



Klimaschutzszenario Baden- Württemberg 2030 / 2040

im Auftrag des
Verkehrsministeriums des Landes Baden-Württemberg

Schlussbericht

Stand: 22.11.2024

Auftragnehmer**Intraplan Consult GmbH**

Dingolfinger Straße 2
81673 München

TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Merianstraße 16
79104 Freiburg

Auftraggeber

Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
Referat 44 Klimaschutz im Verkehr
Dorotheenstraße 8
70173 Stuttgart

Stand: 04.12.2024

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Struktur des Berichtswesens	1
1.2	Aufgabenstellung und Projektstruktur	1
1.3	Gliederung zum Schlussbericht	2
2	Vorgehensweise und Modellzusammenhänge	4
2.1	Grundlegende Vorgehensweise und Modellannahmen	4
2.1.1	Betrachtete Verkehre	4
2.1.2	Quelle-Ziel-Matrizen für die Analyse 2019 auf empirischer Basis	5
2.1.3	Berücksichtigte Einflussgrößen	5
2.1.4	Rückkoppelung zwischen Makro- und Mikroprognose	5
2.1.5	Intermodale Transport- bzw. Wegekette	5
2.2	Vorgehensweisen und Modellannahmen im Personenverkehr	6
2.2.1	Gegenstand und sachliche Abgrenzung	6
2.2.2	Ermittlung der Nachfragematrix 2019	7
2.3	Vorgehensweisen und Modellannahmen im Güterverkehr	7
2.3.1	Erstellen der Analysematrix "BW Analyse 2019"	8
2.3.2	Abschätzung der zukünftigen Verkehrsnachfrage	10
2.3.3	Verkehrsmittelwahl	10
2.3.4	Rückkoppelung zur Verkehrsinfrastruktur	11
2.4	Vorgehensweise bei der Prognose der Emissionen	11
3	Rahmenbedingungen und Modelleingangsgrößen	14
3.1	Vorbemerkungen	14
3.2	Sozioökonomische Strukturdaten	15
3.2.1	Demographische Entwicklung	15
3.2.2	Gesamtwirtschaftliche Entwicklung	18
3.2.3	Branchenwirtschaftliche Entwicklung	18
3.2.4	Aspekte energiewirtschaftlicher Entwicklung über alle Sektoren	19
3.2.5	Wirtschaftliche Leitvariablen	20
3.2.6	Entwicklung des Außenhandels	22
3.3	Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot	34
3.3.1	Eisenbahnverkehr	34
3.3.2	Straßenverkehr	34
3.3.3	Luftverkehr	34
3.3.4	ÖPNV	34
3.3.5	Buslinienfernverkehr	37
3.3.6	Radverkehr	37
3.3.7	Fußverkehr	40
3.4	Nutzer- bzw. Transportkosten	40
3.4.1	Personenverkehr	40
3.4.2	Güterverkehr	42

3.5	Weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen	48
3.6	Technologieentwicklungen	48
3.6.1	Entwicklung der Antriebsartenstruktur	49
3.6.2	Spezifische Energieverbräuche	53
3.7	Änderungen des Verkehrsverhaltens aufgrund von Langzeitwirkungen der Pandemie	54
3.8	Entwicklung des Pkw-Bestands	55
3.8.1	Vorbemerkungen	55
3.8.2	Pkw-Bestand in Baden-Württemberg	56
3.8.3	Regionale Differenzierung	57
3.9	CO₂-Emissionsfaktoren	59
3.9.1	Kraftstoffe	59
3.9.2	Strom	60
4	Nachfrage- und Emissionsmodell	61
4.1	Allgemeines	61
4.2	Personenverkehr	61
4.2.1	Makroprognose	62
4.2.2	Mikroprognose	63
4.2.3	Rückkoppelung zwischen Makro- und Mikroprognose	64
4.3	Güterverkehr	64
4.3.1	Modellierung der Verkehrsnachfrage	65
4.3.2	Umlegungsmodelle	69
4.3.3	Verkehrsmittelwahl	85
4.3.4	Modellierung der Lkw-Antriebstechnologien	88
4.4	Emissionen	95
5	Ergebnisse Bezugsszenario	97
5.1	Personenverkehr	97
5.1.1	Auswertung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck	97
5.1.2	Auswertung je Einwohner	101
5.1.3	Auswertung nach Hauptverkehrsbeziehungen	104
5.2	Güterverkehr	105
5.2.1	Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland	105
5.2.2	Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg	117
5.3	Energieverbrauch und Emissionen	120
5.3.1	THG-Emissionen im Jahr 2019	120
5.3.2	THG-Emissionen nach Verkehrsträgern	121
5.3.3	THG-Wirkungen einzelner Maßnahmen	128
5.3.4	Interpolation und CO ₂ -Budgetbetrachtung	130
6	Rahmenbedingungen und Modellzusammenhänge im Klimaschutzszenario	132
6.1	Sozioökonomische Strukturdaten	132
6.2	Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot	132

6.3	Nutzer- bzw. Transportkosten	134
6.3.1	Personenverkehr	134
6.3.2	Güterverkehr	137
6.4	Weitere Verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen	139
6.5	Technologieentwicklungen	140
6.5.1	Entwicklung der Antriebsartenstruktur	140
6.5.2	Spezifische Energieverbräuche	143
6.6	Änderungen des Verkehrsverhaltens aufgrund von Langzeitwirkungen der Pandemie	143
6.7	Entwicklung des Pkw-Bestands	144
6.7.1	Pkw-Bestand in Baden-Württemberg	144
6.7.2	Regionale Differenzierung	144
6.8	CO₂-Emissionsfaktoren	144
7	Ergebnisse Klimaschutzszenario	145
7.1	Personenverkehr	145
7.1.1	Auswertung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck	145
7.1.2	Auswertung je Einwohner	149
7.1.3	Auswertung nach Hauptverkehrsbeziehungen	152
7.2	Güterverkehr	153
7.2.1	Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland	153
7.2.2	Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg	164
7.3	Energieverbrauch und Emissionen	166
7.3.1	THG-Emissionen nach Verkehrsträgern	166
7.3.2	THG-Wirkungen einzelner Maßnahmen	175
7.3.3	Interpolation und CO ₂ -Budgetbetrachtung	180
7.3.4	Vergleich Klimaschutzszenario – Bezugsszenario	182
7.4	Sensitivitätsanalyse	184
7.4.1	Vorbemerkungen	184
7.4.2	Personenverkehr	185
7.4.3	Güterverkehr	188
7.4.4	THG-Emissionen	207
8	Nutzerkosten	212
8.1	Personenverkehr	212
8.2	Güterverkehr	213
8.2.1	Nutzerkosten im Schienengüterverkehr	213
8.2.2	Nutzerkosten in der Binnenschifffahrt	214
8.2.3	Nutzerkosten im Straßengüterverkehr	215
	Anhang	220

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Struktur der Güterverkehrsprognose	8
Abbildung 3-1:	Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektionen in Baden-Württemberg - Ergebnisse	17
Abbildung 3-2:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in TWh nach Energieträgern zwischen 2019 und 2040	20
Abbildung 3-3:	Raumkategorien in Baden-Württemberg, Karte 1	36
Abbildung 3-4:	Raumtypen in Baden-Württemberg nach Verkehrszellen	37
Abbildung 3-5:	Bedeutung der einzelnen Kostenkomponenten im Schienengüterverkehr differenziert nach E- und D-Traktion (ohne Umschlagkosten und unter der Annahme eines Ganzzugstransports mit 1.500 t über 500 km)	46
Abbildung 3-6:	Pkw-Dichte 2019 der Landkreise und kreisfreien Städte in Baden-Württemberg	57
Abbildung 4-1:	Verkehrszelleneinteilung in Baden-Württemberg	61
Abbildung 4-2:	Umlegung des Binnenschiffsverkehrs 2019	69
Abbildung 4-3:	Einordnung der Netzumlegung des Schienengüterverkehrs	70
Abbildung 4-4:	Transformation der Kosten für den Transport der Leerwagen	73
Abbildung 4-5:	Kalibrierung der Leerwagenanteile	73
Abbildung 4-6:	Phasen bei der Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems	75
Abbildung 4-7:	Hierarchiestufen bei der Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems	76
Abbildung 4-8:	Zusammenhang zwischen Wartezeit und Kapazität einer Schienenstrecke	81
Abbildung 4-9:	Schieneninfrastruktur im ZN Deutschlandtakt nach Traktionsart	83
Abbildung 4-10:	Straßennetzmodell Deutschland und Europa (Datengrundlage: NEMOBFStr)	84
Abbildung 4-11:	Hierarchische Struktur des Verkehrsmittelwahlmodells	86
Abbildung 4-12:	Antriebsstruktur der Lkw-Bestandsflotte (SZM und SNF) (2022-2040)	93
Abbildung 4-13:	Neuzulassungen nach SZM und SNF (2022-2040)	94
Abbildung 5-1:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Analyse 2019	102
Abbildung 5-2:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Bezugsszenario 2030	103
Abbildung 5-3:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Bezugsszenario 2040	104
Abbildung 5-4:	Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2019 (SGV-Züge/Tag)	107
Abbildung 5-5:	Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2030 (SGV-Züge/Tag)	108
Abbildung 5-6:	Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2040 (SGV-Züge/Tag)	108
Abbildung 5-7:	Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg (SGV-Züge/Tag, 2030)	109
Abbildung 5-8:	Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg (SGV-Züge/Tag, 2040)	110

Abbildung 5-9:	Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen in Baden-Württemberg (2019-2030 sowie 2019-2040 in %)	118
Abbildung 5-10:	Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen und nach Verkehrsträgern in Baden-Württemberg (2019-2030 in %) im Bezugsszenario	118
Abbildung 5-11:	Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen und nach Verkehrsträgern in Baden-Württemberg (2019-2040 in %) im Bezugsszenario	119
Abbildung 5-12:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung im MIV 2030 bzw. 2040, [%]	129
Abbildung 5-13:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung im MIV 2030 bzw. 2040, [t]	130
Abbildung 5-14:	jährliche THG-Emissionen im Bezugsszenario, bis zum Jahr 2040	131
Abbildung 5-15:	kumulierte THG-Emissionen im Bezugsszenario bis zum Jahr 2040 in Mio. t CO ₂	131
Abbildung 6-1:	Zusammensetzung Kraftstoffpreis, Klimaschutzszenario und Bezugsszenario	135
Abbildung 7-1:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Analyse 2019	150
Abbildung 7-2:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Klimaschutzszenario 2030	151
Abbildung 7-3:	Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Klimaschutzszenario 2040	152
Abbildung 7-4:	Umlegung des Schienengüterverkehrs im Klimaschutzszenario in 2030 (SGV-Züge pro Tag)	155
Abbildung 7-5:	Umlegung des Schienengüterverkehrs im Klimaschutzszenario in 2040 (SGV-Züge pro Tag)	156
Abbildung 7-6:	Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge im Klimaschutzszenario in Baden-Württemberg in 2030 (SGV-Züge pro Tag)	156
Abbildung 7-7:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 [Mio. t CO ₂]	177
Abbildung 7-8:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 [%]	177
Abbildung 7-9:	jährliche THG-Emissionen im Klimaschutzszenario, bis zum Jahr 2040	181
Abbildung 7-10:	kumulierte THG-Emissionen im Klimaschutzszenario bis zum Jahr 2040 in Mio. t CO ₂	181
Abbildung 7-11:	jährliche THG-Emissionen im Gesamtverkehr, Bezugs- und Klimaschutzszenario, in Mio. t CO ₂	183
Abbildung 7-12:	kumulierte THG-Emissionen, Bezugs- und Klimaschutzszenario, in Mio. t CO ₂	183
Abbildung 7-13:	Umlegung des Schienengüterverkehrs in der Sensitivitätsanalyse in 2030 (SGV-Züge pro Tag)	194
Abbildung 7-14:	Umlegung des Schienengüterverkehrs in der Sensitivitätsanalyse in 2040 (SGV-Züge pro Tag)	194
Abbildung 7-15:	Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg in der Sensitivitätsanalyse in 2030 (SGV-Züge pro Tag)	195

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Vom Statistischen Bundesamt übergebener Schienengüterverkehr nach Hauptverkehrsbeziehungen in 1.000 t und Mio. tkm im Jahr 2019 in Deutschland	9
Tabelle 3-1:	Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektionen für Baden-Württemberg – Parameter	16
Tabelle 3-2:	Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektion für Baden-Württemberg – Ergebnisse, in Mio.	16
Tabelle 3-3:	Entwicklung der Einwohnerzahl in Baden-Württemberg	17
Tabelle 3-4:	Bruttowertschöpfung in Deutschland in Mrd. € nach Wirtschaftsbereichen (2019-2040; Preise 2019) und deren Wachstumsraten	19
Tabelle 3-5:	Entwicklung von gütergruppenspezifisch relevanten Leitvariablen (2019 - 2040)	22
Tabelle 3-6:	Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Einfuhren Deutschlands zum Jahr 2040 in 1.000 t	24
Tabelle 3-7:	Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Ausfuhren Deutschlands zum Jahr 2040 in 1.000 t	25
Tabelle 3-8:	Außenhandel Deutschlands nach Ladungskategorien 2010-2040 in Mio. t	26
Tabelle 3-9:	Datenverfügbarkeit der Transitländer	27
Tabelle 3-10:	Entwicklung der Importe der Transitländer bis zum Jahr 2040 in 1.000 t	30
Tabelle 3-11:	Entwicklung der Exporte der Transitländer bis zum Jahr 2040 in 1.000 t	31
Tabelle 3-12:	Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Einfuhren der Transitländer zum Jahr 2040 in 1.000 t	32
Tabelle 3-13:	Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Ausfuhren der Transitländer zum Jahr 2040 in 1.000 t	33
Tabelle 3-14:	geplante Radschnellwege mit vorgesehenem Zeithorizont, 2030 – Fertigstellung lt. Koalitionsvertrag; 2040 – Empfehlung durch Machbarkeitsstudie	38
Tabelle 3-15:	Vorreiterkommunen hinsichtlich Ausbaus der Radverkehrsinfrastruktur bis 2030	39
Tabelle 3-16:	Energieeffizienzgewinne nach Antriebsart im MIV	41
Tabelle 3-17:	Km-spezifische Kosten nach Antriebsart	41
Tabelle 3-18:	Entwicklung der Transportkosten für einen Diesel-Lkw im Straßengüterverkehr	42
Tabelle 3-19:	Transport- und sonstige Kosten für SZM und SNF unterschiedlicher Antriebstechnologie im Straßengüterverkehr, sowie für die Summe aller Lkw	45
Tabelle 3-20:	Entwicklung von Kraftstoffpreisen für die Binnenschifffahrt und Darstellung der Entwicklung an der Beispielrelation Hamburg – Kehl	47
Tabelle 3-21:	direkte CO ₂ -Emissionen der Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2030	50
Tabelle 3-22:	Entwicklung der Antriebsartenstruktur der Pkw-Neuzulassungen	50
Tabelle 3-23:	Pkw-Bestand nach Antriebsarten, in Prozent	50

Tabelle 3-24:	BEV-Anteile im Bezugsszenario für 2030 und 2040	51
Tabelle 3-25:	Anteile der Neuzulassungen bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart, im Vergleich zu Pkw	52
Tabelle 3-26:	Anteile der Neuzulassungen und des Bestands bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart	53
Tabelle 3-27:	Entwicklung des Pkw-Bestands und der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg	57
Tabelle 3-28:	Pkw-Dichte 2019 der Landkreise und kreisfreien Städte in Baden-Württemberg	58
Tabelle 3-29:	Emissionsfaktoren für Kraftstoffe	59
Tabelle 3-30:	Entwicklung der Energieträgerstruktur der Stromerzeugung	60
Tabelle 4-1:	Identifizierte Erklärungsfaktoren des Güterverkehrsaufkommens	66
Tabelle 4-2:	Vergleich der Straßenlängen im NEMOBFSr mit dem öffentlichen Straßennetz (Längenangaben in 1.000 km)	84
Tabelle 4-3:	Verkehrsträgerspezifische Pünktlichkeitswerte in Prozent	88
Tabelle 4-4:	Bestand an Fahrzeugen für den Güterverkehr	89
Tabelle 4-5:	Neuzulassungen an Fahrzeugen für den Güterverkehr	90
Tabelle 4-6:	Lkw-Bestandsmodell für SZM und SNF bis 2040	91
Tabelle 4-7:	Antriebsmix der Lkw-Bestandsflotte (2019-2040) sowie mittlere Lkw-Kosten in ct/Lkw-km	95
Tabelle 5-1:	Eckdaten für den Analysefall 2019, im Vergleich zu 2010 und 1990	97
Tabelle 5-2:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2030, nach Verkehrsmitteln	98
Tabelle 5-3:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2040, nach Verkehrsmitteln	99
Tabelle 5-4:	Modal Split im Bezugsszenario 2030	99
Tabelle 5-5:	Modal Split im Bezugsszenario 2040	100
Tabelle 5-6:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2030, nach Fahrtzweck	100
Tabelle 5-7:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2040, nach Fahrtzweck	101
Tabelle 5-8:	Wege und Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel, pro Einwohner je Tag, in Baden-Württemberg, Bezugsszenario	101
Tabelle 5-9:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario, nach Hauptverkehrsbeziehungen	104
Tabelle 5-10:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern	105
Tabelle 5-11:	Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern	105
Tabelle 5-12:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)	111
Tabelle 5-13:	Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)	112
Tabelle 5-14:	Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) im Bezugsszenario	114

Tabelle 5-15:	Entwicklung der Transportleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)	115
Tabelle 5-16:	Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t) im Bezugsszenario	117
Tabelle 5-17:	Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern im Bezugsszenario	119
Tabelle 5-18:	Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr seit 2010 nach Fahrzeugarten in Baden-Württemberg	120
Tabelle 5-19:	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg seit 2010 nach Fahrzeugarten	121
Tabelle 5-20:	CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs in Baden-Württemberg	122
Tabelle 5-21:	CO ₂ -Emissionen des Lkw-Verkehrs in Baden-Württemberg	123
Tabelle 5-22:	CO ₂ -Emissionen des Schienenverkehrs in Baden-Württemberg	124
Tabelle 5-23:	CO ₂ -Emissionen des Luftverkehrs in Baden-Württemberg	125
Tabelle 5-24:	CO ₂ -Emissionen der Binnenschifffahrt in Baden-Württemberg	125
Tabelle 5-25:	Emissionen (Mio. t CO ₂) im Verkehr in Baden-Württemberg	125
Tabelle 5-26:	CO ₂ -Emissionen aller Verkehrsträger in Baden-Württemberg	126
Tabelle 5-27:	Absatz von Biokraftstoffen im Straßenverkehr und Refuels, in Baden-Württemberg	127
Tabelle 5-28:	Verbrauch weiterer Kraftstoffe, in Baden-Württemberg	128
Tabelle 5-29:	Entwicklung des Verkehrs und der CO ₂ -Emissionen in Baden-Württemberg	128
Tabelle 5-30:	Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen im Bezugsszenario	129
Tabelle 5-31:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung 2030 bzw. 2040, in t CO ₂	130
Tabelle 6-1:	Nachfragebeeinflussende Prämissen der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsangebots im Klimaschutzszenario	133
Tabelle 6-2:	Km-spezifische Kosten nach Antriebsart, Klimaschutzszenario	136
Tabelle 6-3:	Differenzierung "Mobilitätspass" im Klimaschutzszenario	136
Tabelle 6-4:	Entwicklung der Transportkosten für Diesel-Lkw im Straßengüterverkehr, Klimaschutzszenario	137
Tabelle 6-5:	Entwicklung der Lkw-Kosten nach Antriebsarten in €/Lkw-km	138
Tabelle 6-6:	Veränderung der Lkw-Flottenstruktur nach Antriebsarten in % zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario	138
Tabelle 6-7:	Durchschnittliche Veränderung der Lkw-Kosten in €/Lkw-km zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario	138
Tabelle 6-8:	Nullemissionszonen zu 20 %, 2040	139
Tabelle 6-9:	Entwicklung der Antriebsartenstruktur der Pkw-Neuzulassungen, Klimaschutzszenario Quelle: Wissenschaftliche Begleitung (P1)	140
Tabelle 6-10:	Pkw-Bestand nach Antriebsarten, in Prozent, Klimaschutzszenario Quelle: Wissenschaftliche Begleitung (P1)	141
Tabelle 6-11:	BEV-Anteile im Klimaschutzszenario für 2030 und 2040, in Prozent	142
Tabelle 6-12:	Anteile der Fahrleistungen bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart BzSz / KsSz: Bezugsszenario / Klimaschutzszenario	142

Tabelle 6-13:	Entwicklung des Pkw-Bestands und der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg, Klimaschutzscenario	144
Tabelle 7-1:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2030, nach Verkehrsmitteln	146
Tabelle 7-2:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2040, nach Verkehrsmitteln	146
Tabelle 7-3:	Modal Split im Klimaschutzscenario 2030	147
Tabelle 7-4:	Modal Split im Klimaschutzscenario 2040	147
Tabelle 7-5:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2030, nach Fahrtzwecken	149
Tabelle 7-6:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2040, nach Fahrtzwecken	149
Tabelle 7-7:	Wege und Verkehrsleistung pro Einwohner je Tag, in Baden-Württemberg, Klimaschutzscenario	150
Tabelle 7-8:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario, nach Hauptverkehrsbeziehungen	152
Tabelle 7-9:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t)	153
Tabelle 7-10:	Entwicklung des Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm)	153
Tabelle 7-11:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und dem Bezugsszenario	154
Tabelle 7-12:	Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Klimaschutz- und dem Bezugsszenario	154
Tabelle 7-13:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)	157
Tabelle 7-14:	Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)	158
Tabelle 7-15:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario	159
Tabelle 7-16:	Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t)	160
Tabelle 7-17:	Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)	161
Tabelle 7-18:	Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t)	162
Tabelle 7-19:	Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario	163
Tabelle 7-20:	Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario	164
Tabelle 7-21:	Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern im Klimaschutzscenario	165
Tabelle 7-22:	CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs, Klimaschutzscenario	167

Tabelle 7-23:	CO ₂ -Emissionen des Lkw-Verkehrs, Klimaschutzszenario	168
Tabelle 7-24:	CO ₂ -Emissionen des Schienenverkehrs, Klimaschutzszenario	169
Tabelle 7-25:	CO ₂ -Emissionen des Luftverkehrs, Klimaschutzszenario	170
Tabelle 7-26:	CO ₂ -Emissionen der Binnenschifffahrt, Klimaschutzszenario	171
Tabelle 7-27:	CO ₂ -Emissionen aller Verkehrsträger, Klimaschutzszenario	172
Tabelle 7-28:	CO ₂ -Emissionen aller Verkehrsträger, ohne Berücksichtigung ReFuels	172
Tabelle 7-29:	Verbrauch weiterer Kraftstoffe, in Baden-Württemberg	173
Tabelle 7-30:	Entwicklung des Verkehrs und der CO ₂ -Emissionen in Baden-Württemberg	174
Tabelle 7-31:	Absatz von Biokraftstoffen im Straßenverkehr und Refuels in Baden-Württemberg	174
Tabelle 7-32:	Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen im Klimaschutzszenario	176
Tabelle 7-34:	maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040, in Mio. t CO ₂	178
Tabelle 7-35:	Gegenüberstellung CO ₂ -Budget und CO ₂ -Emissionen im Klimaschutzszenario	182
Tabelle 7-36:	Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen in der Sensitivitätsanalyse	184
Tabelle 7-37:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Verkehrsmitteln, 2030	185
Tabelle 7-38:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Verkehrsmitteln, 2040	186
Tabelle 7-39:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Fahrtzweck, 2030	186
Tabelle 7-40:	Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Fahrtzweck, 2040	187
Tabelle 7-41:	Modal Split der Sensitivitätsrechnung 2030	187
Tabelle 7-42:	Modal Split der Sensitivitätsrechnung 2040	188
Tabelle 7-43:	Entwicklung der Lkw-Kosten nach Antriebsarten in €/Lkw-km in den jeweiligen Szenarien	189
Tabelle 7-44:	Veränderung der Lkw-Flottenstruktur nach Antriebsarten in % zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario	189
Tabelle 7-45:	Durchschnittliche Veränderung der Lkw-Kosten in €/Lkw-km zwischen Bezugs-, Klimaschutz- und Sensitivitätsszenario	190
Tabelle 7-46:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t)	190
Tabelle 7-47:	Entwicklung des Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm)	191
Tabelle 7-48:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrs-trägern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und dem Bezugsszenario	191
Tabelle 7-49:	Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und dem Bezugsszenario	192

Tabelle 7-50:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrs-trägern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und dem Klimaschutzszenario	192
Tabelle 7-51:	Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und dem Klimaschutzszenario	193
Tabelle 7-52:	Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)	196
Tabelle 7-53:	Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)	197
Tabelle 7-54:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario	198
Tabelle 7-55:	Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario	199
Tabelle 7-56:	Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t)	200
Tabelle 7-57:	Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)	201
Tabelle 7-58:	Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t)	202
Tabelle 7-59:	Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario	203
Tabelle 7-60:	Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario	204
Tabelle 7-61:	Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario	205
Tabelle 7-62:	Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario	206
Tabelle 7-63:	Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern in der Sensitivitätsrechnung	207
Tabelle 7-64:	CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs, Sensitivitätsrechnung	208
Tabelle 7-65:	CO ₂ -Emissionen des Lkw-Verkehrs, Sensitivitätsrechnung	209
Tabelle 7-66:	CO ₂ -Emissionen des Schienenverkehrs, Sensitivitätsrechnung	209
Tabelle 7-67:	CO ₂ -Emissionen des Luftverkehrs, Sensitivitätsrechnung	210
Tabelle 7-68:	CO ₂ -Emissionen der Binnenschifffahrt , Sensitivitätsrechnung	210
Tabelle 7-69:	CO ₂ -Emissionen aller Verkehrsträger	211
Tabelle 8-1:	Kenngrößen zur Ermittlung von Mobilitätskosten eines Haushalts	213
Tabelle 8-2:	Schienengüterverkehr – Entwicklung der Nutzerkosten in €/t nach Kategorien	214
Tabelle 8-3:	Binnenschifffahrt – Entwicklung der Nutzerkosten in €/t nach Kategorien	215

Tabelle 8-4:	Lkw-Beladungswerte nach Gütergruppen in Tonnen pro Fahrt und Raumtypen	216
Tabelle 8-5:	Lkw-Kosten nach Lkw-Typen und Positionen (Preisstand 2019)	218
Tabelle 8-6:	Lkw-Kosten in ct/tkm nach Kostenpositionen und Auswertungsfällen (Preisstand 2019)	218
Tabelle 8-7:	Lkw-Kosten in ct/tkm nach Lkw-Typen und Auswertungsfällen (Preisstand 2019)	219
Tabelle 8-8:	Lkw-Kosten in ct/tkm (inkl. Leerfahrtanteil) in den Auswertungsfällen (Preisstand 2019)	219
Tabelle 8-9:	Verkehrsträgerspezifische Transportkosten in €/Einw. in den Auswertungsfällen (Preisstand 2019)	219

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Vollständige Bezeichnung
a	Jahr
AP	Arbeitspaket
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
BAB	Bundesautobahn
BEV	Battery Electric Vehicle (Batterie-Elektrofahrzeug)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BVWP 2030	Bundesverkehrswegeplan 2030
BWS	Bruttowertschöpfung
CNG	Compressed Natural Gas (komprimiertes Erdgas)
CO ₂	Kohlendioxid
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EBM	Wirtschaftsverband Eisen-, Blech- und Metall-verarbeitende Industrie
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
E-Fzg.	Elektrisch-betriebene Fahrzeuge
ETCS	European Train Control System (Europäisches Zugbeeinflussungssystem)
ETR	Economic Trends Research (Konsortialpartner von Intraplan und TRMODE bei der VP 2040)
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
FCV	Fuel Cell Vehicle (Brennstoffzellenfahrzeug)
fos	fossil angetrieben
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GG	Gütergruppe
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
ICCT	International Council on Clean Transportation
IEA	International Energy Agency (Internationale Energieagentur)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (Weltklimarat)
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kbf	Knotenpunktbahnhof
KEP	Kurier-Express-Paket
KlimaG	Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz
KSS	Klimaschutzszenario
KV	Kombinierter Verkehr
kWh	Kilowattstunde
lef	lokal emissionsfrei
LEP	Landesentwicklungsplan
LNG	Liquid Natural Gas (Flüssigerdgas)

Abkürzung	Vollständige Bezeichnung
a	Jahr
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge ($\leq 3,5$ t Nutzlast)
MIV	Motorisierter Individualverkehr
MJ	Megajoule
MKS	Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (der Bundesregierung)
MW	Megawatt
NE-Metalle	Nichteisen-Metalle
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
NST	Nomenclature uniforme des marchandises pour les statistiques de transport (Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik)
NUTS	Nomenclature des unités territoriales statistiques (Nomenklatur der territorialen Einheiten für die Statistik)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
p. a.	per Annum (pro Jahr)
PFB	Planfeststellungsbeschluss
PHEV	Plugin-Hybrid Electric Vehicle (Plugin-Hybrid-Elektrofahrzeug)
Pkm	Personenkilometer
PtL	Power to Liquid (strombasierte Flüssigkraftstoffe)
Rbf	Rangierbahnhof / Drehscheibe
SGV	Schienengüterverkehr
SIL	Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (der Schweiz)
SITC	Standard International Trade Classification (Internationales Warenverzeichnis für den Außenhandel)
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge ($> 3,5$ t Nutzlast)
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
StaLA	Statistisches Landesamt
THG	Treibhausgas
Tkm	Tonnenkilometer
TWh	Terrawattstunden
Ubf	Umstellbahnhof / KV-Terminal
UN	United Nations (Vereinte Nationen)
USD	US-Dollar
VB	Vordringlicher Bedarf (des BVWP 2030)
VBA	Verkehrsbeeinflussungsanlage
VD	Kraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (des KBA)
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VE	Kraftverkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge (des KBA)
VP 2040	Verkehrsprognose 2040
WB*	Weiterer Bedarf mit Planungsrecht (des BVWP 2030)
WR	Wachstumsrate
zGG	Zulässiges Gesamtgewicht

1 Einleitung

Das Land Baden-Württemberg verfolgt seit 2021 das Ziel, bis 2030 die Treibhausgas-Emissionen (THG-Emissionen) aller Sektoren um 65 % und die des Verkehrssektors um 55 %, gegenüber 1990 zu verringern sowie im Jahr 2040 sektorenübergreifend und im Verkehrssektor die Netto-Treibhausgasneutralität zu erreichen.

Die Landesregierung von Baden-Württemberg hatte im Jahr 2017 in entsprechenden Szenario-Berechnungen umfassend verkehrswissenschaftlich die damaligen, weniger ambitionierten Klimaschutzziele untersuchen und bewerten lassen („Klimaschutz-Szenario-Alt“)¹.

2021 wurde die Arbeitsgemeinschaft Intraplan Consult und Trimode vom Verkehrsministerium Baden-Württemberg mit der Erstellung und Berechnung eines neuen Klimaschutzszenarios für die Verkehrsentwicklung in Baden-Württemberg beauftragt. Dabei werden im Rahmen verschiedener Arbeitspakete für die Jahre 2030 und 2040 jeweils ein Bezugsszenario und ein Klimaschutzszenario erstellt.

1.1 Struktur des Berichtswesens

Alle Arbeitsschritte, die zur Erstellung des Klimaschutzszenarios führen, und Ergebnisse werden in zwei Zwischenberichten sowie in einem Schlussbericht dokumentiert.

Im ersten Zwischenbericht werden die Ergebnisse der AP 1 bis 3

- » Darstellung der Vorgehensweise und der Modellzusammenhänge (AP 1),
- » Prüfung und Weiterentwicklung der Modelleingangsgrößen (AP 2) und
- » Erstellung des Nachfragemodells und des Emissionsmodells (AP 3)

sowie AP 4 (Berechnung der Modellfälle), begrenzt auf das Bezugsszenario inkl. des Maßnahmen-/Instrumentenkatalogs des Bezugsszenarios, und AP 5 (Ausformulierung der Szenarien: Jahresfeine Interpolation und CO₂-Budgetbetrachtung) dargestellt.

Ein zweiter Zwischenbericht wird die Ergebnisse des Klimaschutzszenarios vorstellen. Die Annahmen und Wirkungen der infolge der Ergebnisse des Bezugsszenarios abgeleiteten zusätzlichen Maßnahmen werden in einem Maßnahmen-/Instrumentenkatalog dokumentiert.

Der Schlussbericht stellt neben den Ergebnissen des 1. und 2. Zwischenberichtes auch die Ergebnisse des AP 7 „Darstellung der Ergebnisse in der politischen Diskussion“ vor.

1.2 Aufgabenstellung und Projektstruktur

Zentraler Bestandteil der Aufgabenstellung ist die Entwicklung und Anwendung eines Modells, welches die Beurteilung verkehrlicher Maßnahmen, und zwar sowohl im Hinblick auf die verkehrlichen Wirkungen als auch auf die Konsequenzen für die THG-Emissionen, erlaubt.

Die eingangs erwähnte Verschärfung der THG-Reduktionsziele im Jahr 2021 führt zumindest teilweise zur Nachschärfung verkehrspolitischer Ziele in Baden-Württemberg. Diese lauten aktuell:

- » „Jedes zweite Auto fährt klimaneutral“ (vorher: jedes dritte)
- » „Jede zweite Tonne fährt klimaneutral“ (vorher: jede dritte)
- » „Jeder zweite Weg selbstaktiv zu Fuß oder mit dem Rad“ (keine Veränderung)
- » „Ein Fünftel weniger Kfz-Verkehr in Stadt und Land“ (vorher: „ein Drittel weniger Kfz-Verkehr in den Städten“)
- » „Verdopplung des Öffentlichen Verkehrs“ (keine Veränderung)

¹ Intraplan Consult GmbH, BVU Wirtschaft und Verkehr GmbH, IVV Aachen und Planco Consulting GmbH: Klimaschutzszenario Baden-Württemberg 2030, Schlussbericht, im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg, Oktober 2017

Dies bedeutet auch, dass die im vorgenannten Klimaschutzszenario Baden-Württemberg von 2017 ermittelten bzw. prognostizierten Einsparungen nicht ausreichen, um die neu gesetzten ambitionierteren Ziele zu erfüllen. Ziel dieses Projekts ist es daher, ein neues Klimaschutzszenario für Baden-Württemberg zu erstellen, das die Maßnahmen und Instrumente identifiziert, die zu einer Erreichung der neuen Klimaziele nötig sind. Zudem wird das Klimaschutzszenario Baden-Württemberg um den Horizont 2040 erweitert. Um die Ergebnisse interpretieren und einordnen zu können, umfasst die Projektstruktur folgende Arbeitsschritte:

- » Prämissen: Prüfung und Weiterentwicklung der Strukturdaten und Annahmen, die im Klimaschutz-Szenario-Alt verwendet wurden. Prüfung und Operationalisierung von beschlossenen und absehbaren verkehrspolitischen Maßnahmen auf Landes-, Bundes- und EU-Ebene.
- » Nachfragemodell: (Weiter-) Entwicklung des Nachfragemodells zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage (Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung je Verkehrsmittel) und der entsprechenden THG-Emissionen.
- » Analyse 2019: Berechnung der „Analyse 2019“ und Kalibrierung des Verkehrsnachfrage-, Verbrauchs- und Emissionsmodells anhand der Eckwerte der Verkehrsnachfrage und der THG-Emissionen im Verkehr für Baden-Württemberg 2019.
- » Bezugsszenario: Für die beiden Prognosejahre 2030 und 2040 wird ein Bezugsszenario aufgestellt, das die aktuell beschlossenen und absehbaren Maßnahmen umfasst.
- » Klimaschutzszenario: Auf Basis der Ergebnisse des Bezugsszenarios wird schließlich das Klimaschutzszenario für die Prognosejahre 2030 und 2040 entwickelt, in dem die jeweils vorgegebenen THG-Reduktionsziele durch zusätzliche Maßnahmen erreicht werden sollen.
- » Interpolation der Modellergebnisse: Für die Jahre zwischen der Analyse 2019 und den Prognosejahren 2030 und 2040 können auf Basis eines einfachen Modells die Ergebnisse interpoliert werden, um die entsprechenden THG-Emissionen abschätzen zu können.

1.3 Gliederung zum Schlussbericht

In Kapitel 2 werden die grundsätzliche Vorgehensweise und die Modellzusammenhänge dargestellt, was Arbeitspaket 1 der Leistungsbeschreibung entspricht. Dabei wird zwischen allgemeinen Festlegungen (2.1) sowie speziellen Daten und Annahmen für den Personenverkehr (2.2), für den Güterverkehr (2.3) sowie für die Berechnung der Emissionen (2.4) unterschieden und die entsprechenden Besonderheiten dargestellt.

Kapitel 3 befasst sich mit den Ausprägungen der Modelleingangsgrößen im Bezugsszenario, die im Rahmen des Arbeitspakets 2 überprüft und weiterentwickelt wurden. Diese werden unterschieden in sozio-ökonomische Strukturdaten (3.2), Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot (3.3), Nutzer- bzw. Transportkosten (3.4), Weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen (3.5), Technologieentwicklungen (3.6), Änderungen des Verkehrsverhaltens aufgrund von Langzeitwirkungen der Pandemie (3.7), Entwicklung des Pkw-Bestands (3.8) und CO₂-Emissionsfaktoren (3.9).

In Kapitel 4 wird schließlich das im Rahmen des Arbeitspakets 3 entwickelte Nachfrage- und Emissionsmodell beschrieben. Auch dieses Kapitel ist in einen allgemeinen Teil (4.1) sowie spezielle Unterkapitel für den Personen- (4.2) und den Güterverkehr (4.3) sowie die Emissionsberechnung (4.4) untergliedert.

Kapitel 5 stellt die Ergebnisse der Modellfälle im Bezugsszenario unterschieden nach Personenverkehr (Kapitel 5.1), Güterverkehr (Kapitel 5.2) und Energieverbrauch und Emissionen (Kapitel 5.3) vor.

Kapitel 6 beschreibt die Ausprägungen der Modelleingangsgrößen im Klimaschutzszenario. Die Gliederung der Unterkapitel ist grundsätzlich analog derer des Kapitel 3. Fokus liegt hierbei in der Darstellung der Unterschiede zu den Annahmen im Bezugsszenario.

In Kapitel 7 sind die Ergebnisse der Modellfälle im Klimaschutzszenario wiederum unterschieden nach Personenverkehr, Güterverkehr und Energieverbrauch und Emissionen dargestellt. Ergänzend werden außerdem die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse mit Fokus auf Maßnahmen der Mobilitätswende vorgestellt.

Kapitel 8 stellt Nutzerkosten anhand verschiedener die Mobilitätskosten eines Haushalts beeinflussenden Faktoren vor.

2 Vorgehensweise und Modellzusammenhänge

Kapitel 2 beschreibt das Vorgehen zur Ermittlung der Größen

- » Reisezeiten und -weiten
- » Verkehrsverflechtungen
- » Verkehrsaufkommen
- » Verkehrsleistung
- » Fahrleistung
- » Energieverbrauch
- » THG-Emissionen

anhand der im Modell zu berücksichtigenden Einflussgrößen, weiterer Modellannahmen sowie -zusammenhänge.

2.1 Grundlegende Vorgehensweise und Modellannahmen

Sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr erfolgt eine Fortführung des Modellansatzes der Vorgängerstudie², Verweise auf diese Studie sind im Text kenntlich gemacht. Dies umfasst insbesondere

- » empirische Grundlagen als Basis der Verkehrsmengengerüste (Verkehrsverflechtungen),
- » den Marginalansatz als robuste Methodik für die zwei Szenarien.

Die Erstellung des neuen Klimaschutzszenarios unterscheidet sich in folgenden Punkten von der Vorgängerstudie:

- » Analysejahr 2019 als Datenbasis (2010 für die Vorgängerstudie),
- » Betrachtungszeitraum bis 2040 verlängert,
- » Beschränkung auf Grobumlegungen und
- » Berücksichtigung des Radverkehrs (systemisch), von Radschnellwegen (punktuell für konkrete Projekte) und sogenannten Vorreiterkommunen.

Allgemeine Annahmen zu den betrachteten Verkehrsmitteln sowie den vorgenannten grundlegenden Modellansätzen und den Ausprägungen der Prognoseprämissen werden im Folgenden beschrieben und z. T. vertiefend für den Personen- und Güterverkehr behandelt.

2.1.1 Betrachtete Verkehre

Bei der Modellentwicklung finden grundsätzlich sowohl Personen- als auch Güterverkehr, sofern nicht anders beschrieben, im

- » Straßenverkehr,
- » Schienenverkehr,
- » Luftverkehr (Personenverkehr),
- » Binnenschiffsverkehr (Güterverkehr) und
- » nichtmotorisierten Verkehr (Personenverkehr, zu Fuß und mit dem Fahrrad)

Berücksichtigung.

Für die Erfassung des Verkehrs ist das Verkehrsaufkommen bzw. die Verkehrsleistung nach dem Territorialprinzip definiert, dabei sind folgende Ausnahmen zu beachten:

² Intraplan Consult GmbH, BVU Wirtschaft und Verkehr GmbH, IVV Aachen und Planco Consulting GmbH: Klimaschutz-Szenario Baden-Württemberg 2030, Schlussbericht, im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg, Oktober 2017

- » Transporte in Rohrfernleitungen sind nicht berücksichtigt.
- » Transporte zwischen Häfen und Hinterland sind vollständig erfasst.
- » Im Luftverkehr sind alle Verkehre von und nach Baden-Württemberg erfasst, Umsteiger- und Transitverkehr finden keine Berücksichtigung.
- » Personen-Schiffsverkehr ist nicht berücksichtigt. Der Fährverkehr, sowohl von Personen und Pkw als auch von Lkw, wird als Teil von Transport-/Beförderungsketten verstanden und damit dem jeweiligen Landverkehrsmittel/-system zugeordnet. Der Ausflugsverkehr per Schiff wird nicht gesondert betrachtet.

2.1.2 Quelle-Ziel-Matrizen für die Analyse 2019 auf empirischer Basis

Das Analysejahr als Basis der Verkehrsmodellierung wurde auf das Jahr 2019 festgelegt, da dieses das jüngste in der Verkehrsstatistik verfügbare Jahr ist, in dem das Verkehrsgeschehen nicht durch die COVID-19-Pandemie verzerrt ist. Grundsätzlich basieren die Quelle-Ziel-Matrizen des Personen- und Güterverkehrs für das Analysejahr 2019 weitestgehend auf empirischen Daten, ergänzt um Daten aus Modellrechnungen. Sie wurden nicht für dieses Projekt vollständig neu ermittelt, sondern aus den Verflechtungsmatrizen des Vorgängerprojekts fortgeschrieben.

2.1.3 Berücksichtigte Einflussgrößen

Die Prognose des Verkehrs und der THG-Emissionen ist abhängig von der Ausprägung der dem Nachfragemodell zugrundeliegenden Einflussfaktoren. Diese lassen sich im Wesentlichen in folgende Gruppen von Rahmenbedingungen unterscheiden:

- » sozio-ökonomische Entwicklung
- » Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot
- » Nutzer- bzw. Transportkosten
- » weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen
- » Technologieentwicklungen

Eine explizite Beschreibung der vorgenannten Faktoren sowie ihrer Prämissen erfolgt in Kapitel 3.

2.1.4 Rückkoppelung zwischen Makro- und Mikroprognose

Die Mikroprognose basiert auf einer feinräumigen Zonierung, der in Baden-Württemberg 206 Verkehrszellen zugrunde liegen (detailliertere Beschreibung der Verkehrszellen siehe Kapitel 4.1). Das Mikroprognoseergebnis ist eine Quelle-Ziel-Matrix je Prognosejahr. Aggregiert lassen sich Ergebnisse für den Verkehr in Baden-Württemberg insgesamt ableiten.

Die Makroprognose wird auf Aggregationsebene des Landes Baden-Württemberg ohne weitergehende räumliche Differenzierung vorgenommen. Schwerpunkt ist die differenzierte Analyse der maßgeblichen sozio-ökonomischen Einflussgrößen sowie des langjährigen bisherigen Verlaufs dieser Einflussgrößen, der Verkehrsentwicklung und des Zusammenhangs zwischen ihnen.

Somit bilden die Ergebnisse der Makroprognose keine hierarchische Vorgabe für die Mikroprognose, wie es einem Top-down-Ansatz entsprechen würde, sondern die Ergebnisse des Abstimmungsprozesses zwischen Makro- und Mikroprognose ergeben das endgültige Prognoseergebnis als Synthese.

Details zu dieser mehrstufigen Vorgehensweise sind im Kapitel 4 erläutert.

2.1.5 Intermodale Transport- bzw. Wegeketten

Für die Abbildung intermodaler Transport- bzw. Wegeketten im Modell ist die Betrachtung in folgender Hierarchie definiert und in den Quelle-Ziel-Matrizen im Hauptverkehrsmittel abgelegt:

Personenverkehr:

- » MIV – Bahn: Hauptverkehrsmittel Bahn
- » ÖSPV – Bahn: Hauptverkehrsmittel Bahn
- » Fuß/Rad – Bahn: nicht berücksichtigt (Zubringerwege i. d. R. innerhalb einer Verkehrszelle)
- » Landverkehrsmittel – Luft: Hauptverkehrsmittel Luft

Güterverkehr:

- » Straße – Bahn: Für KV-Verkehre, die im Hauptlauf per Bahn erfolgen, wurde ein Straßenvor- und -nachlauf berücksichtigt.
- » Straße – Binnenschiff: Für KV-Verkehre, die im Hauptlauf per Binnenschiff erfolgen, wurde, soweit erforderlich, ein Straßenvor- und -nachlauf berücksichtigt.

Bei den übrigen Verkehrsströmen machen unimodale Verkehrsströme den weitaus größten Teil des Verkehrs aus.

2.2 Vorgehensweisen und Modellannahmen im Personenverkehr

Grundsätzlich erfolgt die Erfassung von Personenverkehrsaufkommen und -leistung entsprechend des Territorialprinzips (vgl. 2.1.1). Weitere konkrete Abgrenzungen und Vorgehensweisen des Nachfragemodells auf Grundlage der Charakteristika der Verkehrsverflechtungen im Personenverkehr sind im Folgenden dargestellt.

2.2.1 Gegenstand und sachliche Abgrenzung

Das Personenverkehrsaufkommen ist definiert als die Zahl der zurückgelegten Wege, wobei Hin- und Rückweg jeweils einen eigenen Weg darstellen. Technisch bedingte Wegunterbrechungen, z. B. Pausen im Pkw-Verkehr oder Umsteigevorgänge innerhalb einer Verkehrsart, z. B. im Eisenbahn- und im Luftverkehr, bleiben unberücksichtigt und erhöhen die Wegezahl nicht.

Allerdings sind in der offiziellen **Verkehrsstatistik**, die im statistischen Kompendium "Verkehr in Zahlen", jährlich durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) herausgegeben, zusammengestellt und wiedergegeben sind und auf die die Eckwerte des Personenverkehrsaufkommens der Matrix des Personenverkehrs hochgerechnet werden, **Doppelerfassungen** durch Umsteigevorgänge zwischen den Verkehrsmitteln enthalten. Diese Ungenauigkeit muss in Kauf genommen werden, wenn die offizielle Verkehrsstatistik herangezogen wird, was aus Konsistenzgründen sinnvoll bzw. im Hinblick auch auf andere Verkehrsstudien insgesamt erforderlich ist.

Die Quelle-Ziel-Matrizen enthalten bei landesgrenzenüberschreitenden Personenfahrten sowie beim Durchgangsverkehr auch Quellen und Ziele außerhalb Baden-Württembergs. Entsprechend werden in den Prognosen rechnerisch auch die Streckenanteile berücksichtigt, die außerhalb Baden-Württembergs zurückgelegt werden. Bezüglich der ausgewiesenen Ergebnisse wird aber nur die Territorialeistung (Verkehrsleistung auf dem Territorium Baden-Württembergs) ausgewiesen.

Die Verflechtungsmatrix des Personenverkehrs ist nach den folgenden sechs Verkehrsmitteln unterschieden:

- » **Motorisierter Individualverkehr** (MIV) (mit Pkw einschließlich Taxi und Mietwagen sowie Motorrädern und Mopeds)
- » **Eisenbahnverkehr** (einschließlich S-Bahn, aber ohne U-Bahnen, Stadtbahnen und Straßenbahnen, die dem ÖSPV zugeordnet sind)
- » **ÖSPV** (Linienbus einschließlich des Fernlinienbusses, Reisebus sowie die vorgenannten städtischen Bahnen)
- » **Luftverkehr** im Linien- und Charterverkehr
- » **Fahrradverkehr**

- » **Fußgängerverkehr** (wegen der geringen durchschnittlichen Entfernungen wird der Fußgängerverkehr ausschließlich im Binnenverkehr der Verkehrszellen betrachtet)

Diese Gliederung nach den Verkehrsmitteln gilt für den Hauptweg der Verkehrsströme. Für die Verkehrsmittelkombinationen gilt die Zuordnung zu den **Hauptverkehrsmitteln** analog dem unter 2.1.5 beschriebenen Vorgehen. Bei Mehrfachkombinationen gilt jeweils das Verkehrsmittel mit dem höchsten Hierarchiewert (z. B. MIV/Bahn/Luft = Luft).

Dabei sind bei den Verkehrsverflechtungen Quellen und Ziele jeweils den Ausgangs- bzw. Endpunkten der Fahrt zugeordnet. Liegen z. B. bei Bahnreisen Ausgangspunkt der Reise und Einstiegsbahnhof in unterschiedlichen Verkehrszellen, so ist die Verkehrszelle des Ausgangspunktes der Reise als Quelle der Personenfahrt verschlüsselt. Das gleiche gilt für die Verkehrszellen, in denen sich das jeweilige Endziel der Fahrt befindet.

Die Matrizen sind weiterhin in sechs **Fahrtzwecke** unterschieden, welche folgendermaßen definiert sind:

- » Berufsverkehr: umfasst Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsplatz, Hin- und Rückfahrt innerhalb von 24 Stunden
- » Geschäfts- und Dienstreiseverkehr: umfasst alle beruflich bedingten Fahrten außerhalb des Berufsverkehrs und der Wochenpendlerfahrten
- » Ausbildungsverkehr: umfasst Fahrten zwischen Wohnung und Ausbildungsstätte, Hin- und Rückfahrt innerhalb 24 Stunden
- » Einkauf/Erledigung: umfasst Fahrten zum Zweck des Einkaufs, Besuch von Behörden/Ärzten/weiteren Dienstleistungsbetrieben (auch Besorgungs- oder Serviceverkehr genannt)
- » Urlaubsverkehr: umfasst private Reisen zu touristischen Zwecken, Reisedauer mindestens fünf Tage
- » sonstiger Privatverkehr: umfasst alle sonstigen Fahrten zu privaten Zwecken, auch Wochenpendler, auch Kombinationsreisen Geschäft/Privat (auch Freizeitverkehr genannt)

2.2.2 Ermittlung der Nachfragematrix 2019

Im Personenverkehr wird die Analysematrix der Vorgängerstudie, die ihrerseits auf der Analysematrix 2010 des Bundesverkehrswegeplans beruhte, als Grundlage verwendet, auf das Jahr 2019 fortgeschrieben und mit aus der Verkehrsstatistik abgeleiteten Eckwerten kalibriert. Bei der Fortschreibung wurden nicht nur die sozioökonomischen Variablen Bevölkerung, Erwerbstätige, Einkommen und Motorisierung berücksichtigt, sondern es wurde auch die Infrastruktur- und Angebotsentwicklung sowie die Nutzer- und Transportkostenentwicklung einbezogen.

Mit dem Analysejahr 2019 wurde bewusst das letzte Jahr **vor Beginn der COVID-19-Pandemie** gewählt. Damit besteht eine stabile und für einen Gleichgewichtszustand repräsentative Ausgangsbasis für die den Szenarien zugrunde liegenden Prognosen. Potenziell als langfristige Nachwirkungen der Pandemie eintretende Verhaltensänderungen sind im Rahmen der Prognoseprämissen berücksichtigt, z. B. Nutzung von Homeoffice, Ersatz von Dienstreisen durch Videokonferenzen und Substituierung von stationärem Einkauf durch Online-Handel (vgl. Kapitel 3.7).

2.3 Vorgehensweisen und Modellannahmen im Güterverkehr

Das im Rahmen von Verkehrsverflechtungsprognosen eingesetzte Nachfragemodell für den Güterverkehr berücksichtigt

- » lokale und regionale Sondereinflüsse (Entwicklung von neuen Verkehrsmitteln aufgrund von Flächenentwicklungen, gesonderte Entwicklungen, wie z. B. durch Veränderungen des Energiemixes),
- » Veränderungen wesentlicher Strukturdaten (z. B. Bevölkerung, BIP nach Branchen) für den Güterverkehr,
- » Entwicklungen des Außenhandels,

- » des Seehafenhinterlandverkehrs und
- » Rückkoppelungen mit der Infrastruktur (Engpässe).

Das Verkehrsnachfragemodell im Güterverkehr besteht aus den Teilen

- » Erstellung einer Analysematrix
- » Verkehrserzeugung
- » Verkehrsverflechtung und
- » Verkehrsmittelwahl

und wird als Marginalansatz auf einem vorher bestimmten Analysejahr, hier für das Jahr 2019 angewendet. Die generelle Vorgehensweise ist in Abbildung 2-1 dargestellt.

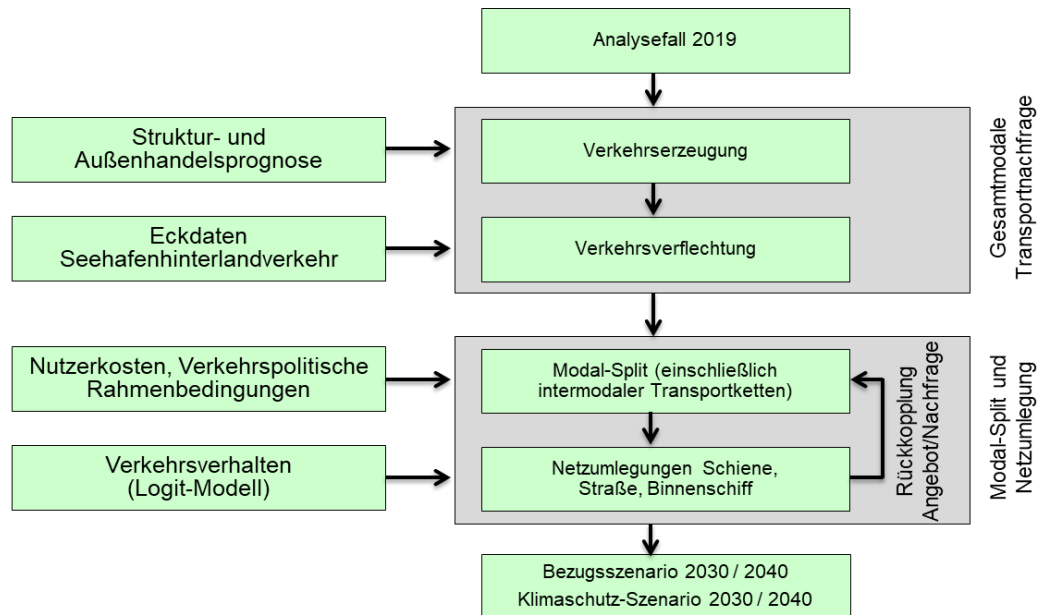


Abbildung 2-1: Struktur der Güterverkehrsprognose

2.3.1 Erstellen der Analysematrix "BW Analyse 2019"

Die Güterverkehrsmatrix des Analysejahres wird aufgrund des Vorhandenseins umfangreicher Istdaten nicht modellhaft, sondern auf Basis statistischer Daten gewonnen. Hierbei wurde versucht, die Struktur des Vorläuferprojekts „KS-Szenario-Alt“ weitestgehend abzubilden und beizubehalten. Diese liegt im Güterverkehr in folgender Differenzierung vor:

- von Quelle: in Deutschland nach Kreisen und im Ausland je nach Entfernung zu Deutschland auf Ebene der Regierungsbezirke bzw. Länder
- nach Ziel: in Deutschland nach Kreisen und im Ausland je nach Entfernung zu Deutschland auf Ebene der Regierungsbezirke bzw. Länder
- Gütergruppe: nach 25 Gütergruppen³ entsprechend dem Einheitlichen Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik (NST)
- differenziert nach kombinierten und konventionellen Verkehren, sowie
- nach Seehafenhinterlandverkehr und sonstigen kontinentalen Hinterlandverkehren,
- in Tonnen und Tonnenkilometern inländischer Verkehrsleistung.

Darüber hinaus wurden im kombinierten Verkehr die Vor- und Nachlaufketten abgebildet.

³ Die NST Gütergruppensystematik besteht aus 20 Gütergruppen. Die NST Gütergruppe 2 wurde in die Untergruppen 21 Steinkohle, 22 Braunkohle, 23 Erdöl, Erdgas, die NST Gütergruppe 3 in 31 Erze, 32 Düngemittel, 33 Steine, Erden und die NST Gütergruppe 7 in die Untergruppen 71 Koks und 72 Mineralölprodukte unterteilt. Dadurch sind 5 weitere Feingütergruppen differenziert worden.

Basis für die Aktualisierung der Eisenbahn- und Binnenschiffsmatrix waren vom Statistischen Bundesamt für das Jahr 2019 bereitgestellte Verflechtungsdaten, die in folgender Struktur vorlagen:

- a) von Quelle: in der regionalen Struktur des Bundesverkehrswegeplans 2030 (BVWP 2030)
- b) nach Ziel: in der regionalen Struktur des BVWP 2030
- c) Gütergruppe: nach 25 NST Gütergruppen⁴
- d) weiter differenziert nach kombinierten und konventionellen Verkehren in
- e) Tonnen und Tonnenkilometern an inländischer Verkehrsleistung.

Da in den Daten des Statistischen Bundesamtes keine Differenzierung nach Seehafenhinterlandverkehren und kontinentalen Verkehren enthalten ist, wurde diese Information durch die relationale und gütergruppenspezifische Fortschreibung der Seehafenhinterlandverkehrsanteile nach Gütergruppen und Ladungskategorien aus dem „BW Analysefall 2010“ (vgl. Kap. 2.2.2 aus der Vorläuferstudie) fortgeschrieben. Eine Neubestimmung über die Trennung des Seehafenverkehrs in seine Segmente Loco-, Feeder- (Transshipment-) und Seehafenhinterlandverkehr ist aus Aufwandsgründen nicht erfolgt. Auch die Vor- und Nachlaufbeziehungen im kombinierten Verkehr zur Abbildung der intermodalen Transportketten wurden hinsichtlich ihrer Struktur aus der Vorläuferstudie übernommen.

Das Statistische Bundesamt weist für die Schiene für 2019 ein Verkehrsaufkommen von 390,75 Mio. t und 129,2 Mrd. tkm für den Gesamttraum Deutschland aus⁵. In der vorliegenden Datenlieferung wurden jedoch nur 338,9 Mio. t und 113,1 Mrd. tkm in der Detailgliederung in Tabelle 2-1 bereitgestellt. Die Abweichung zur vorhergehenden Zahl basiert auf bekannten Erfassungsschwierigkeiten in der Detailerhebung am Jahresende, die dann anschließend mit einer vereinfachten Sondererhebung aller EVUs bereinigt wird. Diese Sondererhebung erfolgt jedoch ohne eine relationale Abfrage, sodass die Quelle-Ziel-Daten, die Basis unserer Verkehrsverflechtungsmatrix sind, nicht korrigiert werden.

	Hauptverkehrsbeziehung	Aufkommen in 1.000 t	Mio. tkm
1	Binnenverkehr	223,372	57,920
2	grenzüberschreitender Versand	45,912	22,061
3	grenzüberschreitender Empfang	55,073	23,852
4	Durchgangsverkehr	14,535	9,272
	SUMME	338,892	113,105

Tabelle 2-1: Vom Statistischen Bundesamt übergebener Schienengüterverkehr nach Hauptverkehrsbeziehungen in 1.000 t und Mio. tkm im Jahr 2019 in Deutschland

Quelle: eigene Berechnungen, auf Basis von destatis

Zur Behebung dieser Abweichung wurden umfangreiche Analysen durchgeführt, die zu einer Identifizierung von mehreren Problemfällen geführt haben. Alle aus diesen Projekten bekannten und aufwendig gewonnenen Korrekturergebnisse wurden übernommen und in die aktualisierte Verflechtungsmatrix 2019 umgesetzt.

Während bei Schiene und Binnenschiff öffentlich zugängliche Verkehrsverflechtungsmatrizen in der gewünschten regionalen Feinstruktur nach Gütergruppen vorliegen, sind solche detaillierten Unterlagen für die Straße nicht vorhanden. Die im Rahmen des „KS-Szenario-Alt“ genutzte Analysematrix der Straße wurde auf Basis einer Reihe von Sonderauswertungen erstellt, die aus Kosten- und Aufwandsgründen hier nicht bereitgestellt werden konnten.

⁴ Die NST Gütergruppensystematik besteht aus 20 Gütergruppen. Die NST Gütergruppe 2 wurde in die Untergruppen 21 Steinkohle, 22 Braunkohle, 23 Erdöl, Erdgas, die NST Gütergruppe 3 in 31 Erze, 32 Düngemittel, 33 Steine, Erden und die NST Gütergruppe 7 in die Untergruppen 71 Koks und 72 Mineralölprodukte unterteilt. Dadurch sind 5 weitere Feingütergruppen differenziert worden.

⁵ destatis (03.05.2022): Beförderungsmenge und Beförderungsleistung nach Verkehrsträgern, [online] <https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Transport-Verkehr/Gueterverkehr/Tabellen/gueterbefoerderung-lr.htm> [abgerufen 01.07.2022].

Deswegen wurde die Analysematrix 2019 der Straße auf Basis der verfügbaren Analysematrix des Jahres 2010 des „KS-Szenario-Alt“ erstellt, die mit Hilfe veröffentlichter Verkehrseckwerte des KBA auf das Jahr 2019 hochgerechnet worden sind. Veröffentlichte Gesamtverkehrseckwerte lagen für den

- a) Binnenverkehr nach Gütergruppen, sowie in einer Verflechtung nach Bundesländern
- b) grenzüberschreitenden Versand und Empfang sowie den
- c) Durchgangsverkehr vor.

Basis der Eckwerte sind die Statistischen Veröffentlichungen Kraftverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD) und Kraftverkehr europäischer Lastkraftfahrzeuge (VE) des KBA über die Entwicklung des Straßengüterverkehrs mit deutschen und ausländischen Fahrzeugen und mit über 3,5 t Nutzlast.

Um in Baden-Württemberg die feinere Verkehrszellenstruktur abzubilden, erfolgte verkehrsträgerspezifisch eine weitere Feinverteilung:

- a) In der Binnenschifffahrt erfolgte mit Hilfe von Daten von 2007 eine weitergehende Disaggregation der Kreisstruktur nach Häfen und Ladungsstellen. Hierbei kann eine vollständige Konsistenz mit der hier aufzubauenden Verflechtungsmatrix garantiert werden, da die Häfen über Schlüssellisten des Statistischen Bundesamtes jeweils eindeutig einem Kreis (Inland) bzw. Verkehrsbezirk (Ausland) zugeordnet sind.
- b) Bei der Schiene erfolgte eine weitergehende Feinverteilung nach den oben dargestellten Verkehrszellen auf Basis von verfügbaren Informationen von bedeutenden Eisenbahnverkehrsunternehmen sowie laufenden Marktanalysen.
- c) Bei der Straße erfolgte eine gemeindespezifische Verteilung des Lkw-Verkehrs in Baden-Württemberg nach einem im Forschungsvorhaben FE 21.0056/2013 (Bedarfsprognose für Lkw-Parkstände auf Bundesautobahnen) entwickelten Verfahren. Da die Verkehre auf Gemeindeebene feiner als in der gewünschten Verkehrszellenstruktur vorliegen werden, ist eine anschließende Aggregation auf die höhere Ebene möglich.

Hier liegt ein wesentlicher Unterschied gegenüber der „KS-Szenario-Alt“-Studie vor, in der die Verkehre innerhalb Deutschlands auf der aggregierteren Kreisbasis betrachtet wurden.

2.3.2 Abschätzung der zukünftigen Verkehrsnachfrage

Das Güterverkehrsnachfragemodell ermöglicht auf Basis von Strukturdatenveränderungen eine Abschätzung der Nachfrage in der Zukunft.

Entscheidend für das Nachfragemodell ist bei der **Verkehrserzeugung** die Splittung der Güterverkehre in vier Segmente:

- a) **Binnenverkehre:** hierbei handelt es sich z. B. um Verkehre zwischen Stuttgart und Mannheim
- b) **Außenhandelsverkehre:** Verkehre, die z. B. zwischen Baden-Württemberg und Frankreich durchgeführt werden (Ex- und Importe)
- c) **Transitverkehre:** landseitige Verkehre zwischen Drittstaaten, die durch Baden-Württemberg führen, wie z. B. zwischen Frankreich und der Schweiz
- d) **Seehafenhinterlandverkehre:** Verkehr, der in Verbindung mit den Seehäfen steht, unabhängig davon, ob es Außenhandel oder Transitverkehr ist.

Im Rahmen der Prognose gibt es unterschiedliche Ansätze für den Binnenverkehr und für die anderen drei Segmente.

2.3.3 Verkehrsmittelwahl

Aufgabe der Simulation der Verkehrsmittelwahl ist sowohl die Abschätzung der modalen Reaktionen der Verlagerer auf sich ändernde Rahmenbedingungen im Verkehrsmarkt als auch die Auf-

teilung der ermittelten relations- und gütergruppenspezifischen gesamtmodalen Transportnachfrage (Verkehrsaufkommen aller Verkehrsträger) auf die einzelnen Transportalternativen (Verkehrsträger). Neben den unimodalen Verkehren mit Lkw, Bahn und Binnenschiff werden auch die intermodalen Transportketten als Transportalternativen behandelt. Das Verfahren folgt der KS-Szenario-Alt“-Studie (vgl. dort Kap. 2.2.4).

2.3.4 Rückkoppelung zur Verkehrsinfrastruktur

Nach den oben dargestellten Schritten liegen für die Prognosejahre relations- und gütergruppenspezifische Aufkommens- und Transportleistungswerte nach Verkehrsträgern vor⁶. Anschließend findet eine Rückkoppelung zwischen Nachfrageermittlung und Verkehrsumlegung für die **Prognoseszenarien 2030 und 2040** statt. Hierbei wird überprüft, ob die prognostizierten Verkehrsmengen im Schienengüterverkehr von der angenommenen Verkehrsinfrastruktur bewältigt werden können bzw. ob ein Gleichgewicht zwischen Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage im Schienengüterverkehr besteht.

Auch hier entspricht das Vorgehen prinzipiell dem im „KS-Szenario-Alt“ in Kapitel 2.2.5 dargestellten Verfahren. Ledigliche Änderung gegenüber der alten Studie ist die feinere Verkehrszeleneinteilung. Hierzu werden mit Hilfe der verkehrsträgerspezifischen Umlegungsmodelle **„Widerstände“** (Fahrzeiten, Fahrtentfernung, Kosten) berechnet. Die verkehrsträgerspezifische Nachfrageermittlung in der Basisprognose erfolgt in einem ersten Schritt auf Basis der ermittelten Widerstände für die Prognosejahre. Die im ersten Schritt so ermittelten **vorläufigen Prognosematrizen** werden auf die Netzmodelle der Szenarien umgelegt und dabei die **Verkehrsqualität im Schienengüterverkehr lastabhängig neu ermittelt**. Daraus ergeben sich in vielen Fällen, d. h. auf vielen Quelle-Ziel-Relationen, neue Widerstände, die sich von den „anfänglichen initialen Widerständen“ unterscheiden. Mit diesen neuen Widerständen wird ein erneuter Prognoselauf durchgeführt, der eine andere Verkehrsmittelwahl bzw. ein anderes Verkehrsaufkommen auf den betroffenen Quelle-Ziel-Relationen ergibt. Durch gegebenenfalls mehrmaliges Wiederholen dieses Prozesses kann ein **Gleichgewicht zwischen Nachfragemodell und Umlegungsmodell bzw. den Restriktionen aus der Verkehrsinfrastruktur** hergestellt werden.

Relationale Veränderungen von Transportkosten werden mit Hilfe der veränderten Annahmen zur Entwicklung der Transportkosten (siehe auch Kapitel 3.4) und der relationsspezifischen Veränderung der Transportzeiten und Transportentfernungen aus den initialen Widerständen neu berechnet. Die Abschätzung der modalen Reaktionen der Verlagerer auf die sich verändernden Rahmenbedingungen am Verkehrsmarkt werden mit Hilfe des weiterentwickelten Verkehrsmittelwahlmodells für den BVWP 2030 auf Basis der veränderten Transportkosten ermittelt. Im Rahmen dieses Verkehrsmittelwahlmodells werden relationsspezifische Veränderungen der Transportkosten, Transportzeiten und der Zuverlässigkeit berücksichtigt und einbezogen. Für die Berechnung der Zuverlässigkeit wurde auf die Pünktlichkeitsannahmen der Verkehre aus dem BVWP 2030 zurückgegriffen. Eine detaillierte Darstellung des genutzten Verkehrsmittelwahlmodells kann der Grundlagenstudie entnommen werden⁷.

2.4 Vorgehensweise bei der Prognose der Emissionen

Auf Basis der Verkehrsprognosen für den Personen- und den Güterverkehr werden aus den verkehrlichen Kenngrößen die Fahrleistungen und daraus wiederum die Endenergieverbräuche und die klimarelevanten Emissionen abgeleitet (vgl. Kapitel 2.8 Methodik der Ermittlung der CO₂-Emissionen im „KS-Szenario-Alt“). Im Vordergrund steht hier **Baden-Württemberg**. In diesem Kapitel werden **Gegenstand und Definitionen** der Emissionsprognose beschrieben. Das konzeptionelle Vorgehen findet sich in Kapitel 4.4.

Gegenstand des Emissionsmodells sind die drei Treibhausgase (THG)

⁶ Für das Jahr 2019 liegen sie aus den Istdaten vor.

⁷ BVU (entsprechende Abteilung in TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH umbenannt), TNS, KIT, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, 2016

- » Kohlendioxid (CO₂),
- » Distickstoffoxid (N₂O) und
- » Methan (CH₄).

Sie werden getrennt sowie in der Summe umgerechnet auf CO₂-Äquivalente dargestellt. Dabei stehen die Emissionen von Kohlendioxid im Vordergrund. Denn N₂O und CH₄ haben zwar CO₂-Äquivalenzfaktoren in Höhe von 21 (CH₄) bzw. 310 (N₂O), dennoch sind die Emissionen dieser beiden Treibhausgase (im Verkehr) derart gering, dass darauf mittlerweile weniger als 1 % aller CO₂-äquivalenten Emissionen des Verkehrs entfallen. Die drei weiteren vom Kyoto-Protokoll erfassten Treibhausgase Fluorkohlenwasserstoffe (FKW bzw. H-FKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆) entstehen so gut wie gar nicht im Verkehrssektor und werden daher nicht betrachtet.

Einbezogen werden die Emissionen der vier **Verkehrsarten**

- » Straßenverkehr
- » Schienenverkehr
- » Luftverkehr
- » und Binnenschifffahrt.

Die Emissionen des **Luftverkehrs** und damit auch diejenigen des gesamten Verkehrssektors werden nach drei verschiedenen Prinzipien berechnet und ausgewiesen:

- » Nach der international vereinbarten Definition des IPCC⁸, auf die sich die Verpflichtungen der Bundesrepublik Deutschland gemäß dem Kyoto-Protokoll und dem Paris-Abkommen beziehen und nach der auch das entsprechende Monitoring erfolgt, wird nur der **Binnenverkehr** der einzelnen Länder berücksichtigt, der (wachstumsdynamischere) grenzüberschreitende Verkehr dagegen nicht. Für Baden-Württemberg wird der hierfür vorliegende Anteil des Binnenverkehrs, d. h. mit Start- oder Zielflughafen im Bundesland, herangezogen. Zugleich erfolgt – analog zur bundesweiten Betrachtungsebene – eine Begrenzung auf die **territorialen Strecken über dem Bundesland**. Dies führt allerdings dazu, dass die Emissionen des Luftverkehrs im Verhältnis zu den bundesweiten sehr gering sind. Auf die so definierte Verkehrsleistung wird der spezifische Kerosinverbrauch (l/Pkm) des innerdeutschen Verkehrs gesetzt, der vom Umweltbundesamt für die Berichterstattung gemäß dem Kyoto-Monitoring und dem Paris-Abkommen ermittelt wird. Diese Berechnungsmethode liegt den Ergebnissen, die später in der Kategorie „direkte Emissionen“ ausgewiesen werden, zugrunde. Im Basisjahr 2019 beliefen sich letztere auf 37 kt CO₂. Würde man als mittlere Reiseweite nicht die Territorialdistanz über Baden-Württemberg (37 km), sondern über Deutschland (438 km⁹) heranziehen, dann würden sich 447 kt CO₂ errechnen.
- » Mit dieser Definition werden also nur die Emissionen des innerdeutschen Luftverkehrs erfasst. Um auch die Emissionen des internationalen Luftverkehrs abbilden zu können, werden sie nach dem **Standortprinzip** dem jeweiligen Startflughafen zugeordnet, d. h. abgehende Flüge in Gänze Deutschland (bzw. für Stuttgart Baden-Württemberg) und ankommende Flüge komplett dem jeweiligen Herkunftsland, unabhängig von der Nationalität der Flugreisenden. Dabei wird die gesamte Flugstrecke, also einschließlich der im Ausland, herangezogen. Außerdem werden indirekte Emissionen berücksichtigt. Diese Berechnungsmethode liegt den Ergebnissen, die später in der Kategorie „gesamte Emissionen“ ausgewiesen werden, zugrunde. Im Basisjahr 2019 beliefen sie sich auf 8,1 Mio. t CO₂.
- » Das **Statistische Landesamt Baden-Württemberg** weist für den nationalen und für den internationalen Luftverkehr 122 kt CO₂ bzw. 848 kt CO₂ aus.¹⁰ Dafür errechnet das Statistische Landesamt den Anteil der nationalen Flüge an allen nationalen und internationalen Flügen (jeweils mit Startflughafen in Baden-Württemberg). Der Anteil wird auf den Kerosinabsatz umgelegt, und darauf aufbauend wiederum die direkten Emissionen berechnet. Im Gegensatz

⁸ IPCC ist die Abkürzung für das "Intergovernmental Panel on Climate Change", von dem diese Definition entwickelt wurde.

⁹ Im gesamten innerdeutschen Luftverkehr, also nicht nur der Flüge mit Start-oder Zielflughafen in Baden-Württemberg

¹⁰ CO₂-Emissionen des Flugverkehrs in Baden-Württemberg in 1000 Tonnen, Email des StaLa an VM vom 16.06.23

zum o. a. Territorialprinzip, das nur die Flugstrecke über Baden-Württemberg betrachtet, wird hier die gesamte Flugstrecke innerhalb Deutschlands betrachtet. Im Gegensatz zum Standortprinzip bilanziert das Statistische Landesamt auch nur die direkten Emissionen. Die Berechnung unterscheidet sich zudem grundsätzlich von der im Modell hinterlegten, da letztere auf Verkehrsleistungen und spezifischen Verbräuchen basiert und nicht auf dem Kerosinabsatz.

Bei allen Emissionen ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen

- » den **direkten** Emissionen, die beim Verbrauch der Endenergie, d. h. bei der Verbrennung von Kraftstoffen im Motor bzw. im Triebwerk von Straßenfahrzeugen, dieselbetriebenen Schienenfahrzeugen, Flugzeugen und Binnenschiffen entstehen,
- » und den **indirekten** Emissionen, die in der Vorkette vor dem Verbrauch der Endenergie, d. h. im Wesentlichen bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie, d. h. von Rohöl in Kraftstoffe in den Raffinerien sowie der verschiedenen Primärenergieträger (Kohle, Gas, Öl etc.) in Strom in den Kraftwerken entstehen.

Die gesamten Emissionen **aller Sektoren** eines Stoffes werden sowohl in der international vereinbarten als auch in der national üblichen Definition – der **Differenzierung des Energieverbrauchs folgend** – in die vier Sektoren

- » Kraftwerke,
- » Industrie,
- » Haushalte und Kleinverbraucher und
- » Verkehr

unterschieden. Dabei wird der gesamte Ausstoß des elektrisch betriebenen Schienenverkehrs nicht dem Verkehrs-, sondern dem Kraftwerkssektor und die indirekten Emissionen der Kraftstoffe der Industrie, nämlich der Mineralölverarbeitung, zugeordnet. Eine entsprechende Abgrenzung der THG-Emissionen des **Verkehrs**, also die Betrachtung nur der direkten Emissionen, ist somit unvollständig und in mancher Hinsicht auch aussagegelos. Deshalb sollte sich eine **verkehrsspezifische** Emissionsprognose immer auf die **gesamten**, d. h. die direkten und die indirekten Emissionen beziehen.

Dennoch werden hier auch die **direkten** Emissionen dargestellt, weil sich die international vereinbarte Definition und somit auch das Monitoring der Verpflichtungen gemäß dem Kyoto-Protokoll und dem **Paris-Abkommen** im Rahmen der „Nationalen Inventarberichte“ der Bundesrepublik Deutschland darauf beziehen.

3 Rahmenbedingungen und Modelleingangsgrößen

In diesem Kapitel sind die der Analyse 2019 und dem Bezugsszenario 2030 sowie 2040 zugrunde liegenden Annahmen dokumentiert.

3.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden alle Eingangsgrößen dargestellt, die für die Prognose des Personen- und des Güterverkehrs sowie der THG-Emissionen erforderlich sind. Dabei handelt es sich um die **Rahmenbedingungen** der Prognose. Diese Rahmenbedingungen einer Verkehrsprognose bestehen **traditionell** aus den folgenden Einflussgrößen:

- » Sozioökonomische Strukturdaten, darunter
 - die demographischen Leitgrößen
 - und die gesamt- und branchenwirtschaftlichen Leitgrößen,
- » Verkehrsinfrastruktur und -angebot, insbesondere Straße und Schiene
- » Nutzer und Transportkosten
- » weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen
- » sowie **Pkw-Bestand** und Motorisierungsgrad.

In **jüngerer Zeit** kamen zwei weitere Bereiche hinzu:

- » Insbesondere im Hinblick auf die Klimawirkungen des Verkehrs sind Annahmen zu bestimmten **technologischen Entwicklungen** erforderlich.
- » Die **COVID-19-Pandemie** bzw. die Maßnahmen zu ihrer Eindämmung haben das Verkehrsgeschehen vor allem im Personenverkehr ab März 2020 in einem Ausmaß verändert, das in der Geschichte der Bundesrepublik Deutschland ohne Beispiel ist. In diesem Zusammenhang sind Annahmen zu post-pandemischen Langzeitwirkungen auf das Verkehrsverhalten notwendig.

Dabei stellen die sozioökonomischen Strukturdaten aus Sicht des Verkehrs exogene Leitgrößen dar, die ihrerseits nicht oder nur wenig durch das Verkehrssystem beeinflusst sind. Darunter hat die demographische Entwicklung vor allem Auswirkungen auf den Personennahverkehr, während die **wirtschaftlichen Leitgrößen** die Verkehrsnachfrage sowohl im Güter- als auch im Personenfernverkehr am stärksten bestimmen. Im Güterverkehr bestehen die bedeutenden Modelleingangsgrößen aus

- » branchenwirtschaftlichen Entwicklungen,
- » energiewirtschaftlichen Entwicklungen,
- » wirtschaftlichen Leitvariablen und
- » der Entwicklung des Außenhandels.

