis zum Jahr 2050 jahresscharf bewertet werden.

¹³ Hier liegt die vereinfachende Annahme gleicher Auslastung der Lkw zugrunde, sodass Transport und Fahrleistung sich proportional zueinander verhalten.

4.1.2 Ergebnisse

Dieses Kapitel enthält die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung dieser Maßnahme über den Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050. Der Anhang liefert für jede Maßnahme eine detaillierte Betrachtung der zeitlichen Entwicklung wesentlicher Effekte bis zum Jahr 2050.

Nach der Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Bewertung in Tabelle 21 werden die Einzelergebnisse nachfolgend detailliert beleuchtet. Die Einführung einer CO₂-Bepreisung würde gegenüber dem Referenzszenario ohne Einführung der Maßnahme bis zum Jahr 2050 zu einer kumulierten Veränderung der **THG-Emissionen** in Summe von -221,4 Mio. t CO₂-Äq. im Verkehrssektor sowie in der Gesamtwirtschaft führen. Der Großteil der Reduzierung findet mit -214,4 Mio. t CO₂-Äq. direkt im Verkehrssektor und nur zu -7,0 Mio. t CO₂-Äq. in der Gesamtwirtschaft statt.

Tabelle 21: M1 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-221,4
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-214,4
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-7,0
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-65,9
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-9,7
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-111,4
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-128,9
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-315,9
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.426,6

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

In der ökonomischen Bewertung werden Kosten wertmäßig positiv und Nutzen negativ als Barwerte des Jahres 2017 abgetragen, sodass eine Saldierung von Kosten- und Nutzenpositionen je Maßnahme ermöglicht wird. So entspricht ein Wert von -65,9 Mrd. € in Preisen des Jahres 2017 einer Einsparung an Umweltkosten bzw. -schäden (**Umwelteffekt**). Hierunter fallen Klimakosten der Treibhausgase, Luftschadstoffkosten (nicht-gesundheitsschädliche Wirkung von NO₂, NO_x SO₂, NH₃ sowie NMVOC) sowie bewertete Staukosten. Dementsprechend zeigt ein **Gesundheitseffekt** mit -9,7 Mrd. € eine Einsparung an Gesundheitskosten bzw. -schäden. Hierunter fallen die Luftschadstoffkosten (gesundheitsschädliche Wirkung von Feinstaub und den oben aufgeführten Indikatoren) sowie Lärmkosten.

Die Umsetzung der Maßnahme kann mit Mehrkosten im Verkehrssektor verbunden sein, die sich als Differenzinvestitionen im Vergleich zur Standardtechnologie (Bruttokosten) bzw. rein administrative Kosten des Staates (sog. Programmkosten I) ergeben. Hierbei werden Energiekosteneinsparungen nicht gegengerechnet, sondern separat ausgewiesen. Die Summe

der beiden Positionen wird an dieser Stelle als **Differenzkosten** (ggü. der Referenz ohne Maßnahme) bezeichnet und kennzeichnet die Umsetzungskosten. Diese betragen –111,4 Mrd. € und entsprechen reinen Bruttokosten im Wesentlichen aus einer Kostenersparnis in Höhe von –168 Mrd. € durch die Verringerung des Fahrzeugbestandes (Anschaffung von etwa 5,4 Mio. Pkw weniger (-111,5 Mrd. €), Wartung (-22,6 Mrd. €), Versicherungen (-34,3 Mrd. €)) sowie 57,0 Mrd. € Mehrkosten aus einer Zunahme an in Anspruch genommenen ÖPNV-Leistungen. Der Pkw-Fahrzeugbestand reduziert sich signifikant: Im Jahr 2030 liegt er mit 51,9 Mio. Pkw etwa 1,6 Mio. Pkw bzw. 3% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 47,8 Mio. Pkw etwa 1,0 Mio. Pkw bzw. 2% unterhalb der Referenz. 64% des Rückgangs über den Maßnahmenzeitraum geht auf die Reduktion von Benzinern zurück, 36% auf Dieselfahrzeuge.

Die **Energiekosten** verändern sich in Höhe von -128,9 Mrd. €, vor allem aus einer reduzierten Benzin- und Dieselnachfrage. Reine Transferzahlungen, wie die CO₂-Bepreisung, werden als sogenannte Programmkosten II bezeichnet und bei der Untersuchung der Be- und Entlastung einzelner Gruppen (Verteilungswirkung) berücksichtigt, nicht aber bei der Bestimmung der Höhe der tatsächlichen Kosten der Maßnahmenumsetzung.

Die Summe der **bewerteten Kosten** ergibt sich aus dem Saldo der Umwelt- und Gesundheitseffekte, der Differenzkosten und der Energiekosten. Die bewerteten Kosten belaufen sich für Maßnahme 1 über den gesamten Maßnahmenzeitraum auf -315,9 Mrd. €. Dies bedeutet, dass die eingesparten Kosten der Umwelt- und Gesundheitseffekte die Umsetzungskosten der Maßnahme überwiegen und somit in Summe Kosten im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden. Setzt man nun die bewerteten Kosten mit der THG-Einsparung ins Verhältnis, so werden **Spezifischen (Netto-)Minderungskosten in Höhe von -1.426,6 € pro t CO₂-Äq.** erzielt, was bedeutet, dass pro vermiedener Tonne CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.426,6 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können. Diese Größe beinhaltet alle relevanten Kosten und ermöglicht eine vergleichende Bewertung der Maßnahmen.

Tabelle 22 zeigt die **THG-Einsparwirkung in den einzelnen Jahren 2030, 2040 und 2050**. Im Jahr 2030 beträgt die Einsparung 12,6 Mio. t CO₂-Äq., wobei mit -12,1 Mio. t CO₂-Äq. über 95% auf Einsparungen im Verkehrssektor zurückzuführen sind und mit -0,4 t CO₂-Äq. weniger als 5% auf die Gesamtwirtschaft.¹⁴ Die jährliche Gesamteinsparung sinkt im Zeitverlauf auf -8,0 t CO₂-Äq. im Jahr 2040 bzw. -5,5 t CO₂-Äq. im Jahr 2050 bei etwa gleichbleibender Verteilung. Die in der Referenz hinterlegte Effizienzsteigerung der Fahrzeuge führt erwartungsgemäß im Zeitverlauf zu sinkenden absoluten Einsparungen.

Tabelle 22: M1 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-12,6	-8,0	-5,5
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-12,1	-7,8	-5,3
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,4	-0,3	-0,2

Quelle: eigene Berechnung

¹⁴ In Tabelle 25 sind die fünf am stärksten betroffenen Sektoren nach Größe des Beschäftigungseffektes dargestellt. Diese Sektoren repräsentieren in der Regel auch die von der THG-Veränderung am stärksten betroffenen Sektoren.

4.1.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

In Tabelle 23 sind die detaillierten Umwelt- und Gesundheitseffekte in Summe als auch getrennt nach Auftreten im Verkehrssektor (einzelwirtschaftlich) bzw. sektorübergreifend (gesamtwirtschaftlich) dargestellt.

Tabelle 23: M1 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzelwirtschaftlich	Gesamtwirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-221,4	-214,4	-7,0
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-48,7	-47,1	-1,5
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,9	-0,9	-0,1
Staukosten	Mrd. €	-16,2	-16,2	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-2,6	-3,8	1,2
Lärmkosten	Mrd. €	-7,1	-7,1	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-75,6	-75,1	-0,5

Quelle: eigene Berechnung

Erwartungsgemäß führt eine Reduzierung der Verkehrsleistung zu einer Senkung von Umweltschäden. So sinken die **THG-Emissionen** und die damit einhergehenden Klimakosten. Gegenüber dem Referenzszenario werden in Summe 221,4 Mio. t CO₂-Äq. weniger emittiert, 214,4 Mio. t CO₂-Äq. im Verkehrssektor und 7,0 Mio. t CO₂-Äq. in der Gesamtwirtschaft. Die dadurch eingesparten Klimakosten bei einem unterstellten Kostensatz von 205 €/t CO₂-Äq. summieren sich auf 48,7 Mrd. €, davon 47,1 Mrd. € im Verkehrssektor bzw. 1,5 Mrd. € in der Gesamtwirtschaft.

Weitere eingesparte Umweltkosten entstehen durch reduzierte Luftschadstoffe bzw. Staukosten in Höhe von 0,9 bzw. 16,2 Mrd. €, welche mittels der Kostensätze in Kapitel 3.3.2 bewertet wurden. Bei den **Gesundheitseffekten** können ebenfalls Kosteneinsparungen in Höhe von 2,6 bzw. 7,1 Mrd. € durch reduzierte Luftschadstoffe und Lärm verzeichnet werden.¹⁵ Den Umwelt- und Gesundheitseffekten werden auch Stau- und Lärmkosten zugerechnet. Diese fallen

¹⁵ In der gesamtwirtschaftlichen Analyse werden die Wirkungen nachfragebedingter Wirtschaftsimpulse untersucht, welche sich bei dieser Maßnahme aus positiven (wie höhere ÖPNV-Nachfrage) sowie negativen (wie geringe Kraftstoffnachfrage) Impulsen zusammensetzen. Die Ergebnisse werden saldiert dargestellt, sodass trotz eines insgesamt negativen Nachfrageimpulses einzelne Indikatoren positiv ausfallen können (wie bei den Luftschadstoffen (Gesundheitsschäden)). Die Emissionen aus dem positiven Impuls ist in Summe größer als die Reduzierung der Emissionen durch den negativen Impuls, was an branchenspezifischen Emissionsintensitäten liegt.

allerdings nur auf der einzelwirtschaftlichen Betrachtungsebene an, da diese methodenbedingt in einer gesamtwirtschaftlichen Input-Output-Analyse nicht betrachtet werden können.

In Summe werden Umwelt- und Gesundheitskosten im Betrachtungszeitraum bis 2050 in Höhe von 75,6 Mrd. € eingespart. Diese externen Kosten setzen sich etwa zur Hälfte durch die Klimakosten der vermiedenen THG-Emissionen zusammen.

4.1.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Neben den Kosten von Umwelt- und Gesundheitseffekten der Einführung einer CO₂-Bepreisung gehen in die ökonomische Gesamtbewertung auch ökonomische Kostenwirkungen ein (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24: M1 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-2.583,8
Energiekosten	Mrd. €	-128,9
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-111,4
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	256,2
Nettokosten ^a	Mrd. €	-240,3

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Der **Energiebedarf** geht gegenüber dem Referenzszenario deutlich zurück (-2.583,8 PJ). Dies liegt vorrangig an der Verringerung der Verkehrsleistung und der damit verbundenen rückläufigen Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen. Ein methodisch hier nicht berücksichtigter Wechsel der Antriebstechnologie (hin zu elektrischen Fahrzeugen) würde mittels einer höheren Energieeffizienz in weiteren Einsparungen resultieren. Der reduzierte Energiebedarf schlägt sich in eingesparten **Energiekosten** in Höhe von 128,9 Mrd. € wieder.

Als **Bruttokosten** werden die Mehrkosten der Maßnahmenumsetzung ohne Gegenrechnung der Energieeinsparung bezeichnet. Die Bruttokosten geben also die Differenzinvestitionen im Vergleich zum Referenzszenario ohne administrative Zusatzkosten (Programmkosten I) wieder. Die Bruttokosten dieser Maßnahmen belaufen sich auf -111,4 Mrd. € über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2023-2050) und bilden im Wesentlichen die Einsparungen durch die Reduzierung des Pkw-Bestandes (Anschaffung, Wartung, Versicherung) sowie Mehrkosten einer verstärkten ÖPNV-Nutzung ab, wobei die Einsparungen die Mehrkosten deutlich überkompensieren. Die Mehrkosten der ÖPNV-Nutzung wurden über die eingesparten Kraftstoffkosten abgeschätzt, welche von der Pkw-Nutzung auf die ÖPNV-Nutzung umgelenkt wurde. Investitionskosten für den Ausbau der Infrastruktur, der für die angenommene Verlagerung des Verkehrs vom MIV zum öffentlichen Verkehr nötig wäre, wurden hier und bei den Maßnahmen M8 und M14 nicht berücksichtigt. Damit ist ein direkter Vergleich mit der Maßnahme M13 beispielsweise nicht möglich.

Programmkosten I sind rein administrative Kosten, die für den Staat bei der Durchführung der Maßnahme anfallen. Diese werden bei der Bewertung der CO₂-Bepreisung mit 0,0 angesetzt, weil sie in der hier angenommenen Ausgestaltung über eine CO₂-Komponente als Teil der

Energiesteuer keine signifikanten Mehrkosten erzeugen¹⁶. Die über **Programmkosten II** abgebildeten Transfers stellen keine Investitionen in Form eines Ressourcenverzehr für die Volkswirtschaft dar, sondern lediglich eine Umverteilung bestehender Ressourcen. Hierunter fällt das Aufkommen der CO₂-Bepreisung in Höhe von 256,2 Mrd. € über den gesamten Zeitraum bis zum Jahr 2050. Per Maßnahmenverständnis wird ein Drittel dieser Summe den Haushalten durch eine Pro-Kopf-Prämie zurückgezahlt (ca. 85 Mrd. €), ein Drittel zur Senkung des Strompreises bzw. der EEG-Umlage eingesetzt (ca. 85 Mrd. €) bzw. für die Förderung des Öffentlichen Verkehrs (ca. 60 Mrd. €) und alternativer Antriebe (ca. 25 Mrd. €) verwendet.

Ohne Transferzahlungen summieren sich diese Positionen zu den sog. **Nettokosten** in Höhe von -240,3 Mrd. €. Der negative Wert verdeutlicht, dass diese Maßnahme (ohne Berücksichtigung von Umwelt- und Gesundheitseffekten, Aspekten der Be- und Entlastung und einer zeitlichen Verteilung¹⁷) nicht nur kostendeckend ist, sondern Nettoeinsparungen für den Verkehrssektor vorliegen.

Die einzelwirtschaftlichen Kostengrößen sind mit der Gesamtwirtschaft bei dieser Maßnahme durch eine verringerte Nachfrage nach Fahrzeugen und fossilen Kraftstoffen bzw. einer erhöhten Nachfrage nach ÖPNV-Leistungen verbunden. Die auf die deutsche Volkswirtschaft wirkenden geänderten Wirtschaftsimpulse bewirken Veränderungen im Produktionsverhalten diverser Sektoren. Die **makroökonomischen Effekte** sind in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: M1 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-151,7
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-169,9
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.904
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-1.434
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	432
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-98
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-81
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-76

Quelle: eigene Berechnung

¹⁶ Ende 2019 wurde von der Bundesregierung eine CO₂-Bepreisung im Rahmen eines Emissionshandels beschlossen. Diese kann im Vergleich zu der hier bewerteten Maßnahme evtl. zu höheren Programmkosten I führen.

¹⁷ Die hier dargestellten kumulativen Werte beziehen sich auf den Maßnahmenzeitraum 2023 bis 2050. Die zeitliche Entwicklung einer Be- und Entlastung kann sich von Jahr zu Jahr unterscheiden. Daher ist es grundsätzlich möglich, dass beispielsweise ein Marktakteur in der Anfangszeit der Maßnahmenwirkung netto belastet werden (kumulierte Belastungen sind bis zu dem Zeitpunkt größer als kumulierte Entlastungen) und erst zu einem späteren Zeitpunkt sich die Situation umkehrt und der Marktakteur dann netto entlastet wird (kumulierte Belastungen zu dem späteren Zeitpunkt kleiner als kumulierte Entlastungen).

Die **Bruttowertschöpfung** (BWS) beschreibt den Gesamtwert der im Produktionsprozess produzierten Waren und Dienstleistungen unter Abzug der bezogenen Vorleistungen. Das **Bruttoinlandsprodukt** (BIP) bringt darüber hinaus noch Gütersteuern zum Ansatz bzw. Gütersubventionen zum Abzug. Durch die CO₂-Bepreisung sinkt die BWS im Betrachtungszeitraum kumuliert um 151,7 Mrd. € bzw. das BIP um 169,9 Mrd. € jeweils gegenüber einer Referenz ohne Maßnahme bzw. Veränderung der Wirtschaftsimpulse. Im Jahr 2030 sinkt die BWS um 7,5 Mrd. € bzw. das BIP um 8,4 Mrd. €. Der Rückgang der Wirtschaftsleistung lässt sich auch am Verlust von **Arbeitsplätzen** quantifizieren. Über den gesamten Betrachtungszeitraum von 27 Jahren fallen Arbeitsplätze in Höhe von 1.904 Personenjahren weg.¹⁸ Im Jahr 2030 fallen 93 Tsd. Arbeitsplätze bzw. Arbeitskräfte in Höhe von 93 Tsd. Personenjahren weg.

In der Tabelle sind zudem die fünf am **stärksten betroffenen Wirtschaftssektoren** aufgeführt, die die größte absolute Veränderung an Arbeitsplätzen, sowohl positiv als auch negativ, aufweisen. Den größten positiven Effekt weist der Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ mit einem Volumen von 432 Tsd. Personenjahren mehr Beschäftigung auf. Dieser Effekt lässt sich insbesondere durch die gestiegene ÖPNV-Nachfrage und die damit verbundenen Mehrausgaben im Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ erklären. Der größte negative Effekt lässt sich im Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ mit einer Abnahme der Beschäftigung in Höhe von 1.434 Tsd. Personenjahren beobachten.¹⁹

Diese Ergebnisse beinhalten keine Berücksichtigung künftiger Anpassungsprozesse in Geschäftsmodellen (wie beispielsweise Herstellung von Batterien für Elektro-Pkw in Deutschland oder Stärkung multimodaler Angebote) und/oder Produktionsprozessen (wie beispielsweise stärkerer Anteil an Wertschöpfung in Deutschland). Die zugrundeliegende statistische Methode der Input-Output-Analyse legt für die Abschätzung historische Produktionsstrukturen und Lieferverflechtungen eines Basisjahres zugrunde. Dies bedeutet, dass die Abschätzung des Verlustes von Arbeitsplätzen als eine eher pessimistische Abschätzung interpretiert werden kann, da Anpassungen in den Geschäftsmodellen der Unternehmen hierbei methodenbedingt nicht abgebildet werden können.

4.1.2.3 Weitere Folgewirkungen

Die Umsetzung der CO₂-Bepreisung ist über die gesamte Bewertungsdauer mit direkt eingesparten Energiekosten von 134 Mrd. € verbunden. Zusätzlich fallen negative Bruttokosten (im Wesentlichen geringere Nachfrage nach Pkw) in Höhe von gut -111 Mrd. € an. Die Endverbrauchergruppen werden unterschiedlich stark mit den Kosten be- bzw. entlastet und profitieren zusätzlich unterschiedlich stark von der Energiekostenreduzierung. Nachfolgende Tabelle zeigt die Aufteilung der einzelnen Kostengrößen über die gesamte Lebensdauer auf die Endverbrauchergruppen bzw. Sektoren. Es werden jeweils die Barwerte ohne Verteilung des Aufkommens an der CO₂-Bepreisung dargestellt.

¹⁸ Ein Personenjahr bezeichnet die Arbeitsleistung einer Person, die über ein Jahr erbracht wird. Bei 220 Arbeitstagen im Jahr und einer täglichen Arbeitszeit von acht Stunden entspricht ein Personenjahr 1.760 Stunden. Der Verlust an Arbeitsplätzen hat ein Volumen von etwa 3,4 Mrd. Stunden Arbeitszeit über 27 Jahre.

¹⁹ Die makroökonomischen Effekte der Automobilwirtschaft werden in Tabelle 30 dargestellt. Hierzu werden die Effekte der beiden Branchen „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ und „Kraftwagen und Kraftwagenteile“ zusammengefasst betrachtet.

Tabelle 26: M1 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050, ohne Rückverteilung des Aufkommens durch die CO₂-Bepreisung

Effekte	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-113,5	-15,4	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-99,2	-12,3	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	199,0	57,2	-256,2
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-75,6	0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-89,2	29,6	-256,2

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

In Barwerten des Jahres 2017 ausgedrückt, zeigen **Haushalte** eine Entlastung um 89,2 Mrd. €. Eine leichte Entlastung hätte sich bereits vor der vollständigen Anrechnung der Entlastung bei den Umwelt- und Gesundheitseffekten ergeben. Auf **Unternehmen** würde eine Belastung in Höhe von 29,6 Mrd. € zukommen, da die CO₂-Bepreisung nicht durch Einsparungen bei Energie- oder Bruttokosten überkompensiert wird. Der **Staat** verzeichnet durch die CO₂-Bepreisung zusätzliche Einnahmen bzw. eine Entlastung in Höhe von 256,2 Mrd. €. Diese soll er allerdings zielgerichtet verwenden, sodass im Ergebnis ein ausgeglichener Saldo ohne Be- oder Entlastung erreicht wird.

Darüber hinaus treten weitere Effekte auf, die hier nur nachrichtlich aufgeführt werden. So sind Mehrwertsteuereffekte zu erwarten, da auf die CO₂-Bepreisung als Teil der Energiesteuer zusätzlich Mehrwertsteuer zu entrichten wäre. Auch sind Effekte aus einer Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage in Form von Gewinneinbußen bei Unternehmen sowie Steuerausfälle beim Staat bzw. Transfermehrausgaben aus den Sozialsystemen zu erwarten. Auch werden Effekte durch die Rückverteilung des Aufkommens der CO₂-Bepreisung nicht direkt abgeleitet, da der Fokus dieser Untersuchung auf der direkten Wirkung der Maßnahmeneinführung lag und nicht auf nachgelagerten Effekten. Die nachfolgende **Themenbox** betrachtet isoliert die gesamtwirtschaftlichen Effekte dieser Rückverteilung.

Effekte der Rückverteilung des Aufkommens an CO₂-Bepreisung

Aufkommen

In Summe beträgt das Aufkommen der CO₂-Bepreisung im Zeitraum 2023 bis 2050 etwa 256 Mrd. € in Preisen des Jahres 2017. Dabei variiert das jährliche Aufkommen deutlich durch den Anstieg der Bepreisung bis zur Erreichung des Höchstpreises von 205 € pro t CO₂ im Jahr 2030 sowie der Reduktion der Verkehrsleistung und damit verbundener Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen als Reaktion auf gestiegene Kraftstoffpreise. Die Modellergebnisse zeigen bei dem jährlichen Aufkommen eine Bandbreite von 3,2 Mrd. € im Jahr 2023 (bei 30 € pro t CO₂) und 15,3 Mrd. € im Jahr 2030 (bei 205 € pro Tonne CO₂). Im Jahr 2040 liegt das Aufkommen bei 9,5 Mrd. € und im Jahr 2050 bei 5,7 Mrd. €.

Rückverteilung

Das Aufkommen aus der CO₂-Bepreisung wird zu einem Drittel als Pro-Kopf-Zahlung an die Haushalte („Klimaprämie“) ausgeschüttet, zu einem Drittel zur Senkung der Stromsteuer und EEG-Umlage verwendet und zu einem Drittel für die Förderung des Umweltverbundes (70%) und von alternativen Kraftstoffen (30%) genutzt. Die Klimaprämie beträgt im Betrachtungszeitraum durchschnittlich 37,20 € pro Kopf mit einem Maximalwert von 61,43 € pro Kopf.

Wirkungen der Rückverteilung

Die nachfolgenden Wirkungen sind Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen Analyse durch die Rückverteilung der insgesamt 256 Mrd. €.

Die Rückverteilung führt zu einer höheren gesamtwirtschaftlichen Nachfrage im Zeitraum 2023 bis 2050 und somit einer Zunahme an wirtschaftlicher Produktion. Diese ist mit **Umwelt- und Gesundheitseffekten** in Form zusätzlicher Kosten in Höhe von 22,6 Mrd. € verbunden. Die zusätzlichen **THG-Emissionen** betragen 49,5 Mio. t CO₂-Äq., die damit verbundenen **Klimakosten** 10,7 Mrd. €. Zusammen mit anderen nichtgesundheitlichen Schäden durch Luftschadstoffe entsteht ein **Umwelteffekt** in Höhe von 12,3 Mrd. €. Der mit den Luftschadstoffe verbundene **Gesundheitseffekt** beträgt 10,3 Mrd. €.

Die **jährlichen THG-Emissionen** sinken im Zeitverlauf durch die Abnahme des Rückverteilungsvolumens. So liegen diese bei 3,9 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030, 1,5 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2040 bzw. 0,3 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2050.

Die kumulierte **BWS** der zusätzlichen wirtschaftlichen Produktion liegt bei 230 Mrd. €, das kumulierte **BIP** bei 258 Mrd. € und die **Beschäftigungseffekte** bei 3.211 Tsd. Personenjahren. Im Jahr 2030 werden durch die Rückverteilung etwa 191 Tsd. Arbeitsplätze und eine BWS von etwa 14 Mrd. € bzw. ein BIP von etwa 15,4 Mrd. € geschaffen. Zudem sind durch die zusätzliche wirtschaftliche Aktivität zusätzliche THG-Emissionen in Höhe von etwa 3,9 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030 zu erwarten.

Vergleich mit den makroökonomischen Wirkungen einer reinen CO₂-Bepreisung

Die positiven Werte der makroökonomischen Effekte liegen betragsmäßig allesamt deutlich höher als die der negativen, makroökonomischen Effekte einer reinen Maßnahmenumsetzung (BWS: -152 Mrd. €; BIP: -170 Mrd. €; Arbeitsplätze: -1.903 Tsd. Personenjahre). Bei Berücksichtigung der direkten Maßnahmenwirkung und der Wirkung der Rückverteilung ergeben sich in Summe positive makroökonomische Wirkungen (BWS: 78 Mrd. €; BIP: 88 Mrd. €; Arbeitsplätze: 1.308 Tsd. Personenjahre).

Die reduzierte Nachfrage führt zudem zu einem reduzierten **Importvolumen** an diversen Waren und Dienstleistungen in Höhe von 108 Mrd. € über den gesamten Betrachtungszeitraum. Im Jahr 2030 sind dies 5,6 Mrd. € bzw. etwa 0,5% der Importe des Jahres 2017.

Tabelle 27: M1 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-108

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 28 wird die Veränderung der **Verkehrsleistung** in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 unterteilt nach Verkehrsträgern jeweils gegenüber der Referenz dargestellt. Es zeigt sich im Personen- sowie Güterverkehr ein Rückgang an Verkehrsleistung, wobei die Reduzierung im Personenverkehr im Zeitverlauf abnimmt. So sinkt die Verkehrsleistung im Personenverkehr im Jahr 2030 noch um 42,0 Mrd. Pkm bzw. 2,6% und im Jahr 2050 nur noch um 25 Mrd. Pkm bzw. 1,6% gegenüber der Referenz. Letzteres liegt daran, dass die Verkehrsleistung von Pkw mit Benzin oder Dieselantrieb im Zeitverlauf durch die Durchdringung der Elektromobilität abnimmt. Hier zeigt sich, dass der Rückgang der Verkehrsleistung beim MIV zum Teil durch einen Anstieg der Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr (nah und fern) (ÖV) bzw. durch einen Anstieg des Rad- und Fußverkehrs kompensiert wird.

Die Maßnahme betrifft im Straßengüterverkehr lediglich LNF. Für diese können jedoch keine Aussagen zur Transportleistung gemacht werden, da keine durchschnittlichen Auslastungsdaten vorliegen. Daher kann der Effekt der Maßnahme für LNF nur auf Basis der Fahrzeugkilometer (Fzkm) getroffen werden. Im Jahr 2030 bzw. 2050 reduziert sich die Fahrleistung der LNF um 3,9 bzw. 3,7 Mrd. km gegenüber der Referenz.

Tabelle 28: M1 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-42,0	-31,8	-25,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	-95,5	-72,3	-56,8
- davon ÖV	Mrd. Pkm	41,1	31,1	24,4
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	12,4	9,4	7,4
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Weitere mit der Einführung der Maßnahme verbundene Folgewirkungen sind nachrichtlich in Tabelle 29 dargestellt. Das Aufkommen der CO₂-Bepreisung und zusätzliche Emissionen durch die Rückverteilung gehen nicht in die ökonomische Bewertung der Maßnahmen ein.

Tabelle 29: M1 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	6,4
CO ₂ -Bepreisung: Aufkommen	Mrd. €	256,3
CO ₂ -Bepreisung: zusätzliche Emissionen durch Rückverteilung	Mio. t CO ₂ -Äq.	50,9

Quelle: eigene Berechnung

Direkte Effekte auf die **Sektorkopplung** in Form von weiteren Emissionen in der Energiewirtschaft durch Substituierung fossiler Energieträger liegen bei 6,4 Mio. t CO₂-Äq. durch eine Zunahme der Verkehrsleistung im ÖV.²⁰ Ein möglicher Wechsel hin zu Elektrofahrzeugen durch die CO₂-Bepreisung im Rahmen individueller Wirtschaftlichkeitsüberlegungen wird nicht modelliert. Das Aufkommen der CO₂-Bepreisung bis zum Jahr 2050 liegt bei 256,3 Mrd. €. Durch die definierte Verwendung des Aufkommens wären im Betrachtungszeitraum mit einer Steigerung der THG-Emissionen um 50,9 Mio. t CO₂-Äq. zu rechnen.

Aufgrund der besonderen wirtschaftlichen Rolle der **Automobilwirtschaft**, wird der Effekt der Maßnahme auf diese Schlüsselindustrie in Tabelle 30 separat ausgewiesen. Der Begriff Automobilwirtschaft umfasst in dieser Herangehensweise sowohl den Sektor der Automobilproduktion als auch die Handelsleistungen mit Kfz bzw. die Instandhaltung und Reparatur an Kfz. Ausgewiesen werden für diese Industrie die Effekte auf den Produktionswert, also der Gesamtwert der hergestellten Waren und Dienstleistungen, auf die Bruttowertschöpfung als Differenz aus Produktionswert und bezogener Vorleistungen sowie auf die in der Automobilbranche vorhandenen Arbeitsplätze.

Wie zuvor bereits dargestellt, ist zu beachten, dass die Analyse über ein statisches Input-Output-Modell geschieht und folglich mögliche Änderungen insbesondere in der Automobilproduktion (z.B. Geschäftsmodelle und Prozesse) modellbedingt nicht berücksichtigt werden können. Darüber hinaus werden in der vorliegenden Betrachtung nur jene Effekte ausgewiesen, die der konkreten Maßnahme zuzuordnen sind und keine Wechselwirkungen mit anderen Maßnahmen betrachtet. Die Aussagekraft der separat ausgegebenen Ergebnisse für die Automobilwirtschaft bleiben somit begrenzt. Sie zeigen jedoch den Handlungsbedarf auf, die Automobilwirtschaft zu transformieren, um den beschriebenen Effekten entgegenzuwirken.

Die Studie des IPE et al. (2019) für das BMWi untersucht Veränderungsprozesse der deutschen Automobilwirtschaft bis zum Jahr 2050. Eine wesentliche Erkenntnis ist, dass durch Umstellung auf Elektromobilität und die Zunahme an Shared Mobility und fahrerlosen Mobilitätsangeboten bis 2040 bis zu 300 Tsd. Arbeitsplätze in der Automobilindustrie, im Automobilhandel und Aftermarket gefährdet sind, was etwa die Hälfte der Beschäftigten des Jahres 2017 ausmacht. Des Weiteren erwarten die Autoren, dass ein großer Teil des Arbeitsplatzabbaus durch einen demografisch bedingten Fachkräfterrückgang sowie den Aufbau einer signifikanten Anzahl von Arbeitsplätzen im Bereich des Ladeinfrastrukturaufbaus für Elektromobilität abgedeckt werden kann.

²⁰ Zusätzlich zu den hier betrachteten direkten Effekten ergeben sich indirekte und induzierte Effekte in der Energiewirtschaft, ausgelöst durch veränderte Nachfrage im Rahmen der Wertschöpfungskette (indirekte Effekte) und privatem Konsum (induzierte Effekte).

Tabelle 30: M1 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-132,8
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-88,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.443

Quelle: eigene Berechnung

Der **Produktionswert** sinkt in der Automobilwirtschaft im Zeitraum bis 2050 um 132,8 Mrd. € und die **Bruttowertschöpfung** in der Automobilwirtschaft geht in Folge der Maßnahme bis 2050 um 88,1 Mrd. € zurück. Damit ist die Automobilwirtschaft für mehr als die Hälfte des gesamten Rückgangs der Bruttowertschöpfung über alle Sektoren verantwortlich, was insbesondere durch den Nachfragerückgang nach Pkw erklärt werden kann. Diese negative Entwicklung ist mit einer Reduzierung an **Arbeitsplätzen** der Automobilwirtschaft in Höhe von 1.443 Tsd. Personenjahren von 2023 bis 2050 verbunden. Im Jahr 2030 sinkt der Produktionswert in der Automobilwirtschaft um 7 Mrd. € und die Bruttowertschöpfung um 4 Mrd. €. Die Reduzierung der Arbeitsplätze in der Automobilwirtschaft beträgt im Jahr 2030 72 Tsd. Personenjahre bzw. etwa 4% der etwa 1,75 Millionen Beschäftigten der Automobilwirtschaft des Jahres 2018 (Statistisches Bundesamt (2019)). Damit fallen 75% der durch die Maßnahme reduzierten Arbeitsplätze im Jahr 2030 in der Automobilwirtschaft an. Der Großteil der Arbeitsplatzverluste fällt dabei im Bereich Handel mit Kfz bzw. der Instandhaltung und Reparatur von Kfz an.

4.2 Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen

4.2.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Im Folgenden soll die **Wirkung** einer verpflichtenden Quote für Neuzulassungen von elektrischen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen untersucht und bewertet werden. Die Maßnahme sieht vor, dass in 2025 30% und in 2030 70% der Neuzulassungen elektrisch betriebene Fahrzeuge sein müssen. Dabei sollen 2/3 der verpflichtenden Neuzulassungen rein elektrisch betriebene Fahrzeuge sein und 1/3 extern aufladbare Hybride.

Die verpflichtende Quote von Elektrofahrzeugen für Neuzulassungen von Pkw und LNF sorgt in erster Linie für eine deutlich gestiegene Nachfrage nach diesen Fahrzeugen. Folglich ergibt sich im Zeitverlauf ein wachsender Bestand an batteriebetriebenen Fahrzeugen, die konventionell angetriebene Fahrzeuge ersetzen. Durch den Anstieg der damit verbundenen Fahrleistung der Elektrofahrzeuge ergibt sich eine Veränderung in der Energienachfrage. Folglich wird mehr Strom und dafür werden weniger fossile Brennstoffe im Verkehrssektor nachgefragt. Dies führt zu einer Reduktion der im Verkehrssektor anfallenden THG-Emissionen sowie einem Rückgang der ausgestoßenen Luftschadstoffe. Im Energiesektor ist eine steigende Stromnachfrage als Substitut für fossile Kraftstoffe im Rahmen der Sektorkopplung und eine damit verbundene Zunahme an THG-Emission zu erwarten. Insgesamt ist ein Rückgang des Endenergieverbrauchs zu erwarten.

Aus diesen im Verkehrssektor anfallenden Effekten ergeben sich weitere Folgeeffekte im gesamtwirtschaftlichen Kontext, also in Wirtschaftssektoren, die direkt oder indirekt mit dem Verkehrssektor wirtschaftlich verflochten sind. Hierzu gehören neben THG- und Luftschadstoffemissionen auch wirtschaftliche Veränderungen (Bruttowertschöpfung, BIP etc.).²¹ Außerdem wird die (wirtschaftliche) Be- bzw. Entlastung der einzelnen Akteure (Staat, Haushalte, Unternehmen) untersucht.

Die **Modellierung** der Einführung einer verpflichtenden Quote für Neuzulassungen bedarf einer Reihe maßnahmenpezifischer Annahmen. Es wird angenommen, dass der Anteil an Neuzulassungen am Gesamtbestand im Zeitverlauf konstant auf dem Wert von 2018 von 7% verbleibt (siehe KBA 2018). Ergänzend wird unterstellt, dass der Gesamtbestand an Pkw und LNF sich auf dem Referenzniveau entwickelt. Es findet also lediglich ein Wechsel der Antriebstechnologie statt und keine Reduktion des Bestandes. Der durchschnittliche Besetzungsgrad für Pkw wird mit 1,49 Personen/Fahrzeug angesetzt (UBA 2018a). Die Annahmen zum Besetzungsgrad werden für alle folgenden Maßnahmen beibehalten. Da für LNF keine belastbaren Daten zum durchschnittlichen Auslastungsgrad vorliegen, werden die Effekte für LNF in dieser und in den folgenden Maßnahmen über die Fahrzeugkilometer abgeschätzt. Für elektrisch angetriebene Pkw können aus dem auf TREMOD-Daten basierenden Verkehrsmodell ein Stromverbrauch von 0,5 MJ pro Pkm für 2020 abgeleitet werden, welcher bis 2050 auf 0,4 sinkt. Für elektrisch betriebene LNF wird ein Verbrauch von 0,3 MJ pro Fzkm aus dem einzelwirtschaftlichen Modell abgeleitet. Dabei wird für den zusätzlich anfallenden Strom der durchschnittliche Energiemix angesetzt. Die zusätzliche Stromnachfrage wird also nicht ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien bedient. Gleichwohl sind die Klimaschutzziele in der Entwicklung des Energiemix berücksichtigt. Vereinfacht gesagt, bedeutet das, dass eine kWh Strom im Jahr 2025 mehr Emissionen aufweist als eine kWh Strom im Jahr 2050. Die durchschnittlichen Kosten für Lade- und Netzinfrastuktur betragen 313 Euro

²¹ Die zusätzliche direkte Stromnachfrage als Substitut für fossile Kraftstoffe wird als Wirkung der Sektorkopplung aufgefasst.

pro BEV, die in private Ladesäulen (53% der Kosten), öffentliche Ladesäulen (35% der Kosten) sowie Netzentrichtung durch Energieversorger (12% der Kosten) aufgeteilt werden können (Ludwig Bölkow Stiftung (2019)). Außerdem wird gemäß der AfA-Tabelle des Bundesministeriums der Finanzen (2000) von einer Nutzungsdauer von Pkw und LNF von 6 Jahren ausgegangen. Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2025-2050.

4.2.2 Ergebnisse

Die Einführung einer verpflichtenden Neuzulassungsquote für Elektroautos (Pkw und LNF) sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050) für eine gesamte **THG-Einsparung** in Höhe von 383,4 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz (vgl. Tabelle 31). Im Verkehrssektor werden 711,3 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden CO₂-Emissionen von 327,9 Mio. t CO₂-Äq. zum Teil kompensiert. Der hohe Wert gesamtwirtschaftlicher Emissionen ist auf die hohe Stromnachfrage in Folge der verpflichtenden Quote von elektrischen Fahrzeugen zurückzuführen. So zeigt Tabelle 32 die jährlichen THG-Emissionen in den Stützjahren. In Summe sinken die THG-Emissionen im Jahr 2030 um 2,5 Mio. t CO₂-Äq.; davon stammen 16,5 Mio. t Einsparung aus dem Verkehrssektor und entgegenlaufende Zusatzemissionen aus der Gesamtwirtschaft in Höhe von 14,0 Mio. t CO₂-Äq. Letztere steigen leicht auf 15,6 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2040 und sinken danach deutlich auf 4,3 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2050.

Der gesamte **Strombedarf des Verkehrssektors** steigt im Maßnahmenzeitraum gegenüber dem Referenzszenario um 67% an und liegt ab dem Jahr 2037 jährlich bei etwa 80% oberhalb des Referenzbedarfs. Im Jahr 2050 beträgt der Strombedarf 384 PJ; dies ist das knapp Fünffache (+476%) des Wertes aus dem Jahr 2025. Demgegenüber ist im Referenzszenario mit einem Wert von 213 PJ eine gute Verdopplung (+229%) des Bedarfs im Jahr 2025 zu beobachten. Dieser kontinuierliche Anstieg des Strombedarfs sorgt für zusätzliche THG- und Luftschadstoffemissionen in der Gesamtwirtschaft, insb. in der Energiewirtschaft. Im Zeitverlauf schwächt sich die zusätzliche THG-Emission ab, was auf die gegenläufige Entwicklung einer kontinuierlichen Reduzierung der sektoralen THG-Emissionen im Zuge der unterstellten Erreichung der Sektorziele im gesamtwirtschaftlichen Modell zurückzuführen ist.

Dabei wird für den zusätzlich anfallenden Strom der durchschnittliche Energiemix angesetzt. Die zusätzliche Stromnachfrage wird also nicht ausschließlich mit Strom aus erneuerbaren Energien bedient, weswegen die gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen ansteigen.

Über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050) fließen 70,4 Mio. zusätzliche Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb in den **Bestand** an Pkw ein (annahmegemäß jeweils 2/3 BEV und 1/3 PHEV). Annahmegemäß geht der Bestand an Diesel und Benzin Fahrzeugen um 70,4 Mio. zurück. Im Jahr 2030 liegt der Bestand elektrischer Pkw bei 13,1 Mio. Pkw (Gesamt-Bestand Pkw 2030: 53,5 Mio.). Dies sind 8,6 Mio. mehr elektrische Pkw im Vergleich zur Referenz. Im Jahr 2040 liegt der Bestand mit 30,2 Mio. elektrischer Pkw um 19,9 Mio. Pkw und im Jahr 2050 mit 42,3 Mio. Pkw um 27,9 Mio. Pkw über dem Bestand in der Referenz.

Auch der Bestand an elektrischen LNF steigt im Maßnahmenzeitraum deutlich an (zusätzliche 12,1 Mio. LNF von 2025-2050). Der Bestand an LNF mit Diesel und Benzin Antrieb geht annahmegemäß um diesen Betrag zurück. Im Jahr 2030 gehen zusätzliche 194 Tsd. LNF mit elektrischem Antrieb in den Bestand ein.

Die hohe Marktdurchdringung an Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb sorgt erwartungsgemäß für reduzierte Emissionen im Verkehrssektor.

Tabelle 31: M2 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-383,4
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-711,3
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	327,9
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-81,5
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	13,8
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-78,8
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-256,2
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-402,7
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.050,3

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die **Differenzkosten**, die sich als Summe aus den Brutto- und Programmkosten I ergeben, sind negativ für diese Maßnahme. Dies bedeutet das kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 die Einsparungen größer als die entstehenden Kosten sind. Dies mag im Widerspruch zu der verbreiteten Annahme stehen, dass Elektroautos in der Anschaffung teurer als Verbrenner sind. Kumuliert (2025-2050) ergeben sich Kosten in Höhe von 15,9 Mrd. € für die Anschaffung der zusätzlichen elektrischen Fahrzeuge. Die Mehrkosten in der Fahrzeuganschaffung von elektrischen Fahrzeugen fallen im Zeitverlauf aufgrund der hinterlegten Batteriekostendegression immer geringer aus. Diese Mehrkosten werden allerdings von den zu erwartenden Einsparungen für die Versicherung, Wartung und Instandhaltung (rund 105 Mrd. €) überkompensiert, so dass die Differenzkosten trotz der anfallenden Ausgaben in die Ladeinfrastruktur negativ sind. Bis zum Jahr 2031 sind die Differenzkosten positiv. Die Ausgaben übersteigen also die eingesparten Kosten. Ab dem Jahr 2031 dreht sich dieses Verhältnis und die eingesparten Kosten übersteigen die anfallenden Kosten.

Eine hohe Marktdurchdringung elektrisch angetriebener Fahrzeuge benötigt auch einen zusätzlichen Ausbau der **Ladeinfrastruktur** als weiteren Teil der Bruttokosten. So fallen für rund 3 Mio. zusätzlich benötigte Ladepunkte zusätzliche Infrastrukturkosten in Höhe von 10,1 Mrd. € an.

Die **spezifischen (Netto-) Minderungskosten** zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.050,3 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 32: M2 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,5	-19,7	-36,3
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-16,5	-35,3	-40,7
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	14,0	15,6	4,3

Quelle: eigene Berechnung

4.2.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

In Tabelle 33 zeigen sich zusätzliche Lärm- und Staukosten im Verkehrssektor, was durch den Anstieg der Verkehrsleistung des MIV erklärt werden kann (siehe Tabelle 38). Die Jahresfahrleistung bei elektrischen Pkw liegt über der von Benzinern (die Jahresfahrleistung von Autos mit Diesel Antrieb ist deutlich höher). Hintergrund sind Rebound-Effekte, die sich durch die geringeren Kilometerkosten bei Elektrofahrzeugen ergeben. Um diesen Rebound-Effekten entgegenzuwirken, könnten flankierende Instrumente, wie eine Pkw-Maut, eingeführt werden. Leicht kompensierend wirkt eine geringere Jahresfahrleistung für elektrisch betriebene LNF gegenüber Benzinern.

Tabelle 33: M2 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-383,4	-711,3	327,9
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-89,4	-162,4	73,0
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	1,2	-2,0	3,2
Staukosten	Mrd. €	6,7	6,7	0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	9,5	-8,8	18,3
Lärmkosten	Mrd. €	4,3	4,3	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-67,7	-162,3	94,6

Quelle: eigene Berechnung

4.2.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 34: M2 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-6.732,4
Energiekosten	Mrd. €	-256,2
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-78,8
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-335,0

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 35 sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte und Beschäftigungseffekte kumuliert für die Jahre 2025-2050 dargestellt. Es zeigen sich relativ moderate negative gesamtwirtschaftliche Effekte mit einem Rückgang der Bruttowertschöpfung und des BIP um etwa 5 Mrd. €. Kumuliert gehen über alle Wirtschaftssektoren Arbeitsplätze in Höhe von 642 Tsd. Personenjahren verloren. Getrieben wird diese Entwicklung insbesondere durch den Rückgang an Arbeitsplätzen im Sektor der „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ (-809 Tsd. Personenjahre). Dabei sind insbesondere Arbeitsplätze im Bereich der

Instandhaltung und Reparatur von Kfz betroffen, da elektrisch betriebene Fahrzeuge einen deutlich geringeren Wartungsbedarf haben als konventionelle Verbrenner. Besonders positive Beschäftigungseffekte ergeben sich für den Sektor der Energieversorgung, in dem kumuliert von 2025 bis 2050 Arbeitsplätze in Höhe von 403 Tsd. Personenjahren entstehen.

Im Jahr 2030 ergeben sich sogar positive gesamtwirtschaftliche Effekte. So ist die Bruttowertschöpfung bzw. das BIP im Jahr 2030 durch die Maßnahme um 2,0 bzw. 2,3 Mrd. € höher gegenüber der Referenz. Dies lässt sich durch den starken Anstieg des Bestandes an elektrischen Fahrzeugen erklären, welche in dem Jahr noch höhere Verkaufspreise haben als die ersetzten Fahrzeuge. Hiervon profitiert insbesondere der Handel mit Kfz, während die negativen Effekte im Bereich der Instandhaltung erst im weiteren Zeitraum überwiegen. Im Jahr 2030 gehen in der Gesamtwirtschaft 13,4 Tsd. Arbeitsplätze bzw. Personenjahre durch die Maßnahme verloren.

Tabelle 35: M2 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-4,6
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-5,2
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-642
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Elektr. Strom, Dienstl. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	403
Dienstleistungen der öffentl. Verwaltung und der Verteidigung	Tsd. Personenjahre	210
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-809
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-136
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-122

Quelle: eigene Berechnung

4.2.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 36: M2 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-228,0	-28,2	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-73,8	-8,6	3,5
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-67,7	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-369,5	-36,7	3,5

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die Haushalte sind mit einer Entlastung von 369,5 Mrd. € die wesentlichen Profiteure dieser Maßnahme, da sie über den Großteil des Pkw-Bestands verfügen und zudem bei ihnen die deutliche Reduzierung der externen Umwelt- und Gesundheitseffekte im Wert von 152 Mrd. € angerechnet wird. Unternehmen zeigen eine Entlastung von 36,7 Mrd. € und der Staat eine marginale Belastung von 3,5 Mrd. €. Für den Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge fallen etwa 10 Mrd. € Kosten für Ladesäulen und Netzertüchtigung an, die auf Haushalte (private Ladesäulen, 53% der Kosten), Staat (öffentliche Ladesäulen 35% der Kosten) sowie Unternehmen (Netzertüchtigung durch Energieversorger, 12% der Kosten) verteilt werden.

Darüber hinaus treten weitere Effekte auf, die hier nur nachrichtlich aufgeführt werden. So sind negative Mehrwert- sowie Energiesteuereffekte zu erwarten, da insgesamt weniger Güter nachgefragt werden. Auch sind Effekte aus einer Verringerung der gesamtwirtschaftlichen Nachfrage in Form von Gewinneinbußen bei Unternehmen sowie Steuerausfälle beim Staat bzw. Transfermehrausgaben aus den Sozialsystemen zu erwarten.

Tabelle 37: M2 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-346

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 37 ist die kumulierte Veränderung der Importabhängigkeit durch die Maßnahme dargestellt. Es zeigt sich, dass durch die Maßnahme kumuliert Importe um 346 Mrd. € zurück gehen. Grund hierfür ist die reduzierte Nachfrage nach fossilen Brennstoffen, die im Gegensatz zum zusätzlich nachgefragten Strom importiert werden müssen.

Tabelle 38: M2 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	5,1	20,6	13,2
- davon MIV	Mrd. Pkm	5,1	20,6	13,2
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0	0	0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0	0	0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Die Fahrleistung der LNF sinkt um 6,6 Mrd. Fzkm im Jahr 2030, um 16,9 Mrd. Fzkm im Jahr 2040 und um 14,8 Mrd. Fzkm im Jahr 2050. Die leichten Veränderungen der Verkehrsleistung sind durch die Unterschiede der im Modell hinterlegten Jahresverkehrsleistungen von Fahrzeugen mit elektrischen Antrieben gegenüber derjenigen der Verbrenner zu erklären.

Tabelle 39: M2 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	270,8

Quelle: eigene Berechnung

Die starke Zunahme an Elektrofahrzeugen führt zu einem deutlichen Anstieg der Stromnachfrage, welcher mit Emissionen verbunden ist. Im Energiesektor werden im Betrachtungszeitraum 270,8 Mio. t CO₂-Äq. mehr emittiert.

Tabelle 40: M2 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-74,8
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-49,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-814

Quelle: eigene Berechnung

Die Einführung einer Quote für Elektrofahrzeuge hat in dieser Modellierung negative Folgen für die Automobilwirtschaft in Deutschland. Der kumulierte Produktionswert bzw. die Bruttowertschöpfung sinkt um 74,8 bzw. 49,7 Mrd. € und gut 800 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart. In der Gesamtwirtschaft fallen durch zusätzliche Nachfrage in anderen Bereichen (vor allem Strom) lediglich knapp 640 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung weg. Im Jahr 2030 ist der Produktionswert bzw. die

Bruttowertschöpfung mit 0,3 bzw. 0,2 Mrd. € nur leicht geringer als in der Referenz, doch nimmt dieser Effekt im Zeitverlauf zu und die Werte liegen im Jahr 2050 bei 5,7 bzw. 3,8 Mrd. €. Im Jahr 2030 werden 4 Tsd. Arbeitsplätze weniger benötigt; der Wert steigt auf 42 Tsd. Arbeitsplätze im Jahr 2040 und 62 Tsd. Arbeitsplätze im Jahr 2050. Damit sind bis zum Jahr 2040 deutlich weniger Jobs gefährdet als die 300 Tsd. Arbeitsplätze aus der Studie des IPE (2019).

Wie oben bereits ausgeführt, sind diese Effekte insbesondere auf den geringeren Instandhaltungs- und Reparaturbedarf elektrischer Fahrzeuge zurückzuführen. Hier würden besonders viele Arbeitsplätze wegfallen. An dieser Stelle sei zudem darauf hingewiesen, dass keine Transformationsprozesse der deutschen Automobilwirtschaft berücksichtigt werden. So wird beispielsweise durch Batterieproduktionen ein größerer Anteil der Wertschöpfung in Deutschland stattfinden, was die in dieser Maßnahme anfallenden negativen makroökonomischen Effekte (teilweise) kompensieren könnte.

4.3 Reform der Dienstwagenbesteuerung

4.3.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Ziel dieser Maßnahme ist die Abschaffung des Dienstwagenprivilegs durch eine Reform der Besteuerung von Dienstwagen. Im Ergebnis dieser Reform macht es keinen Unterschied, ob ein Wagen privat oder als Dienstwagen zur Verfügung steht. Es wird eine Steuerneutralität angestrebt. Zu diesem Zweck soll neben den Anschaffungskosten auch das Ausmaß der privaten Nutzung berücksichtigt werden. Insbesondere der geldwerte Vorteil durch die kostenlose Bereitstellung von Kraftstoffen soll besteuert werden. Dadurch werden falsche umwelt- und klimaschädliche Anreize aufgehoben.

Beide Teile der Reform sorgen dafür, dass das Einkommen betroffener Haushalte reduziert wird. Dies führt insbesondere zu einer Reduktion der privaten Fahrleistung bei persönlich zugeordneten Pkw. Wenn Haushalte die Kosten von privaten Fahrten selbst tragen müssen, bestehen Anreize diese zu reduzieren, beziehungsweise auf andere Verkehrsträger zu verlagern. Es wird davon ausgegangen, dass der Anteil der Pkw-Fahrleistung privat genutzter Dienstwagen vor Einführung der Maßnahme 6% der gesamten Pkw-Fahrleistung ausmacht (vgl. Agora Verkehrswende (2018) S. 27). Darüber hinaus wird angenommen, dass die private Fahrleistung bei persönlich zugeordneten Dienstwagen um 50% abnimmt, wenn das Dienstwagenprivileg aufgehoben wird (vgl. ebd.). Gleichwohl folgt aus der Dienstwagenreform eine Veränderung der Pkw-Nachfrage.

Eine Abschätzung der jährlichen Einkommensreduktion der betroffenen Haushalte durch den Wegfall des Dienstwagenprivilegs erfolgt auf Basis von Diekman et al. (2011, S. 166) und beträgt etwa 3%. Hierzu werden die Abweichungen von der Neutralität der Dienstwagenbesteuerung bei einem Durchschnittseinkommen eines Dienstwagenfahrers von 72.300 Euro und eines jährlichen steuerlichen Vorteils von etwa 2.300 € verwendet (2011, S. 177).²² In Verbindung mit einer unterstellten Elastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes auf eine Veränderung des Einkommens von 1 (Litmann (2019)) wird eine Reduktion der Neuzulassungen privat-genutzter Dienstwagen von etwa 3% angesetzt. Aus der Reduktion der Pkw-Fahrleistung sowie der Reduktion des Fahrzeugbestandes entstehen wiederum einzel- als auch gesamtwirtschaftliche Effekte (z.B. THG-Emissionen, Luftschadstoffemissionen etc.). Eine prinzipiell mögliche Verlagerung privater Fahrten von Pkw auf andere Verkehrsträger wird nicht betrachtet. Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2025-2050.

4.3.2 Ergebnisse

Die Reform der Dienstwagenbesteuerung sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 77,7 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 59,6 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Eine Einsparung von 18,1 Mio. CO₂-Äq. ergibt sich aus den gesamtwirtschaftlichen Effekten. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor bzw. der Gesamtwirtschaft beträgt 2,8 bzw. 0,8 Mio. t CO₂-Äq.; beide Werte sinken im Zeitverlauf (vgl. Tabelle 42).

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.232 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

²² Für eine möglichst genaue Ermittlung sind detaillierte Betrachtungen von Haushaltsclustern und Dienstwagenverteilungen erforderlich.

Tabelle 41: M3 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-77,7
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-59,6
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-18,1
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-23,3
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-4,7
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-4,1
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-51,1
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-83,2
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.070,5

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die durch die Maßnahme über den gesamten Zeitraum (2025-2050) eingesparten Differenzkosten, die sich als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I zusammensetzen, belaufen sich auf 4,1 Mrd. €. Grund hierfür sind die verminderten Ausgaben im Bereich der Kfz-Anschaffung und den damit verbundenen reduzierten Ausgaben für Wartung und Instandhaltung der Pkw sowie vermiedene Versicherungskosten.

Tabelle 42: M3 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-3,6	-2,8	-1,7
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,8	-2,1	-1,5
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,8	-0,8	-0,2

Quelle: eigene Berechnung

4.3.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 43: M3 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-77,7	-59,6	-18,1
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-17,1	-13,1	-4,0
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,4	-0,2	-0,2
Staukosten	Mrd. €	-5,9	-5,9	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-2,0	-0,7	-1,3
Lärmkosten	Mrd. €	-2,7	-2,7	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-28,0	-22,5	-5,5

Quelle: eigene Berechnung

4.3.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 44: M3 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-898,2
Energiekosten	Mrd. €	-51,1
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-4,1
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	-104,2
Nettokosten ^a	Mrd. €	-55,2

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 45: M3 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-25,7
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-28,8
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-290
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-73
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-20
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	-17
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-16
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-13

Quelle: eigene Berechnung

In der Gesamtwirtschaft würde durch ein reduziertes Haushaltseinkommen die Nachfrage der Haushalte um etwa 55 Mrd. € und damit Bruttowertschöpfung (-25,7 Mrd. €) und BIP (-28,8 Mrd. €) im Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 sinken. Auch würden 290 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung wegfallen.

Die negativen Effekte der makroökonomischen Kenngrößen sind auf die Energiekosteneinsparungen (-51,1 Mrd. €) in Folge der Reduzierung der Verkehrsleistungen sowie eingesparter Differenzkosten (-4,1 Mrd. €) zurückzuführen. Die Beschäftigungseffekte der Energiekostenreduzierung fallen wegen hoher Importanteile in der Wertschöpfung bei fossilen Kraftstoffen vorwiegend im Ausland an. In Deutschland gehen daher 32% der verlorenen Arbeitsplätze allein auf den Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ zurück. Der Pkw-Bestand verringert sich kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum um 248 Tsd. Pkw.

Im Jahr 2030 werden 10 Tsd. Pkw weniger nachgefragt. In Summe ergibt sich im Jahr 2030 ein Rückgang der Bruttowertschöpfung um 0,9 Mrd. € und des BIP um 1,1 Mrd. €, sowie an Beschäftigung in Höhe von etwa 11 Tsd. Personenjahre.

4.3.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 46: M3 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-51,1	0,0	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	-4,1	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	104,2	0,0	-104,2
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-28,0	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	25,2	-4,1	-104,2

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Alle Akteure würden von Entlastungen durch die Maßnahme über den Bewertungszeitraum profitieren. Der Staat zeigt mit 104,2 Mrd. € die größte Entlastung durch höhere Steuerzahlungen der Haushalte in Folge des Abbaus des Dienstwagenprivilegs. Bei den Haushalten beträgt die Belastung bis zum Jahr 2050 25,2 Mrd. €; kompensierende Entlastungen aus Umwelt- und Gesundheitseffekte machen daran 28 Mrd. € aus. Es wird vereinfacht davon ausgegangen, dass Unternehmen weniger Dienstwagen anbieten, da Haushalte diese weniger nutzen und Kraftstoffe für private Fahrten durch die Haushalte bezahlt werden. Daher werden Haushalten keine Kosten der Pkw-Abschaffung und Unterhaltung, sondern nur die Energiekosten zugeordnet. Die Unternehmen tragen die übrigen Belastungen der Pkw-Abschaffung und Unterhaltung. Je nach individueller Ausgestaltung der aktuellen Dienstwagenregelungen in Unternehmen können auch alle Kraftstoffkosten durch die Unternehmen gedeckt werden.

Die Modellierung der Maßnahme betrachtet dabei allerdings nur die unmittelbaren Effekte auf die Unternehmen, die im Zuge der Reform der Dienstwagenbesteuerung weniger Ausgaben haben. Allerdings ist es denkbar, dass die Unternehmen, ihren Mitarbeitern einen höheren Lohn als Substitut für den entfallenden Dienstwagen zahlen. Dies hätte indirekt wiederum auch einen Effekt auf die Steuereinnahmen des Staates. Diese indirekten Effekte bleiben in der Modellierung jedoch unberücksichtigt.

Tabelle 47: M3 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-33,9

Quelle: eigene Berechnung

Importe nehmen ab, was vor allem an weniger Kraftstoffimporten liegt.

Tabelle 48: M3 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-29,6	-31,5	-32,3
- davon MIV	Mrd. Pkm	-29,6	-31,5	-32,3
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Die Vermeidung von Verkehrsleistung in Folge der Maßnahmen bleibt im Zeitverlauf auf den MIV beschränkt und etwa konstant bei 30 Mrd. Pkm pro Jahr.

Tabelle 49: M3 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	-10,2

Quelle: eigene Berechnung

Die Nachfrage- und Bestandsreduktion an Pkw betrifft auch elektrisch betriebene Dienstwagen, sodass hier weniger Strom nachgefragt wird. Dies führt kumulativ zu THG-Einsparungen in Höhe von 10,2 Mio. t CO₂-Äq.

Tabelle 50: M3 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-7,0
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-4,6
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-74

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert bzw. die Bruttowertschöpfung sinkt um 7,0 bzw. 4,6 Mrd. € und 74 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.4 Abschaffung der Entfernungspauschale

4.4.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Mit Blick auf den Klimaschutz kann es sinnvoll sein, dass die Entfernungspauschale vollständig entfällt. In ihrer **Wirkung** führt die Maßnahme zu einer geringeren steuerlichen Ansetzbarkeit der Fahrten zur Arbeitsstätte und zurück, was grundsätzlich mit einer höheren Steuerlast und einem geringeren Nettoeinkommen verbunden ist. Dabei wird in dieser Maßnahme die vollständige Abschaffung der Entfernungspauschale modelliert. Eine etwaige Härtefallregelung, die Haushalte mit niedrigem Einkommen und Fernpendler entlastet, ist nicht Gegenstand dieser Modellierung. Das UBA empfiehlt bei der Umsetzung der Maßnahme die Berücksichtigung einer Härtefallregelung (vgl. UBA (2019)).

Durch eine Abschaffung der Entfernungspauschale erhöhen sich die Kosten (nun ohne steuerliche Begünstigung) des Arbeitsweges für die betroffenen Haushalte. In den meisten Fällen ist der Haushalt jedoch auf diese Strecke angewiesen. Eine Abschaffung der Pendlerpauschale hätte daher kurzfristig wohl kaum einen Einfluss auf den direkten Weg zur Arbeit. Daher ist kurzfristig mit Änderungen des Verkehrsverhaltens zu rechnen, beispielsweise durch die Bildung von Fahrgemeinschaften, kraftstoffsparende Fahrweise oder den Umstieg auf umweltschonendere Verkehrsmittel. Mittel- bis langfristig hat die Maßnahme auch Auswirkungen auf die Wahl von Wohn- und Arbeitsort und fördert den Kauf von verbrauchsärmeren und damit kostensparenden Fahrzeugen.

Im Rahmen eines Einkommenseffektes, wird der Haushalt bei geringeren Nettoeinkommen seinen Konsum reduzieren. Da Fahrten zur Arbeit hierbei nicht komplett wegfallen können, kann der Haushalt im Rahmen eines kurzfristigen Effektes die Reduktion von sogenannten Freizeitfahrten mit dem Pkw vornehmen. Hierbei handelt es sich also um jene Fahrten, die nicht unbedingt notwendig sind und gegebenenfalls ausfallen oder verlagert werden können. Dabei wird von einer kurzfristigen Elastizität der Pkw-Fahrleistung (Fahrzeug-km) auf die Einkommensreduzierung von -0,3 ausgegangen (vgl. UBA (2008) S. 141 bzw. Goodwin et al. (2004)). Die Einkommensreduzierung wird mit 1% und das zusätzlich generierte Steueraufkommen mit 6,5 Mrd. EUR (ohne Härtefallregelung; in Preisen des Jahres 2016) angesetzt (vgl. UBA (2016), S. 26). Bei durchschnittlich 36% Freizeitfahrten (Bauer-Hailer (2019)) reduziert sich die jährliche Pkw-Fahrleistung um etwa 0,1%.

Es kann erwartet werden, dass Haushalte in der langen Frist bei der Entscheidung des Wohn- bzw. Arbeitsplatzes den Wegfall der Entfernungspauschale einkalkulieren. Dafür wird ein jährlicher Rückgang der Pkw-Verkehrsleistung von 2% angesetzt (vgl. UBA (2008) S. 272). Die de-facto Reduktion des Einkommens in Folge der Abschaffung der Entfernungspauschale schlägt sich auch im gesamten Pkw-Bestand nieder. Daher wird die Elastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes auf eine Veränderung des Einkommens von 1 nach Litmann (2019) angesetzt.

Wie in den vorherigen Maßnahmen folgen auch bei dieser Maßnahme aus der Reduktion der Pkw-Verkehrsleistung sowie der Veränderung des Pkw-Bestandes einzel- und gesamtwirtschaftliche Effekte (ökonomisch und ökologisch). Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2025-2050.

4.4.2 Ergebnisse

Die Abschaffung der Entfernungspauschale sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine kumulierte THG-Einsparung in Höhe von 60,2 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 42,9 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Einsparungen von 17,3 Mio. t CO₂-Äq. ergänzt. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 2,1 Mio. t CO₂-Äq.

Die Abschaffung der Pendlerpauschale verursacht keine Mehrinvestitionen im Verkehrssektor. Es werden Ausgaben vermieden, die sich in den hohen vermiedenen Differenzkosten von rund 81 Mrd. € kumuliert von 2025 bis 2050 zeigen. 72% der Differenzkosten sind auf die reduzierte Anschaffung von Pkw zurückzuführen. Damit verbunden sind reduzierte Wartungs- und Instandhaltungsausgaben (11%) und reduzierte Ausgaben für Kfz-Versicherungen (17%).

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 2.234 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 51: M4 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-60,2
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-42,9
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-17,3
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-16,0
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-3,2
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-81,1
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-34,2
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-134,6
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-2.234,0

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 52 sind die THG-Emissionen in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Die Einsparungen im Verkehrssektor sind deutlich größer als die gesamtwirtschaftlichen Einsparungen. Letztere sind insbesondere auf die reduzierte Nachfrage nach Pkw und der damit verbundenen reduzierten Produktion zurückzuführen. Zudem wird deutlich, dass die Einsparungen im Jahr 2030 deutlich größer sind als im Jahr 2050. Im Verkehrssektor liegt der Grund in der zunehmenden Elektrifizierung des Pkw-Bestandes in der Referenz. Gesamtwirtschaftlich ist dies mit der hinterlegten Entwicklung des Strommix und einhergehender reduzierter THG-Intensitäten zu erklären.

Tabelle 52: M4 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,9	-2,1	-1,3
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,1	-1,5	-1,0
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,8	-0,7	-0,3

Quelle: eigene Berechnung

4.4.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 53: M4 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-60,2	-42,9	-17,3
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-12,8	-9,0	-3,8
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,4	-0,1	-0,3
Staukosten	Mrd. €	-2,8	-2,8	0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-1,9	-0,56	-1,35
Lärmkosten	Mrd. €	-1,3	-1,3	0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-19,2	-13,8	-5,4

Quelle: eigene Berechnung

4.4.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 54: M4 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-625,1
Energiekosten	Mrd. €	-34,2
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-81,2
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	172,4
Nettokosten ^a	Mrd. €	-115,4

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Das zusätzliche Steueraufkommen beträgt kumuliert 172,4 Mrd. € bzw. 6,6 Mrd. € jährlich.

Tabelle 55: M4 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-98,0
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-109,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.285
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-726
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-47
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-43
Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-42
Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	Tsd. Personenjahre	-32

Quelle: eigene Berechnung

Eine Abschaffung der Entfernungspauschale hätte relativ hohe negative makroökonomische Effekte. Die reduzierte Nachfrage nach Pkw schlägt sich in einer reduzierten Bruttowertschöpfung bzw. BIP nieder. Kumuliert über die gesamte Maßnahmendauer (2025-2050) reduziert sich die Bruttowertschöpfung um 98,0 Mrd. € und das BIP um 109,7 Mrd. €. Insbesondere die reduzierten Anschaffungskosten aber auch die damit zusammenhängenden reduzierten Ausgaben im Bereich Wartung und Instandhaltung von Kfz sowie Versicherungen sind hier der Treiber. Dies sorgt dafür, dass rund 56 % der wegfallenden Arbeitsplätze im Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ anfallen. Kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum werden 2,2 Mio. Pkw weniger nachgefragt.

Im Jahr 2030 liegt der Bestand bereits etwa 500 Tsd. Fahrzeuge unterhalb der Referenz und es werden im Jahr 2030 etwa 85 Tsd. Pkw weniger nachgefragt. Aus diesem negativen Impuls entsteht im Jahr 2030 ein Rückgang der Bruttowertschöpfung um 3,8 Mrd. € und des BIP um 4,3 Mrd. €. Damit ist ein Wegfall von etwa 50 Tsd. Arbeitsplätzen im Jahr 2030 verbunden.

4.4.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 56: M4 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-34,2	0	0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-81,1	0	0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0	0	0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-19,2	0	0
Gesamt	Mrd. €	-134,6	0	0

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die Maßnahme führt zu einer Entlastung der Haushalte mittels eingesparter Kosten von Energie und durch Pkw-Haltung, da die Verkehrsleistung reduziert wird. Eine Analyse der steuerlichen Wirkungen auf den Staatshaushalt durch ein höheres Einkommensteueraufkommen bedingt einen anderen Modellrahmen mit Haushaltsclustern und wurde daher nicht abgebildet.

Tabelle 57: M4 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-28,1

Quelle: eigene Berechnung

Importe nehmen ab, was vor allem an weniger Kraftstoffimporten liegt.

Tabelle 58: M4 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-20,5	-20,4	-20,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	-20,5	-20,4	-20,0
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0	0	0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0	0	0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 59: M4 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	-5,0

Quelle: eigene Berechnung

Durch eine Reduzierung der Verkehrsleistung auch elektrisch betriebener Pkw sinkt die Nachfrage nach Strom und somit die damit verbundenen THG-Emissionen über den Zeitraum bis 2050 in Höhe von 5 Mio. t CO₂-Äq.

Tabelle 60: M4 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-67,5
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-44,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-731

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hätte negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert sinkt um 68 Mrd. € und 731 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart. In der Gesamtwirtschaft würden durch reduziertes Konsumeinkommen und reduzierte Nachfrage der Haushalte in Summe 1.285 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung wegfallen.

4.5 Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I

4.5.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Derzeit zahlen Lkw ab einem Gesamtgewicht von 7,5 t auf Autobahnen und Bundesstraßen eine fahrleistungsabhängige Maut. Die zu zahlende Mautgebühr setzt sich neben den Wegekosten auch aus Abgaben für die externen Kosten der Luftverschmutzung und Lärm zusammen. Diese Aufschläge sind über die EU-Richtlinie 199/62/EG gedeckelt.

Auf Basis der Mautstatistik (01/2020) des Bundesamtes für Güterverkehr (BAG 2020) sowie den seit 2019 geltenden Mautsätzen (Toll Collect 2021), ergibt sich ein gewichteter durchschnittlicher Referenzmautsatz über alle Schadstoff-, Achsen- und Gewichtsklassen in Höhe von 16,2 Cent/Fahrzeugkilometer. Die für diese Maßnahme untersuchte Ausgestaltung der Lkw-Maut zielt ab 2024 auf eine Ausweitung auf alle Lkw ab einem Gesamtgewicht von 3,5 t und alle Straßen ab. Zusätzlich wird die Aufhebung der Deckelung der Kostensätze für externe Kosten angenommen. Die Ausweitung der Maut sowie Aufhebung der Deckelung der Kostensätze sorgt dafür, dass der durchschnittliche Mautsatz auf etwa 26 Cent/Fahrzeugkilometer ansteigt. Außerdem wird eine Erhöhung der Mautaufschläge für THG-Emissionen angenommen. Dabei wird ein CO₂-Aufschlag von 205 €/t CO₂ im Jahr 2030 angesetzt, der mit der CO₂-Bepreisung in M1 konsistent ist. Damit steigt die Maut ab dem Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2018 durchschnittlich (über alle Größenklassen) um insgesamt etwa 30 Cent/Fahrzeugkilometer auf etwa 46 Cent/Fahrzeugkilometer. Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2019-2050.

Aus der Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut folgt eine Erhöhung der Transportkosten. Diese Erhöhung der Transportkosten kann dazu führen, dass Unternehmen den Transport auf alternative Verkehrsträger verlagern. Basierend auf dem Projektionsbericht der Bundesregierung (2015) wird davon ausgegangen, dass 50% der Reduktion des Güterverkehrs in Folge der Preiserhöhung anteilig auf Schienenverkehr und Binnenschiffe verlagert wird. Eine Erhöhung der Transportkosten führt zudem auch zu einer besseren Auslastung der Lkw. Daraus folgt ein Rückgang der gefahrenen Kilometer. Außerdem kann ein Wechsel der Antriebstechnologie zu umweltfreundlicheren Fahrzeugmodellen zu einer geringeren Mehrbelastung durch die Lkw-Maut führen. Jedoch sei an dieser Stelle anzumerken, dass dies aufgrund mangelnder Daten nicht Bestandteil der Modellierung ist.

Es wird von einer Elastizität der Güterverkehrsnachfrage auf Transportkosten bzw. die anteilige Mautgebühr von -0,6 ausgegangen (Agora 2018). Für den Einbau der Mauterfassungsgeräte für Fahrzeuge kleiner 7,5 t werden einmalige Kosten in Höhe von 350 Euro pro Fahrzeug angesetzt (Lueg 2020). Fahrzeuge größer 7,5 t haben bereits durch die bestehende Maut eingebaute Mauterfassungsgeräte. Die Transportkosten werden pro Fahrzeug mit 187 Cent je Fahrzeugkilometer angesetzt (BME 2019) und mangels belastbarer Projektionen bis 2050 konstant gehalten. Der Mautanteil an den Transportkosten entwickelt sich von etwa 10% im Jahr 2018 auf etwa 25-27% ab dem Jahr 2030. Die durchschnittliche Nutzungsdauer eines Lkw wird gemäß Afa-Tabelle des Bundesministeriums für Finanzen (2000) auf 9 Jahre angesetzt.

4.5.2 Ergebnisse

Die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine kumulierte THG-Einsparung in Höhe von etwa 89,2 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 93,3 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden CO₂-Emissionen von 1,7 Mio. t CO₂-Äq. zu einem geringen Anteil kompensiert. Letzter entstehen durch eine erhöhte Stromnachfrage in Folge der stärkeren Nutzung des Schienengüterverkehrs (vgl. Tabelle 69). Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 4,2 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 62).

Die Differenzkosten für diese Maßnahme belaufen sich auf ca. 145 Mio. €. Dies ist der Betrag, der als Investition in Mauterfassungsgeräte für alle Lkw kleiner 7,5 t erforderlich ist, um die Maßnahme in der beschriebenen Ausgestaltung einzuführen. Diese Maßnahme bedarf somit moderater Investitionskosten.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 936,1 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 61: M5 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-89,2
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-93,3
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	4,1
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-24,4
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-5,7
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	0,1
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-53,6
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-83,5
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-936,1

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 62: M5 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-4,0	-3,3	-3,1
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-4,2	-3,5	-3,1
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	0,2	0,1	0,0

Quelle: eigene Berechnung

4.5.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

In Tabelle 63 sind die kumulierten Umwelt- und Gesundheitseffekte der Maßnahme dargestellt. Es wird deutlich, dass im Verkehrssektor Einsparungen an Treibhausgasen stattfinden, während gesamtwirtschaftlich ein leichter Anstieg der THG-Emissionen festzustellen ist. Grund hierfür ist, dass ein Teil der Transportleistung aufgrund der Maut auf andere Verkehrsträger (Schiene und Binnenschifffahrt) verlagert wird. Diese Verkehrsträger weisen daher eine höhere Energienachfrage auf, die insbesondere zu Mehremissionen der Stromwirtschaft (vgl. Tabelle 69) führen.