Die verkehrspolitischen Rahmenbedingungen beeinflussen vor allem auch die Entwicklung der **Verkehrsmittelnutzer- und Transportkosten**, z. B. durch Steuern und Gebühren. Andere Kostenbestandteile sind jedoch durch die (nationale) Politik nicht oder nur in geringem Maße beeinflussbar (z. B. Energiepreisentwicklung, technischer Fortschritt). Ein weiterer Einflussbereich der Politik ist die Entwicklung der **Verkehrsinfrastruktur** und der Rahmenbedingungen für das Verkehrsangebot. Schließlich können die langfristigen Auswirkungen der Pandemie auf das **Verkehrsverhalten** (Stichwort: Homeoffice) ebenfalls unter die Rahmenbedingungen subsumiert werden.

Der **Pkw-Bestand** stellt grundsätzlich einerseits eine zentrale **Einflussgröße** des Individualverkehrs und – angesichts von dessen Anteil – auch des gesamten Personenverkehrs dar. Andererseits ist er auch als **Prognoseergebnis** zu betrachten, weshalb es denkbar wäre, ihn bei der Prognose des Personenverkehrs zu behandeln. Weil aber die Funktion als Einflussfaktor überwiegt, wird die Bestandsentwicklung innerhalb der Rahmenbedingungen dargestellt, und zwar an deren Ende (vgl. Abschn. 3.8), weil sie auch von den anderen Rahmendaten abhängt. Dies gilt

nicht nur für die sozio-demographischen und sozio-ökonomischen Strukturdaten, sondern auch für die verkehrspolitischen Prämissen. Würden z. B. die Nutzerkosten des Pkw-Verkehrs sehr restriktiv ausgestaltet werden, dann würde dies auch die Entwicklung der Motorisierung tangieren. Dies gilt für dessen gesamte Größe bzw. die der Pkw-Dichte. Die Entwicklung der Bestandsstruktur nach **Antriebsarten**, die erhebliche Auswirkungen auf die THG-Emissionen des Straßen- und des gesamten Verkehrs besitzt, folgt dem entsprechenden Verlauf der Neuzulassungen. Dieser wiederum hängt vor allem vom technischen Fortschritt in der Automobilindustrie in Verbindung mit verkehrspolitischen Entscheidungen ab und wird deshalb bereits dort dargestellt (vgl. Abschn. 3.6).

Über diese Rahmenbedingungen hinaus sind für die Modellberechnungen **weitere Eingangsgrößen** erforderlich, die keinen Charakter von Prämissen, sondern eher denjenigen von **technischen Größen** besitzen. Dazu zählen z. B. die Emissionsfaktoren, die physikalisch festgelegt sind. Auch sie werden in diesem Kapitel dargestellt (vgl. Abschn. 3.9).

Sowohl für das **Bezugs-** als auch für das **Klimaschutzszenario** werden für beide Prognosejahre jeweils Prämissen-Sets definiert, die in die jeweiligen Modellrechnungen Eingang finden. Die Prämissen können für die beiden Entwicklungspfade entweder identisch oder verschieden sein, das gleiche gilt für die Prognosehorizonte.

Die Prämissen für das Bezugsszenario wurden im Rahmen mehrerer Workshops mit dem Auftraggeber diskutiert und abgestimmt. Bei der Festlegung dieser Prämissen wurden auch das **Landeskonzept Mobilität und Klima** und die verkehrs- und umweltpolitischen **Ziele des Landes** Baden-Württemberg berücksichtigt, die wiederum im Koalitionsvertrag der Landesregierung niedergelegt sind. Prämissen und Modelleingangsgrößen für das Bezugsszenario werden im Folgenden dargestellt. Ein kompakter Überblick zu Eingangsdaten, Annahmen und deren Operationalisierung für die Analyse und das Bezugsszenario ist in Anhang A1 gegenübergestellt. Die Ausgestaltung der Prämissen für das Klimaschutzszenario hängt stark von den Ergebnissen des Bezugsszenarios ab und hier insbesondere davon, ob und inwieweit dort die Klimaziele verfehlt werden. Deshalb werden die Prämissen für das Klimaschutzszenario erst im 2. Zwischenbericht auf Basis der Ergebnisse des Bezugsszenarios dargestellt.

3.2 Sozioökonomische Strukturdaten

3.2.1 Demographische Entwicklung

Für die **Einwohnerzahl** Baden-Württembergs liegen aus den letzten Jahren mehrere Prognosen (Bevölkerungsvorausberechnung, BV) vor, die durch Tabelle 3-1 charakterisiert werden können.

Der Vergleich der Ergebnisse zeigt, dass die Projektion des Statistischen Landesamts Baden-Württemberg (StaLA BW) aus dem Jahr 2019 etwas unter, aber doch sehr nahe an der Variante W2 der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung (KBV) des Statistischen Bundesamts (StBA) aus dem gleichen Jahr liegt.

	StaLA BW, BV 2035/60	StBA, 14. Koordinierte BV (14. KBV)	StBA, 1. Mittelfristige BV (MFBV)	StaLA BW, BV 2040/60
Zeitpunkt der Veröffentlichung	April 2019	Juni 2019	Sep. 2021	Jan. 2022 (BW insg.) April 2022 (regional)
Basisjahr	2017	2018	2019	2020
Horizont	2060 (BW) / 2035 (reg.)	2060	2035	2060 (BW) / 2040 (reg.)
Zwischenjahre	Alle (BW) / 2025 (reg.),	Alle	Alle	Alle (BW) / 2025 / 30 / 35 (reg.),
Räumliche Differenzierung	Kreise / Gemeinden	Bundesländer	Bundesländer	Kreise / Gemeinden
Sachliche Differenzierung (Alter)	Einzeljahre (Datenbank)	Einzeljahre	Einzeljahre	bis unter 20 / 60 / 85 / 85+ (Publ.), Einzeljahre (Da- tenbank)
Varianten	2	9	2	3
Unterscheidung der Varianten	Nur bei Wanderungen (Haupt- und Nebenvariante)	je 3 zu Fertilität, Le- benserwartung und Wanderungen	Nur bei Wanderungen ("moderat" und "hoch")	Nur bei Wanderungen (Haupt-, untere und obere Variante)

1) Prognosewerte beginnen mit 2018, Ist-Entwicklung bis 2019 in Kommentierung berücksichtigt

Tabelle 3-1: Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektionen für Baden-Württemberg – Parameter

Dagegen befindet sich die aktuelle StaLA-Projektion vom Januar 2022 deutlich **darunter** (vgl. Tabelle 3-2 und Abbildung 3-1). Selbst die obere Variante liegt bis 2030 klar unter allen drei Varianten der 14. KBV. Vermutlich ist dies dem vergleichsweise geringen Außenwanderungssaldo der Jahre 2020 und 2021 geschuldet. Allerdings waren diese beiden Jahre stark von der COVID-19-Pandemie geprägt. Deshalb halten wir diese Absenkung nicht für sachgerecht und haben diese StaLA-Projektion nicht verwendet, auch wenn wir im Allgemeinen die vor Ort tätigen Institutionen wegen ihrer regionalen Kenntnis präferieren. Ersatzweise haben wir die o. a. Variante W2 des StBA herangezogen.

	2020	2025	2030	2035	2040
StaLA BW, 2019 (Hauptvariante)	11,178	11,303	11,352	11,370	11,336
StBA, 14. KBV					
W1	11,169	11,323	11,339	11,278	11,182
W2	11,169	11,324	11,379	11,402	11,398
W3	11,177	11,393	11,541	11,650	11,742
StBA, 1. MFBV					
Var. "moderater Wanderungssaldo"	11,103	11,133	11,100	11,019	
Var. "hoher Wanderungssaldo"	11,103	11,260	11,371	11,410	
StaLA BW, 2022					
Hauptvariante	11,103	11,137	11,171	11,190	11,209
Obere Variante	11,103	11,184	11,264	11,343	11,421
Untere Variante	11,103	11,092	11,080	11,039	10,998

Tabelle 3-2: Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektion für Baden-Württemberg – Ergebnisse, in Mio.

Mio. Pers.

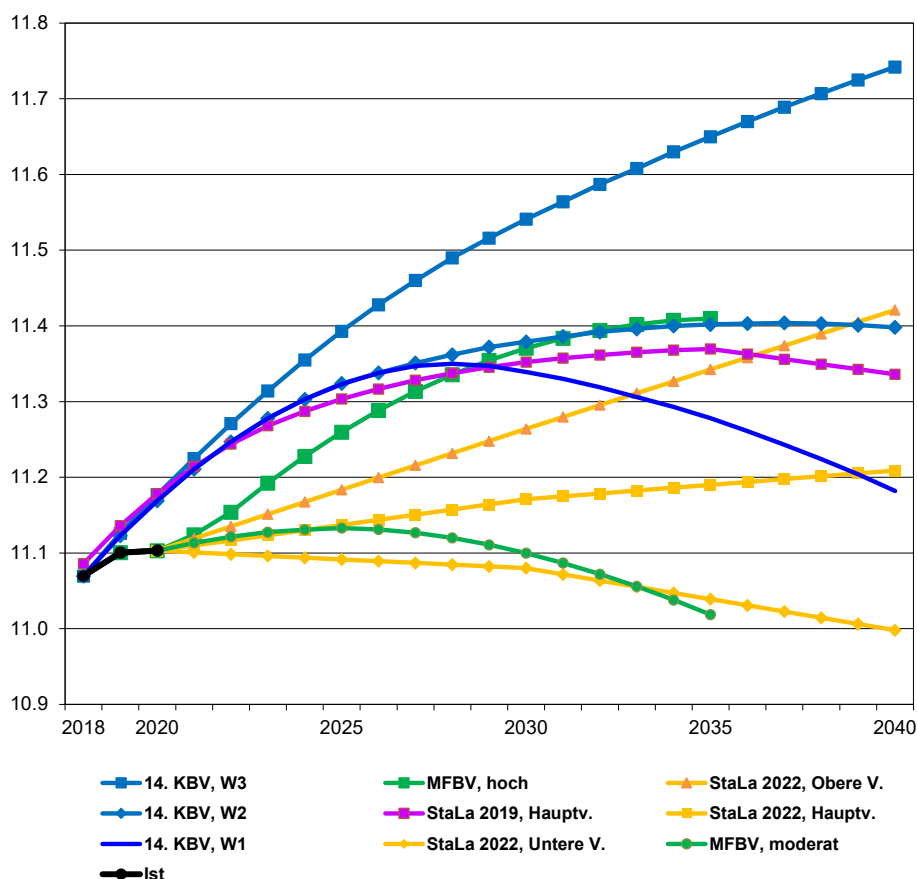


Abbildung 3-1: Vergleich aktueller Bevölkerungsprojektionen in Baden-Württemberg - Ergebnisse

Der Angriffskrieg Russlands gegen die **Ukraine** wird im Jahr 2022 und möglicherweise auch danach zu höheren Außenwanderungssalden Deutschlands führen. Wir gehen aber davon aus, dass sich diese Bewegungen bis zum Jahr 2030, dem ersten Zieljahr dieser Prognose, wieder zurückgebildet haben.

	2019	2030	2040	2030/19	2040/19	2030/19 p. a.	2040/19 p. a.
0-9 Jahre	1,043	1,089	0,979	4,4 %	-6,1 %	0,2 %	-0,2 %
10-17 Jahre	0,831	0,888	0,885	6,8 %	6,4 %	0,3 %	0,2 %
18-64 Jahre	6,967	6,590	6,411	-5,4 %	-8,0 %	-0,3 %	-0,3 %
65 und mehr Jahre	2,259	2,808	3,123	24,3 %	38,3 %	1,0 %	1,1 %
Summe (in Mio. EW)	11,100	11,375	11,398	2,5 %	2,7 %	0,1 %	0,1 %

Tabelle 3-3: Entwicklung der Einwohnerzahl in Baden-Württemberg

Quelle: Statistisches Landesamt, Statistisches Bundesamt

Im Ergebnis steigt, entsprechend Tabelle 3-3 die **gesamte** Einwohnerzahl Baden-Württembergs von 2019 bis zum Jahr 2030 um 2,5 %, danach allerdings kaum mehr (2040/19: 2,7 %). In der **Altersstruktur** wird die Anzahl der Kinder im Alter von unter 10 Jahren bis zum Jahr 2030 noch steigen (4,4 %), anschließend allerdings spürbar sinken, so dass sie zwischen 2019 und 2040 um 6 % abnimmt. Dagegen wird die Zahl der Jugendlichen im Alter von 10 bis unter 18 Jahren bis 2030 zunehmen und danach annähernd stagnieren. Die Zahl der Einwohner im Alter von über 18 Jahren besitzt insbesondere für die Prognose des Pkw-Bestands als zentrale Einflussgröße des Individualverkehrs eine große Bedeutung. Diese sog. "fahrfähige" Bevölkerung wird weiterhin moderat steigen (1,9 % bis 2030 bzw. 3,3 % bis 2040). Innerhalb der Erwachsenen wird die Anzahl der Einwohner im Erwerbsalter (18 bis 64 Jahre) um 5,4 % bis 2030 bzw. 8 % bis 2040

abnehmen. Die Anzahl der Einwohner im Alter von 65 und mehr Jahren wird, wie schon seit geraumer Zeit, weit überdurchschnittlich zunehmen, nämlich um 24 % bis 2030 bzw. 38 % bis 2040. Dies kommt in erster Linie durch die steigende Lebenserwartung zustande, darüber hinaus gerät die Babyboomer-Generation im Prognosezeitraum allmählich ins Rentenalter.

3.2.2 Gesamtwirtschaftliche Entwicklung

Die **gesamtwirtschaftliche Entwicklung** hat in erster Linie Auswirkungen auf den Güterverkehr, aber auch auf den Personenverkehr, bei letzterem vor allem auf die Fahrtweiten und auf den Fernverkehr. Hier besteht seit Jahrzehnten ein empirisch nachweisbarer und kausaler Zusammenhang zwischen dem verfügbaren Einkommen und der Personenverkehrsnachfrage. Operationalisiert wird es durch die Größe „BIP pro Einwohner“.

Das **BIP-Wachstum** zwischen 2019 und 2040 wurde im **bundesdeutschen** Durchschnitt in aktuellen Arbeiten von Economic Trends Research (ETR)¹¹ auf gut 1,3 % p. a. bestimmt. Bei einer nahezu unveränderten Einwohnerzahl bedeutet das pro Kopf ein Plus in nahezu der gleichen Höhe (1,3 % p. a.). Für **Baden-Württemberg** wurde von ETR für das BIP eine etwas höhere Zunahme (1,46 % p. a.) vorausgeschätzt, wobei die Differenz aber durch den ebenfalls etwas höheren Anstieg der Einwohnerzahl kompensiert wird, so dass das BIP pro Kopf wie auf Bundesebene um gut 1,3 % p. a. wächst. In **regionaler** Betrachtung (auf Verkehrszellenebene) streut das Niveau dieser Größe spürbar, deren Anstieg jedoch über längere Zeiträume hinweg nicht sehr.

Die Entwicklung der **Erwerbstätigen** (am Arbeitsort) hat Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen in den Fahrtzwecken Arbeit, Geschäft und bei den Fernpendlern, die ein Bestandteil des Privatverkehrs sind. Generell wird diese Größe in Deutschland immer mehr durch den Rückgang der Zahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter gedrückt. Von ETR wurde für den Zeitraum von 2019 bis 2040 bundesweit ein Minus um insgesamt 10 % bzw. 0,5 % p. a. prognostiziert. Das o. a. BIP-Wachstum entsteht also ausschließlich durch eine zunehmende Arbeitsproduktivität. Für Baden-Württemberg wird wegen des höheren gesamtwirtschaftlichen Wachstums eine geringere Abnahme der Erwerbstätigenzahl um 6,5 % (0,3 % p. a.) erwartet. Sie wurde zunächst je Verkehrszelle an die Zahl der Einwohner im erwerbsfähigen Alter gekoppelt und anschließend mit dem landesweiten Faktor für die steigende Erwerbsquote modifiziert.

3.2.3 Branchenwirtschaftliche Entwicklung

Die weitere wirtschaftliche Entwicklung (vgl. Tabelle 3-4) wird von fast allen Fachexperten positiv eingeschätzt. Von der positiven wirtschaftlichen Entwicklung von gut 1,4 % p. a. werden nicht alle Wirtschaftsbereiche gleich stark profitieren. Mit +1,7 % p. a. wird sich das Verarbeitende Gewerbe im Vergleich zum Agrarsektor, der mit -0,5 % p. a. eine negative Entwicklung aufweist, oder zum Baubereich (+1,0 % p. a.) und dem sonstigen Handels- und Dienstleistungssektor (+1,3 % p. a.), deutlich überdurchschnittlich entwickeln.

Auch innerhalb des Verarbeitendes Gewerbes werden zwischen den einzelnen Branchen stark unterschiedliche Entwicklungen erwartet. So ist die wirtschaftliche Entwicklung aufgrund von Nachfrage- und Verbrauchsrückgängen im Tabakbereich, in der Textil- und Bekleidungsindustrie, bei Papier- und Druckerzeugnissen, in der Mineralölverarbeitung, aber auch in der Chemischen Industrie sowie in der Metallerzeugung und -bearbeitung negativ. In den einzelnen Branchen wird die reale Bruttowertschöpfung zwischen 1,0 % p. a. und 3,4 % p. a. zurückgehen.

Besonders positive Entwicklungen werden im Maschinenbau und bei EBM-Waren (hier werden Wachstumsraten zwischen +2,6 % und +4,3 % p. a. erwartet), in der Holzwarenverarbeitung (+3,2 % p. a.), im sonstigen Fahrzeugbau (Schifffahrt und Schiene; +3,8 % p. a.), sowie bei Nahrungs- und Futtermitteln (+2,4 % p. a.) erwartet. Auch in der Verarbeitung von Glas, Steinen und Erden sowie in der Kunststoffindustrie werden mit jeweils 1,9 % p. a. gute Wachstumschancen gesehen.

¹¹ Wirtschaftsprognose, ETR, bisher unveröffentlicht

	2019	2030	2040	WR 2019- 2040 in % p. a.
Land- und Forstwirtschaft	24,9	23,6	22,5	-0,5%
Produzierendes Gewerbe	754,2	910,9	1.078,6	1,7%
Verarbeitendes Gewerbe	659,2	796,0	943,2	1,7%
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	37,7	49,9	62,5	2,4%
Getränkeherstellung	8,7	10,5	12,0	1,5%
Tabakverarbeitung	13,0	11,5	9,9	-1,3%
Herstellung von Textilien	4,0	3,6	3,3	-0,9%
Herstellung von Bekleidung	2,3	2,0	1,7	-1,4%
Herstellung von Leder, Lederwaren und Schuhen	0,8	0,8	0,8	0,0%
Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)	6,3	9,0	12,2	3,2%
Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	12,3	14,0	15,3	1,0%
Herstellung von Druckerzeug, Vervielfältigung von Ton-, Bild-, Datenträgern	5,1	3,5	2,5	-3,3%
Kokerei und Mineralölverarbeitung	39,2	33,3	28,0	-1,6%
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	44,5	40,6	36,4	-1,0%
Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen	19,5	23,6	27,3	1,6%
Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren	30,2	37,8	44,9	1,9%
Herstellung von Glas, -waren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	17,6	22,0	26,2	1,9%
Metallerzeugung und -bearbeitung	21,0	18,2	15,5	-1,4%
Herstellung von Metallerzeugnissen	50,9	62,3	72,7	1,7%
Herstellung v. DV-Geräten, elektron. u. opt. Erzeugnissen	36,9	59,8	90,0	4,3%
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	43,2	58,0	73,7	2,6%
Maschinenbau	101,7	139,6	180,9	2,8%
Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen	111,7	123,2	131,0	0,8%
Sonstiger Fahrzeugbau	16,5	25,2	36,0	3,8%
Herstellung von Möbeln	6,6	7,0	7,2	0,4%
Herstellung von sonstigen Waren	15,1	22,7	32,0	3,6%
Reparatur u. Installation von Masch. u. Ausrüstungen	14,3	17,8	21,2	1,9%
Bau	166,8	187,9	207,1	1,0%
sonstige Unternehmensbereiche	2.160,2	2.594,5	2.821,5	1,3%
BWS insgesamt	3.106,2	3.602,0	4.129,7	1,4%

Tabelle 3-4: Bruttowertschöpfung in Deutschland in Mrd. € nach Wirtschaftsbereichen (2019-2040; Preise 2019) und deren Wachstumsraten

Quelle: eigene Auswertung auf Basis Wirtschaftsprognose, ETR, bisher unveröffentlicht

Zwar positiv aber, auch im Vergleich zur Vergangenheit, unterproportional ist mit +0,8 % p. a. die erwartete Entwicklung im deutschen Kraftwagenbau (Pkw und Lkw).

3.2.4 Aspekte energiewirtschaftlicher Entwicklung über alle Sektoren

Die weitere energiewirtschaftliche Entwicklung wird von dem klimapolitischen Ziel der Bundesregierung, Klimaneutralität bis zum Jahr 2045 zu erreichen, stark beeinflusst. So ist neben dem im Jahr 2011 getroffenen Atomausstiegsbeschluss bis 2022 im Jahr 2018 auch ein schnellstmöglicher Ausstieg aus der Kohleverstromung beschlossen worden. Der anfänglich für das Jahr 2038 vorgesehene Ausstieg soll nach Planungen der neuen Bundesregierung vorgezogen und beschleunigt werden. Mit einer ähnlichen Entwicklung ist aufgrund steigender CO₂-Emissionspreise auch in der Industrie zu rechnen. Insbesondere in der eisenverarbeitenden und Zementindustrie sind bereits heute starke Bemühungen zu beobachten, den Kohleanteil an der Energiegewinnung und Prozessverarbeitung einzuschränken. Daher wird auch für die Zukunft davon ausgegangen, dass Kohle vollständig durch andere Energieträger ersetzt wird.

Bei einem nur um 20 % sinkenden Endenergieverbrauch (von 2,5 Mio. tWh im Jahr 2019 auf rd. 2,0 Mio. tWh im Jahr 2040) werden nur noch geringe Mengen an fossilen Kraftstoffen und

Heizölen erwartet. Bis 2040 werden diese weitgehend durch PtL-Kraftstoffe, Wasserstoff, sowie Strom ersetzt (vgl. Abbildung 3-2). Pkw und Lkw werden, auch aufgrund des Neuzulassungsverbotes für Verbrennungsmotoren ab 2035, bis 2040 zu einem bedeutenden Anteil auf alternative Antriebe umgestellt. Auch die Gasnachfrage wird zurückgehen, allerdings wird Gas aufgrund noch unzureichender Verfügbarkeiten von Wasserstoff und PtL-Fuels im Jahr 2040 noch in großen Mengen nachgefragt. Der Gasanteil am Endenergieverbrauch wird bis 2040 um rd. 35 % zurückgehen. Hierbei ist auch berücksichtigt, dass noch ein nennenswerter Teil der Stromproduktion mit Gas erzeugt wird.

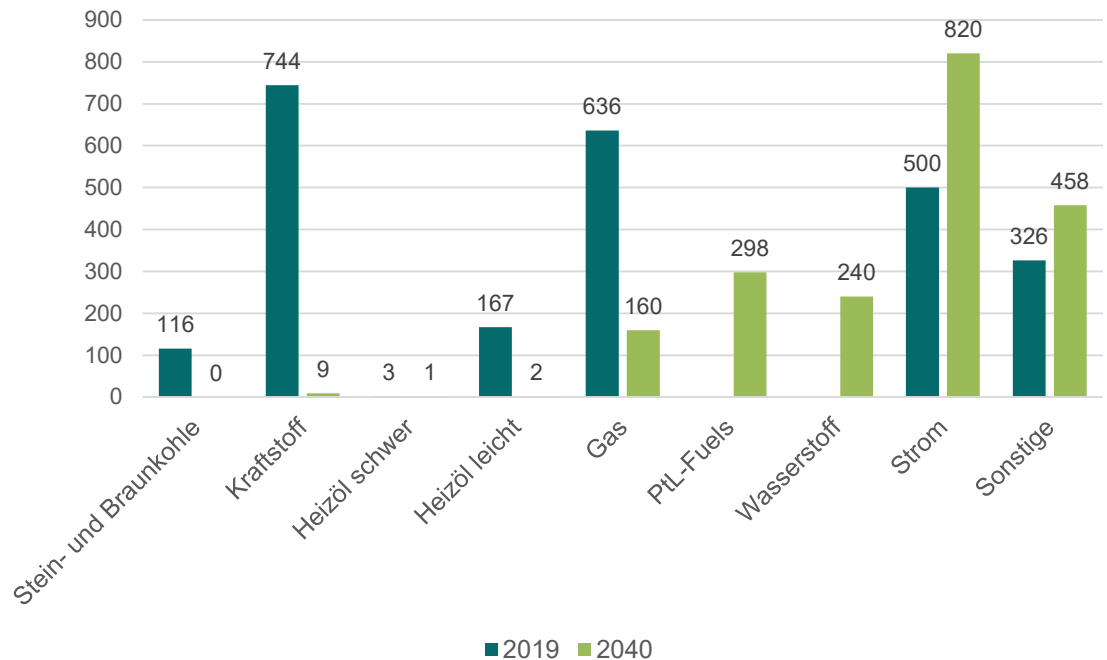


Abbildung 3-2: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in TWh nach Energieträgern zwischen 2019 und 2040

Quelle: eigene Darstellung auf Basis Wirtschaftsprognose, ETR, bisher unveröffentlicht

3.2.5 Wirtschaftliche Leitvariablen

Wirtschaftsverkehr ist eine abgeleitete Nachfrage, die sich aus der Entwicklung der Marktnachfrage (dem Verbrauch) und dem Marktangebot (Produktion) ergibt. Die in den beiden vorhergehenden Kapiteln prognostizierten Entwicklungen werden in den jeweiligen Industrie- und Wirtschaftsbereichen zu unterschiedlichen Auswirkungen auf die Höhe der Produktion und des Verbrauchs führen. Zusammen mit den Einflüssen aus dem Ausland, welche durch die Entwicklung der Im- und Exporte ausgedrückt werden, sind sie bestimmende Leitvariablen für die weitere Entwicklung des Verkehrsaufkommens, hierbei insbesondere des Binnenverkehrs.

Für jede Gütergruppe können über die Kenntnis der bestimmenden Ladung verkehrsbestimmende Wirtschaftsbereiche und damit verbundene Leitvariablen definiert werden, deren weitere Entwicklung die Höhe des Verkehrs in einem wesentlichen Maß mitbestimmen wird. In Tabelle 3-5 ist die Entwicklung solcher bestimmender Leitvariablen gütergruppenspezifisch dargestellt. Im Rahmen der Güterverkehrsprognose dienen sie als Leitgrößen für die Entwicklung des Binnenverkehrs.

NST-Nr.	NST Gütergruppe	Variable	2019	2030	2040
10	Land- und forstwirtsch. Erzeugnisse	Erntemengen Getreide in 1.000 t	44.302	41.799	40.764
		Erntemengen Ölsaaten in 1.000 t	2.830	3.729	3.685
		Rohholzproduktion in 1.000 t	77.821	75.575	81.660
		Rohholzverbrauch in 1.000 t	76.764	76.937	83.166
		Brennholzproduktion in 1.000 t	22.261	17.445	15.509
		Brennholzverbrauch in 1.000 t	22.331	17.621	15.666
		Obstverbrauch in 1.000 t	8.924	9.206	9.020
		Gemüseverbrauch in 1.000 t	9.251	9.705	10.058
21	Steinkohle	Steinkohle-Verbrauch in 1.000 t	41.194	22.309	0
22	Braunkohle	Braunkohle-Verbrauch in 1.000 t	131.419	62.632	400
23	Erdöl und Erdgas	Rohölkapazitäten in 1.000 t	102.655	67.284	14.068
		Erdgasverbrauch in 1.000 t	72.217	57.660	53.638
31	Erze	Eisenerzverbrauch in 1.000 t	38.403	32.028	28.671
		Kupfererzverbrauch in 1.000 t	1.022	1.309	1.495
		Alukonzentrate in 1.000 t	3.373	2.810	2.506
32	Düngemittel	Prod. Stickstoffverbindungen in 1.000 t	5.332	5.634	5.638
		Prod. Kalisalze in 1.000 t	2.800	3.692	3.755
		Kali- und Kalkverbrauch in 1.000 t	3.275	3.143	3.309
		Stickstoff- u. Phosphatverbrauch in 1.000 t	1.543	1.586	1.457
33	Steine und Erden	Produktion Sand, Steine, Erden in Mio. t	577	596	630
40	Nahrungs- und Genussmittel	BWS Nahrungs- und Genussmittel in Mrd. €	59.421	71.604	84.504
		Erntemengen an Futterpflanzen in 1.000 t	90.717	105.541	108.492
		Großviehbestand (ohne Hühner) in 1.000 Stück.	39.250	38.481	37.202
50	Textilien, Bekleidung, Leder	Umsatzentwicklung in 1.000 €	18.945	20.605	20.899
		Papierverbrauch in 1.000 t	18.874	19.429	19.205
		Papierproduktion in 1.000 t	22.073	22.112	21.967
60	Holzwaren, Papier, Papier, Druckerei	Zellstoffverbrauch in 1.000 t	3.496	3.487	2.972
		Zellstoffproduktion in 1.000 t	1.598	1.600	1.600
		Schnittholzproduktion in 1.000 t	37.187	40.351	45.919
		Schnittholzverbrauch in 1.000 t	32.606	35.191	39.079
71	Koks	Kokseinsatz in der Stahlind. in 1.000 t	8.670	5.588	0
72	Mineralölerzeugnisse	Mineralölproduktverbrauch in 1.000 t	108.778	70.000	13.931
		Raffinerieproduktion in 1.000 t	85.658	63.277	13.230
80	Chemische Erzeugnisse	Produktionsindex (2015_100)	96.4	96.7	95.2
90	Sonstige Mineralerzeugnisse	Produktion Sand, Steine, Erden in Mio. t	577	596	630
		Produktion Zement in 1.000 t	35.441	32.631	33.429
		Produktion Glas in 1.000 t	6.468	6.455	6.608
		Produktion sonst. Baustoffe in 1.000 t	96.335	103.383	123.592
		Verbrauch Sand, Steine, Erden in Mio. t	564	589	618
		Verbrauch Zement in 1.000 t	27.750	30.284	32.577
		Verbrauch Glas in 1.000 t	5.075	5.184	5.318
		Verbrauch sonst. Baustoffe in 1.000 t	92.166	104.001	119.700
100	Metalle und Metallerzeugnisse	Rohstahlproduktion in 1.000 t	39.700	38.554	36.172
		Walzstahlproduktion in 1.000 t	34298	33.542	32.193
		Elektrostahlproduktion in 1.000 t	11.910	15.445	15.486
		Stahlverbrauch in 1.000 t	35.100	41.387	41.812
		Aluminiumverbrauch in 1.000 t	3.204	3.606	4.145

NST-Nr.	NST Gütergruppe	Variable	2019	2030	2040
		Aluminiumproduktion in 1.000 t	1.200	1.116	1.047
		Kupferverbrauch in 1.000 t	1.138	1.545	1.765
		Kupferproduktion in 1.000 t	628	772	882
110	Maschinen und Ausrüstungen	Umsatz in Mio. €	278.725	318.533	387.897
120	Fahrzeuge	Pkw Neuzulassungen in 1.000	3.607	3.363	3.372
		Pkw Produktion in 1.000	4.664	5.960	5.929
		Pkw-Bestand in 1.000	47.716	51.374	52.864
130	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, etc.	Mischgütergruppe; deswegen BIP in Mrd. € (Preise 2019)	3.449	3.976	4.513
		Altpapierverbrauch in 1.000 t	17.154	17.364	17.689
140	Sekundärrohstoffe, Abfälle	Altpapieraufkommen in 1.000 t	14.752	15.835	15.844
		Schrottverbrauch in 1.000 t	18.440	23.940	24.003
		Abfallaufkommen in 1.000 t	416.536	423.576	414.629
		Abfallverwendung in 1.000 t	420.258	443.137	349.425

Tabelle 3-5: Entwicklung von gütergruppenspezifisch relevanten Leitvariablen (2019 - 2040)

Quelle: eigene Darstellung auf Basis Wirtschaftsprognose, ETR, bisher unveröffentlicht

3.2.6 Entwicklung des Außenhandels

Die Entwicklung grenzüberschreitender Verkehre ist von der Entwicklung des Außenhandels abhängig. Hierbei kann zwischen deutschen Außenhandelsverkehren und Durchgangs- bzw. Transitverkehren von Drittstaaten differenziert werden. Letztere hängen von der Außenhandelsentwicklung dieser sog. Transitländer ab. Da prinzipiell alle europäischen Staaten Verkehre über Deutschland umsetzen können, sind zur Erfassung dieser Verkehre Außenhandels-Prognosen für Deutschland und alle anderen europäischen Staaten durchgeführt worden.

Die Prognose des Außenhandels erfolgt getrennt nach Ein- und Ausfuhr (Im- bzw. Exporten) sowie nach den relevanten NST Gütergruppen. Hierbei erfolgte eine Konzentration auf die NST Gütergruppen 1 bis 14, da es sich hier um Gütergruppen mit einem Wirtschafts- und Warenbezug handelt. Die restlichen 6 Gütergruppen sind Sammelgütergruppen oder erfassen Spezialverkehre.

Da die im Güterverkehr abgebildeten NST Gütergruppen selbst teilweise stark heterogene Güteraggregate sind, sind für die Bestimmung der Außenhandelsentwicklungen die 19 relevanten NST-Gütergruppen der Verkehrsprognose in 34 feinere Güterbereiche aufgesplittet worden, für welche die Außenhandelsentwicklung separat geschätzt wurde. Hierüber können im Einzelfall und wenn erforderlich unterschiedliche Entwicklungen zwischen den Gütergruppen innerhalb der Güteraggregate besser erfasst und auf einzelne Relationen gezielt angewendet werden.

Für die Umsetzung in der Verkehrsprognose können die 34 Feingütergruppen wieder in die entsprechenden NST-Gütergruppen aggregiert werden. In den folgenden Darstellungen wird die Entwicklung nach den Feingütergruppen abgebildet. Die Gütergruppen sind mit Güternummern versehen; der Zusammenhang zu den offiziellen NST-Gütergruppen kann bei zweistelligen Güternummern über die erste Ziffer und bei dreistelligen über die ersten zwei Ziffern erschlossen werden.

3.2.6.1 Entwicklung des deutschen Außenhandels

Die Prognose baut auf einer Analyse der Außenhandelsentwicklung zwischen 1992 und 2020 auf. Die deutschen Außenhandelszahlen sind der COMTRADE Datenbank der EU entnommen worden. Die Prognoseansätze unterscheiden sich für die einzelnen Gütergruppen. Herangezogen werden Trendrechnungen, Korrelationen mit gesamtwirtschaftlichen Rahmenprognosen und Plausibilitätsüberlegungen. Trendrechnungen und Korrelationen werden entweder direkt für die Außenhandelsmengen der betreffenden Gütergruppen durchgeführt oder für diese Mengen determinierende Variablen (Pro-Kopf-Verbrauch, Industrieproduktion, spez. Düngemiteleininsatz je ha u. ä.).

Die Abschätzung der einzelnen Rahmendaten erfolgte mit Hilfe der vorliegenden Strukturdatenprognose bis zum Jahr 2040. In der Zusammenfassung nach den feinen Gütergruppen ergeben sich folgende Ergebnisse.

Die Einfuhrmengen werden von 651 Mio. t im Jahr 2019 auf 544 Mio. t im Jahr 2040 (vgl. Tabelle 3-6) und die Ausfuhrmengen von 427 Mio. t auf 415 Mio. t (Tabelle 3-7) absinken. Hierbei fällt der Rückgang der Einfuhrmengen mit -0,8 % p. a. zwischen 2019 und 2040 deutlich stärker aus als der der Ausfuhrmengen mit -0,1 % p. a.

Das höchste Wachstum ist auf der Einfuhrseite bei EBM-Waren (+1,9 % p. a.), Nahrungs- und Genussmitteln (+1,8 % p. a.), Schrott (+1,2 % p. a.), Chemischen Erzeugnissen (+1,1 % p. a.), NE-Metallen, sonstigen Mineralprodukten, Schnittholz (+1,2 % bzw. +1,1 % p. a.) sowie Stahl (0,9 % p. a.) und Gemüse mit 0,8 % p. a. zu erwarten. Diese Gütergruppen machen insgesamt rd. 30 % der Einfuhren aus.

Die Einfuhren an Stein-, Braunkohle und Koks (-100 %), Rohöl (-7,2 % p. a.), Mineralölprodukten (-3,1 % p. a.), Eisenerzen (-1,3 % p. a.), Lebenden Tieren (-1,2 % p. a.), Altpapier und Zellstoff (-1,0 % p. a.), Erdgas (-0,8 % p. a.), sowie an Fahrzeugteilen, NE-Metallerzen und Düngemitteln (jeweils -0,4 % p. a.) werden am stärksten zurückgehen. Der Anteil dieser stark zurückgehenden Gütergruppen lag im Jahr 2019 bei rd. 45 %.

Auf der Ausfuhrseite sind die höchsten Zuwächse bei Getreide (+1,7 % p. a.), Fahrzeugen (+1,5 % p. a.), Nahrungs- und Genussmitteln (1,2 % p. a.), Schnittholz (+1,2 % p. a.), Futtermitteln (+1,0 % p. a.), Düngemitteln (+0,9 % p. a.), Textilien, Chemischen Erzeugnissen und EBM-Waren (+0,7 % p. a.) sowie Gemüse (+0,6 % p. a.) zu erwarten. Der Anteil dieser Gütergruppen macht im Jahr 2019 rd. 50 % an den Gesamtausfuhren aus. Auch auf der Ausfuhrseite sind die größten Rückgänge bei Erdöl und Kohlegütergruppen zu erwarten (-100 %), weiter überproportional rückläufige Entwicklungen sind bei Mineralölprodukten (-10,3 % p. a.), Erdgas (-2,8 % p. a.), Schrott (-2,6 % p. a.), Lebenden Tieren (-1,4 % p. a.), Zement (-1,0 % p. a.) und Ölsaaten (-0,8 % p. a.) sowie Altpapier und Zellstoff (-0,5 % p. a.) zu erwarten. Diese Gütergruppen machen einen Anteil von insgesamt 17 % an den Gesamtausfuhren im Jahr 2019 aus.

GG	Name	2010	2015	2019	2030	2040	Wachstum 2010-2019 in % p. a.	Wachstum 2019-2040 in % p. a.
GG 11	Getreide	8.550	10.314	10.670	11.373	12.076	2,5 %	0,6 %
GG 12	Gemüse	4.753	4.831	5.067	5.553	6.038	0,7 %	0,8 %
GG 13	Obst	5.457	5.799	5.896	6.218	6.540	0,9 %	0,5 %
GG 14	Rohholz	8.562	10.380	8.019	8.783	9.547	-0,7 %	0,8 %
GG 15	Ölsaaten und Futterpflanzen	6.672	9.491	10.327	10.678	11.028	5,0 %	0,3 %
GG 16	Lebende Tiere	1.514	1.453	1.368	1.211	1.053	-1,1 %	-1,2 %
GG 21	Steinkohle (ohne Koks)	39.367	56.261	40.993	20.497	0	0,5 %	-100,0 %
GG 22	Braunkohle	1.201	1.271	1.138	569	0	-0,6 %	-100,0 %
GG 23	Erdöl	91.292	90.484	85.871	51.913	17.954	-0,7 %	-7,2 %
GG 24	Erdgas	83.240	94.622	115.280	105.837	96.394	3,7 %	-0,8 %
GG 31	Eisenerze	43.207	42.043	39.020	34.297	29.573	-1,1 %	-1,3 %
GG 32	NE Metallerze	5.418	5.998	6.003	5.759	5.514	1,1 %	-0,4 %
GG 33	Düngemittel	5.247	5.248	4.314	4.148	3.981	-2,2 %	-0,4 %
GG 35	Natursteine, Kies, Sand, Ton und Kaolin	25.249	21.500	24.600	25.318	26.035	-0,3 %	0,3 %
GG 41	NuG	28.660	30.161	33.394	40.793	48.192	1,7 %	1,8 %
GG 42	Futtermittel	7.515	8.279	8.247	8.394	8.541	1,0 %	0,2 %
GG 50	Textilien	6.741	7.293	7.380	7.893	8.405	1,0 %	0,6 %
GG 61	Schnittholz und Schnittholzprodukte	7.591	8.879	9.296	10.562	11.828	2,3 %	1,2 %
GG 62	Papier	14.634	14.771	13.624	13.358	13.091	-0,8 %	-0,2 %
GG 71	Koks	4.245	2.330	1.936	968	0	-8,4 %	-100,0 %
GG 72	Mineralölprodukte	43.731	47.018	56.074	42.633	29.192	2,8 %	-3,1 %
GG 80	Chemie	41.587	43.653	50.741	57.527	64.313	2,2 %	1,1 %
GG 91	Glas	2.519	2.588	2.665	2.665	2.665	0,6 %	0,0 %
GG 92	Zement	3.663	3.791	3.408	3.662	3.915	-0,8 %	0,7 %
GG 93	sonst. Min.. Prod.	2.984	3.916	4.287	4.863	5.438	4,1 %	1,1 %
GG 101	Stahl	25.752	28.126	26.189	29.029	31.868	0,2 %	0,9 %
GG 102	NE-Metalle und Halbzeug	5.990	6.176	6.066	6.856	7.646	0,1 %	1,1 %
GG 110	Maschinen, EBM-Waren	20.062	23.254	25.666	31.844	38.021	2,8 %	1,9 %
GG 121	Fahrzeugteile	3.462	4.725	5.024	4.813	4.602	4,2 %	-0,4 %
GG 122	Fahrzeuge	4.404	5.622	7.581	7.957	8.333	6,2 %	0,5 %
GG 130	Sonstige Fertigwaren	11.987	14.039	12.713	13.654	14.594	0,7 %	0,7 %
GG 141	Schrott	7.288	6.508	6.206	7.077	7.948	-1,8 %	1,2 %
GG 142	Altpapier und Zellstoff	7.673	7.516	7.982	7.189	6.396	0,4 %	-1,0 %
GG 143	sonst. Abfälle	1.567	3.608	3.524	3.399	3.273	9,4 %	-0,4 %
Summe		581.784	631.948	650.569	597.279	543.989	1,2 %	-0,8 %

Tabelle 3-6: Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Einfuhren Deutschlands zum Jahr 2040 in 1.000 t

Quelle: eigene Darstellung

GG	Name	2010	2015	2019	2030	2040	Wachstum 2010-2019 in % p. a.	Wachstum 2019-2040 in % p. a.
GG 11	Getreide	12.159	14.589	7.894	10.539	13.184	-4,7 %	2,5 %
GG 12	Gemüse	2.315	2.392	2.820	3.082	3.344	2,2 %	0,8 %
GG 13	Obst	897	890	724	740	755	-2,4 %	0,2 %
GG 14	Rohholz	6.050	5.838	10.292	9.652	9.011	6,1 %	-0,6 %
GG 15	Ölsaaten und Futterpflanzen	488	334	282	252	221	-5,9 %	-1,2 %
GG 16	Lebende Tiere	803	975	859	783	706	0,8 %	-0,9 %
GG 21	Steinkohle (ohne Koks)	277	178	463	232	0	5,9 %	-100,0 %
GG 22	Braunkohle	3.450	4.422	2.725	1.363	0	-2,6 %	-100,0 %
GG 23	Erdöl	343	59	107	54	0	-12,1 %	-100,0 %
GG 24	Erdgas	13.676	28.401	55.367	49.062	42.756	16,8 %	-1,2 %
GG 31	Eisenerze	32	69	617	760	902	38,9 %	1,8 %
GG 32	NE Metallerze	647	582	666	637	607	0,3 %	-0,4 %
GG 33	Düngemittel	7.598	8.043	7.819	8.842	9.864	0,3 %	1,1 %
GG 35	Natursteine, Kies, Sand, Ton und Kaolin	44.779	37.943	37.008	37.712	38.415	-2,1 %	0,2 %
GG 41	NuG	32.883	35.011	37.513	42.853	48.192	1,5 %	1,2 %
GG 42	Futtermittel	8.624	9.687	9.059	9.954	10.849	0,5 %	0,9 %
GG 50	Textilien	4.555	5.086	5.098	5.520	5.942	1,3 %	0,7 %
GG 61	Schnittholz und Schnittholzprodukte	10.186	9.883	11.280	12.929	14.577	1,1 %	1,2 %
GG 62	Papier	19.250	18.675	18.247	17.907	17.566	-0,6 %	-0,2 %
GG 71	Koks	245	403	800	400	0	14,1 %	-100,0 %
GG 72	Mineralölprodukte	21.127	31.322	31.350	17.629	3.907	4,5 %	-9,4 %
GG 80	Chemie	56.698	59.902	65.502	69.626	73.750	1,6 %	0,6 %
GG 91	Glas	3.744	3.672	4.088	4.022	3.955	1,0 %	-0,2 %
GG 92	Zement	8.723	7.933	8.146	7.707	7.267	-0,8 %	-0,5 %
GG 93	sonst. Min. Prod.	8.610	8.169	8.399	8.865	9.330	-0,3 %	0,5 %
GG 101	Stahl	26.228	25.614	24.994	24.419	23.844	-0,5 %	-0,2 %
GG 102	NE-Metalle und Halbzeug	3.553	4.116	4.393	4.155	3.916	2,4 %	-0,5 %
GG 110	Maschinen, EBM-Waren	22.236	24.245	25.036	27.165	29.294	1,3 %	0,8 %
GG 121	Fahrzeugteile	4.411	5.791	6.155	4.866	3.577	3,8 %	-2,6 %
GG 122	Fahrzeuge	10.431	12.750	11.655	14.921	18.186	1,2 %	2,1 %
GG 130	Sonstige Fertigwaren	14.198	14.763	12.456	11.905	11.354	-1,4 %	-0,4 %
GG 141	Schrott	11.334	9.841	10.237	7.804	5.370	-1,1 %	-3,0 %
GG 142	Altpapier und Zellstoff	3.726	3.170	3.044	2.783	2.522	-2,2 %	-0,9 %
GG 143	sonst. Abfälle	1.223	2.084	1.631	1.470	1.309	3,3 %	-1,0 %
Summe		365.499	396.832	426.726	420.600	414.473	1,7 %	-0,1 %

Tabelle 3-7: Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Ausfuhren Deutschlands zum Jahr 2040 in 1.000 t

Quelle: eigene Darstellung

Die Übersicht der Außenhandelsentwicklung nach Ladungskategorien zeigt eindeutig, dass die negative Entwicklung im deutschen Außenhandel ausschließlich auf die starken Rückgänge bei trockenen und flüssigen Massengütern (Stein- und Braunkohle, Koks, Eisenerz, Zement, Erdöl, Mineralölprodukte, Erdgas) zurückzuführen ist (vgl. Tabelle 3-8). Diese Entwicklung ist mit den energiewirtschaftlichen Vorgaben, die eine Substitution fossiler durch alternative Brennstoffe bedingen, sowie den dadurch verbundenen Auswirkungen auf energieintensive Produktionen im Stahlbereich verbunden. Der Außenhandel mit Stückgütern (Maschinen, EBM-Waren, Nahrungs- und Genussmittel, Holzprodukte etc.) bzw. mit massenhaften Stückgütern wie Fahrzeugen und Schrott wird auch in Zukunft sowohl bei den Im- als auch bei den Exporten eine positive Entwicklung aufweisen.

Ladungskategorie	2010	2015	2019	2030	2040	WR 2010-2019 in % p. a.	WR 2019-2040 in % p. a.
Importe							
trockene Massengüter	151,9	170,1	154,2	129,1	103,9	0,2%	-1,9%
flüssige und gasförmige Massengüter	218,3	232,1	257,2	200,4	143,5	1,8%	-2,7%
massenhaftes Stückgut	20,3	22,5	21,8	23,8	25,8	0,8%	0,8%
Stückgüter	191,4	207,2	217,4	244,1	270,7	1,4%	1,0%
Summe	581,8	631,9	650,6	597,3	544,0	1,2%	-0,8%
Exporte							
trockene Massengüter	88,2	86,3	77,1	79,9	82,6	-1,5%	0,3%
flüssige und gasförmige Massengüter	35,1	59,8	86,8	66,8	46,7	10,6%	-2,9%
massenhaftes Stückgut	27,8	28,4	32,2	32,4	32,6	1,6%	0,1%
Stückgüter	214,3	222,4	230,6	241,6	252,6	0,8%	0,4%
Summe	365,5	396,8	426,7	420,6	414,5	1,7%	-0,1%

Tabelle 3-8: Außenhandel Deutschlands nach Ladungskategorien 2010-2040 in Mio. t

Quelle: eigene Darstellung

3.2.6.2 Entwicklung des Außenhandels der Transitländer

Für die Entwicklung des Außenhandels der Transitstaaten werden Daten aus der Eurostat Datenbank COMTRADE, sowie für die Nicht-EU Staaten auf den Daten der UN ausgewertet. Aus diesen Daten gehen die Außenhandelsmengen in Tonnen sowie die Außenhandelswerte in EUR bzw. in USD hervor. Über diese Daten können die Außenhandelsverkehre in folgender Detailtiefe dargestellt werden:

- » Außenhandelsrichtung (Import und Export)
- » Gütergruppe (SITC 3-Steller)
- » Außenhandelspartner (differenziert nach allen Staaten der Erde)
- » Außenhandelsmenge in t
- » Außenhandelswert in EUR oder USD

Da die Datensätze nach SITC 3-Stellern vorliegen, werden sie für die Prognose nach dem Umrechnungsschlüssel in NST-Gütergruppen umgeschlüsselt.

Für die meisten Transitländer liegen Daten ab dem Jahr 1999 vor. Während die Datenverfügbarkeit für einige Staaten auch die Jahre ab 1992 bzw. 1995/1996 umfasst, waren für andere Staaten nur Daten ab den mittleren 2000ern verfügbar, z. B. für Montenegro erst ab 2007. Tabelle 3-9 stellt die Datenverfügbarkeit der Transitländer im Detail dar.

Transitland	Zeitraum
Belgien, Dänemark, Spanien, Frankreich, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Niederlande, Portugal	1992 - 2019
Österreich, Schweiz, Finnland, Island, Norwegen, Schweden	1995 - 2019
Albanien, Moldawien, Russland, Ukraine, Türkei	1996 - 2019
Nord-Mazedonien	1997 - 2019
Belarus	1998 - 2019
Bulgarien, Zypern, Malta, Tschechische Republik, Estland, Ungarn, Litauen, Luxemburg, Lettland, Polen, Rumänien, Slowenien, Slowakei	1999 - 2019
Kroatien	2001 - 2019
Bosnien und Herzegowina	2003 - 2019
Serbien	2005 - 2019
Montenegro	2007 - 2019

Tabelle 3-9: Datenverfügbarkeit der Transitländer

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von COMTRADE Daten

Soweit möglich, wurde auf Daten von Eurostat zurückgegriffen, um Umrechnungsdifferenzen zu verringern und möglichst einheitliche Daten zu erhalten. Daher wurden z. B. für Kroatien nur Daten ab 2007 einbezogen, da für die Jahrgänge davor nur Daten von der UN-Datenbank verfügbar waren.

Teilweise sind in den Datensätzen Mengenangaben nicht als Tonnen verfügbar, sondern werden in Stück-, Volumen- oder Längen angegeben. In diesen Fällen wurde das Gewicht der Menge mit statistischen Methoden und unter Hinzunahme zusätzlicher Informationen geschätzt.

Die Außenhandelsprognose für die oben aufgeführten Transitstaaten erfolgt mittels Zeitreihentrendanalysen in sechs Stufen. In allen Stufen erfolgen detaillierte Kontrollen der Ergebnisse, um Ausreißer oder nicht glaubwürdige Entwicklungen auszuschließen.

- » **1. Stufe:** In einem ersten Schritt erfolgt für jedes der o. g. Transitländer die Bestimmung der monetären Außenhandelsströme (in konstanten Preisen) differenziert nach Einfuhren und Ausfuhren mittels Trendprognosen der Außenhandelsentwicklung in Abhängigkeit der Entwicklung des Bruttoinlandsproduktes des jeweiligen Landes. Diese ist von ETR¹² in der aktuellen Wirtschaftsprognose abgeschätzt worden. Die Hochrechnung erfolgt mittels Trendrechnungen aus der Vergangenheitsentwicklung, wobei mehrere lineare und logarithmische Trendfunktionen im Rahmen des Prognoseprozesses auf ihre Eignung geprüft werden.
- » **2. Stufe:** Anschließend erfolgt eine Verteilung der Summe der prognostizierten Im- und Exportwerte auf die einzelnen Gütergruppen differenziert nach der Verkehrsrichtung. Dies wird über Trendprognosen der Anteile der gütergruppenspezifischen Außenhandelswerte in Bezug auf die Entwicklung des gesamten monetären Außenhandels des jeweiligen Staates umgesetzt. Die Ergebnisse werden anschließend mit Branchenprognosen oder über Alternativrechnungen mit Hilfe weiterer Leitgrößen überprüft.
- » **3. Stufe:** Zur Ableitung der Mengenentwicklung in Tonnen nach Gütergruppen wird anschließend wie folgt verfahren: Für die Stützperiode (1992 – 2019) werden, da sowohl Wert- als auch Mengenreihen für jede Gütergruppe zur Verfügung stehen, Preise pro Tonne Außenhandelsmenge ermittelt. Diese Werte werden für die Prognosejahre bis 2040 mit Hilfe logarithmischer Trendfunktionen extrapoliert, so dass für den Prognosezeitraum je Land, Verkehrsrichtung und Gütergruppe eine Wertentwicklung in €/t vorliegt.

¹² Wirtschaftsprognose, ETR, bisher unveröffentlicht

- » **4. Stufe:** Durch Division der in Stufe 2 entwickelten Wertprognosen nach Gütergruppen durch die Wertentwicklung je Gütergruppe können die je Transitland und Verkehrsrichtung prognostizierten Außenhandelsmengen je Gütergruppe abgeleitet werden.
- » **5. Stufe:** In einem weiteren Schritt werden die güterspezifischen Prognosen des Außenhandelsverkehrs auf 17 Außenhandelsregionen¹³ verteilt. Diese Verteilung auf die 17 Außenhandelsregionen erfolgt in Abhängigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung der Partnerländer über Trendprognosen der Anteile der einzelnen Regionen am Gesamtverkehr der einzelnen Gütergruppen.
- » **6. Stufe:** Im letzten Schritt erfolgt für die europäischen Außenhandelsregionen eine weitere Splittung des prognostizierten Verkehrs auf die betroffenen Handelspartner, ebenfalls in Abhängigkeit der wirtschaftlichen Entwicklung. Für die außereuropäischen Außenhandelsregionen erfolgt keine weitere Differenzierung

Über diesen Prozess wurden mit den geschätzten zukünftigen BIP-Entwicklungen Prognosen je Land, Gütergruppe und Richtung erstellt. Auftretende unplausible Entwicklungen wurden unter Berücksichtigung zusätzlicher Schätzungen angepasst.

In der Vergangenheit¹⁴ (für den Zeitraum zwischen 2010 und 2019) sind die Importe der westeuropäischen Staaten aufgrund des höheren Ausgangsniveaus mit 1,0 % p. a. deutlich langsamer angestiegen als die Importe der südosteuropäischen Staaten mit 3,0 % p. a. Besonders stark haben sich hierbei die Importe Maltas (6,6 % p. a.), Ungarns und Serbiens (+5,0 % p. a.), Rumäniens (+4,7 % p. a.), der Türkei (4,1 % p. a.), Russlands (+3,7 % p. a.), der baltischen Staaten (zwischen 3,7 % p. a. und 5,9 % p. a.) und von Polen entwickelt. Bei den westeuropäischen Staaten sind überdurchschnittliche Wachstumsraten von über 2,0 % p. a. in Dänemark, den Niederlanden, Belgien und Island zu beobachten (vgl. Tabelle 3-10:).

Ähnlich wie auch in Deutschland wird der Rückgang an Einfuhren von Energie- und Massengütern als Folge der klimapolitischen Vorgaben dazu führen, dass die Importe der westeuropäischen Staaten um -0,9 % p. a. bis 2040 sinken werden. Dies zeigt insbesondere die Entwicklung nach Gütergruppen (vgl. Tabelle 3-12), aus der deutlich zu erkennen ist, dass die Einfuhren an Kohle (-6,3 % p. a.), Erdöl (-77 % p. a.), Mineralölprodukten (-4,5 % p. a.) und Erdgas (-1,7 % p. a.) sich stark reduzieren werden. Hiervon überdurchschnittlich betroffen werden die Einfuhren der Niederlande mit -1,9 % p. a., Finnlands (-1,5 % p. a.), Großbritanniens (-1,4 % p. a.), Italiens (-1,0 % p. a.) und Spaniens (-1,0 % p. a.) sein. Länder, deren Einfuhren nicht so stark von den Energiegütern dominiert werden, werden jedoch auch insgesamt positive Einfuhrentwicklungen aufweisen, wie. z. B. die Schweiz (+0,3 % p. a.), Österreich (+0,2 % p. a.) und Dänemark (+0,2 % p. a.). In solchen Ländern dominieren dann die Einfuhren an Maschinenbauprodukten, Fahrzeugen und Fahrzeugteilen, Chemischen Erzeugnissen, Nahrungs- und Genussmitteln und anderen Stückgütern (vgl. Tabelle 3-11).

In vielen südosteuropäischen Ländern ist zunächst zu berücksichtigen, dass die klimapolitischen Anpassungen verzögert und langsamer verlaufen werden als in den westeuropäischen Staaten. Auch sind hier die Nachholeffekte und damit verbundenen Wachstumserwartungen aus der sich schneller entwickelnden Kaufkraftentwicklung stärker, sodass wir insgesamt einen deutlichen Anstieg der Importe um insgesamt 0,8 % p. a. erwarten. Überdurchschnittlich werden sich die Importe Montenegros (2,0 % p. a.), Zyperns (2,0 % p. a.), Nord-Mazedoniens (1,6 % p. a.), Sloweniens (1,4 % p. a.), Rumäniens und der Türkei (1,3 % p. a.) sowie Polens (1,2 % p. a.) entwi-

¹³ Hierbei handelt es sich um Westeuropa, Nordeuropa, Mitteleuropa, Südosteuropa, Nordafrika, Westafrika, Ostafrika, Südafrika, Nordamerika, Mittelamerika, Südamerika, Naher-Osten, Westasien, Südostasien, Fernost, Ozeanien, sonstige Regionen.

¹⁴ Außenhandelsdaten für die europäischen Transitländer liegen über die EU-COMTRADE Datenbank in unterschiedlicher zeitlicher Länge vor, für die nicht-EU-Staaten über die Daten der UN. Für die meisten EU-Länder liegen diese Daten seit 1992 oder 1995 vor, für die später in die EU aufgenommenen Staaten jedoch i.d.R. erst ab 2004. Einige der europäischen Staaten sind erst in den 90er sowie in den 2000er Jahren gegründet worden. Somit können Daten in diesen Fällen erst ab Staatsgründung vorliegen. Die Auswertungen konzentrieren sich auf den einheitlich verfügbaren Zeitraum zwischen 2010 und 2019. Wenn von einer Vergangenheitsentwicklung gesprochen wird, dann ist immer von diesem Zeitraum die Rede, auch wenn intern mehr Daten zur Verfügung stehen, die auch für die Prognoseerstellung berücksichtigt worden sind.

ckeln. Hierbei handelt es sich i. d. R. um Staaten, die auch auf eigene Energieträgerquellen zurückgreifen können, sodass der Rückgang von Einfuhren an fossilen Energieträgern nicht so stark die Importentwicklung belastet.

Die vergangene Entwicklung (2010-2019) verlief auch bei den Exporten (vgl. Tabelle 3-11) ähnlich wie auf der Importseite. Auch hier ist die Entwicklung bei den südosteuropäischen Staaten mit 3,8 % p. a. (2010-2019) deutlich steiler gewesen als bei den westeuropäischen Staaten (+1,4 % p. a.). Überdurchschnittlich hoch verliefen bei den westeuropäischen Staaten die Exporte Belgiens (+4,6 % p. a.), Spaniens (+3,7 % p. a.), Irlands (+3,1 % p. a.), Portugals (+2,8 % p. a.) und Finnlands (+2,2 % p. a.). Bei den südosteuropäischen Staaten wurde in der Vergangenheit das größte Wachstum in Zypern mit 11,4 % p. a. realisiert. Überdurchschnittlich hohe Wachstumsraten hatten auch mehrere kleinere Staaten wie Moldau (+9,2 % p. a.), Weißrussland (+6,6 % p. a.), Montenegro (+5,6 % p. a.), Bulgarien und Serbien (+5,0 % p. a.), Griechenland (+4,8 % p. a.), Slowenien (+4,7 % p. a.) und die baltischen Staaten (zwischen 3,3 % p. a. und 4,5 % p. a.). Aber auch die Exporte bedeutender Handelsländer wie die der Türkei (+5,8 % p. a.), Rumänien (+4,4 % p. a.), Russland und Polens (+3,9 % p. a.) sind überdurchschnittlich angestiegen.

Die zukünftige Entwicklung wird auch bei den Ausfuhren verhalten sein. Einem zukünftig erwarteten Wachstum von 0,1 % p. a. bei den westeuropäischen Staaten steht ein Wachstum von 0,4 % p. a. bei den südosteuropäischen Staaten gegenüber. Auch hier wird die gesamte Ausfuhrentwicklung von dem Rückgang an Exporten von fossilen Energiegütern (vgl. Tabelle 3-13) wie z. B. Erdöl (-2,6 % p. a.), Mineralölprodukten (-3,7 % p. a.) und Steinkohle (-4,0 % p. a.) beeinflusst. Besonders gut kann man das an der Ausfuhrentwicklung der Niederlande erkennen (-1,6 % p. a.). Generell sind jedoch die Ausfuhrerwartungen aufgrund des stärkeren Anteils von Stückgütern bei einer Vielzahl von Ländern positiver als bei den Importen. Im westeuropäischen Staatenverbund trifft dies z. B. auf Portugal (+2,0 % p. a.), Spanien (+1,5 % p. a.), die Schweiz (+1,4 % p. a.) und Österreich (+1,3 % p. a.) zu. In den südosteuropäischen Staaten sind es neben der Türkei (2,3 % p. a.) insbesondere die mittelosteuropäischen Staaten Ungarn, Slowenien (+2,8 % p. a.), Moldawien (2,6 % p. a.) und Rumänien (+2,2 % p. a.). Die in Tabelle 3-13 abgebildeten Wachstumserwartungen für eine Vielzahl von Stückgütern wie EBM-Waren (+1,3 % p. a.), Fahrzeuge (+1,5 % p. a.), Fahrzeugteile (+2,2 % p. a.), Altpapier und Zellstoff (+2,0 % p. a.), Schrott (+1,7 % p. a.) und Nahrungs- und Genussmittel (+1,6 % p. a.) verdeutlichen dies im Besonderen. Wachstumsträger sind jedoch nicht nur Stückgüter, sondern auch eine Vielzahl von Massengütern, die im Zuge der Substitution von petrochemischen Eingangsstoffen durch regenerative oder der durch die klimapolitischen Veränderungen hervorgerufenen Investitions- und Bautätigkeit besonders nachgefragt werden. Hierbei handelt es sich insbesondere um Getreide (+2,1 % p. a.), Ölsaaten (+2,4 % p. a.) und Futtermittel (+2,0 % p. a.) bzw. um Eisenerze (+2,4 % p. a.), NE-Metallerze (+1,7 % p. a.), Zement (1,7 % p. a.) und sonstige mineralische Produkte (+1,2 % p. a.).

Land	2010	2019	2030	2040	2010- 2019 in % p. a.	2019-2040 in % p. a.
Finnland	60.913	57.090	49.324	41.558	-0,7 %	-1,5 %
Schweden	81.600	91.504	89.541	87.578	1,3 %	-0,2 %
Norwegen	33.851	37.216	35.328	33.439	1,1 %	-0,5 %
Dänemark	43.821	53.516	54.863	56.209	2,2 %	0,2 %
Österreich	88.993	100.432	102.824	105.215	1,4 %	0,2 %
Schweiz	54.312	50.742	52.673	54.604	-0,8 %	0,3 %
Niederlande	416.670	513.394	426.935	340.475	2,3 %	-1,9 %
Belgien	247.121	306.102	279.908	253.713	2,4 %	-0,9 %
Luxemburg	17.941	19.625	19.979	20.332	1,0 %	0,2 %
Frankreich	347.437	342.404	330.201	317.998	-0,2 %	-0,4 %
Italien	337.810	309.413	279.298	249.183	-1,0 %	-1,0 %
Großbritannien	263.653	283.491	246.471	209.451	0,8 %	-1,4 %
Irland	35.173	41.827	41.171	40.515	1,9 %	-0,2 %
Portugal	54.377	62.498	62.208	61.917	1,6 %	0,0 %
Spanien	236.143	257.854	233.015	208.176	1,0 %	-1,0 %
Island	3.947	4.876	4.837	4.797	2,4 %	-0,1 %
Westeuropa	2.323,76 2	2531,984	2,308,57 2	2,085,16 0	1,0 %	-0,9 %
Griechenland	47,965	56,461	47,365	38,269	1,8 %	-1,8 %
Zypern	5,845	6,229	7,823	9,417	0,7 %	2,0 %
Polen	120,242	161,614	184,982	208,350	3,3 %	1,2 %
Tschechien	65,165	77,908	80,971	84,034	2,0 %	0,4 %
Slowakei	41,761	43,866	46,235	48,603	0,5 %	0,5 %
Estland	9,162	13,063	13,407	13,750	4,0 %	0,2 %
Lettland	9,510	15,991	16,799	17,607	5,9 %	0,5 %
Litauen	24,420	33,955	35,118	36,280	3,7 %	0,3 %
Russland	90,492	124,117	141,690	159,263	3,6 %	1,2 %
Ukraine	68,686	74,626	79,228	83,830	0,9 %	0,6 %
Belarus	48,256	57,538	59,265	60,991	2,0 %	0,3 %
Moldawien	3,802	4,402	4,644	4,886	1,6 %	0,5 %
Ungarn	38,201	59,129	65,380	71,630	5,0 %	0,9 %
Bulgarien	20,659	27,717	25,695	23,672	3,3 %	-0,7 %
Rumänien	35,529	53,766	62,060	70,354	4,7 %	1,3 %
Slowenien	19,210	25,480	29,807	34,134	3,2 %	1,4 %
Kroatien	16,060	20,347	23,327	26,306	2,7 %	1,2 %
Serbien	12,800	19,923	18,726	17,529	5,0 %	-0,6 %
Bosnien & Herzego- wina	9,180	10,406	10,857	11,308	1,4 %	0,4 %
Albanien	4,670	1,203	1,236	1,269	-14,0 %	0,3 %
Nord Mazedonien	5,744	7,400	8,854	10,308	2,9 %	1,6 %
Montenegro	2,078	2,754	3,447	4,139	3,2 %	2,0 %
Türkei	115,646	165,418	190,258	215,098	4,1 %	1,3 %
Malta	2,748	4,902	4,012	3,121	6,6 %	-2,1 %
Süd-Osteuropa	817,831	1,068,21 5	1,161,18 2	1,254,14 8	3,0 %	0,8 %
Summe	3,141,59 3	3,600,19 9	3,469,75 4	3,339,30 8	1,5 %	-0,4 %

Tabelle 3-10: Entwicklung der Importe der Transitländer¹⁵ bis zum Jahr 2040 in 1.000 t
Quelle: eigene Darstellung auf Basis von COMTRADE

¹⁵ Die Prognosen für die beiden Länder Ukraine und Russland sind derzeit mit einer besonders hohen Unsicherheit behaftet, da die wirtschaftlichen und geopolitischen Langzeit-Folgen des russischen Angriffskrieges auf die Ukraine noch nicht absehbar sind.

Land	2010	2019	2030	2040	2010-2019 in % p. a.	2019-2040 in % p. a.
Finnland	42,033	51,217	49,730	48,242	2,2 %	-0,3 %
Schweden	89,512	91,657	99.114	106.570	0,3 %	0,7 %
Norwegen	205.019	212.456	220.446	228.435	0,4 %	0,3 %
Dänemark	40.775	37.201	39.148	41.094	-1,0 %	0,5 %
Österreich	57.285	63.491	73.333	83.174	1,1 %	1,3 %
Schweiz	17.663	19.319	22.571	25.823	1,0 %	1,4 %
Niederlande	361.312	420.142	360.666	301.190	1,7 %	-1,6 %
Belgien	184.689	276.265	252.394	228.522	4,6 %	-0,9 %
Luxemburg	8.495	8.140	9.040	9.940	-0,5 %	1,0 %
Frankreich	202.332	203.357	212.982	222.606	0,1 %	0,4 %
Italien	142.158	144.474	147.658	150.841	0,2 %	0,2 %
Großbritannien	166.950	154.908	141.153	127.397	-0,8 %	-0,9 %
Irland	13.635	17.883	19.757	21.631	3,1 %	0,9 %
Portugal	30.516	39.111	48.903	58.694	2,8 %	2,0 %
Spanien	128.370	177.425	210.051	242.676	3,7 %	1,5 %
Island	2.018	2.252	2.275	2.297	1,2 %	0,1 %
Westeuropa	1.692.762	1.919.298	1.909.215	1.899.132	1,4 %	-0,1 %
Griechenland	29.149	44.593	37.793	30.992	4,8 %	-1,7 %
Zypern	1.164	3.065	2.854	2.643	11,4 %	-0,7 %
Polen	79.696	112.020	128.262	144.504	3,9 %	1,2 %
Tschechien	59.414	72.071	81.979	91.886	2,2 %	1,2 %
Slowakei	27.768	34.607	38.120	41.632	2,5 %	0,9 %
Estland	11.974	16.929	16.580	16.231	3,9 %	-0,2 %
Lettland	17.230	23.053	25.932	28.810	3,3 %	1,1 %
Litauen	21.162	31.438	34.948	38.458	4,5 %	1,0 %
Russland	659.499	926.647	830.753	734.859	3,9 %	-1,1 %
Ukraine	142.358	166.817	222.966	279.114	1,8 %	2,5 %
Belarus	35.469	63.116	62.823	62.529	6,6 %	0,0 %
Moldawien	1.674	3.684	5.009	6.333	9,2 %	2,6 %
Ungarn	32.508	46.588	65.203	83.818	4,1 %	2,8 %
Bulgarien	19.926	30.886	38.082	45.277	5,0 %	1,8 %
Rumänien	30.881	45.655	58.951	72.246	4,4 %	2,2 %
Slowenien	15.367	23.233	32.172	41.110	4,7 %	2,8 %
Kroatien	15.014	17.805	21.539	25.273	1,9 %	1,7 %
Serbien	10.308	16.030	15.818	15.605	5,0 %	-0,1 %
Bosnien & Herzegowina	6.696	8.694	9.461	10.227	2,9 %	0,8 %
Albanien	2.653	1.126	1.185	1.244	-9,1 %	0,5 %
Nord Mazedonien	3.287	3.726	4.256	4.786	1,4 %	1,2 %
Montenegro	705	1.152	1.096	1.040	5,6 %	-0,5 %
Türkei	88.759	147.692	193.397	239.102	5,8 %	2,3 %
Malta	1.864	1.130	859	588	-5,4 %	-3,1 %
Süd-Osteuropa	1.314.525	1.841.757	1.930.032	2.018.307	3,8 %	0,4 %
Summe	3.007.287	3.761.055	3.839.247	3.917.439	2,5 %	0,2 %

Tabelle 3-11: Entwicklung der Exporte der Transitländer bis zum Jahr 2040 in 1.000 t

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von COMTRADE

GG	Name	2010	2015	2019	2030	2040	Wachstum 2010-2019 in % p. a.	Wachstum 2019-2040 in % p. a.
GG 11	Getreide	64.520	79.556	94.662	111.291	127.920	4,4 %	1,4 %
GG 12	Gemüse	26.308	27.435	33.089	36.750	40.410	2,6 %	1,0 %
GG 13	Obst	31.996	35.382	38.322	45.050	51.778	2,0 %	1,4 %
GG 14	Rohholz	63.302	73.511	88.636	101.374	114.112	3,8 %	1,2 %
GG 15	Ölsaaten	28.315	30.691	35.438	39.612	43.785	2,5 %	1,0 %
GG 16	Lebende Tiere	3.245	4.152	4.887	5.824	6.761	4,7 %	1,6 %
GG 21	Steinkohle (ohne Koks)	197.740	249.124	208.933	130.864	52.795	0,6 %	-6,3 %
GG 22	Braunkohle	8.966	15.932	11.867	7.255	2.642	3,2 %	-6,9 %
GG 23	Erdöl	531.689	538.803	543.609	322.311	101.012	0,2 %	-7,7 %
GG 24	Erdgas	252.535	203.887	224.671	191.244	157.817	-1,3 %	-1,7 %
GG 31	Eisenerze	135.454	137.115	117.411	120.369	123.327	-1,6 %	0,2 %
GG 32	NE Metallerze	43.748	49.694	52.051	60.221	68.391	1,9 %	1,3 %
GG 33	Düngemittel	49.648	59.814	68.208	78.298	88.387	3,6 %	1,2 %
GG 35	Natursteine, Kies, Sand, Ton und Kaolin	203.509	184.224	199.657	216.212	232.767	-0,2 %	0,7 %
GG 41	NuG	175.795	195.666	205.436	249.413	293.390	1,7 %	1,7 %
GG 42	Futtermittel	62.717	68.296	70.927	80.082	89.236	1,4 %	1,1 %
GG 50	Textilien	38.946	41.449	47.554	54.456	61.358	2,2 %	1,2 %
GG 61	Schnittholz und Schnitt- holzprodukte	44.146	52.076	60.286	69.155	78.024	3,5 %	1,2 %
GG 62	Papier	64.882	62.684	64.675	74.270	83.865	0,0 %	1,2 %
GG 71	Koks	9.050	9.632	9.756	5.429	1.102	0,8 %	-9,9 %
GG 72	Mineralölprodukte	335.932	402.060	418.788	288.589	158.389	2,5 %	-4,5 %
GG 80	Chemie	231.355	252.366	293.332	345.772	398.211	2,7 %	1,5 %
GG 91	Glas	17.516	19.232	22.347	26.794	31.240	2,7 %	1,6 %
GG 92	Zement	41.431	39.413	45.941	54.079	62.217	1,2 %	1,5 %
GG 93	sonst. Min.Prod.	30.490	31.369	44.045	50.914	57.782	4,2 %	1,3 %
GG 101	Stahl	143.773	158.565	167.836	198.684	229.532	1,7 %	1,5 %
GG 102	NE-Metalle und Halbzeug	23.286	24.615	27.028	32.245	37.461	1,7 %	1,6 %
GG 110	Maschinen, EBM-Waren	100.439	101.774	140.495	169.552	198.609	3,8 %	1,7 %
GG 121	Fahrzeugteile	14.564	18.323	21.789	26.911	32.033	4,6 %	1,9 %
GG 122	Fahrzeuge	31.316	45.585	39.740	46.275	52.810	2,7 %	1,4 %
GG 130	Sonstige Fertigwaren	50.062	88.480	106.786	126.491	146.195	8,8 %	1,5 %
GG 141	Schrott	55.982	52.045	57.848	64.679	71.509	0,4 %	1,0 %
GG 142	Altpapier und Zellstoff	27.702	28.432	29.972	33.911	37.850	0,9 %	1,1 %
GG 143	sonst. Abfälle	1.235	3.565	4.179	5.387	6.594	14,5 %	2,2 %
Summe		3.141.594	3.384.947	3.600.201	3.469.756	3.339.311	1,5 %	-0,4 %

Tabelle 3-12: Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Einfuhren der Transitländer zum Jahr 2040 in 1.000 t

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von COMTRADE

GG	Name	2010	2015	2019	2030	2040	Wachstum 2010-2019 in % p. a.	Wachstum 2019-2040 in % p. a.
GG 11	Getreide	105.425	164.332	192.543	244.652	296.761	6,9 %	2,1 %
GG 12	Gemüse	25.842	29.459	33.481	39.218	44.954	2,9 %	1,4 %
GG 13	Obst	22.731	27.628	27.652	32.976	38.299	2,2 %	1,6 %
GG 14	Rohholz	68.565	79.976	89.150	102.346	115.541	3,0 %	1,2 %
GG 15	Ölsaaten	15.416	18.930	25.485	33.700	41.915	5,7 %	2,4 %
GG 16	Lebende Tiere	5.023	5.765	6.044	7.315	8.585	2,1 %	1,7 %
GG 21	Steinkohle (ohne Koks)	172.517	200.130	238.216	170.198	102.179	3,7 %	-4,0 %
GG 22	Braunkohle	7.971	11.872	20.889	15.714	10.539	11,3 %	-3,2 %
GG 23	Erdöl	386.810	380.485	410.621	323.951	237.280	0,7 %	-2,6 %
GG 24	Erdgas	105.817	131.169	146.137	162.897	179.657	3,7 %	1,0 %
GG 31	Eisenerze	103.740	115.193	110.050	145.123	180.195	0,7 %	2,4 %
GG 32	NE Metallerze	15.268	18.153	20.981	25.520	30.058	3,6 %	1,7 %
GG 33	Düngemittel	72.058	86.057	93.382	97.429	101.475	2,9 %	0,4 %
GG 35	Natursteine, Kies, Sand, Ton und Kaolin	181.989	187.170	205.994	230.003	254.012	1,4 %	1,0 %
GG 41	NuG	164.742	202.101	224.822	269.360	313.898	3,5 %	1,6 %
GG 42	Futtermittel	37.827	48.862	56.367	70.710	85.052	4,5 %	2,0 %
GG 50	Textilien	25.164	30.651	35.899	41.816	47.733	4,0 %	1,4 %
GG 61	Schnittholz und Schnitt- holzprodukte	59.321	80.305	102.665	117.534	132.402	6,3 %	1,2 %
GG 62	Papier	71.078	71.881	73.308	82.966	92.623	0,3 %	1,1 %
GG 71	Koks	14.950	11.911	11.802	7.003	2.204	-2,6 %	-7,7 %
GG 72	Mineralölprodukte	516.287	630.754	637.711	464.540	291.369	2,4 %	-3,7 %
GG 80	Chemie	213.005	233.575	268.105	308.497	348.889	2,6 %	1,3 %
GG 91	Glas	15.100	18.075	21.413	26.021	30.628	4,0 %	1,7 %
GG 92	Zement	62.793	68.539	75.657	91.956	108.254	2,1 %	1,7 %
GG 93	sonst. Min. Prod.	34.564	43.151	53.024	60.579	68.134	4,9 %	1,2 %
GG 101	Stahl	198.736	197.280	203.548	219.873	236.198	0,3 %	0,7 %
GG 102	NE-Metalle und Halbzeug	24.811	25.780	26.687	29.709	32.731	0,8 %	1,0 %
GG 110	Maschinen, EBM-Waren	89.915	93.978	127.523	148.111	168.698	4,0 %	1,3 %
GG 121	Fahrzeugteile	13.254	16.072	17.565	22.560	27.555	3,2 %	2,2 %
GG 122	Fahrzeuge	31.159	37.597	38.675	45.782	52.888	2,4 %	1,5 %
GG 130	Sonstige Fertigwaren	58.227	60.705	67.884	80.179	92.474	1,7 %	1,5 %
GG 141	Schrott	53.339	48.788	55.789	67.827	79.864	0,5 %	1,7 %
GG 142	Altpapier und Zellstoff	33.238	38.638	40.007	50.443	60.879	2,1 %	2,0 %
GG 143	sonst. Abfälle	602	1.575	1.982	2.749	3.515	14,2 %	2,8 %
Summe		3.007.284	3.416.537	3.761.058	3.839.248	3.917.438	2,5 %	0,2 %

Tabelle 3-13: Entwicklung (2010-2019) und Prognose der Ausfuhren der Transitländer zum Jahr 2040 in 1.000 t

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von COMTRADE

3.3 Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot

Die voraussichtliche Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur sowie des Verkehrsangebots beeinflussen die Nachfrageentwicklung im Personen- wie im Güterverkehr über alle Verkehrsträger hinweg in erheblichem Maße. Für Analyse und Prognose werden Straßen-, Eisenbahn-, Luft- und Binnenschiffverkehrsverkehr jeweils in Form von Netzmodellen operationalisiert (siehe Kapitel 4). Die Annahmen für die Entwicklung der Infrastruktur des Bundes (Bundesfernstraßen, -schienenwege und -wasserstraßen) wurden auf Basis des aktuell gültigen Bundesverkehrswegeplans 2030 getroffen. Zudem ist von einem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur auszugehen, die nicht in Verantwortung des Bundes liegt, also insbesondere der kommunalen Infrastruktur.

3.3.1 Eisenbahnverkehr

Für 2040 wird für den Eisenbahnverkehr die Realisierung des Deutschlandtakts gemäß Zielfahrplan des 3. Gutachterentwurfs¹⁶ unterstellt. Die Realisierung des Deutschlandtakts umfasst den Ausbau der Großknoten, die Reaktivierung stillgelegter Strecken und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Bestandsnetzes inklusive Ausbau der Infrastruktur für Züge mit einer Länge von 740 m, sowie ETCS. Für 2030 wird der Deutschlandtakt hingegen nicht unterstellt. Die für 2030 als realisiert angenommenen Schienenmaßnahmen in Baden-Württemberg (Elektrifizierung der Südbahn und Inbetriebnahme der ABS/NBS Stuttgart – Ulm – Augsburg mit Stuttgart 21) wurden zwischen der DB AG sowie dem Verkehrsministerium Baden-Württemberg abgestimmt.

3.3.2 Straßenverkehr

Für das Bezugsszenario 2030 werden alle im derzeit gültigen BVWP 2030 enthaltenen Infrastrukturmaßnahmen des „Vordringlichen Bedarfs“ (VB) als realisiert unterstellt, für 2040 zusätzlich alle Maßnahmen der Kategorie WB* (weiterer Bedarf mit Planungsrecht).

3.3.3 Luftverkehr

Für 2030 werden alle Maßnahmen, für die Baurecht besteht oder für die derzeit Planfeststellungsverfahren durchgeführt werden, unterstellt. Dies sind im Einzelnen:

- » Frankfurt/Main: Terminal T3 vollständig, Kapazität künftig bis zu 126 Flugbewegungen/h, gemäß Planfeststellungsbeschluss (PFB) zum Ausbau des Flughafens Frankfurt Main
- » München: Ausbau Terminal T1, 3. Startbahn (Kapazität 120 Flugbewegungen/h) (gemäß PFB); kein ICE-Anschluss, aber weitere überregionale Flughafen-Express-Verbindungen
- » Stuttgart: Fernbahnanschluss im Zuge Stuttgart 21
- » Zürich: Kapazitätserhöhung auf 70 Flugbewegungen/h im Zuge des bundesweiten Sachplan Infrastruktur der Luftfahrt (SIL)
- » Basel/Mulhouse: Schienenanschluss (S-Bahn auch aus Deutschland) und Terminal-Ausbau

Für 2040 wird kein weiterer Ausbau angenommen.

3.3.4 ÖPNV

Sowohl die Infrastruktur als auch das Angebot im ÖPNV (Bus, Straßen-/Stadtbahn, U-Bahn, S-Bahn, Regionalverkehr) werden bis 2030 und weiter bis 2040 erheblich ausgebaut bzw. verdichtet (Taktverdichtungen, Kapazitätserhöhungen, neue Linien). Zusätzlich nehmen Durchtarifizierung und Komfort im ÖPNV bis 2030 zu. Der ÖPNV wird bis 2030 durch entsprechende Maßnahmen erheblich beschleunigt, für 2040 wird eine weitere Beschleunigung angenommen. Diese und weitere Maßnahmen berücksichtigen:

- » Ausbau **Straßen- und Stadtbahnen** (ggf. auch Seilbahnen):
 - Planung und Bau zusätzlicher Linien,

¹⁶ BMVI (30.06.2020): Zielfahrplan Deutschlandtakt, Informationen zum dritten Gutachterentwurf, https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/presentation-deutschlandtakt.pdf?__blob=publicationFile (abgerufen am 21.08.2022).

- Taktverdichtung und Beschleunigung sowie
- ggf. Kapazitätshöhung (längere Züge) auf bestehenden Linien.
- » **Ausbau U-Bahn, S-Bahn, Regionalverkehr:**
 - wo möglich Taktverdichtung und Kapazitätserhöhung,
 - aufgrund langer Planungs- und Bauzeiten (mindestens 20 Jahre für größere Schienenprojekte) sowie hohem Finanzierungsbedarf werden nur Schienenprojekte in der Prognose berücksichtigt, die sich zumindest in Vorplanung/Detailplanung befinden. Es erfolgt keine Betrachtung auf Einzelprojektebene, sondern ein systemischer Ansatz, d. h. beim ÖPNV-Ausbau werden nicht einzelne Strecken oder Linien betrachtet, sondern es wird mit pauschalen Verbesserungen des Gesamtnetzes gearbeitet.
- » **Ausbau der Linienbusangebote:**
 - Taktverdichtung und Beschleunigungsmaßnahmen,
 - in Randbereichen (räumlich wie zeitlich) Ergänzung durch Bedarfsverkehre, insbesondere auf dem Land.
- » **Neue Mobilitätsformen** finden auf der letzten Meile (Ridesharing, E-Scooter) und im ländlichen Raum bei entsprechendem Angebotsausbau statt. Carsharing nimmt auf niedrigem Niveau weiter zu. Ride-Hailing setzt sich im Kurzstreckenverkehr durch. Ausweitung Ride-Hailing bedeutet, dass der Modus Pkw attraktiver wird, da ein Teil davon einem Angebot entspricht, das wie Taxis funktioniert, jedoch günstiger ist. Die Verbesserungen im nichtmotorisierten Verkehr gehen in den Operationalisierungen der Maßnahmen zum Fußverkehr bzw. Radverkehr auf. Analog sind die Verbesserungen im ÖV in den dortigen Operationalisierungen enthalten. Die Verbesserungen im MIV sind vernachlässigbar.

Bezüglich der ÖPNV-Angebotsverdichtung wird zwischen Ballungsraum und ländlichem Raum unterschieden: 2030 wie auch 2040 wird für Ballungsräume eine verlässliche Bedienung aller Orte von 5-24 Uhr im 15 Min.-Takt, für die ländlichen Räume entsprechend im 30 Min.-Takt angenommen („Mobilitätsgarantie“). Diese Definition von Ballungsraum und ländlichem Raum lag zum Zeitpunkt der Studie noch nicht vor. Es stand zunächst allein fest, dass Karte1 des Landesentwicklungsplans (LEP) (Abbildung 3-3) als Grundlage dienen konnte. Dortige Verdichtungsräume entsprachen Ballungsräumen. Die für die Studie getroffene Zuordnung der Verkehrszellen zu Ballungsraum und ländlichem Raum kann (Abbildung 3-4) entnommen werden. Dabei sind Verkehrszellen, die zu 100 % den LEP-Verdichtungsräumen entsprechen als Ballungsraum definiert. Verkehrszellen, die nur teilweise LEP-Verdichtungsräumen entsprechen (uneindeutige Zellen), sind anhand der umliegenden Zellen und deren Raumtypen als Ballungsraum kategorisiert, oder nicht. Konkret bedeutet dies, dass, falls eine solche uneindeutige Verkehrszelle direkter Nachbar der lt. LEP dem Ballungsraum zugeordneten Verkehrszellen mit gleichem Raumtyp ist, auch diese uneindeutige Zelle als Ballungsraum berücksichtigt wird. Außerdem werden die Verkehrszellen Offenburg und Tübingen auf Grund des örtlichen Engagements für eine engere Taktannahme als Ballungsräume berücksichtigt.

Folgende Abbildung 3-3 stellt die zugrunde liegende Raumkategorisierung des LEP 2002 dar.

LANDESENTWICKLUNGSPLAN 2002 BADEN-WÜRTTEMBERG

Zu 2.1.1 Raumkategorien

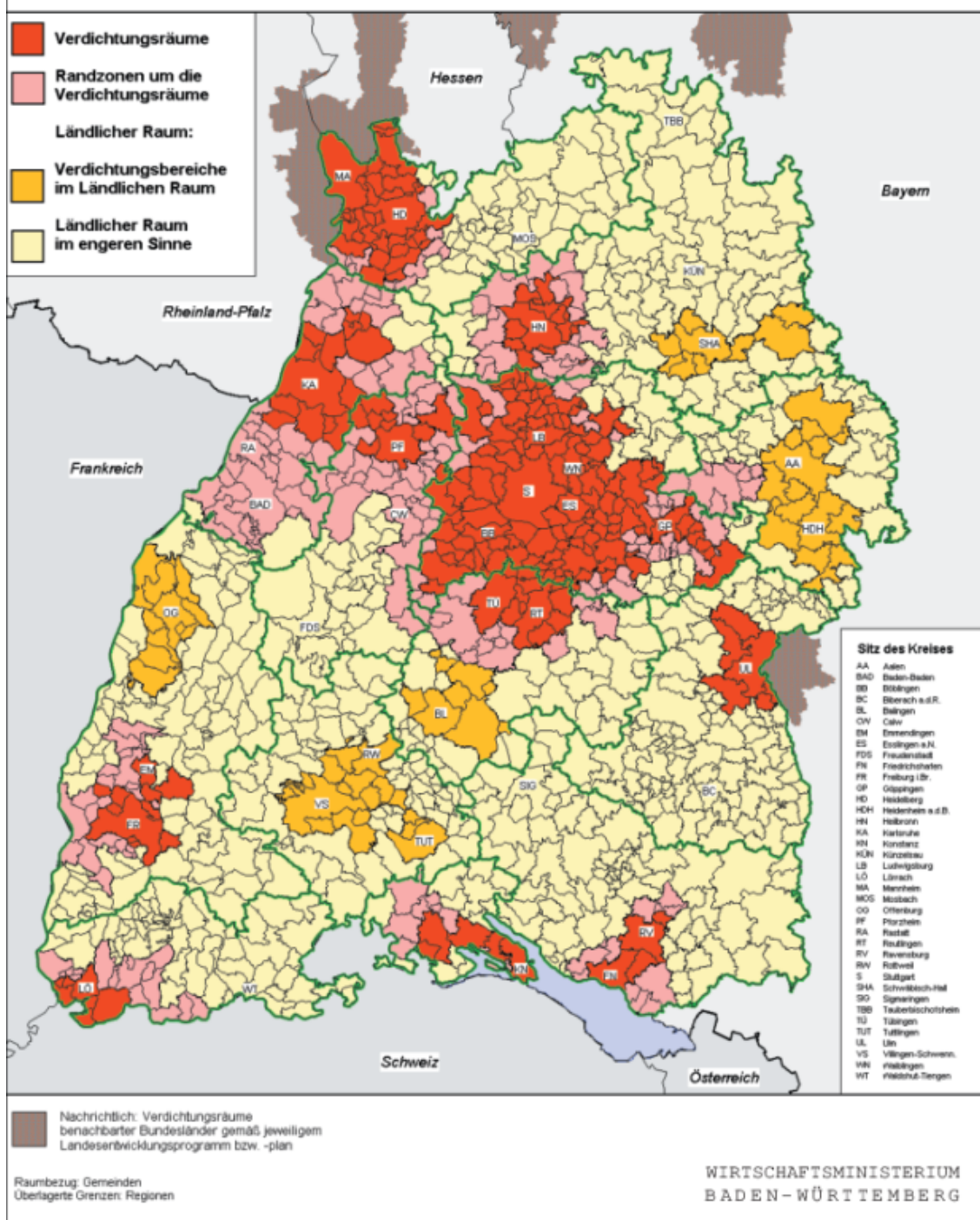
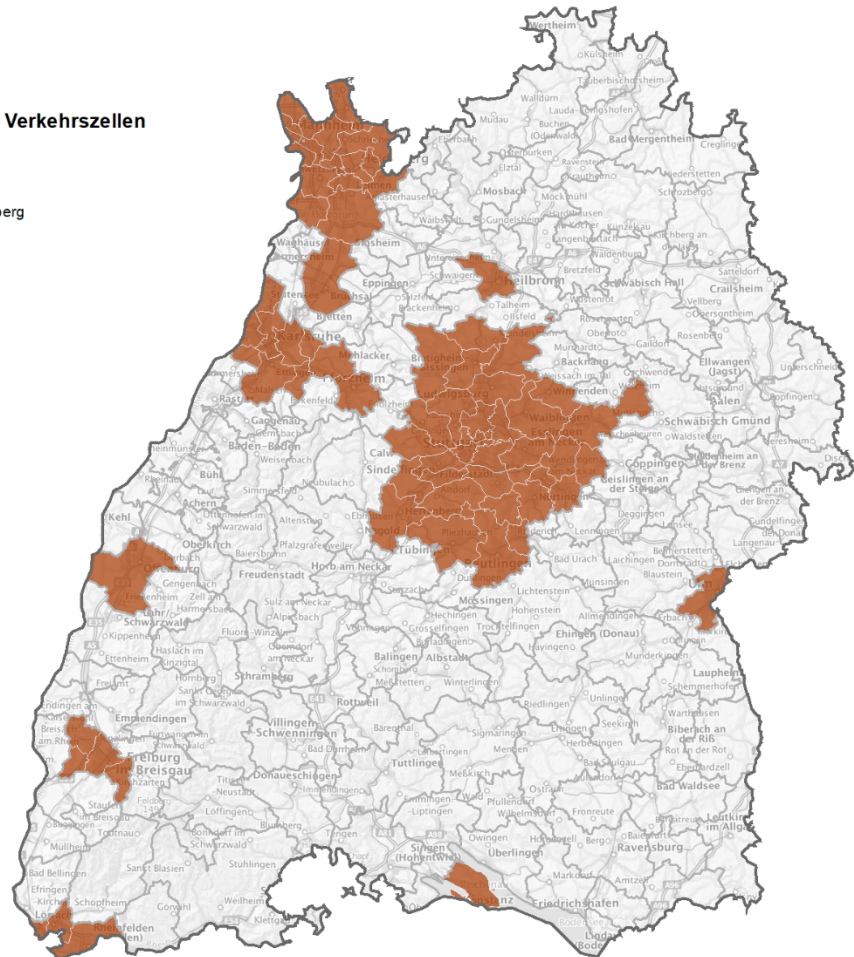


Abbildung 3-3: Raumkategorien in Baden-Württemberg, Karte 1

Quelle: Landesentwicklungsplan 2002

Raumtypen nach Verkehrszellen

- Ballungsraum
- ländlicher Raum
- Baden-Württemberg



intraplan

Basemap © Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2018),
Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open_03.04.2023.pdf

Abbildung 3-4: Raumtypen in Baden-Württemberg nach Verkehrszellen

3.3.5 Buslinienfernverkehr

Es wird eine kontinuierliche Angebotsausweitung mit der steigenden Nachfrage angenommen sowie eine leichte Beschleunigung.

3.3.6 Radverkehr

Das Verkehrsmodell hat eine Auflösung von rund 200 Zellen in Baden-Württemberg. Eine exakte Abbildung des Radwegenetzes liefert daher nur einen geringen Mehrwert. Genereller Netzausbau wird durch pauschale, jedoch räumlich differenzierte, Faktoren auf Verkehrszellen- und Relationsebene abgebildet. Für 2030 wird ein erheblicher Ausbau der Radverkehrsinfrastruktur (innerstädtisch und überörtlich) inklusive Fahrradabstellanlagen angenommen, der 2040 noch weiter vorangetrieben wird. Dadurch sinken die Widerstände pauschal um 7,5 % bis 2030 und 15 % bis 2040. Dabei kommt es zu Überlagerungseffekten mit speziellen raumwirksamen Maßnahmen. Radschnellwege werden explizit auf Relationsebene modelliert (Tabelle 3-14). Für einzelne Orte (Vorreiterkommunen) nehmen wir außerdem an, dass die Relationen überdurchschnittlich besser werden (Tabelle 3-15).

Radschnellwege	Jahr
Böblingen – Herrenberg	2030
Mannheim – Heidelberg	2030
Bad Wimpfen - Heilbronn	2030
Esslingen – Reichenbach	2030
Fellbach – Schorndorf	2030
Freiburg – Waldkirch/Emmendingen	2030
Lörrach – Schopfheim	2030
Waiblingen – Ludwigsburg	2030
Friedrichshafen – Ravensburg – Weingarten – Brandt	2030
Karlsruhe – Ettlingen	2030
Tübingen – Rottenburg	2030
Offenburg – Gengenbach	2030
Karlsruhe – Rastatt	2030
Ebersbach – Süßen	2030
Mannheim – Viernheim – Weinheim	2030
Heidelberg – Schwetzingen	2030
Weil der Stadt – Leonberg	2030
Renningen – Weil im Schönbuch	2030
Tübingen – Reutlingen	2030
Offenburg – Kehl - Straßburg	2030
Stuttgart-Mitte – Bad Cannstatt – Fellbach (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Bad Cannstatt – Untertürkheim – Obertürkheim – Esslingen (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Degerloch – Sillenbuch – Ostfildern (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Feuerbach – Weilimdorf – Ditzingen (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte-Degerloch- Plieningen – Filderstadt (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Degerloch – Möhringen	2040
S-Mitte – Vaihingen – Leinfelden-Echterdingen (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Schattenring – Leonberg (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Vaihingen – Sindelfingen (Kreisgrenze)	2040
S-Mitte – Bad Cannstatt – Remseck a. Neckar (Kreisgrenze)	2040
Stuttgart Innenstadt	2040
Heilbronn – Leingarten – Schwaigern	2040
Heilbronn – Weinsberg – Obersulm	2040
Neckarsulm – Weinsberg – Obersulm	2040
S-Mitte – Feuerbach – Zuffenhausen – Kornwestheim (Kreisgrenze)	2040
Bietigheim-Bissingen – Ludwigsburg – Kornwestheim (Kreisgrenze)	2040
Karlsruhe – Stutensee	2040
Rastatt – Baden-Baden – Bühl	2040
Ringroute Karlsruhe	2040
Eggenstein-Leopoldshafen – Karlsruhe	2040
Mannheim – Ludwigshafen – Schifferstadt	2040
Heidelberg – Weinheim – Laudenbach – Darmstadt	2040
Heidelberg – Leimen – Walldorf/Wiesloch	2040
Offenburg – Achern	2040
Offenburg – Friesenheim – Lahr	2040
Freiburg – Kirchzarten	2040
Freiburg – Bad Krotzingen	2040
Konstanz – Radolfzell	2040
Freiburg – Umkirch/March – Breisach	2040

Tabelle 3-14: geplante Radschnellwege mit vorgesehenem Zeithorizont,
2030 – Fertigstellung lt. Koalitionsvertrag; 2040 – Empfehlung durch Machbarkeitsstudie

Vorstehende 20 Radschnellwege, die lt. Koalitionsvertrag bis 2030 fertigzustellen sind sowie 29 weitere Radschnellwege, für die eine Machbarkeitsstudie durchgeführt wurde und die grundsätzlich die Anforderung an Radschnellverbindungen erfüllen, finden im Modell Berücksichtigung (Tabelle 3-14). Auf den 20 erstgenannten Radschnellwegen findet eine Widerstandssenkung von 10 % 2019-2030 statt.

Kommune	Umfang
Rhein-Neckar-Kreis	gesamt
Landkreis Konstanz	gesamt
Landkreis Karlsruhe	gesamt
Ortenaukreis	gesamt
Enzkreis	Mühlacker, Niefer-Öschelbronn
Landkreis Esslingen	Esslingen, Leinfelden-Echterdingen, Kirchheim u. Teck
Landkreis Heilbronn	Bad Wimpfen, Neckarsulm, Ilsfeld
Landkreis Böblingen	Leonberg, Böblingen, Herrenberg, Rutesheim
Landkreis Göppingen	Göppingen
Landkreis Lörrach	Lörrach, Weil am Rhein
Bodenseekreis	Friedrichshafen
Landkreis Ludwigsburg	Bietigheim, Ludwigsburg, Kornwestheim
Landkreis Ravensburg	Ravensburg, Weingarten
Landkreis Biberach	Biberach
Landkreis Ostalb	Aalen, Schwäbisch-Gmünd
Landkreis Tübingen	Tübingen
Stadtkreis Stuttgart	gesamt
Stadtkreis Freiburg	gesamt
Stadtkreis Karlsruhe	gesamt
Stadtkreis Heilbronn	gesamt
Stadtkreis Mannheim	gesamt
Stadtkreis Heidelberg	gesamt

Tabelle 3-15: Vorreiterkommunen hinsichtlich des Ausbaus der Radverkehrsinfrastruktur bis 2030

Quelle: Verkehrsministerium

Die Vorreiterkommunen sowie Radschnellwege wurden vom Verkehrsministerium bereitgestellt.

Die Auswahl der Vorreiterkommunen basiert auf dem Rad-Index¹⁷, der die Kriterien

- » Vorhandensein konzeptioneller Grundlagen (wie z. B. eines Radverkehrskonzepts) im Radverkehr,
- » Bearbeitungstiefe und Aktualität der konzeptionellen Grundlagen,
- » Mitgliedschaft AGFK,
- » Zertifizierung als Fahrradfreundliche Kommune,
- » Gremien zur Mobilität/Radverkehr,
- » KreiskoordinatorIn,
- » Aktivitäten und Öffentlichkeitsarbeit und
- » Radverkehrsanteil am Modal Split

¹⁷https://www.aktivmobil-bw.de/fileadmin/user_upload_fahrradlandbw/1_Radverkehr_in_BW/k_RadKONGRESS/RadReport_Juli2022_komprimiert.pdf

für die 44 baden-württembergischen Stadt- und Landkreise bewertet. Der Index bildet zwar den Status Quo ab, aber über die Grundlagen, die wichtig sind, um ambitionierte Ziele zu erreichen. Das Kriterium KreiskoordinatorIn wurde bei der Auswahl der Vorreiterkommunen für diese Studie nicht berücksichtigt, denn die Kreiskoordinatoren sollen gesetzlich verpflichtend verankert werden. Alle Kreise mit zehn Punkten oder mehr wurden näher betrachtet. In einigen Kreisen wurden auf Basis von Expertenmeinung nicht alle Kommunen als Vorreiterkommunen übernommen. Ebenso wurden auf Basis von Expertenmeinung der Ortenaukreis und die Städte Biberach, Aalen und Schwäbisch Gmünd als Vorreiterkommune definiert, trotz niedrigerer Punktestände beim Index. Im Verkehrsmodell führen diese Verbesserungen zu einer Verringerung der Widerstände um 15 % für das Jahr 2030 und 2040.

3.3.7 Fußverkehr

Für das Bezugsszenario wird eine allgemeine Verbesserung der Fußverkehrsinfrastruktur u. a. durch den Bau von Querungen, Durchschlupfen sowie die Umgestaltung bzw. Verkehrsberuhigung von Ortsmitten angenommen. Dies führt zu einer Verbesserung bzgl. Zeit, Komfort und Sicherheit im Fußverkehr, d. h. dass Fußwege nicht nur schneller, sondern auch angenehmer und sicherer zurückgelegt werden können. Im Verkehrsmodell werden diese Verbesserungen bzgl. Zeit, Komfort und Sicherheit mit einer Verbesserung der Widerstände um 3,3 % für das Jahr 2030 sowie 6,6 % im Jahr 2040 abgebildet, da bis 2040 mehr Maßnahmen zur Förderung des Fußverkehrs umgesetzt sein werden als bis 2030.

3.4 Nutzer- bzw. Transportkosten

Von der Entwicklung der Nutzer- bzw. der Transportkosten können spürbare Auswirkungen auf die künftige Entwicklung der Mobilität und der Verkehrsträgerwahl ausgehen. Die Nutzerkosten hängen zum Teil von politisch beeinflussbaren Parametern ab, z. B. von Steuern, Gebühren, Subventionen etc., zum Teil sind sie aber auch unabhängig davon, z. B. hinsichtlich der Energiekosten oder der Produktivitätsfortschritte.

3.4.1 Personenverkehr

Eine zentrale Größe innerhalb der Nutzerkosten bilden der **Kraftstoffpreis** und vor allem im weiteren Zeitverlauf der **Strompreis**.

Eine wichtige Komponente des Kraftstoffpreises ist der Rohölpreis. Hier wird für 2030 und 2040 ein Rohölpreis von 75 USD/Barrel (Preisstand 2020) angenommen, basierend auf aktuellen Prognosen der Internationalen Energie-Agentur (IEA)¹⁸. Für den Mineralölsteuersatz wird keine Veränderung unterstellt, da in Zukunft dem CO₂-Preis die wichtigere Rolle als Stellschraube zukommt. Für diesen wird wiederum für beide Horizonte ein Preis von 100 EUR pro Tonne CO₂ angenommen. Bei einem konstanten Mehrwertsteuersatz und unter der Annahme, dass die sonstigen Preiskomponenten (Verarbeitung, Vertrieb, Transport etc.) real ebenfalls konstant bleiben werden die Kraftstoffkosten bis 2030 bzw. 2040 real um 1,2 % p. a. (9 Cent/l Rohölpreisanstieg und 28 Cent/l CO₂-Preisanstieg) zunehmen. Dabei wird angenommen, dass die Kosten für beigemischte nichtfossile Kraftstoffe (Bio und ReFuels) denen für fossile gleichen. Die Herstellungskosten werden zumindest anfangs höher sein, jedoch kann das durch geringere Steuern ausgeglichen werden. Im Übrigen ist der Anteil der nicht-fossilen Kraftstoffe zumindest im hier ausschließlich dargestellten Bezugsszenario zu gering, als dass Kostenveränderungen bei ihnen den gesamten Endpreis spürbar beeinflussen, so dass sich Annahmen hierfür in diesem Szenario – anders als im Klimaschutzszenario – erübrigen.

Während die Bedeutung der Kraftstoffpreise im Zeitverlauf kontinuierlich abnehmen wird, steigt der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge und damit die Bedeutung des **Strompreises** für die Verkehrsentwicklung. Aufgrund des Wegfalls der EEG-Umlage und der Absenkung der

¹⁸IEA, World Energy Outlook 2021, Paris, Dezember 2021, S. 101.

Stromsteuer haben wir angenommen, dass der für lokal emissionsfreie Fahrzeuge relevante Endverbraucher-Strompreis bis 2030 um 14 % sinkt und erst danach bis 2040 um 16 % steigt (jeweils gegenüber 2019).

Relevant für die Nutzerkosten im motorisierten Individualverkehr ist neben dem Kraftstoff- und dem Strompreis auch die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs. Deren Prognose stützt sich vor allem auf die sogenannte „dena-Leitstudie“ des EWI Köln et al.¹⁹ Zusammengefasst werden die Effizienzgewinne bei Fahrzeugen beider Antriebsarten (Verbrennungs- und Elektromotor) jeweils mit 0,5 bis 1 % p. a. angesetzt. Differenziert betrachtet, finden die in Tabelle 3-16 angenommenen Entwicklungen der Energieeffizienzen je Antriebsart Berücksichtigung im Modell.

	kWh / Fzkm		Veränderung (%)		
	2020	2050	30/20	40/20	50/20
Benzin	0,60	0,50	-6	-11	-17
Benzin PHEV (fossil und elektrisch)	0,31	0,25	-7	-13	-19
Diesel	0,54	0,42	-8	-15	-22
Diesel PHEV (fossil und elektrisch)	0,30	0,22	-10	-19	-27
CNG	0,58	0,49	-5	-11	-16
CNG PHEV (fossil und elektrisch)	0,31	0,24	-8	-16	-23
FCV	0,32	0,24	-9	-17	-25
BEV	0,19	0,14	-10	-18	-26

Tabelle 3-16: Energieeffizienzgewinne nach Antriebsart im MIV

Quelle: nach Annahmen der dena Leitstudie „Integrierte Energiewende“ des EWI

Die sich aus den Annahmen zu den Preisen und den spezifischen Verbräuchen ergebenden Kraftstoff- bzw. Stromkosten pro Fahrzeugkilometer finden sich in Tabelle 3-17.

	2019	2030	2040
Preis (Euro / l bzw. kWh)			
Ottokraftstoff	1,43	1,76	1,93
Dieselmkraftstoff	1,27	1,56	1,70
Strom	0,31	0,26	0,35
Spezifischer Verbrauch (l bzw. kWh / 100 km)²⁰			
Pkw Ottokraftstoff	7,9	7,6	7,4
Pkw Dieselmkraftstoff	7,0	6,7	6,4
Pkw BEV	19,0	17,2	15,5
Anteil Otto-/Dieselmkraftstoff an Pkw-Fahrleistung ICEV			
Pkw Ottokraftstoff	0,54	0,56	0,56
Pkw Dieselmkraftstoff	0,46	0,44	0,44
km-Kosten (Cent / km) durch Kraftstoff-/Stromverbrauch			
Pkw ICEV	10,2	12,1	12,8
Pkw BEV	5,8	4,5	5,5

Tabelle 3-17: Km-spezifische Kosten nach Antriebsart

Weitere Kostenkomponenten im motorisierten Individualverkehr sind **Parkkosten** sowie weitere Gebühren wie etwa Straßenbenutzungsentgelte. Im Bezugsszenario wird keine Straßennutzungsgebühr für Pkw angenommen. In Bezug auf die Entwicklung der Parkkosten wird für Städte

¹⁹ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena, Hrsg.) / EWI Energy Research & Scenarios gGmbH, dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, Berlin 2019.

²⁰ Zu den spezifischen Verbräuchen von PHEV-Fahrzeugen gibt es keine empirischen Befunde. Der Verbrauch der jeweiligen PHEV-Fahrzeuge (in ihrer jeweiligen Nutzung als Verbrenner oder elektrisches Auto) wurde den jeweiligen Verbrennern bzw. BEVs gleichgesetzt.

und Ballungsräume (> 90.000 Einwohner) zum einen ein deutlich reduziertes Parkraumangebot bei gleichzeitig erhöhten Parkkosten für fossil betriebene Fahrzeuge angenommen. Folgende Kosten werden hierbei angesetzt:

- » 2030: 1h 1 EUR, 1 Tag 10 EUR, 1 Jahr 160 EUR
- » 2040: 1h 2 EUR, 1 Tag 15 EUR, 1 Jahr 500 EUR

Die Parkkosten für lokal emissionsfreie Pkw entwickeln sich im selben Zeitraum real konstant.

Die Parkplatzsuchzeit steigt abhängig vom Raumtyp am Ziel absolut um Werte zwischen 0,3 und 2 Minuten. Der höchste Anstieg findet in den Ballungsräumen und Oberzentren statt. Die Zugangszeit bleibt außerhalb der Ballungsräume und Oberzentren (d. h. Umland und ländlicher Raum) unverändert und steigt in den Ballungsräumen und Oberzentren der definierten Städte um 1 bis 3 Minuten.

Im **Schienenpersonenfernverkehr** (SPFV) fällt die zum 01.01.2020 erfolgte Absenkung des Mehrwertsteuersatzes für Fahrscheine im Schienenpersonenfernverkehr in den Prognosezeitraum. Somit wird von einer Reduktion der Preise um real 10 % für 2030 und 2040 gegenüber 2019 ausgegangen.

Da die Preise im **Schienenpersonennahverkehr** (SPNV) sowie im **Öffentlichen Personennahverkehr** (ÖPNV) in Baden-Württemberg durch die Einführung des bwtarif im Jahr 2018 schon deutlich gesenkt wurden, wird davon ausgegangen, dass die Bartarife für SPNV und ÖPNV bis 2040 real konstant bleiben. Für die Zeitkartenpreise wird hingegen aufgrund diesbezüglicher Planungen der Landesregierung (z. B. landesweites 365-Euro-Ticket für Schüler, Studenten und Azubis, Mobilitätspass, 1-2-3-Ticket) eine Preisreduktion um real 10 % für 2030 gegenüber 2019 angesetzt, ohne ein weiteres reales Absinken zwischen 2030 und 2040.

3.4.2 Güterverkehr

3.4.2.1 Straßengüterverkehr

Eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der Nutzerkosten im Straßengüterverkehr spielen die CO₂-Steuer, Maut- und Treibstoffkosten sowie die zukünftig eingesetzten Antriebstechnologien, die sich in Abhängigkeit der erwarteten Transportkosten entwickeln werden.

Aktuell wird der Straßengüterverkehr fast vollständig mit Dieselfahrzeugen abgewickelt. Durch die zukünftig erwartete Erhöhung der CO₂-Steuer, der Erhöhung der Rohölbeschaffungskosten sowie durch real steigende Personalkosten in Höhe der angenommenen BIP-Entwicklung werden Transporte per Diesel-Lkw²¹ in Zukunft zusätzlich stark belastet.

	2019	2030	2040
Dieseltreibstoff (in ct/l)	99,7	105,2	110,8
CO ₂ -Steuer in ct/l	0,0	26,4	31,0
Maut in ct/km	18,7	18,7	18,7
Personalkosten (€/h)	22,1	25,3	28,7
Kosten einer Sattelzugmaschine (Dieselbetrieb) in ct/Lkw-km	122,9	138,0	146,4
Kosten eines schweren Nutzfahrzeugs (Dieselbetrieb) in ct/Lkw-km	146,1	162,7	172,6

Tabelle 3-18: Entwicklung der Transportkosten für einen Diesel-Lkw im Straßengüterverkehr

Quelle: eigene Darstellung auf Basis destatis, Daten zur Energiepreisentwicklung auf Basis Toll Collect

In der Tabelle 3-18 wird die durch die Prämissen abgebildete Entwicklung für die Prognosejahre dargestellt. Die Kosten je Lkw-km werden sich aufgrund dieser Entwicklungen bis 2040 um bis zu 18 % für einen Diesel-Lkw gegenüber 2019 erhöhen²². Analysen des Umweltbundesamtes be-

²¹ Lkw meint hier alle Fahrzeuge mit > 3,5 Tonnen Nutzlast, d. h. SNF und SZM.

²² Diese Kostenrechnung basiert auf Vorgehen und Annahmen gemäß dem Kostenmodell der Verkehrsmittelwahlmodellierung.

legen, dass der Straßengüterverkehr zu mehr als einem Drittel für die Emissionen im Verkehrssektor verantwortlich ist. Ältere Prognosen wie die Verkehrsprognose 2030²³ im Rahmen des BVWP 2030 zeigen eine überproportionale Zunahme des Straßengüterverkehrs, wodurch der Anteil an den Treibhausgasemissionen in Zukunft weiter steigen wird. Im Zuge der eingegangenen Verpflichtungen zur Klimaneutralität sind zukünftig auch Lösungen für den Straßengüterverkehr zu entwickeln, da anderenfalls die Klimaneutralität im Güterverkehr nicht erreicht werden kann.

Zur Verbesserung der Klimaeffizienz zeichnen sich im Pkw-Bereich bereits batteriebetriebene Lösungen ab, die zur Marktreife gelangt sind und sich in den nächsten Jahren am Markt durchsetzen werden. Hier kann davon ausgegangen werden, dass durch den Rückgang von fossilen Treibstoffen ein wesentlicher Beitrag zur Klimaeffizienz geleistet wird. Solche erkennbaren Lösungen liegen jedoch im schweren Straßengüterverkehr, der aktuell fast vollständig mit Dieselfahrzeugen durchgeführt wird, nicht vor.

Seit dem letzten Jahr zeichnen sich jedoch auch für den Wirtschaftsverkehr batteriebetriebene Lösungen ab. Diese weisen jedoch a) geringe Reichweiten bis maximal 400 km auf und konzentrieren sich b) auf kleinere Lkw-Einheiten unter 26 t (überwiegend sogar unter 18 t) zGG. Damit sind sie nur für bis zu 20 % des in der Prognose erfassten Straßengüterverkehrs eine sinnvolle Lösung.

Für Lkw, die eine Reichweite von über 400 km (25 % des Gesamtmarktes) und ein Gesamtgewicht von bis zu 40 t ermöglichen können (>80 % des betrachteten Marktes), sind nach Ansicht zahlreicher Fachexperten batteriebetriebene Fahrzeuge aufgrund der erforderlichen Größe der Batterie und des damit verbundenen Batteriegewichts keine geeignete Lösung. Trotzdem arbeiten mehrere Unternehmen, wie z. B. SCANIA, MAN, TESLA, an der Weiterentwicklung von batteriebetriebenen Lösungen. Hinzu kommen die hohen Anschaffungskosten, die nach ICCT Angaben aktuell über 450.000 € für einen 40 t-Lkw liegen, gegenüber rd. 140.000 €²⁴ für eine Verbrenner-Variante.

Auch wenn sich aktuell noch keine eindeutigen alternativen Antriebstechnologien im Lkw-Fernverkehrsbereich abzeichnen, ist jedoch ersichtlich, dass aufgrund der intensiven Bemühungen der Industrie, die auch von der aktuell einsetzenden Verteuerung des Diesel-Lkw sowie den politischen Forderungen getrieben wird, kurz- und mittelfristig mit entsprechenden Lösungen gerechnet werden muss, die sich im Rahmen des Prognosezeitraums auch durchsetzen werden. Alle Forschungsstudien, auch die im Rahmen der Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie des Bundes zusammen mit der Industrie entwickelten Überlegungen, gehen davon aus, dass ab Mitte der 2020er Jahre von entsprechenden serienreifen Modellen auszugehen ist, die dann verstärkt in den Markt eingeführt werden.

Sowohl die aktuelle Diskussion als auch die Forschung in der Industrie konzentriert sich auf die Entwicklung von batterie- und wasserstoffbetriebenen Lkw. Lange Zeit wurde auch über die Entwicklung von sog. Oberleitungs-Hybrid-Lkw (OH-Lkw) diskutiert. Hierbei handelt es sich um Lkw, die aktuell neben dem Dieselantrieb, auch elektrisch fahren können. Die Stromversorgung erfolgt, ähnlich wie im Schienenverkehr, durch einen Stromabnehmer über eine Oberleitung. Hierbei handelt es sich um eine Technologie, die seit Jahrzehnten erprobt ist, und prinzipiell schnell umsetzungsfähig wäre. Voraussetzung für die Durchsetzung solcher Fahrzeuge wäre jedoch eine möglichst flächendeckende Ausstattung der Fernstraßennetzes (im Wesentlichen Bundesautobahnen) mit Oberleitungen. Trotz intensiver Diskussionen in den letzten fünf Jahren, fehlt es jedoch immer noch an solch einer Grundsatzentscheidung des Staates, welche die Produktion und die Umsetzung möglich machen würde. Auch ist diese in den nächsten zwei bis drei Jahren nicht zu erwarten. Da auch selbst bei einer getroffenen Entscheidung die großflächige infrastrukturelle Umsetzung nicht vor 20 oder 30 Jahren zu erwarten ist, und klimapolitische Wirkungen erst langfristig eintreten können. Zudem ist die Diskussion in den letzten Jahren versiegt, sodass auf eine weitere Berücksichtigung verzichtet wurde.

²³ BVU (entspr. Abteilung in TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH umbenannt), Intraplan, IVV, PLANCO, Verkehrsverflechtungsprognose 2030, 2014

²⁴ Inklusive Trailer.

Es besteht unter Fachexperten auch Einigkeit darüber, dass der Durchsetzungsgrad dieser neuen Antriebstechnologien sich an den tatsächlich realisierten Kosten orientieren. Die Kostenmodellierung zeigt, dass trotz deutlich höherer Anschaffungskosten batteriebetriebener Lkw (BEV) bereits ab Mitte der 2020er Verkehre von diesen deutlich kostengünstiger umgesetzt werden können als von Diesel-Lkw. Dies liegt im Wesentlichen an den deutlich günstigeren Betriebskosten, die unter der Annahme gebildet werden, dass der Strom für das Laden der Batterien zum Industriepreis inklusive eines 70 %-igen²⁵ Zuschlags für Vertrieb und Weiterverteilung an eine Tank-/Ladeinfrastruktur erfolgt. Dieser Preis wird auch für die Ladestation an den Lkw-Standorten (Speditionen) angenommen und ist bereits im Jahr 2023 von der EEG-Umlage sowie der Stromsteuer befreit. Dadurch ergeben sich Kosten von rd. 14,3 € je 100 km, gegenüber Dieselskosten von über 32,50 € für die gleiche Distanz. Die im Zeitverlauf sinkenden Anschaffungskosten für BEV- und H2-Lkw lassen hier die durchschnittlichen Kosten je km weiter absinken, während die Kosten des Diesel-Lkw durch steigende CO₂-Abgaben (Steuer) weiterhin ansteigen und die Kostendifferenz zwischen Diesel- und BEV-Lkw immer größer wird (vgl. Tabelle 3-19)²⁶. Dies gilt sowohl für Sattelzugmaschinen (SZM) als auch für schwere Nutzfahrzeuge (SNF).

Die in dieser Tabelle dargestellten Lkw-Anschaffungskosten lehnen sich für den Zeitraum bis 2030 an die Arbeiten des BMDV zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) und Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM)²⁷. Diese Arbeiten bilden den aktuell besten Informationsstand hinsichtlich der neuen Technologien ab, sind jedoch hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung der Anschaffungskosten an aktuelle Entwicklungen angepasst und niedriger angesetzt worden, ohne dass der für 2030 von der MKS angenommene Anschaffungswert verändert wurde. So sind die angesetzten BEV- und H2-Anschaffungskosten in der MKS für die ersten Jahre sehr hoch, weil sie noch nicht von einer Serienproduktion ausgehen. Mitunter sind angenommene Werte sogar deutlich höher als bekannte und zumindest im Bereich bis 26 t zGG bereits ausgelieferte Einheiten. Die Erstlieferungen von Hyundai an die Schweiz an Wasserstoff-Lkw kosteten ca. 250.000 Euro, ähnlich auch die ersten BEV-Auslieferungen (ca. 200.000-250.000 Euro). Die jetzt erwarteten Einheiten aus der gestarteten Serienproduktion dürften deutlich billiger sein.

Hyundai plant in den nächsten fünf Jahren mit einer Jahresproduktion von 100.000 Wasserstoff-Lkw, und hierbei handelt es sich aufgrund der hohen H2-Kosten um den noch deutlich unrentablen Bereich. Der Semi-Truck von TESLA soll auch schon in der 800 (1000) km-Variante ab 180.000 USD kosten. NIKOLA/Iveco - Nikola Tre gehen von 170.000-270.000 USD pro BEV aus.

Daher wurden die Werte der NPM für 2024-2029 nicht übernommen, sondern ein linearer Abfall 2023-2030 angenommen. In der NPM wird zuerst mit starken Schritten eine Reduktion angenommen, die dann ab 2023 (BEV) bzw. 2027 (H2) bis 2030 auf Null gehalten wird. Dies würde bedeuten, dass die Technologien bereits ausgereift sind. Die NPM unterstellt durch die ausbleibende Reduktion damit keine Veränderung bei den Produktions-/Anschaffungskosten. Dies kann nur dann vorliegen, wenn die maximalen Produktionszahlen in 2023 erreicht sind und ein vollständiges Ladenetz vorliegt, die Rohstoffe vorhanden sind etc. Deswegen wurden die Endwerte der NPM konstant gelassen und dazwischen interpoliert, um keine neuen Werte zu erfinden. Ab dem Start der Serienproduktion (bei BEV voraussichtlich 2023) wird insbesondere durch die statlichen Anreizsysteme (z. B. CO₂-Steuer) und die staatlichen Rohölpreise die Kosten billiger.

Für die weitere Entwicklung bis 2040, die von der MKS nicht abgedeckt wird, gehen wir von einer weiteren Senkung von rd. 40 % aus. Angesichts der noch vorhandenen Möglichkeiten an der Substitution von Rohstoffen, der Lerneffekte und neuen Umsetzungsmöglichkeiten zur Effizienzsteigerung ist dies nicht unwahrscheinlich. Können z.B. die Batteriekosten (einer der wesentlichen Hauptkosten beim BEV-Lkw) auf 75.000-80.000 Euro sinken, dann sind die prognostizierten 150.000 Euro in 2040 für ein BEV sicherlich erreichbar und nicht zu optimistisch angenommen. Auch angesichts der aktuell diskutierten Preisvorstellungen (von 180.000-250.000 Euro) für BEV- und H2-Lkw, die deutlich unter den für die MKS-Erwartungen liegen, erscheint dieses langfristige

²⁵ Dieser Zuschlag orientiert sich an heutigen Gegebenheiten für den Dieselpreis und wird auch beim Wasserstoffpreis auf die Erzeugungskosten angesetzt.

²⁶ In dieser Kalkulation wird der Ansatz für die Internalisierung von externen Kosten noch berücksichtigt.

²⁷ Eine detaillierte Darstellung kann Anhang 2 entnommen werden.

Preisziel realisierbar. Eine Kostenangleichung zum Diesel-Lkw halten wir aus aktueller Sicht für nicht umsetzbar.

Kosten	2019	2023	2030	2040
SZM				
Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	110	110	110	110
Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €		330	220	150
Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €		514	240	150
Jahresfahrleistung in 1.000 km	100	100	100	100
BEV-Lkw: Stromverbrauch kWh/100 km		120	120	120
H2-Lkw: Verbrauch kg/100 km		8	8	8
Diesel-SZM: Dieserverbrauch l/100 km	32	-	30,3	28,8
Stromkosten für BEV-Lkw (in ct/kWh)		11,9	11,9	11,9
Wasserstoff für H2-Lkw (in ct/kg)	800,0	711,0	578,4	430,7
Lkw-Kosten in ct je Lkw km für unterschiedliche Antriebstechnologien²⁸				
Kosten eines Diesel-Lkw in ct	122,9	128,7	138,0	146,4
Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km		127,6	117,9	115,5
Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km		191,9	153,7	137,4
SNF				
Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	110	110	110	110
Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €		270	180	140
Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €		471	220	140
Jahresfahrleistung in 1.000 km	52	52	52	52
BEV-Lkw: Stromverbrauch kWh/100 km		120	115	110
H2-Lkw: Verbrauch kg/100 km		8	8	8
Diesel-SNF: Dieserverbrauch l/100 km	32	-	30,3	28,8
Stromkosten für BEV-Lkw (in ct/kWh)		11,9	11,9	11,9
Wasserstoff für H2-Lkw (in ct/kg)	800,0	711,0	578,4	430,7
Lkw-Kosten in ct je Lkw km für unterschiedliche Antriebstechnologien²⁹				
Kosten eines Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	146,1	152,5	162,7	172,6
Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km		155,4	142,3	141,9
Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km		234,1	181,5	162,0
Summe Lkw-Kosten in ct je Lkw km für alle Lkw nach unterschiedlichen Antriebstechnologien				
Kosten aller Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	136,3	142,7	152,5	161,2
Kosten aller BEV-Lkw in ct/Lkw-km		144,0	132,0	130,3
Kosten aller H2-Lkw in ct/Lkw-km		216,7	169,8	151,3
Kosten über alle Lkw in ct/Lkw-km	136,3	142,7	149,7	141,0

Tabelle 3-19: Transport- und sonstige Kosten für SZM und SNF unterschiedlicher Antriebstechnologie im Straßengüterverkehr, sowie für die Summe aller Lkw

Quelle: eigene Darstellung auf Basis u. a. von destatis, Preise zur Energiepreisentwicklung, NPM Werkstattbericht Antriebswechsel Nutzfahrzeug

Für die Betriebskosten von Diesel-Lkw liegen zum Preisstand 2019 detaillierte Erhebungen und Kostenaktualisierungen der TRIMODE aus den Arbeiten zur Verkehrsprognose 2040 (VP 2040) vor. Sie sind Basis der obigen Kostenbetrachtungen. Dabei wurde auch für die Anfangsphase von einer vollständigen Vergleichbarkeit und Substituierbarkeit zwischen BEV- und Diesel-Lkw

²⁸ Hier handelt es sich um Kosten einer Sattelzugmaschine mit einer jährlichen Fahrleistung von 100.000 km

²⁹ Hier handelt es sich um Kosten eines Schweren Nutzfahrzeuges mit einer jährlichen Fahrleistung von 52.000 km

ausgegangen was die tägliche Fahrleistung angeht. Im Regionalbereich stehen Lkw mit einer Reichweite von 500 km pro Tag zur Verfügung. Damit dürften auch mehrere Fahrten in Reichweiten von bis zu 120 km durchweg bedienbar sein. Die im Regionalbereich eingesetzten Lkw haben eine Jahresfahrleistung von bis zu 80.000 km. Bei 300 Betriebstagen sind das keine 300 km/Tag im Durchschnitt. Diese Fahrleistung dürfte auch mit einer Akkuladung, die nachts wieder aufgefüllt wird, zu erbringen sein.

3.4.2.2 Schienengüterverkehr

Abbildung 3-5 zeigt, dass Vorhaltekosten von Lokomotiven und Wagen rd. ein Drittel der während eines Transportes entstehenden Schienenkosten ausmachen. Weitere 9 % der Kosten eines Transportes bestehen aus Personalkosten und 7 % aus den eingesetzten Energiekosten. In der Regel werden Schienengüterverkehre elektrifiziert betrieben, in Einzelfällen muss jedoch für Transporte auf nicht elektrifizierten Strecken auf Diesellokomotiven zurückgegriffen werden, in diesen Fällen machen die Energiekosten allerdings 13 % der Gesamtkosten aus. Ein weiterer wichtiger Block sind Trassenkosten mit einem Anteil von 22 % bis 26 %. In den Prämissen sind mehrere Punkte aufgenommen worden, sie sich auf die weitere Entwicklung der Transportkosten im Schienengüterverkehr auswirken können.

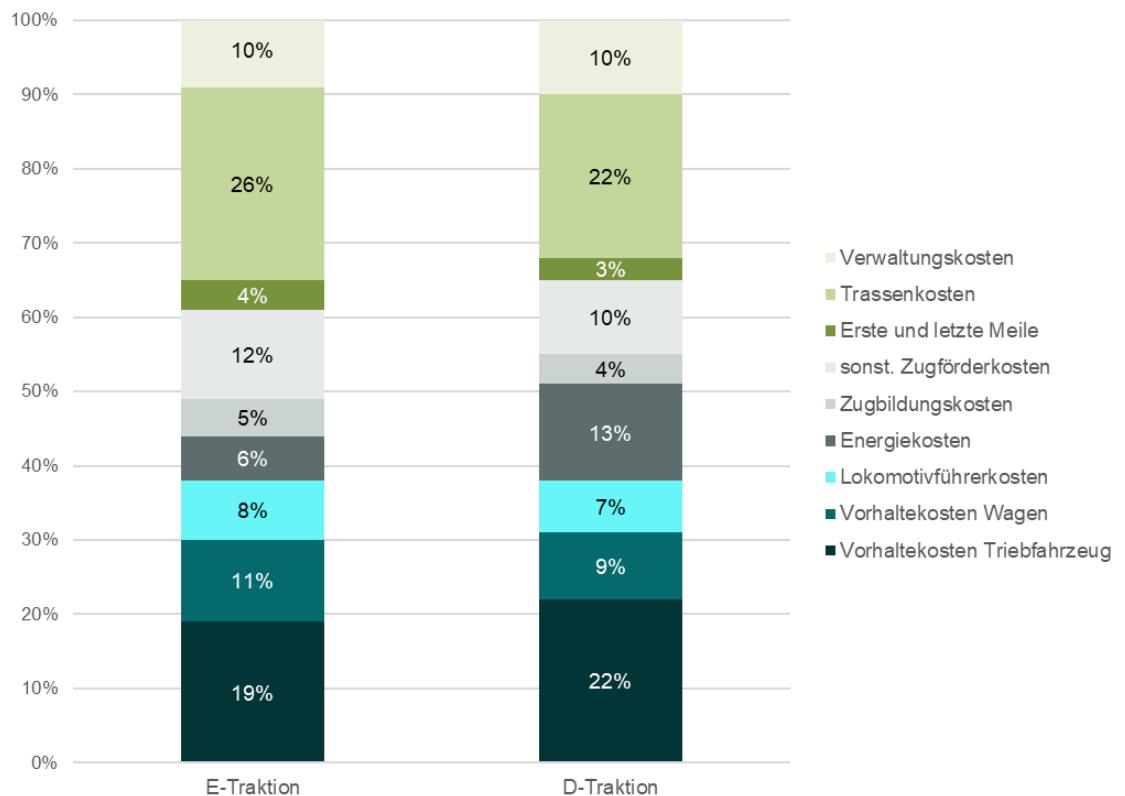


Abbildung 3-5: Bedeutung der einzelnen Kostenkomponenten im Schienengüterverkehr differenziert nach E- und D-Traktion (ohne Umschlagkosten und unter der Annahme eines Ganzzugstransports mit 1.500 t über 500 km)

Quelle: eigene Darstellung

- » **Lokomotiven und sich hieraus ergebende Vorhaltekosten:** Da der Lokomotivfuhrpark weitgehend elektrisch ist, wird es hier nicht zu größeren Veränderungen kommen. Allerdings wird der ETCS Ausbau zu Mehrkosten bei den Anschaffungskosten neuer Lokomotiven bzw. der erforderlichen Nachrüstung bestehender Lokomotiven führen. Nach Schätzungen von Fachexperten fallen für die ETCS-Nachrüstung von Streckenlokomotiven Mehrkosten in einer Höhe von bis zu 400.000 € an. Bei einer Neuanschaffung werden die Mehrkosten aufgrund des Ersatzes nationaler Sicherungssysteme mit rd. 5 % bis 10 % an Mehrkosten niedriger eingeschätzt. Die sich hieraus ergebenden Mehrkosten für einen Gesamttransport liegen bei rd. 3 %.

Diesel-Lokomotiven werden in Zukunft, bereits ab 2030, durch Dual-Mode, Last-Mile oder andere Lokomotiven mit alternativen Antrieben ersetzt. Diese Lokomotiven sind jedoch in ihren

aktuellen Anschaffungskosten um bis zu 50 % teurer als reine elektrische Lokomotiven und führen zu einer ähnlich hohen Erhöhung der Vorhaltekosten. Eingespart werden jedoch zeit- und kostenintensive Traktionswechsel.

- » **Vorhaltekosten von Wagen:** Es wird von einer vollständigen Umsetzung der automatischen Kupplung bis zum Jahr 2030 ausgegangen. Die Mehrkosten von 15.000 € bis 20.000 € pro Wagen schlagen angesichts der Anschaffungskosten und der langen Nutzungszeit der Wagen mit einer Veränderung von rd. 3 % auf die Vorhaltekosten durch. Auch diese Veränderungen werden im Rahmen der Berechnung in der Verkehrsmittelwahlmodellierung relationsspezifisch berücksichtigt.
- » **Trassenpreise:** Für den weiteren Verlauf der Trassenpreisentwicklung wurde von einer realen Konstanz der Trassenpreise ausgegangen.
- » **Personalkosten:** Auch hinsichtlich der Personalkosten wird von einer realen Konstanz in der weiteren Entwicklung ausgegangen, sodass hier nicht wie im Lkw-Verkehr höhere Nutzerkosten erwartet werden.
- » **Energiekosten:** Die Abschaffung der EEG-Umlage und der Stromsteuer wird zu bis zu 60 % niedrigeren Stromkosten der Schiene in den Jahren 2030 und 2040 gegenüber 2019 führen.
- » **Digitalisierung und Automatisierung:** Verbunden mit der digitalen Kupplung wird eine erhöhte Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs möglich, welche nicht nur die Kupplungszeiten und die Zeiten für die Bremsprobe im Rahmen der Zugbildung senken wird, sondern auch die weiteren Durchlaufzeiten in den Zugbildungsanlagen deutlich senken wird. Insgesamt gehen wir von einem kontinuierlichen Rückgang der Aufenthaltszeiten in den Rangieranlagen von 60 % bis 2040 aus.

Die Auswirkung all dieser Umstände auf die relationsspezifischen Transportkosten und -zeiten wird im Rahmen der Verkehrsmittelwahlmodellierung berechnet und berücksichtigt.

3.4.2.3 Binnenschifffahrt

Auch in der Binnenschifffahrt führen die klimapolitischen Veränderungen zu gravierenden Veränderungen der Nutzerkosten.

	2019	2030	2040
Kosten für unterschiedliche Treibstoffe in der Binnenschifffahrt			
Kosten synthetisches Methan (LNG) in ct/kWh[1]		15,0	13,0
Kosten Wasserstoff ct/kg	800,0	578,4	430,7
Kosten Diesel ct/l (inkl. Distribution)	52,7	58,2	63,8
CO ₂ -Steuer ct/l (Diesel)		26,4	31,0
Energiesteuer ct/l (Diesel)		47,0	47,0
Dieseltreibstoffkosten gesamt in ct/l	52,7	131,5	141,8
Treibstoffkosten in € für einen Verkehr Hamburg - Kehl (1.025 km)			
mit Dieseltreibstoff	4.621	11.534	12.430
mit synthetischem Methan als Treibstoff (ohne weitere Energiesteuer)	0	11.260	9.759
mit Wasserstoff als Treibstoff (ohne weitere Energiesteuer)	0	15.217	11.331
Index der Treibstoffkostenentwicklung zwischen 2019 und 2040 (immer der niedrigste Kostensatz)	100	244	211
Auswirkung des Treibstoffkostenanstiegs auf die gesamten Binnenschiffskosten in %		14 %	11 %

Tabelle 3-20: Entwicklung von Kraftstoffpreisen für die Binnenschifffahrt und Darstellung der Entwicklung an der Beispielrelation Hamburg – Kehl

Quelle: eigene Darstellung

Aktuell fahren Binnenschiffe mit Diesel, dessen Kosten im Jahr 2019 bei rd. 53 ct/l lagen. Die Einführung der CO₂-Steuer auf fossile Kraftstoffe wird in Verbindung mit steigenden Rohölpreisen und der Einführung der Energiebesteuerung von Schiffsdiesel in der Binnenschifffahrt zu einer Verdoppelung der Energiekosten in der Binnenschifffahrt führen, wie Tabelle 3-20 zu entnehmen ist. Als Alternative zum Diesel zeichnet sich, auch unter Berücksichtigung von Klimaaspekten,

zukünftig neben synthetisch gewonnenem Methan (bekannt auch als LNG, PtL, E-Fuel) auch Wasserstoff ab.

In der Energieprognose werden für Wasserstoff Erzeugungskosten von 2,50 €/kg im Jahr 2040 erwartet. Dazu sind Kosten für den Transport und die Verteilung im Inland von ungefähr 70 % zu berücksichtigen. Die Gesamtkosten importierter E-Fuels liegen aktuell zwischen 15 und 20 ct/kWh und damit um rd. 40 % günstiger als bei einer deutschen Produktion. Aufgrund weiter zu erwartender Kosten im Herstellungsprozess wird davon ausgegangen, dass importierte E-Fuels (hier in Form von Methan) zukünftig im Inland zwischen 13 und 14 ct/kWh angeboten werden können. Die für die unterschiedlichen Jahre angenommenen Preisentwicklungen können ebenfalls Tabelle 3-20 entnommen werden. Hierbei ist keine weitere Belastung der regenerativ entwickelten Energieträger mit Energiesteuern angenommen worden.

Setzt man die erwarteten Preisentwicklungen für die unterschiedlichen Treibstoffe auf einer Beispielrelation (hier Hamburg – Kehl) um, dann wird deutlich, dass der Dieseltreibstoff trotz der hohen Belastungen der fossilen Treibstoffe noch bis kurz vor dem Jahr 2030 günstiger ist als ein Umstieg auf die alternativen Treibstoffe.

Bis 2040 rechnen wir mit einer Erhöhung der Energiekosten um rd. 80 % (vgl. Tabelle 3-20). Bei einem Anteil von rd. 10 % der Treibstoffkosten an den Gesamtkosten des betrachteten Transportfalles resultiert aus den veränderten Treibstoffkosten eine jahresspezifisch unterschiedliche Erhöhung der Gesamtkosten der Binnenschifffahrt für die gewählte Relation zwischen 11% und 14 %.

Hinsichtlich Personalkosten und anderer Kosten der Binnenschifffahrt wird gegenüber 2019 eine reale Konstanz unterstellt.³⁰

Weitere Veränderungen in der Binnenschifffahrt sind durch eine stärkere Digitalisierung und Automatisierung von Hafen- und Umschlagsprozessen zu erwarten. Fachexperten gehen davon aus, dass die mit der Digitalisierung verbundenen Transport- und Umschlagszeiten um bis zu 25 % gegenüber heute sinken können. Dieses wird in den entsprechenden Transportzeitrechnungen im Rahmen der Verkehrsmittelwahlmodellierung berücksichtigt.

3.5 Weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen

Neben den infrastruktur- und den preispolitischen Handlungsfeldern gibt es eine Vielzahl weiterer politischer Rahmenbedingungen, die die Verkehrsentwicklung beeinflussen. Ordnungsrechtliche Vorschriften zu den Antriebsarten von Kraftfahrzeugen sind für den Klimaschutz von herausragender Bedeutung. Daher wird für das Bezugsszenario die Annahme getroffen, dass ab 2035 EU-weit keine Pkw und leichten Nutzfahrzeuge mit < 3,5 t zGG mit Verbrennungsmotoren mehr zugelassen werden dürfen (vgl. auch Abschnitt 3.6.1). Außerdem haben bereits einige Automobilhersteller angekündigt, bereits vor 2035 keine Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mehr zu produzieren.

Nullemissionszonen sind im Bezugsszenario nicht vorgesehen.

Schon für 2030 wird ein generelles Tempolimit von 30 km/h innerorts außer auf Hauptverkehrsstraßen angenommen. Als Hauptverkehrsstraßen gelten hierbei mindestens alle Bundesstraßen, alle mehrstreifigen Straßen sowie alle planfreien Straßen. Von einer generellen Geschwindigkeitsbegrenzung auf Autobahnen wird hingegen im Bezugsszenario nicht ausgegangen.

3.6 Technologieentwicklungen

Eine der wichtigsten Einflussgrößen in Hinblick auf die Treibhausgasemissionen des Verkehrs ist die Entwicklung der Antriebsartenstruktur im motorisierten Straßenverkehr. Diese wird in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich beleuchtet.

³⁰Die Annahme der Teilautomatisierung und der damit verbundenen leichten Reduzierung der Personalkosten auf reinen Kanalrelationen wurde auf den betroffenen Relationen berücksichtigt. Diese Relationen machen einen Aufkommensanteil von 5 % aus.

Weitere technologische Entwicklungen im motorisierten Verkehr sind dem Bereich automatisiertes und vernetztes Fahren (AVF) zuzurechnen. Für das Bezugsszenario 2030 und auch 2040 wird unterstellt, dass die Stufe 4 des Autonomen Fahrens keine ausreichende Marktdurchdringung bei Pkw und Lkw erzielen wird, um signifikante verkehrliche Wirkungen zu erzielen. Durch bis zu diesen Jahren verfügbare AVF-Technologien wird jedoch ein komfortableres und sicheres Fahren auf Autobahnen möglich sein.

3.6.1 Entwicklung der Antriebsartenstruktur

Die Entwicklung des **Pkw-Bestands** nach Antriebsarten besitzt einen **erheblichen Einfluss** auf diejenige der CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs. Erstens unterscheiden sich bereits die Emissionsfaktoren der einzelnen Antriebskonzepte deutlich. Wichtiger noch ist, dass in der Definition nach dem Kyoto-Monitoring die Emissionen von elektrisch betriebenen Fahrzeugen überhaupt nicht in den Werten des Sektors Verkehr enthalten sind. Ein steigender Anteil dieser Pkw führt also zu einer (rechnerischen) Verminderung der so definierten Emissionen des Verkehrs.

Die Eckpunkte der Annahmen zur Antriebsartenstruktur der **Pkw-Neuzulassungen** sind:

- » Ausgehend vom Verbot der Neuzulassung von Pkw mit **Verbrennungsmotoren** ab dem Jahr 2035 (vgl. Abschnitt 3.5) sind die Anteile dieser Fahrzeuge an den Neuzulassungen ab diesem Zeitpunkt gleich null. Dies gilt nicht nur für Pkw mit Otto- und Dieselmotor, sondern zusätzlich auch für alle anderen fossil angetriebenen, d.h. diejenigen mit Gasantrieb und mit „konventionellem“ Hybridantrieb und Plugin-Hybride. Bei Hybriden wird der Elektromotor über die Rückgewinnung der Bremsenergie aufgeladen und dient lediglich zur Energieeinsparung. Diese Fahrzeuge werden ausschließlich mit Mineralöl betrieben und fallen somit ebenfalls unter das Verbot von Verbrennungsmotoren. Schließlich haben wir aber auch die Plugin-Hybride (PHEV) unter die Pkw mit Verbrennungsmotor subsumiert.
- » **Wasserstoffbetriebene** Pkw (FCV, Fuel Cell Vehicle) sind zwar - wenn der Wasserstoff mit erneuerbaren Energien erzeugt wird – treibhausgasneutral. Jedoch gehen wir davon aus, dass Wasserstoff auch bis zum Jahr 2040 noch knapp sein wird, so dass er weitestgehend in Bereichen eingesetzt wird, in denen batterieelektrische Alternativen weniger geeignet sind, also im Lkw-Verkehr, im Luft- und im Seeverkehr sowie im Industriesektor. Für Pkw nehmen wir deshalb nur einen kleinen Anteil von FCV an den Neuzulassungen ab 2035 an, den wir auf 2 % quantifizieren.
- » Das bedeutet, dass ab dem Jahr 2035 der weitaus größte Teil der neu zugelassenen Pkw (98 %) **batterieelektrisch** angetrieben wird. Vor 2035 stellt sich nun die Frage nach der Aufteilung in **batterieelektrische** (BEV) und **Plugin-Hybride** (PHEV). Letztere haben im Jahr 2021 einen nahezu gleich hohen Absatz gefunden wie BEV. Nach dem Jahr 2025, in dem die PHEV-Neuzulassungszahlen ihren Höhepunkt bei 20 % erreichen, erscheint es jedoch als wahrscheinlicher, dass sämtliche Hindernisse, die jetzt noch einer durchgreifenden Bestandsdiffusion mit BEV entgegenstehen, d. h. die Verfügbarkeit von Ladeinfrastruktur, die Reichweite der Fahrzeuge etc., zunehmend überwunden werden, so dass die Funktion von PHEV als Übergangstechnologie allmählich ausläuft. Entsprechend rechnen wir ab dem Jahr 2035 damit, dass PHEV (berechtigterweise) ebenfalls unter das Verbot der Neuzulassung von Verbrennungsmotoren fallen.

Die Werte für die Jahre 2025 und 2030 haben wir durch lineare Interpolation der Anteile gegenüber 2021 (alle außer PHEV) bzw. zwischen 2021 und 2025 sowie 2025 und 2035 (PHEV) bestimmt (vgl. Tabelle 3-22)³¹. Die Verläufe bis zu diesen Stützjahren haben wir nicht linear interpoliert, sondern auf Wunsch des Auftraggebers so ausgestaltet, dass die Anteile lokal emissionsfreier Neuzulassungen in diesen Jahren sprunghaft, davor jedoch jeweils nur sehr langsam steigen. Demnach steigen zwischen 2022 und 2024 die Anteile BEV-Neuzulassungen an den gesamten Neuzulassungen um jährlich 1 %-Punkte. Zwischen 2025 und 2029 nehmen diejenigen

³¹ Am Beispiel Otto 2025: $37,1 - (37,1 / 14 \text{ (Jahre, 2035 - 2021)}) * 4 \text{ (Jahre, 2025 - 2021)} = 26,5$. Zum Zeitpunkt der Flottenmodellierung lagen die KBA-Zahlen für 2021 noch nicht vor und man ging von 37,1 % aus. Die BEV-Anteile ergeben sich durch Differenzbildung der Summe aller anderen zu 100 %.

der BEV-Neuzulassungen um jährlich 2 Prozentpunkte zu, die der PHEV-Neuzulassungen dagegen um 2 Prozentpunkte ab. Zwischen 2030 und 2035 sinkt der Anteil der PHEV-Neuzulassungen weiterhin um jährlich 2 Prozentpunkte auf schließlich 0 %, wohingegen die BEV-Neuzulassungen linear auf ihren Endwert von 98 % im Jahr 2035 steigen. Nach 2035 bleiben die Anteile unverändert.

Die Neuzulassungsanteile der fossilen Antriebe verringern sich zwischen 2022-2035 entsprechend der Zu-/Abnahme der BEV- und PHEV-Neuzulassungen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Anteile von Otto, Diesel, Flüssiggas, Erdgas und Hybrid (ohne PHEV) an allen fossilen Neuzulassungen über die Jahre hinweg gleichbleiben.

Diese Entwicklung wird dem derzeitigen Trend gerecht, dass der Anteil an BEV-Neuzulassungen maßgeblich von den EU-Flottengrenzwerten (für die Jahre 2030 und 2035) bestimmt wird. Die derzeit geltenden CO₂-Grenzwerte (52g CO₂/km im WLTP für 2030 und 0 g CO₂/km für 2040) werden im Bezugsszenario erfüllt (siehe Tabelle 3-21).

2030	Otto	Diesel	BEV + FCV	PHEV	Flüssiggas, Erdgas, Hybrid (o. PHEV)
NZL (Anteile in %)	13 %	7 %	64 %	10 %	6%
g CO ₂ /km	180	176	0	72	156
Durchschnitt	52,4				

Tabelle 3-21: direkte CO₂-Emissionen der Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2030

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

Neuzulassungen (Anteile in %)	2019	2021	2025	2030	2035 ff.
Otto	56,8	32,8	25,5	12,8	0,0
Diesel	33,2	20,0	15,5	7,8	0,0
Flüssiggas	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0
Erdgas	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Hybrid (ohne PHEV)	6,2	14,9	11,6	5,8	0,0
PHEV	1,6	15,6	20,0	10,0	0,0
BEV	2,0	16,1	26,6	62,3	98,0
FCV	0,0	0,0	0,4	1,2	2,0

Tabelle 3-22: Entwicklung der Antriebsartenstruktur der Pkw-Neuzulassungen

Quelle: KBA (2019 und 2021), eigene Prognosen

Aus diesen Annahmen für die Neuzulassungen sowie den, nach dem Fahrzeugalter gestaffelten, Überlebenswahrscheinlichkeiten errechnet sich die Struktur des **Bestands**. Der Anteil von BEV hat sich bereits in den beiden Jahren 2020 und 2021 spürbar von 0,3 auf 1,5 % erhöht (vgl. Tabelle 3-23).

Bestand [Anteile in %]	2019	2021	2025	2030	2035	2040
Otto	65,1	63,4	56,3	45,9	31,7	19,1
Diesel	32,6	30,7	26,9	21,4	14,7	8,8
Flüssiggas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Erdgas	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Hybrid (o.PHEV)	1,0	2,3	5,0	7,1	6,0	4,2
PHEV	0,3	1,4	5,0	8,2	7,5	5,3
BEV	0,4	1,5	6,0	16,5	38,8	60,9
FCV	0,0	0,0	0,1	0,3	0,8	1,2

Tabelle 3-23: Pkw-Bestand nach Antriebsarten, in Prozent

Quelle: KBA, eigene Prognosen

Im Prognosezeitraum wird der Anteil weiterhin spürbar zunehmen, und zwar mit steigender Tendenz. Im Jahr 2030 werden 16,5 %, im Jahr 2040 jedoch schon ca. 61 % der gesamten Pkw-Flotte auf BEV entfallen. Der Anteil von PHEV wird aus den oben genannten Gründen ab dem Jahr 2030 abnehmen. Der Rückgang des Anteils von Pkw mit Otto- und Dieselmotoren beschleunigt sich schon aktuell, dennoch werden sie im Jahr 2030 noch zwei Drittel (67 %) des Bestands

ausmachen. Auch bis 2040 wird noch ein nennenswerter Teil der vor 2035 neuzugelassenen Verbrenner überleben, so dass dann noch 28 % des Bestands auf diese Fahrzeuge entfallen.

Eine ausführliche Entwicklung der Neuzulassungen und des Bestands über alle Jahre ist im Anhang D-1- 1 und Anhang D-1- 2 dargestellt.

Kreis	Anteil BEV, 2019	Anteil BEV, 2030	Anteil BEV, 2040
Stuttgart	0,88	27,3	85,0
Böblingen	0,75	27,0	85,0
Esslingen	0,40	18,8	68,0
Göppingen	0,28	14,4	52,0
Ludwigsburg	0,40	16,5	59,7
Rems-Murr-Kreis	0,37	16,4	59,0
Stadt Heilbronn	0,32	12,3	46,5
Heilbronn	0,32	15,8	59,7
Hohenlohekreis	0,31	13,4	53,1
Schwäbisch Hall	0,32	14,8	58,6
Main-Tauber-Kreis	0,20	11,3	44,6
Heidenheim	0,23	10,8	40,6
Ostalbkreis	0,27	13,2	49,8
Baden-Baden	0,41	19,9	71,7
Stadt Karlsruhe	0,52	17,6	58,7
Karlsruhe	0,33	15,4	55,6
Rastatt	0,26	15,6	56,5
Heidelberg	0,48	14,3	47,8
Mannheim	0,29	12,3	41,1
Neckar-Odenwald-Kreis	0,19	14,6	57,7
Rhein-Neckar-Kreis	0,34	16,2	58,5
Pforzheim	0,30	14,5	54,6
Calw	0,44	19,6	73,9
Enzkreis	0,33	17,2	65,0
Freudenstadt	0,27	13,9	55,0
Freiburg im Breisgau	0,49	18,6	70,3
Breisgau-Hochschwarzwald	0,41	18,1	68,3
Emmendingen	0,33	20,5	77,4
Ortenaukreis	0,26	16,0	60,4
Rottweil	0,21	12,6	47,6
Schwarzwald-Baar-Kreis	0,23	13,6	51,3
Tuttlingen	0,26	14,9	56,2
Konstanz	0,34	18,9	71,4
Lörrach	0,41	17,8	67,1
Waldshut	0,36	17,8	70,3
Reutlingen	0,31	15,1	56,9
Tübingen	0,33	16,3	61,6
Zollernalbkreis	0,25	12,4	46,9
Ulm	0,43	17,3	65,3
Alb-Donau-Kreis	0,25	14,3	56,7
Biberach	0,28	16,8	66,5
Bodenseekreis	0,36	16,8	63,5
Ravensburg	0,34	16,5	62,5
Sigmaringen	0,20	12,5	49,5

Tabelle 3-24: BEV-Anteile im Bezugsszenario für 2030 und 2040

Im Bezugsszenario wurden einheitliche Antriebsartenanteile für ganz Baden-Württemberg benutzt. Die einzigen Maßnahmen im Bezugsszenario, die die Antriebsartenstruktur beeinflusst und unterschiedlich auf fossile und lokal emissionsfreie Antriebe wirkt, sind erhöhte Parkgebühren und Parkplatzsuchzeiten in Städten mit mehr als 90.000 Einwohnern. Die Wirkung dieser Maßnahme auf die kreisscharfen Anteile der Antriebsarten auf die Bestände und damit die lokalen Treibhausgasemissionen wurde als vernachlässigbar eingestuft. Es wurde keine Rückkopplung der kreisscharfen Antriebsartenanteile mit dem Verkehr und den Treibhausgasemissionen vorgenommen. Dies führt tendenziell dazu, dass der Verkehr und die Treibhausgasemissionen in den Kreisen unterschätzt wird, die einen überdurchschnittlichen Anteil an lokal emissionsfreien Fahrzeugen haben, denn das Parkraummanagement wirkt hier eigentlich weniger als ohne Rückkopplung sichtbar ist. Umgekehrt werden der Verkehr und die Treibhausgasemissionen in den Kreisen überschätzt, die einen unterdurchschnittlichen Anteil an lokal emissionsfreien Fahrzeugen haben. Auf Landesebene gleichen sich die beiden genannten gegenläufigen Effekte weitestgehend aus. Im Klimaschutzszenario wird dann eine kreisscharfe Betrachtung vorgenommen. Dort ist sie notwendig, denn es gibt mehr Maßnahmen, die die Antriebsartenanteile und somit den Verkehr sowie die Treibhausgasemissionen beeinflussen.

Die Antriebsartenstruktur des Bestands der schweren Nutzfahrzeuge wird in Kapitel 4.3.4 dargestellt. Die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) mit zGG < 7,5 t besitzen zwar hohe Anteile am Bestand aller Lkw, aber weit geringere an der Fahrleistung. Sie werden als eigenes Segment prognostiziert und dargestellt. Grundsätzlich entsprechen die Annahmen für Neuzulassungen denen der Pkw, denn die LNF entsprechen technologisch mehr den Pkw als den SNF:

- » Es wird auch hier ein Verbrennerverbot ab 2035 angenommen. Dies führt zu einem Anteil von null Neuzulassungen ab 2035 bei Benzin, Diesel, Gas (CNG und LPG) und Hybriden (auch PHEV) in diesem Jahr.
- » Brennstoffzellen sind zukünftig ohne wesentliche Bedeutung, auch weil Wasserstoff anderweitig dringender eingesetzt wird. Es wird ein Anteil von 2 % angenommen.
- » Im Gegensatz zu Pkw haben Hybride, sowohl PHEV und Non-PHEV hier keine Bedeutung und stellen einen Nischenmarkt dar.

Den Verlauf bis zum Jahr 2035 ist, exakt wie bei Pkw, entsprechend der Angebotsentwicklung als nicht-linear angenommen. Somit steigt der Anteil der BEV bis zum Jahr 2030 progressiv (vgl. Tabelle 3-25). Zwischen 2021 und 2025 sowie 2025 und 2030 wurden die Verläufe, ebenfalls wie bei Pkw, in Form einer Treppenfunktion gesetzt.

	2019	2021	2025	2030	2035	2040
Neuzulassungen (%)						
Otto	4,7	4,0	3,6	2,0	0,0	0,0
Diesel	92,1	89,6	79,6	45,9	0,0	0,0
Flüssiggas	0,4	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0
Erdgas	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Hybrid (o.PHEV)	0,1	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0
PHEV	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
BEV	2,3	4,9	15,0	50,0	98,0	98,0
FCV	0,1	0,3	0,8	1,4	2,0	2,0
zum Vergleich: Pkw						
Otto	56,8	32,8	25,5	12,8	0,0	0,0
Diesel	33,2	20,0	15,5	7,8	0,0	0,0
Flüssiggas	0,2	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0
Erdgas	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
Hybrid (o.PHEV)	6,2	14,9	11,6	5,8	0,0	0,0
PHEV	1,6	15,6	20,0	10,0	0,0	0,0
BEV	2,0	16,1	26,6	62,3	98,0	98,0
FCV	0,0	0,0	0,4	1,2	2,0	2,0

Tabelle 3-25: Anteile der Neuzulassungen bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart, im Vergleich zu Pkw

Quelle: KBA, eigene Prognosen

In Tabelle 3-26 sind folgende zentrale Ergebnisse zu erkennen:

- » Der Anteil der BEV am Bestand steigt zunächst moderat bis 2025 auf 4 %, danach stärker über 13 % (2030) auf 66 % im Jahr 2040.
- » Der Rückgang des Anteils der Diesel-Fahrzeuge beschleunigt sich entsprechend, dennoch entfallen auf sie im Jahr 2040 weiterhin noch ca. 30 % des Bestands.