Tabelle 63: M5 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-89,2	-93,3	4,1
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-19,7	-20,6	0,9
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,1	-0,1	-0,01
Staukosten	Mrd. €	-4,5	-4,5	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-0,6	-0,6	-0,1
Lärmkosten	Mrd. €	-5,1	-5,1	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-30,1	-30,9	0,8

Quelle: eigene Berechnung

4.5.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 64: M5 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-1.216,4
Energiekosten	Mrd. €	-53,6
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0,1
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	416,2
Nettokosten ^a	Mrd. €	-53,4

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die Programmkosten II fallen kumuliert in Höhe von 416,2 Mrd. € an und stellen die Mauteinnahmen dar. Eine makroökonomische Wirkung der Verwendung des Mautaufkommens ist derzeit unklar und wird daher nicht untersucht: Sollte der Teil der bisher steuerfinanzierten Infrastrukturinvestitionen für Straße und Schiene nun durch die Maut finanziert werden, so würden gegenüber der Referenz keine Mehrinvestitionen getätigt und somit auch keine zusätzlichen makroökonomische Impulse bewirkt. Sollten die Mauteinnahmen jedoch zusätzliche Investitionen anregen, entstünden positive makroökonomische Impulse. Die Einsparungen bei den Energiekosten betragen 53,6 Mrd. €, welche auch den Großteil der Einsparungen bei den Nettokosten von 53,4 Mrd. € ausmachen.

Tabelle 65: M5 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-9,4
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-10,6
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-111
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-21
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-14
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-13
Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	Tsd. Personenjahre	-9
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-8

Quelle: eigene Berechnung

Die kumulierten makroökonomischen Effekte sind in Tabelle 65 dargestellt. Die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut zeigt negative gesamtwirtschaftliche Effekte. So reduzieren sich Bruttowertschöpfung und BIP kumuliert um 9,4 Mrd. € bzw. 10,6 Mrd. €. Insgesamt gehen durch diese Maßnahme Arbeitsplätze in Höhe von 111 Tsd. Personenn Jahren verloren. Besonders betroffen ist hierbei der Sektor „Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)“. Dies ist auf die durch die Ausweitung der Lkw-Maut erhöhten Transportkosten zurückzuführen, die für den Handelssektor von besonderer Bedeutung sind.

Im Jahr 2030 ist durch die Maßnahme eine um 0,41 Mrd. € reduzierte Bruttowertschöpfung bzw. ein um 0,48 Mrd. € reduziertes BIP zu verzeichnen. Damit ist ein Verlust von 5 Tsd. Arbeitsplätzen (bzw. Personenn Jahren) verbunden.

4.5.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 66: M5 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2019 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	0,0	-53,6	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	0,1	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	416,2	-416,2
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-30,1	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-30,1	362,8	-416,2

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die wesentliche Verteilungswirkung ist die Mautzahlung der Unternehmen an den Staat in Höhe von 416,2 Mrd. € im Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050. Zudem werden Unternehmen bei den Energiekosten um 55 Mrd. € und Haushalte ausschließlich über die Umwelt- und Gesundheitseffekte im Wert von 30,4 Mrd. € entlastet.

Tabelle 67: M5 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-43,5

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 68: M5 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	-31,1	-32,0	-33,7
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-62,1	-63,9	-67,3
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	22,0	23,4	25,3
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	9,0	8,6	8,3

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 68 ist die Veränderung der Verkehrsleistung gegenüber der Referenz der einzelnen Verkehrsträger in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Der Personenverkehr bleibt von der Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut unbeeinflusst. Im Güterverkehr gibt es erwartungsgemäß deutliche Effekte. Die Transportleistung geht im Jahr 2030 um etwa 31 Mrd. tkm zurück. Annahmegemäß werden 50% dieses Rückgangs anteilig von den Verkehrsträgern Schienenverkehr und Binnenschifffahrt kompensiert, deren Transportleistung im Jahr 2030 jeweils um 26% ansteigt. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum von 2019 bis 2050 geht die Transportleistung im Straßenverkehr um 1.606 Mrd. tkm zurück.

Tabelle 69: M5 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	6,4

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 70: M5 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-0,4
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-0,2
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-0,1

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat keine signifikanten Folgen für die Automobilwirtschaft, da die wirtschaftlichen Impulse, die von dieser Maßnahme ausgehen nicht für die Automobilbranche relevant sind. Die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut sorgt für keine Veränderung im Bestand von Pkw und Lkw und ist daher für die Automobilbranche nur von sehr geringer Bedeutung. Deutlich stärker betroffen ist der Großhandel, der von den gestiegenen Transportkosten sehr stark betroffen ist.

4.6 Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h

4.6.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Laut Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) galt 2015 für fast ein Viertel der Bundesautobahnen keine Geschwindigkeitsbeschränkung. Diese Maßnahme setzt nun flächendeckend ein Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h. Der Wirkungszeitraum der Maßnahme erstreckt sich von 2025 bis 2050.

Ein generelles Tempolimit auf allen Autobahnen von 120 km/h führt zu einer Reduktion des Energieverbrauchs auf Autobahnen. Dabei wird ein Anteil der Fahrleistung von einer Geschwindigkeit größer 130 km/h von 55,5% sowie ein Anteil der Fahrleistung mit Geschwindigkeiten zwischen 120 und 130 km/h von 7,4% angenommen (Löhe 2016). Der Verbrauch zwischen den Tempolimit-Zonen basiert auf der UBA-Studie „Klimaschutz durch Tempolimit“ (UBA (2020a)). Dabei wird von im Zeitverlauf konstanten Werten ausgegangen.

Zudem sind noch weitere Folgewirkungen eines Tempolimits von 120 km/h denkbar, wie zum Beispiel eine Verlagerung zum Öffentlichen Verkehr in Folge der Verlängerung der Reisezeit. Auch ein Rückgang der Nachfrage leistungsstarker Fahrzeuge ist denkbar. Zudem verbessert sich möglicherweise die Auslastung der Autobahnen, was wiederum zu weniger Stau und Unfällen führt. Jedoch ist die Datenlage für all diese Effekte nicht ausreichend, um diese in die Modellierung einzubeziehen. Die ausgewiesenen Effekte eines Tempolimits von 120 km/h auf allen Autobahnen sind daher einzig auf den reduzierten Energieverbrauch auf Autobahnen zurückzuführen.

4.6.2 Ergebnisse

Die Einführung eines Tempolimits von 120 km/h auf Autobahnen sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine kumulierte THG-Einsparung in Höhe von 59,1 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 49,6 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Einsparungen von 9,5 Mio. t CO₂-Äq. ergänzt. Diese zusätzlich anfallenden Einsparungen sind auf eine reduzierte Stromnachfrage durch Elektrofahrzeuge zurückzuführen. Das Tempolimit gilt gleichermaßen für diese Fahrzeuge, die bei geringerer Geschwindigkeit weniger Energie pro km verbrauchen. Die damit einhergehenden Einsparungen im Stromsektor bedeuten zusätzliche Einsparungen an Treibhausgasmissionen. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor bzw. der Gesamtwirtschaft beträgt 2,3 bzw. 0,4 Mio. t CO₂-Äq.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 897,5 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 71: M6 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-59,1
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-49,6
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-9,5
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-13,3
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1,6
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	0,0
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-38,2
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-53,0
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-897,5

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 72: M6 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,7	-2,2	-1,5
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,3	-1,8	-1,3
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,4	-0,4	-0,1

Quelle: eigene Berechnung

4.6.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 73: M6 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-59,1	-49,6	-9,5
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-13,0	-10,9	-2,1
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,3	-0,2	-0,1
Staukosten	Mrd. €	0,0	0	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-1,6	-0,9	-0,7
Lärmkosten	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-14,9	-11,9	-2,9

Quelle: eigene Berechnung

4.6.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 74: M6 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-707,2
Energiekosten	Mrd. €	-38,2
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0,0
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-38,2

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 75: M6 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-11,3
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-12,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-118
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-13
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-9
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	-9
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-8
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-8

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 75 sind die makroökonomischen Effekte eines Tempolimits auf Autobahnen dargestellt. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum ergibt sich eine reduzierte Bruttowertschöpfung von 11,3 Mrd. € und ein reduziertes BIP von 12,8 Mrd. €.

Durch die Maßnahme ergibt sich ein Abbau an Arbeitsplätzen in Höhe von 110 Tsd. Personenjahren über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050). Neben dem Handel (über indirekte Effekte in der Lieferkette) sind hier insbesondere Arbeitsplätze im Energiesektor und Mineralölsektor (insb. direkte Effekte) betroffen. Grund hierfür ist die reduzierte Energienachfrage von Fahrzeugen.

Im Jahr 2030 sinkt die Bruttowertschöpfung um 0,42 Mrd. €, das BIP geht um 0,47 Mrd. € zurück und es fallen 4,5 Tsd. Arbeitsplätze (Personenjahre) weg.

4.6.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 76: M6 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-34,0	-4,2	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-14,9	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-48,8	-4,2	0,0

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme ist mit geringen Entlastungen bei Haushalten (49 Mrd. €) und Unternehmen (4 Mrd. €) vorwiegend in Form von Energiekosteneinsparungen verbunden. Hierbei wird eine Pkw-Besitzquote bei Haushalten von 89% und Unternehmen von 11% unterstellt (KBA 2018). Haushalte profitieren zudem von Entlastungen durch vermiedene Umwelt- und Gesundheitskosten.

Tabelle 77: M6 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-23,8

Quelle: eigene Berechnung

Importe nehmen ab, was vor allem an weniger Kraftstoffimporten liegt.

Tabelle 78: M6 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Die Einführung eines Tempolimits hat keinen Einfluss auf die Verkehrsleistung.

Tabelle 79: M6 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	-5,0

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 80: M6 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-0,3
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-0,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1,8

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat keine signifikanten Folgen für die Automobilwirtschaft, da sich aus der Maßnahme keine Bestandsveränderung ergibt und keine Wechsel der Antriebstechnologie unterstellt werden. Die hier dargestellten Effekte sind indirekte Effekte entlang der Lieferkette als Reaktion auf eine geringere Energienachfrage.

4.7 Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen

4.7.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Ein Bonus-Malus-System soll einen Anreiz zum Kauf emissionsärmerer Fahrzeuge liefern. Der Malus wird durch eine Erhöhung der Kfz-Steuer (z. B. in den ersten drei Jahren nach Neuzulassung) für Fahrzeuge mit hohen CO₂-Emissionen erhoben, der Bonus in einer gezielten Förderung beim Kauf CO₂-emissionsarmer, (teil)elektrischer Pkw und LNF ausgezahlt. Ein Bonus-Malus-System muss dynamisch gestaltet werden, um auf sich ändernde Rahmenbedingungen zu reagieren. Sinken die durchschnittlichen CO₂-Emissionen von Neuwagen, muss der Schwellenwert für den Malus abgesenkt werden, um auch weiterhin eine ausreichend große Wirkung sicherzustellen. Der Preis für Elektrofahrzeuge wird im Laufe der Zeit durch die fallenden Batteriekosten sinken, daher muss die Höhe des Bonus ebenfalls sinken. Damit wird ein aufkommensneutrales System geschaffen, in dem Halter von Fahrzeugen mit hohen CO₂-Emissionen den Absatz von CO₂-emissionsarmen Fahrzeugen subventionieren. Zudem erfordert dieses System im Gegensatz zum heutigen Umweltbonus keine zusätzlichen Steuermittel, sodass die Allgemeinheit nicht steuerlich belastet wird. Der Wirkungszeitraum der Maßnahme reicht von 2025 bis 2050.

Das Bonus-Malus-System bei Neuzulassungen von Pkw und LNF sorgt für einen Wechsel in der Antriebstechnologie. Insbesondere wird von einer erhöhten Nachfrage nach elektrisch betriebenen Fahrzeugen ausgegangen. Es findet also eine Veränderung im Flottenbestand statt und daraus resultierend ein Rückgang der im Verkehr anfallenden Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen. Von Änderungen im Gesamtbestand wird nicht ausgegangen. Auch der Energieverbrauch verändert sich. Bei der Modellierung dieser Maßnahme wird die Ausgestaltung des Bonus-Malus-System an das in Frankreich bestehende Modell angelehnt. Dabei werden BEV mit 6.000 Euro und PHEV mit 1.000 Euro gefördert. Dabei soll bis 2030 das Ziel von 6 Mio. elektrisch betriebenen Autos erfüllt werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich je 1.000 Euro Bonus die Nachfrage nach elektrisch betriebenen Autos um 6% erhöht (Ecofys/adelphi 2018). Um ein dynamisches Bonus-Malus-System über den Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 abzubilden werden die Boni entsprechend der Batteriekostenentwicklung (vgl. Tabelle 17) reduziert und über den Malus finanziert.

Die durchschnittlichen Kosten für Lade- und Netzinfrastruktur beträgt 313 Euro pro BEV, die in private Ladesäulen (53% der Kosten), öffentliche Ladesäulen (35% der Kosten) sowie Netzentüchtigung durch Energieversorger (12% der Kosten) aufgeteilt werden können (Ludwig Bölkow Stiftung (2019)). Außerdem wird gemäß der AfA-Tabelle des Bundesministeriums der Finanzen (2000) von einer Nutzungsdauer von Pkw und LNF von 6 Jahren ausgegangen. Weiterhin wird eine Pkw-Besitzquote bei Haushalten von 89% und Unternehmen von 11% unterstellt (KBA 2018).

4.7.2 Ergebnisse

Die Einführung eines Bonus-Malus-Systems beim Kauf von Neufahrzeugen (Pkw und LNF) sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 113,1 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 163,2 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden CO₂-Emissionen von 50,1 Mio. t CO₂-Äq. zu einem Teil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 1,6 Mio. t CO₂-Äq. Damit liegt sie etwa bei 13% der THG-Einsparung der Maßnahme M2 (Quote für Elektrofahrzeuge) und kann mit dem deutlich geringeren Zuwachs an Elektrofahrzeugen erklärt werden.

Über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050) fließen 24,2 Mio. zusätzliche Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb in den **Bestand** an Pkw ein (8 Mio. PHEV). Annahmegemäß geht der Bestand an Fahrzeugen mit Diesel- und Benzinantrieb entsprechend um 24,2 Mio. Pkw zurück. Im Jahr 2030 erhöhen 290 Tsd. zusätzliche Fahrzeuge den Bestand elektrischer Pkw auf 6,2 Mio. Pkw. Dies sind 1,7 Mio. mehr elektrische Pkw im Vergleich zur Referenz. Im Jahr 2040 liegt der Bestand mit 17,3 Mio. elektrischer Pkw um 6,9 Mio. Pkw und im Jahr 2050 mit 26,7 Mio. Pkw um 11,2 Mio. Pkw über dem Bestand in der Referenz. Auch der Bestand an elektrischen LNF steigt im Maßnahmenzeitraum deutlich an (zusätzliche 1,8 Mio. LNF von 2025-2050). Der Bestand an LNF mit Diesel- und Benzinantrieb geht annahmegemäß um diesen Betrag zurück. Im Jahr 2030 gehen zusätzliche 10 Tsd. LNF mit elektrischem Antrieb in den Bestand ein. Die hohe Marktdurchdringung an Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb sorgt erwartungsgemäß für reduzierte Emissionen im Verkehrssektor.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.080,2 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 81: M7 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-113,1
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-163,2
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	50,1
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-27,5
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	1,3
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-22,7
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-73,4
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-122,2
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.080,2

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die **Differenzkosten**, die sich als Summe aus den Brutto- und Programmkosten I ergeben, sind negativ für diese Maßnahme. Dies bedeutet, dass kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 Kosten in Höhe von 26,1 Mrd. € für die Anschaffung und Instandhaltung von Fahrzeugen durch den Antriebswechsel gespart werden bei gleichzeitig notwendigem Infrastrukturausbau in Höhe von 3,9 Mrd. €. Die Mehrkosten in der Fahrzeuganschaffung von elektrischen Fahrzeugen fallen im Zeitverlauf aufgrund der hinterlegten Batteriekostendegression immer geringer aus. Es werden 1,2 Mio. zusätzliche Ladesäulen benötigt.

Tabelle 82: M7 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1,4	-4,6	-12,0
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1,6	-8,0	-13,1
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	0,2	3,4	1,1

Quelle: eigene Berechnung

Mit steigendem gefördertem Bestand an Elektrofahrzeugen im Zeitverlauf steigt der Strombedarf, welcher im Wesentlichen die zusätzlichen gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen verursacht. Da der Bestandszuwachs im Vergleich zur Maßnahmen M2 aber langsamer sowie insgesamt geringer ausfällt und zudem die spezifischen Emissionen im Stromsektor im Zeitverlauf abnehmen, fallen die gesamten THG-Emissionen aus der Energiewirtschaft mit 43,5 gegenüber 270,8 Mio. t CO₂-Äq. in Maßnahme M2 vergleichsweise gering aus (vgl. Tabelle 89).

4.7.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

In Tabelle 83 zeigen sich geringere Lärm- und Staukosten im Verkehrssektor, was durch die Reduktion der Verkehrsleistung des MIV erklärt werden kann (siehe Tabelle 88). Die Jahresfahrleistung bei elektrischen Pkw liegt in den TREMOD-Daten der Referenz im gesamten Betrachtungszeitraum über der von Benzinern (die Jahresfahrleistung von Autos mit Diesel Antrieb ist allerdings deutlich höher). Eine Verdopplung des Referenzbestandes an elektrischen Pkw geht somit auch mit einer Verdopplung der Verkehrsleistung dieser Pkw einher. Da der Bestandszuwachs an elektrischen Pkw deutlich geringer als in M2 ausfällt, sinkt hier die Verkehrsleistung leicht und steigt nicht wie bei M2 an. Im Bereich LNF zeigt sich ebenfalls eine geringere Jahresfahrleistung, da diese von elektrisch betriebenen LNF gegenüber Benzinern geringer ausfällt.

Tabelle 83: M7 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel-wirtschaftlich	Gesamt-wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-113,1	-163,2	50,1
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-26,3	-37,8	11,5
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	0,2	-0,4	0,6
Staukosten	Mrd. €	-1,4	-1,4	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	1,8	-1,6	3,4
Lärmkosten	Mrd. €	-0,5	-0,5	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-26,1	-41,6	15,5

Quelle: eigene Berechnung

4.7.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 84: M7 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-1.661,2
Energiekosten	Mrd. €	-73,4
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-22,7
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,4
Nettokosten ^a	Mrd. €	-96,1

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 85 sind die gesamtwirtschaftlichen Effekte und Beschäftigungseffekte kumuliert für die Jahre 2025-2050 dargestellt. Es zeigen sich negative gesamtwirtschaftliche Effekte mit einem Rückgang der Bruttowertschöpfung bzw. des BIP um 17,0 bzw. 19,0 Mrd. €. Kumuliert gehen über alle Wirtschaftssektoren Arbeitsplätze in Höhe von 333 Tsd. Personenjahren verloren. Getrieben wird diese Entwicklung insbesondere durch den Rückgang an Arbeitsplätzen im Sektor der „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ (-262 Tsd. Personenjahre). Dabei sind insbesondere Arbeitsplätze im Bereich der Instandhaltung und

Reparatur von Kfz betroffen, da elektrisch betriebene Fahrzeuge einen deutlich geringeren Wartungsbedarf haben als konventionelle Verbrenner. Besonders positive Beschäftigungseffekte ergeben sich für den Sektor der Energieversorgung, in dem kumuliert von 2025 bis 2050 Arbeitsplätze in Höhe von 80 Tsd. Personenjahren entstehen.

Im Jahr 2030 liegt die Bruttowertschöpfung bzw. das BIP durch die Maßnahme um 0,2 Mrd. € unterhalb der Referenz. Im Jahr 2030 gehen in der Gesamtwirtschaft 2 Tsd. Arbeitsplätze bzw. Personenjahre durch die Maßnahme verloren.

Tabelle 85: M7 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-17,0
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-19,0
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-333
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	80
Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der Verteidigung	Tsd. Personenjahre	40
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-262
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-39
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-31

Quelle: eigene Berechnung

4.7.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 86: M7 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-65,4	-8,1	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-21,6	-2,5	1,4
Transfere (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-26,1	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-113,1	-10,5	1,4

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die Bonus-Malus-Zahlungen sind in Summe erlösneutral und die Programmkosten II daher null. Haushalte zeigen in Summe eine Entlastung von 113 Mrd. € vor allem durch Energiekosteneinsparungen und Umwelt- und Gesundheitseffekte. Die Infrastrukturkosten und Pkw-Kosten werden analog der bisherigen Schlüsselung aufgeteilt.

Tabelle 87: M7 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-91

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 88: M7 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-10,8	-13,5	-28,1
- davon MIV	Mrd. Pkm	-10,8	-13,5	-28,1
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Die Fahrleistung der LNF sinkt um 0,3 Mrd. Fzkm im Jahr 2030, um 1,8 Mrd. Fzkm im Jahr 2040 und um 4,3 Mrd. Fzkm im Jahr 2050.

Tabelle 89: M7 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	43,5

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 90: M7 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-24,3
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-16,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-264

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert bzw. die Bruttowertschöpfung sinkt um 24,3 bzw. 16,1 Mrd. € und 249 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart. Eine detaillierte Darstellung der Wirkungen findet sich bei Maßnahme M2.

4.8 CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe II (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)

4.8.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist eine Variation von Maßnahme 1. Hierbei wird ein CO₂-Preis von 80 Euro pro Tonne CO₂ im Jahr 2030 angesetzt. Die verwendeten Annahmen sind identisch mit denen in Maßnahme 1. Auch die Folgewirkungen sind gleich, unterscheiden sich jedoch in der Höhe der Effekte. So ist bei einem geringeren Preis von geringeren Effekten auszugehen.

4.8.2 Ergebnisse

Tabelle 91 zeigt die Ergebnisse wesentlicher Effekte dieser Maßnahme. Da die Wirkungsweise mit der in Maßnahme M1 identisch ist, sei auf die dort getroffenen detaillierten Ausführungen zur Interpretation der Ergebnisse verwiesen. Die Einführung einer CO₂-Bepreisung in der oben beschriebenen Ausgestaltung sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum von 2023 bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 119,1 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 115,8 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese Einsparungen werden durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Einsparungen von 3,2 Mio. t CO₂-Äq. ergänzt. Damit liegen alle Werte etwa halb so hoch, wie in Maßnahme M1 mit einer höheren CO₂-Bepreisung von 205 Euro pro Tonne CO₂ ab dem Jahr 2030. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 4,0 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 92).

Die Differenzkosten dieser Maßnahme betragen -53,6 Mrd. € in Form reiner Bruttokosten. Diese bestehen im Wesentlichen aus einer Kostenersparnis durch die Verringerung des Fahrzeugbestandes (Anschaffung, Wartung, Versicherungen) und Mehrkosten aus einer Zunahme an in Anspruch genommenen ÖPNV-Leistungen. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum von 2023 bis 2050 ergibt sich ein Rückgang des Fahrzeugbestandes um 2,7 Millionen Fahrzeuge. Im Jahr 2030 liegt er mit 52,8 Mio. Pkw etwa 0,8 Mio. Pkw bzw. 1,4% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 48,3 Mio. Pkw etwa 0,4 Mio. Pkw bzw. 0,9% unterhalb der Referenz. 55% des Rückgangs über den Maßnahmenzeitraum geht auf die Reduktion von Benzinern zurück, 45% auf Dieselfahrzeuge. Die kumulierte Kostenersparnis, die sich aus dem Rückgang des Fahrzeugbestandes in Summe von 2,7 Mio. Fahrzeugen (kumulativ im Maßnahmenzeitraum) ergibt, beträgt knapp 84 Mrd. €. Demgegenüber stehen die zusätzlichen Kosten für in Anspruch genommene ÖPNV-Leistungen. Der kumulierte Wert (2023-2050) dieser Kosten summiert sich auf 30 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.360,7 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können. Der Wert liegt auf ähnlichem Niveau wie bei der Maßnahmenvariante M1 mit höherem CO₂-Preis.

Tabelle 91: M8 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-119,1
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-115,8
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-3,2
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-35,2
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-5,5
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-53,6
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-67,6
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-162,0
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.360,7

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 92: M8 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-5,9	-3,9	-2,6
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-5,7	-3,7	-2,5
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,2	-0,1	-0,1

Quelle: eigene Berechnung

4.8.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 93: M8 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel-wirtschaftlich	Gesamt-wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-119,1	-115,8	-3,2
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-25,9	-25,2	-0,7
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,6	-0,6	0,0
Staukosten	Mrd. €	-8,7	-8,7	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-1,8	-2,4	0,7
Lärmkosten	Mrd. €	-3,8	-3,8	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-40,7	-40,6	-0,1

Quelle: eigene Berechnung

Es zeigen sich bei den Umwelt- und Gesundheitseffekten in Summe eine Einsparung von 40,7 Mrd. €. Gegenüber der Maßnahme M1 sind alle Werte etwa halb so groß, allerdings in der Zusammensetzung vergleichbar.

4.8.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 94: M8 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-1.397
Energiekosten	Mrd. €	-67,6
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-53,6
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	116,2
Nettokosten ^a	Mrd. €	-121,3

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Das Aufkommen der CO₂-Bepreisung beträgt kumulativ 116,2 Mrd. € von 2023 bis 2050 (Transferkosten II) und die Nettokosten betragen -121,3 Mrd. €. Beides entspricht etwa der Hälfte der Effekte aus Maßnahme M1.

Tabelle 95: M8 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-74,4
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-83,3
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-930
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-712
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	228
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-48
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-40
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-39

Quelle: eigene Berechnung

Durch die CO₂-Bepreisung sinkt die Bruttowertschöpfung im Betrachtungszeitraum (2023-2050) kumuliert um 74,4 Mrd. € bzw. das BIP um 83,3 Mrd. € jeweils gegenüber einer Referenz ohne Maßnahme. Im Jahr 2030 sinkt die BWS um 3,4 Mrd. € bzw. das BIP um 3,8 Mrd. €. Der Rückgang der Wirtschaftsleistung lässt sich auch am Verlust von Arbeitsplätzen quantifizieren. Über den gesamten Betrachtungszeitraum von 27 Jahren fallen Arbeitsplätze im Volumen von 930 Tsd. Personenjahren weg, im Jahr 2030 sind es 39 Tsd. Personenjahre. Besonders negativ betroffen ist insgesamt dabei der Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ durch die Einsparungen bei der Pkw-Anschaffung sowie Wartung und Instandhaltung (-712 Tsd. Personenjahre). Der Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“, dem der ÖPNV zuzuordnen ist, profitiert von der Maßnahme, so dass zusätzliche Arbeitsplätze in Höhe von 228 Tsd. Personenjahren geschaffen werden.

4.8.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 96: M8 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-67,6	-8,1	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-47,7	-5,9	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	90,8	25,4	-116,2
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-40,7	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-65,3	11,4	-116,2

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

In Barwerten des Jahres 2017 ausgedrückt, zeigen Haushalte eine Entlastung um 67,6 Mrd. € und liegen damit etwa 15 Mrd. € unterhalb der Ergebnisse aus Maßnahme M1 mit höheren CO₂-Preisen. Eine leichte Entlastung hätte sich bereits vor der vollständigen Anrechnung der Entlastung bei den Umwelt- und Gesundheitseffekten ergeben. Die geplante Klimaprämie würde Haushalte um weitere etwa 38,7 Mrd. € entlasten. Auf Unternehmen würde eine Belastung in Höhe von etwa 11,4 Mrd. € zukommen, da die CO₂-Bepreisung nicht durch Einsparungen bei Energie- oder Bruttokosten überkompensiert wird. Der Staat verzeichnet eine Entlastung durch die CO₂-Bepreisung in Höhe von 116,2 Mrd. €. Diese soll er allerdings zielgerichtet verwenden, sodass im Ergebnis ein ausgeglichener Saldo ohne Be- oder Entlastung erreicht werden soll. Zur Abschätzung dieser Rückverteilungseffekte sei auf die Themenbox bei Maßnahme M1 in Kapitel 4.1.2.3 verwiesen. Das Volumen in dieser Maßnahme M8 macht etwa 45% des Aufkommens der Maßnahme M1 aus, sodass vereinfacht von 45% der dort dargelegten Effekten ausgegangen werden kann.

Tabelle 97: M8 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-56,5

Quelle: eigene Berechnung

Importe nehmen ab, was vor allem an weniger Kraftstoffimporten liegt.

Tabelle 98: M8 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-20,3	-15,0	-11,7
- davon MIV	Mrd. Pkm	-46,1	-34,1	-26,5
- davon ÖV	Mrd. Pkm	19,8	14,7	11,4
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	6,0	4,4	3,4
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 98 wird die Veränderung der Verkehrsleistung in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 unterteilt nach Verkehrsträgern jeweils gegenüber der Referenz dargestellt. Es zeigt sich im Personenverkehr ein Rückgang an Verkehrsleistung, wobei die Reduzierung im Zeitverlauf abnimmt.

Tabelle 99: M8 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	3,5
CO ₂ -Bepreisung: Aufkommen	Mrd. €	116,2

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 100: M8 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-65,9
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-43,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-717

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert bzw. die Bruttowertschöpfung sinkt um 65,9 bzw. 43,7 Mrd. €. 717 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.9 Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut II

4.9.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme ist eine Variation von Maßnahme 5. Hierbei wird ein CO₂-Preis von 80 Euro pro Tonne CO₂ im Jahr 2030 angesetzt. Die verwendeten Annahmen sind identisch mit denen in M5. Auch die Folgewirkungen sind gleich, unterscheiden sich jedoch in der Höhe der Effekte bei einem geringeren Preisaufschlag. Die Mautsteigerung beträgt gegenüber dem Jahr 2018 durchschnittlich (über alle Größenklassen) dem Jahr 2030 insgesamt etwa 17 Cent/Fahrzeugkilometer. Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2019-2050.

4.9.2 Ergebnisse

Da die Wirkungsweise mit der in Maßnahme M5 identisch ist, sei auf die dort getroffenen detaillierten Ausführungen zur Interpretation der Ergebnisse verwiesen. Die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut sorgt kumulativ bis zum Jahr 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 54,4 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 57,1 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden CO₂-Emissionen von 2,6 Mio. t CO₂-Äq. zu einem geringen Anteil kompensiert. Diese Werte liegen etwa bei 60% der Werte in Maßnahme M5. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 2,3 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 102).

Die Differenzkosten für diese Maßnahme belaufen sich auf ca. 145 Mio. € in Form von Investitionen in Mauterfassungsgeräte für Lkw kleiner 7,5 t. Diese Maßnahme verursacht somit lediglich moderate Bruttokosten.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 926,6 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können. Der Wert liegt auf ähnlichem Niveau wie bei Maßnahme M5 mit höherem CO₂-Preis.

Tabelle 101: M9 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-54,4
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-57,1
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	2,6
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-14,7
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-3,3
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	0,1
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-32,5
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-50,4
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-926,6

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 102: M9 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,2	-1,9	-1,8
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,3	-1,9	-1,8
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	0,1	0,1	0,0

Quelle: eigene Berechnung

4.9.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 103: M9 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-54,4	-57,1	2,6
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-11,9	-12,5	0,6
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,1	-0,1	0,0
Staukosten	Mrd. €	-2,7	-2,7	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-0,3	-0,3	0,0
Lärmkosten	Mrd. €	-3,0	-3,0	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-18,1	-18,6	0,5

Quelle: eigene Berechnung

4.9.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 104: M9 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-744,3
Energiekosten	Mrd. €	-32,5
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0,1
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	303,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-32,4

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die Programmkosten II fallen kumuliert in Höhe von 303,0 Mrd. € an und stellen die Mauteinnahmen dar; diese liegen etwa bei 70% des Aufkommens in Maßnahmenvariante M5 mit höheren Mautsätzen.²³ Die Einsparungen bei den Energiekosten betragen 32,5 Mrd. €, welche auch den Großteil der Nettokosten von 32,4 Mrd. € ausmachen.

Tabelle 105: M9 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-5,7
BIP	Mrd. €	-6,4
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-67
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-13
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-9
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-8
Dienstleistungen der Rechts-, Steuer- und Unternehmensberatung	Tsd. Personenjahre	-5
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-5

Quelle: eigene Berechnung

²³ Der Anteil der Mauteinnahmen liegt mit etwa 70% über dem Anteil der Effektstärke von etwa 60% im Vergleich zu Maßnahme M5 mit höheren CO₂-Preisen. Dies liegt daran, dass in beiden Maßnahmen die Ausweitung der Maut sowie Aufhebung der Deckelung der Kostensätze für externe Kosten identisch abgebildet sind. Lediglich die Erhöhung der Mautaufschläge für THG-Emissionen wird variiert.

Die kumulierten makroökonomischen Effekte sind in Tabelle 105 dargestellt. Die Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut zeigt vergleichsweise geringe negative gesamtwirtschaftliche Effekte. So reduzieren sich Bruttowertschöpfung und BIP kumuliert um 5,7 Mrd. € bzw. 6,4 Mrd. €. Insgesamt gehen durch diese Maßnahme Arbeitsplätze in Höhe von 67 Tsd. Personenjahren verloren. Besonders betroffen ist hierbei der Sektor „Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)“. Dies ist auf indirekte Effekte entlang der Lieferkette durch die Reduzierung der Energienachfrage zurückzuführen, die für den Handelssektor von besonderer Bedeutung sind.

Im Jahr 2030 ist durch die Maßnahme eine um 0,22 Mrd. € reduzierte Bruttowertschöpfung bzw. ein um 0,25 Mrd. € reduziertes BIP zu verzeichnen; etwa 2 Tsd. Arbeitsplätze werden im Jahr 2030 gegenüber der Referenz wegfallen.

4.9.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 106: M9 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2019 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	0,0	-32,5	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	0,1	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	-303,0	303,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-18,1	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-18,1	270,7	303,0

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die wesentliche Verteilungswirkung ist die Mautzahlung der Unternehmen an den Staat in Höhe von 303,0 Mrd. € im Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050. Zudem werden Unternehmen bei den Energiekosten um 32,5 Mrd. € und Haushalte über die Umwelt- und Gesundheitseffekte im Wert von 18,1 Mrd. € entlastet. Eine makroökonomische Wirkung der Verwendung des Mautaufkommens ist derzeit unklar und wird daher nicht untersucht: Sollte der Teil der bisher steuerfinanzierten Infrastrukturinvestitionen für Straße und Schiene nun durch die Maut finanziert werden, so würden gegenüber der Referenz keine Mehrinvestitionen getätigt und somit auch keine zusätzlichen makroökonomische Impulse bewirkt. Sollten die Mauteinnahmen jedoch zusätzliche Investitionen anregen, entstünden positive makroökonomische Impulse.

Tabelle 107: M9 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-26,4

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 108: M9 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	-17,1	-17,9	-19,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-34,2	-35,8	-38,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	12,1	13,1	14,3
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	5,0	4,8	4,7

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 108 ist die Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsträger in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Der Personenverkehr bleibt von der Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut unbeeinflusst. Im Güterverkehr gibt es erwartungsgemäß deutliche Effekte, die etwa 60% der Effekte in Maßnahme M5 bei höheren CO₂-Preisen entsprechen. Die Transportleistung im Straßengüterverkehr geht im Jahr 2030 um 34,2 Mrd. tkm zurück. Annahmegemäß werden 50% dieses Rückgangs proportional von den Verkehrsträgern Schienenverkehr und Binnenschifffahrt kompensiert, deren Transportleistung im Jahr 2030 um jeweils 8% ansteigt. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum von 2019 bis 2050 geht die Transportleistung im Straßenverkehr um 480 Mrd. tkm zurück.

Tabelle 109: M9 - Andere Folgewirkungen

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	4,1

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 110: M9 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2019 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-0,2
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-0,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hätte keine signifikanten Folgen für die Automobilwirtschaft.

4.10 Förderung Umweltverbund

4.10.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Durch eine Förderung des Umweltverbundes können attraktive Alternativen zum motorisierten Individualverkehr geschaffen werden und somit eine Reduzierung der Verkehrsleistung von umwelt- und klimaschädlichen Verkehrsmitteln erreicht werden. Konkret zielt diese Maßnahme auf die Förderung des Radverkehrs, des öffentlichen Personennahverkehrs sowie den öffentlichen Personenfernverkehr ab. Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2025-2050.

Es wird eine jährliche Förderung des Radverkehrs in Höhe von 500 Mio. Euro angesetzt. Laut Agora (2018) führt jeder zusätzliche Euro Investition in den Radverkehr zu einer Verlagerungswirkung des motorisierten Individualverkehrs in Höhe von 0,5 Personenkilometer.

Zudem wird eine Ausweitung des Angebots im öffentlichen Personennahverkehr um 10% bis zum Jahr 2030 unterstellt, die sich aus einem effizienteren Einsatz der vorhandenen Finanzmittel ergibt (vgl. UBA (2019)). Somit wird kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf unterstellt. Es wird von einer Angebotselastizität der ÖPNV-Nachfrage von 0,3 ausgegangen (vgl. kcw (2019a)).

Die Ermittlung des Treibhausgaseinsparpotenzials für den Fernverkehr erfolgt in Anlehnung an eine Studie für das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI 2016). Hierbei wird im Kombinationsszenario von einer Verlagerung von ca. 15 Milliarden Personenkilometer vom MIV auf die Schiene ausgegangen. Die Studie verweist darauf, dass für die Umsetzung der Verlagerung Investitionen notwendig sind, doch liefert sie keine Quantifizierung. Daher sind diese zusätzlichen Investitionen nicht Bestandteil dieser Analyse und sollten bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

4.10.2 Ergebnisse

Tabelle 111 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieser Maßnahme. Die Förderung des Umweltverbundes in der oben beschriebenen Ausgestaltung, sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 54,3 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 45,6 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich eingesparten CO₂-Emissionen von 8,7 Mio. t CO₂-Äq. ergänzt. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 2,0 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 112).