Auch im Bereich der **Omnibusse** werden erhebliche Anstrengungen in Richtung nicht-fossiler Antriebe unternommen. Allerdings ist der Anteil der Omnibusse am gesamten Dieselkraftstoffabsatz mit unter 2 % weit geringer als der von Pkw und Nutzfahrzeugen. Deshalb konnte auf eine Bestimmung des Anteils der klimaneutralen Omnibusse mit einem ähnlich aufwändigen Vorgehen wie bei Pkw und LNF verzichtet werden. Ersatzweise wurde die einschlägige Annahme der sogenannten „CVD-Studie“, und zwar hier des Szenario 1, übernommen, gemäß der im Jahr 2030 25 % und im Jahr 2040 50 % der Omnibusflotte elektrifiziert (d.h. BEV oder H2) sind.³²

	2019	2021	2025	2030	2035	2040
Neuzulassungen (%)						
Otto	4,7	4,0	3,6	2,0	0,0	0,0
Diesel	92,1	89,6	79,6	45,9	0,0	0,0
Flüssiggas	0,4	0,7	0,6	0,4	0,0	0,0
Erdgas	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Hybrid (ohne PHEV)	0,1	0,3	0,3	0,2	0,0	0,0
PHEV	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
BEV	2,3	4,9	15,0	50,0	98,0	98,0
FCV	0,1	0,3	0,8	1,4	2,0	2,0
Bestand (%)						
Otto	4,7	4,7	4,3	3,8	2,6	1,4
Diesel	93,5	92,9	90,7	81,8	55,6	31,3
Flüssiggas	0,5	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2
Erdgas	0,4	0,4	0,1	0,1	0,1	0,0
Hybrid (ohne PHEV)	0,0	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1
PHEV	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0
BEV	0,8	1,3	4,1	13,1	40,1	65,5
FCV	0,0	0,0	0,2	0,6	1,1	1,5

Tabelle 3-26: Anteile der Neuzulassungen und des Bestands bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart

3.6.2 Spezifische Energieverbräuche

Die Prognose der spezifischen Energieverbräuche stützt sich in erster Linie auf externe Energieprognosen und wird bei der Darstellung der einzelnen Verkehrsträger beschrieben.

Für den **Kfz-Verkehr** wurden als Vergangenheitswerte der spezifischen Verbräuche die Schätzwerte aus der Kraftstoffverbrauchsrückrechnung des DIW bzw. des DLR herangezogen. Deren Prognose stützt sich vor allem auf die sogenannte „dena-Leitstudie“ des EWI Köln et al. (vgl. Abschnitt 3.4.1). Im Ergebnis sinkt der spezifische Verbrauch der Pkw mit fossilem Antrieb pro Jahr um 0,5 % bis 0,8 % p. a., der BEV-Pkw um rund 1 % p. a. und der schweren Lkw (SNF u. SZM) um 0,5 % p. a (für Details siehe Tabellen Tabelle 3-16Tabelle 3-17Tabelle 3-19).

Bei **PHEV-Pkw** (bei SNF, SZM und LNF gibt es diesen Antrieb nicht) ist für die Bestimmung des Energieverbrauchs die Aufteilung der Fahrleistung auf fossilen und auf elektrischen Antrieb erforderlich. Letzterer betrug im Jahr 2022 nach einer aktuellen Fraunhofer-Studie rund 30 %.³³ Für

³² Sphera, Transformationsprozess zu emissionsfreien Bussen im Kontext der Clean Vehicles Directive (CVD-Studie), 2021, S. 25.

³³ FhG_ISI, Reale Nutzung von Plug-in-Hybrid- Fahrzeugen in Europa: Ein 2022er Update. Dieser Wert wurde auch für 2019 gesetzt.

2030 haben wir das wegen der allgemeinen Fortschritte in der Elektrifizierung auf 42 % angehoben und dies bis 2040 konstant gehalten.

Leichte Nutzfahrzeuge bestehen zu 93 % (2021) aus Fahrzeugen mit einem zGG von unter 3,5 t. Ihr Durchschnittsverbrauch lag im Jahr 2019 bei 10,7 l/100 km. Für den Prognosehorizont wurde für Verbrenner ebenfalls ein Rückgang des spezifischen Verbrauchs um 0,5 % p. a. angenommen. 2030 beträgt der Verbrauch somit 10,1 l/100km und 2040 9,6 l/100 km. Die spezifischen Stromverbräuche der BEV und der (auch hier unbedeutenden) FCV wurden für das Jahr 2040 mit 30 bzw. 40 kWh/100 km angenommen. Im Jahr 2019 waren diese Antriebsarten noch nahezu bedeutungslos (0,1 von zusammen 28 PJ).

Für die **Eisenbahnen** und die **Binnenschifffahrt** wurden sowohl ex post als auch ex ante die vom ifeu im TREMOD-Modell erarbeiteten Werte verwendet.

Die Ermittlung des (gesamten) Treibstoffverbrauchs des **Luftverkehrs** basiert grundsätzlich, d. h. in allen Definitionen, auf dem in der amtlichen Mineralölstatistik des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle erhobenen Inlandsabsatz von Kerosin und von Flugbenzin (2019: 10,2 Mio. t). Er ist zwar nicht exakt identisch mit dem tatsächlichen Verbrauch, da im Inlandsabsatz einerseits „übertankte“ Mengen enthalten sind, andererseits auf Zwischenlandungen auf Auslandsflughäfen nachgetankte Mengen nicht enthalten sind. Dennoch bildet der Inlandsabsatz den effektiven Verbrauch annähernd zutreffend ab und wird deshalb auch für die Berechnungen nach dem **Standortprinzip** herangezogen. Der auf den innerdeutschen Verkehr entfallende, d. h. der für das Kyoto-Monitoring maßgebliche Teil des Kerosinabsatzes wird seit 2003 vom Umweltbundesamt auf der Basis von Angaben von Eurocontrol ermittelt; im Jahr 2019 belief er sich auf 7 % des gesamten Treibstoffverbrauchs.

Daraus errechnet sich ein **spezifischer Verbrauch** in Höhe von 5,9 (innerdeutsch, Territorialprinzip) bzw. 3,7 l / 100 Pkm (insgesamt, Standortprinzip), der auch auf Baden-Württemberg angesetzt wird. Im innerdeutschen Verkehr entfällt auf den verbrauchsintensiven Startvorgang ein höherer Teil des gesamten Verbrauchs. Zwar ist hier auch das eingesetzte Gerät im Durchschnitt kleiner. Es überwiegt jedoch der erste Effekt, also der höhere Anteil des Verbrauchs beim Start. Im **Prognosezeitraum** wird der spezifische Verbrauch, wie seit geraumer Zeit, spürbar sinken, nämlich um – verkehrsleistungsbezogen – rund 2 % p. a. (2040/19). Rund die Hälfte davon resultiert aus technischen Verbesserungen bei den Triebwerken, der Aerodynamik und weiteren Gewichtsreduzierungen. Hinzu kommt der Anstieg der Auslastung, d. h. der durchschnittlichen Zahl der Fluggäste pro Flug. Hier wiederum schlagen sich die größere mittlere Flugzeuggröße (pro Strecke) und die Nachfrageverschiebung hin zu Strecken, auf denen größeres Gerät eingesetzt wird (z. B. Interkont-Strecken), nieder. Insgesamt bedeutet das eine Abnahme um 34 % (2040).

3.7 Änderungen des Verkehrsverhaltens aufgrund von Langzeitwirkungen der Pandemie

Zum Berichtszeitpunkt sind die Einschränkungen und Auflagen der COVID-19-Pandemie aufgehoben. Es ist davon auszugehen, dass einige während der Pandemie erlernte oder verstärkte Verhaltensweisen auch in Zukunft in gewissem Maße beibehalten werden. Insbesondere die Möglichkeiten von Homeoffice, Videokonferenzen statt Geschäftsreisen sowie Online-Shopping statt stationärem Einkauf beeinflussen das Verkehrsaufkommen langfristig.

Für das Bezugsszenario 2030 und 2040 wird davon ausgegangen, dass durch die Zunahme von Homeoffice-Nutzung die Berufsverkehrsfahrten um insgesamt 6 % zurückgehen. Der Rückgang wird im Modell nach Verkehrsmittel und Reiseweite differenziert abgebildet, der MIV ist dabei unter-, der SPNV überdurchschnittlich vom Rückgang betroffen. Diese gesamtmodale Reduktion der Berufsverkehrsfahrten (Anzahl der Arbeitswege) basiert zum einen auf den Homeoffice-Anteilen während der COVID-19-Pandemie, die hier als Obergrenze für die langfristige Entwicklung herangezogen werden (Anteil in den Lockdown-Monaten 17 % (teilweise Homeoffice) bis 27 % (ausschließlich Homeoffice), im Juni 2021 18 % (teilweise) und 15 % (ausschließlich)). Berücksichtigt wird außerdem, dass Homeoffice grundsätzlich nur für einen Teil der Erwerbstätigen in Frage kommt, weil bei den Übrigen (z. B. Industrie/Produktion, Bau, stationärer Einzelhandel, haushaltsnahe Dienstleistungen u. a.) die Art der Tätigkeit dafür nicht geeignet ist. Zudem wird

berücksichtigt, dass ein Teil dieser grundsätzlich fürs Homeoffice geeigneten Erwerbstätigen aus verschiedenen Gründen nach der Überwindung der Pandemie nicht oder nicht mehr in gleichem Maße im Homeoffice arbeiten darf oder will. Außerdem werden jene Erwerbstätigen in Abzug gebracht, die bereits vor der Pandemie im Homeoffice arbeiteten, also keine Berufsverkehrsfahrten durchführten, die möglicherweise entfallen können³⁴. Ferner wird angenommen, dass die Anzahl der pro Woche im Homeoffice verbrachten Arbeitstage bei 2 bis 2,5 liegen wird. Aus diesen Berechnungen und Schätzungen ergibt sich für den Berufsverkehr ein Folgeeffekt aus der COVID-19-Pandemie in Höhe von 3 % bis 10 %. Die angegebenen 6 % entsprechen der Mitte dieser Bandbreite und werden somit als realistischste Schätzung herangezogen.

Ebenfalls wird für 2030 und 2040 unterstellt, dass aufgrund vermehrter Nutzung von Videokonferenzen die Geschäftsreisen im Mittel um 10 % zurückgehen. Auch hier wird nach Verkehrsmittel und Entfernung differenziert. Die landgebundenen Geschäftsreisen (-10 %) gehen aufgrund des höheren Anteils an routinemäßigen Dienstreisen stärker zurück als jene im Luftverkehr (-5 % bis -10 %), die einen höheren Anteil an unregelmäßigen Geschäftsreisen aufweisen. Hier wirkt sich die während der pandemiebedingten Einschränkungen erheblich verbesserte Technologie und deren Diffusion in den Unternehmen spürbar aus. Jedoch sind auch weiterhin die weitaus meisten Geschäfts- und Dienstreisen nicht ohne Nachteile ersetzbar, insbesondere Reisen, bei denen der persönliche Kundenkontakt im Vordergrund steht (Messen, Kongresse, Vertriebsaktivitäten u. a.). Diese werden vor allem aus Wettbewerbsgründen nach Überwindung der Pandemie in fast dem gleichen Ausmaß wie zuvor stattfinden. Die größere Durchdringung und Verbesserungen in den Kommunikationstechnologien führen zudem nicht nur zur potenziellen Ersetzung oder Reduzierung von Reiseaktivitäten, sondern sie eröffnen zusätzliche Möglichkeiten überregionaler und internationaler Zusammenarbeit einschließlich Mitarbeit von Orten, die weit weg vom Dienstsitz sind. Dies zieht wiederum zusätzliche Reiseaktivitäten nach sich. Grundsätzlich wurden durch die Pandemie Prozesse ausgelöst, die auch sonst eingetreten wären, nur später.

Für beide Prognosejahre wird zudem angenommen, dass der durch den Corona-Lockdown ausgelöste Online-Boom nachwirkt und aufgeht in der Vorwegnahme bzw. Beschleunigung allgemeiner Trends. Der angenommene Rückgang des stationären Einkaufs (als Anzahl der Wege) beträgt in der Folge durch vermehrte Nutzung des Online-Handels 5-10 %. Zudem stagniert weiterhin der Einkaufsverkehr im engeren Sinne, wird allerdings im Fahrtzweck „Einkauf/Erledigung“ durch den dynamischer wachsenden „Erledigungsverkehr“ mehr als kompensiert.

Der entsprechende Zuwachs des KEP-Verkehrs wird in der Prognose des Straßengüterverkehrs berücksichtigt.

3.8 Entwicklung des Pkw-Bestands

3.8.1 Vorbemerkungen

Wie in den Vorbemerkungen zum (gesamten) Kapitel 3 ausgeführt wurde (vgl. Abschnitt 3.1), stellt der Pkw-Bestand einerseits eine zentrale Einflussgröße des Individualverkehrs und – angesichts von dessen Anteil – auch des gesamten Personenverkehrs dar. Im Gegensatz zu den verkehrspolitischen Rahmenbedingungen, deren Entwicklungen im Prognosezeitraum eher als Annahmen zu verstehen sind, besitzen die Ergebnisse für den Pkw-Bestand bereits den Charakter von Prognoseergebnissen. Dennoch wird er hier und nicht bei der Prognose des Personenverkehrs behandelt.

Zweckmäßigerweise wird zur Analyse und Prognose der Pkw-Bestandsentwicklung zunächst die auf eine demographische Größe bezogene Pkw-Dichte herangezogen. Für diese Kennziffer kommen mehrere Bezugsgrößen in Betracht, nämlich

- » die gesamte Einwohnerzahl,
- » die Zahl der Einwohner über 18 Jahre („fahrfähige Einwohner“) und

³⁴ Dabei wird berücksichtigt, dass viele Arbeitswege mit Erledigungs- und/oder Einkaufswegen kombiniert werden. Die gestiegene Nutzung des Homeoffice führt hierbei zu keiner Änderung. D. h., wenn bisher kombiniert wurde, dann wird auch weiterhin kombiniert, nämlich an den Tagen mit Fahrten zum Arbeitsplatz.

- » die Zahl der privaten Haushalte.

Insgesamt hat sich – u. a. durch die retrospektive Überprüfung früherer Prognosen – die Zahl der fahrfähigen Einwohner als die geeignetste Bezugsgröße erwiesen. Auf die Setzung einer oberen Altersgrenze, wie es in diversen älteren Bestandsprognosen aus den achtziger und neunziger Jahren üblich war, wird verzichtet, da dies erstens schon immer als willkürlich erschien und zweitens durch den Anstieg des Motorisierungsgrads bei älteren Personen in den letzten Jahrzehnten als nicht zielführend erachtet wird.

Die langfristige Entwicklung der Pkw-Dichte folgt grundsätzlich einem **degressiven Wachstumstrend**. Die früheren auch von uns verwendeten sog. „endogenisierten Sättigungsfunktionen“, bei denen der Grenzwert nicht exogen vorgegeben werden muss bzw. darf, haben in Zeiten, in denen die Degression nicht mehr so eindeutig verläuft wie in den ersten Jahrzehnten der Massenmotorisierung, an Präzision verloren. Abgesichert werden die Ergebnisse durch Ansätze, die sich auf den Haupteinflussfaktor verfügbares Einkommen und daneben auch den Kraftstoffpreis stützen sowie die Verschiebungen in der Altersstruktur der Bevölkerung berücksichtigen. Damit kann der Motorisierungsgrad sowohl landesweit als auch in den Stadt- und Landkreisen Baden-Württembergs vorausgeschätzt werden. Der Motorisierungsgrad wurde von der Bundesprognose VP2040 übernommen.

3.8.2 Pkw-Bestand in Baden-Württemberg

Der erwähnte Degressionsprozess kommt in den mehrjährigen jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Pkw-Dichte **während der Massenmotorisierung** zum Ausdruck. Sie belaufen sich – bei Heranziehen des Pkw-Bestands in der jeweils gültigen Definition – auf

- » 22,3 % (1950-1960),
- » 11,0 % (1960-1970),
- » 5,1 % (1970-1980) und
- » 2,6 % (1980-1990).

Diese Wachstumsraten beziehen sich auf das frühere Bundesgebiet, waren in Baden-Württemberg aber sehr ähnlich ausgeprägt. **Nach 1990** waren durchweg geringere Zuwachsraten zu beobachten. In den Nullerjahren lagen sie sogar bei deutlich unter 1 % p. a., als die verfügbaren Einkommen vergleichsweise schwach wuchsen und die Kraftstoffpreise im Jahr 2008 ein (temporäres) Rekordniveau erreichten. **Nach 2008** ist die Pkw-Dichte jedoch wieder deutlich stärker gewachsen, nämlich um über 1 % p. a. Denn erstens wurde die Bestandsausweitung seit 2010 von den stärker wachsenden Einkommen wieder stärker angetrieben. Die privaten Konsumausgaben wuchsen (bundesweit, aber in Baden-Württemberg sicherlich ähnlich) bis 2019 (vor der Pandemie) um 1,5 % p. a., zwischen 2000 und 2010 dagegen nur um 0,4 %. Zweitens sind die Kraftstoffpreise im vergangenen Jahrzehnt nominal nicht weiter gestiegen und damit real spürbar insgesamt gesunken. Selbst in den beiden Pandemie Jahren **2020 und 2021** ist die Pkw-Dichte in Baden-Württemberg um 1 % p. a. gestiegen, trotz der Umbruchsituation in der Antriebstechnologie und der teilweise mangelnden Lieferfähigkeit der Industrie.

- » Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass sich die Bestandsausweitung im Prognosezeitraum einerseits grundsätzlich **fortsetzt**, aber andererseits entsprechend dem Degressionsprozess zunehmend **verlangsamt**. Im Ergebnis wird die Pkw-Dichte (pro Erwachsenen) im gesamten Zeitraum von 2019 bis 2040 um 0,5 % p. a. steigen, mit einem klar degressiven Verlauf. Das Prognoseergebnis für den verkehrspolitisch unbeeinflussten Fall aus diversen methodischen Ansätzen, insbesondere den o. a. Sättigungsfunktionen (für die Pkw-Dichte), lag noch etwas höher. Da aber auch im Bezugsszenario einige nicht gänzlich unbedeutende verkehrspolitische Maßnahmen im Bereich der Nutzerkosten und der Infrastruktur, die für den Pkw-Verkehr zur Verfügung steht, unterstellt sind, wurde das unbeeinflusste Wachstum um wenige Zehntelprozentpunkte abgeschwächt. Im Vergleich zum o. a. Ex-post-Verlauf (über 1 % p. a. zwischen 2008 und 2019) ist der hier (für den gesamten Prognosehorizont) prognostizierte Anstieg in Höhe von 0,5 % p. a. klar geringer.

Jahr	Bestand ¹⁾		Dichte über 18 ²⁾		Dichte insg. ³⁾	
	Mio.	Veränderung p. a. in % ³⁾	Pkw / 1000 E	Veränderung p. a. in % ³⁾	Pkw / 1000 E	Veränderung p. a. in % ⁴⁾
2019	6.723		728		606	
2020	6.764	0,8	734	0,8	609	0,8
2021	6.847	1,2	742	1,2	615	1,0
2030	7.298	0,8	777	0,6	637	0,5
2040	7.629	0,4	800	0,3	655	0,3

1) Zum 1.7., ohne vorübergehend stillgelegte Fahrzeuge. Mit Bevölkerung gemäß 14. KBV, W32

2) Pkw pro 1.000 Einwohner über 18 Jahre

3) Pkw pro 1.000 Einwohner

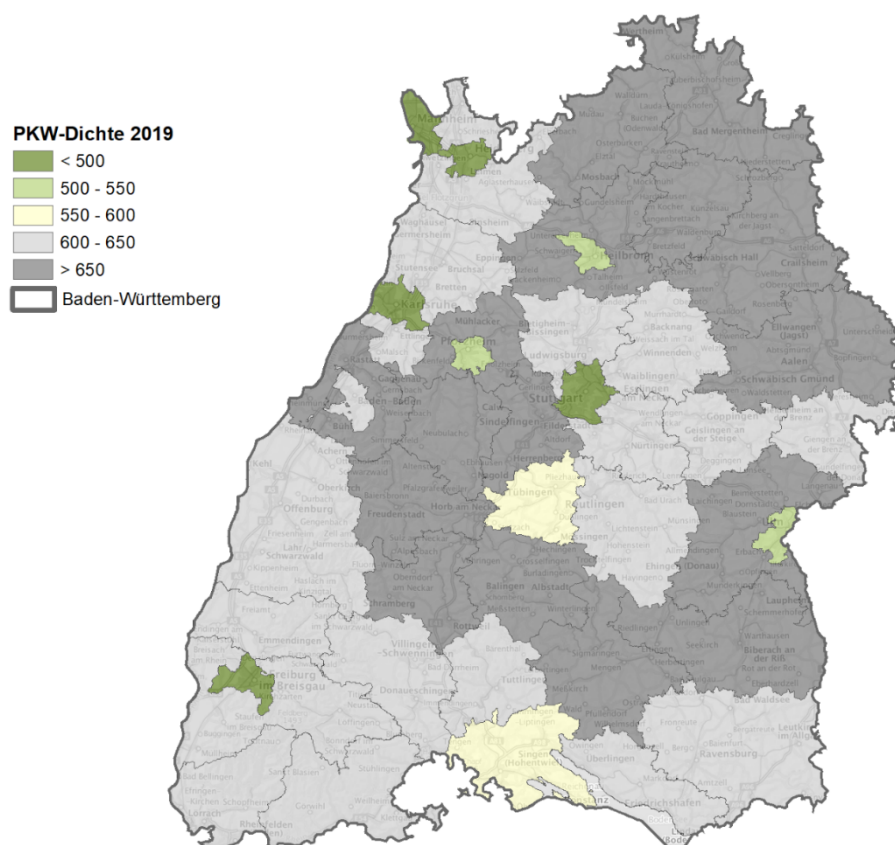
4) ggü. Jeweiligem Vorwert, 2030 ggü. 2019

Tabelle 3-27: Entwicklung des Pkw-Bestands und der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, Statistisches Bundesamt, eigene Prognosen

3.8.3 Regionale Differenzierung

Für die Analyse der Unterschiede der Pkw-Dichte in den baden-württembergischen Stadt- und Landkreisen ist die auf die gesamte Bevölkerung bezogene Pkw-Dichte völlig ausreichend. Diese Analyse zeigt den bekannten (reziproken) **Zusammenhang mit dem Verdichtungsgrad** in kleinräumiger Betrachtung. So ist der Motorisierungsgrad in den Städten Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim, Heidelberg und Freiburg weit unterdurchschnittlich ausgeprägt. In den beiden letztgenannten kommt die Eigenschaft von Studentenstädten zur Siedlungsstruktur hinzu. Zudem ist hier in aller Regel nicht nur das Niveau, sondern auch der Zuwachs in der jüngeren Vergangenheit gering. Auch in den Städten Ulm, Heilbronn und Pforzheim ist die Dichte unterdurchschnittlich. In allen anderen, in der Regel ländlich geprägten und/oder dispers besiedelten Kreisen, sind höhere Werte anzutreffen. Der sogar bundesweit höchste Wert (742 Pkw/1000 Einwohner, 2019) findet sich im Hohenlohekreis. Abbildung 3-6 zeigt die Pkw-Dichte (Anzahl Pkw pro 1.000 Einwohner) im Jahr 2019 für die Landkreise und kreisfreien Städte in Baden-Württemberg.



In den weniger verdichteten Räumen war auch die Dynamik in der jüngeren Vergangenheit weit überdurchschnittlich. Der jahresdurchschnittliche Anstieg der Pkw-Dichte zwischen 2007, dem Jahr der statistischen Umstellung auf den Bestand ohne stillgelegte Pkw, und 2021, den (zum Zeitpunkt der Bearbeitung) aktuellen Rand, beläuft sich in ganz Baden-Württemberg auf 0,97 % p. a. und weist eine Bandbreite von 0,08 % (Stadt Karlsruhe) bis 1,57 % (Landkreis Sigmaringen) auf. Die als Prototyp für die jeweiligen Raumtypen geltenden Kreise Stuttgart (0,18 %) und Hohenlohe (1,40 %) sind nicht weit von diesen Extremwerten entfernt.

Kreis	Pkw-Dichte 2019
Stuttgart	< 500
Böblingen	> 650
Esslingen	600 – 650
Göppingen	600 – 650
Ludwigsburg	600 – 650
Rems-Murr-Kreis	600 – 650
Heilbronn, Stadt	500 – 550
Heilbronn, Kreis	> 650
Hohenlohekreis	> 650
Schwäbisch Hall	> 650
Main-Tauber-Kreis	> 650
Heidenheim	600 – 650
Ostalbkreis	> 650
Baden-Baden	600 – 650
Karlsruhe, Stadt	< 500
Karlsruhe, Kreis	600 – 650
Rastatt	> 650
Heidelberg	< 500
Mannheim	< 500
Neckar-Odenwald-Kreis	> 650
Rhein-Neckar-Kreis	600 – 650
Pforzheim	500 – 550
Calw	> 650
Enzkreis	> 650
Freudenstadt	> 650
Freiburg i. Br.	< 500
Breisgau-Hochschwarzwald	600 – 650
Emmendingen	600 – 650
Ortenaukreis	600 – 650
Rottweil	> 650
Schwarzwald-Baar-Kreis	600 – 650
Tuttlingen	600 – 650
Konstanz	550 – 600
Lörrach	600 – 650
Waldshut	600 – 650
Reutlingen	600 – 650
Tübingen	550 – 600
Zollernalbkreis	> 650
Ulm	500 – 550
Alb-Donau-Kreis	> 650
Biberach	> 650
Bodenseekreis	600 – 650
Ravensburg	600 – 650
Sigmaringen	> 650

Tabelle 3-28: Pkw-Dichte 2019 der Landkreise und kreisfreien Städte in Baden-Württemberg

Diese Divergenz ist auch im Prognosezeitraum sichtbar. Sie reicht dann – bei einem Gesamtwert in Höhe von 0,48 % p. a. (2040/19) – von 0,05 % bis 0,76 %.

3.9 CO₂-Emissionsfaktoren

Wie in der Einleitung zu Kapitel 3 erwähnt, werden die CO₂-Emissionsfaktoren in diesem Zwischenbericht unter den Modelleingangsgrößen subsumiert und deshalb hier – und nicht bei der Beschreibung des Emissionsmodells in Kapitel 4.4 – dargestellt.

3.9.1 Kraftstoffe

Für die CO₂-Emissionen der **Kraftstoffe** wurden die Emissionsfaktoren angesetzt, die seit 2004 sowohl vom Umweltbundesamt für das Monitoring der Treibhausgasemissionen gemäß dem Kyoto-Protokoll als auch vom Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) im Rahmen des TREMOD-Modells verwendet werden.³⁵ Sie werden dort jeweils bezogen auf den Energieinhalt dargestellt (kg CO₂ / GJ). Zur Bestimmung des „gängigeren“ gewichtsbezogenen Emissionsfaktors (kg CO₂ pro kg Kraftstoff) sind erstere mit dem gewichtsbezogenen Energieinhalt („Heizwert“, MJ / kg Kraftstoff) zu multiplizieren. Die CO₂-Emissionsfaktoren der einzelnen Kraftstoffarten sind in Tabelle 3-29 für beide Bezugsgrößen dargestellt. Diese Faktoren sind – abgesehen von Verfeinerungen bei ihrer Berechnung – im Zeitablauf konstant und werden daher auch für die Prognosejahre herangezogen.

Für die Biokraftstoffe wurde angenommen, dass die Beimischungsquote pro Liter lediglich moderat auf 7 % (Otto-) bzw. 8 % (Dieselkraftstoff, jeweils 2030 und 2040, 2019: 6,4 % bzw. 6,1 %) erhöht wird, es also kein „E20“ geben wird. Es ist davon auszugehen, dass der Anteil von Kraftstoffen mit beigemischten Biokraftstoffen am Kraftstoffabsatz weiter steigt. Allerdings ist das Ausmaß dieses Anstiegs in der jüngeren Vergangenheit (Anteil E10 am gesamten Ottokraftstoffabsatz von 14 % (2019 und 2020) auf 24 % (2022)) vor allem auf eine Vergrößerung des Preisabstands zwischen E10 und den anderen Sorten zurückzuführen. Beides wird sich nicht in diesem Ausmaß fortsetzen (Hj. 1 2023: 25 %). Dies entspricht auch den diesbezüglichen Annahmen des letzten Projektionsberichts.³⁶ Die direkten Emissionen von Biokraftstoffen sind ex definitione null, der Faktor für den Biodiesel (FAME) findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Kraftstoff	Heizwert	CO ₂ -Emissionsfaktor		
		Direkt		Gesamt
	(MJ/kg)	(kg/GJ)	(kg/kg)	(kg/kg)
Ottokraftstoff (fossil) (ohne Biokraftstoffe)	42,280	75,284	3,183	3,783
Diesekraftstoff (0 % Biokraftstoffe)	42,648	74,027	3,157	3,581
Kerosin	42,800	73,256	3,135	3,563
Ethanol	26,917	71,607	1,927	1,513
Biodiesel	37,242	70,800	2,637	1,432
Erdgas	46,500	55,826	2,596	2,922
Flüssiggas	46,598	66,334	3,091	3,478

Tabelle 3-29: Emissionsfaktoren für Kraftstoffe

Quelle: TREMOD

Synthetische Kraftstoffe stehen nicht in ausreichendem Ausmaß für alle Verkehrsarten zur Verfügung. Für das Bezugsszenario gehen wir davon aus, dass es dort eingesetzt wird, wo es keine

³⁵Vgl. zuletzt ifeu-Institut, Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020, Heidelberg 2021, S. 30 ff.

³⁶Öko-Institut et al., Projektionsbericht 2021, Belin 2021, S. 245 ff.

Alternativen gibt, d. h. Luftverkehr, Schiffsverkehr. Für den Pkw-Verkehr haben wir angenommen, dass keine synthetischen Kraftstoffe zum Einsatz kommen.

3.9.2 Strom

Ein weiterer bedeutender Parameter für die Treibhausgasemissionen des Verkehrs ist der **CO₂-Emissionsfaktor der Stromerzeugung**. Vor dem Beginn der sog. „Antriebswende“ betraf er nur die Emissionen des Schienenverkehrs, soweit letzterer elektrisch, also nicht mit Dieselmotoren, betrieben wurde. Mit der zunehmenden Elektrifizierung des Straßenverkehrs wird dieser Faktor aber immer wichtiger. Er hängt von der Energieträgerstruktur der Stromerzeugung ab, denn er reicht von 1137 g/kWh bei der Verstromung von Braunkohle über 399 g/kWh bei derjenigen aus Erdgas bis zu 0 g/kWh bei regenerativen Energieträgern³⁷. Gewichtet mit der tatsächlichen Struktur des Jahres 2019 (vgl. Tabelle 3-30) belief er sich auf 415 g/kWh.

Energieträgerstruktur	Anteil an Erzeugung (%)			
	2019	2021	2030	2040
Braunkohle	18,8	18,4	10	0
Steinkohle	9,5	9,2	9	0
Erdgas	14,8	15,1	18	15
Öl	0,8	0,8	0	0
Kernenergie	12,4	11,7	0	0
Erneuerbare	39,6	40,5	60	82
Sonstige	4,2	4,1	3	2
Insg.	100	100	100	100

Tabelle 3-30: Entwicklung der Energieträgerstruktur der Stromerzeugung

Quellen: BDEW, AGEB (Ist), Projektionsbericht (ab 20230)

Für den Prognosezeitraum wurden die diesbezüglichen Erwartungen aus dem sogenannten „Projektionsbericht“ übernommen, in dem ein Szenario für die Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland für den Zeitraum von 2021 bis 2040 erarbeitet wurde.³⁸ Demnach erhöht sich der Anteil der erneuerbaren Energien von 40 % (2019) bzw. 41 % (2021, vorläufig) bis zum Jahr 2040 auf 82 %. Die Stromproduktion aus Kernenergie sowie aus Braun- und Steinkohle ist bis dahin vollständig eingestellt, so dass die verbleibende Menge zum größten Teil aus Erdgas hergestellt wird. Diese Vorausschätzung wurde im Jahr 2021, also vor Beginn des russischen Angriffskriegs gegen die Ukraine, erstellt. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass die für 2030 (und 2040) erwarteten Einfuhren von Erdgas dann aus anderen Herkunftsländern erfolgen als aus Russland. Für den Emissionsfaktor der gesamten Stromerzeugung bedeutet das bis 2040 eine massive Reduktion um **rund 80 %** auf 87 g/kWh. Im Jahr 2030 wird allerdings erst eine Minderung um rund 25 % auf 307 g/kWh erreicht werden, weil zu diesem Zeitpunkt noch 37 % (2019: 44 %) aus fossilen Quellen erzeugt werden. Mit dem Großteil des Zuwachses aus erneuerbaren Quellen bis zum Jahr 2030 wird der Wegfall der Kernenergie (Anteil 2019: 12 %) ausgeglichen.

³⁷ Umweltbundesamt, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2019, Dessau-Roßlau, 2020, S. 16.

³⁸ Öko-Institut et al., Projektionsbericht 2021 für Deutschland, Berlin 2021, S. 91.

https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/projektionsbericht_2021_bf.pdf

4 Nachfrage- und Emissionsmodell

4.1 Allgemeines

Die räumliche Differenzierung der Prognose sowie die Umlegung der Verkehrsströme erfolgen auf Basis von Verkehrszellen. Die verwendete Verkehrszelleneinteilung entspricht im Grundsatz jener der Vorgängerstudie KS-Szenario-Alt. Damals wurde sie lediglich für den Personenverkehr verwendet, bei der vorliegenden Studie auch für den Güterverkehr. Bei der vorliegenden Verkehrszelleneinteilung wurden die Landkreise und kreisfreien Städte (NUTS 3-Gliederung gemäß Eurostat) in Baden-Württemberg nach netztopologischen, statistischen und raumstrukturellen Gesichtspunkten weiter unterteilt (vgl. Abbildung 4-1) In Baden-Württemberg sind die 44 Stadt- und Landkreise in insgesamt 206 Verkehrszellen aufgeteilt (siehe Abbildung unten).

Außerhalb Baden-Württembergs wird im näheren Umfeld feiner differenziert, mit zunehmender Entfernung wird höher aggregiert (NUTS 2, NUTS 1 bzw. NUTS 0-Regionen).

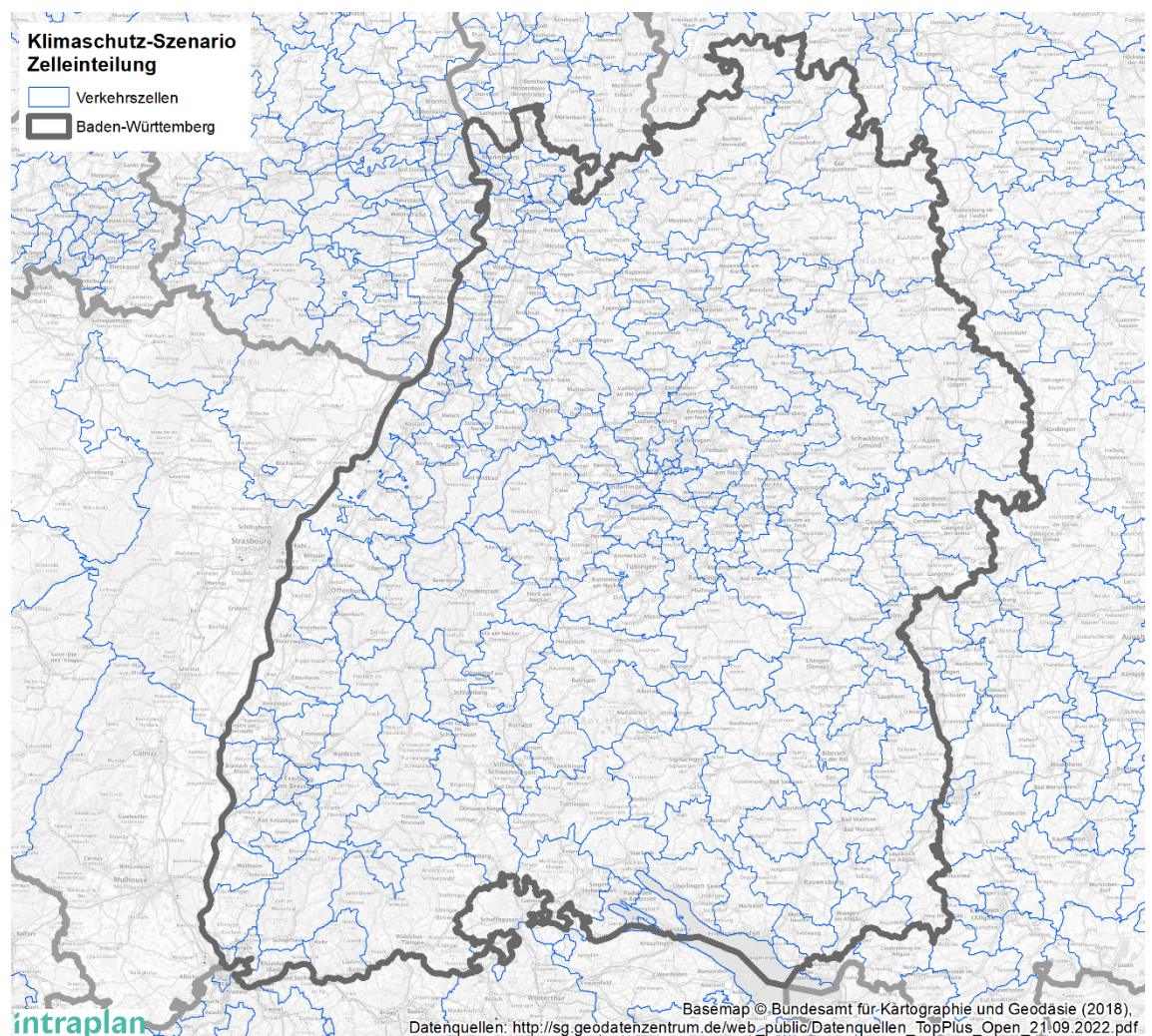


Abbildung 4-1: Verkehrszelleneinteilung in Baden-Württemberg

4.2 Personenverkehr

Die Angebotssituation für das Jahr 2019 sowie für die Prognosejahre 2030 und 2040 wird für den Straßenverkehr, den Eisenbahnverkehr sowie den Luftverkehr in Form von Netzmodellen operationalisiert. Auf Basis dieser Verkehrsnetzmodelle kann das jeweilige Verkehrsangebot für jede Quelle-Ziel-Relation in Form von Angebotseigenschaften, sogenannten „Widerstände“, beschrieben werden. Im Verkehrsmodell werden lokal emissionsfreie und fossil angetriebene Pkw unterschieden. Diese haben unterschiedliche Widerstände (weil unterschiedliche Nutzerkosten und

Berücksichtigung zero-emission-zones u. ä.), auf die in der Verkehrsmittelwahl entsprechend unterschiedlich reagiert wird.

Zur Ermittlung der Nachfragematrix 2019 wurde im Personenverkehr die Analysematrix der Vorläuferstudie als Grundlage verwendet, auf das neue Analysejahr 2019 fortgeschrieben und mit Eckwerten aus der Verkehrsstatistik kalibriert. Für die Fortschreibung wurde neben sozioökonomischen Daten (Bevölkerung, Erwerbstätige, Einkommen, Motorisierung) auch die Infrastruktur- und Angebotsentwicklung einbezogen. Zudem wurde die Nutzer- und Transportkostenentwicklung berücksichtigt.

An dieser Stelle wird das grundlegende, bereits in der Vorgängerstudie (vgl. Kapitel 3.2) angewandte Vorgehen mittels einer Makro- und einer Mikroprognose und der aus diesen beiden erstellten Synthese erläutert.

4.2.1 Makroprognose

Für die Makroprognose des Personenverkehrs ist die fahrtzweckspezifische Disaggregation des Personenverkehrs ein unerlässliches Hilfsmittel. Dabei wird nach den Fahrtzwecken

- » Beruf
- » Ausbildung
- » Geschäft
- » Einkauf
- » Privat
- » und Urlaub

differenziert. Durch diese Disaggregation nach Fahrtzwecken wird der Personenverkehr in Gruppen zerlegt, die homogener sind als der Gesamtverkehr. Dadurch wiederum lassen sich die **Einflüsse der demographischen und gesamtwirtschaftlichen Leitdaten** (Einwohner, Erwerbstätige, Auszubildende) wesentlich exakter quantifizieren als bei einer Gesamtbetrachtung. So ist z. B. die Zahl der Erwerbstätigen für die Erklärung des gesamten Personenverkehrs nicht signifikant, wohl aber für die des Berufsverkehrs. Auch die Effekte anderer Einflussfaktoren können in der fahrtzweckspezifischen Segmentierung genauer quantifiziert werden. So führt z. B. ein Kraftstoffpreisanstieg im Berufsverkehr im Wesentlichen zu modalen Verlagerungen, im Freizeitverkehr dagegen auch zu einem Rückgang des gesamtmöglichen Verkehrs.

Zunächst wird pro Fahrtzweck das gesamtmögliche Aufkommen prognostiziert. Dabei gehen zunächst die jeweiligen Nachfragepotentiale (Einwohner, Erwerbstätige) und die gesamtwirtschaftlichen Einflussgrößen (in der Regel die verfügbaren Einkommen bzw. die privaten Konsumausgaben) ein. Konkret werden die **Fahrtenhäufigkeiten**, d. h. die Zahl der pro Person zurückgelegten Fahrten, zum einen über **Trendanalysen** und zum anderen, wenn sinnvoll (alle Fahrtzwecke mit Ausnahme des Berufs- und des Ausbildungsverkehrs), über **Regressionen** mit den genannten Einflussfaktoren bestimmt. Die gesamtmögliche Leistung wird über die Fahrtweiten der einzelnen Fahrtzwecke ermittelt.

Anschließend wird der (aufkommens- und leistungsbezogene) **Modal-Split** prognostiziert. Hier gehen die

- » **wirtschaftlichen** (Einkommen),
- » **angebotsseitigen** (Pkw-Bestand sowie Veränderungen der Angebote der anderen Verkehrsmittelarten, soweit sie in der baden-württembergischen Nachfrage spürbar sind),
- » **preislichen** (Nutzerkosten)
- » und ggf. **administrativen** (erneut, soweit in Baden-Württemberg spürbar, z. B. Fahrverbote für bestimmte Pkw-Segmente in Großstädten, Verbote der Neuzulassung von Verbrennungsmotoren ab einem bestimmten Zeitpunkt u. ä.)

Einflussfaktoren ein. Sie alle besitzen in den einzelnen Fahrtzwecken eine erheblich unterschiedlich große Bedeutung. Insbesondere für den Einfluss der angebotsseitigen und der administrativen Faktoren gilt allerdings, dass sie in der Mikroprognose präziser abgeschätzt werden können als in der Makroprognose. Ferner geht in der Makroprognose auch der Trendverlauf des Modal-

Split, d. h. die Ist-Entwicklung in der (jüngeren) Vergangenheit, ein. Aus alledem resultiert das über die Fahrtzwecke aggregierte Beförderungsaufkommen der einzelnen Verkehrsarten.

Zwischen dieser Nachfrage in den einzelnen Verkehrsarten und dem gesamtmodalen Verkehr bestehen erheblich höhere Wechselbeziehungen als im Güterverkehr. Zum Beispiel beeinflusst der Pkw-Bestand nicht nur die Aufteilung zwischen den Verkehrsarten, sondern auch den Gesamtverkehr, denn zahlreiche Fahrten, insbesondere im Freizeit- und im Einkaufsverkehr, werden erst aufgrund der Verfügbarkeit eines Pkw durchgeführt. Umgekehrt führt ein spürbarer Anstieg des Kraftstoffpreises nicht nur zu einem veränderten Modal-Split, sondern auch zu einer reduzierten Gesamtnachfrage, da die Fahrten zum größeren Teil nicht verlagert, sondern unterlassen werden. Deshalb ist (pro Fahrtzweck) nach der Prognose der modalen Teilung ein **Rückkopplungsprozess** zur Prognose des Gesamtverkehrs vorzunehmen.

Die fahrtzweckspezifische Differenzierung ist zwar einerseits ein unerlässliches Instrument der Personenverkehrsprognose, aber andererseits nicht hinreichend. Denn in einigen Fällen lassen sich Einflussfaktoren der einzelnen Verkehrsarten ohne Disaggregation nach Fahrtzwecken prognostisch besser nutzen als mit dieser Differenzierung. Aus diesem Grund wird die Entwicklung in den einzelnen Verkehrsarten auch insgesamt, also ohne Differenzierung nach Fahrtzwecken, prognostiziert.

Dabei gehen folgende **Leitvariablen** ein:

- » Motorisierter Individualverkehr: Pkw-Bestand, private Konsumausgaben, Kraftstoffpreis
- » Eisenbahnverkehr: Private Konsumausgaben bzw. BIP (Geschäftsverkehr, SPFV), Erwerbstätige, Auszubildende (jeweils SPNV), ÖPNV-Preisindex
- » ÖSPV: Private Konsumausgaben, Erwerbstätige, Auszubildende, ÖPNV-Preisindex
- » Luftverkehr: Private Konsumausgaben, BIP, Außenhandel (als Proxy für den internationalen Geschäftsreiseverkehr), Preisvariable

Ein klassisches Beispiel für diese Ansätze bildet die Verkehrsleistung des Individualverkehrs. Deren wesentliche Bestimmungsgrößen bilden der Pkw-Bestand, die privaten Konsumausgaben und der (reale) Kraftstoffpreisindex. Da zwischen den beiden erstgenannten zwangsläufig eine hohe Interkorrelation vorliegt, erscheint es auf den ersten Blick sinnvoll, nur eine der beiden zu verwenden. Dennoch hat es sich als sinnvoll erwiesen, beide Größen heranzuziehen. Die statistische Korrelation wird insbesondere in Jahren mit starken konjunkturellen (Ab- oder Aufschwung-)Bewegungen erhöht, wenn sich die durchschnittliche Fahrleistung (pro Pkw) entsprechend den sinkenden bzw. überdurchschnittlich steigenden Konsumausgaben entwickelt, was allein durch die Entwicklung des Pkw-Bestands nicht abgebildet wird.

Derartige Ansätze sind einerseits als außerordentlich robust zu bezeichnen und haben sich in vielen Anwendungsfällen bewährt, weshalb die Ergebnisse als „erster Pflock“ zu betrachten sind, von dem die später ermittelten exakten Endergebnisse nicht allzu sehr abweichen. Andererseits sind sie nicht hinreichend differenziert bzw. nicht in der Lage, weitere Einflüsse abzubilden. Deshalb werden sie mit weiteren Prognoseansätzen rückgekoppelt, nämlich mit der o. a. fahrtzweckspezifischen Prognose. So können Angebotseffekte besser über die (feinräumige) Mikroprognose quantifiziert werden.

4.2.2 Mikroprognose

Zentrales Werkzeug zur Durchführung der Mikroprognose, das heißt der Prognose auf der Basis der **Quelle-Ziel-Matrix**, ist das **Verkehrsnachfragemodell**. Dieses besteht wiederum aus den folgenden Teilmodellen:

- » Netzmodelle je Verkehrsmittel, im speziellen Anwendungsfall insbesondere MIV und Eisenbahn, grundsätzlich zusätzlich auch Fernlinienbus, Luftverkehr und Fahrrad
- » Nachfragemodelle, unterteilt in ein Marginalmodell zur Abbildung der Nachfragewirkungen von Änderungen der Verkehrswiderstände in den einzelnen Verkehrsmitteln und ein Elastizitätenmodell zur Berechnung der Nachfragewirkungen der exogenen Variablen

Die verkehrsmittelspezifischen Netzmodelle berechnen für die Analyse 2019 und die jeweiligen Szenarien (Bezugs- und Klimaschutzszenario, 2030 und 2040) fahrtzweck- und relationsweise die Verkehrswiderstände, ausgedrückt in generalisierten Kosten. Dabei werden kostenbasierte und zeitbasierte Komponenten mittels Zeitkostenansätzen ineinander überführt, was die Quantifizierung der Verkehrswiderstände in einer einheitlichen Einheit erlaubt. Im MIV gehen hier insbesondere die Fahrzeiten und die streckenabhängigen Kosten ein, ggf. ergänzt um die Kosten des Parkens. Im öffentlichen Verkehr (Eisenbahn, Fernbus, Luftverkehr) werden die Reisezeiten (in-vehicle zzgl. Anbindung- und Umsteigezeiten) ergänzt um bestimmte Komfortaspekte (z. B. Umsteigen) sowie um den Fahrpreis, der mit einem differenzierten Tarifmodell ermittelt wird. Da es sich hierbei um Standardmodelle der Verkehrsprognostik handelt, die auch bereits in der Vorläuferstudie in ähnlicher Form eingesetzt wurden, wird hier auf eine differenziertere Darstellung verzichtet. Entscheidend ist, dass für die Analyse und für jede Prognosesituation Verkehrswiderstände als Eingangsgrößen des Nachfragemodells bereitgestellt werden, die relations-, verkehrsmittel- und fahrtzweckspezifisch differenziert sind und es erlauben, die jeweilige Verbesserung oder Verschlechterung der Angebotssituation zu quantifizieren.

Die angebotsinduzierten Nachfragewirkungen der in den Prognosen unterstellten Änderungen werden mit einem Verkehrsmittelwahlmodell quantifiziert. Dabei werden die Widerstandsänderungen – wiederum je Relation, Verkehrsmittel und Fahrtzweck – einerseits in Verschiebungen der Marktanteile der einzelnen Verkehrsmittel übersetzt („Modal Split“) und andererseits die Auswirkungen auf die Gesamtmobilität berechnet („Induzierter Verkehr“). Auch hierbei handelt es sich um ein bereits in der Vorläuferstudie verwendetes Standard-Vorgehen, das zu den in den Netzmodellen berechneten Widerstandsänderungen entsprechende Nachfrageänderungen ermittelt.

Die Auswirkungen der Änderungen exogener Variablen auf das Verkehrsgeschehen werden mit einem elastizitätenbasierten Ansatz abgebildet. Veränderungen der in den Prognoseprämissen definierten unabhängigen Variablen werden in Veränderungen der (abhängigen) verkehrlichen Größen transformiert. Die hierbei verwendeten Wirkungsbeziehungen sind in Elastizitäten hinterlegt, die neben der Unterscheidung nach Verkehrsmitteln und Fahrtzwecken auch eine Entfernungsabhängigkeit aufweisen. Das verwendete Modell und die eingesetzten Elastizitäten wurden analog in der Vorgängerstudie genutzt, um die Änderungen in den sozio-ökonomischen Variablen, in den Nutzerkosten und in den verkehrspolitischen Rahmenbedingungen abzubilden.

Ausgehend von der Analyse 2019 erhält man aus der Verkehrsmodellierung somit für jede Prognosesituation eine Quelle-Ziel-Matrix (in Personenfahrten), die die in den Prognoseprämissen definierten Veränderungen verkehrlich abbildet. Mittels einer Grobumlegung – wiederum unter Verwendung der beschriebenen, verkehrsmittelspezifischen Netzmodelle – erhält man die jeweils anzusetzende territoriale Verkehrsleistung (in Personenkilometern in Baden-Württemberg). Im Aggregat liefert dies dann den landesweiten Eckwert Baden-Württemberg des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung. Beides kann auch separat je Verkehrsmittel und je Fahrtzweck ausgewiesen werden.

4.2.3 Rückkoppelung zwischen Makro- und Mikroprognose

Nach getrennt durchgeführter Mikro- und Makroprognose folgt ein iterativer Angleichungsprozess, der die Stärken beider Ansätze nutzt und ihre Schwächen eliminiert. Die der Makroprognose zugrunde liegenden Längsschnittanalysen ermöglichen eine Analyse von Strukturbrüchen (Weltwirtschaftskrise 2009, COVID-19-Pandemie ab 2020) oder Nachfrageänderungen (Umweltbewusstsein). Somit bilden die Ergebnisse der Makroprognose keine hierarchische Vorgabe für die Mikroprognose, wie es einem Top-down-Ansatz entsprechen würde, sondern die Ergebnisse des Abstimmungsprozesses zwischen Makro- und Mikroprognose ergeben das endgültige Prognoseergebnis als Synthese.

4.3 Güterverkehr

Dargestellt werden an dieser Stelle die Nachfragemodellierung, die Umlegungs- und Netzmodelle für den Güterverkehr, sowie Antriebwahlmodellierung für den Güterverkehr (vgl. auch Kapitel 2.5 im Bericht des Projektes „Klimaschutz-Szenario-alt“).

4.3.1 Modellierung der Verkehrsnachfrage

Die Modellierung der Verkehrsnachfrage im Güterverkehr erfolgt, differenziert nach Binnen- und Auslandsverkehren, in folgender Weise:

4.3.1.1 Prognose des deutschen Binnenverkehrs

Die Prognose der Versand- und Empfangsmengen der inländischen Verkehrszellen (deutscher Binnenverkehr) erfolgt auf Basis von gütergruppenspezifischen Wirkungszusammenhängen zwischen dem Versandaufkommen bzw. Empfangsaufkommen einerseits und verkehrserzeugenden bzw. verkehrsanziehenden Strukturdaten andererseits. Relevante Strukturdaten, die hierfür erforderlich sind, sind die Bevölkerung, die Erwerbstätigkeit, die reale Entwicklung des BIPs sowie die Entwicklung des BIPs nach Wirtschaftsbereichen. All die erforderlichen Daten werden im Rahmen dieser Studie bedarfsgerecht für Deutschland und im benachbarten Ausland auf Kreisbasis, im weiter entfernt liegenden Ausland auf gröberer Ebene, aufbereitet, die dann auf die entsprechende Feinzellenstruktur übertragen werden.

Die Zusammenhänge zwischen den Strukturmerkmalen der Verkehrszellen und ihrem Verkehrsaufkommen werden mittels Regressionsfunktionen für das Analysejahr 2019 geschätzt.

Die Prognose der richtungsspezifischen Verkehrserzeugung (Empfangs- und Versandmengen) erfolgt modellbasiert mittels log-linearer Regressionen. Als abhängige Variablen fungieren in den Regressionen die gesamtmodalen Versand- und Empfangsmengen der Verkehrszellen (V/E) im Analysejahr. Über die Strukturdaten als unabhängige Variable wird dann versucht, diejenigen Strukturmerkmale zu identifizieren, welche je Gütergruppe verkehrserzeugend (Quellaufkommen) bzw. verkehrsanziehend (Zielaufkommen) wirken.

Funktional können die Wirkungszusammenhänge zwischen Versand-/Empfangsaufkommen und Strukturdaten wie folgt beschrieben werden:

$$V_{ig} = \alpha \cdot \prod_k (X_{ik})^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)$$

$$E_{ig} = \alpha \cdot \prod_k (X_{ik})^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)$$

mit:

i	Verkehrszelle
g	Gütergruppe (20 NST2007 Güterabteilungen)
V_{ig}	Versandaufkommen von Verkehrszelle i in der Gütergruppe g
E_{ig}	Empfangsaufkommen von Verkehrszelle i in der Gütergruppe g
X_{ik}	Verkehrserzeugende bzw. verkehrsanziehende Strukturmerkmale von Verkehrszelle i
Y_i	0/1-Variable zur Berücksichtigung von Niveauverschiebungen bei singulären Verkehrserzeugern, da sich bei solchen ein Teil des Transportaufkommens nicht aus der Wirtschaftsaktivität der Region, sondern lediglich aus der Funktion erklärt
α, β_k, γ	Parameter der entwickelten Regressionsfunktionen

In Tabelle 4-1 sind die in den Modellrechnungen als Erklärungsvariablen für das Verkehrsaufkommen definierten Strukturdaten dargestellt. Wie ersichtlich ist, werden im Modell sowohl Inputdaten der Soziodemographie als auch differenzierte Strukturdaten in Baden-Württemberg auf Kreisbasis berücksichtigt, die dann auf die Verkehrszellen weiter runtergebrochen wird.

	Gütergruppe	Quellaufkommen (verkehrserzeugend)	Zielaufkommen (verkehrsanziehend)
010	Land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse	BIP Landwirtschaft	BIP Nahrungs- und Genussmittel, BIP Landwirtschaft
021	Steinkohle	BIP Kohle, Steinkohleabbau	Dummy Steinkohlekraftwerk BIP Energie / Wasserversorgung
022	Braunkohle	Braunkohleabbau, BIP Kohle	Dummy Braunkohlekraftwerk, Bevölkerung
023	Erdöl und Erdgas	BIP Energie / Wasserversorgung, Dummy Raffinerie	Bevölkerung, Dummy Raffinerie
031	Erze	BIP Metalle	Binnenhafen, Dummy Stahlwerk
032	Düngemittel	BIP Landwirtschaft, BIP Erdöl / Erdgas	BIP Landwirtschaft
033	Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	BIP Bau, BIP Steine / Erden	BIP Bau, BIP Steine / Erden
040	Nahrungs- und Genussmittel	BIP Nahrungs- und Genussmittel	Bevölkerung, BIP Nahrungs- und Genussmittel
050	Textilien, Bekleidung, Leder, Lederwaren	BIP Produzierendes Gewerbe	BIP Gesamt, BIP Textilien
060	Holz und Kork, Papier, Pappe, Druckerzeugnisse	BIP Holzwaren	BIP Holzwaren, Bevölkerung
071	Koks	BIP Kohle	BIP Kohle, BIP Kokerei / Mineralöl
072	Mineralölerzeugnisse	BIP Kokerei / Mineralöl, Dummy Raffinerie	Bevölkerung
080	Chemische Erzeugnisse	BIP Chemie	Bevölkerung, BIP Chemie
090	Sonstige Mineralerzeugnisse	BIP Bau, BIP Glas / Keramik	BIP Bau
100	Metalle und Halbzeug	BIP Metalle	BIP Metalle
110	Maschinen und Geräte, optische Erzeugnisse, Uhren	BIP Produzierendes Gewerbe	BIP Produzierendes Gewerbe
120	Fahrzeuge	BIP Produzierendes Gewerbe Dummy Fahrzeugproduktion	BIP Produzierendes Gewerbe
130	Möbel, Schmuck, Musikindustrie, Sport, Spiel	BIP Produzierendes Gewerbe	BIP Produzierendes Gewerbe
140	Sekundärrohstoffe, Abfälle	Bevölkerung, BIP Recycling	Bevölkerung, BIP Recycling
150	Post, Pakete	BIP Verkehr	BIP Verkehr
160	Geräte und Material für Güterbeförderung	Abhängig vom KV-Aufkommen	Abhängig vom KV-Aufkommen
170	Umzugsgut, sonstige nicht-marktbestimmte Güter	BIP Gesamt	BIP Gesamt
180	Sammelgut	BIP Gesamt	BIP Gesamt
190	Gutart unbekannt	BIP Gesamt	BIP Gesamt
200	Sonstige Güter a. n. g.	kein Modell; da kein Aufkommen	kein Modell; da kein Aufkommen

Tabelle 4-1: Identifizierte Erklärungsfaktoren des Güterverkehrsaufkommens

Wie bereits aufgeführt, erfolgt die Anwendung des Prognosenachfragemodells im Güterverkehr als Marginalansatz, d. h. durch Fortschreibung der Werte des vorliegenden Basis(Analyse)jahres 2019. Der Index A steht für die Werte des Analysejahres und der Index P für das bzw. die Prognosejahre:

$$V_{ig}^P = V_{ig}^A \cdot \frac{\alpha \cdot \prod_k (X_{ik}^P)^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)}{\alpha \cdot \prod_k (X_{ik}^A)^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)} = V_{ig}^A \cdot \prod_k \left(\frac{X_{ik}^P}{X_{ik}^A} \right)^{\beta_k}$$

$$E_{ig}^P = E_{ig}^A \cdot \frac{\alpha \cdot \prod_k (X_{ik}^P)^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)}{\alpha \cdot \prod_k (X_{ik}^A)^{\beta_k} \cdot \exp(\gamma Y_i)} = E_{ig}^A \cdot \prod_k \left(\frac{X_{ik}^P}{X_{ik}^A} \right)^{\beta_k}$$

Neben der modellmäßigen Verkehrserzeugung werden in den Verkehrszellen, in denen große singuläre Verkehrserzeuger und -verbraucher liegen, zusätzliche Informationen gesammelt und verarbeitet. Solche singulären Verkehrserzeuger sind Seehäfen, Flughäfen, große Binnenhäfen, KV-Terminals³⁹ (auch in GVZ), Kraftwerke und große Industriestandorte (solche Industrieunternehmen sind z. B. Raffinerien (inkl. Mineralöl- und Chemische Verarbeitung), Eisen- und Stahlunternehmen sowie Automobilunternehmen). Bei den Kraftwerken werden nur Stein- und Braunkohlkraftwerke betrachtet. Aufgrund des überproportional hohen Verkehrsaufkommens, welches mit diesen Verkehrspunkten verbunden ist. In den KV-Terminals und den öffentlichen Binnenhäfen werden aktuelle unternehmensspezifische Entwicklungen wie Unternehmensplanungen, Betriebsschließungen, Produktionsverlagerungen etc. aus einer kontinuierlichen Sichtung von Pressemeldungen erfasst.

In der **Kalibrierung des Erzeugungsmodells** können die identifizierten Unternehmen als Eigenschaft der Verkehrszellen in die Regressionsgleichungen mit einfließen und somit die Modellgüte verbessern. Um den Einfluss im Inland abbilden zu können, wurden diese über **Dummy-Variablen** zu den Ausgangsdaten hinzugefügt. Die Dummy-Variablen (0/1) wurden je nach Vorkommen der folgenden Verkehrserzeuger in den entsprechenden Verkehrszellen für die Regressionen gesetzt und genutzt.

Nach erfolgter Verkehrsverteilung werden für die Verkehrszellen, in denen solche singulären Verkehrserzeuger identifiziert wurden, die prognostizierte Entwicklung der Verkehrsvolumina auf Sinnhaftigkeit und Plausibilität gemäß den in der Strukturdatenprognose für die Branche dargestellten Entwicklungen sowie entsprechend der dargestellten Ansätze überprüft und ggfs. angepasst.

Nach Abschätzung des regionalisierten Versand- und Empfangsaufkommens der inländischen Verkehrszellen werden die **Verkehrsverflechtungen** gütergruppenspezifisch durch Anwendung eines Gravitationsmodells bestimmt.

Die Nachfrage auf einer Quelle-Ziel-Relation hängt dabei ab von

- » dem Versandaufkommen der Quellverkehrszelle,
- » dem Empfangsaufkommen der Zielverkehrszelle,
- » sowie der Verbindungsqualität⁴⁰ zwischen Quell- und Zielverkehrszelle.

Die Summation über alle inländischen Verkehrszellen i liefert jeweils den gesamten Binnenverkehr in der Gütergruppe g , wobei für den Prognosehorizont (hier: 2030 und 2040) die Summen aus Versand und Empfang nicht notwendigerweise übereinstimmen müssen. Da sich erfahrungsgemäß das Versandaufkommen besser prognostizieren lässt als das Empfangsaufkommen, wird das prognostizierte Versandaufkommen „festgehalten“, das Empfangsaufkommen dient dann der Zielwahl im Verflechtungsmodell. Funktional kann das Gravitationsmodell damit wie folgt beschrieben werden:

³⁹Im Bezugsszenario wird das KV-Terminal Horb ab 2023 berücksichtigt, im Klimaschutzszenario wird für 2040 auch die Errichtung eines KV-Terminals in Lahr angenommen.

⁴⁰Das Inverse der Verbindungsqualität stellt den (Raum-)Widerstand dar. Dieser ergibt sich aus der Summe der generierten Nutzen, die im Rahmen des Verkehrsmittelwahlmodells ermittelt werden.

$$T_{ijg} = V_{ig} \cdot E_{jg} \cdot \exp(\gamma_g N_{ijg}) \cdot \alpha_{ijg} \cdot \beta_{ig}$$

$$T_{ijg} = V_{ig} \cdot E_{jg} \cdot \exp(\gamma_g N_{ijg}) \cdot \alpha_{ijg} \cdot \beta_{jg}$$

mit:

i Quellverkehrszelle

j Zielverkehrszelle

g Gütergruppe

T_{ijg} Aufkommen von Zelle i nach Zelle j in der Gütergruppe g im Prognosejahr 2030 / 2040

V_{ig} Versandaufkommen von Verkehrszelle i in der Gütergruppe g im Prognosejahr 2030 / 2040 (aus der Verkehrserzeugung)

E_{ig} Empfangsaufkommen von Verkehrszelle i in der Gütergruppe g im Prognosejahr 2030 / 2040 (aus der Verkehrserzeugung)

N_{ijg} Verbindungsqualität zwischen Quell- und Zielverkehrszelle

α_{ijg} Parameter zur Anpassung des Modells an die Werte des Analysejahres 2019

β_{ig}, β_{jg} Parameter zur Anpassung der Randsummen an V_{ig} bzw. E_{jg}

γ_g Gütergruppen-spezifischer Parameter

Im ersten Fall wird das Versandaufkommen V_{ig} , im zweiten Fall das Empfangsaufkommen E_{jg} „festgehalten“. Die Parameter β_{ig} und β_{jg} können wie folgt berechnet werden:

$$\beta_{ig} = \frac{1}{\sum_j E_{jg} \cdot \exp(\gamma_g N_{ijg}) \cdot \alpha_{ijg}}$$

$$\beta_{jg} = \frac{1}{\sum_i V_{ig} \cdot \exp(\gamma_g N_{ijg}) \cdot \alpha_{ijg}}$$

$$\sum_j T_{ijg} = V_{ig} \text{ bzw. } \sum_i T_{ijg} = E_{jg}$$

Es gilt dann gerade

Die Kalibrierung des Modells erfolgt durch die Bestimmung der Parameter α_{ijg} derart, dass durch Einsetzen der Werte des Analysejahres 2019 (Versand- und Empfangsvolumina) gerade die Verkehrsverflechtungen des Analysejahres reproduziert werden⁴¹. Der gütergruppen-spezifische Parameter γ_g beeinflusst die Sensitivität der Nachfrage auf Änderungen der Verbindungsqualität.

4.3.1.2 Prognose des deutschen Außenhandelsverkehrs, des Transitverkehrs und der Seehafen-hinterlandverkehre

Bei den restlichen Verkehren handelt es sich um Außenhandelsverkehre. In Rahmen der hier zu erstellenden Arbeiten werden relations- und gütergruppenspezifische Wachstumsentwicklungen zwischen 2019 und den Prognosejahren 2030 und 2040 herausgearbeitet, die direkt auf die Verkehrsmengen des Analysejahres 2019 bezogen werden können.

⁴¹ Dieser Schritt ist bereits im Rahmen der Verkehrsverflechtungsprognose erfolgt.

4.3.2 Umlegungsmodelle

4.3.2.1 Verkehrsnetz und Umlegung des Binnenschiffsverkehrs

Die für Umlegungszwecke eingesetzten Wasserstraßennetze basieren auf Infrastrukturnetzen, welche im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung erarbeitet und laufend gepflegt werden. Diese umfassen rd. 1.000 Kanten und Knoten im In- und Ausland, wobei zwischen Verbindungs- und Hafenknoten zu differenzieren ist.

An den entsprechenden Netzkanten stehen Informationen über die Länge des Abschnitts, die Art des Abschnitts (Kanal, Fluss, stauregulierter Fluss), die richtungsspezifische Geschwindigkeit, die verfügbare Abladetiefe, die Anzahl der zu befahrenden Schleusen, die maximale Stauhöhe der Schiffe sowie die maximalen Schiffslängen und -breiten zur Verfügung, die auf dem Abschnitt möglich sind.

Die Umlegungen im Binnenschifffahrtsnetz erfolgen kapazitätsunabhängig über die Wahl der transportkostengünstigsten Verbindung zwischen einer Quelle und dem Ziel, wobei hierfür die auf der Relation maximal mögliche Schiffseinheit angesetzt wird⁴². Die genutzten Kostensätze für die einzelnen Binnenschiffe basieren auf der Verlagerungsstudie für den Güterverkehr der TRIMODE (BVU, TNS & KIT 2016) bzw. den entsprechend zum Preisstand 2019 aktualisierten Kostensätzen. Diesen kann die TRIMODE-Umlegung des Güterverkehrs für das Jahr 2019 per Binnenschiff Abbildung 4-2 entnommen werden.

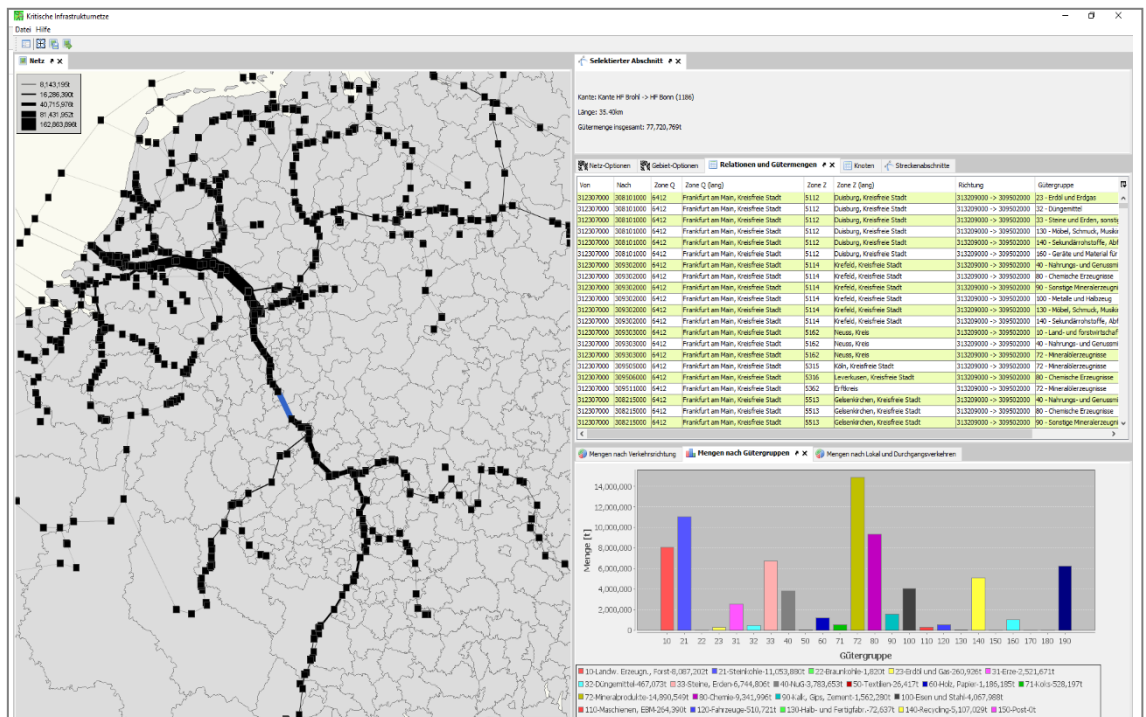


Abbildung 4-2: Umlegung des Binnenschiffsverkehrs 2019

Im Bereich des Binnenschiffsverkehrs können Kapazitätsrestriktionen lediglich aus Schleusenüberlastungen resultieren, die nicht bekannt sind für das gesamte deutsche Netz⁴³. Deswegen erfolgen die Umlegungen der Binnenschifffahrt kapazitätsunabhängig.

Für die Abschätzung der Fahrleistung werden relationsspezifische Flottenstrukturen aus den Arbeiten zur BVWP⁴⁴ geschätzt. Somit kann das transportierte Verkehrsaufkommen, sowie die gefahrene Fahrleistung über alle relevanten Wasserstraßenabschnitte in BW geschätzt werden.

⁴² Ein Abgleich mit Verkehrsdaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes ist nicht erfolgt.

⁴³Ausnahme ist hier der Nord-Ostsee-Kanal

⁴⁴PLANCO Consulting GmbH, PLANGIS – Umlegungen der Binnenschifffahrt für das Analysejahr 2010 und der Prognose 2030 nach Wasserstraßenabschnitten, Essen 2014

4.3.2.2 Verkehrsnetz und Umlegung des Schienengüterverkehrs

Für die kapazitätsabhängige Netzumlegung des Schienengüterverkehrs wird das Verfahren der Wirtschaftlichen Zugführung (WiZug) genutzt, welches erstmals bei der Entwicklung des ersten gesamtdeutschen Bundesverkehrswegeplans (BVWP 1992) eingesetzt wurde. Es wurde seither ständig aktualisiert und methodisch erweitert. Neben den kapazitiven Leistungsfähigkeiten der Strecken werden bei der wirtschaftlichen Zugführung auch die spezifischen Leistungsfähigkeiten der Knoten berücksichtigt.

Eingangsgröße für die wirtschaftliche Zugführung sind die Verflechtungsmatrizen des Schienengüterverkehrs. Diese liegen aus den Prognosen der Verkehrsnachfrage im Bezugsszenario sowie im Klimaschutzszenario für die Jahre 2030 und 2040 vor. Die Verflechtungsmatrix enthält die aufbereiteten Transportmengen im Hauptlauf und im Zulauf zu See- und Binnenhäfen und ist räumlich nach den definierten Verkehrszellen (in Baden-Württemberg auf Basis der definierten Verkehrszellen, im sonstigen Deutschland auf Kreisbasis, im Ausland teilweise auf stärker aggregierten Stufen) unterschieden.

Ausgangspunkt der Netzumlegung sind die aus dem Nachfragemodell aufbereiteten bzw. prognostizierten Transportmengen des Schienengüterverkehrs (vgl. Abbildung 4-3). Bei Verkehren, die Teil einer intermodalen Transportkette sind, werden auch die intermodalen Verknüpfungspunkte übergeben, so dass solche Verkehre konsistent direkt an den korrespondierenden Netzknoten des Schienennetzes eingespeist werden können.

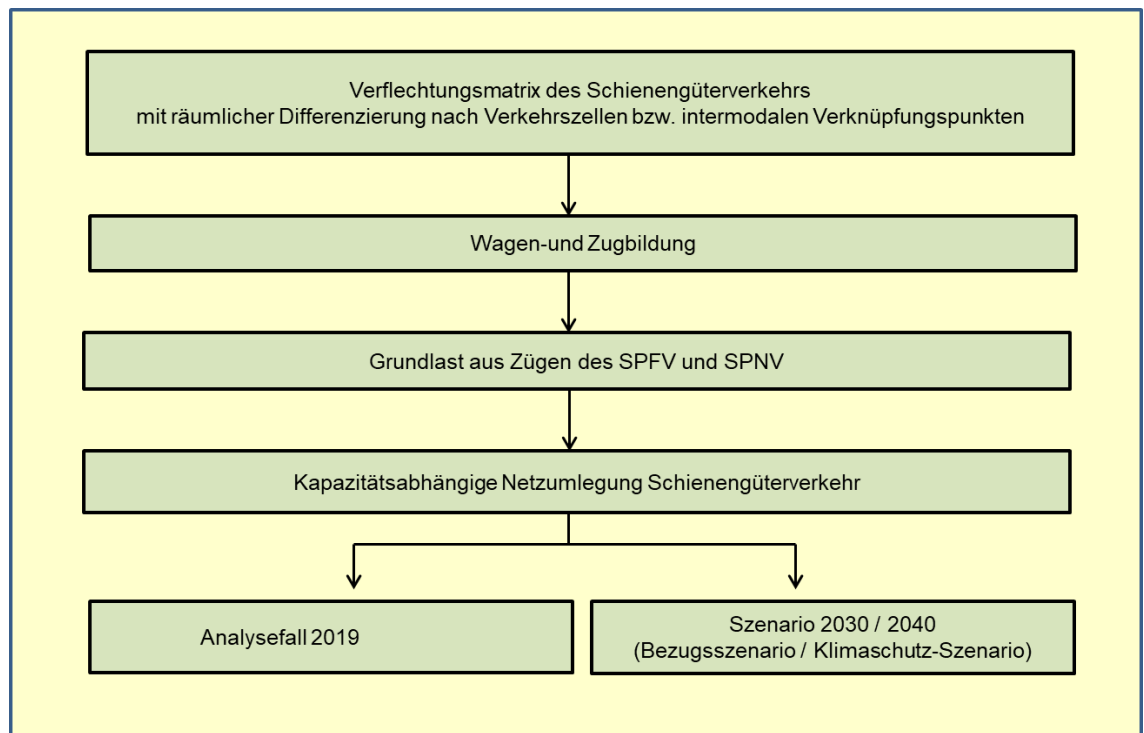


Abbildung 4-3: Einordnung der Netzumlegung des Schienengüterverkehrs

Zunächst erfolgt die Wagen- und Zugbildung. Hierzu werden die Schienenverkehre in beladene Wagen umgerechnet und über ein Fahrzeugmodell die notwendigen Leerwagenbewegungen abgeschätzt. Anschließend erfolgt die Zugbildung, in der die Wagen zu Zügen zusammengestellt werden und ein Fahrplan für den Schienengüterverkehr erstellt wird. Dabei ist für den Einzelwagenverkehr und kombinierten Verkehr eine Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems durchzuführen.

Bei der Netzumlegung des Schienengüterverkehrs wird die Grundlast aus Zügen des SPFV und des SPNV berücksichtigt. Die Netzumlegung erfolgt kapazitätsabhängig, hierzu sind Leistungsfähigkeiten der Knoten und Strecken im Schienennetz zu attribuieren. Über geeignete Modelle werden lastabhängige Wartezeiten in den Knoten und Strecken modelliert und in der Netzumlegung mitberücksichtigt.

Die Umlegung in den zwei hier zu definierenden Fällen (Bezugsszenario und Klimaschutzszenario) wird der gleichen Vorgehensweise folgen.

Produktionssysteme

Aufgrund unterschiedlicher Produktionsregeln werden in der Simulation der Produktionsabläufe, d. h. der Wagen- und Zugbildung, grundsätzlich die Produktionssysteme

- » Einzelwagenverkehr (EW),
- » Ganzzugverkehr (GZ) in der Unterscheidung nach normalen Ganzzügen und schweren Ganzzügen,
- » unbegleiteter kombinierter Verkehr (UKV),
- » Containerverkehr (maritimer KV) und
- » begleiteter kombinierter Verkehr (Rollende Landstraße, RoLa)

unterschieden. Sämtliche Parameter der Wagen- und Zugbildung, z. B. Angaben zu Musterwagen oder Zugbildungsregeln, können nach diesen Produktionssystemen differenziert werden.

Bei Bedarf können neue Produktionssysteme mit eigenen Produktionsregeln eingeführt werden. Dies betrifft z. B. die Annahme überlanger Güterzüge auf speziellen Relationen für den Prognosehorizont 2030.

Wagenbildung

Ausgangspunkt der Wagenbildung sind die für die jeweiligen Verkehrszustände aufbereiteten prognostizierten Transportmengen des Schienengüterverkehrs. Die Daten werden in folgender Differenzierung übergeben.

- » Quell- und Zielzone (Seehäfen als eigene Verkehrszellen ausgewiesen)
- » Gütergruppe (NST-2007, stellenweise verfeinert)
- » Produktionssystem (WLV, GZ, UKV, KV, RoLa)
- » Transportaufkommen in Tonnen (t)

Beim Produktionssystem GZ ist anhand der Gütergruppe zwischen normalen und schweren Ganzzügen zu unterscheiden. Schweren Ganzzügen sind die Gütergruppen „Kohle; rohes Erdöl und Erdgas“ sowie „Erze“ zugeordnet, normalen Ganzzügen alle anderen Gütergruppen.

Im ersten Schritt der Wagenbildung sind die zonalen Nachfragemengen auf die Ebene der Bedienpunkte (einschließlich Knotenpunktbahnhof – Kbf, Umstellbahnhof/KV-Terminal – Ubf, Rangierbahnhof – Rbf/Drehscheibe) des Netzmodells abzubilden. Hierzu ist jede Verkehrszelle systemspezifisch an einen oder mehrere Einspeispunkte des Netzes angebunden. Über eine Bestwugsuche im Schienennetz kann dann für jede Quelle-Ziel-Relation und jedes Produktionssystem das Paar von Einspeispunkten ermittelt werden, welches die Transportzeit Quell-Zonenschwerpunkt → Quell-Einspeispunkt → Ziel-Einspeispunkt → Ziel-Zonenschwerpunkt minimiert.

Im zweiten Schritt sind die Nachfragemengen (Tonnen) in beladene Wagen umzurechnen. Dies erfolgt auf Basis von sog. Musterwagen, die je Produktionssystem und Gütergruppe vorzugeben sind und folgende Merkmale beinhalten:

- » Mittlere Beladung (t)
- » Eigengewicht (t)
- » Länge (m)
- » Anzahl Ladeeinheiten (nur für Produktionssystem UKV)

Über die mittlere Beladung und das Eigengewicht der Musterwagen lassen sich die Nachfragemengen direkt in beladene Wagen umrechnen.⁴⁵ Die Länge der Musterwagen sowie die Anzahl der Ladeeinheiten für den UKV ist zusätzlicher Input für die Zugbildung.

⁴⁵ Dabei können auch Wagenfrequenzen kleiner Eins entstehen.

Im dritten und letzten Schritt der Wagenbildung werden über ein Fahrzeugmodell die notwendigen Leerwagenbewegungen abgeschätzt. Dabei gilt grundsätzlich die Regelung, dass Leerwagen in demjenigen Produktionssystem abgefahren werden, in dem sie produziert wurden. Eine Ausnahme hiervon bilden Wagen bestimmter Gütergruppen des Ganzzugverkehrs, diese nehmen am Leerwagenausgleich des Einzelwagenverkehrs teil und werden dort abgefahren.

Beim Ganzzugverkehr – mit Ausnahme derjenigen Wagen, die am Leerwagenausgleich des EW teilnehmen – ergeben sich die Leerwagen direkt durch Spiegeln der beladenen Wagen, d. h. Ganzzüge fahren zunächst beladen vom Quell- zum Zielort und dann leer wieder zurück. Beim Einzelwagenverkehr und kombinierten Verkehr ist zu berücksichtigen, dass Leerwagen zu einem bestimmten Grade disponierbar und damit räumlich austauschbar sind. Falls also z. B. Leerwagen an einem bestimmten Bahnhof benötigt werden, können diese ggf. von einem „in der Nähe“ liegenden Bahnhof angefordert werden, falls sie dort nicht mehr gebraucht werden. Insgesamt stellt sich somit die Aufgabe, die Leerwagenbewegungen so zu disponieren, dass ein möglichst wirtschaftliches (d. h. kostenminimales) Ergebnis erzielt wird. Berücksichtigt man die zusätzlichen Nebenbedingungen, dass keine Leerwagenquellen oder -senken auftreten, so lässt sich die Disposition der Leerwagenbewegungen als ein lineares Optimierungsproblem formulieren:

(Optimierungskriterium) Minimiere die Kosten K für den Transport der Leerwagen. Es gilt:

$$K = \sum_{i,j} k_{i,j} * l_{i,j}$$

(Nebenbedingung 1) Die Anzahl der Leerwagen ist größer gleich Null:

$$\forall i,j : l_{i,j} \geq 0$$

(Nebenbedingung 2) Es treten keine Leerwagenquellen oder -senken auf, d. h. je Leerwagenausgleichsbereich ist die Gesamtzahl der einfahrenden Wagen gleich der Gesamtzahl der ausfahrenden Wagen:

$$\forall i : \sum_j (b_{j,i} + l_{j,i}) = \sum_j (b_{i,j} + l_{i,j})$$

Dabei bezeichnet:

- i, j Index über die Leerwagenausgleichsbereiche (räumliche Aggregationsbereiche)
- $b_{i,j}$ Anzahl der beladenen Wagen von Ausgleichsbereich i nach Ausgleichsbereich j
- $l_{i,j}$ Anzahl der leeren Wagen von Ausgleichsbereich i nach Ausgleichsbereich j
- K Gesamtkosten für den Transport der Leerwagen
- $k_{i,j}$ Kosten für den Transport eines Leerwagens von Ausgleichsbereich i nach Ausgleichsbereich j , über eine Bestwegumlegung im Schienennetz ermittelt

Die unbekannten Größen $l_{i,j}$ können nun mit bekannten Verfahren, z. B. dem Simplexalgorithmus, effizient bestimmt werden.

Bei den Kosten $k_{i,j}$ für den Transport der Leerwagen ist zu berücksichtigen, dass diese Kosten auch von der Anzahl der beladenen Wagen abhängen: Je mehr beladene Wagen und damit Züge verkehren, desto kostengünstiger ist es, Leerwagen durch Anhängen an die bestehenden Züge mit abzufahren. Die aus der Bestwegumlegung resultierenden Kosten werden deshalb wie folgt transformiert, α (≥ 0) stellt einen freien Parameter dar:

$$k_{i,j} \rightarrow k_{i,j} \cdot \exp(-\alpha \cdot b_{i,j})$$

Abbildung 4-4 zeigt beispielhaft den Funktionsverlauf dieser Kostentransformation für Parameterwerte $\alpha = 1, 2$ und 3 . Dabei wird deutlich, dass die Kosten für den Transport der Leerwagen mit steigender Zahl der beladenen Wagen zurückgehen und der Funktionsverlauf durch den zusätzlichen Parameter α gesteuert (kalibriert) werden kann.

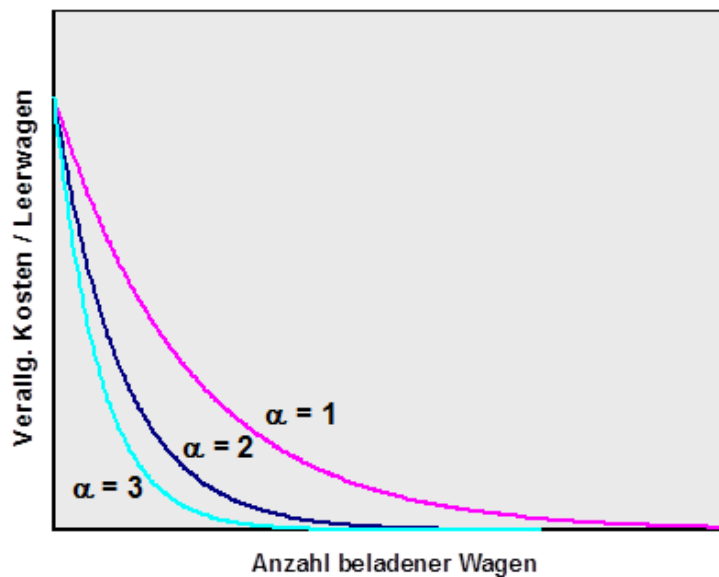


Abbildung 4-4: Transformation der Kosten für den Transport der Leerwagen

Da in der Praxis aufgrund zeitlicher Schwankungen des Wagenmaterials, unzureichender Kenntnis, fehlerhafter Disposition etc. eine vollständige Optimierung der Leerwagenströme kaum möglich ist, führt die Leerwagenbildung in der Regel zu niedrigeren Leerwagenanteilen als in der Praxis beobachtet. Deshalb erfolgt im letzten Schritt der Wagenbildung die Kalibrierung der Leerwagenanteile durch system-spezifische Leerwagenfaktoren auf ein vorgegebenes Niveau. Abbildung 4-5 zeigt das Prinzip dieser Niveaueinpassung. Ausgangspunkt sind 100 beladene Wagen in Hinrichtung und 70 beladene Wagen in Rückrichtung. Aus dem linearen Dispositionsproblem resultieren 30 leere Wagen in Rückrichtung, beide Richtungen sind somit mit 100 Wagen ausgeglichen. Bei einem Leerwagenfaktor von 0,2 werden 20% mehr Leerwagen erzeugt, also $30 \cdot 0,2$ gleich 6 Leerwagen. Diese werden auf beide Richtungen gleichmäßig verteilt, je Richtung entfallen also 3 zusätzliche Leerwagen.

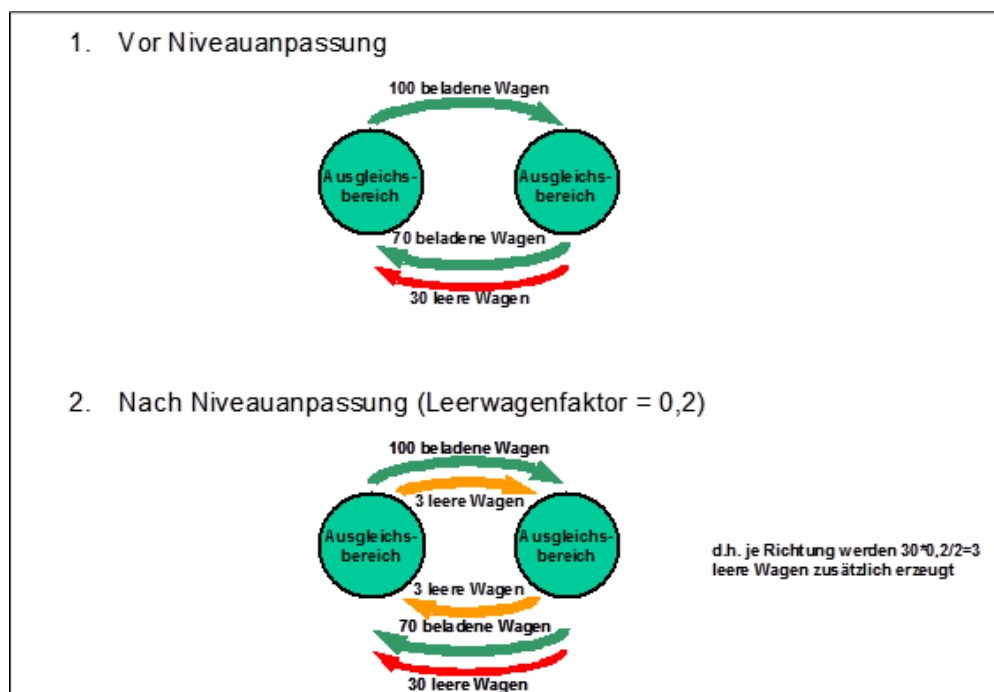


Abbildung 4-5: Kalibrierung der Leerwagenanteile

Zugbildung

Aufgabe der Zugbildung ist die Erstellung eines Fahrplans für den Schienengüterverkehr. Dabei sind zu berücksichtigen:

- » Das geltende KV-/Rbf-Konzept (Standorte, Einzugsbereiche und Leistungsfähigkeiten der Zugbildungsanlagen)
- » Produktionsregeln
- » Restriktionen (z. B. maximale Zuglängen, die sich aus den nutzbaren Gleislängen der Zugbildungsanlagen ergeben)
- » (Wunsch-)Abfahrtspegel der Verloader/Nachfrager

Da die Zugbildung ebenso wie die sich anschließende kapazitätsabhängige Netzumlegung auf Basis eines durchschnittlichen Werktages erfolgt, sind die aus der Wagenbildung resultierenden Jahresmengen zunächst auf Tageswerte umzurechnen. Hierzu ist die Zahl der Werktage je Produktionssystem festzulegen.

Zusätzlich zur Pegelung der Jahresmengen auf den Werktag ist eine Pegelung nach Tagesstunden und Tagesminuten notwendig. Dies erfolgt auf Basis von system-spezifischen Stundenpegeln (Wahrscheinlichkeit, dass die Wunschabfahrtszeit der Verloader/Nachfrager in der Tagesstunde liegt). Für jeden Wagen wird dann auf Basis der Wahrscheinlichkeiten eine Tagesstunde ausgewählt. Die Tagespegel sind weiterhin nach Knotentypen differenziert und z. B. für Seehäfen und sonstige Einspeisepunkte unterschiedlich hinterlegt. Innerhalb der Tagesstunden wird die Tagesminute zufällig bestimmt, diese stellt die Wunschabfahrtszeit der Wagen/ Nachfrage dar.

Ganzzüge fahren beladen direkt von Quelle zu Ziel und – falls die Leerwagen nicht am Leerwagenausgleich des Einzelwagenverkehrs teilnehmen – leer wieder zurück. Die Zugbildung ergibt sich deshalb relativ direkt aus der Anzahl der beladenen Wagen zwischen den Einspeisepunkten im Netz und mittleren Auslastungen (bezogen auf Beladung und Länge) in der Differenzierung nach normalen und schweren Ganzzügen. Dabei können auch Zugfrequenzen kleiner Eins entstehen, solche Ganzzüge fahren dann nicht täglich. Ggf. werden Leerzüge in Gegenrichtung erzeugt. Die Abfahrtszeit der Ganzzüge ergibt sich aus den Stundenpegeln.

Beim Einzelwagenverkehr und kombinierten Verkehr stellt sich die Situation wesentlich komplexer dar, da Wagen dieser Produktionssysteme in der Regel mit mehr als einem Zug abgefahren werden und verschiedene Produktionsebenen unterschieden werden müssen:

- » Rangierbahnhof/ Drehscheibe (Rbf)
- » Knotenpunktbahnhof (Kbf)
- » Umstellbahnhof/ KV-Terminal (Ubf)
- » Bedienpunkt (BP)⁴⁶

Für die Produktionssysteme EW und KV ist deshalb das sog. Flexible Knotenpunktsystem zu simulieren. Dieses kann gemäß Abbildung 4-6 in insgesamt 4 Phasen gegliedert werden:

- » Phase 1: Ermittlung der Leitwege
- » Phase 2: Einstellen der Wagen in Züge
- » Phase 3: Ermitteln der Abfahrtszeiten der Züge
- » Phase 4: Rückkoppelung von Phase 3 in Phase 1 zur Optimierung der Leitwege

Innerhalb von Phase 3 findet ebenfalls eine Rückkoppelung zur Optimierung des Fahrplans statt.

⁴⁶Für den kombinierten Verkehr entfällt die Produktionsebene der Bedienpunkte, da kombinierte Verkehre direkt in den Ubf eingespeist werden.

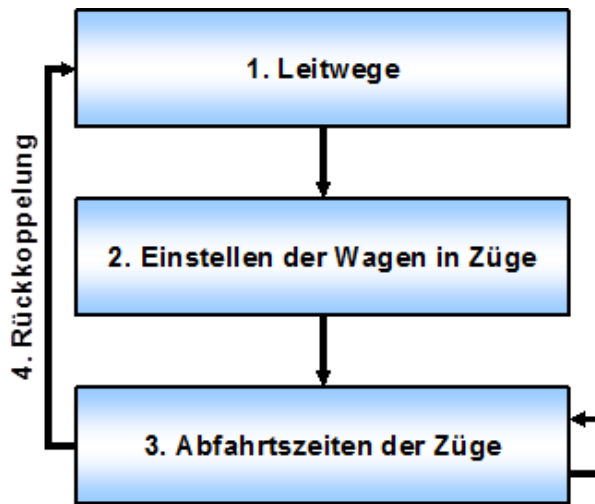


Abbildung 4-6: Phasen bei der Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems

Phase 1: Ermittlung der Leitwege

In der ersten Phase der Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems werden system- und relations-spezifisch die Leitwege ermittelt, d. h. die optimale Abfolge Quell-Bedienpunkt → Kbf → Rbf → Rbf → Kbf → Ziel-Bedienpunkt für den EW sowie Quell-Ubf → Drehscheibe → Drehscheibe → Ziel-Ubf für den KV. Damit wird für jeden Wagen festgelegt, in welchen Zugbildungsanlagen er – falls die Nachfrage nicht ausreicht, um den Wagen direkt abzufahren – umgestellt werden kann.

Die Ermittlung der Leitwege basiert auf Einzugsbereichen der Zugbildungsanlagen. Diese legen fest, welche Kbf von welchen Bedienpunkten und welche Rbf/Drehscheiben von welchen Kbf/Ubf angefahren werden können. In der Ermittlung der Leitwege wird über eine Bestwegsuche im unbelasteten Netz jedem Quelle-Ziel-Paar Bedienpunkt → Bedienpunkt bzw. Kbf/Ubf → Kbf/Ubf unter Berücksichtigung der Einzugsbereiche das optimale Paar Kbf → Kbf bzw. Rbf/Drehscheibe → Rbf/Drehscheibe bestimmt und als Teil des Leitweges angesetzt.

Phase 2: Einstellen der Wagen in Züge

Nach Ermittlung der Leitwege erfolgt das Einstellen der beladenen und leeren Wagen in Züge. Wie Abbildung 4-7 zeigt, werden dabei insgesamt 5 Hierarchiestufen durchlaufen und 7 Zugtypen (Zugkennziffern) unterschieden:⁴⁷

- » 1 = direkter Zug zwischen Bedienpunkten
- » 2 = CB (Cargo Bedienfahrt) zwischen Bedienpunkt und Kbf
- » 3 = IRC (InterRegio Cargo) zwischen Kbf
- » 4 = RC (Regio Cargo) zwischen Kbf und eigenem Rbf
- » 5 = IRC (InterRegio Cargo) zwischen Kbf und fremdem Rbf
- » 6 = IRC (InterRegio Cargo) zwischen fremdem Rbf und Kbf
- » 7 = IRC (InterRegio Cargo) zwischen Rbf

Beim Durchlaufen der Hierarchiestufen wird beginnend bei der obersten Stufe (direkter Zug zwischen Bedienpunkten) für jede Relation, sofern die erforderlichen Mengen vorhanden sind, ein maßgeblicher bzw. mehrere maßgebliche Züge gebildet (Zugkennziffern 1, 3, 5-7). Dabei werden sowohl beladene Wagen als auch Leerwagen berücksichtigt. Durch die Zugbildungsregeln nicht abfahrbare Restmengen werden an die nächste Hierarchiestufe übertragen. Restmengen der

⁴⁷ Zur Vereinfachung der Terminologie beziehen wir uns nachfolgend auf den Einzelwagenverkehr. Beim kombinierten Verkehr entfällt die Produktionsebene der Bedienpunkte, Kbf ist durch Ubf und Rbf durch Drehscheibe zu ersetzen.

letzten Stufe werden, falls ein Auffangsystem vorhanden ist, diesem zugeschlagen.⁴⁸ Andernfalls werden unterausgelastete Züge gebildet. Züge im Zu- und Ablauf der maßgeblichen Züge (Zugkennziffern 2, 4) werden ebenfalls immer (d. h. ggf. auch unterausgelastet) gebildet, so dass grundsätzlich die gesamte Nachfrage abgefahren wird.

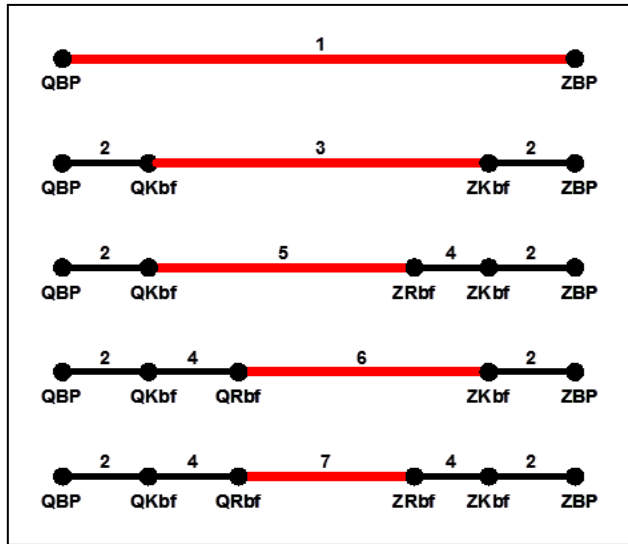


Abbildung 4-7: Hierarchiestufen bei der Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems

Maßgebliche Züge werden immer dann gebildet, wenn genügend Menge auf der jeweiligen Quelle-Ziel-Relation vorhanden ist. Zusätzlich sind bei allen Zügen, d. h. maßgebliche Züge und Züge im Zu- und Ablauf, Obergrenzen bezüglich Länge und Gewicht der Züge einzuhalten. Hierzu ist system-spezifisch jeder Zugkennziffer ein sog. Musterzug zugeordnet, der neben physikalischen Angaben des Zuges (Länge und Gewicht der Lok) die Zugbildungsregeln auf Basis von Maximal- und Minimalauslastungen jeweils für Länge und Gewicht des Zuges beinhaltet. Für jeden Musterzug sind also vorgegeben:

- » Länge und Gewicht der Lok
- » minimale und maximale Zuglänge
- » minimales und maximales Zuggewicht

Zudem sind aus der Wagenbildung für jeden Wagen

- » die Wagenlänge,
- » das Eigengewicht und
- » das Gewicht der Beladung

bekannt.

Damit ein maßgeblicher Zug gebildet werden kann, muss mindestens eine der folgenden beiden Kriterien erfüllt sein:

- » $\text{Summe der Wagenlängen} + \text{Loklänge} \geq \text{minimale Zuglänge}$
- » $\text{Summe der Wagengewichte} + \text{Lokgewicht} \geq \text{minimales Zuggewicht}$

Die Wagengewichte beinhalten dabei das Eigengewicht sowie das Gewicht der Ladung.

Die maximale Länge und das maximale Gewicht eines Zuges hängen zudem von der bedienten Bahnhof-Bahnhof-Relation und dem gewählten Laufweg (Bestweg) ab, der aus der vorgelagerten Ermittlung der Leitwege für jede Relation bekannt ist. Sie entsprechen dem Minimum aus

- » der Maximallänge bzw. dem Maximalgewicht des Musterzugs,
- » der zulässigen Maximallänge bzw. dem zulässigen Maximalgewicht auf den Strecken der gewählten Route,

⁴⁸ Falls Auffangsysteme definiert sind, müssen die Produktionssysteme in einer bestimmten Reihenfolge abgearbeitet werden.

- » der maximalen Nutzlängen der Gleise bei Ausfahrt und Einfahrt des Zuges aus einer bzw. in eine Zugbildungsanlage.

Die Frequenz eines Zuges beträgt zunächst immer Eins; d. h. der gebildete Zug verkehrt – unabhängig von seiner Auslastung – täglich. Um auch nicht täglich verkehrende Züge modellieren zu können – dies gilt speziell für den kombinierten Verkehr – kann je Musterzug zusätzlich eine sog. Standardlänge vorgegeben werden. Für Züge mit geringerer Länge als der Standardlänge erfolgt dann eine Frequenzanpassung wie folgt:

$$\text{Frequenz des Zuges} = \text{Länge des Zuges} / \text{Standardlänge}$$

Bei einer Zuglänge, die z. B. nur halb so hoch ist wie die Standardlänge, wird die Frequenz des Zuges also auf den Wert 0,5 gesetzt und der Zug würde in diesem Fall nur jeden zweiten Tag verkehren.

Im letzten Schritt des Stufenprozesses zur Simulation des flexiblen Knotenpunktsystems sind die noch verbleibenden Restmengen – sofern kein Auffangsystem definiert ist – im „starrten“ Knotenpunktsystem zwischen den Rangierbahnhöfen/ Drehscheiben abzufahren. Dabei werden für alle Rbf/ Drehscheibe–Rbf/ Drehscheibe-Relationen, bei denen die Wagenmenge das erforderliche Auslastungsminimum überschreitet, Direktzüge zwischen den Rangierbahnhöfen/ Drehscheiben gebildet und die Wagen entsprechend in diese eingestellt. Aus diesen Direktverbindungen zwischen den Rangierbahnhöfen/ Drehscheiben wird dann ein neues Netz mit den Streckeneigenschaften Entfernung, Fahrzeit und Frequenz gebildet. Anschließend erfolgt in diesem neuen Netz eine Bestwugsuche für all diejenigen Wagen, für die sich keine Direktverbindung gelohnt hat, solche Wagen werden also ein- oder mehrfach Fern-Fern umgestellt.⁴⁹ Eventuell muss das so gebildete Netz zwischen den Rangierbahnhöfen/ Drehscheiben iterativ um neue Direktverbindungen ergänzt werden.

Phase 3: Ermitteln der Abfahrtszeiten der Züge

Nach Einstellen der Wagen in die Züge werden die Abfahrtszeiten der Züge festgelegt. Dies erfolgt zunächst auf Basis der über die Stundenpegel festgelegten (Wunsch-)Abfahrtszeiten der Wagen. Da mit einem durchschnittlichen Werktag gerechnet wird, kann nicht einfach die zeitlich letzte Abfahrtszeit der Wagen als Abfahrtszeit der Züge gewählt werden. Stattdessen wird die Abfahrtszeit eines Zuges über ein Optimierungsverfahren jeweils minutenscharf so bestimmt, dass die Summe der Wartezeiten der Wagen auf Abfahrt – d. h. die Summe der Differenzen zwischen der „Abfahrtszeit des Zuges“ und der „Wunschabfahrtszeit der Wagen“ – minimiert wird. Ggf. müssen Wagen auf die Abfahrt am nächsten Tag warten. Zusätzlich wird eine fixe, lastunabhängige Einstellzeit der Wagen in die Züge berücksichtigt.

Bei Wagen, die in Zugbildungsanlagen zu neuen Zügen zusammengestellt werden, kann der Wagen erst dann wieder abgefahren werden, wenn er aus dem einfahrenden Zug ausgestellt und in den abfahrenden Zug eingestellt wurde. Für jeden Wagen ist deshalb die frühestmögliche Abfahrtszeit aus der Zugbildungsanlage zu ermitteln. Diese ergibt sich wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Frühestmögliche Abfahrtszeit} &= \text{Ankunftszeit des einfahrenden Zuges} \\ &+ \text{fixe, lastunabhängige Ausstellzeit des Wagens} \\ &+ \text{lastabhängige Umstellzeit des Wagens} \\ &+ \text{fixe, lastunabhängige Einstellzeit des Wagens} \end{aligned}$$

Die Abfahrtszeit des ausfahrenden Zuges ergibt sich dann, wie oben dargestellt, durch das Optimierungsverfahren zur Minimierung der Summe der Wartezeiten der Wagen.

Zur Bestimmung der lastabhängigen Umstellzeiten der Wagen sind je Zugbildungsanlage folgende Angaben notwendig:

- » Rangierpause ja/nein, differenziert nach Stundengruppen
- » Leistungsfähigkeit, differenziert nach Stundengruppen.

⁴⁹Die maximal zulässige Anzahl von Fern-Fern-Umstellungen kann system-spezifisch vorgegeben werden.

Insgesamt werden fünf Stundengruppen unterschieden, diese sind flexibel definierbar. Die Leistungsfähigkeiten werden in der Einheit Wagen pro Stunde für Kbf/ Rbf/ Drehscheibe und der Einheit Ladeeinheiten pro Stunde für Ubf vorgegeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein gewisser Anteil der Wagen aufgrund belegter Richtungs- bzw. Ausfahrleise mehrfach über den Ablaufberg geschoben werden muss und auch innerhalb einer Stundengruppe Pausen stattfinden können. Beides reduziert die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Zugbildungsanlage.

Die Ermittlung der Umstellzeiten der Wagen erfolgt über ein vereinfachtes deterministisches Modell. Zunächst sind eventuelle Rangierpausen zu berücksichtigen, betroffene Wagen warten bis zum Ende der Rangierpause auf Behandlung. Anschließend werden die Wagen in der zeitlichen Reihenfolge ihres Eintreffens in der Zugbildungsanlage abgearbeitet. Überzählige Wagen, die in einer Tagesstunde aufgrund der begrenzten Leistungsfähigkeit des Ablaufberges nicht abgedrückt werden können, warten bis zum Anfang der nächsten Tagesstunde. Können sie dort wiederum nicht abgedrückt werden, warten sie bis zum Anfang der übernächsten Tagesstunde etc.

Da die auf diese Weise ermittelten Abfahrtszeiten der ausgehenden Züge auch die Ankunftszeiten der einfahrenden Züge und damit die stundengruppen-spezifische Belastung der Zugbildungsanlagen beeinflussen, findet eine Rückkoppelung innerhalb Phase 3 der Zugbildung statt: Die Abfahrtszeiten der Züge werden iterativ so lange angepasst, bis ein weitgehend stabiles und optimiertes Ergebnis vorliegt.

Phase 4: Rückkoppelung von Phase 3 in Phase 1 zur Optimierung der Leitwege

Da zu Beginn der Zugbildung die resultierenden Auslastungen der Zugbildungsanlagen noch nicht bekannt sind, werden die Leitwege in Phase 1 zunächst unter der Annahme unbegrenzter Kapazitäten ermittelt. Dies hat jedoch zur Folge, dass nach Zugbildung einzelne Zugbildungsanlagen deutlich überlastet sein können, obwohl andere alternative Zugbildungsanlagen noch freie Kapazitäten aufweisen.

Aus diesem Grunde findet in Phase 4 der Zugbildung eine Rückkoppelung zu Phase 1 statt. Hierzu wird die Zugbildung mehrfach durchlaufen und in der Ermittlung der Leitwege jeweils je Zugbildungsanlage eine mittlere lastabhängige Umstellzeit der Wagen berücksichtigt. Die mittleren Umstellzeiten werden dabei in der ersten Iteration der Zugbildung auf null gesetzt und dann am Ende von Phase 3 aus den Umstellzeiten der Wagen ermittelt. Ergebnis der Rückkoppelung ist, dass zuvor überlastete Zugbildungsanlagen in der nächsten Iteration – soweit möglich – gemieden werden und stattdessen alternative Zugbildungsanlagen angefahren werden, insgesamt also eine Optimierung des gesamten Produktionsprozesses erreicht wird.

Die Annahmen zur Wagen- und Zugbildung stammen mangels aktueller Daten aus den Arbeiten zur VP 2030.

Kapazitätsabhängige Netzumlegung

Die kapazitätsabhängige Netzumlegung des SGV erfolgt mit dem Verfahren der Wirtschaftlichen Zugführung (WiZug). Hier werden neben den Leistungsfähigkeiten der Strecken insbesondere auch die Leistungsfähigkeiten der Knoten berücksichtigt.

Ausgangspunkt der Wirtschaftlichen Zugführung ist das für jeden Fall bzw. Szenario aufgebaute Schienennetz sowie die Grundlast aus Personenfern- und Personennahverkehrszügen. Anschließend werden die in der Zugbildung gebildeten Güterzüge in einer definierten Reihenfolge Zug für Zug auf das Schienennetz umgelegt. Bewährt hat sich dabei ein zweistufiges Verfahren:

- » Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass das Schienennetz dann am besten ausgelastet wird, wenn zunächst die Zubringerzüge zwischen Bedienpunkt und Knotenpunktbahnhof sowie zwischen Knoten-/ Umstellbahnhof und eigenem Rangierbahnhof/ Drehscheibe und erst danach die sonstigen Züge umgelegt werden. Wegen der relativ geringen Laufweite und der räumlichen Lage der Zugbildungsanlagen stehen Zubringerzügen in der Regel keine oder nur geringfügige Umwegmöglichkeiten zur Verfügung. Durch die vorrangige Umlegung wird sichergestellt, dass die Zubringerzüge bei zunehmender Netzbelastung ihre optimalen Wege weitgehend beibehalten und nicht auf extrem weite Umleitungen geführt werden.
- » Ansonsten erfolgen Reihung und Umlegung der Züge absteigend nach der Zuglänge. Die Zuglänge dient dabei als einfach zu handhabendes Kriterium für die Wirtschaftlichkeit eines Zuges.

Die Umlegung selbst erfolgt für jeden Güterzug mittels einer Bestwegroutensuche im mit bereits umgelegten Zügen belasteten Schienennetz. Zu berücksichtigen sind dabei zunächst

- » Fahrverbote auf Strecken (Von-Knoten → Nach-Knoten) und in Knoten (Von-Knoten → Über-Knoten → Nach-Knoten) sowie
- » Strecken-spezifische maximale Zuglängen und Zuggewichte.

Unter den zulässigen Routen ist im Rahmen der Bestwegroutensuche jeweils diejenige Route R zu ermitteln, welche die generalisierten Kosten GK_R minimiert. Diese setzen sich aus Zeit- und Kostenkomponenten zusammen:

$$GK_R = t_R + \gamma TP_R$$

Dabei bezeichnet:

GK_R	Generalisierte Kosten der Route R
t_R	Fahrzeit des Zuges auf der Route R (in Minuten)
TP_R	Summe der Trassenpreise auf der Route R (in Euro/ Zug)
γ	Gewichtung der Trassenpreise für die Routensuche

Während sich der Trassenpreis TP_R einfach durch Summation der an den Strecken der Route hinterlegten Trassenpreisen ergibt, sind bei der Fahrzeit t_R verschiedene Zeitkomponenten einzubeziehen:

- » Abbiegewiderstände (Von-Strecke → Nach-Strecke)
- » Traktionswechselzeiten
- » Streckenspezifische planmäßige Fahrzeiten, differenziert nach schnellen und langsamen Güterzügen
- » Auf Strecken und in Knoten aufgrund beschränkter Kapazitäten entstehende lastabhängige Wartezeiten

Nach Ermittlung der Bestwegroute R werden entlang der Route die Kanten- und Knotenbelastungen angepasst und die in den Strecken und Knoten entstehenden lastabhängigen Wartezeiten für die Umlegung der nachfolgenden Züge neu berechnet. Die Netzumlegung erfolgt also immer unter Berücksichtigung der Netzbelastung bereits umgelegter GV-Züge sowie der Grundlast aus PV-Zügen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bei zunehmender Netzbelastung und damit einhergehenden Engpässen Züge sukzessive auf Alternativrouten umgelegt werden und somit eine gleichmäßige und wirtschaftlich optimale Netzumlegung erzielt wird.

Berücksichtigung von Tageszeitscheiben

Die Aufgliederung der Netzbelastung nach Zeitscheiben erlaubt die Differenzierung der Netzbelastung nach Hauptverkehrszeiten, Nebenverkehrszeiten und Schwachlastzeiten im Tagesverlauf mit ihren sehr unterschiedlichen Mischungsverhältnissen und Leistungsfähigkeiten. So verkehrt der schnelle Personenfernverkehr weitgehend gleichmäßig in der Tagesbetriebszeit mit deutlicher Ausdünnung in der Nacht. Der Nahverkehr weist erhebliche Spitzen zur Berufsverkehrszeit, ebenfalls mit deutlich schwächerem Nachtverkehr auf. Langlaufende Güterzüge verkehren verstärkt nachts, der Sammel- und Verteilverkehr deckt sich jedoch zeitlich zum Teil mit Spitzen des Nahverkehrs. Die Kumulation dieser Effekte führt notwendigerweise zu deutlich unterschiedlichen Belastungslagen in einzelnen Zeitabschnitten sowohl in der quantitativen Höhe als auch in seiner qualitativen Zusammensetzung nach Fahrgeschwindigkeiten.

Im Verfahren der Wirtschaftlichen Zugführung wird deshalb nach fünf Zeitscheiben pro Tag differenziert. Diese sind so definiert, dass dadurch jeweils die bereits beschriebenen Hauptverkehrszeiten abgedeckt sind und jede Zeitscheibe dadurch einen eigenen Charakter hat:

- » Zeitscheibe 1: 06.00 Uhr bis 09.00 Uhr
- » Zeitscheibe 2: 09.00 Uhr bis 16.00 Uhr
- » Zeitscheibe 3: 16.00 Uhr bis 19.00 Uhr
- » Zeitscheibe 4: 19.00 Uhr bis 22.00 Uhr

» Zeitscheibe 5: 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr

Diese Zeitscheibendefinition entspricht den Anforderungen der Schall 03⁵⁰.

Da die Leistungsfähigkeiten der Strecken und Knoten insbesondere auch vom Mischungsverhältnis aus schnellen und langsamen Zügen abhängen, erfolgt die Modellierung des Leistungsverhaltens der Strecken und Knoten nach Zeitscheiben getrennt. Die Differenzierung nach Zeitscheiben erlaubt darüber hinaus das Sperren von Strecken für einzelne Zeitscheiben, so kann z. B. für den Güterverkehr eine Strecke tagsüber gesperrt und nur nachts geöffnet werden. Gleiches gilt nach Zeitscheiben für unterschiedliche Vorrangregelungen.

Modellierung des Leistungsverhaltens der Strecken

Die Modellierung des Leistungsverhaltens der Strecken erfolgt im Verfahren der Wirtschaftlichen Zugführung auf Basis eines vom Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA) entwickelten analytischen Warteschlangenansatzes. Dieses in WiZug implementierte Verfahren ist insoweit zum Verfahren STRELE⁵¹ konsistent, als dass beide Verfahren die sogenannte Mindestzugfolgezeit z_{ij} als Parameter für die Bedienungszeit verwenden und die Ermittlung der außerplanmäßigen Wartezeiten (Verspätungen) mit der identischen Formel (STRELE-Formel nach Schwanhäußer) erfolgt. Das implementierte Verfahren zur Modellierung des Leistungsverhaltens der Strecken ist ausführlich in einem Methodenbuch⁵² beschrieben.

Für die Ermittlung der Streckenauslastung wird bei der Schiene der Begriff der Leistungsfähigkeit einer Strecke herangezogen. Dieser stellt die maximal verkäufliche Zahl von Fahrplantrassen dar. Die Leistungsfähigkeit einer Strecke ist von mehreren Faktoren abhängig. Diese sind:

- » die Gleisanzahl einer Strecke,
- » der Zugmix auf einer Strecke,
- » das Fahrplanprogramm der Fernverkehrs- und Nahverkehrszüge im Personenverkehr,
- » sowie streckenspezifische Faktoren, wie Sicherungstechnik, Blocklänge, Abstand der Überholungslängen, Vorhandensein von Überholgleisen auf der Strecke, Kurvigkeit, Bahnübergänge in verkehrsdichten Räumen etc.

In der eisenbahnwissenschaftlichen Theorie werden zwei Leistungsfähigkeitsbegriffe unterschieden: die theoretisch maximale Leistungsfähigkeit und die optimale Leistungsfähigkeit. Die theoretisch maximale Leistungsfähigkeit drückt die Anzahl von Zügen aus, die eine Strecke zwar mit einem definierten Fahrtverlauf, aber unbegrenztem Stau vor der Strecke (d. h. unbegrenzter Wartezeit bis zum Befahren der Strecke) passieren kann. Die Angabe dieses Wertes ist für den praktischen Bahnbetrieb belanglos, da jede Abweichung vom definierten Fahrtverlauf aufgrund fehlender zeitlicher Reserven dazu führen würde, dass Züge nicht abgefahren werden können. In Modellen werden solche Situationen durch (theoretische) unendlich große weitere Wartezeiten für nachfolgende Züge dargestellt, die dazu führen, dass die Züge i. d. R. nicht abgefahren werden können.

Die optimale Leistungsfähigkeit (Kapazität) oder Nennleistung ist in der eisenbahnwissenschaftlichen Literatur (Schwanhäuser 1974) für Betrachtungen von Streckenbelastungen maßgeblich. Diese ist dann gegeben, wenn unter Berücksichtigung des Betriebs(fahrplan)programms eine sog. Wirtschaftlich optimale Betriebsqualität erreicht wird. Eine wirtschaftlich optimale Betriebsqualität liegt vor, wenn eine Umsetzung der Züge nicht durch erhöhte Wartezeiten aufgrund gegenseitiger Behinderung dieser Züge auf derselben Strecke gefährdet ist. Strecken, die eine Auslastung von unter 85 % der ermittelten Kapazität (Nennleistung) ausweisen, verfügen noch über ausreichende Kapazitäten (Premium). Strecken, die Leistungsfähigkeiten zwischen 85 % und

⁵⁰ Sechszehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), Anlage 2 (zu §4), Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03)

⁵¹ **STREckenLEistungsfähigkeit** – ein von W. Schwanhäußer entwickelte Verfahren zur Kapazitätsberechnung von Schienenwegen

⁵² Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen (VIA), Weiterentwicklung der belastungsabhängigen Wartezeitfunktion der Strecken in WiZug, Methodenbuch, Aachen 2003.

110 % der ermittelten Nennleistung (Kapazität) aufweisen, gelten als voll ausgelastet. Eine Streckenüberlastung liegt nach dieser Definition erst ab einer Streckenauslastung (Nennleistungsfähigkeit) von 110 % vor. Ab dieser Überlastungsschwelle entstehen Verspätungen, die keinen wirtschaftlich optimalen Betriebsablauf mehr garantieren⁵³ (vgl. Abbildung 4-8).

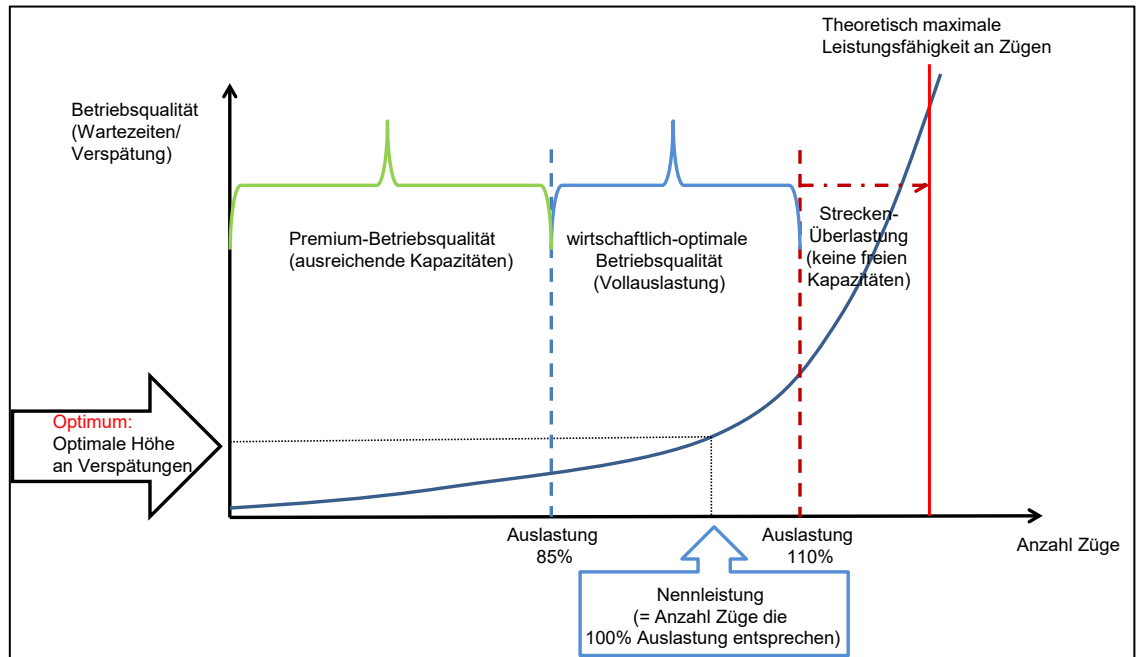


Abbildung 4-8: Zusammenhang zwischen Wartezeit und Kapazität einer Schienenstrecke

Dadurch, dass das Netz auf makroskopischer Basis (nicht spurplangetreu) aufgebaut wurde, können mikroskopische Knotenkonflikte durch Einfädelungen von Verkehren auf Gleis- und Weichen-ebene, insbesondere bei erheblicher Zunahme des Verkehrsaufkommens, nicht exakt abgebildet werden. Dies ist bei der späteren Interpretation der Ergebnisse, insbesondere bei Fahrten durch Knoten (Bahnhöfe, Anlagen des Personen- und Güterverkehrs), zu berücksichtigen.

Berücksichtigung von GV-Vorrangstrecken

Zur Berücksichtigung von GV-Vorrangstrecken wurde das Verfahren der Wirtschaftlichen Zugführung dahingehend erweitert, dass der Personenverkehr im Vorrangnetz Güterverkehr dann entweder nicht mehr oder nur mit harmonisierter Geschwindigkeit verkehren darf, wenn nur so Friktionen auf den Güterverkehr vermieden werden können. Technisch wird dies im Simulationsprozess so gelöst, dass Netzbelastungen durch Personenverkehrszüge auf GV-Vorrangstrecken für den Güterverkehr ignoriert werden und nach Ablauf des Simulationsprozesses eine Rückkopplung an das PV-Modell erfolgt, falls Personenverkehrszüge den Güterverkehr auf GV-Vorrangstrecken behindern. Im Rahmen der Simulation des Nachfrageverhaltens im Personenverkehr sind dann dort geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Die Definition der GV-Vorrangstrecken erfolgt über ein nach Zeitscheiben differenziertes Streckenattribut.

Verwendete Schienennetze

Im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung wird auf Basis des STREDA.X Netzes der DB Netz AG ein makroskopisches Netzmodell erstellt, welches aus rd. 22.100 Knoten und rd. 26.500 Kanten besteht. In Deutschland weist das Netzmodell 9.300 Knoten und rd. 11.000 Kanten auf.

In dem Netz sind (zumindest für Deutschland) parallele⁵⁴ lagerichtige Strecken enthalten. Das Netz verfügt kantenspezifisch über folgende Attribute:

- » Länge

⁵³ Streckenauslastungen zwischen 110 % und 115 % gelten als risikobehaftete Strecken. Hierbei handelt es sich um einen Übergangsbereich zwischen der optimalen Auslastung und einer Überlastung.

⁵⁴ Hierbei handelt es sich um unterschiedliche Strecken mit gleichen Lagekoordinaten.

- » Streckenstandard
- » Traktionsart
- » Gleisanzahl
- » Streckenklasse
- » Streckenneigung
- » Maximale Zuglänge
- » Maximales Zuggewicht
- » Maximale Sollgeschwindigkeit
- » Netzbetreiber
- » Lichtraumprofil
- » Geometrie
- » Verkehrsart
- » Trassenpreis
- » Maximale Blockabschnittslängen
- » Länge der Überholungsabstände

Darüber hinaus stehen für die einzelnen Kanten Attribute zur Verfügung, über die die Leistungsfähigkeit der Strecke berechnet werden kann (z. B. Stellwerkstechnik, installiertes Zugsicherungssystem, Streckengeschwindigkeit in Abhängigkeit der Bedienungsprogramme, maximaler Überholungsgleisabstand sowie maximale Blockabschnittslänge). Die Ermittlung dieser Werte erfolgte nicht kantenspezifisch, sondern für gröbere Abschnitte und ist anschließend auf die Kanten übertragen worden. Diese Vorgehensweise ermöglicht die abschnittsweise Berechnung von Leistungsfähigkeiten.

Zwischenzeitlich können auch Bahnübergänge, Tunnel und Brücken auf dem jeweiligen Abschnitt erfasst werden. Für die Umlegung von Containerverkehren ist das KV-Profil der Strecken zusätzlich aufgenommen worden.

Um Fahrwege richtig abzubilden, sind in das Netz über 59.000 Widerstände aufgenommen worden, davon 27.500 in Deutschland. Das Netzmodell ist für das Analysejahr 2019 verfügbar und kann für die jeweiligen Prognosejahre je nach definiertem Zustand erweitert bzw. ausgebaut werden. Benutzt wird das Netz zur Bestimmung der Verkehrsbelastung, der Fahrbarkeit von Zügen sowie zur Ermittlung der Verkehrsleistung über das Infrastrukturnetz in Baden-Württemberg. Letzteres ist für die Ermittlung der CO₂-Emissionen erforderlich.

Die Netzsituation des sog. Deutschlandtaktes ist Abbildung 4-9 zu entnehmen. Das 2030-Netz der Prognose ist im Bereich des Mittelrheins ähnlich, da dort keine weiteren Ausbaumaßnahmen geplant und vorgesehen sind. Die im Rahmen der BVWP aufgebauten Netzmodelle sind makroskopische Netzmodelle, welche keine Spurpläne aufweisen und teilweise Betriebsteile in größeren Knoten nicht enthalten.

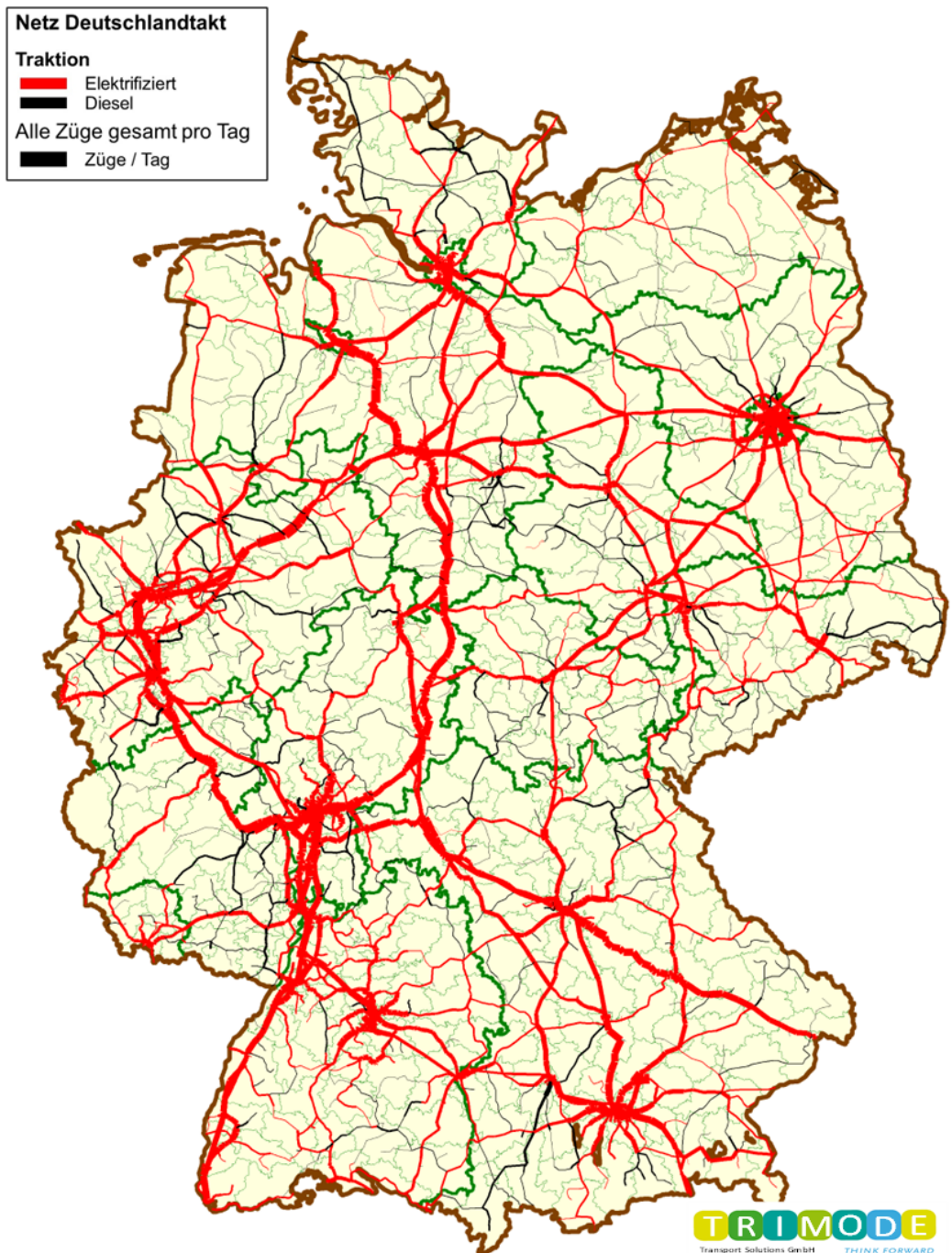


Abbildung 4-9: Schieneninfrastruktur im ZN Deutschlandtakt nach Traktionsart⁵⁵

4.3.2.3 Verkehrsnetz und Umlegung des Straßengüterverkehrs

Grundlage der Arbeiten ist das vorliegende Netzmodell für die Bundesfernstraßen (NEMOBFSr). Dieses Modell enthält alle Bundesautobahnen, Bundesstraßen, Landesstraßen sowie wichtige Kreis- und Gemeindestraßen (siehe Abbildung 4-10). Das NEMOBFSr besteht aus rd. 700.000 Richtungsstrecken im In- und Ausland.

⁵⁵ Die Strichdicke in der Abbildung gibt die streckenspezifische Schienenverkehrsbelastung an.

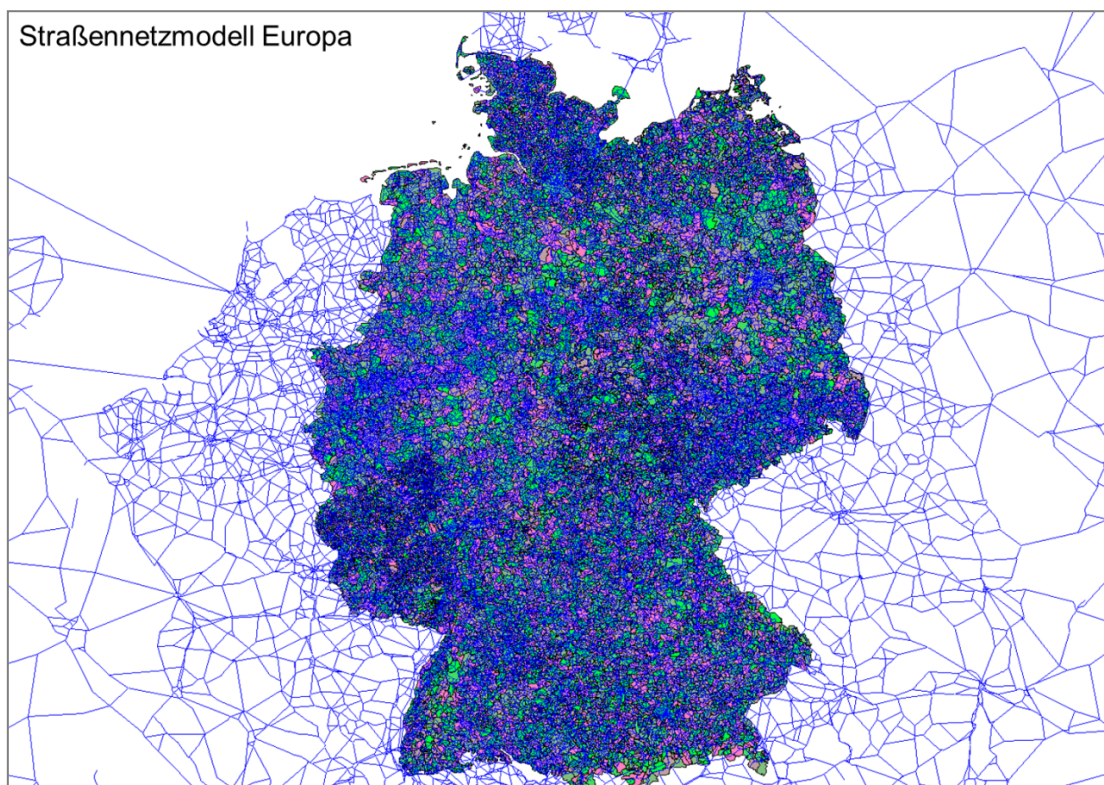


Abbildung 4-10: Straßennetzmodell Deutschland und Europa (Datengrundlage: NEMOBFStr)

Wie aus Tabelle 4-2 beispielhaft für das Jahr 2010 zu erkennen ist, ist der Erfassungsgrad der überregionalen Fernstraßen im NEMOBFStr sehr gut und entspricht aufgrund der kontinuierlichen Pflege den aktuellen Gegebenheiten⁵⁶. Auf Gemeindeebene ist der Erfassungsgrad jedoch mit knapp 7 % sehr niedrig. Bedenkt man, dass sich rd. 25 % des in der Verkehrsverflechtungsmatrix enthaltenen motorisierten Individualverkehrs im örtlichen Nahverkehr mit Entfernungen zwischen 3 und 8 km abspielen, ist miteinzubeziehen, dass die hierfür relevanten Straßenzüge im NEMOBFStr nicht immer vollständig verfügbar sind.

	NEMO ⁵⁷ BFStr 2010	Bestand 2010
Bundesautobahnen	13,1	12,8
Bundesstraßen	38,3	39,7
Landesstraßen	92,1	86,6
Kreisstraßen	88,2	91,7
Gemeindestraßen	29,6	413,0

Tabelle 4-2: Vergleich der Straßenlängen im NEMOBFStr mit dem öffentlichen Straßennetz (Längenangaben in 1.000 km)

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) 2015)

Die Strecken des Netzmodells sind hinsichtlich der baulichen und verkehrlichen Gegebenheiten attribuiert, wobei folgende Informationen je Abschnitt vorliegen:

- » Richtungstrennung, Standspuren
- » Streifigkeit
- » Qualitätskennziffer
- » Tempo-Limit

⁵⁶ Kleine Abweichungen im Fernstraßenbereich sind auf die unterschiedliche Behandlung und Erfassung von Fertigstellungen und Freigaben von Straßen für den Straßenverkehr zurückzuführen.

⁵⁷ Modellstand 2019. Das NEMO ist fortlaufend aufgebaut und enthält neben den Istkanten auch Planungskanten mit einer Angabe des Umsetzungszeitraumes.

- » Überholverbote
- » Kurvigkeit
- » Steigung
- » Tunnellage
- » Stadtmodellbaustein

Auf Basis der vorliegenden Netze aus der BVWP wird eine vereinfachte Umlegung im Straßen-güterverkehr umgesetzt. Diese vereinfachte Umlegung sieht eine Bestwegumlegung nach dem Kriterium des zeitschnellsten Weges zwischen Quell- und Zielort vor. Die Umlegung dient zur Ermittlung der Fahrleistung über die Verkehrswege in Baden-Württemberg und wird für die Ermittlung der Schadstoffemissionen benötigt.

4.3.3 Verkehrsmittelwahl

Die Simulation der Verkehrsmittelwahl erfolgt durch Anwendung eines disaggregierten, d. h. auf Basis von Einzelentscheidungen kalibrierten Verhaltensmodells, das die Verkehrsmittelwahlentscheidungen der Verloader als Funktion der Angebotseigenschaften der Transportalternativen abbildet (vgl. analoges Vorgehen im Alt-Bericht, Kapitel 2.2.4).

Bei dem Verkehrsmittelwahlmodell handelt es sich um ein hierarchisches Logit-Modell, das

- » nach **zusammengefassten Gütergruppen** segmentiert ist (es werden zehn Segmente unterschieden: 1) Landwirtschaftliche Erzeugnisse und Nahrungs- und Futtermittel, 2) Steine, Erden, Baustoffe, 3) Rohöl und Mineralölerzeugnisse, 4) Chemie und Düngemittel, 5) Eisen, Stahl, Metalle, 6) Fahrzeuge, Maschinen, EBM-Waren, 7) Kohle, Koks, Erze, 8) Halb- und Fertigprodukte, Investitions- und Verbrauchsgüter, 9) Maritimer kombinierter Verkehr und 10) kontinentaler kombinierter Verkehr)
- » bei der Verkehrsmittelwahl die **Einflussgrößen**
 - Transportpreis(-kosten),
 - Transportzeit,
 - und Pünktlichkeiten
berücksichtigt
- » **nicht-lineare Transformationen der Einflussgrößen** Preise und Zeiten beinhaltet (Box-Cox-Transformation)⁵⁸.

Grundlage des Logit-Modells ist die Annahme, dass die Entscheider jeder möglichen Alternative einen bestimmten Nutzen beimessen und in der Entscheidungsfindung dann genau diejenige Alternative mit dem größten Nutzen gewählt wird. Für die Nutzen gilt dabei:

$$N_t = \alpha_t + \beta_1 x_{t,1} + \beta_2 x_{t,2} + \dots + \beta_k x_{t,k} + \varepsilon_t$$

mit:

t	Transportalternative
N _t	Nutzen von Alternative t
α _t	Konstante für Alternative t (Alternative Specific Constant)
k	Anzahl der Angebotseigenschaften
β ₁ , ..., β _k	Gewichtungsparameter
X _{t,1} , ..., X _{t,k}	Angebotseigenschaften von Alternative t
ε _t	Fehlerterm (Zufallsvariable). Dieser misst den Einfluss individueller Besonderheiten und/oder nicht beobachteter bzw. nicht beobachtbarer Eigenschaften.

⁵⁸ Transportpreise und Transportzeiten werden wie folgt transformiert: $x \rightarrow (x^\lambda - 1) / \lambda$ ($0 \leq \lambda \leq 1$). Durch die Box-Cox-Transformation kann auf eine Segmentierung des Modells nach Entfernungsklassen verzichtet werden.

Der Nutzen einer Alternative berechnet sich also als Linearkombination von erklärenden Angebotseigenschaften zuzüglich einer Konstanten sowie einer zufälligen, nicht klar vorhersehbaren bzw. bestimmbar Komponente. Unter der Annahme, dass die Zufallskomponenten ε_t unabhängig und identisch verteilt sind und diese Verteilung der sog. Weibull-Verteilung entspricht, ermittelt sich die Auswahlwahrscheinlichkeit p_t von Alternative t dann wie folgt:

$$P_t = \frac{\exp(N_t)}{\sum_s \exp(N_s)}$$

Aus dem Verhaltensmodell (Logit-Modell) können direkte Elastizitäten und Kreuzelastizitäten abgeleitet werden, welche die Reaktion der Transportnachfrage auf eine Veränderung der Angebotseigenschaften abbilden. Dabei gibt die direkte Elastizität ε_{it} die zu erwartende prozentuale Änderung der Nachfrage des Transportmittels t an, falls sich - unter Beibehaltung aller übrigen Einflussgrößen - der Wert der Größe x_{it} um 1% erhöht. Für das Logit-Modell gilt:

$$\varepsilon_{it} = \beta_i \cdot x_{it} \cdot (1 - p_t)$$

Die direkten Elastizitäten und damit die relativen Nachfragewirkungen sind also proportional zum Gewichtungparameter β_i , der Höhe x_{it} der Angebotseigenschaft sowie dem Marktanteil $(1 - p_t)$ der übrigen Transportalternativen.

Das Logit-Modell hat darüber hinaus die Eigenschaft **konstanter Kreuzelastizitäten**, d. h. Nachfrageänderungen einer Alternative wirken sich stets proportional zu den bestehenden Marktanteilen auf die übrigen Alternativen aus. Diese Eigenschaft lässt sich durch die Formulierung hierarchischer Modelle (**Nested Logit**) vermeiden. Hierbei werden zusammengesetzte Alternativen eingeführt, die einen zusätzlichen Schätzparameter $0 < \theta < 1$ mit Nutzen

$$N = \theta \cdot \log\left(\sum_t \exp(N_t)\right)$$

erhalten. Die Kreuzelastizitäten sind innerhalb einer hierarchischen Gruppe nach wie vor identisch, Kreuzelastizitäten zu Alternativen außerhalb der hierarchischen Gruppe sind jedoch um den Faktor θ verringert. Die hierarchische Struktur des Verkehrsmittelwahlmodells ist in Abbildung 4-11 dargestellt.

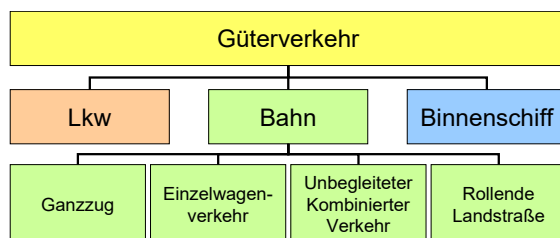


Abbildung 4-11: Hierarchische Struktur des Verkehrsmittelwahlmodells

Die im Modal-Split-Modell ermittelten Nutzen der Transportalternativen spielen insofern auch im Aufkommensmodell eine Rolle, als sie dort in der regionalen Verteilung im Gravitationsmodell in Form verallgemeinerter Nutzen enthalten sind. Auf diese Weise werden schon in der regionalen Verflechtung der Verkehrsströme Änderungen der Angebotseigenschaften berücksichtigt.

Die Berechnung des Modal-Splits erfolgt getrennt für jede Quelle-Ziel-Relation und Gütergruppe anhand der aus den Nutzen abgeleiteten Auswahlwahrscheinlichkeiten:

$$T_{ijgt} = T_{ijg} \cdot \frac{\exp(N_t)}{\sum_s \exp(N_s)}$$

mit:

i Quellverkehrszelle

j Zielverkehrszelle

g Gütergruppe

t Transportalternative

T_{ijgt} Aufkommen von Zelle i nach Zelle j in der Gütergruppe g im Prognosejahr 2030 / 2040 mit Transportalternative t

T_{ijg} Gesamtmodales Transportaufkommen von Zelle i nach Zelle j in der Gütergruppe g im Prognosejahr 2030 / 2040 (aus der Verkehrsverflechtung)

N_t, N_s Nutzen von Transportalternative t bzw. s

Für die Berechnung des Modal-Splits sind zunächst alle möglichen Transportalternativen zu ermitteln. Dies beinhaltet sowohl unimodale als auch intermodale Alternativen und schließt im Vergleich zum Analysezustand 2019 auch neue Verkehre, z. B. neue Angebote im kombinierten Verkehr, mit ein.

Anschließend sind für jede Transportalternative die Angebotseigenschaften sowohl für 2019 als auch für die beiden Prognosejahre 2030 und 2040 zu berechnen.

» **Transportpreise Haus-Haus:**

Die Haus-Haus Transportpreise (inklusive der Preise intermodaler Ketten) erfolgt auf Basis von aktualisierten Kostenmodellen. Wesentlicher Input sind die aus den Netzumlegungen Straße, Schiene und Binnenschiff resultierenden Transportweiten bzw. Kostenkomponenten (z. B. Trassenpreise). Ggf. sind, wie bei den intermodalen Transportketten, zusätzlich durchschnittliche Be- und Entladekosten zu berücksichtigen.

» **Transportzeiten Haus-Haus:**

Wesentlicher Input sind die aus den Netzumlegungen Straße, Schiene und Binnenschiff resultierenden Transportzeiten. Ggf. sind wie z. B. bei intermodalen zusätzlich durchschnittliche Be- und Entladezeiten zu berücksichtigen.

» **Pünktlichkeiten:**

Die Pünktlichkeit wird als relative Häufigkeit der Verkehre angesehen, die innerhalb der von den Verladern verlangten Zeitfenster inklusive Pufferzeiten ankommen. Die Pünktlichkeit wird in Prozent angegeben.

Für das Verkehrsmittelwahlmodell werden folgende verkehrsträgerspezifische Werte für 2019 und für die Prognosejahre angesetzt. Die Istwerte stammen aus Befragungen. Für die Prognose wurden die Werte für Straße und Binnenschiff konstant gehalten⁵⁹, vgl. Tabelle 4-3. Die Pünktlichkeitswerte der Bahnverkehre werden im Rahmen des Umlegungsprozesses relationsspezifisch ermittelt und im Verkehrsmittelwahlmodell berücksichtigt.

Während bei der Binnenschifffahrt eine Unpünktlichkeit nur durch Havarien, Naturbedingungen (Unwetter, Trocken- und Hochwasserperioden) und kurzfristig auftretenden Ausfällen der Infrastruktur anfällt und somit vom Ausmaß der Infrastruktur unabhängig ist, ist die Annahme

⁵⁹ Straße und Binnenschifffahrt weisen bereits sehr hohe Pünktlichkeitswerte auf. Bei der Binnenschifffahrt ist eine Unpünktlichkeit aufgrund fehlender Überlastungen mit Ausnahme von Sondereinflüssen nicht beobachtbar. Angesichts der hohen Pufferzeiten die bei der Durchführung eines Straßentransportes berücksichtigt werden und der angenommenen Netzverbesserung im Prognosejahr ist eine Verschlechterung der Pünktlichkeitssituation im Prognosezustand nicht zu rechtfertigen.

einer konstanten Pünktlichkeit bei der Straße durch den Umfang der geplanten Ausbaumaßnahmen gerechtfertigt.

Verkehrsträger/Jahr	2019	2030/2040
Straße	97 %	97 %
Binnenschiff (konventionell und KV)	95 %	95 %

Tabelle 4-3: Verkehrsträgerspezifische Pünktlichkeitswerte in Prozent

Die verkehrsträgerspezifischen Angebotseigenschaften werden durch Netzumlegung auf die Netzmodelle der Straße, Bahn und Binnenschiff ermittelt und in das Verkehrsmittelwahlmodell eingepflegt. Hierzu sind detaillierte Schnittstellen erarbeitet worden.

Bei intermodalen Transportalternativen sind die Angebotseigenschaften der Hauptläufe mit Bahn und Binnenschiff sowie der Vor- und Nachläufe mit dem Lkw zu kombinieren und um Umschlagszeiten sowie Umschlagskosten zu ergänzen.

4.3.4 Modellierung der Lkw-Antriebstechnologien

Unter Fachexperten besteht Einigkeit darüber, dass der Durchsetzungsgrad der neuen Antriebstechnologien im Lkw-Bereich sich an den tatsächlich realisierten Kosten orientieren wird. Um diesen Prozess abzubilden, wurde ein Lkw-Bestandsmodell entwickelt, welches ausgehend von dem aktuellen Lkw-Bestand (differenziert nach schweren Nutzfahrzeugen und Sattelzügen beide größer 3,5 t Nutzlast), differenziert nach Altersklassen die zukünftige jährliche Zahl der Lkw, der Abgänge und der Neuzulassungen nach Antriebstechnologien abbildet. Im Rahmen des Modells werden auf Basis einer jährlichen Nachfrageveränderung der Transportkapazität erforderliche Bestandserhöhungen an Lkw ermittelt. Zur Realisierung dieser Bestandserhöhungen wird die Zahl der hierzu jährlich erforderlichen Neuzulassungen unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Abgangsquote aus dem Bestand ermittelt. Die Abgänge konzentrieren sich auf Fahrzeuge, die über dem Durchschnittsalter der aktuellen Lkw-Flotte liegen.

Ausgangspunkt der Betrachtung ist der Bestand an Fahrzeugen für den Güterverkehr im Jahr 2021⁶⁰ gemäß KBA-Statistiken (vgl. Tabelle 4-4). Bei den Fahrzeugen für den Güterverkehr unterscheidet das KBA zwischen Lkw und Sattelzugmaschinen. Im Jahr 2021 waren insgesamt 3,4 Mio. Lkw und rd. 218.000 Sattelzugmaschinen angemeldet. Nicht alle dieser Fahrzeuge werden in dem Segment eingesetzt, welches durch die Güterverkehrsmatrix abgebildet wird. Hier werden nämlich nur Transporte erfasst, die mit Fahrzeugen von einer Nutzlast > 3,5 t transportiert werden. Hierbei handelt es sich um 314.000 Lkw in 2021, die zu 96 % durch Lkw-Fahrzeuge mit einem zGG von größer 7,5 t abgebildet werden und um rd. 218.000 Sattelzugmaschinen, die zu fast 100 % durch Fahrzeuge mit einem zGG größer 7,5 t abgebildet werden. Während bei den Sattelzugmaschinen 99 % des Bestandes aus Fahrzeugen mit einem zGG größer 7,5 t besteht, sind es bei den Lkw, die wir hier als schwere Nutzfahrzeuge (SNF) bezeichnen wollen, nur knapp 9 %. Der überwiegende Teil der angemeldeten Lkw-Flotte besteht somit aus Fahrzeugen kleiner 7,5 t zGG (vgl. Kapitel 3.6.1 zur Entwicklung der Antriebsartenstruktur), wovon jedoch nur 0,4 % im fernverkehrsrelevanten Güterverkehrssegment eingesetzt werden. Der überwiegende Teil dieser Lkw-Flotte besteht aus Fahrzeugen kleiner 3,5 t zGG, wobei es sich um leichte Nutzfahrzeuge handelt, die im Wesentlichen von Handwerkern und anderen Gewerbetreibenden für Berufsfahrten genutzt werden. Das durchschnittliche Alter der SNF-Flotte liegt bei rd. 7,5 Jahre und der Sattelzugmaschinen (SZM) bei 4,2 Jahren. Sattelzugmaschinen werden somit schneller ersetzt.

⁶⁰ KBA, Bestand an Lkw und Sattelzugmaschinen nach Jahren und zulässigen Gesamtgewicht (differenziert nach 33 Klassen) seit 2010, KBA, Neuzulassungen an Lkw und Sattelzugmaschinen nach Jahren und zulässigen Gesamtgewicht (differenziert nach 33 Klassen) seit 1980, KBA, Bestand an Lkw nach Zulassungsjahren (2021 bis 1983) und Nutzlast > 3,5 t, KBA, Bestand an Sattelzugmaschinen nach Zulassungsjahren (2021 bis 1983) und Motorleistung (rel. > 200 kW)

	< 7,5 t zGG	7,5-20 t zGG	> 20t zGG	Summe	> 7,5 t zGG	Anteil > 7,5 t zGG
Lkw						
2010	2.126.050	149.723	109.326	2.385.099	259.049	10,9 %
2011	2.180.612	150.363	110.402	2.441.377	260.765	10,7 %
2012	2.259.038	153.586	116.032	2.528.656	269.618	10,7 %
2013	2.307.826	152.947	117.794	2.578.567	270.741	10,5 %
2014	2.355.789	153.170	120.250	2.629.209	273.420	10,4 %
2015	2.425.994	152.598	122.751	2.701.343	275.349	10,2 %
2016	2.521.370	152.907	126.503	2.800.780	279.410	10,0 %
2017	2.626.314	153.786	131.807	2.911.907	285.593	9,8 %
2018	2.739.778	154.323	137.038	3.031.139	291.361	9,6 %
2019	2.852.141	154.730	142.392	3.149.263	297.122	9,4 %
2020	2.975.887	153.816	146.390	3.276.093	300.206	9,2 %
2021	3.108.657	150.728	150.895	3.410.280	301.623	8,8 %
Lkw mit Nutzlast > 3,5 t					314.304	
Sattelzugmaschinen						
2010	1.804	146.222	22.885	170.911	169.107	98,9 %
2011	1.843	151.055	25.152	178.050	176.207	99,0 %
2012	1.862	152.950	29.509	184.321	182.459	99,0 %
2013	1.834	146.957	34.038	182.829	180.995	99,0 %
2014	1.817	143.512	39.260	184.589	182.772	99,0 %
2015	1.827	139.837	46.817	188.481	186.654	99,0 %
2016	1.820	137.929	54.637	194.386	192.566	99,1 %
2017	1.745	138.221	62.018	201.984	200.239	99,1 %
2018	1.694	140.173	69.074	210.941	209.247	99,2 %
2019	1.700	141.357	75.397	218.454	216.754	99,2 %
2020	1.707	138.808	78.634	219.149	217.442	99,2 %
2021	1.625	136.350	80.494	218.469	216.844	99,3 %
SZM mit Nutzlast > 3,5 t				.	k. A	

Tabelle 4-4: Bestand an Fahrzeugen für den Güterverkehr

Die Neuzulassungen von schweren Nutzfahrzeugen schwanken zwischen 25.000 und 30.0000 Fahrzeugen pro Jahr und machen im Durchschnitt einen Anteil von 10 % bis 12 % der Bestandsflotte aus. Die Neuzulassungen an Sattelzugmaschinen entwickeln sich deutlich stärker als die von schweren Nutzfahrzeugen. Sie bewegen sich seit 2010 bei Werten zwischen 27.000 und 39.000 Fahrzeugen pro Jahr. Der Anteil der Neuzulassungen am Bestand schwankt zwischen 16 % und 20 % (vgl. Tabelle 4-5).

	< 7,5 t zGG	7,5-20 t zGG	> 20t zGG	Summe	> 7,5 t zGG	Anteil > 7,5 t zGG
Lkw						
2010	209.216	13.244	13.928	236.388	27.172	11,5%
2011	247.761	16.127	16.200	280.088	32.327	11,5%
2012	231.683	13.890	14.747	260.320	28.637	11,0%
2013	224.479	13.886	15.898	254.263	29.784	11,7%
2014	236.919	12.149	15.547	264.615	27.696	10,5%
2015	246.537	12.514	15.786	274.837	28.300	10,3%
2016	265.597	13.093	17.070	295.760	30.163	10,2%
2017	276.297	12.725	17.587	306.609	30.312	9,9%
2018	290.625	13.043	18.298	321.966	31.341	9,7%
2019	311.135	12.972	19.601	343.708	32.573	9,5%
2020	270.510	9.434	15.222	295.166	24.656	8,4%
Sattelzugmaschinen						
2010	188	22.643	5.106	27.937	27.749	99,3%
2011	102	26.887	8.675	35.664	35.562	99,7%
2012	128	21.229	9.877	31.234	31.106	99,6%
2013	153	19.502	10.414	30.069	29.916	99,5%
2014	159	21.586	12.585	34.330	34.171	99,5%
2015	104	22.358	14.082	36.544	36.440	99,7%
2016	89	22.099	14.779	36.967	36.878	99,8%
2017	80	22.449	15.077	37.606	37.526	99,8%
2018	77	23.100	15.550	38.727	38.650	99,8%
2019	87	23.275	15.258	38.620	38.533	99,8%

Tabelle 4-5: Neuzulassungen an Fahrzeugen für den Güterverkehr

Die weitere Entwicklung wird einerseits von der zusätzlichen Nachfrage nach SNF und Sattelzugmaschinen abhängig sein, andererseits aber auch von der Entwicklung der jährlich zu erwartenden Abgänge. Letztere liegen bei SNF bei 85 % der jährlichen Neuzugänge und bei den SZM bei rd. 87 %. Die zukünftige Entwicklung ergibt sich aus dem erwarteten jährlichen Zuwachs der Flotte, der von der gesamten Güterverkehrsentwicklung abhängig ist. Die Höhe der Neuzulassungen ergibt sich aus

$$\text{Neuzulassungen} = \frac{\text{erwartetes Nettowachstum}}{(1 - \text{Abgangsquote})}$$

Tabelle 4-6 gibt die Ergebnisse des Lkw-Bestandsmodells bis 2040 an.

Unklar ist, wie sich innerhalb dieses Bestandes die Wahl der Antriebstechnologie entwickeln wird. Einigkeit besteht darüber, dass der Durchsetzungsgrad der neuen Antriebstechnologien, bestehend aus H2- und BEV-Lkw, sich an den tatsächlich realisierten Kosten orientieren wird.

Schwere Nutzfahrzeuge					Sattelzugmaschinen				
Jahr	Bestand	Zuwachs Bestand	Neuzulassungen	Abgänge	Jahr	Bestand	Zuwachs Bestand	Neuzulassungen	Abgänge
2021	314.304		29.335	24.935	2021	217.727		34.020	29.665
2022	318.704	4.400	29.746	25.284	2022	222.082	4.355	34.700	30.259
2023	323.166	4.462	30.162	25.638	2023	226.523	4.442	35.394	30.864
2024	327.690	4.524	30.584	25.997	2024	231.054	4.530	36.102	31.481
2025	332.278	4.588	31.013	26.361	2025	235.675	4.621	36.824	32.111
2026	336.930	4.652	31.447	26.730	2026	240.388	4.713	37.561	32.753
2027	341.647	4.717	31.887	27.104	2027	245.196	4.808	38.312	33.408
2028	346.430	4.783	32.333	27.483	2028	250.100	4.904	39.078	34.076
2029	351.280	4.850	32.786	27.868	2029	255.102	5.002	39.860	34.758
2030	356.198	4.918	33.245	28.258	2030	260.204	5.102	40.657	35.453
2031	361.185	4.987	33.711	28.654	2031	265.408	5.204	41.470	36.162
2032	366.241	5.057	34.183	29.055	2032	270.716	5.308	42.299	36.885
2033	371.369	5.127	34.661	29.462	2033	276.130	5.414	43.145	37.623
2034	376.568	5.199	35.146	29.874	2034	281.653	5.523	44.008	38.375
2035	381.840	5.272	35.638	30.293	2035	287.286	5.633	44.888	39.143
2036	387.186	5.346	36.137	30.717	2036	293.032	5.746	45.786	39.926
2037	392.606	5.421	36.643	31.147	2037	298.893	5.861	46.702	40.724
2038	398.103	5.496	37.156	31.583	2038	304.870	5.978	47.636	41.539
2039	403.676	5.573	37.676	32.025	2039	310.968	6.097	48.589	42.369
2040	409.328	5.651			2040	317.187	6.219		

Tabelle 4-6: Lkw-Bestandsmodell für SZM und SNF bis 2040

Tabelle 3-19 zeigt, auf Basis in der Fachwelt erwarteter Anschaffungs- und Betriebskosten, dass trotz der deutlich höheren Anschaffungskosten von batteriebetriebenen Lkw⁶¹ (BEV) diese bereits ab 2025 deutlich kostengünstigere Verkehre umsetzen können als Diesel-Lkw. Dies liegt einerseits an den deutlich günstigeren Betriebskosten, da die Stromkosten aufgrund des Entfalls der EEG-Umlage und der Stromsteuer günstiger werden, aber auch an den kontinuierlich steigenden Betriebskosten des Diesels-Lkw, der neben steigenden Dieselpreisen auch durch die CO₂-Besteuerung des Treibstoffes belastet wird. Die im Zeitverlauf sinkenden Anschaffungskosten für BEV- und H₂-Lkw lassen die durchschnittliche Kostenbelastung je Lkw-km bei den alternativen Antriebstechnologien weiter absinken, während die Kosten des Diesel-Lkw durch steigende CO₂-Abgaben kontinuierlich ansteigen und die Kostendifferenz zwischen Diesel- und BEV-Lkw immer größer wird.