Die Differenzkosten für diese Maßnahme belaufen sich auf -144,9 Mrd. €. Die Einsparungen überwiegen also die anfallenden Ausgaben zur Umsetzung dieser Maßnahme. Die Differenzkosten werden in dieser Maßnahme von verschiedenen Effekten beeinflusst. Zum einen fallen für diese Maßnahme Investitionen in den Ausbau des Rad- und Fußverkehrs an. Die kumulierten Ausgaben über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050) belaufen sich auf 8,8 Mrd. €. Diese Kosten werden jedoch durch die deutlich größeren Einsparungen überkompensiert. Dabei sei erneut anzumerken, dass für die Ausweitung des öffentlichen Personennahverkehrs und Personenfernverkehrs kein zusätzlicher Finanzierungsbedarf angesetzt wird. Dies führt in Summe zu einem besonders vorteilhaften Kosten-Nutzen-Verhältnis dieser Maßnahme. Durch die Maßnahme ergibt sich ein deutlicher Rückgang der Verkehrsleistung des MIV. Dies führt analog zu anderen Maßnahmen, wie beispielsweise der Maßnahme „CO₂-Bepreisung“ (M1 bzw. M8), zu einer Reduzierung des Fahrzeugbestandes. Dieser reduzierte Fahrzeugbestand bedeutet zum einen hohe Einsparungen im Bereich der Kfz-Anschaffung. Damit verbunden sind auch deutliche Einsparungen im Bereich Kfz-Wartung bzw. -

Instandhaltung sowie im Bereich Kfz-Versicherungen. Diese Einsparungen belaufen sich kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum auf knapp 153,6 Mrd. €. Im Ergebnis ergeben sich somit Differenzkosten in Höhe von knapp 98,7 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 3.490,8 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können. Diese Maßnahme weist im Vergleich zu allen anderen betrachteten Maßnahmen das günstigste Verhältnis von THG-Einsparung und anfallenden Kosten auf.²⁴

Tabelle 111: M10 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-54,3
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-45,6
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-8,7
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-15,2
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-3,0
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-144,9
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-26,6
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-189,7
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-3.490,8

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 112: M10 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,3	-2,1	-1,7
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,0	-1,6	-1,3
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,3	-0,5	-0,3

Quelle: eigene Berechnung

²⁴ Dies liegt auch an den nicht quantifizierten Infrastrukturkosten des öffentlichen Personenverkehrs. Diese Maßnahme bleibt vorteilhaft bei Berücksichtigung von deutlichen Infrastrukturkosten (ohne Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Wechselwirkungen). Setzt man beispielsweise vereinfacht die ÖPNV-Investitionen in Höhe von etwa 46 Mrd. € als zusätzliche Investition an, welche zu ähnlicher Größenordnung der Verlagerungen der Verkehrsleistung führen, würden die spezifischen (Netto-)Minderungskosten etwa -2.000 €/t € pro t CO₂-Äq. liegen. Diese Maßnahmen würde weiterhin auf einem Spitzenplatz bei den Minderungskosten liegen.

4.10.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 113: M10 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-54,3	-45,6	-8,7
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-12,0	-10,1	-2,0
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,4	-0,1	-0,3
Staukosten	Mrd. €	-2,8	-2,8	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-1,7	-0,6	-1,1
Lärmkosten	Mrd. €	-1,3	-1,3	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-18,2	-14,8	-3,4

Quelle: eigene Berechnung

4.10.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 114: M10 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-523,3
Energiekosten	Mrd. €	-26,6
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-144,9
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-171,5

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 115: M10 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-161,6
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-181,0
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-2.157
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-1.338
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-89
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-77
Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz).	Tsd. Personenjahre	-67
Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistg. verbundene Dienstleistg.	Tsd. Personenjahre	-63

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 115 sind die makroökonomischen Folgewirkungen der Maßnahme dargestellt. Kumuliert ergibt sich durch die Maßnahme ein Rückgang der Bruttowertschöpfung um 161,6 Mrd. € und ein Rückgang des BIP um 181,0 Mrd. €. Zudem sorgt die Maßnahme für einen kumulierten Verlust an Arbeitsplätzen in Höhe von 2.157 Tsd. Personenjahre. Der Großteil dieser Arbeitsplätze geht im Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur von Kfz“ verloren. Grund hierfür ist die deutliche Reduktion des Fahrzeugbestandes in Folge der reduzierten Pkw-Fahrleistung. Die Maßnahme sorgt allerdings auch für zusätzliche Arbeitsplätze, insbesondere im Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ zu dem der öffentliche Verkehr gehört.

Im Jahr 2030 sinkt die Bruttowertschöpfung um 5,7 Mrd. € während das BIP um 6,4 Mrd. € sinkt. Zudem sinkt die Beschäftigung um 77 Tsd. Arbeitsplätze.

4.10.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 116: M10 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-26,6	0,0	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-153,7	0,0	8,8
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-18,2	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-198,4	0,0	8,8

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Der Staat hat durch die Investition in Radinfrastruktur eine Belastung von 8,8 Mrd. € im Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2050. Haushalte werden deutlich mit einer Summe von 198,4 Mrd. € entlastet, wobei der Großteil auf Kosteneinsparungen durch die Reduzierung des Pkw-Bestandes (im Jahr 2050 -2,3% bzw. über 1,1 Mio. Pkw weniger) zurückzuführen ist. Ein Teil der Kosteneinsparung nutzen sie für die intensivere ÖPNV-Nutzung.

Tabelle 117: M10 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-30,3

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 118: M10 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-1,3	-3,8	-6,4
- davon MIV	Mrd. Pkm	-20,5	-23,0	-25,5
- davon ÖV	Mrd. Pkm	19,0	19,0	19,0
- davon Bahn (nah und fern)	Mrd. Pkm	15,0	15,0	15,0
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	0,2	0,2	0,1
Güterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0	0	0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0	0	0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 118 ist die Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsträger in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Es wird deutlich, dass die gesamte Personenverkehrsleistung nur geringfügig sinkt. Die Verkehrsleistung des MIV geht jedoch sehr stark zurück und wird zum größten Teil von einem Anstieg der Verkehrsleistung im ÖPNV bzw. dem Bahnfernverkehr kompensiert. So liegt die Verkehrsleistung im ÖPNV im Jahr 2050 3% und die des Bahnverkehrs (nah und fern) 13% über den Werten der Referenzentwicklung.

Tabelle 119: M10 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	5,2

Quelle: eigene Berechnung

Die stärkere Nutzung des Schienenverkehrs geht einher mit einer höheren Stromnachfrage des Verkehrssektors, obgleich durch den Rückgang der Verkehrsleistung im MIV die gesamte Energienachfrage sinkt. Die höhere Stromnachfrage ist mit zusätzlichen THG-Emissionen aus der Energiewirtschaft im Maßnahmenzeitraum bis 2050 in Höhe von 5,2 Mio. t CO₂-Äq. verbunden.

Tabelle 120: M10 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-124,2
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-82,2
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.346

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat deutlich negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert sinkt um 124 Mrd. € und 1.346 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.11 Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw

4.11.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme sieht vor, dass Oberleitungssysteme auf viel befahrenen Autobahnen entstehen und Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw) zugelassen werden. Diese können, wenn vorhanden das Oberleitungssystem nutzen. Dabei orientiert sich die Modellierung dieser Maßnahme sehr stark an der Studie „StratON“ des Öko-Instituts (2020). Es wird davon ausgegangen, dass insgesamt auf 4.000 km Bundesautobahnen Oberleitungssysteme installiert werden. Davon werden bis 2030 bereits rund 1.700 km umgesetzt. Der gesamte Maßnahmenhorizont erstreckt sich von 2025 bis 2050. Neben der Länge des Start- und Endnetzes gehen aus genannter Studie auch die Investitions- und Betriebskosten für den Aufbau und Betrieb hervor.

Der Aufbau eines Oberleitungssystems bedarf hoher Investitionen, die einen Einfluss auf die gesamtwirtschaftliche Nachfrage haben.

Ob das Ziel eines emissionsärmeren Verkehrs durch die Installation eines Oberleitungssystems erreicht werden kann, hängt neben dem ausreichenden Ausbau dieses Netzes auch maßgeblich damit zusammen, ob es für Transportunternehmen wirtschaftlich attraktiv ist in OH-Lkw zu investieren. Die Anschaffungskosten eines solchen OH-Lkw orientieren sich dabei an IFEU (2018). Im Jahr 2020 wird von einem Anschaffungspreis von 138.000 € für einen OH-Lkw und 98.000 € für ein Basisfahrzeug ausgegangen; im Jahr 2030 wird der Anschaffungspreis von 115.000 € für einen OH-Lkw angesetzt. Im Zeitverlauf wird eine entsprechende jährliche Kostendegression unterstellt und bis zur Erzielung des Kaufpreises des konventionellen Lkw extrapoliert. Eine Preisangleichung wird im Jahr 2037 erreicht. Durch die Etablierung eines ausreichend langen Oberleitungssystems und einer hohen Marktdurchdringung von OH-Lkw sind unter anderem Minderungen bei THG- und Luftschadstoffemissionen zu erwarten.

4.11.2 Ergebnisse

Tabelle 121 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieser Maßnahme. Die Einführung eines Oberleitungssystems auf Autobahnen und Zulassung von OH-Lkw, sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 30,6 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 69,4 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden THG-Emissionen von 38,8 Mio. t CO₂-Äq. zu einem großen Anteil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 1,3 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 122)²⁵. In Öko-Institut (2020) wird zudem dargestellt, dass sich die Wirkung dieser Maßnahmen durch begleitende Instrumente, wie zum Beispiel einer CO₂-abhängige Lkw-Maut, verstärken kann.

Für diese Maßnahme fallen kumulierte Differenzkosten in Höhe von knapp 22,8 Mrd. € an. Die Differenzkosten werden maßgeblich von den notwendigen Investitionen in die Infrastruktur getrieben. Zudem fallen zusätzliche Anschaffungskosten für Lkw an. Die deutliche Einsparung der Energiekosten durch die Maßnahme ist annahmegemäß nicht Teil der Differenzkosten.

²⁵ Damit liegt die Vermeidung unter dem Niveau des Ausgangsszenarios M0-Szenarios aus StratON in Höhe von -2,2 t CO₂-Äq. (vgl. Öko-Institut (2020), S. 211). Dies scheint neben einem anderen Annahmegerüst vor allem in der in unserer Analyse geringeren Durchdringung an OH-Lkw zu liegen. So machen diese bei StratON im Jahr 2050 etwa 35% und somit etwa ein Drittel mehr als in unserer Analyse (22% in 2050) aus (vgl. Öko-Institut (2020), S. 174).

Die hohe gesamtwirtschaftliche Aktivität führt in Summe zu höheren Gesundheitskosten durch Luftschadstoffe.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 49,9 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 121: M11 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-30,6
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-69,4
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	38,8
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-7,0
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	1,3
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	22,8
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-18,7
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-1,5
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-49,9

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 122: M11 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,02	-1,8	-2,8
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1,34	-3,5	-3,2
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	1,32	1,7	0,4

Quelle: eigene Berechnung

4.11.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 123: M11 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel-wirtschaftlich	Gesamt-wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-30,6	-69,4	38,8
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-7,2	-15,7	8,6
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	0,2	-0,2	0,4
Staukosten	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	1,3	-0,8	2,1
Lärmkosten	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-5,7	-16,7	11,1

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 123 sind die kumulierten Umwelt- und Gesundheitseffekte der Maßnahme dargestellt. Wie bei den anderen Maßnahmen, die auf eine höhere Elektrifizierung im Verkehrssektor abzielen, zeigt sich auch für die Maßnahme von Oberleitungen auf Bundesautobahnen, dass gesamtwirtschaftlich zusätzliche Emissionen anfallen. Während die eingesparten THG-Emissionen im Verkehrssektor die zusätzlich anfallenden gesamtwirtschaftlichen Emissionen überkompensieren, sind die zusätzlich anfallenden Luftschadstoffkosten in der Gesamtwirtschaft höher als die Einsparungen im Verkehrssektor. Grund hierfür sind die zusätzlich anfallenden Emissionen im Bereich der Stromproduktion. Der Anteil von Lkw mit elektrischem Antrieb am Gesamtbestand beträgt im Jahr 2030 mit etwa 46 Tsd. Fahrzeugen knapp 6% (Referenz: 1%) und steigt bis zum Jahr 2050 mit etwa 165 Tsd. Fahrzeugen auf 22% (Referenz: 6%) an.

4.11.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Der Staat trägt den Großteil der Bruttokosten in Form der Ausbau- und Betriebskosten der Oberleitungsinfrastruktur in Höhe von 22,0 Mrd. €, wovon knapp 15 Mrd. € Infrastrukturkosten sind und die jährlichen Betriebskosten von 2 % der Infrastrukturkosten kumuliert rund 7 Mrd. € ergeben. Alle Werte sind in Barwerten des Jahres 2017 ausgedrückt und als Zahlungen über den Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050 ermittelt.

Tabelle 124: M11 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-280,9
Energiekosten	Mrd. €	-18,7
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	22,8
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	4,1

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Der Energiebedarf von elektrischen Fahrzeugen liegt unterhalb des Bedarfs konventioneller Lkw, sodass der Energiebedarf kumuliert im Zeitraum 2025 bis 2050 um 280,9 PJ sinkt.

Tabelle 125: M11 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	28,7
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	32,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	301
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Elektrische Ausrüstungen	Tsd. Personenjahre	100
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	41
Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der Verteidigung	Tsd. Personenjahre	25
Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	17
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	12

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 125 dargestellten makroökonomischen Kenngrößen zeigen positive Effekte durch die Maßnahmeneinführung. So steigt die kumulierte Bruttowertschöpfung von 2025-2050 um 28,7 Mrd. € und das kumulierte BIP um 32,1 Mrd. €. Im Jahr 2030 steigt die Bruttowertschöpfung um 1,3 Mrd. € und das BIP um 1,5 Mrd. €. Kumuliert werden zudem Arbeitsplätze in Höhe von 301 Tsd. Personenjahren (in 2030 15 Tsd. Arbeitsplätze) geschaffen. Der Großteil dieser Arbeitsplätze entsteht im Sektor „Elektrische Ausrüstungen“, der von den Investitionen in die Oberleitungen profitiert. Die positiven Differenzkosten haben positive Auswirkungen auf die makroökonomischen Kenngrößen.

4.11.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 126: M11 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	0,0	-18,7	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	0,8	22,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-5,7	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-5,7	-17,8	22,0

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme ist mit geringen Entlastungen bei Haushalten (5,7 Mrd. €) und deutlichen Entlastungen bei Unternehmen (17,8 Mrd. €) vorwiegend in Form von Energiekosteneinsparungen verbunden. Unternehmen tragen zudem die Mehrkosten elektrischen Lkw in Höhe von 0,8 Mrd. €, die bis zum Jahr 2037 anfallen; danach wird davon ausgegangen, dass keine Mehrkosten gegenüber den konventionellen Lkw anfallen. Haushalte profitieren ausschließlich von Entlastungen durch vermiedene Umwelt- und Gesundheitskosten. Der Staat trägt die Ausbaurkosten der Oberleitungsinfrastruktur in Höhe von 22,0 Mrd. €. Diese Kosten könnten beispielsweise durch eine Anpassung der Lkw-Maut gegenfinanziert werden.

Tabelle 127: M11 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-24,4

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 128: M11 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon MIV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
- davon ÖV	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Mit dieser Maßnahme sind keine Veränderungen der Verkehrsleistung verbunden.

Tabelle 129: M11 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	29,0

Quelle: eigene Berechnung

Die starke Zunahme an Elektrofahrzeugen führt zu einem Anstieg der Stromnachfrage, welche mit Emissionen verbunden ist. Im Energiesektor werden im Betrachtungszeitraum 29 Mio. t CO₂-Äq. mehr emittiert.

Tabelle 130: M11 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	1,3
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	0,8
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	0,3

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hat leichte positive Folgen für die Automobilwirtschaft, da durch die Maßnahme zusätzliche Ausgaben bei der Anschaffung von Lkw bis zum Jahr 2037 anfallen. Dieser positive wirtschaftliche Impuls sorgt neben der Steigerung des Produktionswertes und der Bruttowertschöpfung auch für einen geringen Anstieg der Arbeitsplätze in der Automobilwirtschaft.

4.12 Stärkung des Schienengüterverkehrs

4.12.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme sieht eine Investitionen in die Infrastruktur des Schienengüterverkehrs vor. Zum einen soll eine Erhöhung der Transportkapazität auf der Schiene erreicht werden. Hierfür wird eine Verdopplung des Güterverkehrs auf der Schiene bis zum Jahr 2035 auf Basis der Studie „Klimaeffekt der Verkehrsverlagerung im Güterverkehr – Das CO₂-Minderungspotenzial durch Verdopplung des Schienengüterverkehrs“ (siehe kcw (2019b)) unterstellt. Aus dieser Erhöhung der Transportkapazität der Schiene folgt eine Verlagerung des Güterverkehrs auf eben diese und eine zeitgleiche Reduktion des Straßengüterverkehrs. Daraus resultiert eine Veränderung der Endenergienachfrage. Darüber hinaus wird in dieser Maßnahme eine Umstellung von Diesel- auf Elektroantrieb im Schienengüterverkehr unterstellt. Dabei wird von einem Rückgang des Dieselanteils im Schienengüterverkehr bis 2035 von 5% auf 2% ausgegangen (siehe kcw 2019b). Der betrachtete Maßnahmenzeitraum erstreckt sich von 2025-2050.

4.12.2 Ergebnisse

Tabelle 131 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieser Maßnahme. Die Stärkung des Schienengüterverkehrs, wie oben beschrieben, sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 106,0 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 127,7 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden CO₂-Emissionen von 21,7 Mio. t CO₂-Äq. zu einem gewissen Anteil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 3,8 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 132).

Tabelle 131: M12 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-106,0
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-127,7
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	21,7
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-31,7
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	3,2
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	3,3
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-61,3
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-86,9
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-820,0

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Die Differenzkosten dieser Maßnahme belaufen sich kumuliert über den Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 auf 3,3 Mrd. €. Diese Kosten sind auf die Ausgaben für die Infrastruktur zur Stärkung des Schienengüterverkehrs zurückzuführen. Dabei wird basierend auf der kcw-Studie (2019c) ein jährlicher Mittelbedarf von 190 Mio. € für die SGV-Maßnahmen sowie ein jährlicher Mittelbedarf von 80 Mio. für das „Europa-Programm“ angesetzt. Diese Mittel werden für 15 Jahre angesetzt.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 820,0 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 132: M12 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-2,8	-5,1	-5,6
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-3,8	-5,9	-5,6
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	1,0	0,9	0,0

Quelle: eigene Berechnung

4.12.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 133: M12 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzelwirtschaftlich	Gesamtwirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-106,0	-127,7	21,7
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-24,0	-28,8	4,8
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,2	-0,3	0,2
Staukosten	Mrd. €	-7,5	-7,5	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-0,4	-1,4	1,0
Lärmkosten	Mrd. €	3,2	3,2	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-28,9	-34,9	6,0

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 133 sind die kumulierten Umwelt- und Gesundheitseffekte der Maßnahme dargestellt. Auch bei dieser Maßnahme zeigt sich, dass gesamtwirtschaftlich zusätzliche Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen anfallen. Grund hierfür ist insbesondere die zusätzliche Stromnachfrage, die sich aus der Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene ergibt. Dies

lässt sich auch in Tabelle 132 erkennen. Zusätzliche Lärmkosten entstehen aus im Vergleich zum Straßengüterverkehr deutlich höheren Lärmkostensätzen des Schienengüterverkehrs.

4.12.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 134: M12 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-1.465,5
Energiekosten	Mrd. €	-61,3
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	3,3
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-58,0

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 135: M12 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-1,6
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-1,7
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-29
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	24
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-24
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-19
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	13
Dienstleistungen der öffentlichen Verwaltung und der Verteidigung	Tsd. Personenjahre	11

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 135 dargestellten makroökonomischen Kenngrößen sind für diese Maßnahme insgesamt leicht negativ. In den ersten Jahren des Maßnahmenzeitraums sind diese Effekte jedoch positiv. So steigt die Bruttowertschöpfung im Jahr 2030 0,08 Mrd. € und das BIP um 0,09 Mrd. € und etwa 1 Tsd. Arbeitskräfte werden zusätzlich benötigt €. Der Grund für die positiven Effekte zu Beginn des Maßnahmenzeitraums ist der Investitionshorizont der Maßnahme. Nach 15 Jahren Investment wirkt nur ein steigender Strombedarf bzw. ein reduzierter Bedarf an Mineralöl als Wirtschaftsimpuls gegenüber der Referenz. In der Gesamtbetrachtung wirkt insbesondere der Rückgang der Nachfrage nach Mineralöl und sorgt für die kumuliert negativen Effekte und die Verringerung der Importe (vgl. Tabelle 137).

4.12.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 136: M12 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	0,0	-61,3	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	0,0	1,7	1,7
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-28,9	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-28,9	-59,7	1,7

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Unternehmen profitieren durch diese Maßnahme am stärksten und zeigen eine Entlastung von 60 Mrd. € auf. Haushalte weisen durch die Zurechnung der Umwelt- und Gesundheitseffekte eine Entlastung im Wert von 29 Mrd. € auf. Die Investitionskosten werden vereinfacht hälftig und ohne weitere Kenntnisse der angedachten Verteilung aus kcw (2019b) auf Unternehmen und Staat verteilt. Eine andere Verteilung hat keinen Einfluss auf weitere Effekte, lediglich auf die Belastung der Unternehmen bzw. des Staates.

Tabelle 137: M12 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-84,4

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 138: M12 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0,0	0,0	0,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-55,1	-107,1	-117,2
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	55,1	107,1	117,2

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 138 ist die Verkehrsleistung nach relevanten Verkehrsträgern in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Hier zeigt sich die Verlagerung der Transportleistung vom Straßengüterverkehr auf den Schienengüterverkehr. Kumuliert (2025-2050) steigt die Transportleistung im Schienengüterverkehr um 2.261 Mrd. tkm an. Die Transportleistung im Straßengüterverkehr sinkt um den gleichen Betrag.

Tabelle 139: M12 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	19,2

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 140: M12 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-0,2
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-0,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-0,02

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hätte keine signifikanten Folgen für die Automobilwirtschaft.

4.13 Förderung des ÖPNV

4.13.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Diese Maßnahme sieht eine Förderung des ÖPNV vor. Genauer gesagt soll in eine Verbesserung des Angebotes investiert werden. Dabei wird gemäß der kcw-Studie „Finanzierung des ÖPNV – Status Quo und Finanzierungsoptionen für die Mehrbedarfe durch Angebotsausweitungen“ (2019a) von einer durchschnittlichen Angebotssteigerung über alle Verkehrsmittel des ÖPNV von 42% ausgegangen. Die Angebotselastizität des ÖPNV wird mit 0,3 angesetzt (vgl. ebd.). Diese Angebotsausweitung erfordert Investitionen in die Infrastruktur des ÖPNV und führt zu erhöhten jährlichen Betriebskosten. Die jährlichen Mehrkosten der Angebotsausweitung werden gemäß der kcw-Studie mit 1,07 Milliarden Euro (Infrastruktur) und 5,94 Milliarden Euro (Betriebskosten) angesetzt. Der Wirkungszeitraum dieser Maßnahme erstreckt sich von 2025 bis 2050.

4.13.2 Ergebnisse

Tabelle 141 fasst die wesentlichen Effekte zusammen. Die Förderung des ÖPNV sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 23,8 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden davon 35,5 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart, doch werden diese durch gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallende CO₂-Emissionen von 11,7 Mio. t CO₂-Äq. zu einem großen Anteil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt -1,7 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 142).

Die Differenzkosten dieser Maßnahme sind ausschließlich Bruttokosten und betragen kumuliert bis zum Jahr 2050 1,7 Mrd. €. Die darin enthaltenen Ausgaben für den Aufbau notwendiger ÖPNV-Infrastruktur und die Mehrkosten des ÖPNV-Betriebes belaufen sich kumuliert von 2025 bis 2050 auf knapp 123 Mrd. €. Demgegenüber stehen kumuliert eingesparte Kosten (negative Bruttokosten) durch die reduzierte Nachfrage nach Pkw als Folge des Rückgangs der Verkehrsleistung in Höhe von gut 121 Mrd. €. Im Ergebnis ergeben sich Mehrkosten in Höhe von knapp 1,7 Mrd. €. Einen Teil der Einsparung fließt in zusätzliche Ticketkäufe in Höhe von 30,4 Mrd. €. Es zeigt sich gesamtwirtschaftlich eine Zunahme der Wirtschaftstätigkeit, die mit höheren Luftschadstoffemissionen verbunden ist. Diese sorgen bei den Gesundheitseffekten dafür, dass die einzelwirtschaftlichen Einsparungen überkompensiert werden und netto Gesundheitsschäden zu beobachten sind (4,3 Mrd. €).

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 881,5 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 141: M13 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-23,8
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-35,5
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	11,7
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-7,2
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	4,3
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	1,7
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-19,7
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-20,9
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-881,5

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 142: M13 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,8	-1,0	-0,9
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1,7	-1,2	-0,9
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	0,9	0,2	0,0

Quelle: eigene Berechnung

4.13.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 143: M13 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-23,8	-35,5	11,7
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-5,3	-7,8	2,5
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	0,4	-0,1	0,5
Staukosten	Mrd. €	-2,2	-2,2	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	5,3	-0,5	5,8
Lärmkosten	Mrd. €	-1,0	-1,0	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-2,9	-11,6	8,7

Quelle: eigene Berechnung

Es zeigen sich durch eine dauerhafte Verlagerung von Verkehrsleistung vom MIV zum ÖV um durchschnittlich knapp 17 Mrd. Pkm pro Jahr (vgl. Tabelle 148) eine Reduzierung von Umwelt- und Gesundheitsschäden in Höhe von 11,6 Mrd. €, denen durch eine erhöhte gesamtwirtschaftliche Wirtschaftsleistung im ÖPNV Zusatzkosten in Höhe von kumulativ 8,7 Mrd. € gegenüberstehen.

4.13.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 144: M13 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-355,6
Energiekosten	Mrd. €	-19,7
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	1,7
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0,0
Nettokosten ^a	Mrd. €	18,1

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 145: M13 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-13,8
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-15,5
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-39
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	1.024
Lagereileistungen, sonstige Dienstleistungen für den Verkehr	Tsd. Personenjahre	110
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-1.013
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-58
Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistg. Verb. Dienstleistg.	Tsd. Personenjahre	-41

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 145 dargestellten makroökonomischen Kenngrößen sind für diese Maßnahme negativ. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 reduziert sich die Bruttowertschöpfung um 13,8 Mrd. € und das BIP um 15,5 Mrd. €. Im Jahr 2030 hingegen steigen die Bruttowertschöpfung (0,22 Mrd. €) und das BIP (0,25 Mrd. €) an. Zu Beginn des Maßnahmenzeitraums übersteigen die Ausgaben für die Infrastruktur die Einsparungen, die sich aus dem reduzierten Pkw-Bestand ergeben.

Zudem gehen kumuliert über den gesamten Maßnahmenzeitraum (2025-2050) Arbeitsplätze in Höhe von 39 Tsd. Personenjahren verloren. Dabei werden im Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ erwartungsgemäß viele Arbeitsplätze abgebaut. Im Sektor "Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen" dem der ÖPNV zuzuordnen ist, entstehen hingegen substanziell neue Arbeitsplätze. Die im Verhältnis zu anderen Maßnahmen relativ hohen Ausgaben in die Infrastruktur und den Betrieb des ÖPNV sorgen hier für eine besonders starke Zunahme der Arbeitsplätze im Bereich des ÖPNV. Im Jahr 2030 ist einhergehend mit einem netto-positiven Wirtschaftsimpuls eine zusätzliche Nachfrage nach Arbeitskräften in Höhe von 9 Tsd. zu beachten.

4.13.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 146: M13 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-19,7	0,0	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-90,7	0,0	92,4
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	0,0	0,0	0,0
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-2,9	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-113,3	0,0	92,4

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Es zeigen sich über den Bewertungszeitraum bis zum Jahr 2050 Entlastungen für die Haushalte im Wert von 113,3 Mrd.€ und durch die Finanzierung des ÖPNV Mehrkosten für den Staat in Höhe von 92,4 Mrd. €. Die Differenzkosten der Haushalte setzen sich zusammen aus den Einsparungen bei der Pkw-Anschaffung und den daraus resultierenden Einsparungen im Bereich Wartung/Instandhaltung von Pkw sowie im Bereich Pkw-Versicherung. Der kumulierte Wert dieser Einsparungen beläuft sich auf rund 121 Mrd. €. Dafür fallen zusätzliche Kosten für die Haushalte für die Nutzung des ÖPNV an. Kumuliert ergibt sich für den Fahrkartenkauf ein Wert von rund 30 Mrd. €, welcher vereinfacht aus den eingesparten Energiekosten abgeschätzt wird. Im Ergebnis ergeben sich Einsparungen für die Haushalte in Höhe von 90,7 Mrd. €. Annahmegemäß zahlt der Staat die Infrastrukturkosten für die Angebotsausweitung des ÖPNV; diese Kosten belaufen sich auf 92,4 Mrd. € (kumuliert 2025-2050). Die Differenz macht die Bruttokosten in Höhe von 1,7 Mrd. € aus.

Tabelle 147: M13 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-16

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 148 ist die Verkehrsleistung der verschiedenen Verkehrsträger in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Der Rückgang der Verkehrsleistung von etwa 17 Mrd. Pkm eines Jahres wird vollständig vom öffentlichen Verkehr aufgefangen.

Tabelle 148: M13 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	0	0	0
- davon MIV	Mrd. Pkm	-16,9	-16,7	-16,8
- davon ÖV	Mrd. Pkm	16,9	16,7	16,8
Güterverkehr ^a	Mrd. tkm	0	0	0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 149: M13 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	-0,7

Quelle: eigene Berechnung

Es wird durch diese Maßnahme in Summe weniger Strom aus dem Verkehrssektor nachgefragt, was durch eine geringe Nachfrage im MIV von elektrischen Fahrzeugen getrieben wird (-42 PJ), die den Mehrbedarf des ÖPNV (in Höhe von 29 PJ) überkompensieren. Dies verursacht kumulativ Einsparungen von 0,7 Mio. t CO₂-Äq. im Stromsektor.

Tabelle 150: M13 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-92
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-62
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.016

Quelle: eigene Berechnung

Eine Förderung des ÖPNV hätte negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert sinkt um 92 Mrd. € und gut 1 Mio. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart. In der Gesamtwirtschaft würden durch Nachfrage in anderen Bereichen (vor allem ÖPNV) lediglich knapp 40 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung wegfallen.

4.14 Pkw-Maut

4.14.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Bei diesem Instrument handelt es sich um eine fahrleistungsabhängige Maut für Pkw auf allen Straßen in Höhe von 4 ct/km. Eine fahrleistungsabhängige Maut sorgt für eine Verteuerung des motorisierten Individualverkehrs. Folglich geht die Pkw-Verkehrsleistung über alle Antriebstechnologien hinweg zurück. Hierbei wird erneut eine Elastizität der Pkw-Verkehrsleistung auf eine Veränderung der Kilometerkosten in Höhe von -0,3 angesetzt (Hautzinger et. al. 2002). Zudem erfolgt in Folge der Mauterhebung auch ein Rückgang des Pkw-Bestandes. Zur Abschätzung dieses Effektes wird eine vergleichbare Elastizität des Pro-Kopf-Fahrzeugbesitzes auf die Veränderung der Kraftstoffpreise von -0,1 angesetzt (Johansson & Schipper (1997) und Litman (2019)). Ein Teil der reduzierten Pkw-Verkehrsleistung wird durch eine Verlagerung auf den ÖPNV sowie Rad- und Fußverkehr substituiert. Dabei wird gemäß des Projektionsbericht 2015 (BMU 2015) eine Kreuzpreiselastizität der ÖPNV-Nachfrage auf eine Verteuerung des MIV von 0,13 angenommen, so dass 43 % des vermiedenen MIV auf den ÖV verlagert wird. Für den Fuß- und Radverkehr wird für diese Verlagerung ein Wert von 0,13 angesetzt (ebd.). Die mit dieser Maßnahme verbundene ÖPNV-Ausweitung erfordert Investitionen in die Infrastruktur des ÖPNV und führt zu erhöhten jährlichen Betriebskosten. Es werden zur Abbildung dieser Größen vereinfacht das Volumen eingesparter Energiekosten abgeschätzt, welches den zusätzlichen ÖPNV-Nutzern aus der Pkw-Vermeidung zur Verfügung steht. Ausgangswerte für den weiteren Infrastrukturausbau analog zur Maßnahme M13 lagen nicht vor. Der Wirkungszeitraum dieser Maßnahme erstreckt sich von 2025 bis 2050.

4.14.2 Ergebnisse

Tabelle 151 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieser Maßnahme. Die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum von 2025 bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 466,0 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 346,9 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Einsparungen von rund 119,1 Mio. t CO₂-Äq. ergänzt. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 17,3 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 152).

Die Differenzkosten dieser Maßnahme betragen -343,9 Mrd. € und ergeben sich im Wesentlichen aus einer intensiven Nutzung des ÖPNV in Höhe von 129,4 Mrd. € und einer Kostenersparnis durch die Verringerung des Fahrzeugbestandes in Höhe von 473,3 Mrd. €. Damit liegen die Zuflüsse des ÖPNV im Vergleich zum Beispiel über denen in Maßnahme M13.

Kumuliert (2025-2050) geht die Nachfrage nach Pkw um 14,2 Mio. Fahrzeuge zurück. Dies entspricht etwa der dreifachen Reduzierung durch eine CO₂-Bepreisung in Maßnahme M1, was mehrere Gründe hat: Erstens wirkt die Maßnahme sofort in voller Höhe. Zweitens sind hier auch elektrische Pkw betroffen. Drittens liegt die Verteuerung der Fahrkosten bei Pkw mit Benzin bzw. Dieselmotor mit etwa 50-60% deutlich über denen der CO₂-Bepreisung (Diesel von etwa 5-50% bzw. Benzin von etwa 4-30%). Der Pkw-Fahrzeugbestand reduziert sich signifikant: Im Jahr 2030 liegt er mit 50,3 Mio. Pkw etwa 3,2 Mio. Pkw bzw. 6,0% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 45,5 Mio. Pkw etwa 3,3 Mio. Pkw bzw. 6,8% unterhalb der Referenz. 53% des Rückgangs über den Maßnahmenzeitraum geht auf die Reduktion von Benzinern zurück, 19% auf Dieselfahrzeuge und 28% auf Elektrofahrzeuge. Aus dieser reduzierten Nachfrage nach Pkw ergibt sich eine kumulierte Kostenersparnis von 473,3 Mrd. €, die sich neben den vermiedenen Anschaffungskosten auch auf vermiedene Reparaturen und Versicherungen der Pkw zurückführen lässt. Kumulierte Kosten in Höhe von 129,4 Mrd. €

ergeben sich jedoch aus der zusätzlichen Nutzung des öffentlichen Verkehrs, der einen Teil der reduzierten MIV-Verkehrsleistung substituiert. Die MIV-Verkehrsleistung geht kontinuierlich zurück: im Jahr 2030 sinkt sie um 185,1 Mrd. Pkm, im Jahr 2040 um 197,4 und im Jahr 2050 um 208,4 Mrd. Pkm. Die Verkehrsleistung des ÖPNV steigt analog: im Jahr 2030 steigt sie um 79,6 Mrd. Pkm, im Jahr 2040 um 84,9 und im Jahr 2050 um 89,4 Mrd. Pkm (siehe Tabelle 158). Im Ergebnis ergeben sich so Differenzkosten von knapp 343,9 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.670,3 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden. Damit liegen diese noch leicht über dem Wert bei Maßnahme M1 (-1.426,6 € pro t CO₂-Äq.).²⁶

Tabelle 151: M14 - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-466,0
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-346,9
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-119,1
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-141,7
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-25,7
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-343,9
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-267,1
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-778,4
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.670,3

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 152: M14 - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-22,0	-16,8	-7,8
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-17,3	-11,5	-7,8
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	-4,7	-5,3	0,0

Quelle: eigene Berechnung

²⁶ Dies liegt auch an den nicht komplett zu erfassenden Infrastrukturkosten. Diese Maßnahme bleibt auch vorteilhaft bei Berücksichtigung von deutlichen Infrastrukturkosten. Setzt man beispielsweise mit insgesamt etwa 246 Mrd. € das doppelte Volumen der Infrastrukturkosten der Maßnahme Förderung des ÖPNV (M13) an, würden die spezifischen (Netto-)Minderungskosten (ohne Berücksichtigung der gesamtwirtschaftlichen Wechselwirkungen) weiterhin bei etwa -1.140 €/t € pro t CO₂-Äq. liegen. Ähnlich verhält es sich bei den Maßnahmen M1, M8 und M10.

4.14.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 153: M14 - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-466,0	-346,9	-119,1
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-102,3	-75,8	-26,4
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-2,5	-1,2	-1,3
Staukosten	Mrd. €	-36,9	-36,9	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-8,7	-5,1	-3,6
Lärmkosten	Mrd. €	-17,0	-17,0	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-167,4	-136,0	-31,4

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 153 dargestellten Umwelt- und Gesundheitseffekte zeigen sehr deutlich, dass aus der Maßnahme nicht nur im Verkehrssektor Einsparungen an Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen stattfinden, sondern auch gesamtwirtschaftlich. Die negativen Umwelt- und Gesundheitseffekte im Verkehrssektor sind auf die reduzierte Fahrleistung des MIV zurückzuführen (siehe auch Tabelle 158). Die gesamtwirtschaftlichen Einsparungen gehen auf die hohen negativen Differenz- bzw. Bruttokosten zurück, die einen negativen wirtschaftlichen Impuls darstellen. Es wird also weniger produziert und folglich werden weniger Emissionen ausgestoßen. Der Rückgang des MIV sorgt zudem für eine sehr hohe Vermeidung an Stau- und Lärmkosten.

4.14.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 154: M14 - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-4.695,7
Energiekosten	Mrd. €	-267,1
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-343,9
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	797,3
Nettokosten ^a	Mrd. €	-611,0

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 155: M14 - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-475,3
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-532,3
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-5.922
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	977
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-4.117
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-259
Wach-, Sicherheits- und Detekteileistungen, wirtschaftliche Dienstleistungen anderweitig nicht genannt (a.n.g.)	Tsd. Personenjahre	-238
Einzelhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-204

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 155 aufgeführten makroökonomischen Effekte der Maßnahme sind negativ. Die Einführung in der beschriebenen Ausführung führt zu einer kumulierten (2025-2050) Reduzierung der Bruttowertschöpfung (-475,3 Mrd. €) und des BIP (-532,3 Mrd. €). Im Jahr 2030 geht die Bruttowertschöpfung um 16,7 Mrd. € zurück und das BIP sinkt um 18,7 Mrd. €. Diese negativen Effekte sind deutlich größer als bei den anderen Maßnahmen. Sie sind auf die reduzierte Nachfrage nach Kraftstoffen und Strom sowie die reduzierte Nachfrage nach Pkw und den damit einhergehenden Einsparungen zurückzuführen.

Die negativen wirtschaftlichen Effekte wirken sich auch auf den Arbeitsmarkt aus. Kumuliert über den Maßnahmenzeitraum (2025-2050) gehen Arbeitsplätze in Höhe von 5.922 Tsd. Personenjahren verloren (2030: 208 Tsd.). Besonders betroffen ist der Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ mit einem kumulierten

Abbau von 4.117 Tsd. Personenjahren. Im Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ dem der ÖPNV zuzuordnen ist, werden hingegen kumuliert Arbeitsplätze in Höhe von 968 Tsd. Personenjahren geschaffen.

4.14.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 156: M14 - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-237,7	-29,4	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-306,1	-37,8	0,0
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	709,6	87,7	-797,3
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-167,4	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-1,5	20,5	-797,3

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Die Pkw-Maut verschafft dem Staat Mauteinnahmen und eine Entlastung in Höhe von 797,3 Mrd. €, was etwa 320% des Aufkommens an CO₂-Bepreisung in Maßnahme M1 ist (246,2 Mrd. €). Haushalte und Unternehmen reagieren durch eine Reduzierung der Verkehrsleistung und des Pkw-Bestandes sowie Umlenkung auf ÖPNV und Rad- und Fußverkehr. Haushalte zeigen trotz hoher Transferzahlungen eine Entlastung von 1,5 Mrd. €, was an den Einsparungen bei Energie- und Differenzkosten sowie vermiedenen Umwelt- und Gesundheitseffekten liegt. Unternehmen mit einer unterstellten Pkw-Besitzquote von 11% erzielen eine Belastung von 20,5 Mrd. €.

Tabelle 157: M14 - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-192,1

Quelle: eigene Berechnung

Es zeigen sich deutliche geringere Importe von kumulativ 192,1 Mrd. € insbesondere durch die Verringerung der Nachfrage nach fossilen Brennstoffen.

Tabelle 158: M14 - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-81,4	-86,8	-91,7
- davon MIV	Mrd. Pkm	-185,1	-197,4	-208,4
- davon ÖV	Mrd. Pkm	79,6	84,9	89,4
- davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	24,1	25,7	27,1
Güterverkehr ^a	Mrd. tkm	0,0	0,0	0,0

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

In Tabelle 158 ist die Verkehrsleistung der einzelnen Verkehrsträger in den Stützjahren 2030, 2040 und 2050 dargestellt. Hier wird deutlich, dass ein Teil, der im MIV vermiedenen Verkehrsleistung, vom öffentlichen Verkehr bzw. dem Rad- und Fußverkehr aufgefangen wird. Durch die hohe Vermeidung der MIV-Verkehrsleistung folgt eine in absoluten Zahlen sehr hohe zusätzliche Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr und im Rad- und Fußverkehr. So liegt die Verkehrsleistung im ÖV dauerhaft gut 60% über dem Niveau der Referenz. An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass ein solcher Zuwachs an Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr und Rad- und Fußverkehr zusätzliche Infrastruktur- und Betriebskosten mit sich bringt. Dieser zusätzliche Bedarf an Infrastruktur wurde mit 129 Mrd. € nur in Teilen in der Modellierung abgebildet.

Tabelle 159: M14 - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	-60,1

Quelle: eigene Berechnung

Die starke Reduzierung der Verkehrsleistung führt zu einer Reduzierung der Stromnachfrage, welche mit reduzierten Emissionen verbunden sind. Im Energiesektor werden im Betrachtungszeitraum 60,1 Mio. t CO₂-Äq. weniger emittiert.

Tabelle 160: M14 - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2025 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-381,8
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-252,9
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-4.142

Quelle: eigene Berechnung

Diese Maßnahme hätte deutlich negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Der Produktionswert bzw. das BIP sinkt um 381,8 bzw. 252,9 Mrd. € und 4.142 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart. In der Gesamtwirtschaft würden trotz Nachfrage in anderen Bereichen (vor allem ÖPNV) durch die finanzielle Mehrbelastung durch die Maut der Konsum der Haushalte reduziert und zusätzlich 1.800 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung wegfallen.

4.15 Maßnahmenbündel I

Die zuvor beschriebenen Einzelmaßnahmen wurden jeweils isoliert betrachtet. Für einen effektiven Klimaschutz bedarf es jedoch einer Kombination aus verschiedenen Einzelmaßnahmen. Dabei ist zu beachten, dass die jeweiligen Maßnahmen sich gegenseitig beeinflussen. Die Kombination von Einzelmaßnahmen in einem Bündel ist daher von besonderer Bedeutung für die Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Die Maßnahmenbündel I und II dieses Forschungsvorhabens sind dabei an die Etappen zwei und drei des Positionspapiers UBA (2019) angelehnt.

4.15.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Das Maßnahmenbündel I umfasst die folgenden Einzelmaßnahmen:

- ▶ CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe II mit 80 Euro pro Tonne CO₂ (Einzelmaßnahme M8)
- ▶ Reform der Dienstwagenbesteuerung (Einzelmaßnahme M3)
- ▶ Abschaffung der Entfernungspauschale (Einzelmaßnahme M4)
- ▶ Ausweitung der LKW-Maut (Einzelmaßnahme M9)
- ▶ Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h (Einzelmaßnahme M6)
- ▶ Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen (Einzelmaßnahme M7)
- ▶ Förderung Umweltverbund (Einzelmaßnahme M10)

Bei einem Maßnahmenbündel zeigen sich in der Regel verstärkende und abschwächende Effekte gegenüber der Betrachtung der Einzelmaßnahmen. So fallen Wirkungen beispielsweise zur Anregung einer stärkeren ÖPNV-Nutzung (Maßnahmen M10) geringer aus, wenn das Volumen an zu verlagernder Verkehrsleistung durch andere Maßnahmen bereits abgesenkt wurde (wie durch Maßnahme M8). Demgegenüber können Maßnahmen sich ergänzen, beispielsweise durch Verteuerung fossiler Kraftstoffe (M8) und einem Bonus auf Elektrofahrzeuge (M7). Der Wirkungszeitraum dieses Maßnahmenbündels erstreckt sich von 2023 bis 2050.

4.15.2 Ergebnisse

Tabelle 161 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieses Bündels. Die Einführung der in Maßnahmenbündel I zusammengefassten Maßnahmen sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 437,0 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 473,1 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Emissionen von 36,1 Mio. t CO₂-Äq. zum Teil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 14,5 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 162).

Die Differenzkosten des Maßnahmenbündels I werden durch die Bruttokosten bestimmt. Diese weisen einen kumulierten Wert (2023-2050) von etwa -89,9 Mrd. € auf. Die Umsetzung der Maßnahme ist also mit höheren Einsparungen als Kosten verbunden. Maßgeblich definiert werden die Differenzkosten in diesem Fall durch die Einsparungen im Bereich Pkw-Anschaffung und den damit verbundenen Folgekosten (Instandhaltung, Versicherung). Diese Einsparung beläuft sich kumuliert auf etwa 224,6 Mrd. €. Grund hierfür ist insbesondere die Verkehrsvermeidung im MIV, die in fast allen Maßnahmen angestrebt wird.

Kumuliert (2023-2050) geht die Nachfrage nach Pkw um 10,9 Mio. Fahrzeuge zurück; dies entspricht etwa der doppelten Reduzierung durch eine CO₂-Bepreisung in Maßnahme M1. Der Pkw-Fahrzeugbestand reduziert sich signifikant: Im Jahr 2030 liegt er mit 51,0 Mio. Pkw etwa 2,5 Mio. Pkw bzw. 4,6% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 46,2 Mio. Pkw etwa 2,5 Mio. Pkw bzw. 5,0% unterhalb der Referenz. Der Rückgang über den Maßnahmenzeitraum geht vor allem auf die Reduktion von Benzinern zurück, etwa 22 Mio. Elektrofahrzeuge werden gegenüber der Referenz stärker nachgefragt.

Die Differenzkosten werden zudem von der zusätzlichen Nachfrage des öffentlichen Verkehrs bestimmt. Die zusätzlichen Kosten für diese Nachfrage belaufen sich kumuliert auf 122 Mrd. €. Zudem fließen Investitionen in den Rad- und Fußverkehr (ca. 9 Mrd. €) sowie Investitionsausgaben für die Lkw-Maut (Mauterfassungsgeräte) und Investitionen in die Ladeinfrastruktur (ca. 4 Mrd. €) in die Differenzkosten. Im Ergebnis stehen daher Differenzkosten in Höhe von -89,9 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch die Maßnahme 1.115,0 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 161: MB I - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-437,0
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-473,1
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	36,1
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-124,2
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-11,7
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-89,9
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-261,4
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-487,3
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.115,0

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 162: MB I - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-14,5	-16,6	-21,0
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-14,5	-19,2	-21,6
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	0,0	2,2	0,6

Quelle: eigene Berechnung

4.15.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 163: MB I - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzelwirtschaftlich	Gesamtwirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-437,0	-473,1	36,1
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-97,7	-105,9	8,2
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,9	-1,5	0,6
Staukosten	Mrd. €	-25,6	-25,6	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	0,0	-6,6	6,6
Lärmkosten	Mrd. €	-11,8	-11,8	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-135,9	-151,3	15,4

Quelle: eigene Berechnung

Die Übersicht der Umwelt- und Gesundheitseffekte in Tabelle 163 zeigen, dass das Maßnahmenbündel I mit 135,9 Mrd. € hohe Einsparungen an Umwelt- und Gesundheitskosten aufweist. Den einzelwirtschaftlichen Einsparungen stehen gesamtwirtschaftlich zusätzliche Emissionen gegenüber. Dies ist in der zusätzlichen Stromnachfrage zu begründen, die aus der Elektrifizierung des MIV und der Verkehrsverlagerung auf den öffentlichen Verkehr folgt. Dementgegen wirkt die Verringerung der Nachfrage nach Fahrzeugen.

4.15.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 164: MB I - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-5.230,9
Energiekosten	Mrd. €	-261,4
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-89,9
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	444,9
Nettokosten ^a	Mrd. €	-351,3

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 165: MB I - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-144,1
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-161,4
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.682
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-1.647
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	948
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-191
Mit Finanz- und Versicherungsdienstleistg. verbund. Dienstleistg.	Tsd. Personenjahre	-135
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-120

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 165 dargestellten (kumulierten) makroökonomischen Effekte des Maßnahmenbündels I sind negativ. So sinkt die kumulierte Bruttowertschöpfung um 144,1 Mrd. € und das BIP um 161,4 Mrd. € gegenüber der Referenz. Im Jahr 2030 sinkt die Bruttowertschöpfung um 4,6 Mrd. € und das BIP um 5,1 Mrd. €. Zudem fallen Arbeitsplätze in Höhe von 1.019 Tsd. Personenjahren weg, hiervon 48 Tsd. im Jahr 2030. Die Ursachen dieser Effekte sind bei der Herleitung der Differenzkosten bereits ausführlich beschrieben. Insbesondere die reduzierte Pkw-Nachfrage sorgt für die negativen makroökonomischen Effekte. Daher ist der Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ auch am stärksten vom Abbau der Arbeitsplätze betroffen, während der ÖPNV-Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ einen Zuwachs an Arbeitsplätzen verzeichnet.

4.15.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 166: MB I - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-232,7	-28,8	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-75,9	-24,3	10,2
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	180,3	264,6	-444,9
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-135,9	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-264,2	211,6	-437,7

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Der Staat zeigt die größte Entlastung mit 437,7 Mrd. €. Grund hierfür sind die Einnahmen aus der CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe und der Lkw-Maut (insgesamt 445 Mrd. €). Die Haushalte zeigen eine Entlastung von 264,2 Mrd. €. Diese Entlastung setzt sich insbesondere aus den negativen Bruttokosten (Einsparung Pkw-Anschaffung, Instandhaltung Pkw und Versicherung), den eingesparten Energiekosten und den eingesparten Umwelt- und Gesundheitseffekten zusammen. Die Unternehmen werden hingegen belastet, was an den Mehrausgaben im Bereich Dienstwagenbesteuerung und Lkw-Maut und anteilig an der CO₂-Bepreisung liegt.

Der Staat verzeichnet eine Entlastung durch die CO₂-Bepreisung in Höhe von etwa 99 Mrd. €. Diese soll er allerdings per Annahme zielgerichtet verwenden, sodass im Ergebnis ein ausgeglichener Saldo ohne Be- oder Entlastung erreicht werden soll. Zur Abschätzung dieser Rückverteilungseffekte sei auf die Themenbox bei Maßnahmen M1 in Kapitel 4.1.2.3 verwiesen. Das Volumen in dieser Maßnahme M8 macht etwa 40% des Aufkommens in Maßnahme M1 aus, sodass vereinfacht von 40% der dort dargelegten Effekten ausgegangen werden kann.

Tabelle 167: MB I - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-229,6

Quelle: eigene Berechnung

Die starke Reduzierung an fossilen Kraftstoffen treibt die Reduzierung der Importe von 229,6 Mrd. kumuliert im Zeitraum 2023 bis 2050.

Tabelle 168: MB I - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-38,1	-50,7	-68,3
- davon MIV	Mrd. Pkm	-111,7	-138,2	-176,6
- davon ÖV	Mrd. Pkm	58,9	69,4	84,9
-davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	14,7	18,1	23,0
Güterverkehr	Mrd. tkm	-17,1	-17,9	-19,0
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-34,2	-35,8	-38,0
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	12,1	13,1	14,3
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	5,0	4,8	4,7

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Bei der Entwicklung der Verkehrsleistung ist die kontinuierliche Abnahme im Personen- sowie Güterverkehr (Verkehrsvermeidung) zu erkennen. Dabei sinken MIV und der Straßengüterverkehrs und es steigen demgegenüber der ÖV, der Rad- und Fußverkehr, der Schienengüterverkehr sowie der Güterverkehr der Binnenschifffahrt. Für LNF reduziert sich die Fahrleistung im Jahr 2030 um 0,3 Mrd. Fzkm, im Jahr 2040 um 1,9 Mrd. Fzkm und im Jahr 2050 um 4,4 Mrd. Fzkm gegenüber der Referenz.

Tabelle 169: MB I - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	38,5

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 170: MB I - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-152,0
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-101,0
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.656

Quelle: eigene Berechnung

Das Maßnahmenbündel hat negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Das hängt überwiegend mit den Effekten der CO₂-Bepreisung (M1 bzw. M8) zusammen. Eine entsprechende Beschreibung der Effekte findet sich bei M1. Der Produktionswert bzw. das BIP sinkt um 152,0 bzw. 101,0 Mrd. € und 1.656 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.16 Maßnahmenbündel II

4.16.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Die Maßnahmenbündel I und II dieses Forschungsvorhabens sind dabei an die Etappen zwei und drei des Positionspapiers UBA (2019) angelehnt. Das Maßnahmenbündel II umfasst die Maßnahmen aus Maßnahmenbündel I und umfasst zusätzlich noch die Maßnahmen „Quote für Elektrofahrzeuge bei Neuzulassungen von Pkw und LNF“ (M2) und „Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-LKW“ (M11). Zudem werden für die Maßnahmen der CO₂-Bepreisung (M1) und der Lkw-Maut (M5) höhere CO₂-Komponenten angesetzt. Maßnahmenbündel II umfasst die folgenden neun Einzelmaßnahmen²⁷:

- ▶ CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe I mit 205 Euro pro Tonne CO₂ (Einzelmaßnahme M1)
- ▶ Quote für Elektrofahrzeuge bei Neuzulassungen von Pkw und LNF (Einzelmaßnahme M2)
- ▶ Reform der Dienstwagenbesteuerung (Einzelmaßnahme M3)
- ▶ Abschaffung der Entfernungspauschale (Einzelmaßnahme M4)
- ▶ Ausweitung und Erhöhung der LKW-Maut (Einzelmaßnahme M5)
- ▶ Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h (Einzelmaßnahme M6)
- ▶ Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen (Einzelmaßnahme M7)
- ▶ Förderung Umweltverbund (Einzelmaßnahme M10)
- ▶ Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-LKW (Einzelmaßnahme M11)

Der Wirkungszeitraum dieser Maßnahme erstreckt sich von 2023 bis 2050.

4.16.2 Ergebnisse

Tabelle 171 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieses Bündels. Die Einführung der in Maßnahmenbündel II zusammengefassten Maßnahmen sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine kumulierte THG-Einsparung in Höhe von 931,0 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz. Im Verkehrssektor werden 1.269,8 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Emissionen von 338,8 Mio. t CO₂-Äq. zum Teil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 44,0 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 172).

Die Differenzkosten von Maßnahmenbündel II werden durch die Bruttokosten bestimmt. Diese weisen einen kumulierten Wert (2023-2050) von etwa -191,3 Mrd. € auf. Die Umsetzung der Maßnahme ist also mit höheren Einsparungen als Kosten verbunden. Maßgeblich definiert werden die Differenzkosten in diesem Fall durch die Einsparungen im Bereich Pkw-Anschaffung und den damit verbundenen Folgekosten (Instandhaltung, Versicherung). Diese Einsparung beläuft sich kumuliert auf etwa 342 Mrd. €. Grund hierfür ist insbesondere die Verkehrsvermeidung im MIV, die in fast allen Maßnahmen angestrebt wird, sowie die Einsparungen bei Wartung und Instandhaltung durch Elektrofahrzeuge.

²⁷ Das Bündel umfasst damit im Wesentlichen alle drei Etappen von UBA (2019).

Kumuliert (2023-2050) geht die Nachfrage nach Pkw um 6,4 Mio. Fahrzeuge zurück; dieser Rückgang ist um etwa 18% größer als durch eine CO₂-Bepreisung in Maßnahme M1. Der Pkw-Fahrzeugbestand reduziert sich signifikant: Im Jahr 2030 liegt er mit 52,1 Mio. Pkw etwa 1,5 Mio. Pkw bzw. 2,7% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 47,3 Mio. Pkw etwa 1,5 Mio. Pkw bzw. 3,1% unterhalb der Referenz. Der Rückgang über den Maßnahmenzeitraum geht vor allem auf die Reduktion von Benzinern zurück. Zusätzlich werden etwa 65 Mio. Elektrofahrzeuge gegenüber der Referenz stärker nachgefragt. Im Gegensatz zu Maßnahmenbündel I werden hier im Wesentlichen aufgrund der neu aufgenommenen Maßnahme „Quote für Elektrofahrzeuge bei Neuzulassungen von Pkw und LNF“ (M2) mehr Elektrofahrzeuge nachgefragt, weshalb beispielsweise die Wirkung der CO₂-Bepreisung reduziert wird und der Rückgang des Pkw-Bestandes geringer ausfällt. Insgesamt entstehen durch ein Wechsel von Benzinern hin zum Elektrofahrzeug eine Kosteneinsparung insbesondere in den späteren Jahren.

Die Differenzkosten werden zudem von der zusätzlichen Nachfrage des öffentlichen Verkehrs bestimmt. Die zusätzlichen Kosten für Infrastruktur und Betrieb zur Deckung der zusätzlichen Nachfrage belaufen sich kumuliert auf 110 Mrd. €. Zudem fließen Investitionen in den Rad- und Fußverkehr (ca. 9 Mrd. €) sowie Investitionsausgaben für die Lkw-Maut (Mauterfassungsgeräte), Investitionen in die Ladeinfrastruktur sowie Netzausbau (ca. 31,7 Mrd. €) in die Differenzkosten. Im Ergebnis stehen daher Differenzkosten in Höhe von -191,3 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch das Maßnahmenbündel II 1.113,8 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können.

Tabelle 171: MB II - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-931,0
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1.269,8
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	338,8
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-239,7
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-9,0
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-191,3
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-596,9
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-1.037,0
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.113,8

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 172: MB II - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-30,0	-40,3	-55,0
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-44,0	-55,8	-55,2
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	14,1	15,5	0,2

Quelle: eigene Berechnung

Im Jahr 2050 bewirken die deutlich geringeren Emissionsintensitäten im Energiesektor durch den unterstellten Ausbau an erneuerbaren Energien, dass hier die zusätzlichen THG-Emissionen vergleichsweise gering ausfallen.

4.16.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 173: MB II - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-931,0	-1.269,8	338,8
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-210,2	-285,3	75,2
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-0,7	-3,9	3,2
Staukosten	Mrd. €	-28,9	-28,9	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	4,3	-17,0	21,3
Lärmkosten	Mrd. €	-13,3	-13,3	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-248,7	-348,4	99,7

Quelle: eigene Berechnung

Die Übersicht der Umwelt- und Gesundheitseffekte in Tabelle 173 zeigen, dass das Maßnahmenbündel II hohe Einsparungen an Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aufweist. Gesamtwirtschaftlich fallen hingegen zusätzliche Emissionen an. Dies ist in der zusätzlichen Stromnachfrage zu begründen, die aus der Elektrifizierung des MIV und des Straßengüterverkehrs sowie der Verkehrsverlagerung auf den öffentlichen Verkehr folgt.

4.16.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 174: MB II - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-13.564,3
Energiekosten	Mrd. €	-596,9
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-191,3
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	378,4
Nettokosten ^a	Mrd. €	-788,2

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 175: MB II - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-210,3
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-235,5
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-3.226
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-3.163
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	745
Elektr. Strom, Dienstleistg. der Elektriz., Wärme- und Kälteversorg.	Tsd. Personenjahre	416
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-287
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-209

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 175 dargestellten (kumulierten) makroökonomischen Effekte des Maßnahmenbündels II sind negativ. So sinkt die kumulierte Bruttowertschöpfung um 210,3 Mrd. € und das BIP um 235,5 Mrd. € gegenüber der Referenz. Im Jahr 2030 sinkt die Bruttowertschöpfung um 5,0 Mrd. € und das BIP um 5,6 Mrd. €. Zudem fallen Arbeitsplätze in Höhe von 3.226 Tsd. Personenjahren weg (davon in 2030: 71 Tsd.). Die Ursachen dieser Effekte sind bei der Herleitung der Differenzkosten bereits beschrieben. Insbesondere die reduzierte Pkw-Nachfrage sorgt für die negativen makroökonomischen Effekte. Daher ist der Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ auch am stärksten vom Abbau der Arbeitsplätze betroffen, während der ÖPNV-Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ einen Zuwachs an Arbeitsplätzen verzeichnet. Ein Zubau an Arbeitsplätzen ist zudem im Stromsektor festzustellen (nicht in Tabelle abgebildet).

Dieser lässt sich auf die deutlich gestiegene Stromnachfrage in Maßnahmenbündel II zurückführen.

4.16.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 176: MB II - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-531,3	-65,7	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-189,1	-36,5	34,3
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	118,3	260,1	-378,4
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-248,7	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-850,8	158,0	-344,2

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Der Staat zeigt die größte Entlastung mit 344,2 Mrd. € durch ein Aufkommen an CO₂-Bepreisung von 145 Mrd. € und Mauteinnahmen aus der Lkw-Maut in Höhe von 234 Mrd. €. Die Haushalte zeigen eine Entlastung in Höhe von 850,8 Mrd. € und Unternehmen eine Belastung in Höhe von 158,0 Mrd. €.

Tabelle 177: MB II - Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-619,6

Quelle: eigene Berechnung

Die stark reduzierte Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen treibt den Rückgang der Importe von 619,6 Mrd. € kumuliert im Zeitraum 2023 bis 2050 an. Damit beträgt der Rückgang etwa 260% des Rückgangs aus Bündel MB I aufgrund deutlich stärkerer Anreize für einen Antriebswechsel hin zu Elektrofahrzeugen.

Tabelle 178: MB II - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-72,2	-54,7	-51,2
- davon MIV	Mrd. Pkm	-190,6	-147,4	-136,7
- davon ÖV	Mrd. Pkm	93,4	73,4	67,6
-davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	25,0	19,3	17,9
Güterverkehr	Mrd. tkm	-31,1	-32,0	-33,7
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-62,1	-63,9	-67,3
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	22,0	23,4	25,3
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	9,0	8,6	8,3

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Bei der Entwicklung der Verkehrsleistung ist die kontinuierliche Abnahme im Personen- sowie Güterverkehr (Verkehrsvermeidung) zu erkennen. Dabei sinken MIV und der Straßengüterverkehrs und es steigen demgegenüber der ÖV, der Rad- und Fußverkehr, der Schienengüterverkehr sowie der Güterverkehr der Binnenschifffahrt. Gegenüber dem Maßnahmenbündel MB I sinkt der MIV geringer und der Straßengüterverkehr durch eine höhere Maut stärker. Der MIV sinkt weniger stark, da die Quote für Elektrofahrzeuge und das Bonus-Malus-System den Bestand an Elektrofahrzeugen bis zum Jahr 2030 deutlich erhöht haben, sodass die Wirkung der hohen CO₂-Bepreisung ab 2030 weniger Lenkungswirkung weg vom MIV entfalten kann. Für LNF reduziert sich die Fahrleistung im Jahr 2030 um 6,9 Mrd. Fzkm, im Jahr 2040 um 17,3 Mrd. Fzkm und im Jahr 2050 um 13,5 Mrd. Fzkm gegenüber der Referenz.

Tabelle 179: MB II - Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	298,4
CO ₂ -Abgabe: Aufkommen	Mrd. €	144,7

Quelle: eigene Berechnung

Die starke Zunahme an Elektrofahrzeugen führt zu einem deutlichen Anstieg der Stromnachfrage, welche mit zusätzlichen Emissionen verbunden ist. Im Energiesektor werden im Betrachtungszeitraum 298 Mio. t CO₂-Äq. mehr emittiert.

Tabelle 180: MB II - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-292,3
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-194,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-3.181

Quelle: eigene Berechnung

Das Maßnahmenbündel hätte negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Das hängt überwiegend mit den Effekten der CO₂-Bepreisung (M1) zusammen und die Effekte werden dort ausführlich beschrieben. Der Produktionswert bzw. die BWS sinkt um 292,3 bzw. 194,1 Mrd. € und 3.181 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.17 Maßnahmenbündel III

4.17.1 Beschreibung und Wirkung der Maßnahme

Das Maßnahmenbündel III umfasst die des Maßnahmenbündels II sowie die Pkw-Maut. Dies sind folgende Einzelmaßnahmen:

- ▶ CO₂-Bepreisung für fossile Kraftstoffe I mit 205 Euro pro Tonne CO₂ (Einzelmaßnahme M1)
- ▶ Quote für Elektrofahrzeuge bei Neuzulassungen von Pkw und LNF (Einzelmaßnahme M2)
- ▶ Reform der Dienstwagenbesteuerung (Einzelmaßnahme M3)
- ▶ Abschaffung der Entfernungspauschale (Einzelmaßnahme M4)
- ▶ Ausweitung und Erhöhung der LKW-Maut (Einzelmaßnahme M5)
- ▶ Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h (Einzelmaßnahme M6)
- ▶ Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen (Einzelmaßnahme M7)
- ▶ Förderung Umweltverbund (Einzelmaßnahme M10)
- ▶ Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-LKW (Einzelmaßnahme M11)
- ▶ Pkw-Maut (Einzelmaßnahme M14)

Der Wirkungszeitraum dieser Maßnahme erstreckt sich von 2023 bis 2050.

4.17.2 Ergebnisse

Tabelle 181 gibt einen Überblick über die wesentlichen Effekte dieses Bündels. Die Einführung der in Maßnahmenbündel III zusammengefassten Maßnahmen sorgt über den gesamten Maßnahmenzeitraum bis 2050 für eine gesamte THG-Einsparung in Höhe von 1.255,7 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz und damit etwa 35 % mehr als in MB II. Im Verkehrssektor werden 1.420,2 Mio. t CO₂-Äq. gegenüber der Referenz eingespart. Diese werden aber durch die gesamtwirtschaftlich zusätzlich anfallenden Emissionen von 164,6 Mio. t CO₂-Äq. zum Teil kompensiert. Die THG-Einsparung im Jahr 2030 im Verkehrssektor beträgt 52,3 Mio. t CO₂-Äq. (vgl. Tabelle 182).

Die Differenzkosten des Maßnahmenbündels III werden durch die Bruttokosten bestimmt. Diese weisen einen kumulierten Wert (2023-2050) von etwa -153,6 Mrd. € auf. Die Umsetzung der Maßnahme ist also mit höheren Einsparungen als Kosten verbunden. Maßgeblich definiert werden die Differenzkosten in diesem Fall durch die Einsparungen im Bereich Pkw-Anschaffung und den damit verbundenen Folgekosten (Instandhaltung, Versicherung). Diese Einsparung beläuft sich kumuliert auf etwa 445 Mrd. €. Grund hierfür ist insbesondere die Verkehrsvermeidung im MIV, die in fast allen Maßnahmen angestrebt wird sowie die Elektrifizierung des Pkw-Bestands.

Kumuliert (2023-2050) geht die Nachfrage nach Pkw insbesondere durch die zusätzliche Verteuerung der Fahrkosten durch die Pkw-Maut um 25,1 Mio. Fahrzeugen zurück; dies entspricht etwa dem Vierfachen der Reduzierung durch Maßnahmenbündel II. Der Pkw-Fahrzeugbestand reduziert sich signifikant: Im Jahr 2030 liegt er mit 48,4 Mio. Pkw etwa 5,2 Mio. Pkw bzw. 9,9% unterhalb des Bestands der Referenz; im Jahr 2050 liegt er mit 42,5 Mio.

Pkw etwa 6,2 Mio. Pkw bzw. 13,0% unterhalb der Referenz. Zusätzlich werden etwa 54,7 Mio. Elektrofahrzeuge gegenüber der Referenz stärker nachgefragt und somit etwa in Summe 11 Mio. Fahrzeuge weniger als in Maßnahmenbündel II.

Die Differenzkosten werden zudem auch von der zusätzlichen Nachfrage des öffentlichen Verkehrs bestimmt (251 Mrd. €). Zudem fließen Investitionen in den Rad- und Fußverkehr (ca. 9 Mrd. €) sowie Investitionsausgaben für die Lkw-Maut (Mauterfassungsgeräte), Investitionen in die Ladeinfrastruktur sowie Netzausbau (ca. 31,7 Mrd. €) in die Differenzkosten. Im Ergebnis stehen daher Differenzkosten in Höhe von -153,6 Mrd. €.

Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten zeigen, dass pro vermiedener t CO₂-Äq. durch das Maßnahmenbündel III 1.061,5 € im Verkehrssektor sowie der Gesamtwirtschaft eingespart werden können. Dieser Wert liegt auf dem Niveau des Wertes für Maßnahmenbündel II.

Tabelle 181: MB III - Übersicht wesentlicher Effekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Effekte	Einheit	Gesamt
[1]	THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1.255,7
	- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1.420,2
	- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	164,6
[2]	Umwelteffekte	Mrd. €	-347,9
[3]	Gesundheitseffekte	Mrd. €	-32,5
[4]	Differenzkosten ^a	Mrd. €	-153,6
[5]	Energiekosten	Mrd. €	-798,9
[6] = [2]+[3]+[4]+[5]	Summe bewerteter Kosten ^b	Mrd. €	-1.332,9
[7] = [6]/[1]	Spezifische (Netto-)Minderungskosten	€ pro t CO ₂ -Äq.	-1.061,5

Anmerkungen: a Differenzkosten als Summe aus Bruttokosten und Programmkosten I; b Summe aus bewerteten Umwelt- und Gesundheitseffekten, Differenzkosten und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 182: MB III - THG-Emissionen in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-45,2	-52,4	-56,2
- davon im Sektor Verkehr (einzelwirtschaftlich)	Mio. t CO ₂ -Äq.	-52,3	-59,8	-56,5
- davon gesamtwirtschaftlich	Mio. t CO ₂ -Äq.	7,1	7,4	0,2

Quelle: eigene Berechnung

Im Jahr 2050 bewirken die deutlich geringeren Emissionsintensitäten im Energiesektor durch den unterstellten Ausbau an erneuerbaren Energien, dass hier die zusätzlichen THG-Emissionen vergleichsweise gering ausfallen.

4.17.2.1 Umwelt- und Gesundheitseffekte

Tabelle 183: MB III - Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

THG-Emissionen	Einheit	Gesamt	Einzel- wirtschaftlich	Gesamt- wirtschaftlich
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-1.255,7	-1.420,2	164,6
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-281,1	-317,6	36,5
Andere Umwelteffekte				
Luftschadstoffkosten (Nichtgesundheitliche Schäden)	Mrd. €	-2,6	-4,4	1,8
Staukosten	Mrd. €	-64,1	-64,1	0,0
Gesundheitseffekte				
Luftschadstoffkosten (Gesundheitsschäden)	Mrd. €	-3,1	-19,4	16,3
Lärmkosten	Mrd. €	-29,4	-29,4	0,0
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte				
Summe Umwelt- und Gesundheitseffekte	Mrd. €	-380,4	-434,9	54,5

Quelle: eigene Berechnung

Die Übersicht der Umwelt- und Gesundheitseffekte in Tabelle 183 zeigen, dass das Maßnahmenbündel III hohe Einsparungen an Treibhausgas- und Luftschadstoffemissionen aufweist. Gesamtwirtschaftlich fallen hingegen zusätzliche Emissionen an. Dies ist in der zusätzlichen Stromnachfrage zu begründen, die aus der Elektrifizierung des MIV und des Straßengüterverkehrs sowie der Verkehrsverlagerung auf den öffentlichen Verkehr folgt; diese Effekte sind etwa halb so groß im Vergleich zum Maßnahmenbündel II durch eine stärkere Vermeidung von Verkehrsleistung in Folge der Pkw-Maut.

4.17.2.2 Ökonomische Folgewirkungen

Tabelle 184: MB III - Übersicht ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Kostenkenngröße	Einheit	Gesamt
Energiebedarf	PJ	-16.469,0
Energiekosten	Mrd. €	-798,9
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-153,6
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0,0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	1.124,6
Nettokosten ^a	Mrd. €	-952,5

Anmerkungen: a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 185: MB III - Makroökonomische Effekte und Beschäftigungseffekte

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Effekte	Einheit	Gesamt
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-297,4
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-333,1
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-3.687
Top 5 betroffene Sektoren in Deutschland		
Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz	Tsd. Personenjahre	-3.745
Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen	Tsd. Personenjahre	-1.888
Großhandelsleistungen (ohne Handelsleistungen mit Kfz)	Tsd. Personenjahre	-346
Dienstleistungen von Versicherungen und Pensionskassen	Tsd. Personenjahre	-254
Kokerei- und Mineralölerzeugnisse	Tsd. Personenjahre	-229

Quelle: eigene Berechnung

Die in Tabelle 185 dargestellten (kumulierten) makroökonomischen Effekte des Maßnahmenbündels III sind negativ. So sinkt die kumulierte Bruttowertschöpfung um 297,4 Mrd. € und das BIP um 333,1 Mrd. € gegenüber der Referenz. Im Jahr 2030 sinkt die Bruttowertschöpfung um 9,8 Mrd. € und das BIP um 11,0 Mrd. €. Zudem fallen Arbeitsplätze in Höhe von 3.687 Tsd. Personenjahren weg (davon in 2030: 113 Tsd.). Die Ursachen dieser Effekte sind bei der Herleitung der Differenzkosten bereits beschrieben. Insbesondere die reduzierte Pkw-Nachfrage sorgt für die negativen makroökonomischen Effekte. Daher ist der Sektor „Handelsleistungen mit Kfz, Instandhaltung und Reparatur an Kfz“ auch am stärksten vom Abbau der Arbeitsplätze betroffen, während der ÖPNV-Sektor „Landverkehrs- und Transportleistungen in Rohrfernleitungen“ einen Zuwachs an Arbeitsplätzen verzeichnet. Ein Zubau an Arbeitsplätzen ist zudem im Stromsektor festzustellen (nicht in Tabelle abgebildet). Dieser lässt sich auf die deutlich gestiegene Stromnachfrage in Maßnahmenbündel III zurückführen.

4.17.2.3 Weitere Folgewirkungen

Tabelle 186: MB III - Be- und Entlastungswirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

	Einheit	Haushalte	Unternehmen	Staat
Energiekosten	Mrd. €	-646,0	-152,9	0,0
Differenzkosten (Bruttokosten + Programmkosten I)	Mrd. €	-140,0	-47,8	34,3
Transfer (Programmkosten II)	Mrd. €	793,9	330,7	-1.124,6
Umwelt- und Gesundheitseffekte ^a	Mrd. €	-380,4	0,0	0,0
Gesamt	Mrd. €	-372,4	130,0	-1.090,4

Anmerkungen: a Umwelt- und Gesundheitseffekte werden vollständig den Haushalten zugeordnet, da alle betrachteten externen Effekte vor allem auf Menschen wirken. Staukosten können zwar auch für Unternehmen relevant sein, doch sind sie wertmäßig vergleichsweise gering.