Die Antriebswahl bei den Neuzulassungen hängt neben einer Reihe von externen Faktoren, wie z. B. dem Vorhandensein einer hinreichend befriedigenden Ladeinfrastruktur, von der Kostensituation der jeweiligen Fahrzeuge ab. Hierzu werden für jede Antriebstechnologie (Diesel-, BEV- und H₂-Lkw) die Kosten je Fahrt-km berechnet. Basis für diese Kostenrechnung ist der Kostenmodellierungsansatz aus dem BVWP-Verkehrsmittelwahlmodell. Hierüber ist die Ableitung betriebswirtschaftlicher Kostensätze für unterschiedliche Lkw-Typen möglich. Die hierzu erforderlichen Annahmen zu erforderlichen Anschaffungskosten (für die neuen Antriebstechnologien in der zeitlichen Entwicklung zwischen 2021 und 2040), Verbräuchen etc. ist der Literatur, insbesondere den Arbeiten aus der MKS und des IPCC entnommen worden. Durch den Rückgriff auf diese Erkenntnisse (zumindest bis ins Jahr 2030) konnten jahresspezifische Kostensätze bis

⁶¹ Von nun an sind mit Lkw die SNF und SZM gemeint.

2040 abgebildet werden, Entwicklungen zwischen jahresspezifisch vorgegebenen Eckwerten wurden hierfür linearisiert.

Die Nachfrage nach dem einzelnen Lkw-Fahrzeugantriebstyp wird in Abhängigkeit der Kostensituation nach folgender Formel ermittelt:

$$U_i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^{k_i}} e^{-TKkm_i}$$

mit i : Antriebstechnologie (Diesel-, BEV- und H₂-Lkw)

$$x_i = \frac{TKkm_i}{\min_i TKkm_i}$$

relative Kostendifferenz der einzelnen Antriebstechnologie zu Kostenführertechnologie

k_i : Parameter in Abhängigkeit der Höhe der Kostenabweichung

	x	k(x)
<	1,05	2
<	1,15	4
<	1,25	6
<	1,40	8
>=	1,40	10

$TKkm_i$: Lkw-Kosten in €/Lkw-km der jeweiligen Antriebstechnologie i .

Der Marktanteil P_i der jeweiligen Antriebstechnologie ergibt sich aus:

$$P_i = \frac{U_i}{\sum_i U_i}$$

$$U_i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i^{k_i}} e^{-TKkm_i}$$

mit

Für die Umsetzung wird darüber hinaus angenommen, dass zur Durchsetzung der neuen Antriebe ausreichend Akzeptanz, Lade- oder Tankinfrastruktur vorliegen muss, die in Abstimmung mit dem Auftraggeber erst 2035 vollständig aufgebaut ist und die Marktdurchsetzung der neuen Antriebstechnologien bis dahin um 50 % in 2025 und bis 2035 in linear abfallendem Grade dämpft.

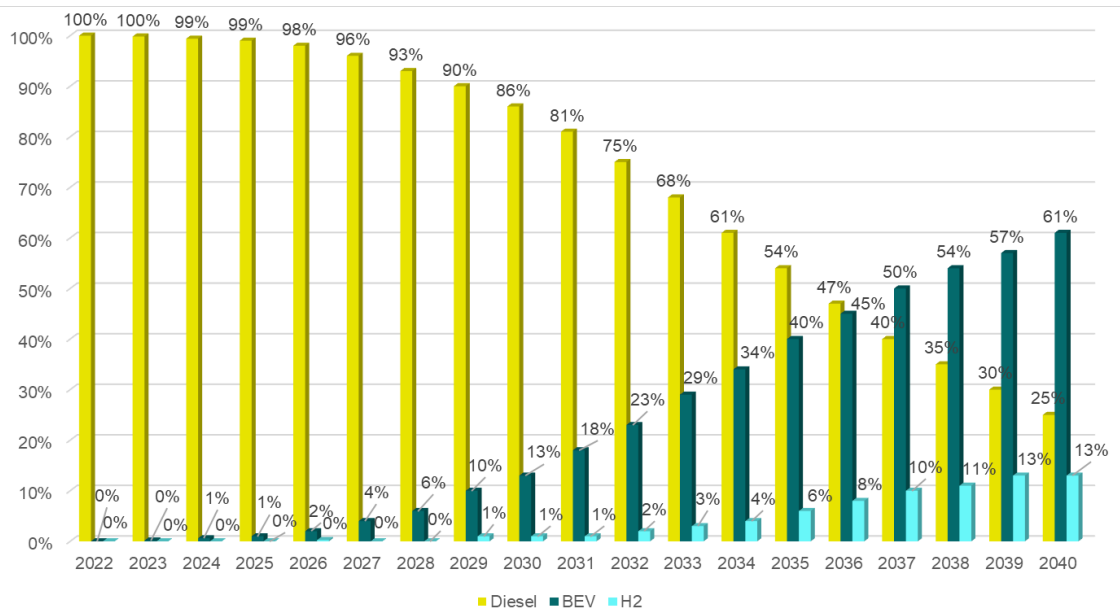


Abbildung 4-12: Antriebsstruktur der Lkw-Bestandsflotte (SZM und SNF) (2022-2040)

Quelle: eigene Darstellung

Der Dämpfungsfaktor setzt bei SNF in 2023 und bei den SZM in 2024 an. Er ist für die SNF aufgrund der höheren Lebensdauer größer als bei SZM und gilt für beide alternativen Antriebe BEV und H2. Ursächlich hierfür sind langwierige Genehmigungsprozesse, insbesondere zur Anbindung der Ladeinfrastruktur an das Mittelspannungs- und Hochleistungsnetz für die Lkw-Infrastruktur, sowie die Umstellung der Lkw-Produktion insbesondere in den Anfangsjahren. Dies führt dazu, dass die Marktanteile der neuen Technologien an den Neuzulassungen, trotz deutlicher Kostenvorteile, somit nicht sofort auf z. B. 100 % ansteigen, sondern sich kontinuierlich über mehrere Jahre hinweg in diese Richtung entwickeln. Auch wird davon ausgegangen, dass eine Serienreife der jeweiligen Technologie zu diesen Zeitpunkten vorliegen wird. Somit wirkt das Modell erst ab 2035 vollständig.

Wasserstoff-Lkw können zunächst aufgrund höherer Betriebskosten nicht im gleichen Maße mit einem BEV konkurrieren, allerdings sinkt auch hier ab 2035 mit zunehmender Reduzierung des Wasserstoffpreises die Kostendifferenz zum BEV, sodass hieraus höhere Marktanteile resultieren. Im Ergebnis ergibt sich der in Abbildung 4-12 bzw. in der Tabelle 4-7 abgebildete Antriebsmix der Lkw-Flotte bis zum Jahr 2040.

Der verzögerte Aufbau der Ladeinfrastruktur wird dazu führen, dass der Anteil der alternativen Antriebe an den Neuzulassungen bis 2030 unter 40 % liegen wird. Dies wird dazu führen, dass ihr Anteil an der Bestandsflotte unter 15 % liegen wird.



Abbildung 4-13: Neuzulassungen nach SZM und SNF (2022-2040)

Quelle: eigene Darstellung

Erst in den Folgejahren ist mit einem stärkeren Markthochlauf zu rechnen, der zu stärkeren Anteilen an der Bestandsflotte führen wird. Aber selbst in 2035 werden 54 % der Lkw-Flotte mit Diesel angetrieben werden, in 2040 werden es aufgrund einer schnelleren Durchsetzung nur noch 25 % sein. Auch in 2040 werden rund 13 bis 14 % der Neuzulassungen aus Diesel-Lkw bestehen. Der schnelle Flottenwechsel zwischen 2030 und 2040 ergibt sich durch die kurzen Haltungszeiten der Lkw. Das Durchschnittsalter der Sattelzugmaschinen liegt aktuell bei 4,2 Jahren und das der relevanten schweren Nutzfahrzeuge bei 7,5 Jahren. Diese Fahrzeuge werden aktuell bzw. wurden in der Vergangenheit, insbesondere aufgrund steigender Mautbelastungen, schnell und regelmäßig ausgetauscht. Dieser Prozess wird sich auch in Zukunft aufgrund der steigenden Kostenbelastungen der Dieselfahrzeuge fortsetzen und nach Vorliegen der infrastrukturellen Voraussetzungen zu einer schnellen Durchdringung der Flotte durch BEV- und Wasserstoff-Lkw führen.

Im Ergebnis dieses Flottenmixes kann jedoch auch gefolgert werden, dass die durchschnittlichen Lkw-Kosten der Flotte im Zeitverlauf von 1,23 €/Lkw-km im Jahr 2019 auf 1,25 €/Lkw-km im Jahr 2040 nur leicht ansteigen werden (Siehe Tabelle 4-7). Bis 2030 ist jedoch mit einer deutlichen Erhöhung der durchschnittlichen Lkw-Kosten zu rechnen, da ein schneller Technologiewechsel durch die verzögerte Umsetzung der Ladeinfrastruktur verhindert wird. Andererseits muss jedoch auch gefolgert werden, dass durch den erwarteten Technologiewechsel im Lkw-Verkehr nicht nur

CO₂-freie Transporte möglich sind, sondern auch die stark steigenden Personalkosten aufgefangen werden können.

Jahr	Anteil der Antriebstechnologie an der Lkw-Flotte			mittlere Lkw-Kosten in ct / Lkw-km ⁶²
	Diesel	BEV	H2	
2019	100 %			122,9
2030	86 %	13 %	1 %	169,9
2035	54 %	40 %	6 %	130,3
2040	25 %	61 %	13 %	124,6

Tabelle 4-7: Antriebsmix der Lkw-Bestandsflotte (2019-2040) sowie mittlere Lkw-Kosten in ct/Lkw-km

Quelle: eigene Darstellung

4.4 Emissionen

Zur Bestimmung der THG-Emissionen des Verkehrs ist kein Modell im engeren Sinne erforderlich. **Konzeptionell** erfolgt die Prognose der Kohlendioxidemissionen bei allen Verkehrsarten grundsätzlich nach dem gleichen Schema. Im **ersten** Schritt werden die **Fahrleistungen** (bzw. Flugleistungen) der jeweiligen Verkehrsmittel, d. h. der Kfz, der Züge, der Binnenschiffe und der Flugzeuge, bestimmt. Dabei wird im Straßenverkehr nach Fahrzeugarten (Pkw, Krafträder, Busse, Lkw (LNF und SNF) etc.⁶³) und im Schienenverkehr nach Verkehrsarten (Personennah-, Personenfern-, Güterverkehr und schienengebundener ÖSPV⁶⁴) differenziert. Im Straßenverkehr steht die Umrechnung von Verkehrsleistungen mit dem MIV bzw. von Transportleistungen im Straßengüterverkehr in Pkw- bzw. Lkw-Fahrten mittels Besetzungs- bzw. Beladungsgraden im Vordergrund. Dabei wird im Pkw-Verkehr nach Fahrtzwecken, die klar unterschiedlich hohe Besetzungsgrade – nahe 1 im Berufsverkehr, über 2 im Urlaubsverkehr – aufweisen, und im Lkw-Verkehr nach Gesamtgewichtsklassen unterschieden.⁶⁵

Im **zweiten** Schritt werden diese Fahrleistungen, soweit erforderlich, nach **Antriebsarten** differenziert. Deren Entwicklung hat insbesondere beim Straßenverkehr eine **herausragende Bedeutung** für das Gesamtergebnis, und zwar sowohl im Personenverkehr (i. W. Pkw) als auch im Güter- und Wirtschaftsverkehr (SNF und LNF). Hier wird unterschieden nach Benzin, Diesel, Hybrid ohne PHEV, BEV, PHEV und FCV sowie darüber hinaus auch Flüssiggas (LPG) und Erdgas (CNG). Für diesen Schritt sind Annahmen zur entsprechenden Zusammensetzung der **Fahrzeugflotten** in den einzelnen Szenarien essenziell. Diese wiederum basieren auf den entsprechenden Prognoseprämissen zur Entwicklung der Struktur der Neuzulassungen (vgl. Abschnitt 3.6.1). Im Schienenverkehr wird, wie schon in früheren vergleichbaren Arbeiten, nach Elektro- und Dieseltraktion unterschieden, wobei letztere schon in den letzten Jahrzehnten klar an Bedeutung verloren hat und dies im Prognosezeitraum endgültig tun wird.

Im **dritten** Schritt werden die entsprechenden **Energieverbräuche** von (mineralölbasierten) Kraftstoffen (Otto, Diesel, Kerosin), Erdgas, Strom und Wasserstoff bestimmt. Dazu sind die jeweiligen spezifischen (fahrleistungsbezogenen) Energieverbräuche nach den o. a. Antriebsarten erforderlich. Auch hier wird im Straßenverkehr nach Fahrzeugarten und im Schienenverkehr nach Verkehrsarten unterschieden. Die spezifischen Verbräuche variieren in der Realität in Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten, den Streckentypen u. a. m. Hier werden für die genannten Seg-

⁶² Hierbei handelt es sich um die durchschnittlichen Kosten einer Sattelzugmaschine.

⁶³ „Lkw“ in der hier verwendeten Definition beinhalten erstens auch die Sattelzugmaschinen (Szm), die in der Fahrzeugstatistik des KBA als eine eigene Klasse definiert sind, sich in der Nutzungsart aber nicht von schweren Lkw unterscheiden, und zweitens auch die LNF, sofern sie zulassungsrechtlich Lkw sind. Generell orientiert sich die Zulassungsstatistik nicht immer an der Nutzung des Fahrzeugs. Bestes Beispiel dafür ist ein VW-Bus, der mit Fenstern der Klasse „Pkw“ (Wohnmobil), ohne Fenster der Klasse „Lkw“ (Van, früher Kastenwagen) zugeordnet ist. Weitere Fahrzeugarten sind „Sonstige Zugmaschinen“ und die heterogene Gruppe der „Sonstigen Kfz“ (Polizei-, Feuerwehr-Kfz u.a.)

⁶⁴ Zum schienengebundenen ÖSPV zählen laut Verkehrsstatistik Straßenbahnen, U-Bahnen und Stadtbahnen.

⁶⁵ Laut der Fahrleistungsrechnung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) beträgt der Besetzungsgrad derzeit 1,42.

mente immer Mittelwerte verwendet. Für Plug-in-Hybride (PHEV) ermittelte eine Fraunhofer-Studie für das Jahr 2022 bei privat genutzten Pkw einen Anteil von knapp 50 % der Fahrleistung mit Elektroantrieb, bei gewerblich genutzten Pkw hingegen von nur rund 10 %, der Rest jeweils mit Verbrennungsmotor. Gemittelt ergab dies rund 30 % (vgl. Kap. 3.6.2). Beim Luftverkehr und bei der Binnenschifffahrt werden spezifische Energieverbräuche verwendet, die direkt auf die Verkehrsleistungen bezogen sind. Somit erübrigt sich hier die Vorausschätzung der jeweiligen Betriebsleistungen. Einzelheiten werden in Kapitel 5.3 dargestellt.

Im **vierten** und letzten Schritt werden schließlich aus den Energieverbräuchen die THG-Emissionen abgeleitet. Die dabei verwendeten Emissionsfaktoren wurden in Kapitel 3.9 bereits dargestellt. Auf die Emissionen von Distickstoffoxid oder Lachgas (N_2O) und von Methan (CH_4) entfallen mittlerweile nur noch geringe Teile der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs (vgl. Kap. 2.4). Das erlaubt es, sie nicht differenziert nach Verkehrsträgern, sondern insgesamt zu prognostizieren.

5 Ergebnisse Bezugsszenario

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der Berechnungen im Rahmen des Bezugsszenarios jeweils für die Jahre 2030 und 2040 vor. Besonders wirkende Maßnahmen werden hervorgehoben. Der Maßnahmen-/Instrumentenkatalog ist kompakt im Anhang A1 dargestellt. Die dem im Bezugsszenario zugrundeliegenden Eckdaten des Analysefalls 2019 sind jeweils den spezifischen Ergebnistabellen zu entnehmen.

	Analysejahr 2019				1990				2010			
	Verkehrsleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen		Verkehrsleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen		Verkehrsleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen	
			Kyoto	Tremod			Kyoto	Tremod			Kyoto	Tremod
	Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂		Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂		Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	
Personenverkehr	155,35	79,90	14,56	25,86		66,07			158,28	84,78	14,31	21,64
MIV	123,12	79,90	13,74	16,35		66,07	13,99		124,33	84,78	13,72	17,24
Eisenbahnverkehr	12,82	-	0,09	0,57		-			10,12	-	0,10	0,72
ÖSPV	8,82	-	0,69	0,82		-			10,20	-	0,28	0,50
Luftverkehr	0,98	-	0,04	8,12		-			5,54	-	0,22	3,18
Fahrradverkehr	4,90	-	0,00	0,00		-			3,47	-	0,00	0,00
Fußwegverkehr	4,72	-	0,00	0,00		-			4,62	-	0,00	0,00
Güterverkehr	83,47	13,51	7,57	9,77		7,20			77,89	9,91	5,85	7,83
Schiene	12,36	-	0,01	0,09		-			14,52	-	0,05	0,43
Straße	65,08	13,51	7,38	9,50		7,20	4,73		57,12	9,91	5,72	7,19
Binnenschiff	6,03	-	0,18	0,18		-			6,26	-	0,08	0,21
insgesamt	-	-	22,12	35,62	-	-	-		-	-	20,16	29,46

Tabelle 5-1: Eckdaten für den Analysefall 2019, im Vergleich zu 2010 und 1990

Rundungsdifferenzen möglich

Quelle: 1990 laut StaLa, 2010 aus Vorgängerstudie, Definitionen nicht ganz vergleichbar⁶⁶

Vorstehende Tabelle stellt die verschiedenen Eckwerte für 2019 sowie 1990 und 2010 dar. Die Werte für 2010 wurden dem Vorgängerbericht entnommen und können im Einzelfall mittlerweile revidiert sein.

Die Ergebnisse sind in die des Personen- und Güterverkehrs sowie die des Energieverbrauchs und der Emissionen unterteilt. Dabei werden

- » Verkehrsaufkommen und -leistungen,
- » Fahrleistungen,
- » Endenergieverbräuche und
- » THG-Emissionen

dargestellt.

5.1 Personenverkehr

Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung sind inhaltlich differenziert nach Verkehrsmittel, Fahrtzweck und Hauptverkehrsbeziehung dargestellt, hinzu kommt eine Auswertung zu den Wegen pro Einwohner.

5.1.1 Auswertung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck

Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen steigen grundsätzlich im Bezugsszenario ggü. dem Analysejahr 2019 an, sowohl für das Jahr 2030 als auch für das Jahr 2040 (vgl. Tabelle 5-2 bis Tabelle 5-7). Die der Änderung des Verkehrsaufkommens und der -leistung zugrundeliegenden Prämissenwirkungen sind den Wirkungen von Struktureffekten gegenübergestellt. Von Struktureffekten spricht man, wenn Veränderungen des Verkehrs auf sozioökonomische Entwicklungen

⁶⁶ Definitionen vor allem im Luftverkehr nicht vergleichbar, vgl. Ausführungen zur Berechnungsbasis unter 2.4.

zurückzuführen sind wie Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum (vgl. Kapitel 3.2) sowie Veränderungen des Pkw-Bestands und der Pkw-Dichte, da diese unmittelbar mit der Bevölkerungsstruktur zusammenhängen (vgl. Kapitel 3.8). Die Prämissenwirkung wird hingegen auf Prognoseprämissen außerhalb dieser sozioökonomischen Rahmenbedingungen zurückgeführt, d. h. auf Änderungen im Verkehrsverhalten, bei Verkehrsinfrastruktur und -angebot, Technologieentwicklung, Nutzer- und Transportkosten, ordnungspolitische Rahmenbedingungen etc. (vgl. Kapitel 3.3 bis 3.7). Die Betrachtung nach Verkehrsmitteln unterscheidet in sechs verschiedene Verkehrsmittel (vgl. Tabelle 5-2 und Tabelle 5-3).

Verkehrsmittel	2019	2030	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Eisenbahnverkehr	391	437	+11,8%	+1,8%	+9,9%
Motorisierter Individualverkehr	8 146	7 774	-4,6%	+5,4%	-9,4%
Luftverkehr	27	29	+6,7%	+13,6%	-6,1%
ÖSPV	1 071	1 188	+10,9%	+1,1%	+9,7%
Summe motorisierter Verkehr	9 635	9 428	-2,2%	+4,8%	-6,6%
Fahrradverkehr	1 278	1 524	+19,2%	+4,2%	+14,4%
Fußwegverkehr	2 827	2 868	+1,5%	-0,4%	+1,9%
insgesamt	13 740	13 820	+0,6%	+3,7%	-3,0%
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Eisenbahnverkehr	12 820	16 159	+26,0%	+4,7%	+20,4%
Motorisierter Individualverkehr	123 118	120 095	-2,5%	+5,8%	-7,8%
Luftverkehr	981	1 037	+5,7%	+12,4%	-6,0%
ÖSPV	8 815	9 747	+10,6%	+0,7%	+9,8%
Summe motorisierter Verkehr	145 735	147 039	+0,9%	+5,4%	-4,3%
Fahrradverkehr	4 900	6 072	+23,9%	+5,0%	+18,0%
Fußwegverkehr	4 720	4 793	+1,6%	-0,4%	+2,0%
insgesamt	155 355	157 904	+1,6%	+5,2%	-3,4%

Tabelle 5-2: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2030, nach Verkehrsmitteln

Während sich das Verkehrsaufkommen des MIV im Jahr 2030 um mehr als vier Prozent verringert (die negative Prämissenwirkung überwiegt den positiven Struktureffekt), ergibt sich für 2040 nahezu keine Veränderung mit -0,5 Prozent. Das Aufkommen des motorisierten Verkehrs verringert sich damit. Das Eisenbahnverkehrsaufkommen steigt im Vergleich zum Analysejahr 2019 um ca. 12 Prozent bis zum Jahr 2030 und um ca. 18 Prozent bis zum Jahr 2040. In der längerfristigen Perspektive bis 2040 überlagern die Anstiege der anderen Verkehrsmittel dann die Verringerung des MIV, sodass in Summe das Verkehrsaufkommen des motorisierten Verkehrs bis 2040 um ca. ein Prozent zunimmt.

Auch die Verkehrsleistung des MIV verringert sich zunächst um 2,5 Prozent bis 2030, steigt aber bis 2040 um 2,7 Prozent an. Alle weiteren Verkehrsmittel erfahren Zuwachsraten. Die Eisenbahnverkehrsleistung steigt zwischen 2030 und 2040 um weitere ca. neun Prozent, d. h. ggü. 2019 um insgesamt 35 Prozent. Im Luftverkehr beträgt der Verkehrsleistungsanstieg zwischen 2030 und 2040 ca. 13 Prozentpunkte, d. h. 2040 ggü. 2019 insgesamt 18,5 Prozent.

Verkehrsmittel	2019	2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Eisenbahnverkehr	391	462	+18,2%	+1,0%	+17,1%
Motorisierter Individualverkehr	8 146	8 105	-0,5%	+8,9%	-8,6%
Luftverkehr	27	33	+21,2%	+31,4%	-7,7%
ÖSPV	1 071	1 153	+7,7%	-0,0%	+7,7%
Summe motorisierter Verkehr	9 635	9 753	+1,2%	+7,6%	-6,0%
Fahrradverkehr	1 278	1 561	+22,2%	+7,7%	+13,4%
Fußwegverkehr	2 827	2 832	+0,2%	-1,8%	+2,0%
insgesamt	13 740	14 146	+3,0%	+5,7%	-2,6%
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Eisenbahnverkehr	12 820	17 340	+35,3%	+6,0%	+27,5%
Motorisierter Individualverkehr	123 118	126 460	+2,7%	+9,9%	-6,6%
Luftverkehr	981	1 163	+18,5%	+28,3%	-7,6%
ÖSPV	8 815	9 343	+6,0%	-0,8%	+6,8%
Summe motorisierter Verkehr	145 735	154 305	+5,9%	+9,1%	-2,9%
Fahrradverkehr	4 900	6 253	+27,6%	+9,7%	+16,4%
Fußwegverkehr	4 720	4 741	+0,5%	-1,6%	+2,1%
insgesamt	155 355	165 300	+6,4%	+8,8%	-2,2%

Tabelle 5-3: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2040, nach Verkehrsmitteln

Der Modal Split für 2030 und 2040 ist den nachfolgenden Tabellen Tabelle 5-4 und Tabelle 5-5 zu entnehmen.

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2030	Veränderung 2030/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [P]					
Bahn	2,8%	3,2%	+0,3 %P	-0,1 %P	+0,4 %P
MIV	59,3%	56,3%	-3,0 %P	+1,0 %P	-4,0 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	8,6%	+0,8 %P	-0,2 %P	+1,0 %P
Fahrrad	9,3%	11,0%	+1,7 %P	+0,1 %P	+1,7 %P
Fuß	20,6%	20,8%	+0,2 %P	-0,8 %P	+1,0 %P
Verkehrsleistung [Pkm]					
Bahn	8,3%	10,2%	+2,0 %P	-0,0 %P	+2,0 %P
MIV	79,2%	76,1%	-3,2 %P	+0,4 %P	-3,6 %P
Luftverkehr	0,6%	0,7%	+0,0 %P	+0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	5,7%	6,2%	+0,5 %P	-0,2 %P	+0,7 %P
Fahrrad	3,2%	3,8%	+0,7 %P	-0,0 %P	+0,7 %P
Fuß	3,0%	3,0%	-0,0 %P	-0,2 %P	+0,2 %P

Tabelle 5-4: Modal Split im Bezugsszenario 2030

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [P]					
Bahn	2,8%	3,3%	+0,4 %P	-0,1 %P	+0,5 %P
MIV	59,3%	57,3%	-2,0 %P	+1,8 %P	-3,8 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	8,2%	+0,4 %P	-0,4 %P	+0,8 %P
Fahrrad	9,3%	11,0%	+1,7 %P	+0,2 %P	+1,6 %P
Fuß	20,6%	20,0%	-0,6 %P	-1,5 %P	+0,9 %P
Verkehrsleistung [Pkm]					
Bahn	8,3%	10,5%	+2,2 %P	-0,2 %P	+2,4 %P
MIV	79,2%	76,5%	-2,7 %P	+0,9 %P	-3,6 %P
Luftverkehr	0,6%	0,7%	+0,1 %P	+0,1 %P	-0,0 %P
ÖSPV	5,7%	5,7%	-0,0 %P	-0,5 %P	+0,5 %P
Fahrrad	3,2%	3,8%	+0,6 %P	+0,0 %P	+0,6 %P
Fuß	3,0%	2,9%	-0,2 %P	-0,3 %P	+0,1 %P

Tabelle 5-5: Modal Split im Bezugsszenario 2040

Die Betrachtung nach Fahrtzweck unterscheidet in sechs Fahrtzwecke (vgl. Tabelle 5-6 und Tabelle 5-7).

Das Verkehrsaufkommen des Berufs- und Geschäftsverkehrs verringert sich um sieben bzw. acht Prozent bis zum Jahr 2030 und um weitere zwei bzw. drei Prozentpunkte bis 2040. Prämissen zu Homeoffice wirken hier besonders, im Vergleich zu den weiteren Fahrtzwecken, bei denen Struktureffekte, die mit einem Anstieg des Verkehrsaufkommens einhergehen, überwiegen.

Die Verkehrsleistung des Berufs- und Geschäftsverkehrs sinkt bis 2030 um ca. acht und sechs Prozent im Vergleich zum Analysejahr 2019. Bis 2040 sinkt sie um weitere 1,5 Prozentpunkte im Berufsverkehr und bleibt in etwa auf 2030-Niveau im Geschäftsverkehr. Alle weiteren Fahrtzwecke steigern ihre Verkehrsleistung.

Fahrtzweck	2019	2030	Veränderung 2030/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Beruf	2 338	2 173	-7,0%	-1,0 %	-6,1 %
Ausbildung	990	1 069	+8,0%	+7,9 %	+0,1 %
Einkauf	3 869	3 863	-0,2%	+2,7 %	-2,8 %
Geschäft	1 677	1 544	-8,0%	-0,2 %	-7,8 %
Urlaub	63	67	+6,3%	+6,4 %	-0,1 %
Privat	4 805	5 104	+6,2%	+7,1 %	-0,8 %
insgesamt	13 740	13 820	+0,6%	+3,7 %	-3,0 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Beruf	27 801	25 653	-7,7%	-0,5 %	-7,2 %
Ausbildung	6 509	7 061	+8,5%	+7,8 %	+0,7 %
Einkauf	26 256	26 237	-0,1%	+4,6 %	-4,4 %
Geschäft	24 691	23 243	-5,9%	+1,4 %	-7,2 %
Urlaub	11 519	12 067	+4,8%	+4,4 %	+0,3 %
Privat	58 578	63 643	+8,6%	+9,7 %	-1,0 %
insgesamt	155 355	157 904	+1,6%	+5,2 %	-3,4 %

Tabelle 5-6: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2030, nach Fahrtzweck

Fahrtzweck	2019	2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Beruf	2 338	2 102	-10,1%	-4,5 %	-5,9 %
Ausbildung	990	1 069	+8,0%	+7,8 %	+0,2 %
Einkauf	3 869	3 971	+2,6%	+5,4 %	-2,6 %
Geschäft	1 677	1 504	-10,3%	-3,0 %	-7,6 %
Urlaub	63	70	+11,5%	+11,3 %	+0,2 %
Privat	4 805	5 430	+13,0%	+13,5 %	-0,4 %
insgesamt	13 740	14 146	+3,0%	+5,7 %	-2,6 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Beruf	27 801	25 194	-9,4%	-3,4 %	-6,2 %
Ausbildung	6 509	7 057	+8,4%	+7,2 %	+1,2 %
Einkauf	26 256	27 690	+5,5%	+9,2 %	-3,4 %
Geschäft	24 691	23 180	-6,1%	-0,1 %	-6,0 %
Urlaub	11 519	12 457	+8,1%	+7,4 %	+0,7 %
Privat	58 578	69 721	+19,0%	+18,5 %	+0,4 %
insgesamt	155 355	165 300	+6,4%	+8,8 %	-2,2 %

Tabelle 5-7: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario 2040, nach Fahrtzweck

5.1.2 Auswertung je Einwohner

Im Analysejahr 2019 und im Jahr 2040 ergeben sich für Baden-Württemberg durchschnittlich pro Tag 3,20 Wege im Quellverkehr je Einwohner. Im Jahr 2030 sind die Wege pro Tag je Einwohner etwas niedriger mit 3,14. Der Rückgang zwischen 2019 und 2030 entsteht dadurch, dass die Zahl der Fahrten bzw. Wege schwächer zunimmt als die Einwohnerzahl. Erst danach wächst sie wieder stärker. Beides ist auf die Prämissenwirkungen zurückzuführen.

	2019	2030	2040
Wege pro Tag je Einwohner	3,20	3,14	3,20
Pkm pro Tag je Einwohner	34,5	34,1	36,8

Tabelle 5-8: Wege und Verkehrsleistung über alle Verkehrsmittel, pro Einwohner je Tag, in Baden-Württemberg, Bezugsszenario

Nachfolgende Abbildungen Abbildung 5-1 bis Abbildung 5-3 stellen die Entwicklung der Wege je Einwohner pro Tag im Analysejahr 2019 sowie im Bezugsszenario für die Jahre 2030 und 2040 auf Kreisebene dar. Für 2019 zeigen sich, wie im Grunde nicht anders zu erwarten war, nur vergleichsweise geringe Unterschiede von wenigen Prozenten. Dieses Ergebnis gilt für die Summe aller Verkehrsarten. Allein im MIV ist die Fahrtenzahl in den weniger verdichteten Kreisen mit einer hohen Pkw-Dichte (vgl. Abschn. 3.8.3) deutlich höher als in den größeren Städten mit einem unterdurchschnittlichen Motorisierungsgrad. Dies wird jedoch durch die gegenläufige Struktur der ÖPNV-Fahrten und teilweise auch des nicht-motorisierten Verkehrs weitestgehend ausgeglichen.

In den beiden Prognosejahren bleiben die Abweichungen zum Landesdurchschnitt jeweils grundsätzlich erhalten. Die leichte Verschiebung zu den Klassen mit einer geringen Fahrtenzahl pro Einwohner im Jahr 2030 kommt durch das o. a. Gesamtergebnis, d. h. den Rückgang der landesweiten Kennziffer, zustande. Bis 2040 bildet sich das wieder zurück.

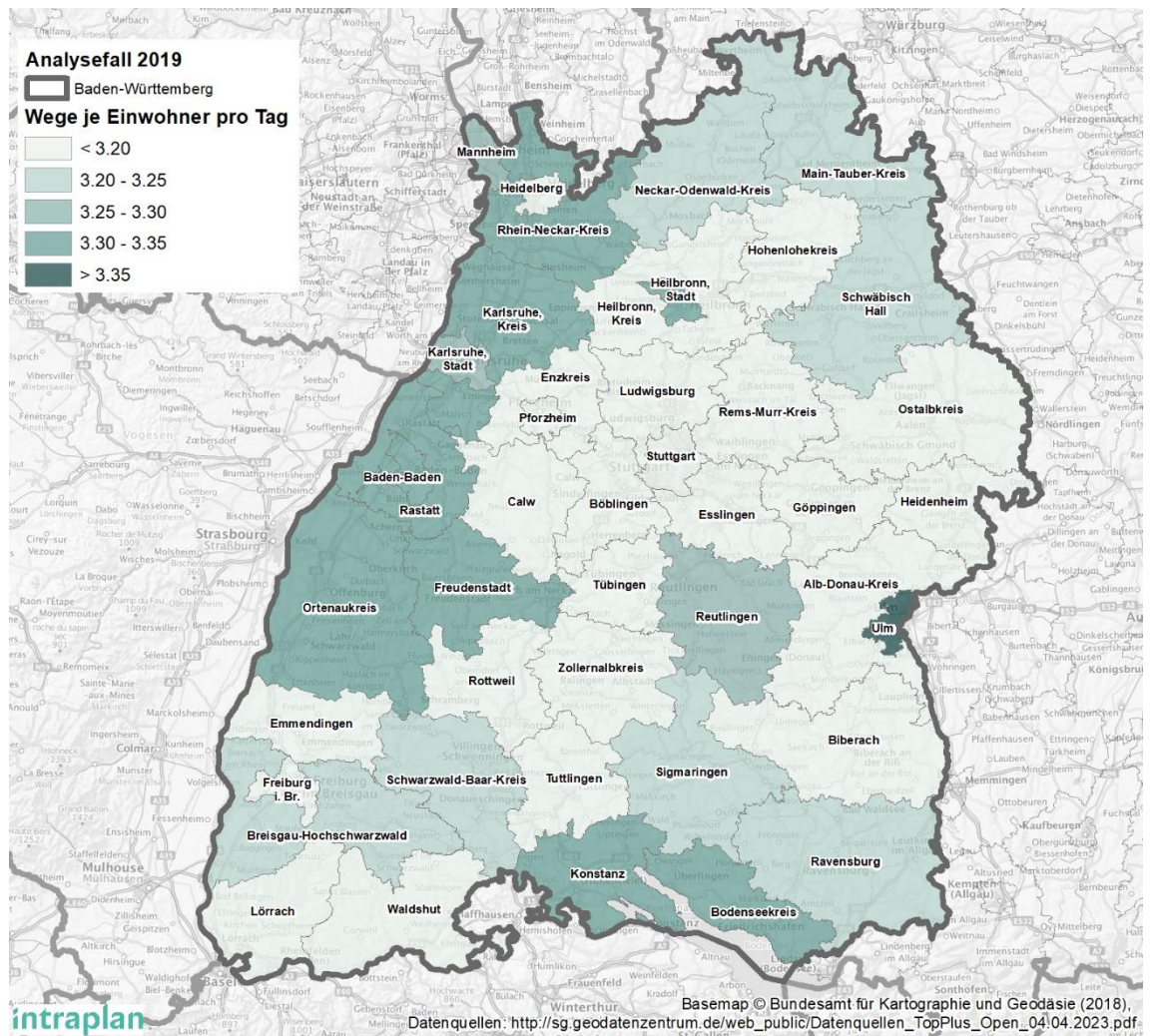


Abbildung 5-1: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Analyse 2019

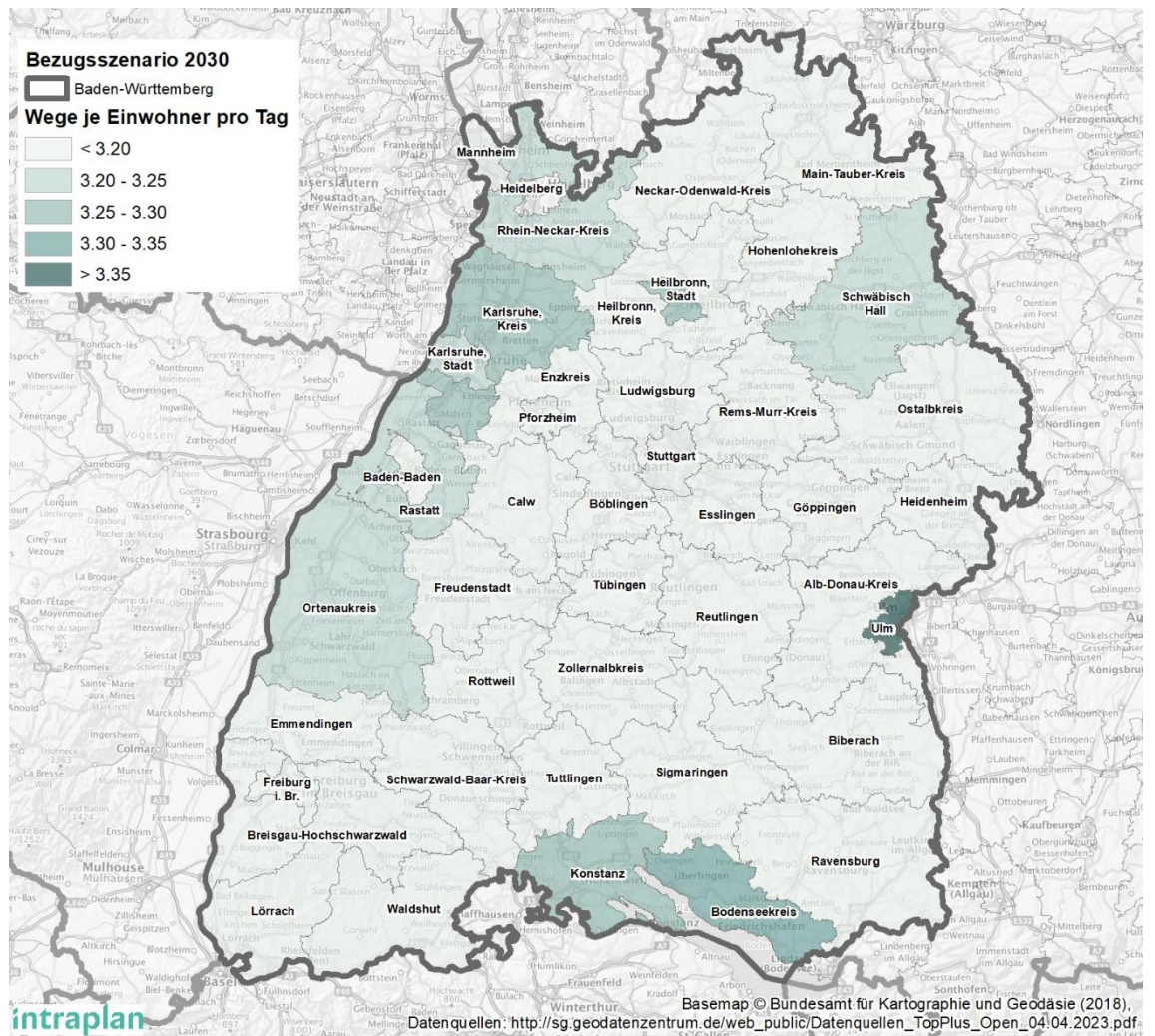


Abbildung 5-2: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Bezugsszenario 2030

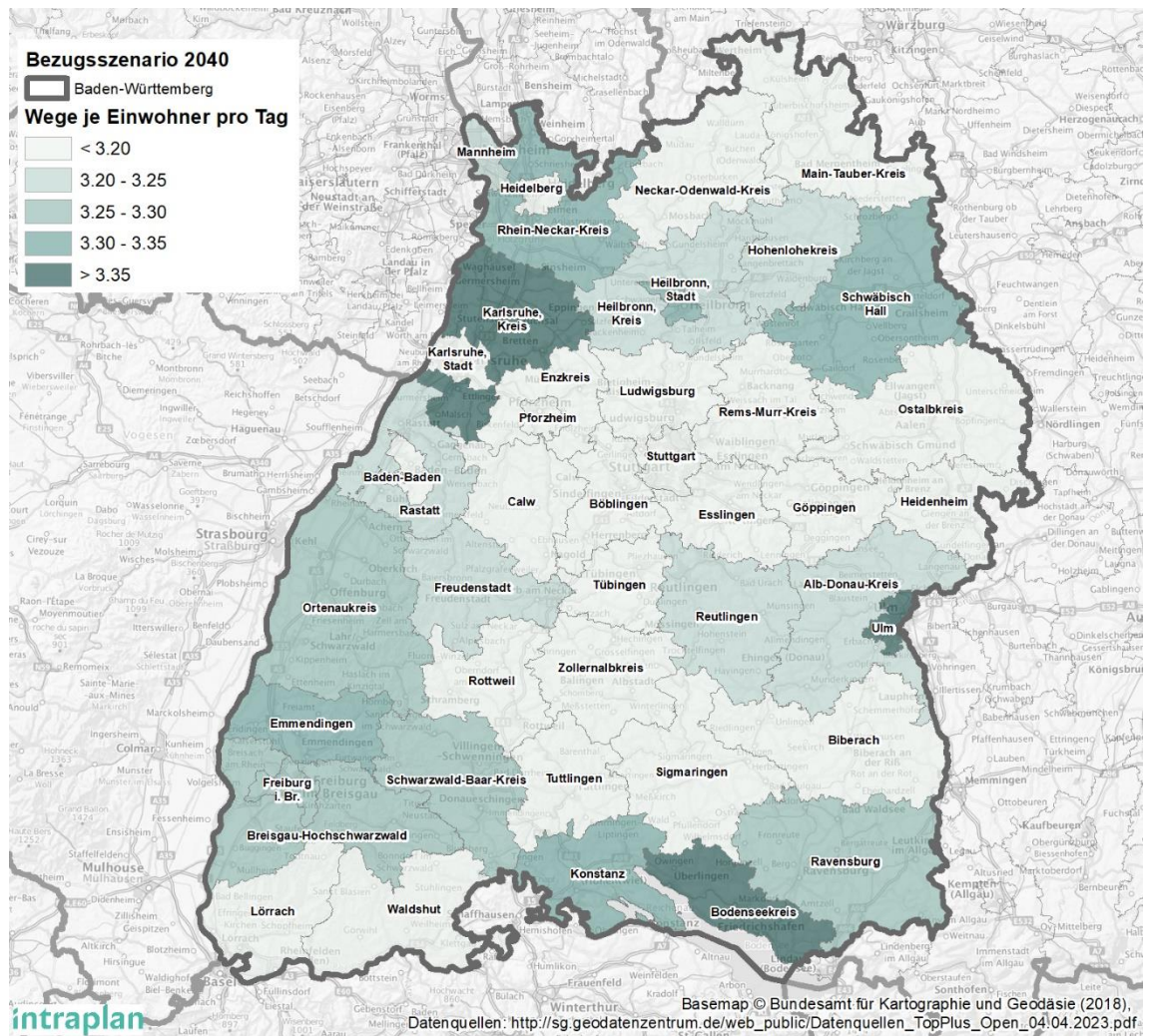


Abbildung 5-3: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Bezugsszenario 2040

5.1.3 Auswertung nach Hauptverkehrsbeziehungen

Die Segmentierung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen in Baden-Württemberg zeigt eine Steigerung des Verkehrsaufkommens über alle Verkehrsbeziehungen. Mit einer Ausnahme trifft dies auch auf die Entwicklung der Verkehrsleistung zu. Beim Binnenverkehr sinkt diese zunächst um ca. 0,2 Prozent bis zum Jahr 2030, und steigt dann bis zum Jahr 2040 wieder an. Der im Vergleich zum Quellverkehr umfangreichere Zielverkehr spiegelt die Attraktivität Baden-Württembergs hinsichtlich Freizeit, Geschäft und Arbeit wider.

Hauptverkehrs- beziehung	Verkehrsaufkommen in P [Tsd.]			Verkehrsleistung in Pkm [Mio.]		
	2019	2030	2040	2019	2030	2040
Binnenverkehr	12 482 509	12 541 023	12 804 398	97 690	97 518	102 408
Quellverkehr	474 207	477 304	502 709	22 237	23 157	26 218
Zielverkehr	529 577	533 275	559 366	20 018	20 829	24 534
Durchgangsverkehr	254 100	267 973	283 173	15 154	16 381	16 935

Tabelle 5-9: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Bezugsszenario, nach Hauptverkehrsbeziehungen

5.2 Güterverkehr

5.2.1 Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland

5.2.1.1 Entwicklung des Güterverkehrs nach Verkehrsträger

Die Eckwerte der Güterverkehrsprognose 2040 für Deutschland sind in Tabelle 5-10 und Tabelle 5-11 dargestellt. Insgesamt steigt das **Transportaufkommen um 19 %** (von 4,4 Mrd. t auf 5,2 Mrd. t) und die inländische **Transportleistung** (auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland) **um 33 %** (von 679,4 Mrd. tkm auf 900,4 Mrd. tkm).

	2019		2030		2040	
	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %
Transportaufkommen nach Verkehrsträgern						
Schiene	390,8	8,9%	403,4	8,5%	397,9	7,7%
Straße	3.769,7	86,3%	4.159,4	87,4%	4.603,5	88,8%
Binnenschiff	206,8	4,7%	196,5	4,1%	181,9	3,5%
Summe	4.367,3	100,0%	4.759,2	100,0%	5.183,3	100,0%
Kombinierte Verkehre						
gesamt	131,2	100,0%	174,0	100,0%	198,1	100,0%
Schiene	108,2	82,5%	143,6	82,5%	163,2	82,4%
Binnenschiff	23,0	17,5%	30,4	17,5%	34,9	17,6%

Tabelle 5-10: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern

Quelle: eigene Darstellung

Sowohl im Schienen- als auch im Straßengüterverkehr wachsen die Transportleistungen deutlich stärker als das Transportaufkommen (Schiene: 18,0 % und 1,8 %; Straße: 40,1 % und 22,1 %), so dass sich die Tendenz zu länger laufenden Transporten weiter fortsetzen wird. Im gesamten Güterfernverkehr wachsen die mittleren Transportweiten um 11,5 % von 156 Kilometer im Jahr 2019 auf 174 Kilometer im Jahr 2040. In der Binnenschifffahrt sinkt das Transportaufkommen 2019-2040 um 12 %. Obwohl im gleichen Zeitraum auch in der Binnenschifffahrt die Transporte sich hin zu länger laufenden entwickeln, so nimmt die Transportleistung dennoch leicht ab von 51,6 Mrd. tkm auf 49,6 Mrd. tkm.

Der **Straßengüterverkehr** wächst beim Transportaufkommen von knapp 3,8 Mrd. t im Jahr 2019 auf 4,6 Mrd. t im Jahr 2040, was einer Zunahme von 22,1 % entspricht. Die Verkehrsleistungen steigen um 40,1 % von 499 Mrd. tkm auf 699 Mrd. tkm. Von dem gesamten zusätzlichen Wachstum des Güterverkehrs aller Verkehrsträger von 2019 bis 2040 um 841 Mio. t und 223 Mrd. tkm entfallen damit **99 %** des zusätzlichen Transportaufkommens (+834 Mio. t) und **90 %** der zusätzlichen Transportleistungen (+200 Mrd. tkm) auf den Straßengüterverkehr.

	2019		2030		2040		WR 2019-2040		Transportweite, km		WR 2019-2040	
	Mrd. tkm	Anteil in %	Mrd. tkm	Anteil in %	Mrd. tkm	Anteil in %	insgesamt	in % p. a.	2019	2040	Insgesamt	in % p. a.
Transportaufkommen nach Verkehrsträgern												
Schiene	129,2	19,0	146,5	18,0	152,4	16,9	18,0	0,8	331	383	15,7	0,7
Straße	498,6	73,4	613,3	75,6	698,5	77,6	40,1	1,6	132	152	15,2	0,7
Binnenschiff	51,6	7,6	51,9	6,4	49,6	5,5	-4,0	-0,2	250	273	9,2	0,4
Summe	679,4	100,0	811,7	100,0	900,4	100,0	32,5	1,4	156	174	11,5	0,5
Kombinierte Verkehre												
gesamt	61,7	100,0	81,4	100,0	92,9	100,0	50,7	2,0	470	469	-0,2	0,0
Schiene	55,2	89,5	72,9	89,6	83,1	89,4	50,5	2,0	510	509	-0,2	0,0
Binnenschiff	6,5	10,5	8,5	10,4	9,9	10,6	52,0	2,0	283	283	0,0	0,0

Tabelle 5-11: Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern

Quelle: eigene Darstellung

Sowohl die Schiene als auch das Binnenschiff verzeichnen überproportionale Wachstumsraten im Bereich der KV-Verkehre, die eine Verlagerung von der Straße auf die beiden anderen Verkehrsträger bedingen. Allerdings findet weiterhin eine deutliche Reduktion bzw. komplette Einstellung des Transports der bahn- und binnenschiffsaffinen Gütergruppen der fossilen Energieträger (s.u.) bis 2040 statt, sodass das Aufkommen und die Transportleistung bei der Schiene zwar absolut steigen, der Anteil am Gesamtaufkommen und an der Gesamttransportleistung durch den stärkeren Anstieg der straßenaffinen Gütergruppen sinkt. Auch fällt auf, dass 2030 mehr Tonnen auf der Schiene transportiert werden als 2040. Das hat insbesondere mit dem Rückgang der Kohle und der Mineralölprodukte und dem Umstand, dass nicht alle Züge kapazitätsativ umgesetzt werden können, zu tun. Insgesamt steigt der Anteil des Straßengüterverkehrs am Aufkommen von 86,3 % auf 88,8 % und an der Transportleistung von 73,4 % auf 77,6 %.

Das Transportaufkommen der Schiene wächst bis 2040 gegenüber 2019 mit 1,8 % deutlich weniger als die Transportleistungen, für die aufgrund der wachsenden Transportentfernungen eine erhebliche Steigerung um insgesamt 18 % prognostiziert wird. Der Marktanteil der Bahn sinkt beim Aufkommen von 8,9 % im Jahr 2019 trotz des absoluten Wachstums auf 7,7 % im Jahr 2040 und bei den Leistungen von knapp 19,0 % auf 16,9 %.

Diese bezogen auf das absolute Transportaufkommen und die -leistung günstige Entwicklung der Schiene (teilweise aber auch beim Binnenschiff) ist auf die Entwicklung des kombinierten Verkehrs zurückzuführen. Der gesamte kombinierte Verkehr per Bahn und Binnenschiff wird um rd. 51 % auf Aufkommensbasis und 50 % auf Verkehrsleistungsbasis ansteigen und wird sich im Prognosezeitraum deutlich stärker entwickeln, als die nicht im kombinierten Verkehr abgewickelten Transportgüter.

Innerhalb des kombinierten Verkehrs wird sich die Schiene mit einem Aufkommenswachstum von 50,8 % etwa gleich günstig entwickeln wie die Binnenschifffahrt mit 52,2 %. Bezogen auf den Schienengüterverkehr erhöht sich der Anteil des kombinierten Verkehrs beim Aufkommen von 27,7 % auf 41,0 % und bei der Leistung von 42,7 % auf 54,5 %, damit werden im Jahre 2030 fast die Hälfte des Transportaufkommens und über die Hälfte der Transportleistung der Bahn im kombinierten Verkehr erbracht.

Im Gegensatz zur Schiene ist im Binnenschiffsverkehr auch von einem absoluten Rückgang des Aufkommens und der Transportleistung auszugehen, der auf den Rückgang der Transporte von fossilen Energieträgern zurückzuführen ist. Der kombinierte Verkehr entwickelt sich jedoch auch hier günstig, sodass der Anteil am Gesamtaufkommen des Binnenschiffs von 11,1 % auf 19,2 % steigt und der Anteil an der Gesamtleistung von 12,6 % auf 19,9 % steigt.

Über alle Verkehrsträger hinweg wirken sich die Verkehre der Bauindustrie positiv auf das jeweilige Verkehrsaufkommen bzw. -leistung aus. Dazu gehören insbesondere Verkehre mit Steinen und Erden, sonstigen Mineralerzeugnissen sowie, in geringerem Umfang, mit Sekundärrohstoffen und Abfällen. Der mit der klimapolitischen Energiewende verbundene Veränderungsprozess der deutschen Wirtschaft wird sich nicht nur positiv auf das Wirtschaftswachstum, sondern auch auf die Baukonjunktur auswirken. Der damit verbundene starke Anstieg lokaler und kleinräumiger Baustoff- und Sammelgüterverkehre wird insbesondere bei der Straße zu einem starken Verkehrseffekt führen.

5.2.1.2 Einfluss von Infrastrukturestriktionen auf das verkehrsträgerspezifische Verkehrsaufkommen

Verkehrspotentiale der Straße und der Wasserstraße sind in der Regel ohne größere Probleme auf dem vorhandenen Infrastrukturnetz fahrbar. Im Wasserstraßennetz sind keine größeren Probleme, auch an Schleusen, bekannt, im Straßennetz können in Spitzenzeiten auftretende Engpässe überbrückt bzw. aufgrund der Größe des Netzes auch umfahren werden.

Im Bereich der Schiene treten jedoch, insbesondere aufgrund der Konkurrenz mit dem Personen nahverkehr, insbesondere in den Hauptverkehrszeiten größere Engpässe auf, die sich negativ auf die Fahrbarkeit von Güterverkehrszügen auswirken. Abbildung 5-4 zeigt die Umlegung des Schienengüterverkehrs (SGV) in 2019 für das Infrastrukturnetz in Baden-Württemberg. Stark vom Schienengüterverkehr genutzt werden die Rheintalbahn (rd. 190 Zügen/Tag; zwischen Karlsruhe und Mannheim sogar an die 240 Züge/Tag), die Strecke Karlsruhe – Stuttgart – Ulm mit Belastungen zwischen 70 und 95 Zügen/Tag und die Strecke Heilbronn – Tauberbischofsheim mit rd.

20 bis 30 Zügen/Tag. Diese drei Strecken sind die Hauptachsen des Schienengüterverkehrs in Baden-Württemberg.

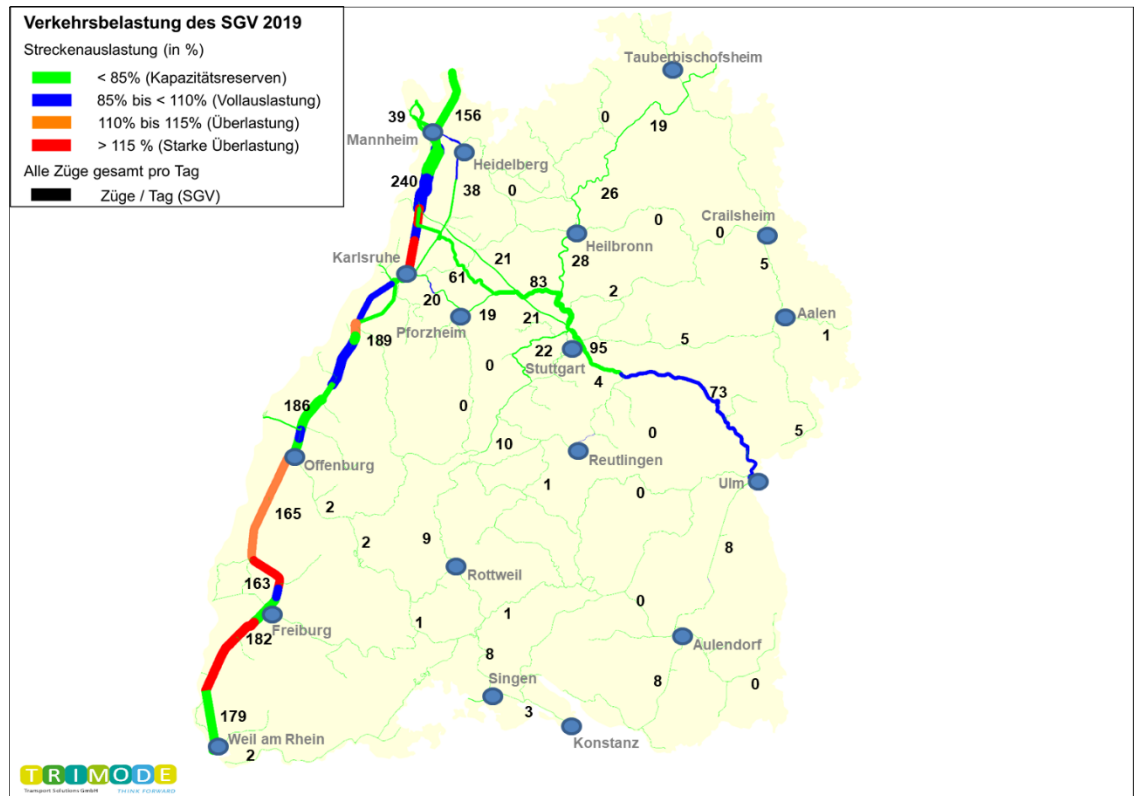


Abbildung 5-4: Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2019 (SGV-Züge/Tag)

Quelle: eigene Darstellung

Die Abbildung zeigt jedoch auch, dass die Rheintalbahn im aktuellen Zustand südlich von Offenburg und zwischen Mannheim und Rastatt an ihre Kapazitätsgrenzen stößt und überlastet ist.

Die Situation wird sich durch die Ausbaumaßnahmen auf der Rheintalbahn in 2030 und 2040 verbessern (vgl. Abbildung 5-5). Trotz Erhöhung des Verkehrsaufkommens ist eine Verringerung der Überlastungssituationen zu beobachten, die allerdings nicht gänzlich durch die vorgesehenen Infrastrukturmaßnahmen beseitigt werden können. In 2030 sind trotz dem Fortschritt der Ausbaumaßnahmen an der Rheintalbahn immer noch größere Streckenabschnitte überlastet, selbst in 2040 ist der Bereich Schwetzingen – Hockenheim nicht überlastungsfrei.

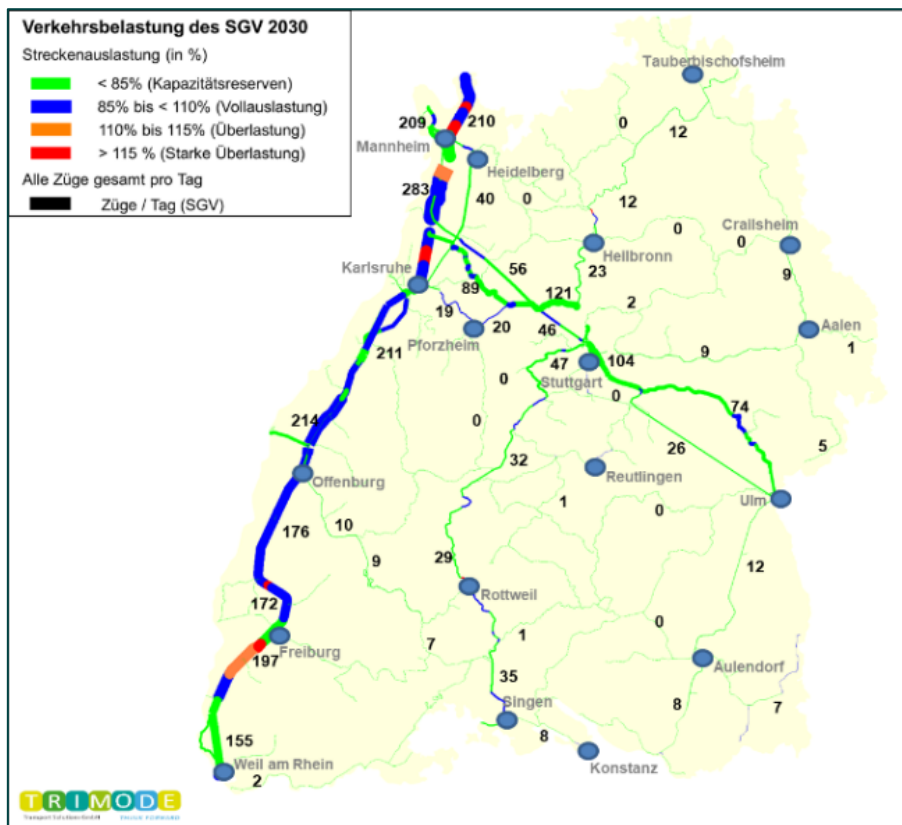


Abbildung 5-5: Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2030 (SGV-Züge/Tag)

Quelle: eigene Darstellung

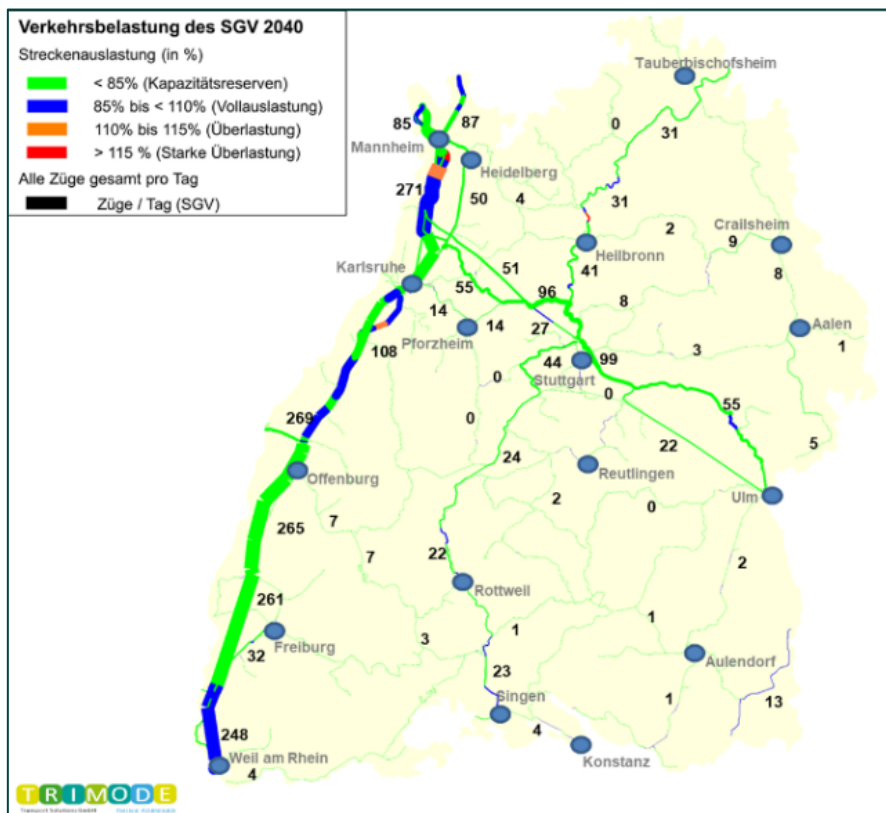


Abbildung 5-6: Umlegung des Schienengüterverkehrs in 2040 (SGV-Züge/Tag)

Quelle: eigene Darstellung

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass auch im weiteren bundesdeutschen Netz größere Engpässe, insbesondere im norddeutschen Raum auf der Zufahrt zu den deutschen Nordseehäfen auftreten, die insgesamt dazu führen, dass das eigentlich prognostizierte Verkehrspotential auf der Schiene nicht gänzlich abgefahren werden kann.

In 2030 sind 67 Züge/Tag mit einem Verkehrsaufkommen von rd. 7,9 Mio. t im Schienengüterverkehr bundesweit nicht umsetzbar. In 2040 handelt es sich um 108 Züge/Tag und einem Verkehrsaufkommen von 13,4 Mio. t. In 2040 werden dennoch weniger Tonnen transportiert als 2030, weil trotz der zusätzlichen Ausbauten nicht mehr Züge fahren können. Die zusätzlichen Kapazitäten werden überwiegend vom SPV in Beschlag genommen. Das oben in Kapitel 5.2.1.1 prognostizierte Schienengüterverkehrsaufkommen von 403 Mio. t (2030) bzw. 398 Mio. t (2040) berücksichtigt bereits diese nicht fahrbaren Verkehrsaufkommen im Schienengüterverkehr. Das potentielle Aufkommen der Schiene wäre somit um die entsprechenden Mengen höher, und das der Straße entsprechend niedriger, sodass auch ein höheres Wachstum realisiert werden könnte. Größere Engpässe, die die Umsetzung dieses Aufkommens verhindern, sind insbesondere im Raum zwischen Hamburg – Bremen – Hannover zu beobachten, in 2030 sind auch im Rhein-Ruhrgebiet größere Engpässe festzustellen.

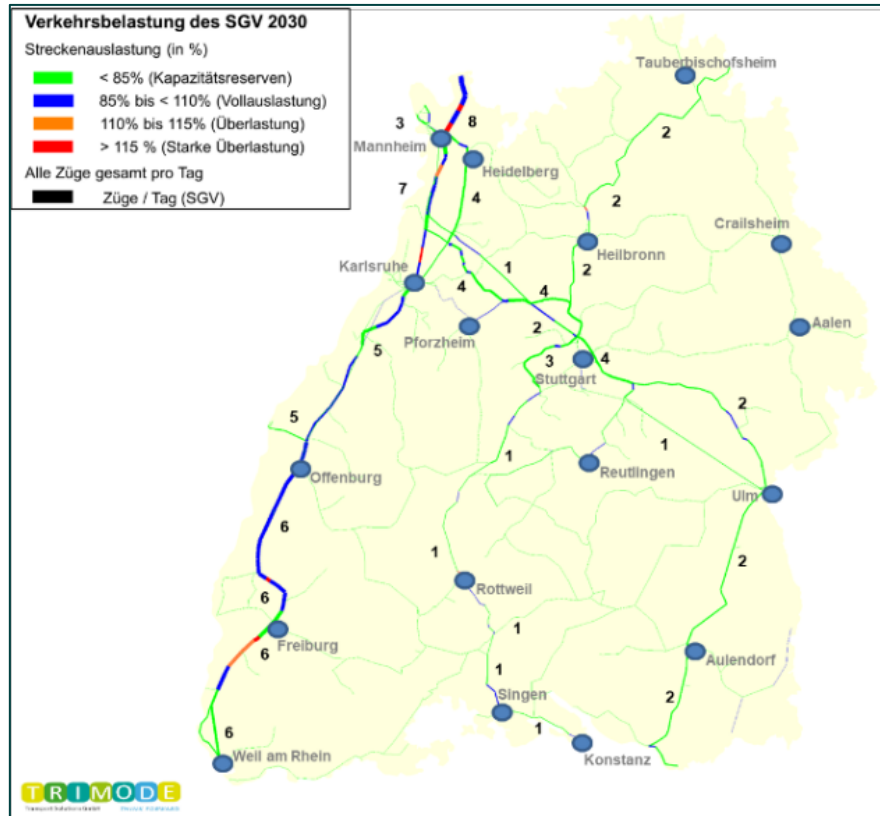


Abbildung 5-7: Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg (SGV-Züge/Tag, 2030)

Quelle: eigene Darstellung

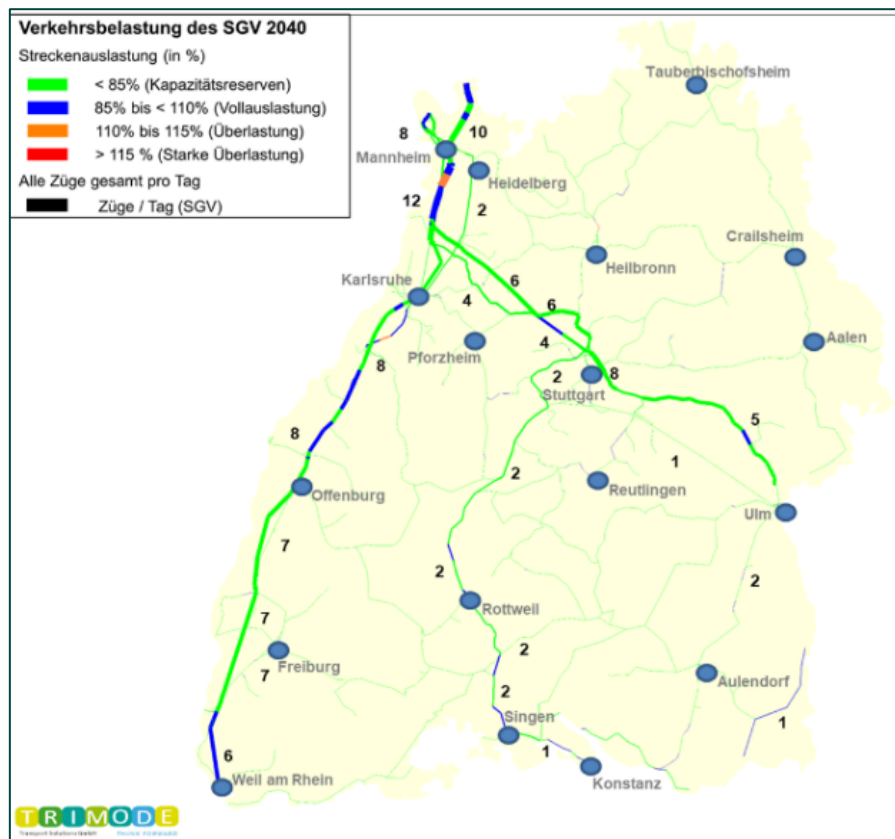


Abbildung 5-8: Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg (SGV-Züge/Tag, 2040)

Quelle: eigene Darstellung

Von den 67 bzw. 108 Zügen/Tag sind auch Züge betroffen, die durch Baden-Württemberg fahren. Hierbei handelt es sich je nach Jahr um rd. 14-15 Züge/Tag (vgl. Abbildung 5-8).

5.2.1.3 Entwicklung des Güterverkehrs nach Gütergruppen

In den Tabelle 5-12 und Tabelle 5-13 sind Güterverkehrsaufkommen und -leistung nach Gütergruppen (NST-2007) differenziert ausgewiesen.

Am stärksten wachsen – auch über alle Verkehrsträger - die Gütergruppen Post und Pakete (+4,2 % p. a.), Umzugsgut, sonstige nichtmarktbestimmte Güter (+2,3 % p. a.), Sammelgut (+2,2 % p. a.), Gutart unbekannt (+1,7 % p. a.), Maschinen und Ausrüstungen (+1,6 % p. a.), Geräte und Material für Güterbeförderung (+1,3 % p. a.), Nahrungs- und Genussmittel (+1,2 % p. a.), Sonstige Mineralerzeugnisse (+1,2 % p. a.), Fahrzeuge (+1,1 % p. a.) sowie Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc. (+1,0 % p. a.).

Der starke Anstieg bei unbekannten Gütern liegt darin begründet, dass hier insbesondere die KV-Güter erfasst sind. Hier sind die Erzeugnisse praktisch aller weiterführenden Produktionsstufen enthalten, sodass ihre Transportmengen und -leistungen unmittelbar von einer Steigerung der Zahl der Fertigungsstufen durch technischen Fortschritt und durch sinkende innerbetriebliche Fertigungstiefe profitieren. Inhaltlich stehen Güter für die Güterbeförderung mit dem KV-Verkehr in Verbindung, sodass auch hier ein starker Anstieg zu verzeichnen ist.

Aufgrund der aktuellen energiepolitischen Leitlinien werden die Verkehrsmengen an den Gütergruppen Steinkohle (-100,0 % bis 2040), Koks (-16,9 % p. a.), Braunkohle (-6,7 % p. a.), Mineral-ölerzeugnisse (-6,4 % p. a.) und Erdöl und Erdgas (-1,0 % p. a.), jedoch auch Erze (-1,2 % p. a.) rückläufig sein. Letzteres geht einher mit einer Reduktion der Rohstahlproduktion in Deutschland.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)
Land- und Forstwirtschaft	6,5	6,6	7,2	0,5	213,3	229,6	243,6	0,6	13,4	14,6	15,5	0,7	233,1	250,8	266,4	0,6
Steinkohle	22,3	12,7	0,0	-100	4,2	2,3	0,0	-100	23,3	13,0	0,0	-100	49,8	28,1	0,0	-100
Braunkohle	5,0	0,9	0,0	-100	3,9	3,7	2,1	-2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,9	4,7	2,1	-6,7
Erdöl und Erdgas	1,9	1,9	1,6	-0,7	1,5	1,4	1,1	-1,1	0,0	0,0	0,0	-8,7	3,4	3,2	2,8	-1,0
Erze	23,7	20,6	18,7	-1,1	0,8	0,7	0,7	-0,4	22,9	19,6	17,5	-1,3	47,4	41,0	36,9	-1,2
Düngemittel	1,6	1,6	1,5	-0,2	4,4	4,4	4,8	0,4	0,2	0,2	0,2	-0,1	6,2	6,2	6,5	0,2
Steine und Erden	27,8	35,9	36,9	1,3	938,2	986,9	1.059	0,6	31,8	36,8	40,0	1,1	997,9	1.060	1.136	0,6
Nahrungs- und Genussmittel	2,6	2,5	3,1	0,8	401,5	464,8	518,6	1,2	8,1	9,5	11,1	1,5	412,2	476,7	532,8	1,2
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	0,0	18,8	20,8	23,3	1,0	0,1	0,2	0,2	2,7	18,9	21,0	23,5	1,0
Holzwaren, Papier, Druckerei	8,6	8,5	9,6	0,5	168,4	180,0	199,7	0,8	3,1	3,5	4,1	1,3	180,1	192,1	213,4	0,8
Koks	4,1	2,3	0,0	-23,7	7,1	3,9	0,2	-15,6	1,9	1,0	0,1	-15,7	13,0	7,1	0,3	-16,9
Mineralerzeugnisse	51,1	30,5	11,3	-6,9	93,5	52,2	20,5	-7,0	36,2	24,9	12,9	-4,8	180,8	107,6	44,7	-6,4
Chemische Erzeugnisse etc	26,7	27,5	29,8	0,5	171,0	177,5	195,3	0,6	22,0	21,2	25,9	0,8	219,7	226,2	251,0	0,6
Sonstige Mineralerzeugnisse	12,1	14,6	16,3	1,4	426,7	482,4	544,3	1,2	3,3	4,1	4,3	1,3	442,0	501,1	564,9	1,2
Metalle und Metallzeugnisse	56,0	57,1	59,4	0,3	188,4	200,9	218,0	0,7	10,4	11,0	11,2	0,4	254,8	268,9	288,6	0,6
Maschinen und Ausrüstungen etc	0,8	1,0	1,2	1,8	76,2	89,0	106,5	1,6	0,8	1,1	1,3	2,1	77,9	91,0	108,9	1,6
Fahrzeuge	15,4	17,5	19,4	1,1	128,9	147,5	163,4	1,1	1,3	1,9	2,1	2,2	145,7	166,8	184,9	1,1
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,3	22,8	25,6	28,1	1,0	0,4	0,6	0,7	2,5	23,3	26,2	28,8	1,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	12,8	13,7	13,5	0,3	295,0	305,0	312,4	0,3	11,5	12,7	10,9	-0,3	319,3	331,3	336,8	0,3
Post, Pakete	0,0	3,1	4,8		65,1	106,6	149,1	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,1	109,7	153,9	4,2
Geräte und Material für Güterbeförd.	6,6	9,0	9,5	1,7	120,5	138,4	157,0	1,3	1,5	1,9	2,1	1,5	128,6	149,3	168,6	1,3
Umzugsgut, sonst. Nichtmarkt. Güter	0,0	0,0	0,0	3,2	100,0	130,4	162,8	2,3	0,0	0,0	0,0	3,4	100,1	130,4	162,8	2,3
Sammelgut	4,0	5,1	6,0	2,0	267,1	345,1	423,5	2,2	0,4	0,5	0,6	1,9	271,5	350,7	430,2	2,2
Gutart unbekannt	99,7	129,1	146,4	1,8	52,4	60,2	69,1	1,3	14,2	18,3	21,2	1,9	166,3	207,7	236,7	1,7
Sonstige Güter a.n.g.	1,4	1,6	1,7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	1,6	1,7	0,9
Summe	390,8	403,4	397,9	0,1	3.770	4.159	4.604	1,0	206,8	196,5	181,9	-0,6	4.367	4.759	5.183	0,8

Tabelle 5-12: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)

Quelle: eigene Darstellung

Das aufkommensmäßig höchste absolute Wachstum wird insbesondere bei den Gütergruppen Sammelgut (+158,7 Mio. t), Steine und Erden (+138,3 Mio. t), Sonstige Mineralerzeugnisse (+122,9 Mio. t), Nahrungs- und Futtermittel (+120,5 Mio. t), Post, Pakete (+88,8 Mio. t), Gutart unbekannt (+70,4 Mio. t) zusammen mit Geräte und Material für Güterbeförderung (+40,0 Mio. t) sowie Umzugsgut, sonstige nichtmarktbestimmte Güter (+62,8 Mio. t) auftreten. Die Aufkommen

an Mineralölerzeugnissen (-136,1 Mio. t), Steinkohle (-49,8 Mio. t), Koks (-12,7 Mio. t), Erze (-10,5 Mio. t) und Braunkohle (-6,8 Mio. t) gehen am stärksten zurück.

Von dem Ausstieg aus der Kohleverstromung und den damit verbundenen Rückgang der inländischen Kohlemengen wird insbesondere die Bahn betroffen sein. Hier geht das Aufkommen von 27,3 Mio. t (Steinkohle und Braunkohle) von 2019 bis 2040 vollständig zurück. Bei der Binnenschifffahrt verschwindet das Aufkommen von 23,3 Mio. t (ausschließlich Steinkohle) ebenso komplett. Ebenso werden Verkehre mit Mineralölerzeugnissen bei der Schiene einen Rückgang von -6,9 % p. a. und beim Binnenschiff -4,8 % p. a. verzeichnen.