Quelle: eigene Berechnung

Der Staat zeigt die größte Entlastung mit 1.090,4 Mrd. € durch ein Aufkommen an CO₂-Bepreisung von 128 Mrd. € und Mauteinnahmen aus der Lkw-Maut in Höhe von 234 Mrd. € sowie der Pkw-Maut von 660 Mrd. €. Die Haushalte zeigen eine Entlastung in Höhe von 372,4 Mrd. € und Unternehmen eine Belastung in Höhe von 130,0 Mrd. €.

Tabelle 187: MB III Importabhängigkeit

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Außenhandel (Importe)	Mrd. €	-699,8

Quelle: eigene Berechnung

Die stark reduzierte Nachfrage nach fossilen Kraftstoffen treibt den Rückgang der Importe von 699,8 Mrd. € kumuliert im Zeitraum 2023 bis 2050 an.

Tabelle 188: MB III - Verkehrsleistung in den Stützjahren

	Einheit	2030	2040	2050
Personenverkehr	Mrd. Pkm	-147,9	-157,9	-171,2
- davon MIV	Mrd. Pkm	-328,5	-347,8	-375,4
- davon ÖV	Mrd. Pkm	137,7	144,6	155,3
-davon Rad- und Fußverkehr	Mrd. Pkm	42,9	45,4	48,9
Güterverkehr	Mrd. tkm	-31,1	-32,0	-33,7
- davon Straßengüterverkehr ^a	Mrd. tkm	-62,1	-63,9	-67,3
- davon Schienengüterverkehr	Mrd. tkm	22,0	-23,4	25,3
- davon Güterverkehr Binnenschifffahrt	Mrd. tkm	9,0	8,6	8,3

Anmerkungen: a Ohne leichte Nutzfahrzeuge, da keine Auslastungsdaten vorliegen.

Quelle: eigene Berechnung

Bei der Entwicklung der Verkehrsleistung ist die kontinuierliche Abnahme im Personen- sowie Güterverkehr (Verkehrsvermeidung) zu erkennen. Dabei sinken MIV und der Straßengüterverkehr und es steigen demgegenüber der ÖV, der Rad- und Fußverkehr, der Schienengüterverkehr sowie der Güterverkehr der Binnenschifffahrt. Gegenüber Maßnahmenbündel MB II betragen die Veränderungen im Personenverkehr etwa das Dreifache; im Güterverkehr zeigen sich erwartungsgemäß keine Änderungen, da die zusätzliche Maßnahme der Pkw-Maut diese nicht betrifft.

Tabelle 189: MB III Andere Folgewirkungen

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Sektorkopplung: Emissionen im Sektor Energiewirtschaft	Mio. t CO ₂ -Äq.	163,5
CO ₂ -Bepreisung: Aufkommen	Mrd. €	127,7

Quelle: eigene Berechnung

Wie bei MB II führt die starke Zunahme an Elektrofahrzeugen zu einem deutlichen Anstieg der Stromnachfrage, welcher mit Emissionen verbunden ist. Dem wirkt die Reduzierung der Verkehrsnachfrage durch die Pkw-Maut in Teilen entgegen. Im Energiesektor werden im Betrachtungszeitraum 163,5 Mio. t CO₂-Äq. mehr emittiert.

Tabelle 190: MB III - Wesentliche Effekte Automobilwirtschaft

kumulierte Werte 2023 bis 2050

Aspekt	Einheit	Gesamt
Produktionswert	Mrd. €	-345,7
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-229,8
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-3.766

Quelle: eigene Berechnung

Das Maßnahmenbündel hat negative Folgen für die Automobilwirtschaft. Das hängt überwiegend mit den Effekten der CO₂-Bepreisung (M1) zusammen und die Effekte werden dort ausführlich beschrieben. Der Produktionswert bzw. das BIP sinkt um 345,7 bzw. 229,8 Mrd. € und 3.766 Tsd. Personenjahre an Beschäftigung werden im Bewertungszeitraum dort eingespart.

4.18 Vergleichende Bewertungen der Maßnahmen und Maßnahmenbündel

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die Ergebnisse der ökonomischen Bewertung von 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel ausführlich dargestellt. Diese Ergebnisse werden in diesem Kapitel gegenübergestellt, um besonders effektive und kostengünstige Maßnahmen zu identifizieren.

Da in den folgenden Abbildungen aus Gründen der Lesbarkeit die einzelnen Maßnahmen nur mit ihrem Maßnahmenkürzel beschriftet sind, ist in Tabelle 191 erneut die Übersicht der bewerteten Maßnahmen dargestellt.

Tabelle 191: Übersicht bewerteter Maßnahmen

Lfd. Nr.	Maßnahme	Kürzel	Kurzbezeichnung
1	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe I (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M1	CO ₂ -Bepreisung (205 €)
2	Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen	M2	E-Quote
3	Reform der Dienstwagenbesteuerung	M3	Dienstwagen
4	Abschaffung der Entfernungspauschale	M4	Entfernungs- pauschale
5	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I	M5	Lkw-Maut (205 €)
6	Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h	M6	Tempolimit
7	Bonus-Malus System beim Kauf von Neufahrzeugen	M7	Bonus-Malus-System
8	CO ₂ -Bepreisung für fossile Kraftstoffe II (inkl. Angleichung des Energiesteuersatzes von Diesel an Benzin)	M8	CO ₂ -Bepreisung (80 €)
9	Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut II	M9	Lkw-Maut (80 €)
10	Förderung Umweltverbund (ÖPNV, Schienenpersonenfernverkehr, Radverkehr)	M10	Umweltverbund
11	Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw	M11	OH-Lkw
12	Stärkung des Schienengüterverkehrs	M12	Schienen- güterverkehr
13	Förderung ÖPNV	M13	Förderung ÖPNV
14	Pkw-Maut	M14	Pkw-Maut
15	Maßnahmenbündel I (mit Maßnahme Nr. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10)	MB I	-
16	Maßnahmenbündel II (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11)	MB II	-
17	Maßnahmenbündel III (mit Maßnahme Nr. 1, 2, 3 ,4 ,5, 6, 7, 10, 11, 14)	MB III	-

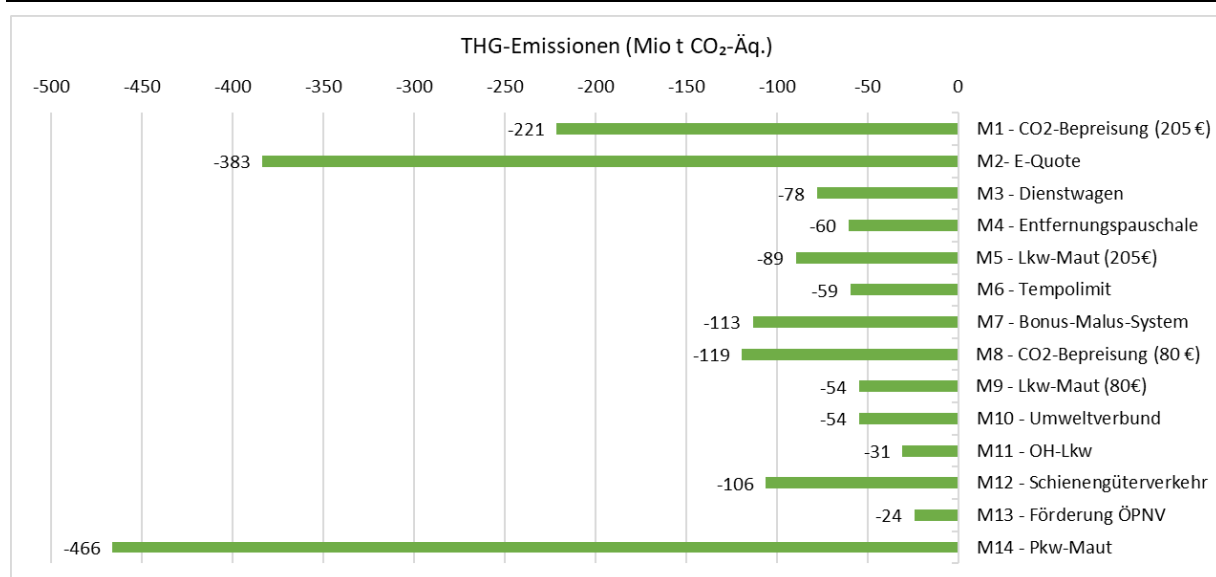
Quelle: eigene Darstellung

Für dieses Vorhaben erfolgt die vergleichende Bewertung anhand der ökonomischen Kosteneffizienz, d.h. den spezifischen (Netto-)Minderungskosten. Im Folgenden wird daher auf die für diesen Kennwert relevanten Teilaspekte – die gesamte kumulierte Treibhausgasminderung und Nettokosten – eingegangen. Zudem werden in diesem Kapitel auch die makroökonomischen Ergebnisse (Bruttowertschöpfung, BIP und Arbeitsplätze) vergleichend dargestellt.

THG-Emissionen

Ein Teilaspekt der spezifischen (Netto-)Minderungskosten sind die kumulierten **eingesparten THG-Emissionen** bis 2050. Hierbei werden sowohl die THG-Emissionen im Verkehrssektor als auch die gesamtwirtschaftlichen THG-Emissionen jeder Maßnahme betrachtet. Wie in Abbildung 22 dargestellt, ergeben sich für jede der vierzehn Einzelmaßnahmen kumuliert bis 2050 signifikante Einsparungen von THG-Emissionen gegenüber der Referenz. Dabei werden auch deutliche Unterschiede bei den eingesparten THG-Emissionen zwischen den Maßnahmen deutlich. So weisen M14 (Pkw-Maut) und M2 (Neuzulassungsquote für elektrische Pkw/LNF) über den gesamten Maßnahmenhorizont die größte Einsparung an THG-Emissionen auf. Andere Maßnahmen wie M13 (Förderung ÖPNV) oder M11 (Oberleitung auf Bundesautobahnen und OH-Lkw) weisen hingegen verhältnismäßig geringe THG-Einsparungen auf. Dabei können die im Verkehrssektor eingesparten THG-Emissionen größer ausfallen als in Abbildung 24 angegeben. Bei einigen Maßnahmen fallen gesamtwirtschaftlich, z.B. in der Industrie oder dem Energiesektor, mehr THG-Emissionen als in der Referenz an, sodass ein Teil der Einsparung im Verkehrssektor kompensiert wird.

Abbildung 22: Kumulierte THG-Emissionen der Einzelmaßnahmen bis 2050

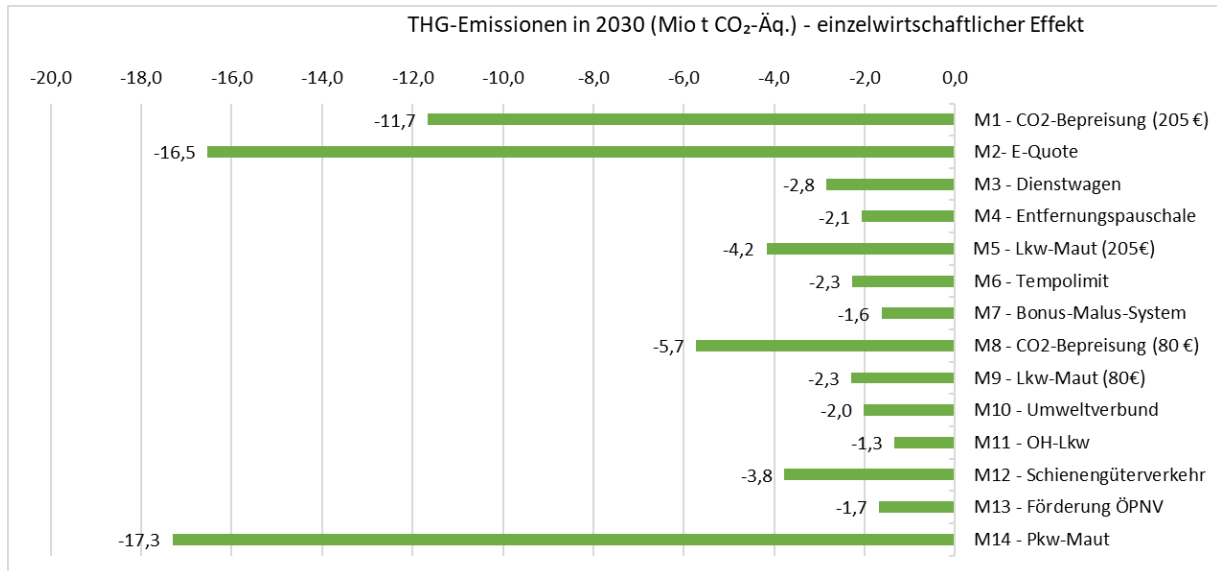


Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 23 zeigt die THG-Emissionswirkung der Einzelmaßnahmen aus der einzelwirtschaftlichen Analyse für den Verkehrssektor im Jahr 2030. Im Ergebnis zeigen drei Maßnahmen deutliche Einsparungen von jeweils über 10 Mio. t CO₂-Äq.: Die Pkw-Maut liefert den größten Einsparbeitrag (M14; 17,3 Mio. t CO₂-Äq.), gefolgt von der E-Quote für Neuzulassungen (M2; 16,5 Mio. t CO₂-Äq.) und die CO₂-Bepreisung mit hohem Preis (M1; 11,7 Mio. t CO₂-Äq.). Dabei wurde die Einführung einer CO₂-Bepreisung in ähnlicher Form politisch bereits beschlossen. Es zeigt sich, dass die Maßnahmen, die kumulativ bis 2050 hohe Einsparwirkungen entfalten, bereits 2030 hoch wirksam sind.

Die Maßnahmenbündel zeigen eine Einsparwirkung im Verkehrssektor von 14,5 (MB I), 44,0 (MB II) bzw. 52,3 Mio. t CO₂-Äq. (MB III) im Jahr 2030.

Abbildung 23: THG-Emissionen des Verkehrssektors der Einzelmaßnahmen im Jahr 2030



Quelle: eigene Darstellung

Bewertete Kosten

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist eine ökonomische Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Der Vergleich der Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen sollte demnach über den reinen Vergleich der eingesparten THG-Emissionen hinausgehen. Neben den THG-Emissionen sollten auch anfallende Energiekosten, Umwelt- und Gesundheitseffekte sowie Kosten für die Umsetzung der Maßnahme in die Bewertung einbezogen werden. Aus diesem Grund wurde die Kennzahl der **spezifischen (Netto-) Minderungskosten** ausgewählt, um einen angemessenen Vergleich über die unterschiedlichen Maßnahmen zu gewährleisten. Die spezifischen (Netto-) Minderungskosten setzen die Menge an eingesparte **THG-Emissionen** in Relation zu der **Summe der bewerteten Kosten**.

Diese bewerteten Kosten setzen sich zusammen aus den Umweltkosten, den Gesundheitskosten sowie dem Saldo aus Differenz²⁸ und Energiekosten²⁹. Die **Umweltkosten** beinhalten die Kosten für THG-Emissionen und Luftschadstoffemissionen (Nichtgesundheitliche Schäden) sowie Staukosten. Die **Gesundheitskosten** werden aus den Kosten für Luftschadstoffemissionen (Gesundheitsschäden) und Lärmkosten gebildet. Aus der gesamtwirtschaftlichen Analyse werden die Gesundheits- und Umwelteffekte aus der Emission von Luftschadstoffen und Treibhausgasen einbezogen. Durch meist insgesamt reduzierte Nachfrageimpulse (vor allem bei Energie) sind weniger Emissionen zu verzeichnen, was dann vergünstigend auf die spezifischen Minderungskosten wirkt. Der Grund für die Einbeziehung ist, dass diese Effekte mit dem vorliegenden Set an Kostensätzen konsistent bewertet werden

²⁸ Mehrkosten der Maßnahmenumsetzung ohne Gegenrechnung der Energieeinsparung zuzüglich administrativer Kosten der Maßnahmenumsetzung.

²⁹ Nutzenstiftende Einspareffekte ohne weitere Berücksichtigung der eingesparten Umweltkosten (externe Effekte), d.h. ohne monetäre Bewertung beispielsweise von THG-Einsparungen. Staatliche Preisaufschläge, z.B. in Form von Steuern, werden als Transferzahlung bewertet und nicht den Energiekosten, sondern den Programmkosten II zugeordnet.

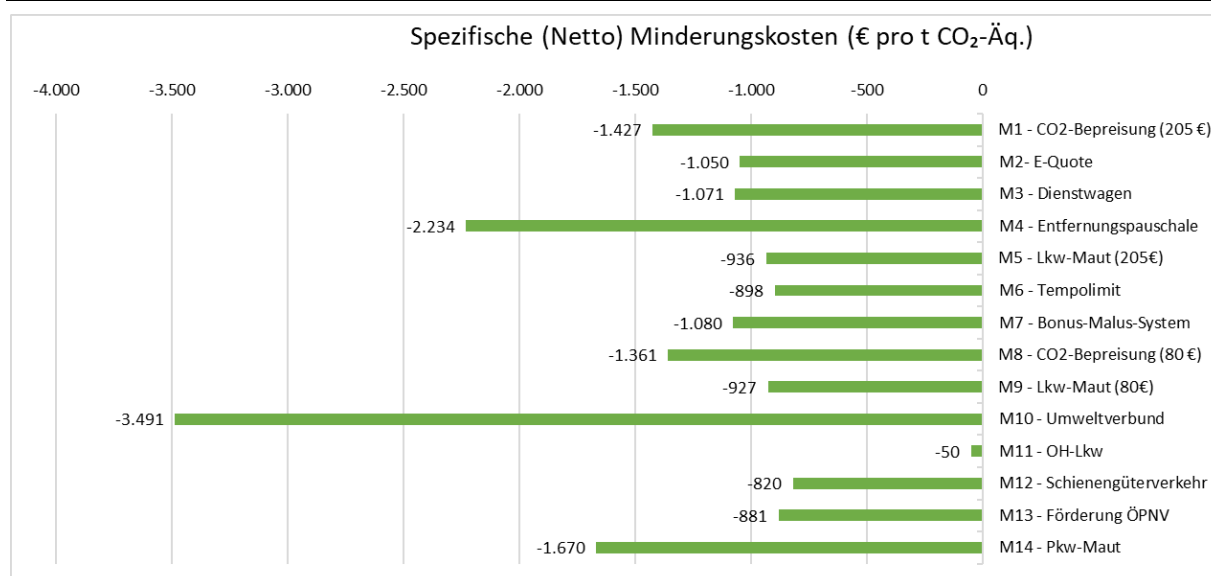
können. Allerdings zeigt die Analyse der Einzelmaßnahmen, dass häufig auch weitere negative Effekte auf makroökonomische Kenngrößen wie Bruttowertschöpfung, BIP, Arbeitsplätze etc. aus der Maßnahmenumsetzung folgen. Da diese Effekte aus methodischen Gründen nicht Bestandteil der spezifischen (Netto-)Minderungskosten sind, werden diese separat ausgewiesen.

Spezifischen (Netto-)Minderungskosten

Abbildung 24 zeigt die spezifischen Minderungskosten pro Einzelmaßnahme. Auffällig ist zunächst einmal, dass alle Maßnahmen negative spezifische (Netto-)Minderungskosten aufweisen. Vereinfacht gesagt bedeuten negative Minderungskosten, dass pro vermiedener Tonne CO₂ keine Kosten, sondern Einsparungen entstehen. Dies mag auf den ersten Blick überraschen, da die Vermeidung von THG-Emissionen meist mit Kosten assoziiert wird. Bei den spezifischen (Netto-)Minderungskosten werden aber nicht nur die Kosten für die Umsetzung einer Maßnahme (bspw. notwendiger Infrastrukturkosten) betrachtet, sondern auch die vermiedenen THG- und Luftschadstoffemissionen sowie vermiedene Lärm- und Staukosten monetär bewertet, so dass im Gesamteffekt negative Gesamtkosten (Einsparungen) entstehen. Beachtet man beispielsweise die in Tabelle 9 aufgeführten Klimakosten pro Tonne CO₂, so wird deutlich, warum die Minderungskosten für fast alle Maßnahmen so vorteilhaft ausfallen. Gemessen an den spezifischen (Netto-) Minderungskosten sind M10 (Förderung Umweltverbund), M4 (Abschaffung Entfernungspauschale) und M14 (Pkw-Maut) die kostengünstigsten Maßnahmen.

Die Ergebnisse der spezifischen (Netto-)Minderungskosten werden von den zur Modellierung verwendeten Annahmen methodenbedingt beeinflusst. Insbesondere die Annahmen zu anfallenden Kosten für die Umsetzung einer Maßnahme sind hier von Relevanz. Daher wurden Kosten für gleiche Wirkungen bei verschiedenen Maßnahmen auch größtmöglich konsistent abgebildet, wie bei Pkw-Kosten oder Ladeinfrastruktur. Die Annahmen zu den jeweiligen Einzelmaßnahmen liegen in unterschiedlicher Granularität vor. Dies lässt sich insbesondere am Vergleich der Maßnahmen M10 (Förderung Umweltverbund) und M13 (Ausbau ÖPNV) erkennen. Beide Maßnahmen sind in ihrer Ausgestaltung ähnlich und zielen unter anderem auf die Verlagerung von Verkehrsleistung auf den ÖPNV ab. In M13 sind für eine stärkere Verlagerung auch deutlich höhere Kosten für die Umsetzung hinterlegt als in M10. Für M13 ergeben sich kumulierte (2025-2050) Infrastrukturkosten in Höhe von etwa 123 Mrd. €, für M10 im selben Zeitraum nur in Höhe von etwa 9 Mrd. €. Dies führt dazu, dass trotz relativ ähnlicher Einsparungen an Treibhausgasen (siehe Abbildung 24), die spezifischen (Netto-) Minderungskosten für M10 (Förderung Umweltverbund) deutlich vorteilhafter sind.

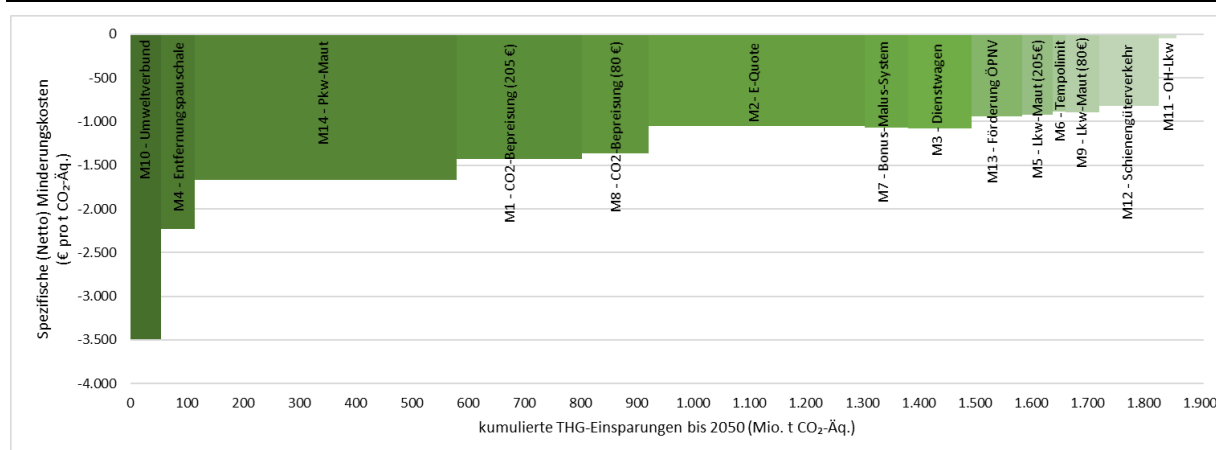
Abbildung 24: Spezifische (Netto-)Minderungskosten der Einzelmaßnahmen



Quelle: eigene Darstellung

Für die vergleichende Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr ist auch entscheidend, mit welchen finanziellen Aufwendungen ein gewisses Volumen an THG-Emissionen eingespart werden kann. Anhand von Abbildung 27 könnte eine Bewertung der Einzelmaßnahmen für das Erreichen einer bestimmten THG-Einsparung erfolgen. In Abbildung 27 sind die 14 Einzelmaßnahmen aufsteigend anhand der spezifischen (Netto-) Minderungskosten geordnet (die Maßnahme mit geringsten Kosten steht links). Horizontal sind die kumulierten THG-Einsparungen der Maßnahmen bis 2050 abgetragen. Je breiter der Balken einer Maßnahme ist, desto größer ist die THG-Einsparung dieser Maßnahme. Anhand von Abbildung 25 kann somit auf Basis unseres Bewertungsrahmens und seiner Einschränkungen eine kosteneffiziente Reihenfolge der Maßnahmen für das Erreichen eines THG-Minderungsziel bestimmt werden.

Abbildung 25: Kumulierte THG-Einsparung und spezifische (Netto-) Minderungskosten



Quelle: eigene Darstellung

Auch wenn die meisten Maßnahmen in der Gesamtbetrachtung negative Kosten pro eingesparter Tonne CO₂ aufweisen und somit wirtschaftlich lukrativ sind, können trotzdem einzelne Akteure unter den Maßnahmen Belastungen verzeichnen. Dies wird insbesondere bei der Betrachtung der jeweiligen makroökonomischen Folgewirkungen deutlich. Häufig haben die

Maßnahmen unter anderem eine sinkende Wirtschaftsleistung (gemessen an BWS und BIP) und damit einhergehend den Verlust von Arbeitsplätzen zur Folge. Es zeigt sich, dass jene Maßnahmen besonders starke negative makroökonomische Folgen haben, die hohe negative Differenzkosten aufweisen. Bei diesen Maßnahmen werden in der Umsetzung mehr Kosten eingespart, beispielsweise durch reduzierte Pkw-Ausgaben (Anschaffung, Wartung/Reparatur), als Kosten für die Umsetzung anfallen (z.B. Ausgaben für Ladeinfrastruktur). Sind die Differenzkosten einer Maßnahme in Summe negativ, so ergibt sich ein negativer wirtschaftlicher Nachfrageimpuls für die Gesamtwirtschaft. Im Umkehrschluss weisen die Maßnahmen bei deren Umsetzung hohe Kosten anfallen, positive Effekte auf Bruttowertschöpfung, BIP und Arbeitsplätze auf. Dies wird insbesondere bei M11 (Oberleitungssystem für Lkw auf Autobahnen) deutlich. Diese Maßnahme weist die geringsten Einsparungen bei den spezifischen (Netto-)Minderungskosten auf. Gleichwohl ist M11 die Maßnahme bei der sich starke positive Effekte auf Bruttowertschöpfung, BIP und Arbeitsplätze ergeben. Diese Zusammenhänge werden in Tabelle 192 deutlich. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass insbesondere jene Maßnahmen deren Ziel die Verminderung der MIV-Verkehrsleistung ist, besonders negative makroökonomische Effekte aufweisen (z.B. M1 CO₂-Bepreisung). Grund hierfür ist neben den eingesparten Kraftstoffen auch der Rückgang des Pkw-Bestandes, der sich annahmegemäß aus der Reduzierung der MIV-Verkehrsleistung ergibt und der insbesondere für negative Effekte in der Automobilbranche sorgt. Hingegen weisen Maßnahmen mit einem großen Infrastrukturbedarf, wie bereits am Beispiel von M11 beschrieben, eher positive makroökonomische Folgewirkungen auf.

An dieser Stelle sei erneut anzumerken, dass es sich bei Input-Output-Modellen um statische Modelle handelt. Die im Modell hinterlegten wirtschaftlichen Verflechtungen ändern sich im Zeitverlauf nicht. Mögliche Transformationen von Industrien oder Veränderungen von Wertschöpfungsketten können demnach nicht abgebildet werden (z.B. Mobilitätsdienstleistungen, größere Wertschöpfung durch Automatisierung oder der Auf- bzw. Ausbau einer Batterieindustrie). Diese könnten jedoch dazu beitragen, die ausgewiesenen negativen Effekte zu mindern oder auszugleichen.

Tabelle 192: Wesentliche Effekte und makroökonomische Folgewirkungen der Einzelmaßnahmen

kumulierte Werte bis 2050

Maßnahme	Kurzbezeichnung	THG-Emissionen	Umwelt- und Gesundheitseffekte	Differenzkosten	Energiekosten	Summe bewerteter Kosten	Spezifische (Netto-) Minderungskosten	BIP	Arbeitsplätze
		Mio. t CO ₂ -Äq.	Mrd. €	Mrd. €	Mrd. €	Mrd. €	€ pro t CO ₂ -Äq.	Mrd. €	Tsd. Personenjahre
M1	CO ₂ -Bepreisung (205 €)	-221,4	-75,6	-111,4	-128,9	-315,9	-1.426,6	-151,7	-1.904
M2	E-Quote	-383,4	-67,7	-78,8	-256,2	-402,7	-1.050,3	-5,2	-642
M3	Dienstwagen	-77,7	-28,0	-4,1	-51,1	-83,2	-1.070,5	-28,8	-290
M4	Entfernungspauschale	-60,2	-19,2	-81,1	-34,2	-134,6	-2.234,0	-109,7	-1.285
M5	Lkw-Maut (205 €)	-89,2	-30,1	0,1	-53,6	-83,5	-936,1	-10,6	-111
M6	Tempolimit	-59,1	-14,9	0,0	-38,2	-53,0	-897,5	-12,7	-118
M7	Bonus-Malus-System	-113,1	-26,1	-22,7	-73,4	-122,2	-1.080,2	-19,0	-333
M8	CO ₂ -Bepreisung (80 €)	-119,1	-40,7	-53,6	-67,6	-162,0	-1.360,7	-83,3	-930
M9	Lkw-Maut (80 €)	-54,4	-18,1	0,1	-32,5	-50,4	-926,6	-6,4	-67
M10	Umweltverbund	-54,3	-18,2	-144,9	-26,6	189,7	-3.490,8	-181,0	-2.157
M11	OH-Lkw	-30,6	-5,7	22,8	-18,7	-1,5	-49,9	32,1	301
M12	Schienengüterverkehrs	-106,0	-28,9	3,3	-61,3	-86,9	-820,0	-1,7	-29
M13	Förderung ÖPNV	-23,8	-2,9	1,7	-19,7	-20,9	-881,5	-15,5	-39
M14	Pkw-Maut	-466,0	-167,4	-343,9	-267,1	-778,4	-1.670,3	-532,3	-5.922

Quelle: eigene Berechnung

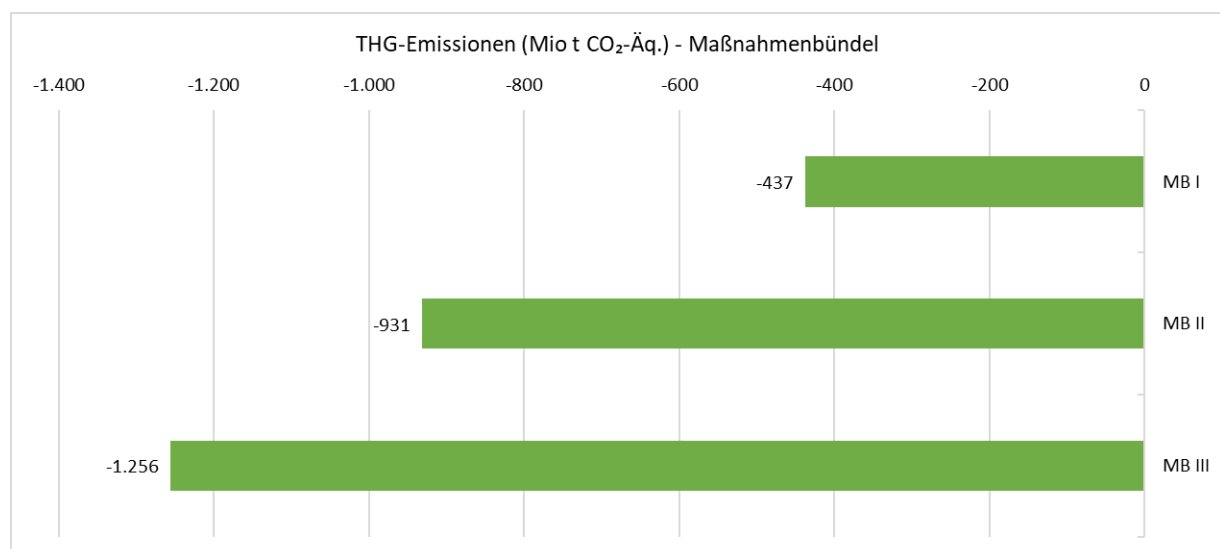
Für eine Bewertung von Einzelmaßnahmen ist neben dem Kosten-/Nutzenverhältnis auch die Be- und Entlastung der Akteure Haushalte, Unternehmen und Staat von Bedeutung. So sind Haushalte häufig direkt von den Maßnahmen finanziell betroffen, wenn beispielsweise eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut eingeführt wird. Aus diesem Grund sind in Anhang B.2 für ausgewählte Maßnahmen sogenannte Fact Sheets dargestellt. Diese Fact Sheets sollen für fünf Maßnahmen die jeweils berechneten Effekte auf Akteursebene herunterbrechen. Für die Akteursebenen Staat, Unternehmen und Haushalte wurden dafür jeweils repräsentative Beispiele erschaffen. Anhand dieser Beispiele kann die Belastung für einen Haushalt abgeschätzt werden. Diese Beispiele verdeutlichen, dass obwohl die Maßnahmen in der Gesamtbetrachtung wirtschaftlich rentabel sind, einige Akteure finanzielle Mehrbelastungen hinnehmen müssen. Zudem ist zu beachten, dass weitere nachgelagerte Effekte (wie beispielsweise Transferzahlungen in Folge der erhöhten Arbeitslosigkeit) nicht in die Analyse miteinbezogen wurden.

Maßnahmenbündel

Für einen wirksamen Klimaschutz im Verkehr bedarf es mehr als einer Einzelmaßnahme. Jedoch ist davon auszugehen, dass die Einzelmaßnahmen bzw. deren Wirkungen sich verstärken oder abschwächen, wenn mehrere Maßnahmen implementiert werden. Aus diesem Grund wurden auch Maßnahmenbündel in die Bewertung mit einbezogen. Die resultierenden Ergebnisse für diese drei Maßnahmenbündel sind nicht einfach die Summe der jeweiligen Einzeleffekte, sondern beziehen die Interdependenzen zwischen den jeweiligen Maßnahmen mit ein. Für eine Umsetzung mehrerer Maßnahmen sollten daher die Ergebnisse der Maßnahmenbündel eine übergeordnete Rolle spielen.

Um mögliche Synergien zwischen einzelnen Maßnahmen adäquat abzubilden, werden neben den Einzelmaßnahmen auch Maßnahmenbündel bewertet. Abbildung 26 zeigt, dass Maßnahmenbündel III über den gesamten Zeitraum das größte Einsparungspotenzial an THG-Emissionen aufweist. Dies ist nicht weiter verwunderlich, da MB III unter anderem die drei Einzelmaßnahmen mit der größten THG-Einsparung beinhaltet.

Abbildung 26: Kumulierte THG-Emissionen der Maßnahmenbündel bis 2050

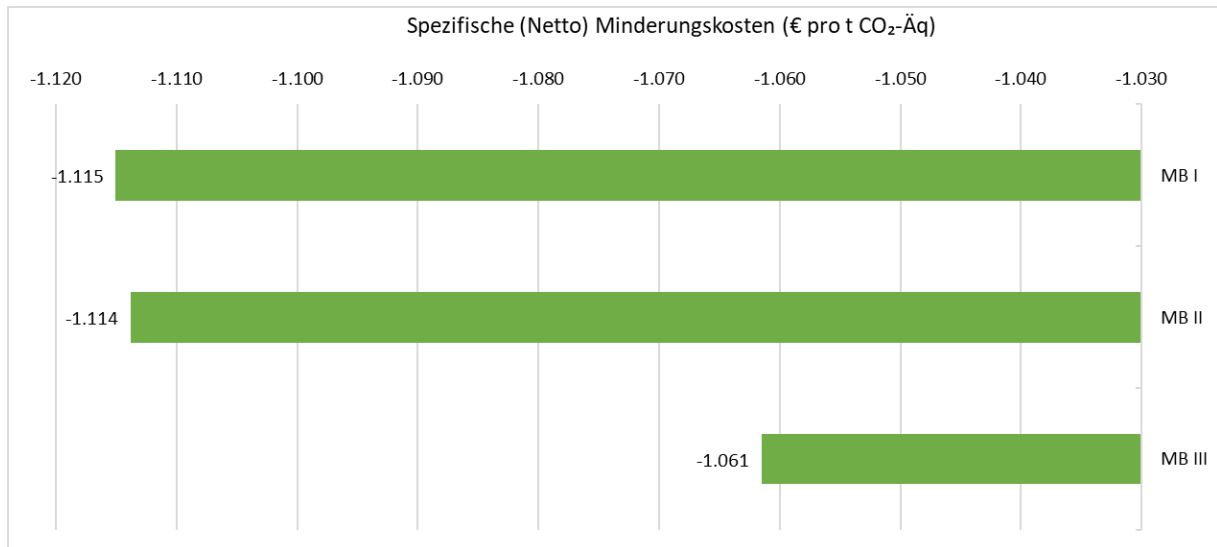


Quelle: eigene Darstellung

Ein anderes Bild ergibt sich, wenn man analog zur Bewertung der Einzelmaßnahmen auch für den Vergleich der Maßnahmenbündel, die jeweiligen spezifischen (Netto-)Minderungskosten

heranzieht. Abbildung 27 zeigt, dass MB I die geringsten Minderungskosten pro vermiedener Tonne CO₂ aufweist, bzw. die größten Einsparungen. MB III weist zwar das größte Potential für THG-Einsparungen auf, ist in der Umsetzung jedoch etwas „teurer“ als MB I und MB II. Trotz großer Unterschiede bei der Einsparung von THG-Emissionen, weisen MB I und MB II fast gleiche spezifischen (Netto-)Minderungskosten auf.

Abbildung 27: Spezifische (Netto-)Minderungskosten der Maßnahmenbündel



Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 193: Wesentliche Effekte und makroökonomische Folgewirkungen der Maßnahmenbündel

kumulierte Werte bis 2050

Maßnahme	Kurzbezeichnung	THG-Emissionen	Umwelt- und Gesundheits-effekte	Differenzkosten	Energiekosten	Summe bewerteter Kosten	Spezifische (Netto-) Minderungskosten	BIP	Arbeitsplätze
		Mio. t CO ₂ -Äq.	Mrd. €	Mrd. €	Mrd. €	Mrd. €	€ pro t CO ₂ -Äq.	Mrd. €	Tsd. Personenjahre
MB I	-	-437,0	-135,9	-89,9	-261,4	-487,3	-1.115,0	-161,4	-1.682
MB II	-	-931,0	-248,7	-191,3	-596,9	-1.037,0	-1.113,8	-235,5	-3.226
MB III	-	-1.255,7	-380,4	-153,6	-798,9	-1.332,9	-1.061,5	-333,1	-3.687

Quelle: eigene Berechnung

5 Zusammenfassende Übersicht und Schlussbemerkungen

Die Umsetzung konkreter Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr ist mit großen Unsicherheiten hinsichtlich ihrer ökonomischen Auswirkungen verbunden. Ziel dieses Forschungsprojektes war es, auf Basis einer detaillierten Analyse des deutschen Verkehrssektors und dessen wirtschaftlichen Verflechtungen, ökonomische Argumente für die Umsetzung klimapolitischer Maßnahmen im Verkehrssektor zu liefern.

Dafür wurde in einem ersten Schritt eine Analyse des aktuellen Stands der Forschung zur ökonomischen und ökologischen Bewertung von Klimaschutzmaßnahmen angefertigt. Aufbauend auf dieser Analyse wurde ein Modellverbund ausgewählt, der in der Lage ist die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen von bestimmten Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr abzubilden. Hierfür wurde auf Basis von Daten aus TREMOD 5.83 ein Modell des deutschen Verkehrssektors aufgebaut. Darüber hinaus wurde für die Abschätzung von gesamtwirtschaftlichen Effekten auch das Input-Output-Modell „GEMIO“ von PwC verwendet. Abschließend wurden 14 Einzelmaßnahmen und drei Maßnahmenbündel anhand dieses Modellverbundes analysiert und die Ergebnisse verglichen. Zudem wurden in einem letzten Schritt sogenannte Fact Sheets erstellt, die die Auswirkungen der Maßnahmen auf einzelne Akteursebenen herunterbrechen.

Die wesentlichen Ergebnisse der detaillierten Analyse der ökologischen und ökonomischen Folgewirkungen der ausgewählten Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Alle Maßnahmen sowie die drei Maßnahmenbündel sparen in der Gesamtbetrachtung bis 2050 THG-Emissionen im Verkehr ein. Die Höhe der Einsparung variiert dabei deutlich zwischen den Maßnahmen. Maßnahmen wie die CO₂-Bepreisung (205 Euro/t CO₂) (M1), die E-Quote (M2) oder die Pkw-Maut (M14) sparen über den Bewertungszeitraum mehrere Hundert Mio. t CO₂-Äq. ein und die Maßnahmen Tempolimit auf Autobahnen (M6), Ausweitung Lkw Maut (80 Euro/t CO₂) (M9), Förderung des Umweltverbundes (M10), Oberleitungen für Lkw (M11) und Stärkung des ÖPNV (M13) weniger als 60 Mio. t CO₂-Äq.
2. Alle untersuchten Maßnahmen sind in der Umsetzung wirtschaftlich vorteilhaft, da unter Berücksichtigung externer Effekte der bewertete Nutzen die Kosten überwiegt. Dies bedeutet pro eingesparter Tonne CO₂ entsteht ein Nettonutzen.
3. Bis auf die Maßnahme Oberleitungen für Lkw (M11) mit merklichen Infrastrukturinvestitionen weisen alle Maßnahmen in der makroökonomischen Betrachtung negative Folgewirkungen auf, wie z.B. sinkende Wirtschaftsleistung bzw. geringere Wirtschaftsimpulse oder Verlust von Arbeitsplätzen. Dies ist insbesondere durch die Incentivierung einer Reduzierung von Verkehrsleistung durch die Maßnahmenumsetzung zu erklären. Die daraus resultierenden Einsparungen, insbesondere bei der Pkw-Anschaffung sowie den vermiedenen Wartungs-/Instandhaltungskosten, entsprechen einem makroökonomischen Nachfragerückgang. Makroökonomische Effekte werden mithilfe eines statischen Input-Output-Modells berechnet und können als konservative Schätzung interpretiert werden, da

Veränderungsprozesse in Industrien oder Wertschöpfungsketten nicht abgebildet werden können.

4. Auch wenn fast alle Maßnahmen in der systemanalytischen Gesamtbetrachtung wirtschaftlich vorteilhaft sind (vorteilhaftes Kosten-Nutzen-Verhältnis), können einzelne Akteure unterschiedlich stark belastet sein bzw. im Zeitverlauf unterschiedliche Be- und Entlastungsphasen durchlaufen. Beispielsweise können Käufer von Elektroautos zuerst höhere Aufwendungen für Elektroautos haben, welche sich im Zeitverlauf über eingesparte Energiekosten amortisieren und dann zu einem insgesamt vorteilhaften Kosten-Nutzen-Verhältnis führen.
5. Für eine vergleichende Bewertung der Maßnahmen kann aus diesem Forschungsvorhaben mit einem Fokus auf eine ökonomische Bewertung die Kosteneffizienz von Maßnahmen herangezogen werden. Somit würde nicht die Höhe der eingesparten THG-Emissionen, sondern das damit verbundene Kosten-Nutzen-Verhältnis pro vermiedener Tonne CO₂ im Fokus stehen. Neben diesen Überlegungen sollten auch weitere Effekte, wie Be- und Entlastungswirkungen oder Wirkungen auf die Sektorkopplung sowie makroökonomische Effekte (BWS, BIP, Arbeitsplätze) nicht unberücksichtigt bleiben. So gehen alle wirtschaftlich vorteilhaften Maßnahmen mit einer Reduzierung der gesamtwirtschaftlichen Produktion durch eine geringere Nachfrage nach Energie sowie Fahrzeugen einher. Dies hat negative Effekte auf das Bruttoinlandsprodukt, die Bruttowertschöpfung und die Anzahl an Arbeitsplätzen.

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojekts zeigen, dass ein umfangreicher Bewertungsansatz, der unter anderem auch vermiedene Umweltschadenskosten miteinbezieht, zu teilweise deutlich positiveren Bewertungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr führt. Es lässt sich festhalten, dass der Nutzen in Form vermiedener Kosten, die anfallenden Kosten bei jeder Maßnahme übersteigen.

Weitere Forschungsarbeiten könnten bei der Entwicklung eines Ansatzes hilfreich sein, welcher Ergebnisse der Kosten-Nutzen-Rechnung noch besser mit den Verteilungsaspekten und makroökonomischer Folgen in einer einheitlichen Bewertungsgröße zusammenzuführt.

6 Quellenverzeichnis

- Adelphi, Ecofys (2018): Bonus-Malus Vehicle Incentive System in France. Online verfügbar unter <https://www.euki.de/wp-content/uploads/2018/11/fact-sheet-bonus-malus-vehicle-incentive-system-fr.pdf> (13.10.2020)
- Agora Verkehrswende (2018): Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030. Online verfügbar unter https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Klimaschutzszenarien/Agora_Verkehrswende_Klimaschutz_im_Verkehr_Massnahmen_zur_Erreichung_des_Sektorziels_2030.pdf (13.10.2020)
- Allianz pro Schiene (2019): Externe Kosten des Verkehrs in Deutschland – Straßen-, Schienen-, Luft- und Binnenschiffverkehr 2017. Online verfügbar unter <https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2019/08/190826-infras-studie-externe-kosten-verkehr.pdf> (13.10.2020)
- Baden-Württemberg Stiftung (2017): Mobiles Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.bwstiftung.de/fileadmin/Mediendatenbank_DE/BW_Stiftung/Programmdateien/Bildung/Nachhaltige_Entwicklung/Mobiles_Baden-Wuerttemberg/BWS_SR_MobilesBW_A4_web_interaktiv.pdf (13.10.2020)
- Bauer-Hailer, U. (2019): Berufspendler im Bundesländervergleich. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 2/2019. Online verfügbar unter https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Monatshefte/PDF/Beitrag19_02_02.pdf (13.10.2020)
- BAST (2017): Tempolimits auf Bundesautobahnen 2015. Online verfügbar unter https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Verkehrstechnik/Downloads/V1-BAB-Tempolimit-2015.pdf?__blob=publicationFile&v=5 (13.10.2020)
- BAG (2020): Monatliche Mautstatistik für Januar 2020. Online verfügbar unter https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Statistik/Lkw-Maut/20_Monatstab_01.html?nn=1595510 (01.06.2021)
- BCG/Prognos (2018): BDI-Studie - Klimapfade für Deutschland. Online verfügbar unter <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland/>. (13.10.2020)
- BME (2019): BME-Marktinformationen – Frachten. Online verfügbar unter <https://www.bme.de/frachten-preise-ziehen-an-2972/> (13.10.2020)
- BMU (2019): Projektionsbericht der Bundesregierung 2019. Online verfügbar unter https://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envxnw7wq/Projektionsbericht-der-Bundesregierung-2019.pdf (13.10.2020)
- BMU (2015): Projektionsbericht der Bundesregierung 2015. Online verfügbar unter http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/mmr/art04-13-14_lcds_pams_projections/projections/envv_vp1a/160928_PB2015_MWMS.final.pdf (13.10.2020)
- BMVI (2016): Endbericht – Verkehrsverlagerungspotenzial auf den Schienenpersonenverkehr in Deutschland. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/MKS/studie-verlagerungspotenzial-schienenpersonenverkehr.pdf?__blob=publicationFile (13.10.2020)
- Bundesministerium der Finanzen (2000): AfA-Tabelle für die allgemein verwendbaren Anlagegüter. Online verfügbar unter https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebsprüfung/AfA-Tabellen/Ergaenzende-AfA-Tabellen/AfA-Tabelle_AV.html (13.10.2020)
- Cambridge Econometrics (2018): Fuelling Europe's Future. Online verfügbar unter http://www.ebb-eu.org/EBBpressreleases/Cambridge_ETS_transport_Study.pdf (13.10.2020)

Cambridge Econometrics (2017): Low-carbon cars in Germany. Online verfügbar unter http://www.camecon.com/wp-content/uploads/2017/10/ECF_EN_CARS_SCREEN_V3.4_Singles.pdf. (13.10.2020)

Cambridge Econometrics (2014): The Impact of Including the Road Transport Sector in the EU ETS. Online verfügbar unter http://www.ebb-eu.org/EBBpressreleases/Cambridge_ETS_transport_Study.pdf. (13.10.2020)

CE Delft (2015): Driving renewable energy for transport. Online verfügbar unter <https://www.cedelft.eu/en/publications/1701/driving-renewable-energy-for-transport>. (13.10.2020)

de Jong, G. (2010): Price sensitivity of European road freight transport – towards a better understanding of existing results. CE Delft. Online verfügbar unter: https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/media/2010_07_price_sensitivity_road_freight_significance_ce.pdf (13.10.2020)

dena (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Online verfügbar unter http://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9262_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_Ergebnisbericht.pdf. (13.10.2020)

Diekmann, L. et. al. (2011): Steuerliche Behandlung von Firmenwagen in Deutschland. Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität zu Köln; FiFo-Berichte Nr. 13, Köln. Online verfügbar unter https://foes.de/pdf/2011_Firmenwagenbesteuerung_lang.pdf (13.10.2020)

EIA (2017): Annual Energy Outlook 2017

European Commission (2019): Handbook on the external costs of transport. Online verfügbar unter <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-handbook-isbn-978-92-79-96917-1.pdf> und <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/studies/internalisation-handbook-annexes.zip> (Annexes) (13.10.2020)

European Commission (2017): Impact Assessment: emission performance standards (Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council setting emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles as part of the Union's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles and amending Regulation). Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/swd_2017_650_p1_en.pdf. (13.10.2020)

European Commission (2014): Impact Assessment: Strategy for Reducing Heavy-Duty Vehicles Fuel Consumption and CO₂ Emissions. Online verfügbar unter <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0160&from=EN>. (13.10.2020)

Fraunhofer ISI (2017): Perspektiven des Wirtschaftsstandorts Deutschland in Zeiten zunehmender Elektromobilität. Online verfügbar unter https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/sustainability-innovation/2017/WP09-2017_Perspektiven-Automobilindustrie-Elektromobilitaet_Wietschel-et-al.pdf. (13.10.2020)

Fraunhofer ISI (2015): Gesamt-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030. Online verfügbar unter <https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/cct/lib/GRM-LIB.pdf>. (13.10.2020)

Fraunhofer ISI (2014): Energiespeicher für die Elektromobilität Deutschland auf dem Weg zum Leitmarkt und Leitanbieter? Online verfügbar unter http://www.emotor.isi-projekt.de/emotor-wAssets/docs/privat/EMOTOR_Leitmarkt-und-Leitanbieter_Fraunhofer-ISI_web.pdf. (13.10.2020)

Fraunhofer ISI; Forschungszentrum Jülich IEF-STE; Öko-Institut; Centre für Energy Policy and Economics CEPE (2008): Wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen des integrierten Energie- und Klimaprogramms (IEKP) Wirtschaftlicher Nutzen des Klimaschutzes. Kostenbetrachtung ausgewählter Einzelmaßnahmen der Meseberger Beschlüsse zum Klimaschutz. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3517.pdf> (13.10.2020)

- Fraunhofer IAO (2011): ROADMAP – ELEKTROMOBILE STADT. Online verfügbar unter <https://www.muse.iao.fraunhofer.de/content/dam/iao/muse/de/documents/Aktuelles/Roadmap-Elektromobile-Stadt.pdf>. (13.10.2020)
- Goodwin, P., Dargay, J., Hanly, M. (2004): Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to Price and Income: A Review. In: Transport Reviews, Vol. 24, No. 3, 275-292, May 2004. ESCR Transport Studies Unit, University. College London. London, UK, Mai 2004.
- Hackmann, M.; Pyschny, H. & Stanek, R. (2015): Total Cost of Ownership Analyse für Elektrofahrzeuge. P3 automotive GmbH (P3 group).
- Hautzinger, H., Mayer, K., Helms, M., Kern, C., Wiesenhütter, M. Haag, G., Binder, J. (2002): Analyse von Änderungen des Mobilitätsverhaltens–insbesondere der Pkw-Fahrleistung–als Reaktion auf geänderte Kraftstoffpreise. Schlussbericht zum Forschungsprojekt 96.0756. Online verfügbar unter http://www.ivt-verkehrsforschung.de/pdf/Kraftstoffpreise_und_Mobilitaet.pdf (13.10.2020)
- Ifeu-Institut (2018): Roadmap OH-Lkw: Potentialanalyse 2020-2030. Online verfügbar unter <https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/2018-12-20-ifeu-PTV-SCS-Potentialanalyse-Roadmap-OH-Lkw.pdf> (01.06.2021)
- Ifeu-Institut (2016): Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ (TREMODO) für die Emissionsberichtserstattung 2016 (Berichtsperiode 1990-2014). Online verfügbar unter https://www.ifeu.de/wp-content/uploads/TREMODO5.6_ANHANG_160704.pdf (13.10.2020)
- ifo Institut (2017): Auswirkungen eines Zulassungsverbots für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor (für VDA). Online verfügbar unter <https://www.cesifo-group.de/DocDL/Studie-2017-Falck-et-al-Zulassungsverbot-Verbrennungsmotoren.pdf>. (13.10.2020)
- IPE Institut für Politikevaluation GmbH, fka GmbH, Institut für Kraftfahrzeuge der RWTH Aachen University, Roland Berger GmbH (2019): Automobile Wertschöpfung 2030/2050. Online verfügbar unter: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050.pdf?__blob=publicationFile&v=16 (13.02.2021)
- Johansson, O. und Schipper, L. (1997): Measuring the Long-Run Fuel Demand for Cars. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 31, No. 3, S. 277-292.
- KBA (2018): Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/neuzulassungen_node.html (13.10.2020)
- Kcw (2019a): Finanzierung des ÖPNV – Status Quo und Finanzierungsoptionen für die Mehrbedarfe durch Angebotsausweitungen. Online verfügbar unter https://www.kcw-online.de/content/6-veroeffentlichungen/165-finanzierung-des-oepnv/2019_finanzierung_des_oepnv_fin.pdf (13.10.2020)
- Kcw (2019b): Klimaeffekt der Verkehrsverlagerung im Güterverkehr – Das CO₂-Minderungspotenzial durch Verdopplung des Schienengüterverkehrs. Online verfügbar unter <https://www.kcw-online.de/veroeffentlichungen/nee-studie> (13.10.2020)
- Kcw (2019c): Güter auf die Schiene. Netzentwicklung für den Schienengüterverkehr. Online verfügbar unter https://www.netzwerk-bahnen.de/assets/files/news/2019/2019_05_06_bericht_klima_plus_programm_fuer_mehr_gueter_auf_der_schiene.pdf (01.06.2021)
- Litman, T. (2019). Understanding transport demands and elasticities. How prices and other factors affect travel behavior. Online verfügbar unter <https://vtpi.org/elasticities.pdf> (13.10.2020)
- Löhe, U. (2016): Geschwindigkeiten auf Bundesautobahnen in den Jahren 2010 bis 2014. BASt – Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.). Bergisch-Gladbach. Online verfügbar unter:

https://www.bast.de/BAST_2017/DE/Publikationen/Fachveroeffentlichungen/Verkehrstechnik/Downloads/Geschwindigkeiten-BAB-2010-2014.pdf?__blob=publicationFile&v=3 (13.10.2020)

Ludwig-Bölkow-Stiftung (2019): Infrastrukturbedarf E-Mobilität. Online verfügbar unter https://stiftung.adac.de/app/uploads/2019/06/IBeMo_Abschlussbericht_final_190625_LBST_Zerhusen.pdf (13.10.2020)

LUEG (2020): Nachrüstung On-Board-Unit (OBU). Online verfügbar unter <https://www.lueg.de/mercedes-benz-nutzfahrzeuge/service/nachruestungobu/#:~:text=Anschlie%C3%9Fend%20k%C3%B6nnen%20Sie%20bei%20Uns,Wattenscheid%2C%20Essen%20und%20Recklinghausen%20m%C3%B6glich.> (13.10.2020)

Öko-Institut (2020): StratON – Bewertung und Einführungsstrategien für oberleitungsgebundene schwere Nutzfahrzeuge. Endbericht. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/StratON-O-Lkw-Endbericht.pdf> (13.10.2020)

Öko-Institut (2019): Kostenrechner für Elektrofahrzeuge. Online verfügbar unter <https://emob-kostenrechner.oeko.de/#/> (März 2020)

Öko-Institut, Fraunhofer ISI, Prognos, M-Five, IFREES, FIBL (2019): Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Folgenabschaetzung-Klimaschutzplan-2050-Endbericht.pdf> (13.10.2020)

Öko-Institut, DLR, ifeu, INFRAS (2016): Endbericht Renewability III. Optionen einer Dekarbonisierung des Verkehrssektors. Online verfügbar unter http://www.renewability.de/wp-content/uploads/Renewability_III_Endbericht.pdf. (13.10.2020)

Öko-Institut, DLR, Fraunhofer ISI (2013): Renewability II. Online verfügbar unter <http://www.renewability.de/wp-content/uploads/texte-weiterentwicklung-des-analyseinstruments-renewability.pdf>. (13.10.2020)

PwC (2016): Wirtschaftliche Bewertung des Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMU). Online verfügbar unter https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_abschlussbericht_bf.pdf. (13.10.2020)

Ricardo Energy & Environment (2018): Assessing the impacts of selected options for regulating CO₂ emissions from new passenger cars and vans after 2020. Online verfügbar unter https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/ldv_post_2020_CO2_en.pdf. (13.10.2020)

Statistisches Bundesamt (2019): Automobilindustrie: Deutschlands wichtigster Industriezweig mit Produktionsrückgang um 7,1 % im 2. Halbjahr 2018. Pressemitteilung Nr. 139. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/04/PD19_139_811.html. (13.10.2020)

Toll Collect (2021). Mauttarife. Online verfügbar unter https://www.toll-collect.de/de/toll_collect/bezahlen/maut_tarife/maut_tarife.html (01.06.2021)

UBA (2020a): Klimaschutz durch Tempolimit. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-06-15_texte_38-2020_wirkung-tempolimit_bf.pdf (13.10.2020)

UBA (2020b): 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 (01.06.2021)

UBA (2019): Kein Grund zur Lücke – So erreicht Deutschland seine Klimaschutzziele im Verkehrssektor für das Jahr 2030. Online verfügbar unter

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/19-12-03_uba_pos_kein_grund_zur_lucke_bf_0.pdf (13.10.2020)

UBA (2018a): Methodenkonvention 3.0 zur Ermittlung von Umweltkosten – Kostensätze. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2019-02-11_methodenkonvention-3-0_kostensaetze_korr.pdf (13.10.2020)

UBA (2018b): Emission von Feinstaub der Partikelgröße PM-10. Unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftschaedstoff-emissionen-in-deutschland/emission-von-feinstaub-der-partikelgroesse-pm10#textpart-1> (13.10.2020)

UBA (2016): Verteilungswirkungen umweltpolitischer Maßnahmen und Instrumente. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/verteilungswirkungen-umweltpolitischer-massnahmen>.

UBA (2015): Leitfaden zur Nutzen-Kosten-Abschätzung umweltrelevanter Effekte in der Gesetzesfolgenabschätzung. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_01_2015_leitfaden_nutzen_kosten.pdf (13.10.2020)

UBA (2013b): Wirtschaftliche Aspekte nichttechnischer Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/texte_11_2013_frey_wirtschaftliche_aspekte_nichttechnischer_massnahmen_zur_emissionsminderung_im_verkehr1.pdf. (13.10.2020)

UBA (2008): Politikszenarios für den Klimaschutz IV – Szenarien bis 2030. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3361.pdf> (13.10.2020)

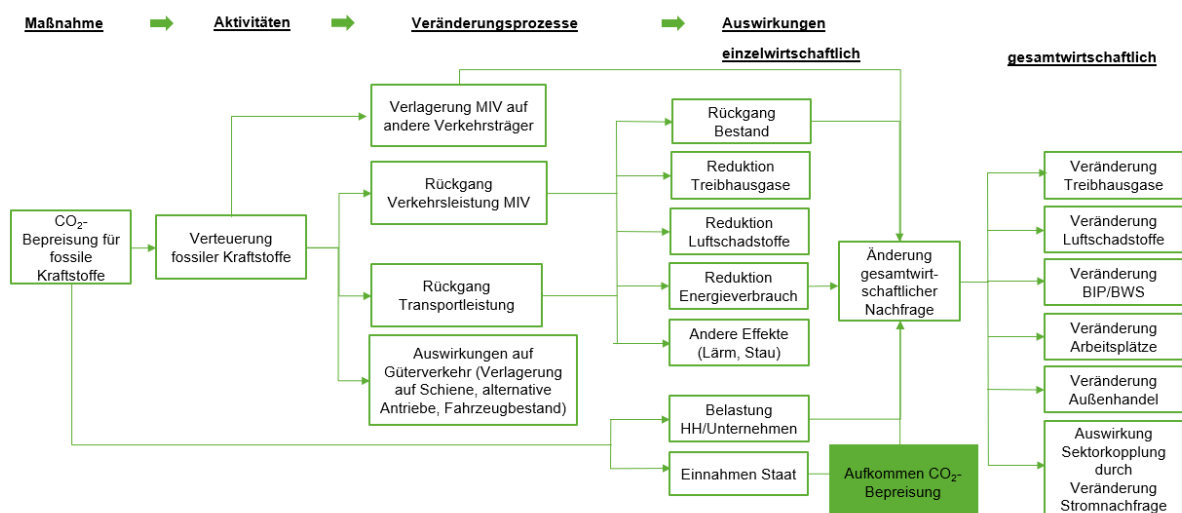
Wolfram, P. & Lutsey, N. (2016): Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions. International Council on Clean Transportation (ICCT). Verfügbar unter http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LitRvw_EV-tech-costs_201607.pdf (13.10.2020)

A Zeitliche Entwicklung der Folgewirkungen der Maßnahmen

A.1 CO₂-Bepreisung auf fossile Kraftstoffe I

A.1.1 Wirkungskette

Abbildung 28: M1 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.1.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 194: M1 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-59	-156	-221
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-12	-33	-49
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-4	-11	-17
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-3	-7	-10

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 195: M1 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-683	-1.809	-2.584
Energiekosten	Mrd. €	-31	-88	-129
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-25	-74	-111
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	58	170	256
Nettokosten ^a	Mrd. €	-57	-162	-240

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 196: M1 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

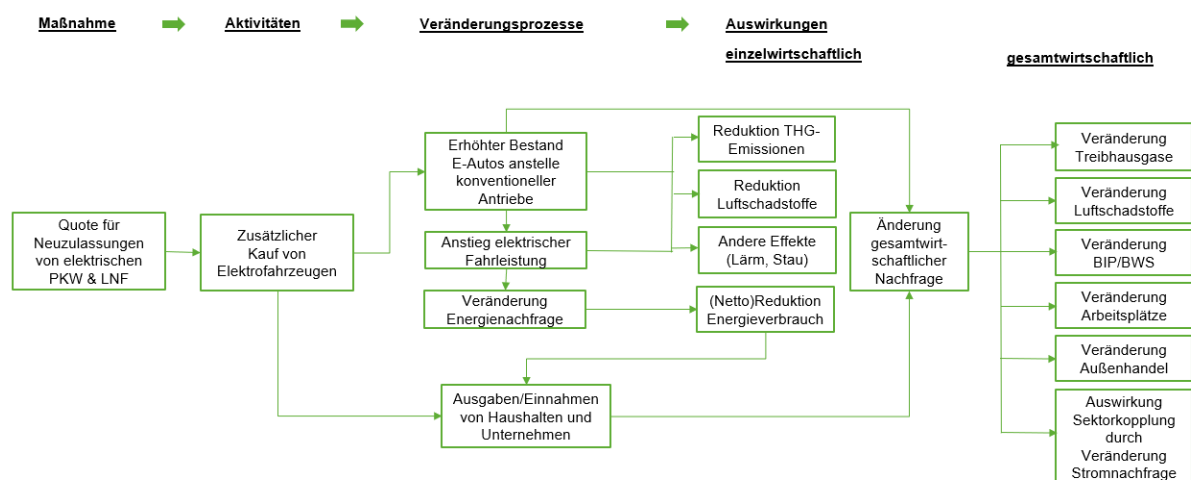
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-33	-99	-152
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-37	-111	-170
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-406	-1.236	-1.904

Quelle: eigene Berechnung

A.2 Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen

A.2.1 Wirkungskette

Abbildung 29: M2 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.2.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 197: M2 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-6	-104	-383
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-1	-23	-89
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	0	4	-8
Gesundheitseffekte	Mrd. €	0	5	-14

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 198: M2 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-479	-3.056	-6.732
Energiekosten	Mrd. €	-15	-110	-256
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-3	-31	-79
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-18	-141	-335

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 199: M2 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

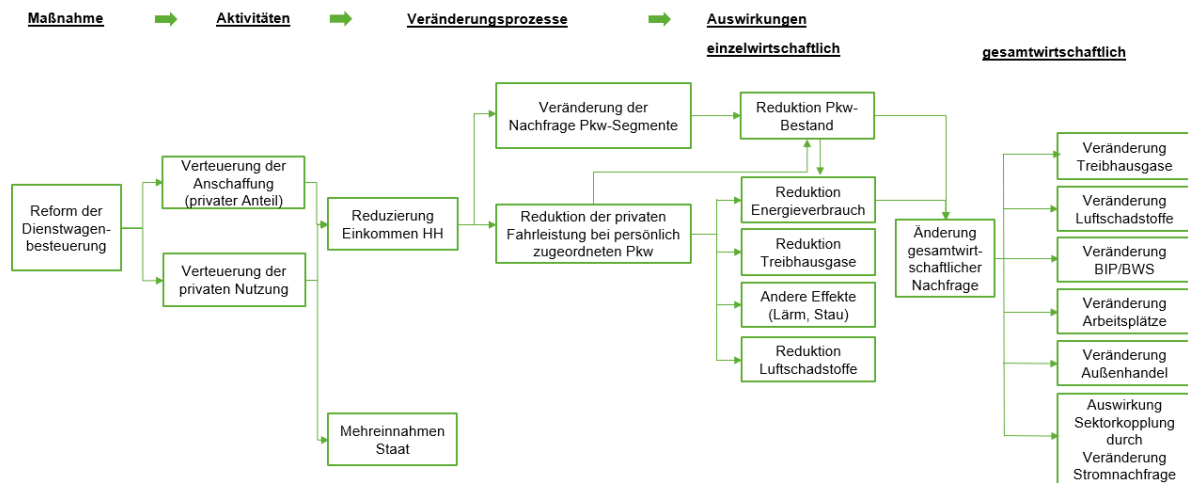
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	9	11	-5
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	10	12	-5
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	81	-111	-642

Quelle: eigene Berechnung

A.3 Reform der Dienstwagenbesteuerung

A.3.1 Wirkungskette

Abbildung 30: M3 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.3.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 200: M3 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-22	-55	-78
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-5	-12	-17
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-4	-6
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-3	-5

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 201: M3 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-251	-610	-898
Energiekosten	Mrd. €	-13	-33	-51
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-1	-3	-4
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	-28	-72	-104
Nettokosten ^a	Mrd. €	-14	-36	-55

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 202: M3 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

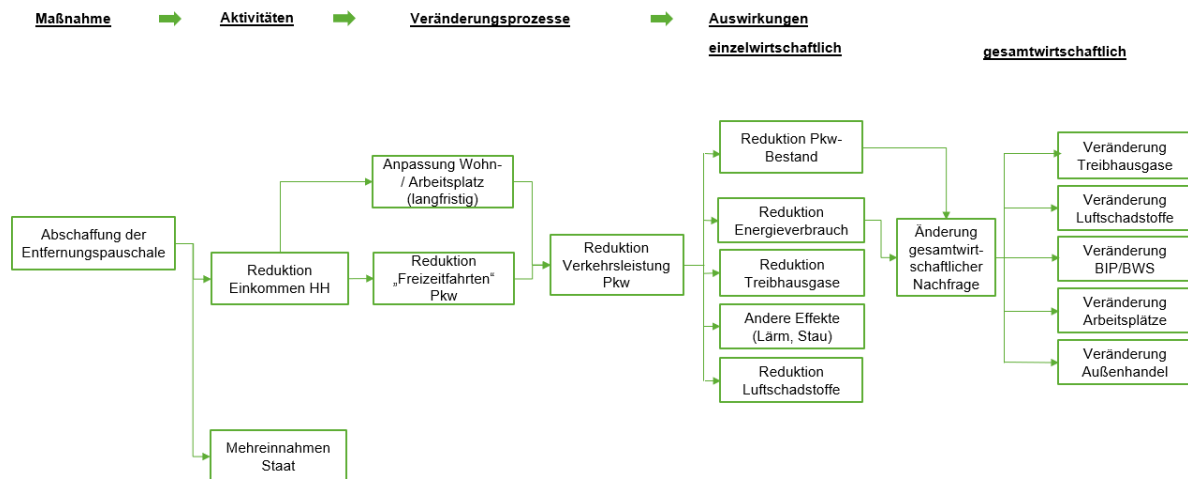
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-5	-15	-26
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-6	-17	-29
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-64	-177	-290

Quelle: eigene Berechnung

A.4 Abschaffung der Entfernungspauschale

A.4.1 Wirkungskette

Abbildung 31: M4 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.4.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 203: M4 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-18	-43	-60
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-4	-9	-13
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-2	-3
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-2	-3

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 204: M4 Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-181	-432	-625
Energiekosten	Mrd. €	-9	-23	-34
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-20	-52	-81
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-29	-75	-115

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 205: M4 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

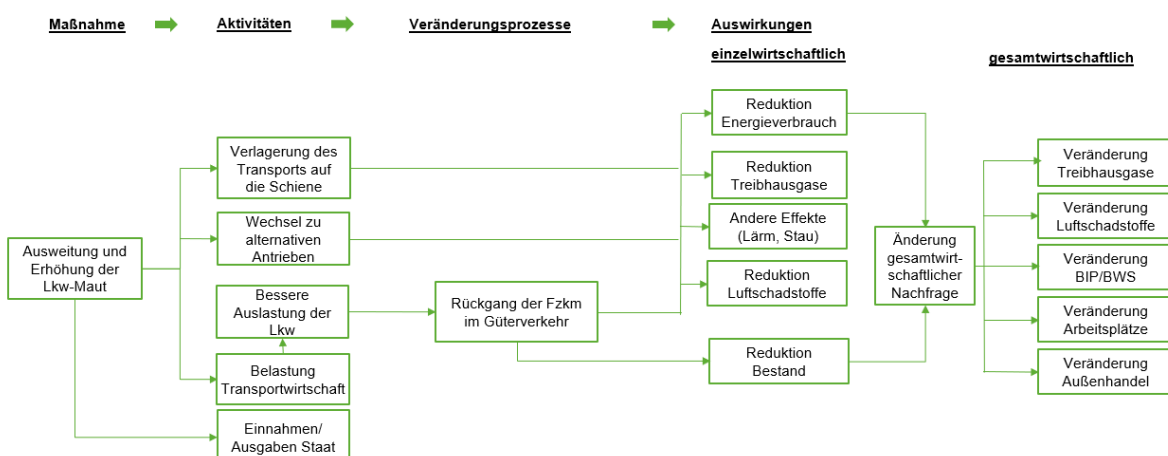
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-23	-61	-98
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-26	-69	-110
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-300	-805	-1.285

Quelle: eigene Berechnung

A.5 Ausweitung und Erhöhung Lkw-Maut I

A.5.1 Wirkungskette

Abbildung 32: M5 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.5.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 206: M5 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-22	-57	-89
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-4	-12	-20
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-3	-5
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-3	-6

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 207: M5 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-304	-788	-1.216
Energiekosten	Mrd. €	-12	-34	-54
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0	0	0
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	96	261	416
Nettokosten ^a	Mrd. €	-12	-34	-53

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 208: M5 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

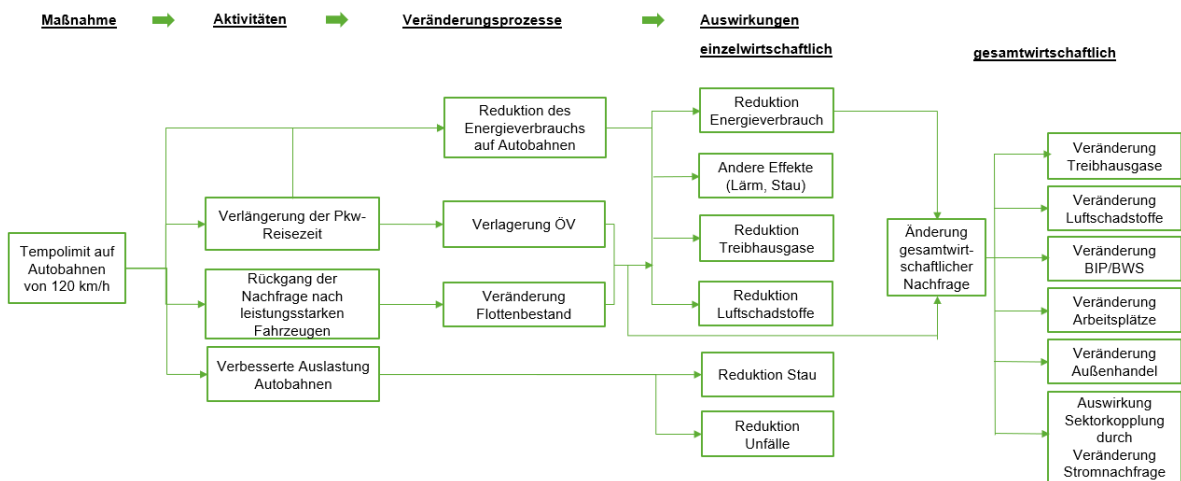
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-2	-6	-9
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-2	-7	-11
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-26	-70	-111

Quelle: eigene Berechnung

A.6 Tempolimit auf Autobahnen von 120 km/h

A.6.1 Wirkungskette

Abbildung 33: M6 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.6.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 209: M6 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-17	-41	-59
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-3	-9	-13
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	0	0	0
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-1	-2

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 210: M6 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-197	-479	-707
Energiekosten	Mrd. €	-10	-25	-38
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0	0	0
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-10	-25	-38

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 211: M6 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

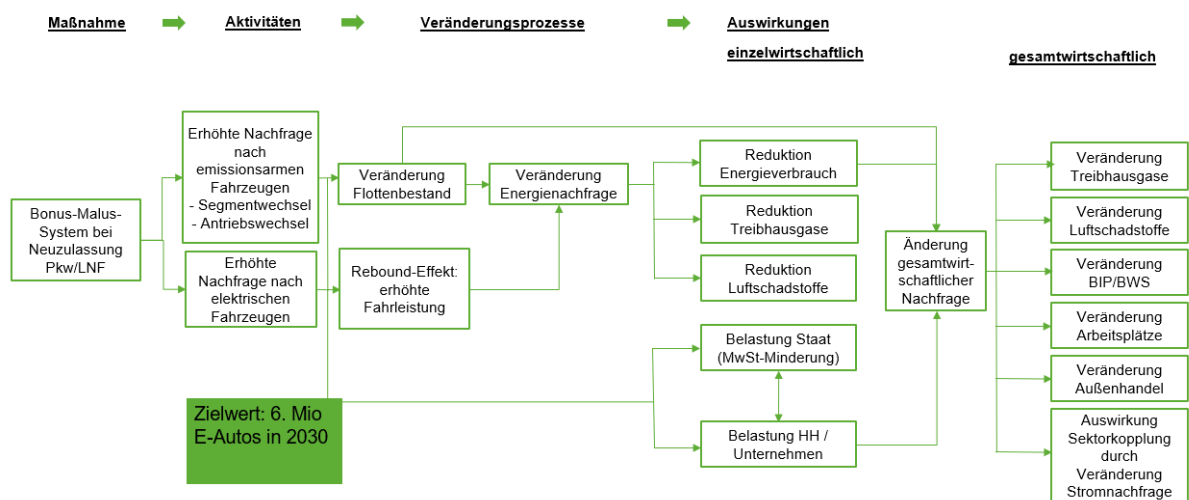
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-2	-7	-11
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-3	-8	-13
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-26	-72	-118

Quelle: eigene Berechnung

A.7 Bonus-Malus-System beim Kauf von Neufahrzeugen

A.7.1 Wirkungskette

Abbildung 34: M7 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.7.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 212: M7 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-7	-31	-113
Klimakosten (THG)	Mrd. €	1	7	26
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	0	0	-1
Gesundheitseffekte	Mrd. €	0	0	1

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 213: M7 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-51	-570	-1.661
Energiekosten	Mrd. €	-3	-25	-73
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-1	-7	-23
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-4	-32	-96

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 214: M7 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-1	-4	-17
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-1	-4	-19
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-4	-82	-333

Quelle: eigene Berechnung

A.8 CO₂-Bepreisung auf fossile Kraftstoffe II

A.8.1 Wirkungskette

Siehe Abbildung 28.