Der Aufkommenszuwachs der Bahn um 7,2 Mio. t bzw. um 23,2 Mrd. tkm von 2019 bis 2040 konzentriert sich im Wesentlichen auf vier Gütergruppen: Gutart unbekannt, Geräte und Material für Güterbeförderung, sonstige Mineralerzeugnisse und Steine und Erden. Sie machen 75,1 % des Aufkommens- bzw. 73,3 % des Verkehrsleistungszuwachses aus. Bei der Binnenschifffahrt sind es ebenfalls unbekannte Güter (+7,6 Mio. t (mit Geräten und Material für Güterbeförderung)) aber auch Steine und Erden (+8,2 Mio. t) und Chemische Erzeugnisse (+4,0 Mio. t). Diese Gütergruppen machen 66,9 % des Aufkommenszuwachses bzw. 61,5 % des Leistungszuwachses aus.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)	2019	2030	2040	WR in % p. a. (40/19)
Gütergruppen																
Land- und forstwirtsch. Erzeugnisse	2,4	2,5	2,8	0,8	37,2	43,1	46,3	1,0	5,0	5,6	6,0	0,8	44,6	51,1	55,0	1,0
Steinkohle	5,6	3,2	0,0	-100	0,3	0,2	0,0	-100	4,8	2,7	0,0	-100	10,6	6,0	0,0	-100
Braunkohle	0,5	0,0	0,0	-100	0,8	0,9	0,7	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,9	0,7	-3,1
Erdöl und Erdgas	0,6	0,6	0,5	-0,6	0,3	0,2	0,2	-1,0	0,0	0,0	0,0	-9,6	0,9	0,9	0,8	-0,9
Erze	5,9	5,2	4,7	-1,1	0,2	0,2	0,2	0,2	2,8	2,4	2,1	-1,3	8,8	7,7	7,0	-1,1
Düngemittel	0,5	0,5	0,5	0,0	0,4	0,4	0,6	1,8	0,1	0,1	0,1	0,2	1,0	1,0	1,1	0,8
Steine und Erden	6,5	8,8	8,9	1,5	28,6	33,9	36,9	1,2	7,4	8,8	9,6	1,3	42,4	51,5	55,4	1,3
Nahrungs- und Genussmittel	1,3	1,1	1,4	0,4	71,4	89,9	101,7	1,7	2,2	2,6	3,0	1,5	74,9	93,5	106,1	1,7
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	7,4	8,4	1,3	0,0	0,0	0,0	2,6	6,4	7,4	8,5	1,3
Holzwaren, Papier, Papier, Druckerei	4,6	4,6	5,2	0,6	40,8	47,1	53,4	1,3	0,8	0,9	1,0	1,1	46,3	52,6	59,6	1,2
Koks	1,2	0,7	0,0	-25,0	1,0	0,6	0,1	-9,4	0,3	0,2	0,0	-11,4	2,5	1,4	0,1	-12,6
Mineralölerzeugnisse	10,4	7,2	2,8	-6,0	9,2	5,8	2,8	-5,5	9,4	7,2	4,1	-3,9	29,0	20,2	9,7	-5,1
Chemische Erzeugnisse etc	8,3	8,9	9,8	0,8	32,7	37,1	42,1	1,2	6,3	6,5	7,6	0,9	47,2	52,5	59,5	1,1
Sonstige Mineralerzeugnisse	2,4	3,1	3,4	1,7	42,1	53,4	60,3	1,7	1,0	1,3	1,4	1,5	45,5	57,8	65,1	1,7
Metalle und Metall-erzeugnisse	12,2	13,6	14,5	0,8	38,7	44,8	49,3	1,2	3,2	3,4	3,6	0,6	54,1	61,8	67,4	1,1
Maschinen und Ausrüstungen etc	0,3	0,4	0,5	2,0	19,0	23,5	28,6	2,0	0,3	0,4	0,5	2,1	19,6	24,3	29,6	2,0
Fahrzeuge	7,3	8,3	9,2	1,1	26,0	33,2	36,9	1,7	0,5	0,7	0,9	2,4	33,8	42,3	47,0	1,6
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,0	6,7	7,9	8,6	1,2	0,1	0,1	0,1	2,4	6,8	8,0	8,8	1,2
Sekundärrohstoffe, Abfälle	2,5	3,0	2,9	0,6	23,0	27,1	27,9	0,9	2,9	3,4	2,9	0,0	28,5	33,5	33,7	0,8
Post, Pakete	0,0	1,3	2,1		12,8	21,9	30,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	23,2	32,5	4,5
Geräte und Material für Güterbeförd.	3,7	5,1	5,2	1,6	18,7	23,5	27,5	1,8	0,4	0,5	0,6	1,6	22,9	29,1	33,3	1,8
Umzugsgut, sonst. nichtmarkt. Güter	0,0	0,0	0,0	2,9	11,0	15,6	19,2	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	15,6	19,2	2,7
Sammelgut	1,7	2,3	2,7	2,1	57,1	78,9	96,6	2,5	0,3	0,3	0,4	1,9	59,1	81,6	99,6	2,5
Gutart unbekannt	51,0	65,7	74,9	1,8	14,2	16,9	19,9	1,6	3,8	4,9	5,7	1,9	69,1	87,5	100,5	1,8
Sonstige Güter a.n.g.	0,2	0,2	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	1,0
Summe	129,2	146,5	152,4	0,8	498,6	613,3	698,5	1,6	51,6	51,9	49,6	-0,2	679,4	811,7	900,4	1,4

Tabelle 5-13: Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

Quelle: eigene Darstellung

Bei der **Straße** sind es die Gütergruppen Sammelgut (+156,4 Mio. t), Sonstige Mineralerzeugnisse (+117,6 Mio. t), Nahrungs- und Genussmittel (+117,2 Mio. t), Steine und Erden

(+121,1 Mio. t) und Post, Pakete (+84,0 Mio.t). Diese vier Gütergruppen machen 64,8 % des Aufkommens- bzw. 54,8 % des Verkehrsleistungswachstums aus.

Auf die Verkehrsleistung treffen ähnliche Aussagen zu, wie bei der Aufkommensentwicklung.

5.2.1.4 Entwicklung des Güterverkehrs nach Hauptverkehrsbeziehungen

Die Entwicklung des Güterverkehrs in der Differenzierung nach den vier Hauptverkehrsbeziehungen (Binnenverkehr, grenzüberschreitender Versand, grenzüberschreitender Empfang, Transit) ist in der Tabelle 5-14 und Tabelle 5-15 dargestellt.

Das stärkste Verkehrswachstum ist im Transitverkehr zu beobachten, sowohl das Aufkommen (+21,5 %) als auch die Verkehrsleistung (+30,1 %) steigen bis zum Jahr 2040 mit rd. 0,9 % p. a. an, bezüglich des Transportaufkommens auch deutlich stärker als der Binnenverkehr. Der Anteil des Transitverkehrs am gesamten Güterfernverkehr steigt somit von 14,0 % auf 14,5 % bezogen auf das Aufkommen, jedoch sinkt der Anteil an der Gesamtleistung von 21,4 % auf 21,0 % wegen des stärkeren Anstiegs im Binnenverkehr. Zurückzuführen ist dies bzgl. des Aufkommens insbesondere auf die im Vergleich zu Deutschland dynamischere Nachfrageentwicklung in den ost- sowie südosteuropäischen Ländern und die dadurch ansteigenden Verkehre zwischen diesen Staaten und den westeuropäischen Staaten. Das Binnenschiff kann von keiner der Entwicklungen profitieren. Das Aufkommen sinkt sowohl im Binnenverkehr als auch im Transitverkehr um 8,7 % bzw. 4,9 %.

Der Binnenverkehr hat aufkommensmäßig mit 2,9 Mrd. t einen Anteil von 67,4 % (2019) am Gesamtverkehr in Deutschland und schmälert sich bis 2040 auch nur geringfügig auf 67,1 % bei 3,5 Mrd. t. Der Anteil der Binnenverkehrsleistung beträgt mit 303 Mrd. tkm in 2019 44,6 % und erhöht sich bis 2040 auf 46,8 % mit 421,8 Mrd. tkm.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass 47,3 % des Binnenverkehrs aus Steinen, Erden und sonstigen Mineralprodukten sowie Sekundärrohstoffen und Abfällen besteht. Wie oben bereits erwähnt, wirken sich die aufgrund der klimapolitischen Leitlinien angestoßenen Veränderungsprozesse der deutschen Wirtschaft positiv auf die wirtschaftliche Entwicklung sowie auf die Baukonjunktur aus. Davon profitiert insbesondere die Straße, deren Aufkommen in diesen Gütergruppen um 200,8 Mio. t (+0,7 % p. a.) ansteigen wird. Den stärksten Anstieg auf der Straße wird die Gütergruppe Post und Pakete mit 140,2 % bei einer Steigerung von 67 Mio. t verzeichnen.

Ebenso werden die beiden anderen Verkehrsträger an der Entwicklung der Baukonjunktur teilhaben: Das Aufkommen der Schiene wächst in diesen Gütergruppen mit 1,3 % p. a. um 10,6 Mio. t, das der Binnenschifffahrt mit 1,4 % p. a. um 3,4 Mio. t. Zudem wird sich das Aufkommen der fossilen Energieträger, die bisher zu großen Teilen per Bahn und Binnenschiff transportiert wurden, aufgrund der klimapolitischen Veränderungsprozesse stark reduzieren bzw. vollständig zurückgehen. Die Verkehre von Steinkohle, Braunkohle und Koks kommen bei beiden Verkehrsträgern vollständig zum Erliegen, der Transport von Mineralölerzeugnissen sinkt bei beiden um ca. 80 %. Zudem sinkt das Aufkommen der Schiene bei Erdöl und Erdgas um 13,9 % (das Binnenschiff hat hier im Binnenverkehr keine transportierten Mengen im Jahr 2019). In vereinzelter Güterbereichen, wie z. B. im kombinierten Verkehr oder auch bei den Sammelgütern oder der Post und bei Paketen gibt es deutliche Wachstumsschübe, die jedoch die sinkenden Verkehrsaufkommen aus den Energiegütergruppen nur zu einem kleinen Teil kompensieren können. Das Aufkommen bei der Schiene sinkt somit um 7,0 % und beim Binnenschiff um 8,7 %.

Der grenzüberschreitende Verkehr (Summe aus Transitverkehr, grenzüberschreitenden Versand und Empfang) wächst mit 20,1 % beim Aufkommen (von 1,4 auf 1,7 Mrd. t) und 27,2 % bei der Leistung (von 376,2 auf 478,6 Mrd. tkm). Damit entfallen knapp 35,0 % des gesamten Aufkommens- und 46,3 % des gesamten Leistungszuwachses im Güterverkehr auf dieses Verkehrsegment. Der Anteil des grenzüberschreitenden Verkehrs am Transportaufkommen wird sich bis zum Jahr 2040 nur geringfügig von 32,6 % auf 32,9 % erhöhen, der Anteil an der Transportleistung sinkt hingegen von 55,4 % auf 53,2 %. Ursächlich für diesen Rückgang der grenzüberschreitenden kontinentalen Verkehre ist die Abnahme bzw. unterproportionale Entwicklung des Außenhandels mit europäischen Relationen im Vergleich zu Überseerelationen. Ein Grund hierfür ist nicht nur die weiter zunehmende internationale Arbeitsteilung, der Anstieg der inländischen Faktor- und Rohstoffkosten sowie Sättigungstendenzen im Inlandsverbrauch, sondern auch der

starke Rückgang der Energieverkehre, die sehr stark auf westeuropäischen Relationen konzentriert waren. Zudem entwickelt sich der Straßenbinnenverkehr bzgl. der Transportleistung (+46,2 %) sehr günstig, welcher deutliche Zuwächse beim Transport von Nahrungs- und Genussmitteln, sonstigen Mineralerzeugnissen, Post und Paketen und Sammelgütern (alle vier Gütergruppen +66,4 %) zu verzeichnen hat.

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040	
				insgesamt in %	in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	238,0	233,1	221,3	-7,0%	-0,3%
grenzüb. Versand	56,5	65,0	67,5	19,4%	0,8%
grenzüb. Empfang	61,2	65,1	66,5	8,7%	0,4%
Durchgangsverkehr	35,1	40,1	42,6	21,3%	0,9%
Summe	390,8	403,4	397,9	1,8%	0,1%
Straße					
Binnenverkehr	2.665,0	2.930,9	3.215,5	20,7%	0,9%
grenzüb. Versand	285,8	320,6	354,5	24,0%	1,0%
grenzüb. Empfang	275,5	313,2	364,4	32,3%	1,3%
Durchgangsverkehr	543,4	594,6	669,1	23,1%	1,0%
Summe	3.769,7	4.159,4	4.603,5	22,1%	1,0%
Binnenschiff					
Binnenverkehr	42,3	42,0	38,6	-8,7%	-0,4%
grenzüb. Versand	45,3	45,9	45,3	0,1%	0,0%
grenzüb. Empfang	85,9	74,8	66,2	-22,9%	-1,2%
Durchgangsverkehr	33,4	33,7	31,8	-4,9%	-0,2%
Summe	206,8	196,5	181,9	-12,1%	-0,6%
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	2.945,3	3.206,0	3.475,5	18,0%	0,8%
grenzüb. Versand	387,6	431,6	467,3	20,6%	0,9%
grenzüb. Empfang	422,5	453,1	497,0	17,6%	0,8%
Durchgangsverkehr	611,9	668,4	743,5	21,5%	0,9%
Summe	4.367,3	4.759,2	5.183,3	18,7%	0,8%

Tabelle 5-14: Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) im Bezugsszenario

Quelle: eigene Darstellung

Innerhalb des grenzüberschreitenden Verkehrs wächst der Transitverkehr am stärksten, sowohl Aufkommen (+21,5 %) als auch Leistung (+30,1 %) steigen bis zum Jahr 2040 stärker als die anderen Verkehrsbeziehungen. Zurückzuführen ist dies insbesondere auf die im Vergleich zu Deutschland dynamischere Nachfrageentwicklung in den ost- sowie südosteuropäischen Ländern und der dadurch ansteigenden Verkehre zwischen diesen Staaten und den westeuropäischen Staaten. Der Anteil des Transitverkehrs am gesamten Güterfernverkehr steigt somit in geringem Maße von 14,0 % auf 14,3 % bezogen auf das Aufkommen und sinkt von 21,4 % auf 21,0 % bezogen auf die Leistung.

Das Transportaufkommen wächst im **grenzüberschreitenden Versand etwas stärker als im grenzüberschreitenden Empfang**, die Transportleistung steigt bei beiden in etwa gleich stark. So steigt im grenzüberschreitenden Versand das Aufkommen um 20,6 % und die Leistung um 25,3 %, im grenzüberschreitenden Empfang jedoch das Aufkommen nur um 17,6 % und die Leistung um 25,5 %.

Die Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern ist in Tabelle 5-16 dargestellt. Für jedes Bundesland ist jeweils die Summe aus Versand- und Empfangsaufkommen dargestellt. Wenn man die aufgeführten Werte addiert, erhält man die Summe aus dem Versand und Empfang zwischen verschiedenen Kreisen Deutschlands (interzonaler Verkehr) plus dem

Doppelten des Güterverkehrs innerhalb der einzelnen Kreise (intrazonaler Verkehr), da der intrazonale Verkehr einmal vom entsprechenden Kreis empfangen und einmal versendet wird. Dementsprechend wurde der intrazonale Verkehr für diese Darstellung der Summe zur Hälfte wieder abgezogen, sodass er nur einfach gewertet wird.

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040 insgesamt in %	Veränderung 2019-2040 in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	56,4	64,4	64,3	14,0 %	0,6 %
grenzüb. Versand	28,7	32,9	34,7	21,0 %	0,9 %
grenzüb. Empfang	27,5	30,1	32,4	17,8 %	0,8 %
Durchgangsverkehr	16,5	19,0	20,9	26,3 %	1,1 %
Summe	129,2	146,5	152,4	18,0 %	0,8 %
Straße					
Binnenverkehr	239,0	310,5	349,3	46,2 %	1,8 %
grenzüb. Versand	73,9	85,6	96,5	30,5 %	1,3 %
grenzüb. Empfang	74,2	87,4	101,7	37,0 %	1,5 %
Durchgangsverkehr	111,5	129,7	151,1	35,4 %	1,5 %
Summe	498,6	613,3	698,5	40,1 %	1,6 %
Binnenschiff					
Binnenverkehr	7,8	8,7	8,2	5,3 %	0,2 %
grenzüb. Versand	10,6	11,1	10,7	0,7 %	0,0 %
grenzüb. Empfang	16,3	14,9	13,9	-14,4 %	-0,7 %
Durchgangsverkehr	17,0	17,3	16,8	-1,2 %	-0,1 %
Summe	51,6	51,9	49,6	-4,0 %	-0,2 %
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	303,2	383,6	421,8	39,1 %	1,6 %
grenzüb. Versand	113,2	129,6	141,8	25,3 %	1,1 %
grenzüb. Empfang	118,0	132,5	148,0	25,5 %	1,1 %
Durchgangsverkehr	145,1	166,0	188,7	30,1 %	1,3 %
Summe	679,4	811,7	900,4	32,5 %	1,4 %

Tabelle 5-15: Entwicklung der Transportleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)

Quelle: eigene Darstellung

Von allen Bundesländern wächst der Güterverkehr bedingt durch den Seehafenumschlag am stärksten in den Hafenstädten Hamburg und Bremen. Zudem weist Hessen ein ebenso starkes Wachstum auf, welches v.a. durch Steigerungen im Straßengüterverkehr bedingt ist. Aufgrund der geographischen Lage ist hier eine besonders starke Konzentration von Logistiklagern und den damit verbundenen Verkehren zu beobachten. Aufgrund der im Ausgangszustand großen Bedeutung von Massengütern, die sich nur unterproportional entwickeln bzw. sogar regional teilweise zurückgehen können, sinken die Güterverkehre der Länder Sachsen-Anhalts und des Saarlandes.

Der Wachstumsvorsprung der Hafenstädte zeigt sich bei Bahn und Straße noch ausgeprägter als im Gesamtdurchschnitt. Die große Bedeutung Nordrhein-Westfalens für Bahn und Binnenschiff wird deutlich. Die Bahn wickelt ein gutes Fünftel ihres Aufkommens in Deutschland in Nordrhein-Westfalen ab, das Binnenschiff sogar knapp die Hälfte, bei der Straße kommt etwa ein Fünftel des Aufkommens aus Nordrhein-Westfalen. Das Bahnaufkommen in den von Mineralöl- und Montangütern geprägten Ländern Saarland, Nordrhein-Westfalen und Sachsen-Anhalt geht zurück. Zudem weist Nordrhein-Westfalen nur ein unterdurchschnittliches Wachstum der für die Bauindustrie wichtigen Gütergruppen Steine und Erden, sonstige Mineralerzeugnisse sowie Sekundärrohstoffe und Abfälle auf, sodass Nordrhein-Westfalen nur ein Wachstum von 0,7 % p. a. und damit nach dem Saarland und Sachsen-Anhalt am langsamsten wächst. Insbesondere der Binnenschiffsverkehr wird in Nordrhein-Westfalen um 23,8 Mio. t (-1,2 % p. a.) zurückgehen, was 72,8 % des gesamten Aufkommensrückgangs des Binnenschiffes in Deutschland ausmacht.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.
Bundesländer																
Schleswig-Holstein	6,7	8,3	8,6	1,2%	144,7	165,9	183,7	1,1%	4,1	3,2	2,4	-2,5%	155,5	177,5	194,7	1,1%
Hamburg	56,5	64,1	64,7	0,6%	113,1	134,8	158,0	1,6%	8,7	7,6	6,3	-1,6%	178,4	206,5	228,9	1,2%
Niedersachsen	69,6	67,2	62,0	-0,5%	493,0	559,4	617,8	1,1%	20,0	20,5	19,9	0,0%	582,6	647,1	699,8	0,9%
Bremen	21,0	24,3	27,5	1,3%	56,3	66,4	72,0	1,2%	3,4	3,7	3,7	0,5%	80,7	94,3	103,1	1,2%
Nordrhein-Westfalen	101,2	107,4	108,0	0,3%	822,8	911,0	1.000,6	0,9%	107,1	95,1	83,3	-1,2%	1.031,1	1.113,5	1.191,8	0,7%
Hessen	18,5	19,1	19,4	0,2%	301,8	352,9	397,6	1,3%	12,2	12,5	11,8	-0,2%	332,6	384,4	428,8	1,2%
Rheinland-Pfalz	17,4	20,8	22,1	1,1%	263,5	297,2	326,1	1,0%	23,0	24,9	25,3	0,5%	303,9	342,9	373,5	1,0%
Baden-Württemberg	32,1	36,8	36,1	0,6%	560,9	640,2	715,5	1,2%	27,9	28,3	24,8	-0,6%	621,0	705,2	776,4	1,1%
Bayern	49,2	54,4	53,6	0,4%	742,8	851,9	951,0	1,2%	7,0	7,8	7,9	0,6%	799,1	914,0	1.012,5	1,1%
Saarland	15,5	14,0	11,9	-1,2%	51,6	56,4	60,2	0,7%	3,0	2,5	2,0	-2,0%	70,1	72,9	74,1	0,3%
Berlin	6,5	6,6	6,5	0,0%	59,9	68,9	77,5	1,2%	1,8	1,8	1,8	-0,1%	68,2	77,4	85,8	1,1%
Brandenburg	32,1	34,3	32,6	0,1%	186,6	216,6	242,7	1,3%	2,4	3,1	3,3	1,4%	221,1	253,9	278,6	1,1%
Mecklenburg-Vorpommern	8,7	10,2	10,5	0,9%	99,7	113,5	124,3	1,1%	0,0	0,0	0,0	1,2%	108,4	123,7	134,8	1,0%
Sachsen	27,4	31,4	31,3	0,6%	211,3	236,2	260,1	1,0%	0,0	0,1	0,1	1,5%	238,8	267,6	291,5	1,0%
Sachsen-Anhalt	51,5	43,3	36,9	-1,6%	188,8	209,0	226,2	0,9%	6,1	6,7	7,0	0,7%	246,4	259,0	270,2	0,4%
Thüringen	7,6	8,3	8,2	0,4%	134,9	153,7	169,4	1,1%	0,0	0,0	0,0	0,0%	142,6	162,0	177,7	1,1%
Summe	521,4	550,4	539,9	0,2%	4.432,0	5.033,9	5.582,8	1,1%	226,9	217,7	199,5	-0,6%	5.180,3	5.802,0	6.322,2	1,0%

Tabelle 5-16: Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t) im Bezugsszenario

Quelle: eigene Darstellung

Wegen der Netzcharakteristik gibt es in Sachsen nur wenig, in Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen (fast) kein Binnenschiffs-Aufkommen. In 9 von 16 Bundesländern sinkt das Aufkommen per Binnenschiff. Das höchste Wachstum liegt in Brandenburg mit 1,4 % p. a. vor, jedoch auf niedrigem Niveau. Hier verkehrten 2019 wenige bzw. keine Mengen an Mineralöl- und Montangütern, es wird aber ein Anstieg der für die Bauindustrie wichtigen Gütergruppen Steine und Erden, sonstige Mineralerzeugnisse sowie Sekundärrohstoffe und Abfälle erwartet.

Bei der Straße wird in allen Bundesländern ein Wachstum von ca. 1 % p. a. erwartet. Hamburg profitiert als Seehafen besonders und weist ein Wachstum von 1,6 % p. a. auf.

5.2.2 Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg

Für Baden-Württemberg liegen die Verkehre auf Ebene der Verkehrszellen vor. Die Entwicklung des Gesamtgüterverkehrs kann Abbildung 5-9 entnommen werden; hier wird dargestellt, dass der Güterverkehr insbesondere um die Industrieballungsräume und hierbei um solche mit einer Konzentration im Maschinen- und Fahrzeugbereich stark ansteigt. In fast allen Verkehrszellen ist ein deutlicher Anstieg des Güterverkehrsaufkommens zu beobachten, lediglich im Karlsruher Raum sind bedingt durch die zurückgehende Raffinerieproduktion Verkehrsrückgänge zu erwarten. Eine verkehrsträgerbezogene Darstellung des Verkehrsaufkommens nach Verkehrszellen ermöglicht auch Anhang C-1- 1.

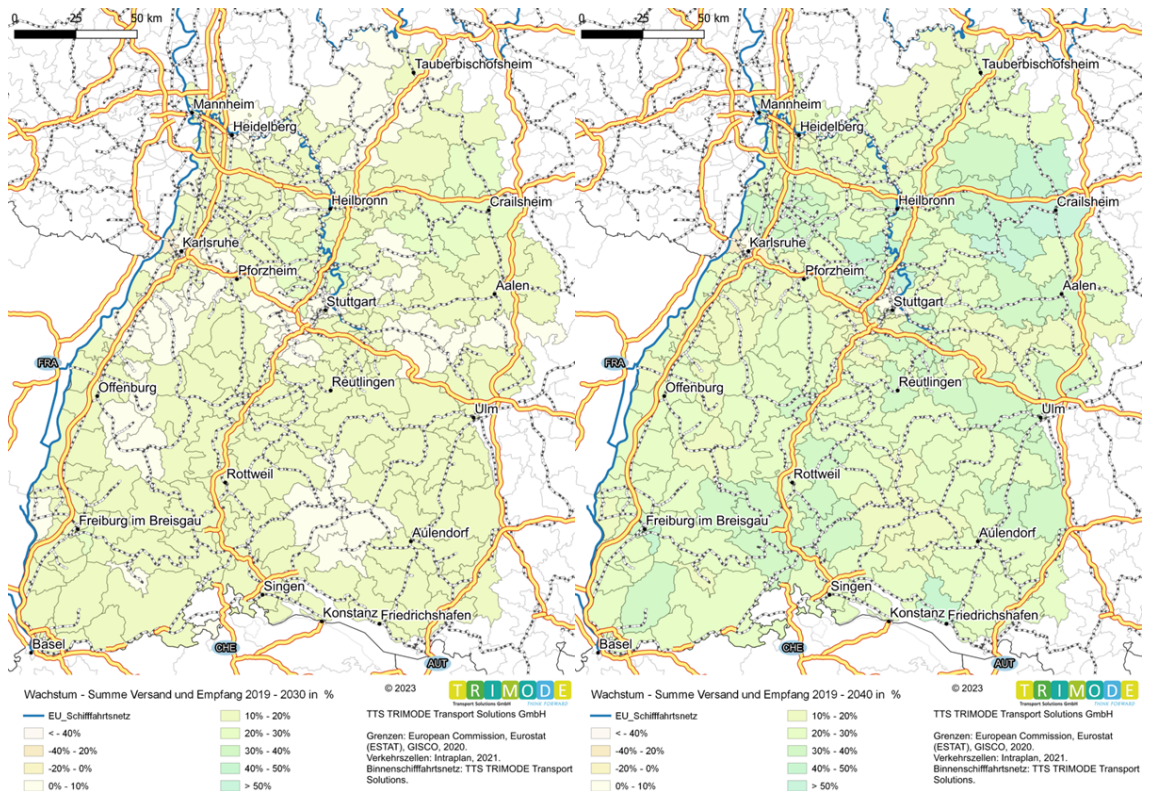


Abbildung 5-9: Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen in Baden-Württemberg (2019-2030 sowie 2019-2040 in %)

Quelle: eigene Darstellung

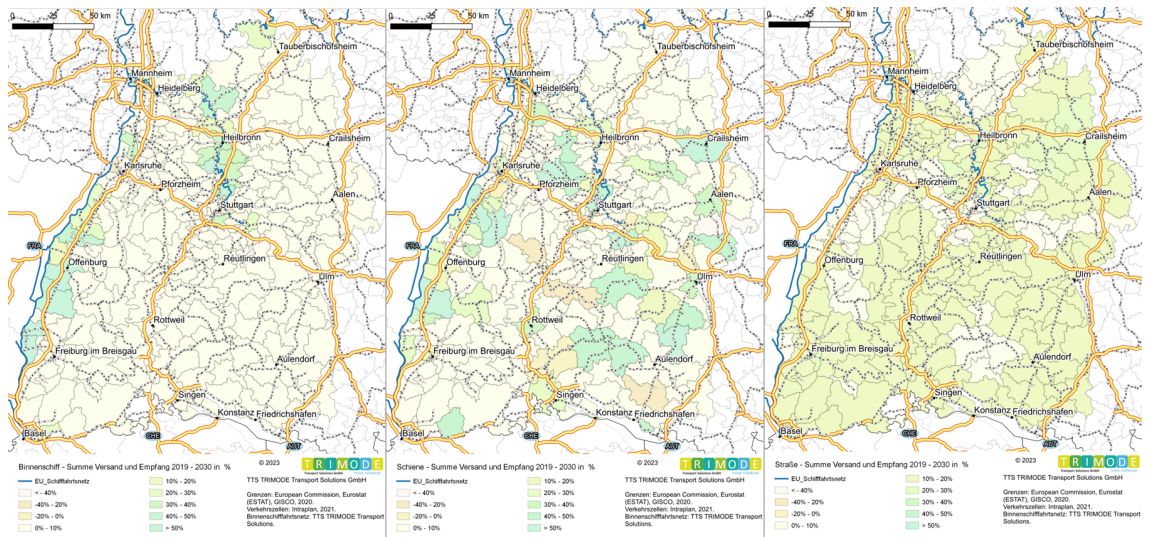


Abbildung 5-10: Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen und nach Verkehrsträgern in Baden-Württemberg (2019-2030 in %) im Bezugsszenario

Quelle: eigene Darstellung

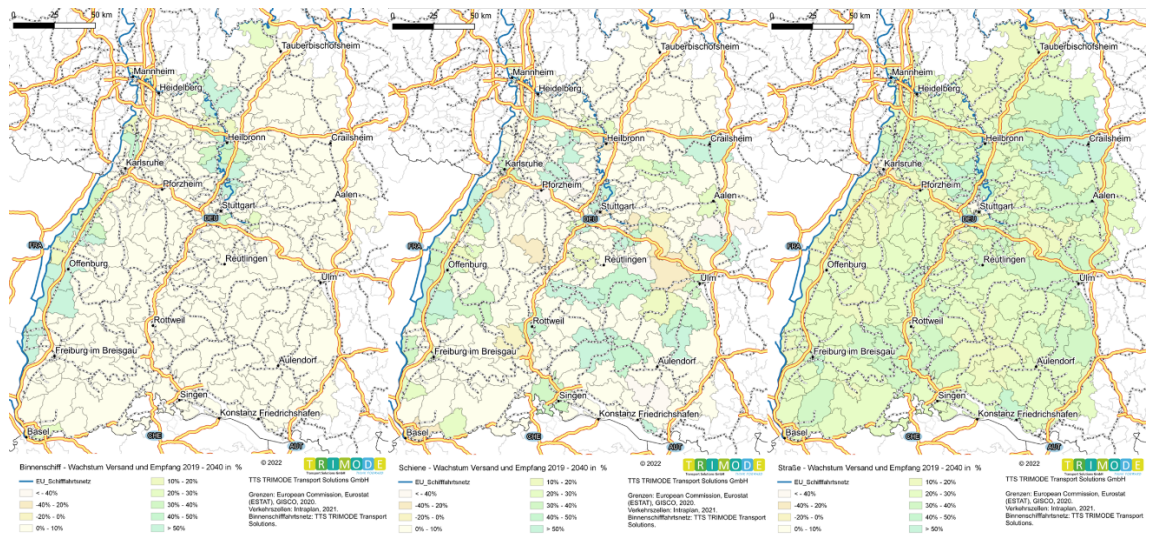


Abbildung 5-11: Güterverkehrswachstum nach Verkehrszellen und nach Verkehrsträgern in Baden-Württemberg (2019-2040 in %) im Bezugsszenario

Quelle: eigene Darstellung

	2019	2030	2040	Wachstum in %
Verkehrsaufkommen in 1.000 Tonnen				
Schiene	71.148,8	83.258,6	86.011,7	20,9
Wasserstraße	50.575,6	52.141,1	49.242,2	-2,6
Straße	705.734,3	819.254,2	920.396,1	30,4
Summe	827.458,7	954.654,0	1.055.650,0	27,6
davon Durchgangsverkehr	253.264,5	295.405,5	329.795,2	30,2
Verkehrsleistung innerhalb BW in Mio. tkm				
Schiene	12.363,3	15.248,5	16.719,0	35,2
Wasserstraße	6.029,0	6.437,0	6.327,5	5,0
Straße	65.082,5	76.865,0	86.814,0	33,4
Summe	83.474,8	98.550,4	109.860,5	31,6
davon Durchgangsverkehr	36.673,1	41.960,0	47.987,5	30,9
Fahrleistung (Zug-, Lkw oder Binnenschiffs-km) innerhalb BW in 1.000 km				
Schiene	22.318,0	28.657,0	31.464,0	41,0
Wasserstraße	2.771,8	2.804,3	2.759,8	-0,4
Straße	5.919.000,0	7.008.000,0	7.962.000,0	34,5
Summe	5.944.089,8	7.039.461,3	7.996.223,8	34,5
davon Durchgangsverkehr	1.857.125,3	2.106.627,0	2.393.835,6	28,9

Tabelle 5-17: Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern im Bezugsszenario

Quelle: eigene Darstellung

Tabelle 5-17 zeigt die Ergebnisse zur Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens, der Verkehrs- und Fahrleistung nach Verkehrsträgern in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2040. Dieses besteht nicht nur aus dem Verkehrsaufkommen der Verkehrszellen in Baden-Württemberg, sondern auch aus dem Verkehr, der zwischen anderen deutschen und ausländischen Regionen über baden-württembergischen Gebiet, dem sog. Durchgangsverkehr, umgesetzt wird. Für die Darstellung wurde jeweils die Summe aus Empfangs- und Versandaufkommen der jeweiligen Verkehrszellen gebildet, wobei intrazonale Verkehre sowie Verkehre zwischen Verkehrszellen in Baden-Württemberg nur einmal gezählt wurden. Bei der Verkehrsleistung (tkm) und der Transportleistung (Zug-, Lkw- oder Schiffs-km) handelt es sich ausschließlich um denjenigen Anteil des Transportes, der über baden-württembergischem Territorium umgesetzt wird. Die Tabelle gibt eine komprimierte Übersicht über die Entwicklung des Verkehrsaufkommens in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern bis zum Jahr 2040. Eine detaillierte Darstellung nach Kreisen und Verkehrsträgern kann dem Anhang C-3-1 entnommen werden.

Insgesamt wächst das Güterverkehrsverkehrsaufkommen auf baden-württembergischen Gebiet um rd. 28 % und um 32 % bei der Verkehrsleistung. Am stärksten wächst beim Verkehrsaufkommen der Straßenverkehr (+30 %), gefolgt von der Schiene (+21 %). Bei der Verkehrsleistung wächst jedoch die Schiene mit 35 % leicht stärker als der Straßenverkehr (+33 %). Das Aufkommen der Binnenschifffahrt sinkt um rd. 3 % bis 2040, weist jedoch bei der Verkehrsleistung ein Wachstum von rd. 5 % auf. Die Transportleistung wächst mit rd. 45 % deutlich stärker als die Verkehrsleistung in tkm; dies lässt darauf schließen, dass regionale Verkehre stärker zunehmen als Fernverkehre.

Durchgangsverkehre machen einen Anteil von rund 30 % (2019) am gesamten Verkehrsaufkommen in Baden-Württemberg aus und entwickeln sich aufkommensmäßig leicht stärker als das Gesamtverkehrsaufkommen. Bei der Verkehrsleistung liegt ihr Anteil sogar bei rd. 44 %. Die Fahrleistung der Durchgangsverkehre entwickelt sich jedoch unterproportional, sodass der Anteil von 31 % (2019) auf rund 28 % (2040) abnimmt.

5.3 Energieverbrauch und Emissionen

5.3.1 THG-Emissionen im Jahr 2019

Die THG-Emissionen des Jahres 2019 wurden zunächst über die Kette Verkehrsleistungen – Fahr-/Betriebsleistungen – Endenergieverbrauch – THG-Emissionen berechnet. Anschließend wurden sowohl die Jahresfahrleistungen als auch die (direkten) THG-Emissionen des Straßenverkehrs, der hier dominierenden Verkehrsart, auf die vom Statistischen Landesamt ausgewiesenen Ergebnisse abgestimmt, die im Folgenden dargestellt sind.

	Jahr	Fahrleistungen [Mrd. km]	davon [Mrd. km]				
			Diesel- Pkw	Otto- Pkw	Leichte Nutzfahrz. ⁶⁷	Schwere Nutzfahrz.	Krafträder und Busse
StaLa	1990	75,463	11,588	54,486	2,261	4,935	2,193
	2010	88,734	33,924	42,958	3,976	5,934	1,942
	2011	91,040	35,672	43,128	4,104	6,156	1,981
	2012	90,775	36,570	42,070	4,169	5,970	1,997
	2013	91,239	37,791	41,182	4,242	6,004	2,019
	2014	93,228	39,543	41,132	4,377	6,118	2,058
	2015	92,898	39,492	39,460	5,903	6,268	1,774
	2016	94,328	40,487	39,505	6,139	6,391	1,806
	2017	94,541	40,022	39,761	6,415	6,517	1,827
	2018	95,130	39,415	40,551	6,697	6,617	1,850
	2019	95,270	38,494	41,405	6,948	6,561	1,862
Projekt	2019	95,270*	36,194	41,932	7,590	5,919	1,862

Tabelle 5-18: Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr seit 2010 nach Fahrzeugarten in Baden-Württemberg

*inkl. weitere Antriebsarten bei der Pkw-Verkehrsleistung, neben Diesel und Otto
Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, eigene Berechnungen

Diese abgestimmten Werte bildeten dann die Grundlage für die prognostischen Arbeiten. Im Detail wurden zwei kleinere Modifikationen vorgenommen:

- » In den StaLa-Werten besteht die Pkw-Fahrleistung nur aus Otto- und Diesel-Pkw. Da aber in der Realität bundesweit im Jahr 2019 rund 2 %, absolut 1,773 Mrd. km, auf andere Antriebsarten entfielen (2019 noch vor allem Flüssiggas und Non-Plugin-Hybride, weniger BEV und

⁶⁷in der StaLa-Definition Lkw unter 3,5 t zGG

PHEV), haben wir die Werte für Baden-Württemberg entsprechend modifiziert.⁶⁸ Die gesamte Pkw-Fahrleistung entspricht dem StaLa-Wert (79,9 Mrd. Fzkm).

- » Die Abgrenzung SNF/LNF in den StaLa-Werten erfolgte nach 3,5 t Gesamtgewicht. Sie wurden auf unsere Abgrenzung (3,5 t Nutzlast, vgl. Abschnitt 2.3.1 und 4.3.4) umgeschlüsselt.

Jahr		CO ₂ -Emissionen des Straßenverkehrs [Mio t]					
		gesamt	Personenverkehr		Güterverkehr		
			Diesel-Pkw	Otto-Pkw	Busse und Krafträder	Schwere Nutzfahrz.	Leichte Nutzfahrz.
StaLa	1990	19,597	2,269	11,717	0,885	4,075	0,652
	2010	19,918	5,795	8,001	0,607	4,582	0,932
	2011	20,557	6,044	8,009	0,640	4,892	0,972
	2012	20,364	6,171	7,527	0,652	5,006	1,008
	2013	20,840	6,365	7,527	0,679	5,222	1,046
	2014	21,163	6,645	7,535	0,687	5,220	1,076
	2015	21,636	6,625	7,423	0,665	5,427	1,496
	2016	22,134	6,791	7,439	0,688	5,638	1,578
	2017	22,355	6,729	7,449	0,707	5,813	1,657
	2018	21,638	6,617	7,260	0,666	5,438	1,656
	2019	21,861	6,485	7,312	0,687	5,638	1,740
Projekt	2019	21,80	6,24	7,28	0,69	5,64	1,74

Tabelle 5-19: Energiebedingte CO₂-Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg seit 2010 nach Fahrzeugarten

Quelle: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, eigene Berechnungen

5.3.2 THG-Emissionen nach Verkehrsträgern

5.3.2.1 Pkw-Verkehr

Die künftige Entwicklung des Pkw-Bestands und der Verkehrsleistung wurde in den vorangegangenen Abschnitten bereits beschrieben. Für die **Fahrleistung** der Pkw haben wir die gleiche Veränderung angesetzt wie für die Verkehrsleistung. Denn bei der Größe „Durchschnittliche Besetzung“ (in Pkm/Fzkm) gibt es Faktoren, die für einen Anstieg sprechen, z. B. die Fahrtzweckverschiebung hin zu höher besetzten Fahrten (Urlaubs-, Privatverkehr). Andererseits führt die steigende Pkw-Dichte (unter sonst gleichen Umständen) zu einem Rückgang des Besetzungsgrads. Saldiert haben wir eine Konstanz angenommen, was auch der Entwicklung im letzten Jahrzehnt entspricht.

Die sich errechnende Veränderung der durchschnittlichen Fahrleistung pro Pkw haben wir auf alle **Antriebsarten** gesetzt. Somit bleibt das Verhältnis dieser Größe zwischen den Arten, d. h. insbesondere die bekanntermaßen überdurchschnittliche Fahrleistung von Diesel-Pkw, konstant. Daraus folgt, dass die Fahrleistung der Verbrenner bis 2030 um immerhin 10 Prozentpunkte stärker sinkt als deren Bestand.

Während die gesamte Pkw-Fahrleistung im gesamten Prognosezeitraum also annähernd stagniert, sinkt der **Endenergieverbrauch** erheblich, nämlich um 26 % (2030) bzw. 56 % (2040). Die Gründe liegen in den überall sinkenden Durchschnittsverbräuchen, aber auch in der Strukturverschiebung zu den energieeffizienteren BEV.

Die **direkten CO₂-Emissionen** vermindern sich nochmals stärker als der Endenergieverbrauch, weil der (stark steigende) Verkehr mit BEV hier nicht enthalten ist.

⁶⁸ Konkret haben wir die bundesdeutsche Struktur der Fahrleistung verwendet. Denn der StaLa-Wert für die Diesel-Pkw führt zu einem Anteil dieser Fahrzeuge an der gesamten Fahrleistung in Höhe von 48,2 %, während es in Deutschland laut DLR-Fahrleistungsrechnung lediglich 45,3 % waren. Bei Bestandsanteilen von 32,6 % und 31,7 % wäre diese hohe Abweichung nicht sehr plausibel.

Die **gesamten CO₂-Emissionen** reduzieren sich annähernd im gleichen Ausmaß wie die direkten Emissionen. Hier ist der Verkehr der BEV zwar enthalten, jedoch wird deren Mitbilanzierung durch die stark sinkende THG-Quote der Stromerzeugung ausgeglichen.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Pkw-Dichte (Pkw/1000 EW)	606	642	669	6	11
Pkw-Bestand (Mio.)	6,72	7,30	7,63	9	13
darunter:					
- Verbrennungsmotor	6,68	5,47	2,49	-18	-63
- PHEV	0,02	0,60	0,40	3042	2009
- BEV (inkl. FCV)	0,03	1,23	4,74	4585	18013
Anteil Verbrenn. (%)	99	75	33	-24	-67
Verkehrsleistung MIV (Mrd. Pkm)	123,1	120,1	126,5	-2	3
Fahrleistung Pkw (Mrd. Fzkm)	79,9	77,9	82,1	-2	3
darunter:					
- Verbrennungsmotor	79,5	57,5	25,1	-28	-68
- PHEV (fossil und elektrisch)	0,17	6,24	3,99	3509	2207
- BEV (inkl. FCV)	0,25	14,18	52,96	5609	21224
Anteil Verbrenner (%)	99	74	31	-26	-69
Energieverbrauch (PJ)	196,5	151,8	91,1	-23	-54
- Ottomotor	103,4	68,6	27,7	-34	-73
- Dieselmotor	89,8	54,1	21,3	-40	-76
- Gasantrieb (Flüssig- u. Erdgas)	1,3	1,2	1,0	-6	-24
- Hybridantrieb (Otto und Diesel)	1,6	11,3	6,4	596	292
- PHEV fossil	0,2	4,9	3,0	2718	1607
- PHEV elektr.	0,1	2,7	1,6	4637	2719
- BEV	0,2	8,4	28,8	5245	18148
- FCV	0,0	0,5	1,2	2564	6003
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	13,74	9,70	4,11	-29	-70
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)	16,35	12,58	5,69	-23	-65

Tabelle 5-20: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs in Baden-Württemberg

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

5.3.2.2 Lkw-Verkehr

Die künftige Entwicklung der Verkehrsleistung der SNF (einschließlich Sattelzugmaschinen) wurde bei der Güterverkehrsprognose bereits beschrieben. Die **Fahrleistung** der SNF und SZM wurde der Umlegung entnommen. Die Abweichung zu den Veränderungsraten der Verkehrsleistung ist sehr gering. Das Wachstum beider Größen ist zum Teil auf die Zunahme der mittleren Transportweiten zurückzuführen.

Die sich errechnende Veränderung der durchschnittlichen Fahrleistung pro Fahrzeug haben wir auf alle **Antriebsarten** angesetzt. Daraus und aus dem erheblich sinkenden Bestand der Diesel-SNF und -SZM folgt, dass deren Fahrleistung schon bis 2030 und vor allem danach erheblich abnimmt.

Die Fahrleistung der **LNF** entwickelt sich, anders als im (statistisch erfassten) Straßengüterverkehr, proportional zum Bestand, für den zuverlässige Daten aus der KBA-Statistik vorliegen. Der Anstieg (beider Größen) mag auf den ersten Blick erheblich wirken, jedoch ist hier eine spürbare Verringerung der Dynamik im Vergleich zur jüngeren Vergangenheit unterstellt. Allerdings wird die Fahrleistung der Verbrenner (hier Otto und Diesel) nach 2030 sinken.

Auch hier liegt der Anstieg des **Energieverbrauchs** klar unter dem der Lkw-Fahrleistung (Summe SNF und LNF), vor allem nach 2030. Die Gründe sind die gleichen wie beim Pkw-Verkehr.

Die **direkten CO₂-Emissionen** vermindern sich nochmals stärker als der Endenergieverbrauch, weil der (stark steigende) Verkehr mit nicht-fossilen Lkw hier nicht enthalten ist.

Die **gesamten CO₂-Emissionen** reduzieren sich annähernd im gleichen Ausmaß wie die direkten Emissionen, erneut aus den gleichen Gründen wie bei Pkw.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
SNF u. SZM Transportleistung (Mrd. tkm)	65,1	76,9	86,8	18	33
SNF u. SZM Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	5,92	7,01	7,96	18	35
- Diesel	5,92	6,01	2,02	1	-66
- BEV	0,00	0,94	4,87	-	-
- H2	0,00	0,06	1,07	-	-
LNF Bestand (Mio. Kfz)	0,36	0,51	0,69	42	91
LNF Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	7,59	10,77	14,47	42	91
- Verbrennungsmotor	7,53	9,30	4,78	23	-36
- BEV	0,06	1,41	9,47	-	-
- H2	0,00	0,06	0,22	-	-
Summe (SNF u. SZM +LNF)					
Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	13,51	17,78	22,44	32	66
Energieverbrauch (PJ)	105,4	117,4	127,4	11	21
- SNF u. SZM	74,0	77,9	82,5	5	12
- - Diesel	74,0	72,9	34,4		
- - BEV	0,0	4,4	32,2		
- - H2	0,0	0,6	15,9		
- LNF	31,4	39,5	44,9	26	43
- - Verbrennungsmotor	31,3	37,7	27,3		
- - - Otto	1,3	1,7	1,2		
- - - Diesel	30	36,1	26,1		
- - BEV	0,1	1,7	17,1		
- - H2	0,0	0,1	0,5		
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	7,38	7,30	2,67	-1	64
- SNF u. SZM	5,64	5,30	1,70	-6	-70
- LNF	1,74	1,99	0,98	15	-44
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)	9,50	10,04	4,64	6	-51
- SNF u. SZM	7,25	7,35	3,14	1	-57
- LNF	2,24	2,69	1,50	20	-33

Tabelle 5-21: CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs in Baden-Württemberg

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

5.3.2.3 Schienenverkehr

Auch hier wurden die Verkehrsleistungen des Schienenpersonen- und des -güterverkehrs bereits vorgestellt. Die **Betriebsleistung** wird im Personenverkehr im gleichen Ausmaß steigen, weil es keine Gründe für eine Veränderung der (prozentualen) Auslastung gibt. Im Güterverkehr wird sie dagegen spürbar stärker wachsen als die Transportleistung. Hier schlägt der Güterstruktureffekt, weg von schweren Massengütern, durch, weshalb die Beladung, gemessen in tkm/Zugkm, sinkt.

Die **direkten Emissionen** sind im Schienenverkehr sehr gering, weil sie nur die Dieseltraktion enthalten, die zudem gegen Null konvergiert. Die **gesamten** Emissionen sind um den Faktor 10 höher und nehmen stark ab, was durch die THG-Intensität der Stromerzeugung zustande kommt.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleist. Personenverkehr (Mrd. Pkm)	12,8	16,2	17,3	26	35
Transportleistung Güterverkehr (Mrd. tkm)	12,4	15,2	16,7	23	35
Betriebsleistungen (Mio. Zugkm)	162,2	205,0	220,7	26	36
- Personenverkehr	139,9	176,3	189,2	26	35
- Güterverkehr	22,3	28,7	31,5	28	41
Energieverbrauch (PJ)	6,240	6,909	6,829	11	9
- Personenverkehr	5,381	5,943	5,855	10	9
- Güterverkehr	0,859	0,966	0,974	13	13
- Strom	4,886	5,843	5,983	20	22
- Diesel	1,354	1,066	0,846	-21	-38
Direkte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,100	0,079	0,063	-21	-38
- Personenverkehr	0,086	0,068	0,054	-21	-38
- Güterverkehr	0,014	0,011	0,009	-20	-35
Gesamte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,664	0,612	0,216	-8	-67
- Personenverkehr	0,573	0,526	0,185	-8	-68
- Güterverkehr	0,091	0,086	0,031	-6	-66

Tabelle 5-22: CO₂-Emissionen des Schienenverkehrs in Baden-Württemberg

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

5.3.2.4 Luftverkehr

Die verschiedenen Definitionen der Emissionen des Luftverkehrs wurden bereits dargestellt (vgl. Abschnitt 2.4). Der für das Monitoring nach dem Kyoto- und dem Paris-Abkommen relevante innerdeutsche Verkehr wird im gesamten Prognosezeitraum kaum, der nach dem Standortprinzip dagegen weiterhin spürbar steigen.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleistung (Mrd. Pkm)					
- Territorial (über Baden-Württemberg)	0,98	1,04	1,16	6	19
-- Innerdeutscher Verkehr	0,17	0,16	0,17	-5	2
-- Auslandsverkehr	0,81	0,88	0,99	8	22
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	30,5	32,8	37,3	7	22
-- Innerdeutscher Verkehr abgehend	1,2	1,2	1,2	-5	3
-- Auslandsverkehr abgehend	29,3	31,6	36,1	8	23
Spezifischer Verbrauch (l/100 Pkm)					
- Territorial (über Baden-Württemberg)	5,9	4,5	3,9	-24	-34
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	3,7	2,8	2,4	-24	-34
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	1,1	10,0	-	-
Energieverbrauch, territorial (Mio. t)	11,8	9,5	9,2	-20	-22
- davon CO ₂ -neutral	0,0	0,1	0,9	-	-
- konventionell	11,8	9,4	8,3	-20	-30
- Insgesamt in PJ	0,505	0,406	0,395	-20	-22
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)					
territorial, nur innerdt. V. innerhalb BW	0,037	0,026	0,022	-28	-40
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)					
Standortprinzip, gesamter Verkehr	8,120	6,562	5,889	-19	-27

Tabelle 5-23: CO₂-Emissionen des Luftverkehrs in Baden-Württemberg

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

Der spezifische Verbrauch sinkt deutlich, was die gesamten CO₂-Emissionen mindert. Die direkten Emissionen, die nur den innerdeutschen Verkehr enthalten, sinken noch deutlicher. Es kommt die allmähliche Durchdringung von Kerosin mit „Sustainable Aviation Fuels“ (SAF) hinzu, für die im Jahr 2040 ein Anteil von 10 % angenommen wird.

5.3.2.5 Binnenschifffahrt

Transport- und Betriebsleistung kommen auch hier aus der Güterverkehrsprognose. Der spezifische Verbrauch wird weiter, wie schon seit Jahrzehnten, sinken. Die größere Bedeutung hat aber die Entwicklung von CO₂-neutralen Kraftstoffen, für die wir im Jahr 2040 einen Anteil von 40 % angenommen haben. Dies entspricht einer Menge von 17 kt oder 0,7 PJ. Entsprechend nehmen die direkten und gesamten Emissionen ab. Bei der Binnenschifffahrt besteht hier kein definitorischer Unterschied, weil keine elektrisch angetriebenen Schiffe angenommen wurden.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleistung (Mrd. tkm)	6,029	6,437	6,327	7	5
Betriebsleistung (Mrd. Fzkm)	2,772	2,804	2,760	1	0
Spezifischer Verbrauch (l / 1000 tkm)	9,3	8,6	7,9	-8	-15
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	1,9	40,0	-	-
Energieverbrauch nach Kyoto (1000 t)	46,7	45,8	41,8	-2	-10
- davon CO ₂ -neutral	0,0	0,9	16,7	-	-
- konventionell	46,6	45,0	25,1	-4	-46
- Insgesamt in PJ	1,990	1,955	1,783	-2	-10
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	0,183	0,177	0,099	-4	-46
Gesamte CO₂-Emission (Mio. t)	0,177	0,170	0,095	-4	-46

Tabelle 5-24: CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt in Baden-Württemberg ⁶⁹

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

5.3.2.6 Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle sind nun alle Verkehrsträger zusammengefasst dargestellt, deren Emissionen bereits beschrieben wurden. In der Gesamtschau zeigt sich bei den direkten Emissionen die dominierende Stellung des Straßenverkehrs, der somit auch die Entwicklung im Prognosezeitraum determiniert. Bei den **gesamten Emissionen** besitzt der Luftverkehr eine wesentlich größere Bedeutung. Weil dessen Ausstoß annähernd stagniert, fällt deren Reduktion schwächer aus als bei den direkten Emissionen.

	Straßenverkehr	Luftverkehr national	Schienenverkehr	Binnenschifffahrt	gesamt
1990 StaLa	19,597	0,234	0,164	0,111	20,107
2010 StaLa	19,918	0,091	0,084	0,043	20,136
2019 StaLa	21,861	0,122	0,068	0,030	22,081
2019 Projekt	21,80	0,04	0,10	0,18	22,12

Tabelle 5-25: Emissionen (Mio. t CO₂) im Verkehr in Baden-Württemberg

Quelle: Statistisches Landesamt, Projekt

⁶⁹Bei der Binnenschifffahrt waren gemäß den jeweiligen Quellen die gesamten Emissionen (Quelle: TREMOD) im Jahr 2019 höher als die direkten (Quelle: UBA). Dies kommt durch unterschiedliche Definitionen zustande, z. B. die Bestimmung auf der Basis des Kraftstoffverbrauchs laut Energiebilanzen (UBA) bzw. des effektiven Verbrauchs (TREMOD).

Die Ermittlung der CO₂-Emissionen Baden-Württembergs im (Analyse-) Jahr 2019 hat einen hohen Schätz- und Berechnungsaufwand erfordert. Für andere Jahre ist dies nicht in dieser Form möglich.

Für das Jahr 1990, das Bezugsjahr der Minderungsverpflichtungen nach dem Kyoto-Protokoll bzw. dem Paris-Abkommen, liegen lediglich die im Kapitel 5.3.1. dargestellten Ergebnisse des Statistischen Landesamts für die direkten Emissionen des Straßenverkehrs vor. Auch gibt es Zahlen des Statistischen Landesamts zu den Gesamtemissionen im Verkehr (Straßenverkehr, Schienenverkehr, Schiffsverkehr, Flugverkehr national):

Zum Vergleich: das Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg zielt für 2030 auf 9,1 Mio. t CO₂ bei einer Reduktion von 55 % ggü. 1990 ab.

Die Emissionen sind also zwischen 1990 und 2019 um gut 10 % gestiegen. Hier sind die Verkehrsleistungen ebenfalls deutlich gewachsen, was nur zum geringeren Teil durch Effizienzsteigerungen kompensiert werden konnte. Die Zunahme war auch höher als in ganz Deutschland, was vor allem auf die überdurchschnittliche Wirtschaftskraft Baden-Württembergs und die – damit zusammenhängende – überproportionale Entwicklung der Einwohnerzahl zurückzuführen ist. Unabhängig von der Interpretation des Sachverhalts ist festzustellen, dass sich die Minderungsraten, die wir für den Zeitraum zwischen 2019 und 2030 bzw. 2040 errechnet haben, bei Bezug auf die (niedrigeren absoluten) Werte der Jahre 1990 und 2010 deutlich reduzieren.

Verkehrsträger	Mio. t			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Direkte Emissionen, Kyoto-Mon.¹⁾					
Straßenverkehr ²⁾	21,80	17,36	6,89	-20	-68
- darunter Pkw-Verkehr	13,74	9,70	4,11	-29	-70
- darunter Lkw-Verkehr	7,38	7,30	2,67	-1	-64
Schienenverkehr	0,10	0,08	0,06	-21	-38
Luftverkehr ³⁾	0,04	0,03	0,02	-28	-40
Binnenschifffahrt ²⁾	0,18	0,18	0,10	-4	-46
Insgesamt	22,12	17,65	7,07	-20	-68
Gesamte Emissionen, TREMOD⁴⁾					
Straßenverkehr ⁵⁾	26,66	23,09	10,46	-13	-61
- darunter Pkw-Verkehr	16,35	12,58	5,69	-23	-65
- darunter Lkw-Verkehr	9,50	10,04	4,64	6	-51
Schienenverkehr	0,66	0,61	0,22	-8	-67
Luftverkehr ⁶⁾	8,12	6,56	5,89	-19	-27
Binnenschifffahrt ⁵⁾	0,18	0,17	0,10	-4	-46
Insgesamt	35,62	30,43	16,66	-15	-53

1) ohne Vorkette und inkl. Abzug Biokraftstoffe und ReFuels (siehe Tabelle 5-27)

2) Basis Kraftstoffabsatz laut Energiebilanzen

3) nur innerdeutscher Verkehr, Territorialprinzip 4) Einschl. Vorkette und Biokraftstoffe

5) Basis effektiver Verbrauch (können von den abgesetzten Mengen abweichen, z. B. abhängig davon, wo getankt wird)

6) Gesamter abgehender Verkehr einschl. Auslandsstrecken, Standortprinzip

Tabelle 5-26: CO₂-Emissionen aller Verkehrsträger in Baden-Württemberg

An dieser Stelle wird auf Wunsch des Auftraggebers die Entwicklung des Absatzes von Biokraftstoffen und von CO₂-neutral erzeugten Kraftstoffen, sog. **Refuels** angegeben: Im Ergebnis ist die Absatzmenge von Biokraftstoffen und damit auch die von eingespartem CO₂ im Jahr 2030 ähnlich hoch wie im Jahr 2019, weil die Anteile nur unwesentlich angehoben wurden (vgl. Abschn. 3.9.1). Danach sinkt sie, weil der gesamte Absatz von fossilen Kraftstoffen stark zurückgeht. Die Menge von Refuels im Luftverkehr ist rechnerisch nur sehr gering, weil der gesamte Kerosinverbrauch aufgrund der Zurechnung nur des Luftverkehrs über Baden-Württemberg entsprechend niedrig ist. Bei der Binnenschifffahrt ist die Menge vor allem im Jahr 2040 nicht unwesentlich.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Biokraftstoffe (Mio. l)					
Pkw-Verkehr	368,5	311,1	130,8	-16	-65
SNF u. SZM	115,2	145,5	46,5	26	-60
LNF	49,1	74,9	36,6	53	-25
Summe (Mio. l)	532,7	531,5	213,9	0	-60
Eingesparte Menge CO ₂ (1000 t)	1258,2	1255,4	505,3	0	-60
Summe (PJ)	18,0	18,1	7,2	0	-60
Refuels					
Luftverkehr (SAF, 1000 t)	0,006	0,104	0,922	-	-
Luftverkehr (SAF, PJ)	0,000	0,004	0,039		
Binnenschifffahrt (1000 t)	0,023	0,876	16,720	-	-
Binnenschifffahrt (PJ)	0,001	0,037	0,713		
Summe (1000 t)	0,029	0,980	17,642	-	-
Eingesparte Menge CO ₂ (1000 t)	0,111	3,717	66,944	-	-

Tabelle 5-27: Absatz von Biokraftstoffen im Straßenverkehr und Refuels, in Baden-Württemberg

Nachfolgend ist der Verbrauch weiterer Kraftstoffe und ihrer eingesparten Mengen CO₂ zusammenfassend dargestellt.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Ottokraftstoff (Mrd. l)					
- Pkw	3,352	2,703	1,182	-20	-65
- Pkw PJ	Siehe Tab. 5-20				
- LNF	0,042	0,053	0,037	7	-49
- Zusammen	3,394	2,755	1,219	-20	-65
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	8,017	6,507	2,879	-20	-65
Diesekraftstoff (Mrd. l)					
- Pkw	2,530	1,524	0,601	-41	-77
- Pkw PJ	Siehe Tab. 5-20				
- SNF u. SZM	2,085	2,054	0,970	-6	-70
- LNF	0,845	1,016	0,736	15	-44
- Schienenverkehr	0,038	0,054	0,035	-21	-38
- Schienenverkehr PJ	1,354	1,928	1,249		
- Binnenschiff	0,056	0,055	0,050	-1	-10
- Binnenschiff PJ	1,990	1,955	1,783		
- Zusammen	5,554	4,704	2,392	-20	-68
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	14,589	12,355	6,283	-20	-68
Kerosin (Mrd. l)					
- Luftverkehr	0,016	0,013	0,012	-20	-22
- PJ	0,505	0,406	0,395		
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	0,037	0,030	0,029	-20	-22
Strom (PJ)					
- Pkw	0,236	11,719	31,688	-	-
- SNF u. SZM	0,000	4,398	32,193	-	-
- LNF	0,072	1,717	17,079	-	-

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
- Schienenverkehr	4,886	5,843	5,983	20	22
- Zusammen	5,194	23,678	86,942	334	1177
Wasserstoff (PJ)					
- Pkw	0,020	0,532	1,218	-	-
- SNF u. SZM	0,000	0,536	9,526	-	-
- LNF	0,001	0,093	0,313	-	-
- Zusammen	0,021	1,161	11,058	-	-

Tabelle 5-28: Verbrauch weiterer Kraftstoffe, in Baden-Württemberg

Schließlich gibt Tabelle 5-29 einen komprimierten Überblick über die zentralen Ergebnisse zur Entwicklung des Verkehrs und der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg. Sie sind bereits in den jeweiligen Abschnitten kommentiert worden.

	Analysejahr 2019				Bezugsszenario 2030				Bezugsszenario 2040			
	Verkehrslleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen		Verkehrslleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen		Verkehrslleistung	Fahrleistung	CO ₂ -Emissionen	
	Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂		Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂		Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Mio. t CO ₂	
Personenverkehr	155,35	79,90	14,56	25,86	157,91	77,90	10,16	20,14	165,30	82,10	4,28	11,90
MIV	123,12	79,90	13,74	16,35	120,10	77,90	9,70	12,58	126,46	82,10	4,11	5,69
Eisenbahnverkehr	12,82	-	0,09	0,57	16,16	-	0,07	0,53	17,34	-	0,05	0,19
ÖSPV ⁷⁰	8,82	-	0,69	0,82	9,75	-	0,36	0,47	9,34	-	0,10	0,13
Luftverkehr	0,98	-	0,04	8,12	1,04	-	0,03	6,56	1,16	-	0,02	5,89
Fahrradverkehr	4,90	-	0,00	0,00	6,07	-	0,00	0,00	6,25	-	0,00	0,00
Fußwegverkehr	4,72	-	0,00	0,00	4,79	-	0,00	0,00	4,74	-	0,00	0,00
Güterverkehr	83,47	13,51	7,57	9,77	98,56	17,78	7,49	10,30	109,86	22,44	2,78	4,77
Schiene	12,36	-	0,01	0,09	15,25	-	0,01	0,09	16,72	-	0,01	0,03
Straße	65,08	13,51	7,38	9,50	76,87	17,78	7,30	10,04	86,81	22,44	2,67	4,64
Binnenschiff	6,03	-	0,18	0,18	6,44	-	0,18	0,17	6,33	-	0,10	0,10
insgesamt	-	-	22,12	35,62	-	-	17,65	30,43	-	-	7,07	16,66

Tabelle 5-29: Entwicklung des Verkehrs und der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg

Rundungsdifferenzen möglich

5.3.3 THG-Wirkungen einzelner Maßnahmen

Im Rahmen des Bezugsszenarios wurde außerdem die Wirkung verschiedener Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen prognostiziert. Tabelle 5-30 gibt einen Überblick über die Maßnahmen und verweist auf die Prämisse und deren Operationalisierung in Anhang A- 1. Neben diesen Prämissen, die im Rahmen des Bezugsszenarios als Maßnahmen definiert wurden, gibt es eine Reihe von Prämissen, die der sogenannten Hintergrundentwicklung zugeordnet wurden, d. h. diese ändern sich auch gegenüber dem Analysejahr 2019, finden aber unabhängig von den Klimaschutz-Ambitionen im Bezugs- und im Klimaschutzszenario gleichermaßen statt. Dies sind zum einen die sozioökonomischen Rahmenbedingungen (Entwicklung der Bevölkerung, der Erwerbstätigen, des Bruttoinlandprodukts) und teilweise die Nutzer- und Transportkosten (bspw. Strompreis). Außerdem die Prämissen zum Verkehrsverhalten (Homeoffice, Videokonferenzen, Online-Einkauf), zum automatisierten und vernetzten Fahren (AVF), zum Luftverkehr (Preise und Anteil SAF), zum Ausbau der Güterverkehrs-Terminals und den ReFuel-Preisen im Schwerkverkehr, zum Infrastrukturausbau Straße, dem CO₂-Preis, den Fahrtzeiten im ÖSPV, den Preisen im SPFV sowie zur Flottenentwicklung SNF u. SZM, LNF und Busse, wofür die Flotten des Bezugsszenarios angenommen wurden. Für die Pkw-Flotte wurde eine sehr geringfügig schwächere

⁷⁰ Die Verkehrsleistung enthält den schienenengebundenen ÖSPV. Dessen Emissionen werden aber zusammen mit dem Eisenbahnverkehr beim Schienenverkehr ausgewiesen. Die Emissionen des ÖSPV enthalten auch diejenigen der heterogenen „sonstigen Kfz“, die nicht eindeutig dem Personen- oder dem Güterverkehr zugeordnet werden können. Der größte Teil entsteht jedoch bei Bussen, weshalb sie hier aufgenommen werden.

Elektrifizierung angenommen, da die Hintergrundentwicklung im Gegensatz zum Bezugsszenario keine erhöhte Parkkosten für fossil angetriebene Pkw annimmt. Die Maßnahmenwirkungen wurden als Differenz zu der Hintergrundentwicklung berechnet, die insgesamt etwas mehr Emissionen in den Jahren 2030 und 2040 bilanziert als das Bezugsszenario.

Maßnahme	Beschreibung
Tempo 30	Tempolimit 30 gilt generell innerorts außer auf Hauptverkehrsstraßen (Bundesstraßen, mehrstreifige und planfreie Straßen) (26)
Parkkosten ⁷¹	Parkkosten erhöht nach Raumtyp (insb. für Städte > 90.000 Einwohner), 2030 nur für Fahrzeuge mit fossilen Antrieben, auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zugang), Kosten: 2030 1h 1€, 1 Tag 10 €, 1 Jahr 160€, 2040 1h 2€, 1 Tag 15 €, 1 Jahr 500 € (19)
Angebotsverdichtung ÖSPV	erhebliche Verdichtung, Takt 15/30 Ballungsraum / ländlicher Raum (Mobilitätsgarantie) (11)
Digitalisierung Bahn	Durchtarifierung und Komfort (12)
Angebotssteigerung Bahn	Angebotsausweitung, Deutschlandtakt, fahrzeitverringende Maßnahmen (5)
Preis Bahn	-10 % SPFV und Zeitkarten SPNV ggü. 2019 (18)
Radverkehr	Radschnellwege, Vorreiterkommunen, allg. Verbesserung (7-9)
Fußverkehr	Verbesserungen durch Querungen, Durchschlupfe, Ortsmitten (13)

Tabelle 5-30: Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen im Bezugsszenario

Die einzelnen Maßnahmen führen jede für sich zu Verlagerungen im Modal Split hinsichtlich der Verkehrsleistung. Nennenswerten Einfluss auf die Entwicklung der Treibhausgase hat die Geschwindigkeitsbeschränkung im innerstädtischen Bereich. Eine Einführung des Tempolimits 30 würde im Jahr 2030 zu einer Reduktion der THG-Emissionen im MIV i. H. v. 1,1 Prozent führen im Vergleich zur Hintergrundentwicklung.

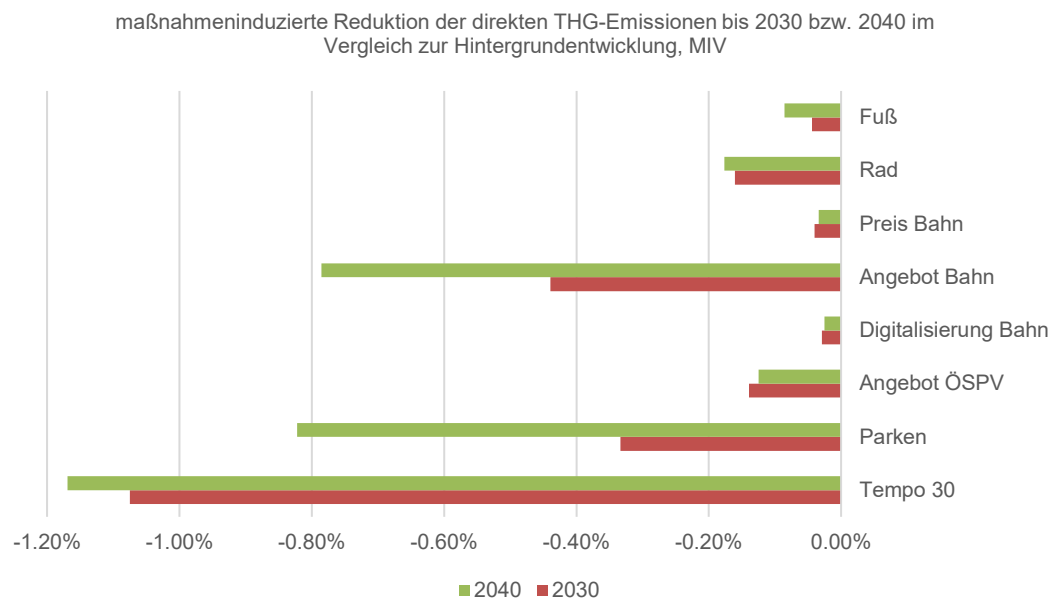


Abbildung 5-12: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung im MIV 2030 bzw. 2040, [%]

Die Weiterführung dieser Maßnahme im Jahr 2040 führt zu einer Reduktion der THG-Emissionen im MIV i. H. v. 1,2 Prozent im Vergleich zur Hintergrundentwicklung. Die entsprechenden Abolutwerte sind in nachfolgender Abbildung 5-13 dargestellt.

⁷¹ Der Einfluss der Einzelmaßnahme auf die Antriebswende und die Pkw-Dichte wurde in dieser Einzelmaßnahmenbetrachtung nicht berücksichtigt. Es wurde hier nur der verkehrliche Effekt und seine Emissionseinsparung gemessen.

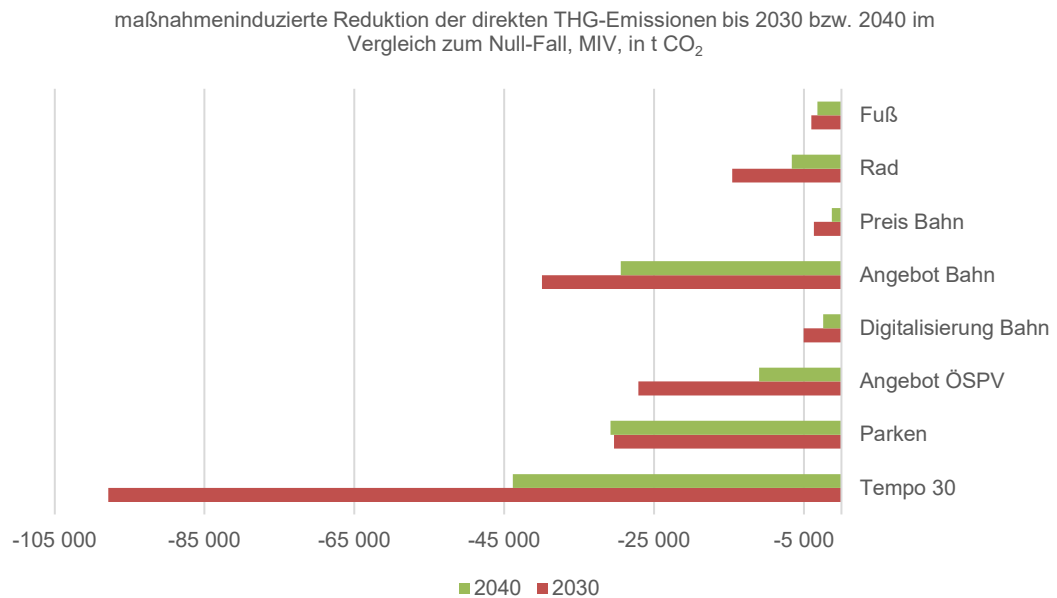


Abbildung 5-13: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung im MIV 2030 bzw. 2040, [t]

Die konkreten Absolutwerte sind nachstehender Tabelle 5-31 zu entnehmen.

Maßnahme	2030	2040
Tempo 30	-97 857	-43 842
Parken	-30 360	-30 839
Angebot ÖSPV	-27 090	-11 012
Digitalisierung Bahn	-5 037	-2 434
Angebot Bahn	-39 973	-29 454
Preis Bahn	-3 665	-1 276
Rad	-14 592	-6 624
Fuß	-4 011	-3 203

Tabelle 5-31: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 im Vergleich zur Hintergrundentwicklung 2030 bzw. 2040, in t CO₂

5.3.4 Interpolation und CO₂-Budgetbetrachtung

Die jahresfeine Betrachtung der THG-Emissionen im Prognosezeitraum startet 2023 und berücksichtigt als diskrete Ereignisse

- » eine innerstädtische Geschwindigkeitsbeschränkung, Tempo 30 (Maßnahme mit der größten Einzelwirkung 2030, siehe Tabelle 5-31), wirksam ab 2030,
- » die pandemiebedingte starke Abnahme des Verkehrs im Jahr 2020 und den anschließenden Wiederanstieg bis zum Jahr 2024 sowie
- » die Antriebsartenstruktur im Straßenverkehr.

Alle weiteren Prognoseprämissen sind im Zuge der Interpolation gleichförmig über den Betrachtungszeitraum in ihrer Wirkung ab 2023 verteilt.

Ab dem Jahr 2023 verringern sich die jährlichen Emissionen auf ca. 7,1 Mio. t CO₂ bis zum Jahr 2040 (vgl. Abbildung 5-14).

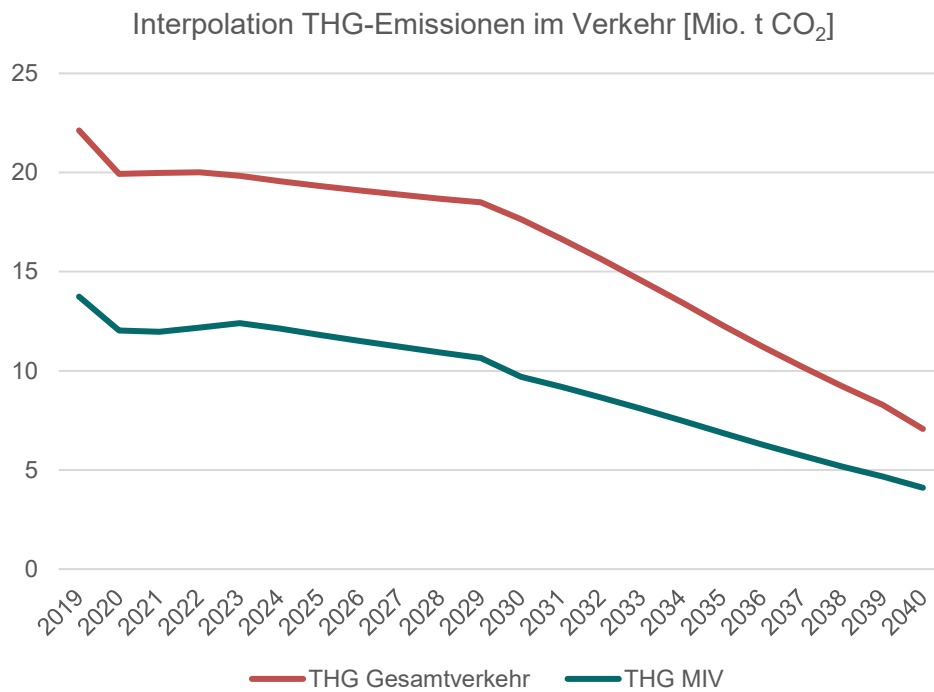


Abbildung 5-14: jährliche THG-Emissionen im Bezugsszenario, bis zum Jahr 2040

Die jährlichen THG-Emissionen summieren sich damit ab 2020 bis zum Jahr 2040 auf ca. 330 Mio. t (vgl. Abbildung 5-15).

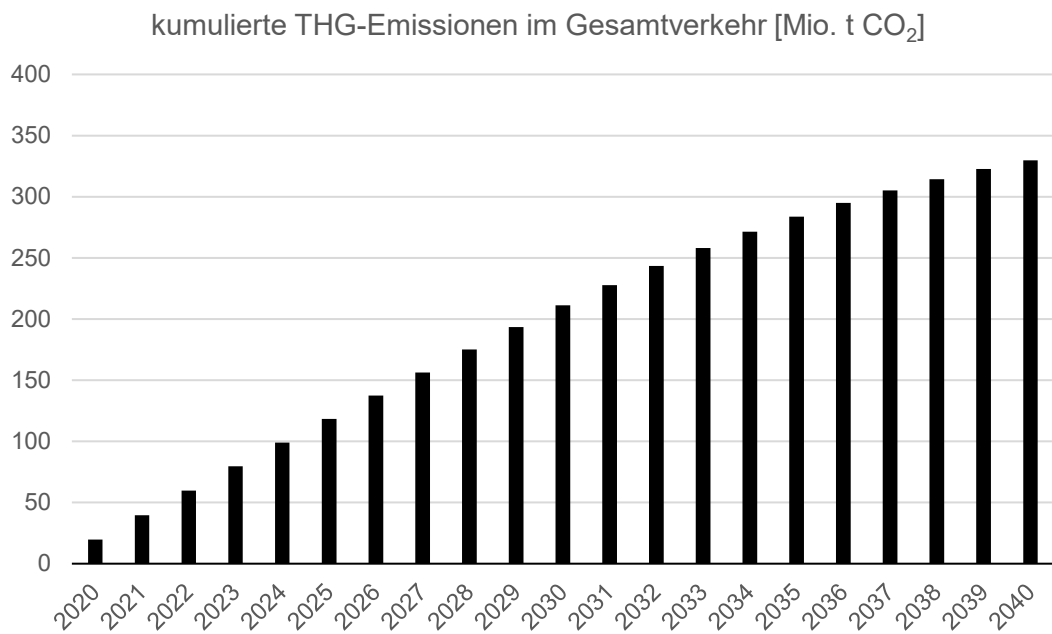


Abbildung 5-15: kumulierte THG-Emissionen im Bezugsszenario bis zum Jahr 2040 in Mio. t CO₂

6 Rahmenbedingungen und Modellzusammenhänge im Klimaschutzscenario

Während im Bezugsszenario aktuell beschlossene und gesichert absehbare verkehrsrelevante Maßnahmen, Instrumente und Rahmenbedingungen auf EU-, Bundes- und Landesebene berücksichtigt wurden, werden diese im Klimaschutzscenario modifiziert und ergänzt, sodass die jeweils vorgegebenen THG-Reduktionsziele erreicht werden.