A.8.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 215: M8 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-41	-88	-119
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-8	-18	-26
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-3	-6	-9
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-2	-4	-5

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 216: M8 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-476	-1.025	-1.397

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiekosten	Mrd. €	-21	-48	-68
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-16	-37	-54
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	35	81	116
Nettokosten ^a	Mrd. €	-37	-86	-121

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 217: M8 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-21	-51	-74
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-24	-57	-83
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-261	-633	-930

Quelle: eigene Berechnung

A.9 Ausweitung und Erhöhung Lkw-Maut II

A.9.1 Wirkungskette

Siehe Abbildung 34.

A.9.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 218: M9 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-17	-36	-54
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-3	-8	-12
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-2	-3
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-2	-3

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 219: M9 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-234	-503	-744
Energiekosten	Mrd. €	-9	-21	-33
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0	0	0
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	88	199	303
Nettokosten ^a	Mrd. €	-9	-21	-32

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 220: M9 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

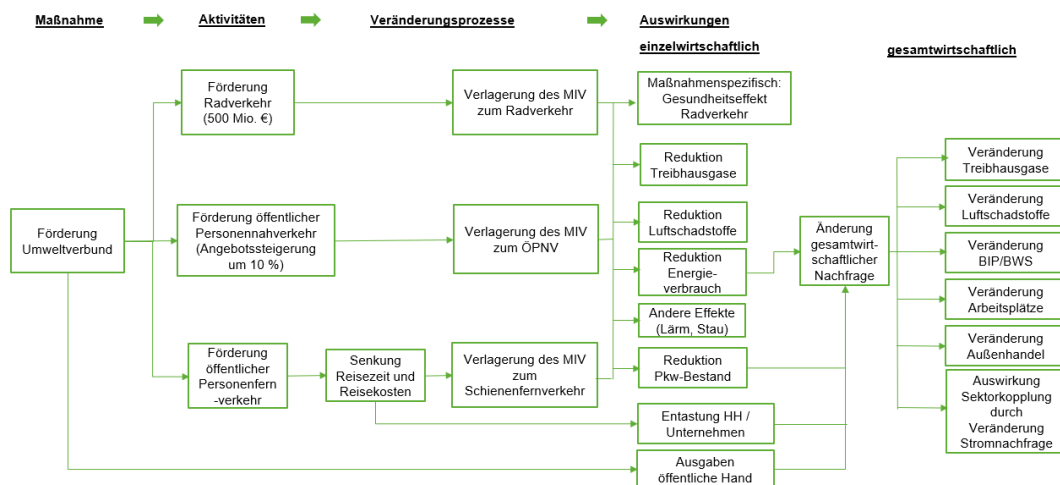
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-2	-4	-6
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-2	-4	-6
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-20	-44	-67

Quelle: eigene Berechnung

A.10 Förderung Umweltverbund

A.10.1 Wirkungskette

Abbildung 35: M10 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.10.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 221: M10 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-13	-36	-54
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-3	-8	-12
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-2	-3
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	-1,8	-3

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 222: M10 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-139	-347	-523
Energiekosten	Mrd. €	-6	-17	-27
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-30	-86	-145
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-37	-103	-172

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 223: M10 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

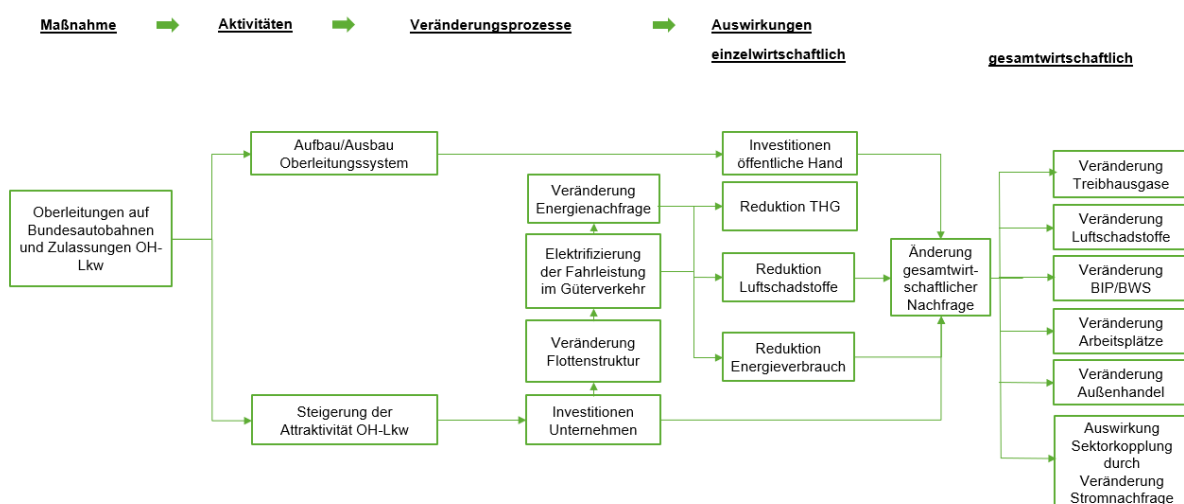
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-33	-95	-162
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-37	-106	-181
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-440	-1.268	-2.157

Quelle: eigene Berechnung

A.11 Oberleitungen auf Bundesautobahnen und Zulassungen OH-Lkw

A.11.1 Wirkungskette

Abbildung 36: M11 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.11.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 224: M11 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	2	-8	-31
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-0	-2	-7
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	1	1	0
Gesundheitseffekte	Mrd. €	6	5	1

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 225: M11 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-18	-146	-281
Energiekosten	Mrd. €	-1	-9	-19
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	12	20	23
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	11	11	4

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 226: M11 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

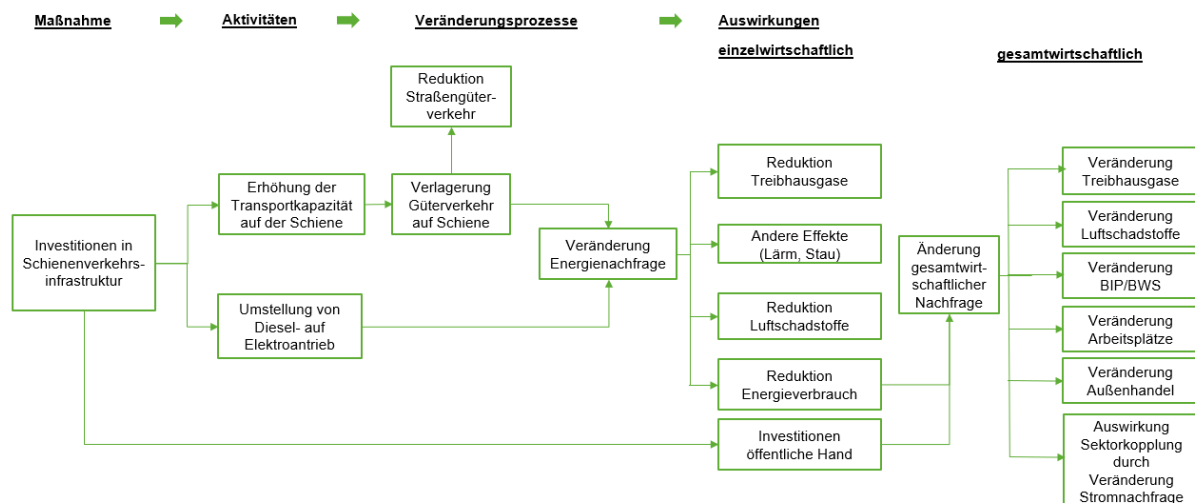
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	11	22	29
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	12	24	32
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	126	239	301

Quelle: eigene Berechnung

A.12 Stärkung Schienengüterverkehrs

A.12.1 Wirkungskette

Abbildung 37: M12 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.12.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 227: M12 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-10	-54	-106
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-2	-12	-24
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-4	-8
Gesundheitseffekte	Mrd. €	0	1	3

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 228: M12 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-151	-805	-1.465
Energiekosten	Mrd. €	-6	-33	-61
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	3	5	3
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-3	-29	-58

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 229: M12 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

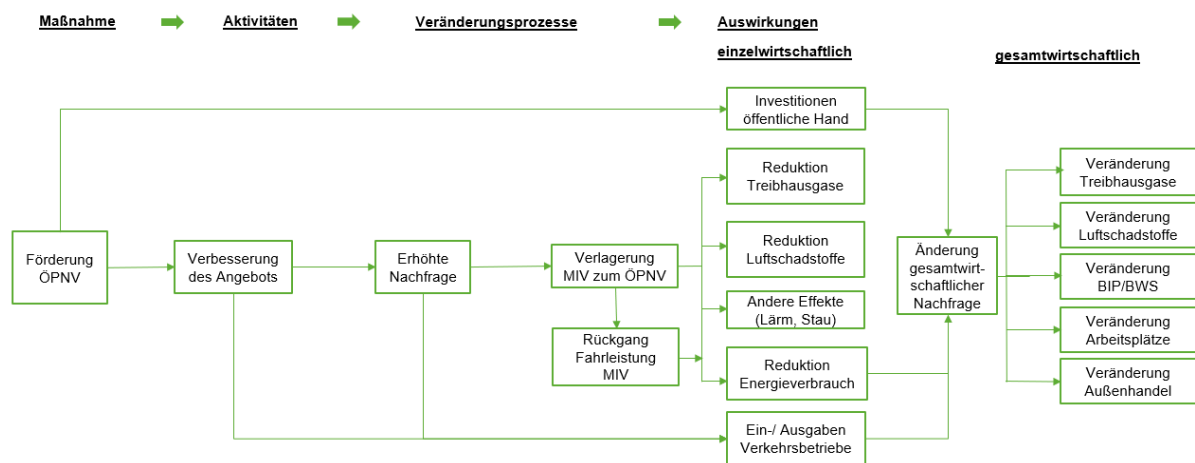
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	2	1	-2
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	2	1	-2
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	29	8	-29

Quelle: eigene Berechnung

A.13 Förderung ÖPNV

A.13.1 Wirkungskette

Abbildung 38: M13 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.13.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 230: M13 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-4	-14	-24
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-1	-3	-5
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-1	-1	-2
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-1	1	4

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 231: M13 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-104	-245	-356
Energiekosten	Mrd. €	-5	-13	-20
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	0	0	2
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	0	0	0
Nettokosten ^a	Mrd. €	-5	-13	-18

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 232: M13 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

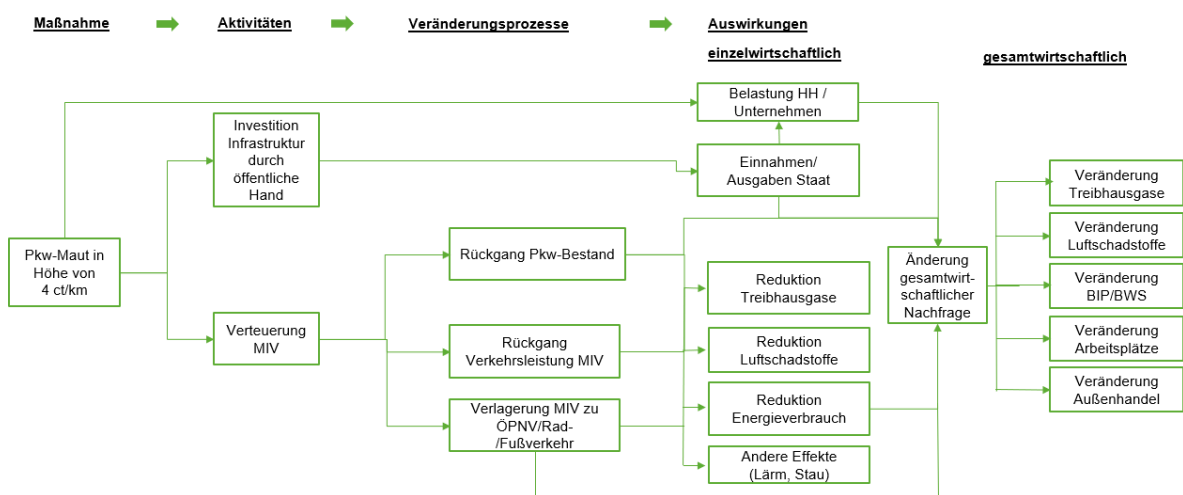
kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	3	-1	-14
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	3	-1	-15
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	79	81	-39

Quelle: eigene Berechnung

A.14 Pkw-Maut

A.14.1 Wirkungskette

Abbildung 39: M14 - Wirkungskette



Quelle: eigene Darstellung

A.14.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 233: M14 - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-136	-332	-466
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-28	-71	-102
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-9	-24	-39
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-7	-17	-26

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 234: M14 - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-1.384	-3.237	-4.696
Energiekosten	Mrd. €	-69	-175	-267
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-78	-212	-344
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	182	491	797
Nettokosten ^a	Mrd. €	-148	-386	-611

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 235: M14 - Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-96	-277	-475
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-108	-311	-532
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-1.201	-3.460	-5.922

Quelle: eigene Berechnung

A.15 Maßnahmenbündel I

A.15.1 Wirkungskette

Siehe Wirkungskette der Einzelmaßnahmen Nr. 3 ,4 ,6, 7, 8, 9, 10.

A.15.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 236: MB I - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-95	-247	-437
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-19	-53	-98
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-6	-15	-26
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-4	-7	-12

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 237: MB I - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-1.145	-3.049	-5.230
Energiekosten	Mrd. €	-54	-150	-261
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-10	-44	-90
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	81	245	445
Nettokosten ^a	Mrd. €	-64	-193	-351

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 238: MB I - Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-24	-80	-144
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-27	-89	-161
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-242	-887	-1.682

Quelle: eigene Berechnung

A.16 Maßnahmenbündel II

A.16.1 Wirkungskette

Siehe Wirkungskette der Einzelmaßnahmen Nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11.

A.16.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 239: MB II - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-148	-476	-931
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-30	-102	-210
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-8	-20	-30
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-5	-8	-9

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 240: MB II - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-2.323	-7.796	-13.564
Energiekosten	Mrd. €	-100	-338	-597
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-2	-75	-191
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	44	194	378
Nettokosten ^a	Mrd. €	-102	-413	-788

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 241: MB II -Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-19	-101	-210
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-22	-113	-235
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-247	-1.493	-3.226

Quelle: eigene Berechnung

A.17 Maßnahmenbündel III

A.17.1 Wirkungskette

Siehe Wirkungskette der Einzelmaßnahmen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14.

A.17.2 Entwicklung ausgewählter Folgewirkungen

Tabelle 242: MB III - Entwicklung Umwelt- und Gesundheitseffekte

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
THG-Emissionen	Mio. t CO ₂ -Äq.	-248	-721	-1.259
Klimakosten (THG)	Mrd. €	-51	-154	-282
Andere Umwelteffekte	Mrd. €	-14	-40	-67
Gesundheitseffekte	Mrd. €	-9	-21	-33

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 243: MB III - Entwicklung ökonomischer Kostenkenngrößen

kumulierte Effekte	Einheit	2030	2040	2050
Energiebedarf	PJ	-3.247	-9.802	-16.469
Energiekosten	Mrd. €	-150	-464	-799
Differenzkosten: Bruttokosten	Mrd. €	-25	-83	-154
Differenzkosten: Programmkosten I	Mrd. €	0	0	0
Transfer: Programmkosten II	Mrd. €	197	639	1.125
Nettokosten ^a	Mrd. €	-175	-546	-952

Anmerkungen: ^a Nettokosten als Summe aus Bruttokosten, Programmkosten I und Energiekosten.

Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 244: MB III - Entwicklung makroökonomischer Effekte

kumulierte Werte	Einheit	2030	2040	2050
Bruttowertschöpfung	Mrd. €	-62	-174	-297
Bruttoinlandsprodukt	Mrd. €	-69	-195	-333
Arbeitsplätze	Tsd. Personenjahre	-694	-2.095	-3.687

Quelle: eigene Berechnung

B Fallbeispiele

B.1 Beschreibung der Fact Sheets

Für die Vermittlung und Akzeptanz der Ergebnisse bei Politik, Gesellschaft und Wirtschaft werden die Auswirkungen einiger ausgewählter Maßnahmen für jeweils verschiedene Akteure anhand verständlicher Fallbeispiele heruntergebrochen. Die Fallbeispiele zeigen auf leicht verständliche Weise in Form von sog. Facts Sheets, wie die verschiedenen Maßnahmen auf die einzelnen Akteure wirken. Eine Auswahl der Maßnahmen für die Fallbeispiele erfolgt durch das UBA.

Die Fallbeispiele wurden ausgewählt, um möglichst viele verschiedene Akteure beziehungsweise Zielgruppen abzudecken. Neben einem repräsentativen Haushalt, werden auch die Effekte einzelner Maßnahmen auf eine Beispiel-Kommune, ein repräsentatives Verkehrsunternehmen sowie ein exemplarisches Speditionsunternehmen untersucht. So wird sichergestellt, dass die Effekte für alle drei Akteursebenen (Staat, Gesellschaft und Wirtschaft) ausreichend beleuchtet werden. Bei der Auswahl, welcher Akteur für welche Maßnahme untersucht wird, wurde darauf geachtet möglichst stark betroffene Akteure zu wählen. Insbesondere bei solchen Akteursgruppen, die einer bestimmten Maßnahme kritisch gegenüberstehen, da sie Nachteile durch die Einführung der Maßnahme befürchten, soll die Veranschaulichung der Effekte anhand von Fallbeispielen die Akzeptanz der Maßnahmen verstärken.

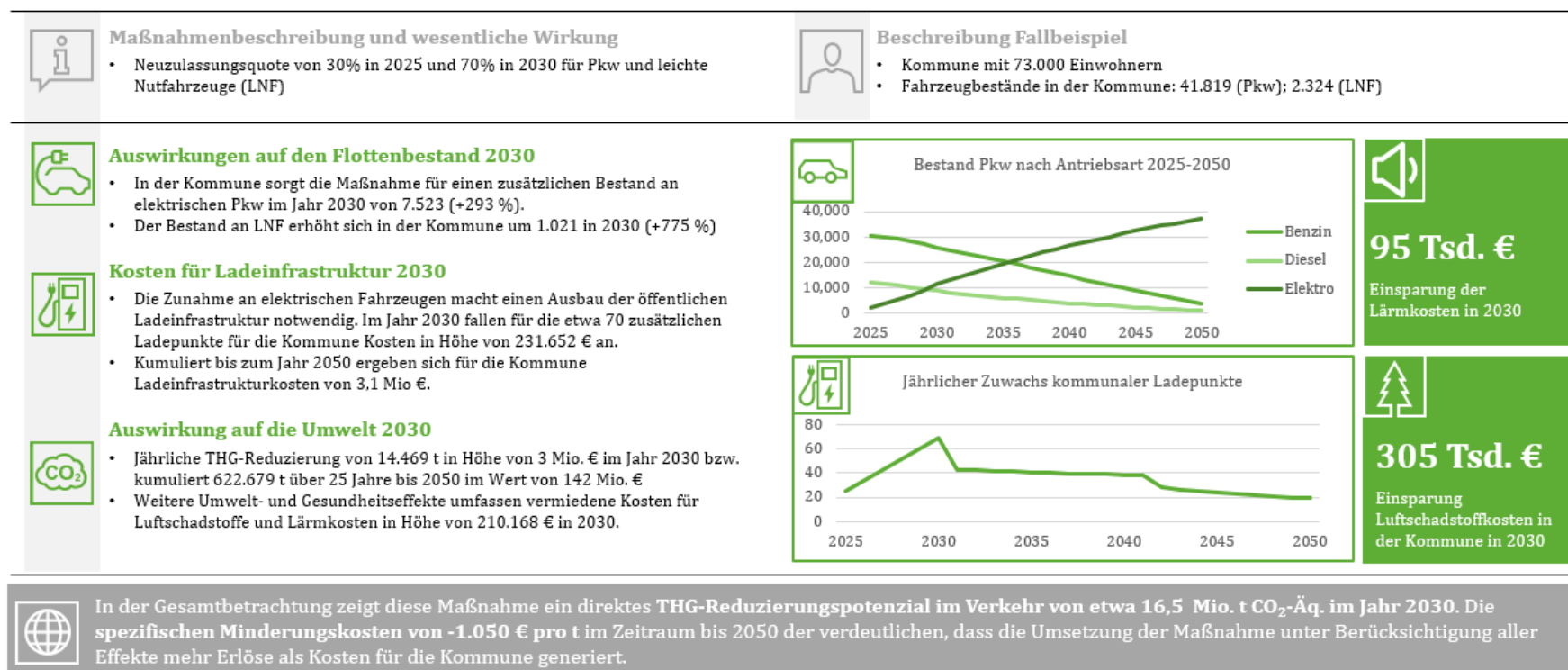
In der oberen Zeile sind die zusätzlichen Annahmen zur Herleitung des betrachteten Akteurs beschrieben. Die für die Modellierung notwendigen Maßnahmen decken sich mit den im Hauptteil beschriebenen Maßnahmen. Alle Ergebnisse sind, wie die Ergebnisse im Hauptteil im Vergleich zur Referenz zu verstehen. Je Fact Sheet sind die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Maßnahme dargestellt. Diese Ergebnisse beziehen sich auf den jeweils betrachteten Akteur. Wird beispielsweise eine Beispielkommune betrachtet, so beziehen sich die dargestellten Ergebnisse auf diese Kommune. Eine Ausnahme bildet der graue Balken am unteren Rand. Hier sind noch einmal die Ergebnisse der Gesamtbetrachtung dargestellt.

B.2 Fact Sheets für auserwählte Maßnahmen

B.2.1 Fact Sheet M2 - Quote für Elektrofahrzeuge bei der Neuzulassung von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen

Fact Sheet – E-Quote für Neuzulassungen von Pkw und LNF

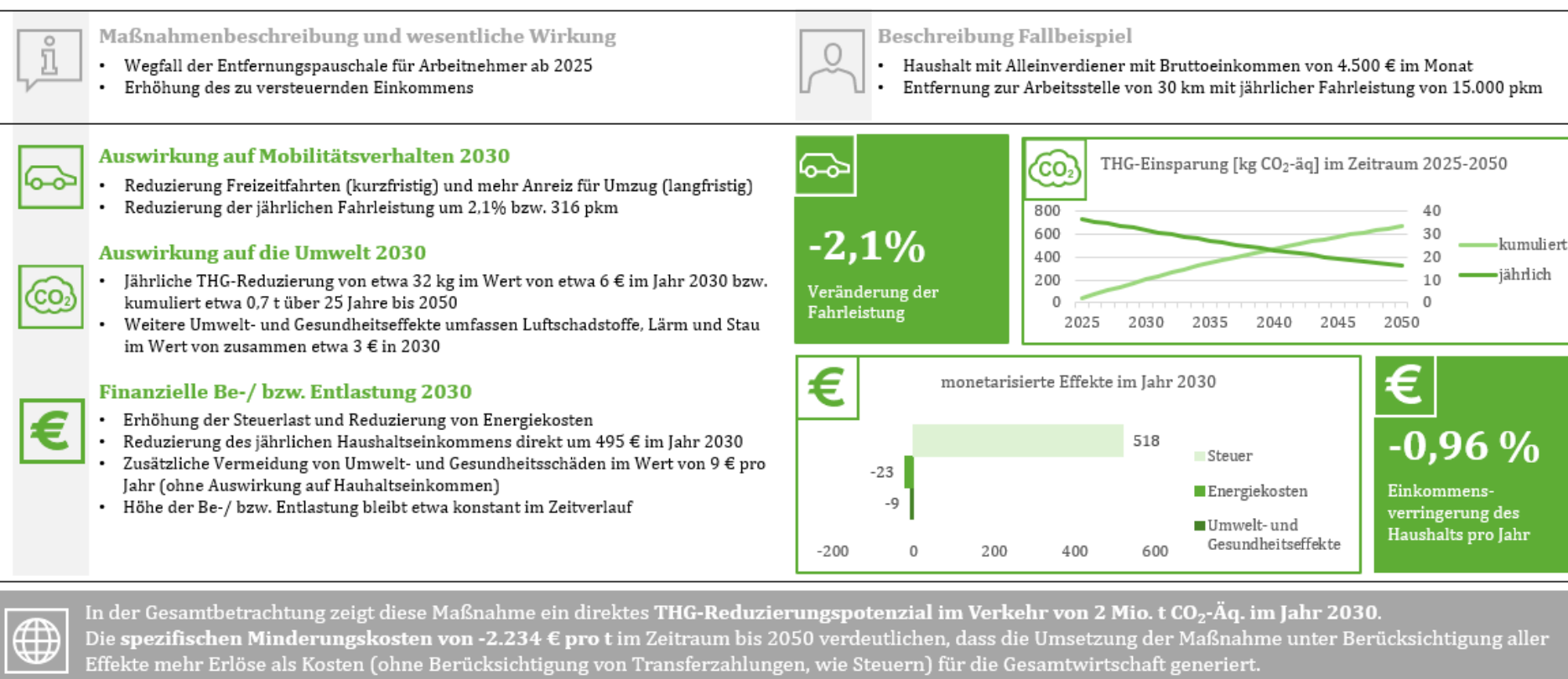
Zusammenfassung der ökonomischen Bewertung*



* Preise in € des Jahres 2017;
dargestellte Werte für das Jahr 2030 (soweit nicht anders angegeben)

B.2.2 Fact Sheet M4 - Abschaffung der Entfernungspauschale

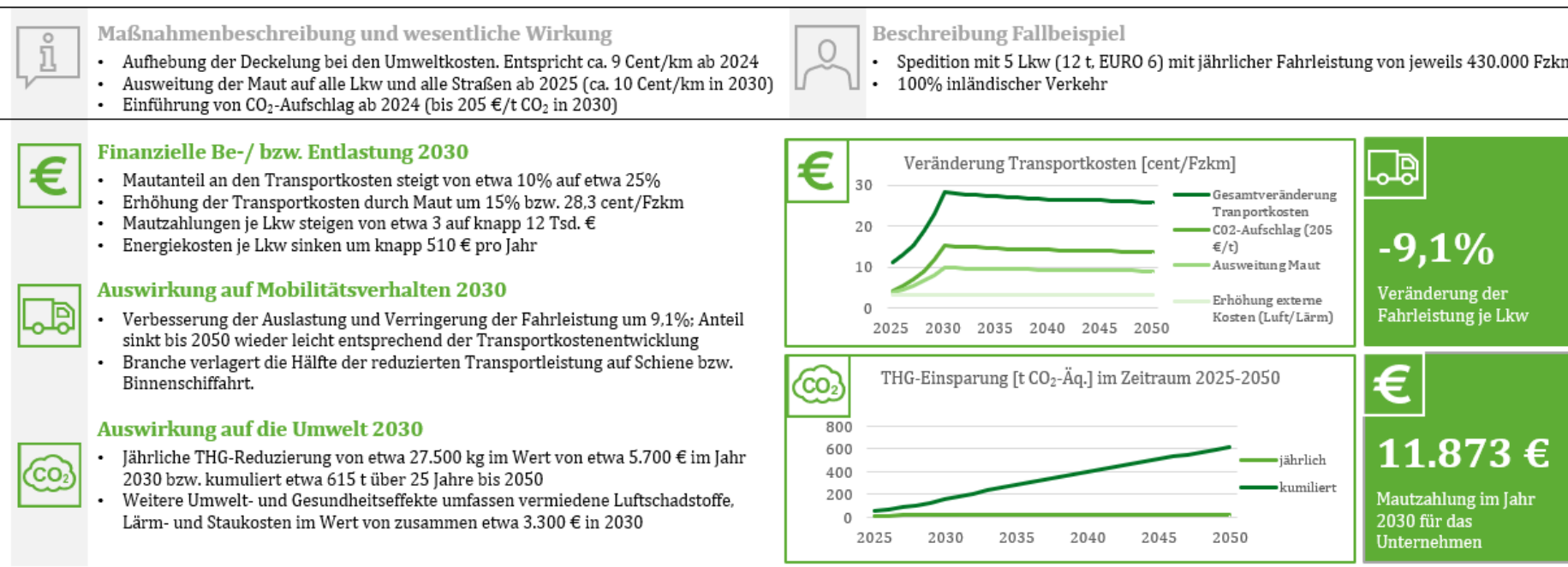
Fact Sheet – Abschaffung Entfernungspauschale Zusammenfassung der ökonomischen Bewertung*



* Preise in € des Jahres 2017;
dargestellte Werte für das Jahr 2030 (soweit nicht anders angegeben)

B.2.3 Fact Sheet M5 - Ausweitung und Erhöhung der Lkw-Maut I

Fact Sheet – Ausweitung und Erhöhung Lkw-Maut Zusammenfassung der ökonomischen Bewertung*

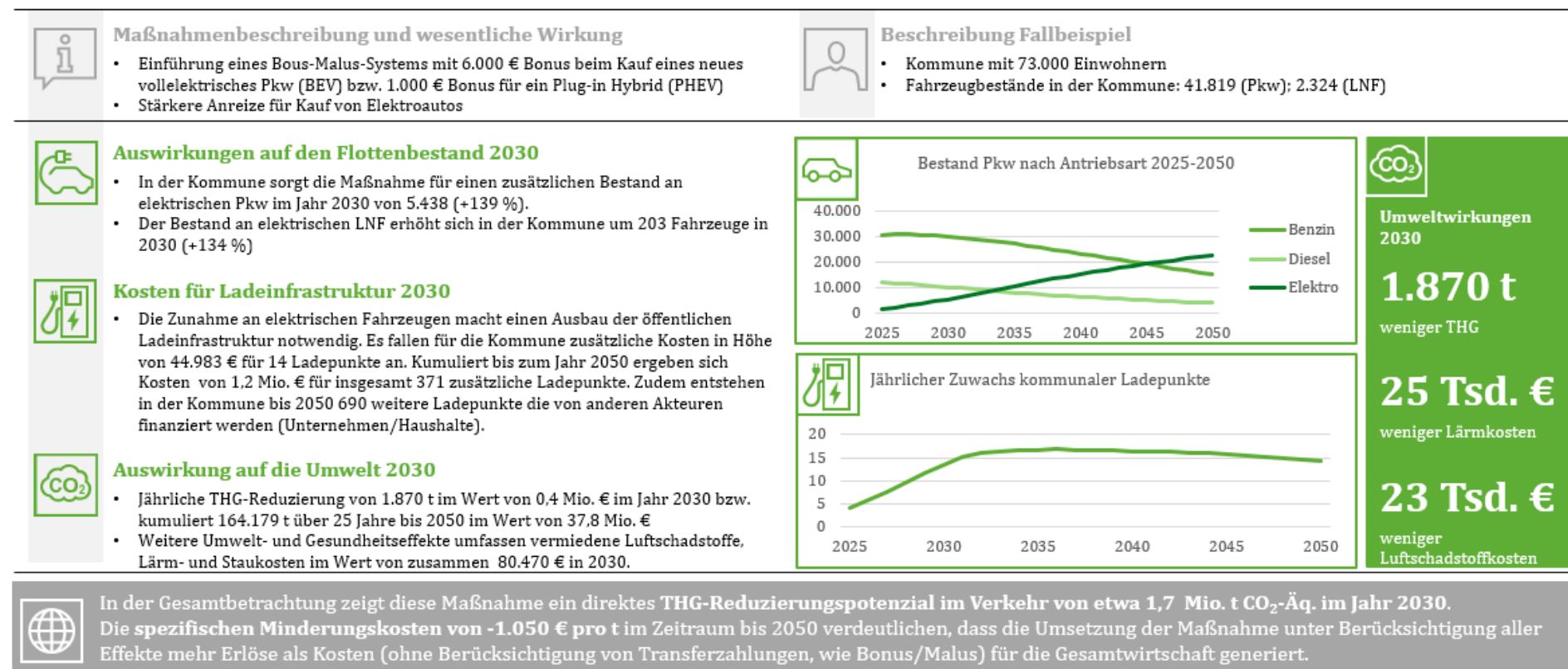


In der Gesamtbetrachtung zeigt diese Maßnahme ein direktes **THG-Reduzierungspotenzial im Verkehr von etwa 4 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030**. Die **spezifischen Minderungskosten von -936 € pro t** im Zeitraum bis 2050 verdeutlichen, dass die Umsetzung der Maßnahme unter Berücksichtigung aller Effekte mehr Erlöse als Kosten (ohne Berücksichtigung von Transferzahlungen, wie Maut) für die Gesamtwirtschaft generiert.

* Preise in € des Jahres 2017;
dargestellte Werte für das Jahr 2030 (soweit nicht anders angegeben)

B.2.4 Fact Sheet M7 - Bonus-Malus-System für Neufahrzeuge

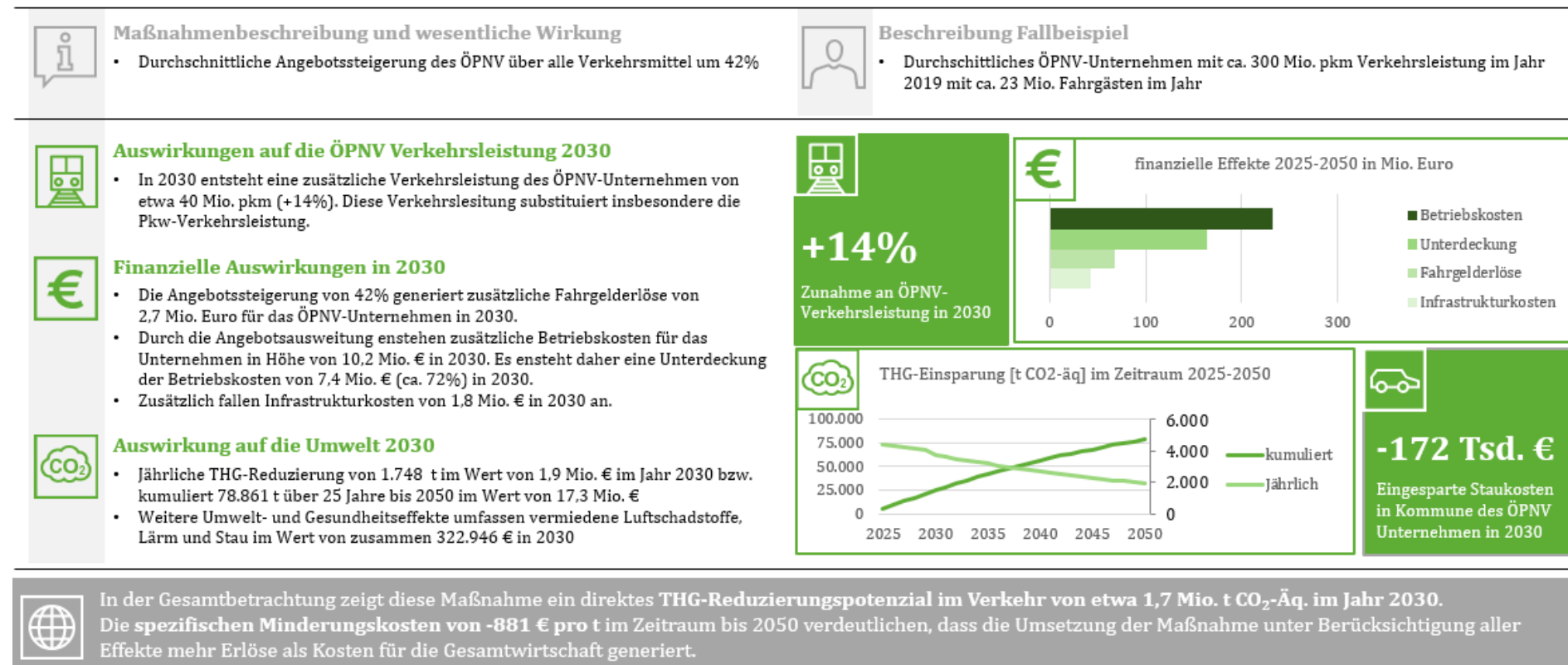
Fact Sheet – Bonus-Malus System für Neufahrzeuge Zusammenfassung der ökonomischen Bewertung*



* Preise in € des Jahres 2017;
dargestellte Werte für das Jahr 2030 (soweit nicht anders angegeben)

B.2.5 Fact Sheet M13 - Förderung des ÖPNV

Fact Sheet – Förderung ÖPNV Zusammenfassung der ökonomischen Bewertung*



* Preise in € des Jahres 2017;
dargestellte Werte für das Jahr 2030 (soweit nicht anders angegeben)