In Anlehnung an Kapitel 3 werden die Änderungen der Eingangsgrößen und Rahmenbedingungen in den folgenden Abschnitten beschrieben.

Ein kompakter Überblick zu Eingangsdaten, Annahmen und deren Operationalisierung für das Klimaschutzscenario ist in Anhang A- 2 gegenübergestellt.

6.1 Sozioökonomische Strukturdaten

Sämtliche Annahmen zu den Strukturdaten im Klimaschutzscenario sind unverändert zu denen im Bezugsszenario. Im Einzelnen sei hier auf die entsprechenden Unterkapitel im Bezugsszenario verwiesen:

- » Demographische Entwicklung, 3.2.1
- » Gesamtwirtschaftliche Entwicklung, 3.2.2
- » Branchenwirtschaftliche Entwicklung, 3.2.3
- » Aspekte energiewirtschaftlicher Entwicklung über alle Sektoren, 3.2.4
- » Wirtschaftliche Leitvariablen, 3.2.5
- » Entwicklung des Außenhandels, 3.2.6

6.2 Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot

Grundsätzlich gelten die Rahmenbedingungen des Bezugsszenarios. Nachstehende Tabelle weist die Änderungen hinsichtlich Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsangebot im Klimaschutzscenario verkehrsträger- bzw. verkehrsmittelspezifisch aus.

Verkehrsträger / Verkehrsmittel	Änderungen im Klimaschutzscenario
Eisenbahnverkehr	<p>Einführung des Deutschlandtakts, deutschlandweit, schrittweise ab 2028, vollständig ab 2030 (im Bezugsszenario: ab 2040). Dabei wird außerdem angenommen, dass die im Zielnetz Deutschlandtakt vorgesehenen Infrastrukturmaßnahmen bis zum Jahr 2030 umgesetzt sind. Bis 2040 findet ein weiterer nachfragegerechter Ausbau statt. Für das Prognosejahr 2040 wird deutschlandweit zusätzlich Engpassfreiheit für den Schienengüterverkehr unterstellt, so dass dort keine Potenziale abgewiesen werden müssen. Bei der Umlegung der Verkehre für das Jahr 2040 werden damit keine kapazitiven Restriktionen angenommen.</p> <p>Beide Änderungen erfordern erhebliche Investitionen, für erstere ist zusätzlich die zeitliche Realisierbarkeit der umfangreichen Infrastrukturprojekte hinsichtlich der rechtlichen Aspekte sowie der Planungs- und Bauzeiten extrem ambitioniert.</p> <p>Im kombinierten Verkehr wird davon ausgegangen, dass nach dem Ausbau der Rheintalbahn in 2030 ein weiterer Terminal des kombinierten Verkehrs in Lahr im Jahr 2040 aufgebaut wird.</p> <p>Keine weiteren Änderungen im Vergleich zum Bezugsszenario, vgl. Kapitel 3.3.1</p>

Straßenverkehr ⁷²	<p>Einführung eines generellen Tempolimits auf Autobahnen von 100 km/h und auf allen Außerortsstraßen von 80 km/h</p> <p>Einführung eines Tempolimits innerorts, generell auf allen, außer mehrstreifigen, Straßen: 30 km/h</p> <p>Alle noch nicht im Bau befindlichen Neu- und Ausbaumaßnahmen an Bundesfernstraßen unterbleiben.</p> <p>Nullemissionszonen verbieten die Einfahrt für alle fossil angetriebenen Kraftfahrzeuge in die Stadtzentren, (siehe 6.4).</p> <p>Pförtnern, d. h. Zeitverzögerungen um 1 Min. bei der Einfahrt in die Stadtzentren der ausgewählten Städte.</p> <p>Der Aufbau der Ladeinfrastruktur für alternative Antriebe ist bis 2030 bundesweit umgesetzt, sodass ab 2031 keine Einsatzrestriktionen von Lkw mit alternativen Antrieben vorhanden sind. Das Verbrennerverbot ab 2035 wird auch für Lkw angenommen.</p> <p>Im Rahmen dieser Maßnahme wurden die Widerstände für den GV auf der Straße nicht verändert, da gemäß Auftrag keine kapazitative Detailumlegung erfolgte. Dies bedeutet, dass der Straßen-GV im Klimaschutzszenario vom gleichen Straßennetz wie 2019 vollständig aufgenommen wurde. Dabei ist derzeit noch unklar, ob diese Vereinfachung wichtige Klimaeffekte unterschlägt, oder nicht, denn es liegen keine Kenntnisse über die aktuell vorliegenden Restkapazitäten vor. In den Jahren 2030 und 2040 lassen die Entwicklungen im gesamten Kfz-Verkehr allerdings vermuten, dass die Kapazitäten mit dem unterstellten Straßennetz nicht zwingend überschritten würden. Denn schließlich werden starke Rückgänge beim Pkw-Verkehr erwartet und nur moderate Anstiege beim GV.</p>
Luftverkehr	<p>Auch denkbare regulatorische Maßnahmen zur Adressierung von klimawirksamen Nicht-CO₂-Effekten werden für jeden geflogenen Passagierkilometer anteilig in Höhe des CO₂-Preises im Jahr 2040 in der Flugpreisbildung berücksichtigt. Der entfernungsabhängige Preisaufschlag wird hierbei nicht nach Lang- und Kurzstrecke differenziert. Eine Regelung, die innerdeutsche Flüge ausnimmt wäre aus verschiedenen Gründen problematisch: u.a. würde der innerdeutsche Flugverkehr gegenüber übrigen Flugreisen - einschließlich Kurzstreckenflügen zu ausländischen Flughäfen - preislich besser gestellt, was in diesem Szenario unwahrscheinlich scheint. In der hier gezeichneten Welt ist ein global wirksamer Preiseffekt durch die Berücksichtigung von nicht-CO₂-Effekten als am wahrscheinlichsten anzusehen. Weiteres ohne Änderung im Vergleich zum Bezugsszenario, vgl. Kapitel 3.3.3</p>
ÖPNV	Ohne Änderung im Vergleich zum Bezugsszenario, vgl. Kapitel 3.3.4
Buslinienfernverkehr	Ohne Änderung im Vergleich zum Bezugsszenario, vgl. Kapitel 3.3.5
Radverkehr	<p>Der grundlegende Rahmen des Radwegenetzes ist unverändert zu dem im Bezugsszenario. An dieser Stelle sei auf die Radschnellwege und Vorreiterkommunen in Kapitel 3.3.6 verwiesen.</p> <p>Weitere pauschale Widerstandssenkungen allgemein um 33 % und speziell in Vorreiterkommunen in Höhe von 50 % und auf Radschnellwegen um 33 % werden unterstellt.</p>
Fußverkehr	Es wird unterstellt, dass durch Wirkung baulicher Maßnahmen die Widerstände pauschal um 15 % sinken.

Tabelle 6-1: Nachfragebeeinflussende Prämissen der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsangebots im Klimaschutzszenario

⁷² Die Gestaltung des Verkehrsangebots im Straßenverkehr kann über verkehrspolitische Rahmenbedingungen gesteuert werden. Die konkrete Ausgestaltung der hier genannten Maßnahmen, wie Tempolimit, Nullemissionszonen und Pförtner, sind Abschnitt 6.4 zu entnehmen.

6.3 Nutzer- bzw. Transportkosten

In den folgenden Abschnitten werden die Unterschiede zu Annahmen im Bezugsszenario herausgearbeitet. Für unveränderte, grundsätzliche Annahmen sei auf den Abschnitt 3.4 verwiesen.

6.3.1 Personenverkehr

Im Gegensatz zum Bezugsszenario (vgl. Kapitel 3.4.1) hat sich die Relevanz der verschiedenen Nutzerkostenkomponenten im Klimaschutzszenario verändert. Der Strompreis nimmt gegenüber dem Bezugsszenario und im Zeitverlauf an Bedeutung zu. In den Hintergrund tritt der Kraftstoffpreis, da im Klimaschutzszenario die entsprechende Nachfrage durch weitere verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen verringert werden soll und somit der Anteil fossil angetriebener Pkw zurückgeht. Während 2030 noch mehrheitlich Verbrenner gefahren werden, sind es 2040 BEVs. An Bedeutung gewinnt auch die Kostenannahme für reFuels, die bis 2040 den CO₂-Preis als zwischenzeitlich bestimmende Kostenkomponente ablöst, da alle Verbrenner ordnungspolitisch bedingt spätestens dann mit reFuels fahren müssen. Hierfür wurde ein eigener Preis festgelegt, der im übernächsten Abschnitt dargestellt wird.

Dennoch bleibt der **Rohölpreis** eine wichtige Komponente des Kraftstoffpreises. Im Klimaschutzszenario wird für 2030 und 2040 wie auch im Bezugsszenario ein Rohölpreis von 75 USD/Barrel (zum Preisstand 2019 mit einem Preisniveau von 62 USD/Barrel) angenommen, basierend auf Prognosen der Internationalen Energie-Agentur (IEA)⁷³. Für den Mineralölsteuersatz wird auch hier keine Veränderung unterstellt, da in Zukunft dem **CO₂-Preis** die Rolle als Stellschraube zukommt. Für diesen wiederum wurde für beide Horizonte ein Preis von 205 EUR₂₀₁₉ pro Tonne **CO₂** angenommen.

Bei diesem CO₂-Preis, bei einem konstanten Mehrwertsteuersatz und unter der Annahme, dass die sonstigen Preiskomponenten (Verarbeitung, Vertrieb, Transport etc.) real ebenfalls konstant bleiben, nimmt der gesamte **Kraftstoffpreis** bis 2040 real auf 2,10 Euro/l zu (vgl. Abbildung 6-1 Balken 2040 Klima 205 €). Dies entspricht einer Verteuerung um insgesamt 47 % bzw. 1,8 % p. a. gegenüber 2019. Die Differenz in Höhe von 67 Cent entsteht weit überwiegend (57 Cent einschl. anteiliger MwSt) aus der CO₂-Bepreisung, während auf den Rohölpreisanstieg nur 9 Cent zurückzuführen sind. Dabei wird angenommen, dass die Kosten für beigemischte Biokraftstoffe analog zum Rohölpreis steigen. Im Gegensatz zum Bezugsszenario wird angenommen, dass die absoluten Mengen an Biokraftstoffen gegenüber 2019 beibehalten werden. Würde man eine konstante Beimischungsquote annehmen, dann würde die absolute Menge sinken. Damit wiederum würde ein Treibhausgasminderungspotenzial verschentk werden.

Diese Ausführungen beziehen sich auf die in der Projektbearbeitung zunächst angesetzte CO₂-Bepreisung. Im Laufe der Arbeiten hat sich erstens herausgestellt, dass mit dem gesamten initialen Prämissenset des Klimaschutzszenarios die klimaschutzpolitischen Ziele nicht erreicht werden. Zweitens haben in diesem Zeitraum auch die Erwartungen an die sog. **reFuels**, die vollständig CO₂-neutral hergestellt werden, zugenommen. Es ist anzunehmen, dass hierfür keine CO₂-Abgaben zu zahlen sind. Zudem entfallen die Rohöleinstandskosten. Konkret haben wir Herstellungskosten in Höhe von 1,50 Euro/l (zum Preisstand 2019) im Jahr 2030 angenommen, die auch diejenigen für Verarbeitung, Transport und Vertrieb beinhalten. Dies ist höher als die entsprechenden Kosten für die Herstellung fossiler Kraftstoffe, mit 0,62 € (Rohöleinstandskosten und sonstige Kosten) sowohl für das Jahr 2030 als auch 2040. Aufgrund der zu erwartenden Effizienzgewinne in der Herstellung haben wir für 2040 den Preis auf 1,30 Euro/l (zum Preisstand 2019) abgesenkt.

Zusammen mit dem Mineralölsteuersatz, der auch für reFuels angesetzt und als unverändert angenommen wurde, weil damit die Kosten der Straßenverkehrsinfrastruktur gedeckt werden, und dem sich ergebenden Mehrwertsteuerbetrag resultiert für die reFuels ein Endverbraucher-**Preis** in Höhe von 2,56 (2030) bzw. 2,33 (2040) Euro/l (Preisstand 2019, vgl. Abbildung 6-1 Balken 2030 KSS und 2040 KSS). Dies entspricht für 2040 real einem **Anstieg** gegenüber dem Kraftstoffpreis 2019 um insgesamt 62 %, d. h. 2,3 % p. a. bzw. absolut 89 Cent/l.

⁷³ IEA, World Energy Outlook 2021, Paris, Dezember 2021, S. 101.

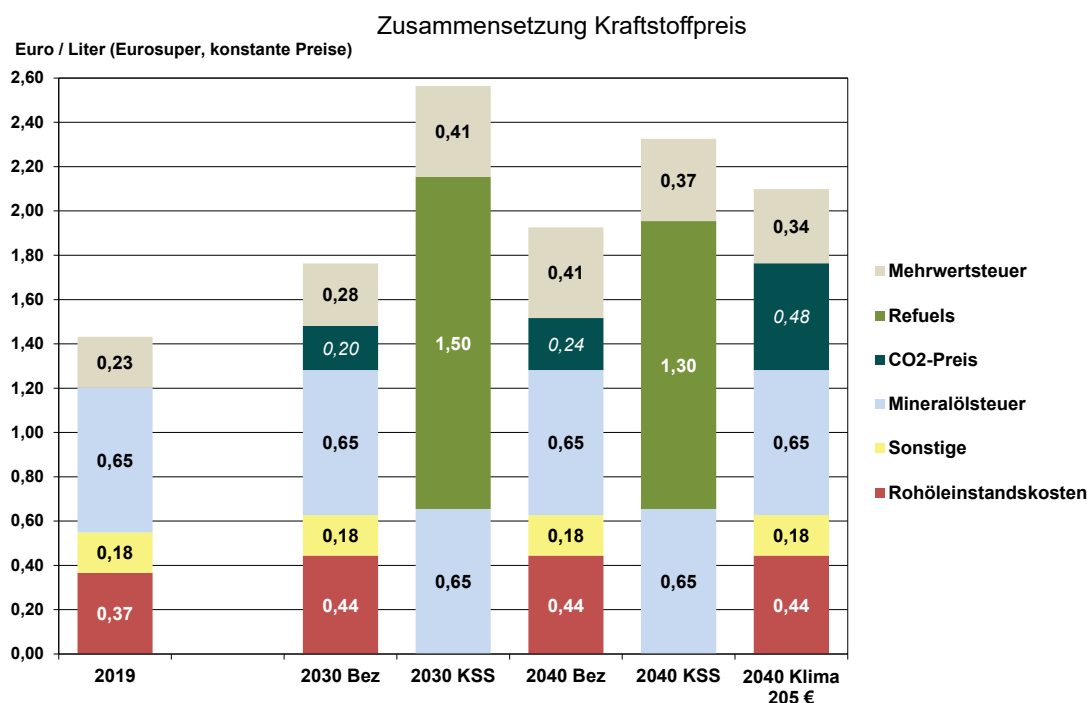


Abbildung 6-1: Zusammensetzung Kraftstoffpreis, Klimaschutzszenario und Bezugsszenario

Im **letztendlich zugrunde gelegten Prämissenset** wurde gemäß Vorgabe des Auftraggebers angenommen, dass im Jahr 2030 6 PJ des gesamten Kraftstoffverbrauchs in Baden-Württemberg regenerativ erzeugt werden, was eingesparten THG-Emissionen in Höhe von 0,45 Mio. t CO₂ entspricht, und dass im Jahr **2040** die gesamte Kraftstoffherstellung CO₂-neutral erfolgt, so dass dann die (direkten und gesamten) Emissionen aller Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren **gleich Null** wären.

Wie einleitend erwähnt, wird die Bedeutung der Kraftstoffpreise im Klimaschutzszenario noch stärker als im Bezugsszenario im Zeitverlauf abnehmen, und der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge und damit die Bedeutung des **Strompreises** für die Verkehrsentwicklung steigen. Die Rahmenbedingungen entsprechen jedoch denen des Bezugsszenarios (Wegfalls der EEG-Umlage und Absenkung der Stromsteuer). Der für lokal emissionsfreie Fahrzeuge relevante Endverbraucher-Strompreis sinkt bis 2030 um 14 % gegenüber 2019 und steigt erst danach bis 2040, und zwar im Vergleich zu 2019 um 16 %.

Relevant für die Nutzerkosten im motorisierten Individualverkehr ist neben dem Kraftstoff- und dem Strompreis auch die Entwicklung des **spezifischen Verbrauchs**. Sowohl im Bezugs- als auch im Klimaschutzszenario werden Effizienzgewinne in Höhe von 0,5 Prozent p. a. im Mittel der Antriebsarten zugrunde gelegt (deren Prognose stützt sich vor allem auf die sogenannte „dena-Leitstudie“ des EWI Köln et al.⁷⁴, vgl. Kapitel 3.4.1).

Zusätzlich weicht der spezifische Verbrauch im Klimaschutzszenario um -7,8 Prozent ggü. Dem Bezugsszenario ab auf Grund des eingeführten 100/80 km/h-Tempolimits. Dies gilt sowohl für 2030 als auch für 2040 und über alle Antriebsarten (vgl. Studie des Umweltbundesamtes⁷⁵). Ergänzend wirkt eine Zulassungssteuer auf fossil angetriebene Fahrzeuge, die auf die Verbräuche der Pkw bezogen ist und deshalb ein sog. „Downsizing“ auslöst. Sie tritt gemäß Prämissendefinition 2025 vollständig in Kraft und senkt den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch neuzugelassener fossil angetriebener Pkw um 10 %. Der Anteil der in den Jahren 2030 bzw. 2040 betroffenen Fahrzeuge wurde über die Verteilungen des Bestands nach Altersjahrgängen berechnet.

⁷⁴ Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena, Hrsg.) / EWI Energy Research & Scenarios gGmbH, dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, Berlin 2019.

⁷⁵ Umweltbundesamt: Flüssiger Verkehr für Klimaschutz und Luftreinhaltung, Dessau-Roßlau 2023.

	2019	2030	2040
Preis			
Ottokraftstoff (Euro/l)	1,43	2,56	2,33
Diesekraftstoff (Euro/l)	1,27	2,27	2,06
Strom (Euro/kWh)	0,31	0,26	0,35
Spezifischer Verbrauch			
Pkw Ottokraftstoff (l/100 km)	7,9	7,0	6,7
Pkw Diesekraftstoff (l/100 km)	7,0	6,1	5,8
Pkw PHEV, fossil (l/100 km)	4,6	3,9	3,6
Pkw PHEV, elektrisch (kWh/100 km)	31,0	25,6	23,5
Pkw BEV (kWh / 100 km)	19,0	15,8	14,3
Anteil Otto-/Diesekraftstoff an Pkw-Fahrleistung mit Verbrennungsmotoren (%)			
Pkw Ottokraftstoff	0,54	0,55	0,55
Pkw Diesekraftstoff	0,46	0,45	0,45
km-Kosten (Cent / km) durch Kraftstoff-/Stromverbrauch			
Pkw fossil angetrieben	10,2	16,1	14,0
Pkw lokal emissionsfrei	5,8	4,2	5,1

Tabelle 6-2: Km-spezifische Kosten nach Antriebsart, Klimaschutzszenario

Weitere Kostenkomponenten im motorisierten Individualverkehr sind **Parkkosten** sowie weitere Gebühren wie etwa **Straßenbenutzungsgebühren**. Im Klimaschutzszenario wird eine Pkw-Straßenbenutzungsgebühr i. H. v. 5 ct/Fzg-km (zum Preisstand 2019) auf allen Straßen angenommen. Dabei wird zeitlich differenziert: Bereits 2030 fällt für alle fossil angetriebenen Pkw eine Maut an. 2040 ist für alle Pkw eine Maut zu zahlen. Zusätzlich zur Pkw-Maut wird außerdem der Mobilitätspass („City-Maut“) (nicht auf Autobahnen, aber einschließlich auf Bundesstraßen) unterstellt. Hierbei wird räumlich, zeitlich und sachlich wie in nachfolgender Tabelle ersichtlich differenziert:

Antriebsart	2030		2040	
	räumlich	preislich	räumlich	preislich
fossil angetrieben	9 Großstädte (100 T EW) in BW (S, KA, MA, FR, HD, UL, HN, PF, RT), Stadtkreis	10 ct/Fzg-km	Ballungsräume BW wie Mobilitätsgarantie	10 ct/Fzg-km
lokal emissionsfrei				

Tabelle 6-3: Differenzierung „Mobilitätspass“ im Klimaschutzszenario

In Bezug auf die Entwicklung der Parkkosten wird für Städte und Ballungsräume (> 90.000 Einwohner) zum einen ein deutlich reduziertes Parkraumangebot bei gleichzeitig erhöhten Parkkosten, differenziert nach Antriebsart, angenommen:

- » Für fossilangetriebene Pkw werden, zeitlich nicht differenziert, und damit sowohl für 2030 als auch für 2040, folgende mittleren Kosten angenommen:

1h – 4 EUR / 1 Tag – 30 EUR / 1 Jahr – 1.000 EUR

- » Für lokal emissionsfreie Pkw entwickeln sich die Parkkosten bis 2030 real konstant ggü. 2019. Für 2040 greifen dann die selben Kostensätze wie für fossil angetriebene Pkw.

Die Ausführungen zu Erlösenwicklung und Konkurrenzdruck im **Schienenpersonenfernverkehr** (SPFV) unter Abschnitt 3.4.1 behalten ihre Gültigkeit. Da die zum 01.01.2020 erfolgte Absenkung des Mehrwertsteuersatzes für Fahrscheine im Schienenpersonenfernverkehr in den Prognosezeitraum fällt und zudem weitere Preisanpassungen an den Wettbewerb (v. a. Fernbus-Linienverkehr, aber auch Luft- und Pkw-Verkehr) angenommen werden können, wird im Klimaschutzszenario abweichend vom Bezugsszenario von einer Reduktion der Preise um real 25 % für 2030 und 2040 gegenüber 2019 ausgegangen.

Das Deutschlandticket wird in seiner Wirkung auf Preisstruktur und -niveau im **Schiennenpersonennahverkehr** (SPNV) sowie im **Öffentlichen Straßen-Personennahverkehr** (ÖSPNV) berücksichtigt. Dabei gilt das Deutschlandticket sowohl 2030 als auch 2040 zum real konstanten Einführungspreis von 49 € pro Monat. Die Hintergründe zu konstanten Bartarifen und sinkenden Zeitkartenpreisen im **SPNV** und **ÖPNV** in Baden-Württemberg sind unverändert zu denen des Bezugsszenarios. Eine Integration der Fernbusse wurde nicht angenommen. Abweichend vom Bezugsszenario wird eine Abnahme der Zeitkartenpreise im SPNV und ÖPNV um 25 % für 2030 gegenüber 2019 angenommen.

6.3.2 Güterverkehr

Im Klimaschutzszenario werden folgende güterverkehrsrelevante Prämissen die Transportkosten betreffend gegenüber dem Bezugsszenario verändert bzw. ergänzt.

Es wird von einem CO₂-Preis von 205 €/t CO₂, statt der im Bezugsszenario angenommenen 100 €/t CO₂ ausgegangen. Dies hat zur Folge, dass sich die damit verbundenen Kosten für einen Liter Dieseldieselkraftstoff von 0,31 €/l auf 0,64 €/l erhöhen.

	2019	2030	2040
Dieseltreibstoff (in ct/l)	99,7	105,2	110,8
CO ₂ -Steuer in ct/l	0,0	54,0	64,0
Maut in ct/km	18,7	37,4	37,4
Personalkosten (€/h)	22,1	25,32	28,68
Kosten einer Sattelzugmaschine (Dieselbetrieb) in ct/Lkw-km	122,9	165,7	175,9
Kosten eines schweren Nutzfahrzeugs (Dieselbetrieb) in ct/Lkw-km	146,1	190,4	202,1

Tabelle 6-4: Entwicklung der Transportkosten für Diesel-Lkw im Straßengüterverkehr, Klimaschutzszenario

Quelle: eigene Darstellung auf Basis destatis, Daten zur Energiepreisentwicklung auf Basis Toll Collect

Darüber hinaus wird auch eine Verdoppelung der Lkw-Maut für Diesel-Lkw und eine Ausweitung der Maut auf alle Straßen in BW (auch Landes- und Kommunalstraßen) angenommen. Mit der Verdoppelung werden die höheren externen Kosten der Verbrennerfahrzeuge in der Lkw-Maut abgebildet. Die für einen Diesel-Lkw (SZM) entstehenden Kostenänderungen können der Tabelle 6-4 entnommen werden.

Die im Klimaschutzszenario angenommene Erhöhung der Lkw-Maut sowie die höhere CO₂-Bepreisung führen im Straßengüterverkehr zu einer stärkeren Belastung der Diesel-Lkw zwischen rd. 17 % (SNF) und 20 % (SZM) gegenüber dem Bezugsszenario, bei gleichzeitig unveränderten Kosten der alternativen Fahrzeuge (vgl. Tabelle 6-5).

	2019	2030	2040
SZM – Sattelzugmaschinen			
Diesel-Lkw im Bezugsszenario	1,23	1,38	1,46
Diesel-Lkw im Klimaschutzszenario		1,66	1,76
Veränderung KSS ggü. BEZ in %		20,1 %	20,2 %
BEV-Lkw		1,18	1,16
H ₂ -Lkw		1,54	1,38
SNF-Schwere Nutzfahrzeuge			
Diesel-Lkw im Bezugsszenario	1,46	1,62	1,73
Diesel-Lkw im Klimaschutzszenario		1,90	2,02
Veränderung KSS ggü. BEZ in %		17,0%	17,1%
BEV-Lkw		1,42	1,42
H ₂ -Lkw		1,82	1,62
Summe Lkw-Kosten in ct je Lkw km für alle Lkw nach unterschiedlichen Antriebstechnologien			
Diesel-Lkw Bezugsszenario	1,36	1,52	1,61
Diesel-Lkw Klimaschutzszenario	1,36	1,80	1,91
BEV-Lkw		1,32	1,30

	2019	2030	2040
H ₂ -Lkw		1,70	1,51
Summe alle Lkw im BEZ	1,36	1,50	1,41
Summe alle Lkw im KSS	1,36	1,66	1,37
Veränderung KSS ggü BEZ in % (Summe aller Lkw)		+10,7%	-2,8%

Tabelle 6-5: Entwicklung der Lkw-Kosten nach Antriebsarten in €/Lkw-km

Dies führt zu stärkeren Veränderungen in der gesamten Lkw-Flottenstruktur, weil sich der Anreiz zu einem Wechsel zu den alternativen Antrieben durch die höheren Kosten für einen Diesel-Lkw verstärkt. Gegenüber dem Bezugsszenario sinkt der Dieselanteil in 2040 von 25 % im Klimaschutzszenario auf 4 %, in 2030 machen Diesel-Fahrzeuge jedoch immer noch 69 % der gesamten Lkw-Flotte aus (vgl. Tabelle 6-6). Sattelzugmaschinen werden in 2040 ausschließlich mit alternativen Antrieben betrieben, bei schweren Nutzfahrzeugen liegt der Diesel-Anteil noch bei 7 %. Der starke Rückgang des Dieselanteils in der Gesamtflotte ist im Wesentlichen auch darauf zurückzuführen, dass Restriktionen bei der Tank- und Ladeinfrastruktur frühzeitig abgebaut sind.

	Bezugsszenario			Klimaschutzszenario		
	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂
SZM – Sattelzugmaschinen						
2030	82 %	17 %	1 %	63 %	34 %	3 %
2040	17 %	61 %	13 %	0 %	82 %	17 %
SNF – Schwere Nutzfahrzeuge						
2030	89 %	11 %	1 %	73 %	24 %	2 %
2040	32 %	55 %	13 %	7 %	76 %	16 %
Alle Fahrzeuge						
2030	86 %	13 %	1 %	69 %	28 %	3 %
2040	25 %	61 %	13 %	4 %	79 %	17 %

Tabelle 6-6: Veränderung der Lkw-Flottenstruktur nach Antriebsarten in % zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario

Aufgrund der höheren Kostenbelastung für den Dieselantrieb und der damit verbundenen Entwicklung in der Flottenstruktur im Klimaschutzszenario steigen die Kosten im Straßengüterverkehr in 2030 um durchschnittlich rd. 11 % gegenüber dem Bezugsszenario. In 2040 sind die durchschnittlichen Kosten im Straßengüterverkehr im Klimaschutzszenario je nach Lkw-Typ zwischen 4 % und 8 % höher als im Bezugsszenario (vgl. Tabelle 6-7). Diese Kostenentwicklung hat Einfluss auf die Verkehrsmittelwahlentscheidung in den beiden Jahren.

	durchschnittliche Lkw-Kosten in €/Lkw-km im BzSz		durchschnittliche Lkw-Kosten in €/Lkw-km im KsSz		Differenz gegenüber dem Bezugsszenario in %	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040
SZM	1,34	1,24	1,49	1,20	11,5 %	-3,2 %
SNF	1,60	1,53	1,78	1,48	11,8 %	-2,9 %

Tabelle 6-7: Durchschnittliche Veränderung der Lkw-Kosten in €/Lkw-km zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario

Die im Klimaschutzszenario angenommene Errichtung eines kombinierten Verkehrsterminals bis 2040 in Lahr führt zu Verkehrsverlagerungen auf die Schiene. Das sich hier ergebende Potential wird aufgrund detaillierter und relationsspezifischer Transportkostenbetrachtungen in einem 50 km Umkreis um Lahr auf rd. 309 kt bzw. 25.000 LE (rd. 42.000 TEU) geschätzt und setzt sich überwiegend aus Verlagerungen vom Lkw auf die Schiene zusammen. Das Vorhandensein von ZALANDO als Ankercunde wirkt sich hierbei positiv auf die in Lahr gebündelte Verkehrsnachfrage aus.

Die weiter für den Schienengüter- und Binnenschifffahrtsverkehr im Bezugsszenario besprochenen Prämissen der Transportkosten behalten ihre Gültigkeit, vgl. Abschnitt 3.4.2.2 und 3.4.2.3, mit Ausnahme der Treibstoffkosten der Binnenschifffahrt, die den höheren CO₂-Preis und damit verbundene technologische Anpassungen berücksichtigen.

6.4 Weitere Verkehrs- und umweltpolitische Rahmenbedingungen

Auf ordnungsrechtlicher Ebene wird im Zuge des SaubereFahrzeugeBeschaffungsGesetz angenommen, dass ab 2027 nur noch lokal emissionsfreie Dienstwagen neu zugelassen werden dürfen. Die für das Bezugsszenario getroffene Annahme, dass ab 2035 EU-weit keine Pkw und leichten Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren mehr neu zugelassen werden dürfen, ist gleichermaßen für das Klimaschutzszenario gültig.

Nullemissionszonen sind für alle fossil angetriebenen Pkw in beiden Zeithorizonten vorgesehen, das heißt, in diese Zonen ist die Einfahrt entsprechender Pkw (auch PHEV) verboten. Räumlich beschränken sich diese 2030 auf das komplette Stadtgebiet von Heidelberg, Mannheim, Schwäbisch Gmünd, Tübingen und Konstanz, und auf 20 % der jeweiligen Stadtgebiete von Stuttgart, Karlsruhe, Ulm, Heilbronn, Pforzheim, Reutlingen und Freiburg. Für 2040 wird die räumliche Wirksamkeit ausgeweitet. Die vorgenannten Städte sind dann alle komplett als Nullemissionszonen unterstellt, die Stadtgebiete weiterer Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern, vgl. nachstehende Liste, sind zu 20 % als Nullemissionszonen unterstellt. Zusätzlich wird 2030 und 2040 für lokal emissionsfreie Fahrzeuge die Einfahrt in diese Zonen nur verzögert ermöglicht (Pfortnern). Beim Pfortnern werden die Grünzeitanteile für alle LSA am Kordon einer Stadt für stadteinwärts fahrende Fahrzeuge reduziert. Dadurch entsteht ein Rückstau bei der Einfahrt in die Stadt, innerhalb der Stadt fließt der Verkehr jedoch besser. Dies führt dazu, dass Pkw versuchen Ausweichrouten ohne LSA zu finden, oder sie reagieren durch eine veränderte Abfahrtszeit-, Verkehrsmittel- oder Zielwahl. Die Maßnahme wirkt dabei vor allem in der Hauptverkehrszeit. In der Nebenverkehrszeit wirkt die Maßnahme kaum, da kein Rückstau und Zeitverlust entsteht.

Stadt	Status	Landkreis
Esslingen	Große Kreisstadt	Esslingen
Ludwigsburg	Große Kreisstadt	Ludwigsburg
Villingen-Schwenningen	Große Kreisstadt	Schwarzwald-Baar-Kreis
Aalen	Große Kreisstadt	Ostalbkreis
Sindelfingen	Große Kreisstadt	Böblingen
Friedrichshafen	Große Kreisstadt	Bodenseekreis
Offenburg	Große Kreisstadt	Ortenaukreis
Göppingen	Große Kreisstadt	Göppingen
Waiblingen	Große Kreisstadt	Rems-Murr-Kreis
Baden-Baden	Stadtkreis	–
Ravensburg	Große Kreisstadt	Ravensburg
Rastatt	Große Kreisstadt	Rastatt
Böblingen	Große Kreisstadt	Böblingen

Tabelle 6-8: Nullemissionszonen zu 20 %, 2040

Quelle: amtliche Fortschreibung des StaLa Baden-Württemberg zum 31.12.2020

Das im Bezugsszenario angenommene Tempolimit von 30 km/h innerorts wird im Klimaschutzszenario für beide Zeithorizonte nun generell auf alle Straßentypen ausgeweitet, angenommen mehrstreifige Straßen. Auf Autobahnen und Bundesstraßen wird bis 2030 das Tempolimit 100/80 km/h eingeführt.

Für Lkw wurde im Klimaschutzszenario eine zusätzliche Minderung des spezifischen Verbrauchs in Höhe von 3 % für beide Zieljahre unterstellt, die aus der Maßnahme „Tempomat für Lkw“ resultiert, d. h. einer automatisierten Tempobegrenzung auf 80 km/h. Der Reduktionsfaktor basierte auf Auswertungen des HBEFA (vgl. flüssiger SNF-Verkehr auf BAB ohne Tempolimit vs. BAB mit Tempolimit 80 km/h) durch die wissenschaftliche Begleitung. Verkehrliche Wirkungen, d. h. auf den Modal Split, ergeben sich dadurch nicht.

6.5 Technologieentwicklungen

Eine der wichtigsten Einflussgrößen in Hinblick auf die Treibhausgasemissionen des Verkehrs ist die Entwicklung der Antriebsartenstruktur im motorisierten Straßenverkehr. Diese wird in Abschnitt 7.3.1.1 ausführlich beleuchtet.

Die grundlegenden Annahmen zum autonomen und vernetzten Fahren (AVF) sind unverändert zum Bezugsszenario, vgl. Abschnitt 3.6.

6.5.1 Entwicklung der Antriebsartenstruktur

Zur Bestimmung der verkehrlichen Wirkungen im Klimaschutzszenario wurden Bestandsanteile von Fahrzeugen je Antriebsart mit dem Projektpartner *Wissenschaftliche Begleitung* (P1) abgestimmt. Die Antriebsartenstruktur

- » basiert auf den Parametern „Kosten“ und „von den Maßnahmen betroffene Neuzulassungen/Bestand“,
- » definiert Antriebsarten-spezifische Neuzulassungszahlen für die Einzelmaßnahmen.

Konkret wurden für fossil angetriebene (fos) und lokal emissionsfreie (lef) folgende Anteile berücksichtigt:

- » 2030: 71,2 % (fos) und 28,8 % (lef)
- » 2040: 29,9 % (fos) und 71,1 % (lef)

Nachstehende Tabellen geben die Entwicklung der Antriebsartenstruktur der Neuzulassungen und des Bestands wieder.

Neuzulassungen (Anteile in %)	2019	2021	2025	2030	2035 ff.
Otto	56,8	32,8	15,5	0,6	0,0
Diesel	33,2	20,0	9,4	0,4	0,0
Flüssiggas	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0
Erdgas	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Hybrid (ohne PHEV)	6,2	14,9	7,0	0,3	0,0
PHEV	1,6	15,6	11,9	0,7	0,0
BEV	2,0	16,1	55,6	96,9	98,0
FCV	0,0	0,0	0,4	1,2	2,0

Tabelle 6-9: Entwicklung der Antriebsartenstruktur der Pkw-Neuzulassungen, Klimaschutzszenario
Quelle: Wissenschaftliche Begleitung (P1)

Im Vergleich zum Bezugsszenario sind die Anteile für neuzugelassene BEV und fossil angetriebene Fahrzeuge bis einschließlich 2022 unverändert. Die Wirkung der verschiedenen Maßnahmen zur Senkung der THG-Emissionen wird spätestens 2025 ersichtlich: Während im Bezugsszenario der BEV-Anteil ca. 27 % beträgt, steigt er auf 56 % im Klimaschutzszenario. Der Anteil fossil angetriebener Fahrzeuge beträgt statt 53 % rund 32 %. Auch der Anteil der PHEV-Pkw ist mit 12 % geringer als im Bezugsszenario (20 %). Bereits 2030 werden BEV-Fahrzeuge mit 97 % einen Großteil der neuzugelassenen Fahrzeuge ausmachen (im Vergleich: 62 % im Bezugsszenario). Eine ausführliche Entwicklung der Neuzulassungen und des Bestands über alle Jahre für das Klimaschutzszenario ist im Anhang D-2- 1 und Anhang D-2- 2 dargestellt.

Bestand [Anteile in %]	2019	2021	2025	2030	2035	2040
Otto	65,1	63,4	55,6	41,3	27,0	15,8
Diesel	32,6	30,7	26,7	19,7	12,9	7,6
Flüssiggas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
Erdgas	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Hybrid (o.PHEV)	1,0	2,3	4,4	4,4	3,3	2,2
PHEV	0,3	1,4	4,3	5,2	4,1	2,8

Bestand [Anteile in %]	2019	2021	2025	2030	2035	2040
BEV	0,4	1,5	8,4	28,5	51,5	69,9
FCV	0,0	0,0	0,1	0,3	0,7	1,2

Tabelle 6-10: Pkw-Bestand nach Antriebsarten, in Prozent, Klimaschuttszenario

Quelle: Wissenschaftliche Begleitung (P1)

Maßnahmen, die die Antriebsartenstruktur beeinflussen, ähneln z. T. der Art nach denen im Bezugsszenario oder sind komplett neu. Dazu gehören erhöhte Parkgebühren und Parkplatzsuchzeiten für fossil angetriebene Pkw (bereits im Bezugsszenario enthalten), ein Mobilitätspass von 10 ct/km außer auf Autobahnen für fossil angetriebene Pkw, eine Straßenbenutzungsgebühr für fossil angetriebene Pkw, der erhöhte CO₂-Preis, 100 % lokal emissionsfreie Dienstwagen-Neuzulassungen und der differenzierte Zugang zu Städten auf Grund von Nullemissionszonen. Weder im Bezugsszenario noch im Klimaschuttszenario wurde die Wirkung der Maßnahmen mit dem BEV-Anteil der Flotten in den Kreisen rückgekoppelt. Stattdessen wurden die (prozentualen) Abweichungen zum BW-Durchschnitt fortgeschrieben. Dabei wurden die absoluten Werte der BEV-Anteile berücksichtigt, um zu verhindern, dass sie unplausibel hoch werden, was im Fall der Kernstädte sonst der Fall gewesen wäre.

Kreis	Anteil BEV, 2019	Anteil BEV, 2030	Anteil BEV, 2040
Stuttgart	1 %	47 %	95 %
Böblingen	1 %	46 %	95 %
Esslingen	0 %	32 %	78 %
Göppingen	0 %	25 %	60 %
Ludwigsburg	0 %	28 %	68 %
Rems-Murr-Kreis	0 %	28 %	68 %
Stadt Heilbronn	0 %	21 %	53 %
Heilbronn	0 %	27 %	68 %
Hohenlohekreis	0 %	23 %	61 %
Schwäbisch Hall	0 %	25 %	67 %
Main-Tauber-Kreis	0 %	19 %	51 %
Heidenheim	0 %	18 %	47 %
Ostalbkreis	0 %	23 %	57 %
Baden-Baden	0 %	34 %	82 %
Stadt Karlsruhe	1 %	30 %	67 %
Karlsruhe	0 %	26 %	64 %
Rastatt	0 %	27 %	65 %
Heidelberg	0 %	25 %	55 %
Mannheim	0 %	21 %	47 %
Neckar-Odenwald-Kreis	0 %	25 %	66 %
Rhein-Neckar-Kreis	0 %	28 %	67 %
Pforzheim	0 %	25 %	63 %
Calw	0 %	34 %	85 %
Enzkreis	0 %	30 %	74 %
Freudenstadt	0 %	24 %	63 %
Freiburg im Breisgau	0 %	32 %	80 %
Breisgau-Hochschwarzwald	0 %	31 %	78 %
Emmendingen	0 %	35 %	89 %
Ortenaukreis	0 %	27 %	69 %
Rottweil	0 %	22 %	55 %
Schwarzwald-Baar-Kreis	0 %	23 %	59 %
Tuttlingen	0 %	26 %	64 %
Konstanz	0 %	32 %	82 %
Lörrach	0 %	30 %	77 %
Waldshut	0 %	31 %	81 %
Reutlingen	0 %	26 %	65 %

Kreis	Anteil BEV, 2019	Anteil BEV, 2030	Anteil BEV, 2040
Tübingen	0 %	28 %	71 %
Zollernalbkreis	0 %	21 %	54 %
Ulm	0 %	30 %	75 %
Alb-Donau-Kreis	0 %	25 %	65 %
Biberach	0 %	29 %	76 %
Bodenseekreis	0 %	29 %	73 %
Ravensburg	0 %	28 %	72 %
Sigmaringen	0 %	21 %	57 %

Tabelle 6-11: BEV-Anteile im Klimaschutzscenario für 2030 und 2040, in Prozent

So liegen die BEV-Anteile in Mannheim und Heilbronn im Jahr 2030 unter dem Durchschnitt, obwohl hier mehrere Maßnahmen, die den BEV-Anteil steigern, umgesetzt werden. Dies liegt an den bis Maßnahmenbeginn unterdurchschnittlichen BEV-Anteilen in diesen Kreisen. Nachfolgende Tabelle 6-11 zeigt die kreisspezifischen BEV-Anteile im Klimaschutzscenario.

Die Antriebsartenstruktur des Bestands der schweren Nutzfahrzeuge wird in Kapitel 6.3.2 aufbauend auf der Entwicklung der Transportkosten aufgegriffen. Für die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) mit zGG <7,5 t war die Prognose der Antriebsartenstruktur des Bestands nicht notwendig, so dass direkt auf die Fahrleistungsanteile aufgesetzt wurde. Dabei wurde zunächst die Veränderungen (Anteile im KSS ggü. Anteile im BEZ) bei SNF zugrunde gelegt. Anschließend wurde berücksichtigt, ob die Maßnahmen auf SNF und LNF unterschiedlich stark wirken. Die Ergebnisse finden sich in Tabelle 6-12. Das Neuzulassungsverbot für Verbrenner ab 2035 gilt analog zum Bezugsszenario und wurde implizit berücksichtigt. Insgesamt wurde die Antriebsartenstruktur der LNF-Flotte analog zur Lkw-Flotte (SNF und SZM) modifiziert, denn es wirken die gleichen Maßnahmen auf die Flottenumstellung (Tank- und Ladeinfrastruktur, CO₂-Preis, Lkw-Maut). Im Bezugsszenario entsprechen sich die Anteile der klimaneutralen LNF an der Flotte und der klimaneutralen LNF-Fahrleistung an der LNF-Gesamtfahrleistung. Man kann davon ausgehen, dass diese Beziehung auch im Klimaschutzscenario Gültigkeit behält.

	2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Fahrleistungen					
Otto	5 %	4 %	1 %	1 %	1 %
Diesel, einschl. sonst. Verbrenner	94 %	83 %	32 %	61 %	3 %
BEV	1 %	13 %	65 %	35 %	79 %
FCV	0 %	1 %	2 %	3 %	17 %

Tabelle 6-12: Anteile der Fahrleistungen bei leichten Nutzfahrzeugen < 7,5 t zGG nach Antriebsart

BzSz / KsSz: Bezugsszenario / Klimaschutzscenario

Quelle: KBA, eigene Prognosen

In Tabelle 6-12 sind folgende zentrale Ergebnisse zu erkennen:

- » Der Anteil der BEV steigt im Klimaschutzscenario zunächst bis 2030 auf 35 %, und ist damit 2,5fach höher als im Bezugsszenario. Die Abweichung im Jahr 2040 ist mit 14 Prozentpunkten weniger stark.
- » Abweichend vom Bezugsszenario fällt der Rückgang des Anteils der Diesel-Fahrzeuge wesentlich stärker aus, sodass dieser im Jahr 2040 nur noch 3 % beträgt.

Für die **Omnibusse** haben wir das Szenario 4 der CVD-Studie verwendet, in dem der Anteil der emissionsfreien Fahrzeuge auf 26 % (2030) und 87 % im Jahr 2040 steigt (Bezugsszenario: Szenario 1,50 % (2040)).⁷⁶

⁷⁶Sphera, Transformationsprozess zu emissionsfreien Bussen im Kontext der Clean Vehicles Directive (CVD-Studie), 2021, S. 25.

6.5.2 Spezifische Energieverbräuche

Die Prognose der spezifischen Energieverbräuche stützt sich in erster Linie auf externe Energieprognosen und wird bei der Darstellung der einzelnen Verkehrsträger beschrieben.

Für den **Pkw-Verkehr** wurde zunächst analog zum Bezugsszenario die sogenannte „dena-Leitstudie“ des EWI Köln et al. verwendet (vgl. Abschnitt 3.4.1, Tabelle 3-16, Tabelle 3-17 und Tabelle 3-19). Zusätzlich weicht der spezifische Verbrauch im Klimaschutzszenario um -7,8 Prozent ggü. dem Bezugsszenario ab auf Grund des eingeführten 100/80 km/h-Tempolimits. Dies gilt sowohl für 2030 als auch für 2040 und über alle Antriebsarten (vgl. Studie des Umweltbundesamtes⁷⁷). Ergänzend wirkt eine Zulassungssteuer auf die Verbräuche. Sie tritt gemäß Prognoseprämissen 2025 vollständig in Kraft und senkt den durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch neu zugelassener fossil angetriebener Pkw um 10 %. Beide Maßnahmen tangieren jeweils alle Arten von Verbrennern (Otto, Diesel, PHEV etc.) Die genauen spezifischen Verbräuche können Tabelle 6-2 entnommen werden. Bei leichten Nutzfahrzeugen waren im Gegensatz zu Pkw hier keine konkreten Maßnahmen zur verbrauchsminderung unterstellt. Ersatzweise wurde die Minderung des spezifischen Verbrauchs pauschal von 0,5 % p. a. im Bezugsszenario auf 1,0 % p. a. angehoben, weil auch hier eine stärkere Minderung als im Bezugsszenario sinnvoll erscheint..

Die weiteren Ausführungen im Bezugsszenario zu Eisenbahnen, Binnenschifffahrt und Luftfahrt behalten ihre Gültigkeit, vgl. Abschnitt 3.6.2. Im Luftverkehr speziell sind die spezifischen Verbräuche im Prognosezeitraum für das Klimaschutzszenario unverändert zum Bezugsszenario.

6.6 Änderungen des Verkehrsverhaltens aufgrund von Langzeitwirkungen der Pandemie

Die Ausführung im Bezugsszenario, vgl. Abschnitt 3.7, behalten ihre Gültigkeit.

⁷⁷ Umweltbundesamt: Flüssiger Verkehr für Klimaschutz und Luftreinhaltung, Dessau-Roßlau 2023.

6.7 Entwicklung des Pkw-Bestands

Abweichend von den im Bezugsszenario angenommenen Wachstumsraten wird für das Klimaschutzszenario ein Rückgang der Pkw-Dichte auf das Niveau des Jahres 2010, nämlich 553 Pkw je 1.000 Einwohner, bis 2030 angenommen und bis 2040 beibehalten. Die Pkw-Dichte müsste dazu in den kommenden sieben Jahren dramatisch zurückgehen. Da das Niveau der Neuzulassungen hoch bleiben muss, um hohe Anteile an lokal emissionsfreien Fahrzeugen erreichen zu können, kann dies nur durch massive Löschungen alter Fahrzeuge aus dem Bestand möglich sein. Diese könnten z. B. durch eine Abwrackprämie erzielt werden. Für eine entsprechende Ursache-Wirkungs-Beziehung wurden allerdings keine konkreten Annahmen hinterlegt. Die hier gesetzte Reduktion beträgt 14 % bis zum Jahr 2030 im Klimaschutzszenario gegenüber dem Bezugsszenario⁷⁸.

6.7.1 Pkw-Bestand in Baden-Württemberg

Entsprechend wird unter diesen gesetzten Annahmen in Tabelle 6-13 dargestellter Entwicklung von Bestand und Dichtegrößen ausgegangen:

Jahr	Bestand ¹⁾		Dichte über 18 ²⁾		Dichte insg. ³⁾	
	Mio.	Veränderung in % ⁴⁾	Pkw / 1000 E	Veränderung in % ⁴⁾	Pkw / 1000 E	Veränderung in % ⁴⁾
2019	6.723		728		606	
2030	6.290	-6,4	669	-8,0	553	-8,7
2040	6.303	-6,2	661	-8,0	553	-8,7

1) Zum 1.7., ohne vorübergehend stillgelegte Fahrzeuge. Mit Bevölkerung gemäß 14. KBV, W32

2) Pkw pro 1.000 Einwohner über 18 Jahre

3) Pkw pro 1.000 Einwohner

4) ggü. 2019

Tabelle 6-13: Entwicklung des Pkw-Bestands und der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg, Klimaschutzszenario

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, Statistisches Bundesamt, eigene Prognosen

6.7.2 Regionale Differenzierung

Die Divergenz der Entwicklung der Pkw-Dichte bei Agglomerationen und Peripherie wurde im Klimaschutzszenario mit einem Algorithmus berechnet, so dass die prozentuale Minderung in hochverdichteten Kreisen höher ausfällt als in ländlichen Kreisen. Eine Übersicht zur Pkw-Dichte in der Analyse und in den Szenarien gibt Tabelle 6-13.

6.8 CO₂-Emissionsfaktoren

Die Ausführungen zu den CO₂-Emissionsfaktoren im Bezugsszenario Abschnitt 3.9 behalten ihre Gültigkeit.

⁷⁸ Das Ministerium für Verkehr verweist auf eine Studie, in der Parkraummanagement vergleichbar zu den hier hinterlegten Annahmen zu einer Bestandsreduktion von 12% führte: https://www.klimaschutz-bewegt.de/wp-content/uploads/Studie_Klimawirkung_PRM_Dokumentation-1.pdf

7 Ergebnisse Klimaschutzszenario

Dieses Kapitel stellt die Ergebnisse der Berechnungen im Rahmen des Klimaschutzszenarios analog Kapitel 5 jeweils für die Jahre 2030 und 2040 vor. Besonders wirkende Maßnahmen werden hervorgehoben. Der Maßnahmen-/Instrumentenkatalog ist kompakt im Anhang A- 2 dargestellt. Die dem Klimaschutzszenario zugrunde liegenden Eckdaten der Analyse 2019 sind jeweils den spezifischen Ergebnistabellen zu entnehmen. Für einen Überblick verschiedener Eckwerte für 2019 sowie 1990 und 2010 wird auf Kapitel 5 verwiesen.

Die Ergebnisse sind in die des Personen- und Güterverkehrs sowie die des Endenergieverbrauchs und der THG-Emissionen unterteilt. Dabei werden

- » Verkehrsaufkommen und -leistungen bzw. Transportaufkommen und -leistungen,
- » Fahr- und Betriebsleistungen,
- » Endenergieverbräuche und
- » THG-Emissionen

dargestellt.

Darüberhinaus sind die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse (7.4) dokumentiert.

7.1 Personenverkehr

Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung sind inhaltlich differenziert nach Verkehrsmittel, Fahrtzweck und Hauptverkehrsbeziehung dargestellt, hinzu kommt eine Auswertung zu den Wegen pro Einwohner.

7.1.1 Auswertung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck

Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen sinken gesamtmodal im Klimaschutzszenario ggü. dem Analysejahr 2019, sowohl für das Jahr 2030 als auch für das Jahr 2040 (vgl. Tabelle 7-1 bis Tabelle 7-6). Die der Änderung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung zugrundeliegenden Prämissenwirkungen sind den Wirkungen von Struktureffekten gegenübergestellt⁷⁹.

Die Betrachtung unterscheidet sechs verschiedene Verkehrsmittel.

⁷⁹Die Bedeutung von Prämissen- und Struktureffekten auf Verkehrsleistung und -aufkommen ist in Kapitel 5.1.1 und dort weiter genannten Kapiteln herausgearbeitet. Die konstante Pkw-Dichte ggü. 2010 ist hier ein Struktureffekt.

Verkehrsmittel	2019	2030	Veränderung 2030/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Eisenbahnverkehr	391	684	+74,9%	+8,2%	+61,6%
Motorisierter Individualverkehr	8.146	6.137	-24,7%	-1,7%	-23,4%
Luftverkehr	27	27	+0,4%	+13,6%	-11,6%
ÖSPV	1.071	1.333	+24,5%	+6,4%	+17,0%
Summe motorisierter Verkehr	9.635	8.181	-15,1%	-0,3%	-14,8%
Fahrradverkehr	1.278	2.054	+60,7%	+7,3%	+49,9%
Fußwegverkehr	2.827	3.033	+7,3%	+4,2%	+3,0%
insgesamt	13.740	13.268	-3,4%	+1,3%	-4,7%
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Eisenbahnverkehr	12.820	29.536	+130,4%	+10,9%	+107,7%
Motorisierter Individualverkehr	123.118	90.214	-26,7%	+0,7%	-27,3%
Luftverkehr	981	954	-2,8%	+12,4%	-13,5%
ÖSPV	8.815	12.989	+47,3%	+8,4%	+35,9%
Summe motorisierter Verkehr	145.735	133.694	-8,3%	+2,2%	-10,2%
Fahrradverkehr	4.900	9.234	+88,4%	+8,5%	+73,6%
Fußwegverkehr	4.720	5.075	+7,5%	+4,3%	+3,0%
insgesamt	155.355	148.002	-4,7%	+2,4%	-7,0%

Tabelle 7-1: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2030, nach Verkehrsmitteln

Verkehrsmittel	2019	2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Eisenbahnverkehr	391	680	+73,7%	+8,9%	+59,6%
Motorisierter Individualverkehr	8.146	6.295	-22,7%	+0,0%	-22,7%
Luftverkehr	27	29	+7,6%	+31,4%	-18,1%
ÖSPV	1.071	1.360	+27,0%	+6,4%	+19,4%
Summe motorisierter Verkehr	9.635	8.364	-13,2%	+1,2%	-14,2%
Fahrradverkehr	1.278	2.111	+65,2%	+11,6%	+48,0%
Fußwegverkehr	2.827	2.993	+5,9%	+3,7%	+2,1%
insgesamt	13.740	13.467	-2,0%	+2,7%	-4,5%
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Eisenbahnverkehr	12.820	29.196	+127,7%	+13,7%	+100,3%
Motorisierter Individualverkehr	123.118	94.862	-23,0%	+3,5%	-25,5%
Luftverkehr	981	1.010	+2,9%	+28,3%	-19,8%
ÖSPV	8.815	13.269	+50,5%	+8,8%	+38,3%
Summe motorisierter Verkehr	145.735	138.337	-5,1%	+4,9%	-9,5%
Fahrradverkehr	4.900	9.541	+94,7%	+14,3%	+70,4%
Fußwegverkehr	4.720	5.024	+6,4%	+4,1%	+2,3%
insgesamt	155.355	152.902	-1,6%	+5,1%	-6,4%

Tabelle 7-2: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2040, nach Verkehrsmitteln

Während sich das Verkehrsaufkommen des MIV im Jahr 2030 um ca. 25 Prozent verringert, ist es für 2040 etwas weniger mit ca. 23 Prozent. Dagegen steigt das Eisenbahnverkehrsaufkommen im Vergleich zum Analysejahr 2019 um ca. 75 Prozent sowohl bis zum Jahr 2030 als auch bis zum Jahr 2040. Im Bereich des Luftverkehrs bleibt das Aufkommen zunächst unverändert und

steigt dann bis 2040 um ca. acht Prozent (die positiven Struktureffekte überlagern die negativen Prämissenwirkungen). In der Summe verringert sich das Aufkommen des motorisierten Verkehrs sowohl bis 2030 als auch in der in der längerfristigen Perspektive bis 2040.

Die Verkehrsleistung des MIV verringert sich analog zum Verkehrsaufkommen zunächst um ca. 27 Prozent bis 2030 und um etwa 23 Prozent bis 2040. Alle weiteren Verkehrsmittel, mit Ausnahme des Luftverkehrs, erfahren Zuwachsraten. Insgesamt steigt die Verkehrsleistung der Eisenbahn auf mehr als das Doppelte. Im Luftverkehr sinkt die Verkehrsleistung zunächst um ca. drei Prozent bis 2030 und steigt bis 2040 ggü. 2019 um ca. drei Prozent. In der Summe verringert sich die Verkehrsleistung sowohl bis 2030, um etwa fünf Prozent, als auch bis 2040, um 1,6 Prozent.

Der Modal Split für 2030 und 2040 ist den nachfolgenden Tabellen Tabelle 7-3 und Tabelle 7-4 zu entnehmen. Der Anteilsverlust im MIV verlagert sich sowohl 2030 als auch 2040 beim Verkehrsaufkommen zum großen Teil auf das Fahrrad, bei der Verkehrsleistung auf die Bahn.

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2030	Veränderung 2030/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [P]					
Bahn	2,8%	5,2%	+2,3 %P	+0,2 %P	+2,1 %P
MIV	59,3%	46,3%	-13,0 %P	-1,7 %P	-11,3 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	10,0%	+2,3 %P	+0,4 %P	+1,9 %P
Fahrrad	9,3%	15,5%	+6,2 %P	+0,5 %P	+5,6 %P
Fuß	20,6%	22,9%	+2,3 %P	+0,6 %P	+1,7 %P
Verkehrsleistung [Pkm]					
Bahn	8,3%	20,0%	+11,7 %P	+0,7 %P	+11,0 %P
MIV	79,2%	61,0%	-18,3 %P	-1,3 %P	-17,0 %P
Luftverkehr	0,6%	0,6%	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,0 %P
ÖSPV	5,7%	8,8%	+3,1 %P	+0,3 %P	+2,8 %P
Fahrrad	3,2%	6,2%	+3,1 %P	+0,2 %P	+2,9 %P
Fuß	3,0%	3,4%	+0,4 %P	+0,1 %P	+0,3 %P

Tabelle 7-3: Modal Split im Klimaschutzscenario 2030

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [P]					
Bahn	2,8%	5,0%	+2,2 %P	+0,2 %P	+2,0 %P
MIV	59,3%	46,7%	-12,5 %P	-1,5 %P	-11,0 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	10,1%	+2,3 %P	+0,3 %P	+2,0 %P
Fahrrad	9,3%	15,7%	+6,4 %P	+0,8 %P	+5,6 %P
Fuß	20,6%	22,2%	+1,6 %P	+0,2 %P	+1,4 %P
Verkehrsleistung [Pkm]					
Bahn	8,3%	19,1%	+10,8 %P	+0,7 %P	+10,2 %P
MIV	79,2%	62,0%	-17,2 %P	-1,3 %P	-16,0 %P
Luftverkehr	0,6%	0,7%	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,1 %P
ÖSPV	5,7%	8,7%	+3,0 %P	+0,2 %P	+2,8 %P
Fahrrad	3,2%	6,2%	+3,1 %P	+0,3 %P	+2,8 %P
Fuß	3,0%	3,3%	+0,2 %P	-0,0 %P	+0,3 %P

Tabelle 7-4: Modal Split im Klimaschutzscenario 2040

Die Betrachtung nach Fahrtzwecken unterscheidet in sechs Fahrtzwecke (vgl. Tabelle 7-5 und Tabelle 7-6).

Das Verkehrsaufkommen des Berufs- und Geschäftsverkehrs verringert sich um etwa acht bzw. 12 Prozent bis zum Jahr 2030. Beim Einkaufsverkehr überwiegen die Prämissenwirkungen, so dass das Verkehrsaufkommen hier um ca. drei Prozent sinkt. Bis 2040 sinken Berufs- und Geschäftsverkehr weiterhin, um vier bzw. ca. zwei Prozentpunkte, während der Einkaufsverkehr nun weniger stark sinkt, um etwa ein Prozent.

Die Verkehrsleistungen des Berufs-, Geschäfts-, Einkaufs- und Privatverkehrs sinken bis 2030 um ca. drei bis elf Prozent im Vergleich zum Analysejahr 2019 aufgrund überwiegender Prämissenwirkungen. Bei Urlaubs- und Ausbildungsverkehr führen Struktureffekte und Prämissenwirkung zum Anstieg der Verkehrsleistung um zehn bzw. vier Prozent. Ähnliche Entwicklungen ergeben sich bei der Betrachtung bis 2040, wobei nun außerdem die Verkehrsleistung im Privatverkehr um vier Prozent steigt.

Fahrtzweck	2019	2030	Veränderung 2030/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Beruf	2.338	2.134	-8,7%	-1,5 %	-7,4 %
Ausbildung	990	1.077	+8,8%	+8,1 %	+0,6 %
Einkauf	3.869	3.738	-3,4%	+0,7 %	-4,1 %
Geschäft	1.677	1.483	-11,6%	-0,4 %	-11,3 %
Urlaub	63	65	+4,0%	+6,3 %	-2,1 %
Privat	4.805	4.771	-0,7%	+2,2 %	-2,9 %
insgesamt	13.740	13.268	-3,4%	+1,3 %	-4,7 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Beruf	27.801	25.992	-6,5%	-0,9 %	-5,7 %
Ausbildung	6.509	7.188	+10,4%	+8,4 %	+1,9 %
Einkauf	26.256	24.280	-7,5%	+1,7 %	-9,0 %
Geschäft	24.691	21.929	-11,2%	+1,3 %	-12,3 %
Urlaub	11.519	12.016	+4,3%	+4,3 %	-0,0 %
Privat	58.578	56.598	-3,4%	+3,8 %	-6,9 %
insgesamt	155.355	148.002	-4,7%	+2,4 %	-7,0 %

Tabelle 7-5: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2030, nach Fahrtzwecken

Fahrtzweck	2019	2040	Veränderung 2040/2019	Struktur- effekte	Prämissen- wirkung
Verkehrsaufkommen [Mio. P]					
Beruf	2.338	2.053	-12,2%	-5,1 %	-7,5 %
Ausbildung	990	1.077	+8,8%	+7,9 %	+0,8 %
Einkauf	3.869	3.816	-1,4%	+2,8 %	-4,0 %
Geschäft	1.677	1.443	-13,9%	-3,2 %	-11,1 %
Urlaub	63	69	+9,3%	+11,1 %	-1,7 %
Privat	4.805	5.010	+4,3%	+7,2 %	-2,7 %
insgesamt	13.740	13.467	-2,0%	+2,7 %	-4,5 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]					
Beruf	27.801	25.154	-9,5%	-3,8 %	-6,0 %
Ausbildung	6.509	7.168	+10,1%	+7,8 %	+2,2 %
Einkauf	26.256	25.248	-3,8%	+5,5 %	-8,9 %
Geschäft	24.691	21.792	-11,7%	-0,3 %	-11,5 %
Urlaub	11.519	12.507	+8,6%	+7,3 %	+1,2 %
Privat	58.578	61.032	+4,2%	+10,8 %	-5,9 %
insgesamt	155.355	152.902	-1,6%	+5,1 %	-6,4 %

Tabelle 7-6: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzscenario 2040, nach Fahrtzwecken

7.1.2 Auswertung je Einwohner

Im Analysejahr 2019 ergeben sich für Baden-Württemberg durchschnittlich pro Tag 3,20 Wege je Einwohner. Im Jahr 2030 sinken die Wege pro Tag je Einwohner auf 3,02 und steigen bis 2040 wieder geringfügig auf 3,05 an. Der Rückgang zwischen 2019 und 2030 entsteht dadurch, dass im Vergleich zum Bezugsszenario Maßnahmen unterstellt werden, die die Mobilität mit dem Pkw unattraktiv und teuer machen.

	2019	2030	2040
Wege pro Tag je Einwohner	3,20	3,02	3,05
Pkm pro Tag je Einwohner	34,5	31,9	34,6

Tabelle 7-7: Wege und Verkehrsleistung pro Einwohner je Tag, in Baden-Württemberg, Klimaschuttszenario

Nachfolgende Abbildungen Abbildung 7-1 bis Abbildung 7-3 stellen die Entwicklung der Wege je Einwohner pro Tag im Analysejahr 2019 sowie im Klimaschuttszenario für die Jahre 2030 und 2040 auf Kreisebene dar.

In den beiden Prognosejahren bleiben die Abweichungen zum Landesdurchschnitt jeweils grundsätzlich erhalten. Die leichte Verschiebung zu den Klassen mit einer geringen Fahrtenzahl pro Einwohner im Jahr 2030 ist kompatibel zum o. a. Gesamtergebnis, d. h. dem Rückgang der landesweiten Kennziffer.

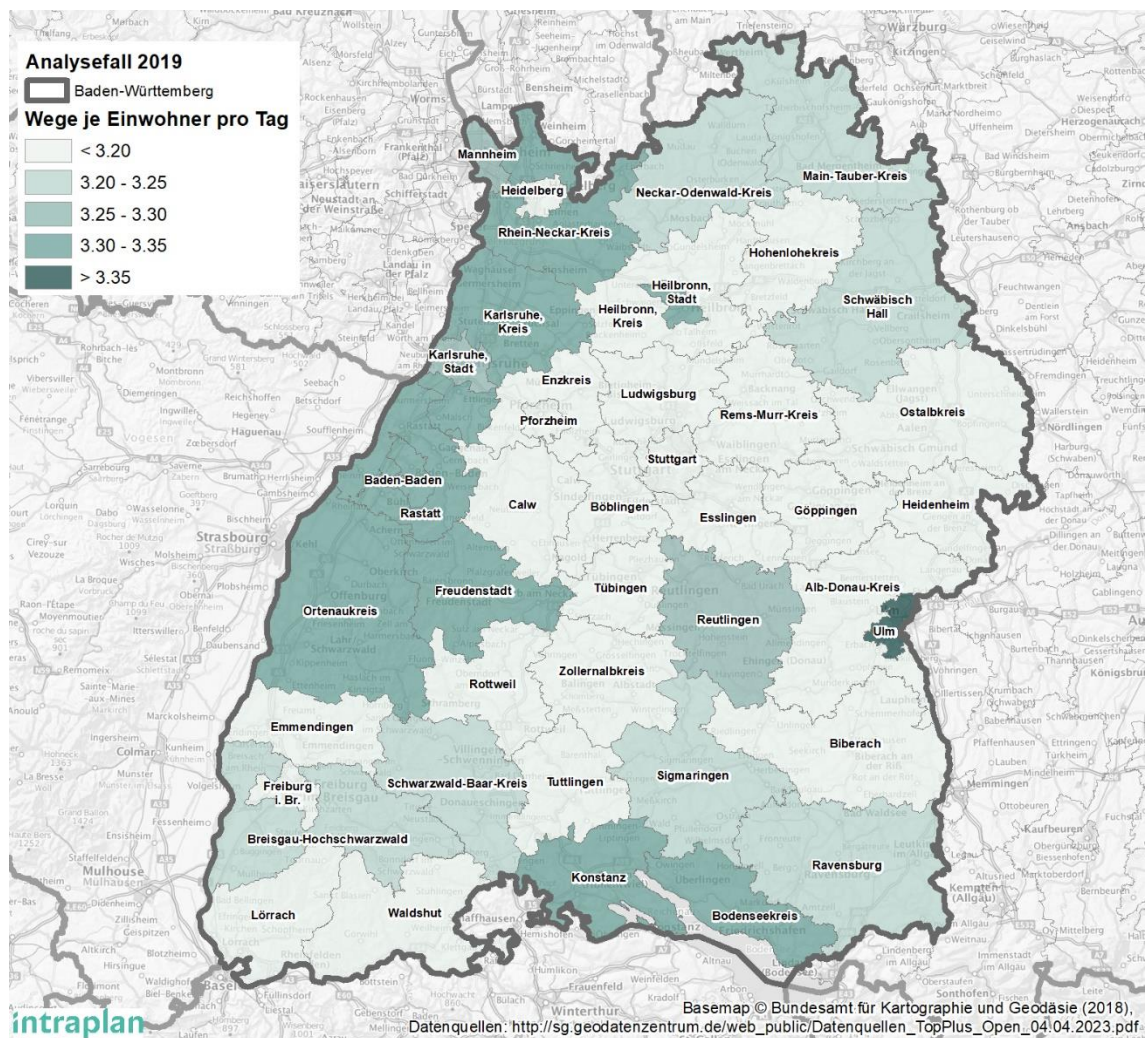


Abbildung 7-1: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Analyse 2019

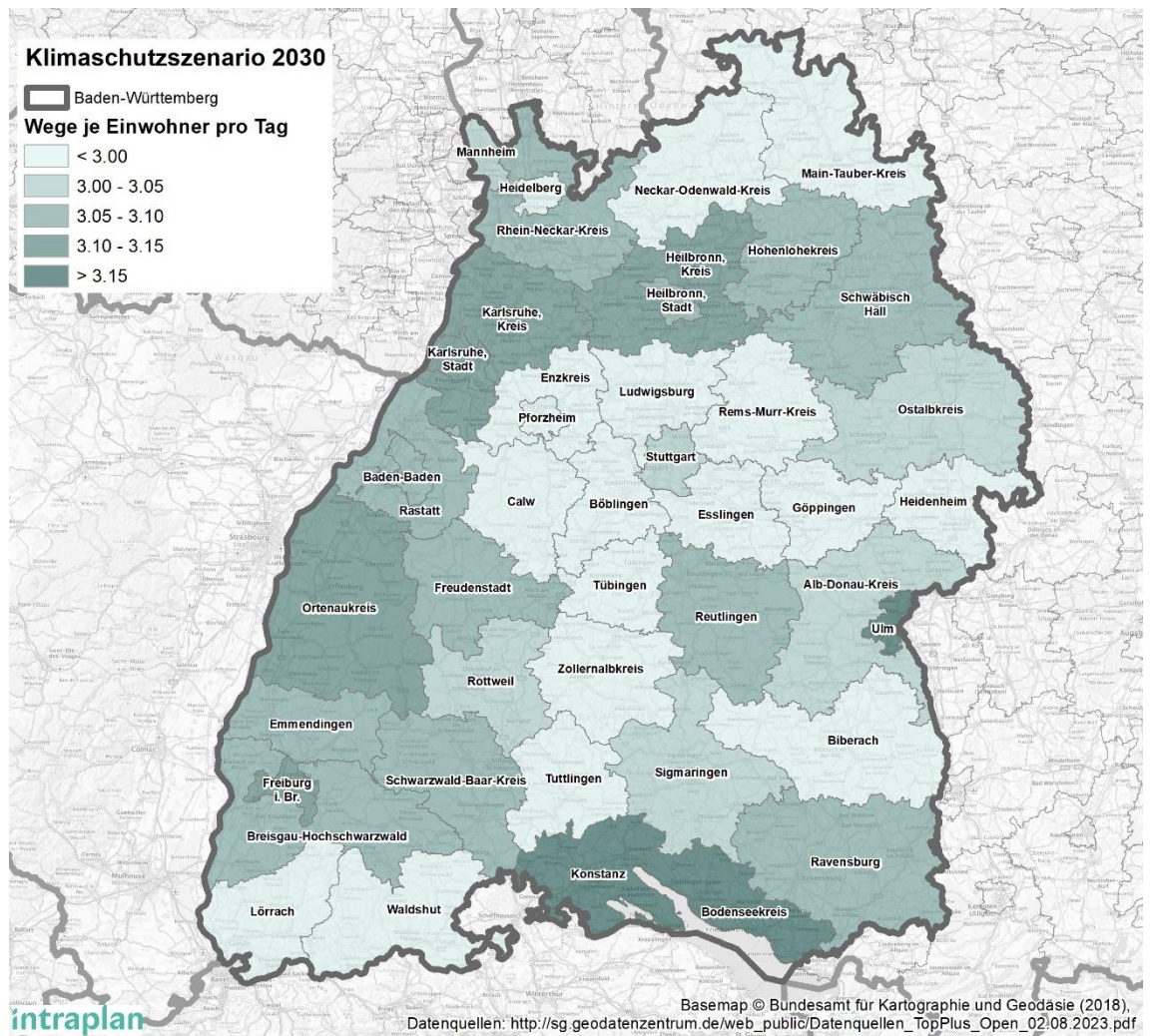


Abbildung 7-2: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Klimaschutzszenario 2030

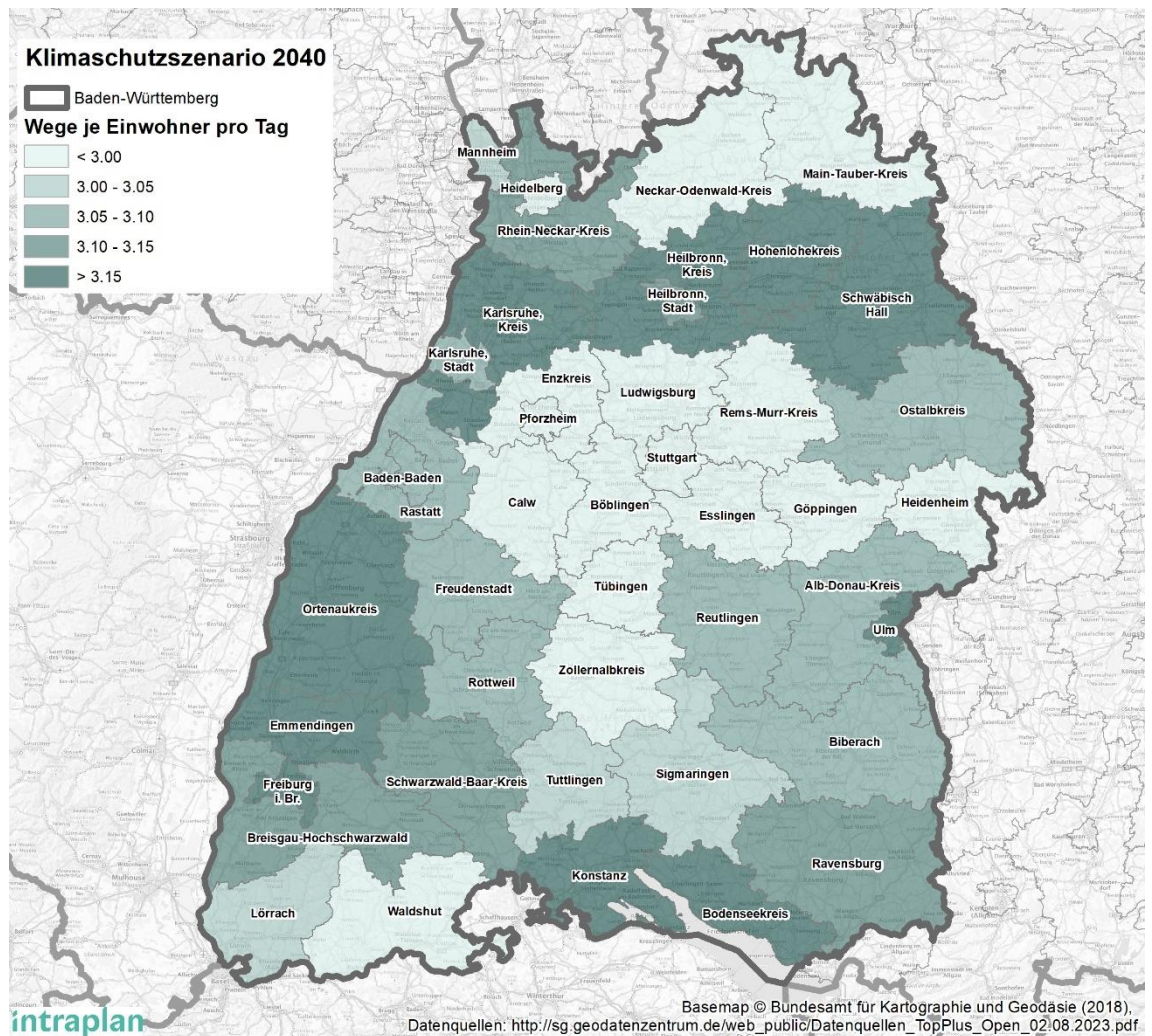


Abbildung 7-3: Wege je Einwohner pro Tag, kreisfreie Städte und Landkreise in Baden-Württemberg, Klimaschutzszenario 2040

7.1.3 Auswertung nach Hauptverkehrsbeziehungen

Die Segmentierung des Verkehrsaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen in Baden-Württemberg zeigt bis 2040 eine Reduzierung über alle Verkehrsbeziehungen außer im Durchgangsverkehr. Die Entwicklung der Verkehrsleistung ist dahingehend differenzierter. Der Durchgangsverkehr steigt sowohl bis zum Jahr 2030 (um vier Prozent) als auch bis zum Jahr 2040 (um knapp 12 Prozent) im Vergleich zum Analysejahr 2019. Quell- und Zielverkehr sinken zunächst um ca. fünf Prozent, und steigen dann bis zum Jahr 2040 wieder um 10 bzw. 15 Prozent im Vergleich zum Analysejahr 2019 an. Der Binnenverkehr sinkt zunächst um etwa 5 Prozent bis zum Jahr 2030, erreicht bis zum Jahr 2040 allerdings nicht das Ausgangsniveau des Analysejahrs 2019.

Hauptverkehrs- beziehung	Verkehrsaufkommen in P [Tsd.]			Verkehrsleistung in Pkm [Mio.]		
	2019	2030	2040	2019	2030	2040
Binnenverkehr	12 482 509	12 112 545	12 257 640	97 690	92 228	96 161
Quellverkehr	474 207	428 255	446 959	22 237	21 024	24 560
Zielverkehr	529 577	483 988	505 395	20 018	18 993	23 186
Durchgangsverkehr	254 100	243 278	261 126	15 154	15 769	16 930

Tabelle 7-8: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Klimaschutzszenario, nach Hauptverkehrsbeziehungen

7.2 Güterverkehr

7.2.1 Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland

Die folgenden Ausführungen beschreiben die wesentlichen Ergebnisse, die sich im Klimaschutzenszenario ergeben. Da die maßgebenden Basisentwicklungen, welche die Nachfrageprognose beeinflussen, aus dem Bezugszenario unverändert bleiben, ist nicht mit einer wesentlichen Veränderung der Gesamtverkehrsmenge zu rechnen. Die sich durch die obigen Prämissen veränderten Einflussfaktoren berühren im Wesentlichen die Wahl zwischen den Verkehrsträgern. Um Wiederholungen in der Darstellung zu vermeiden konzentrieren wir uns auf den Vergleich zum Bezugsszenario.

7.2.1.1 Entwicklung des Güterverkehrs nach Verkehrsträger

Die Eckwerte der Güterverkehrsprognose im Klimaschutzenszenario sind in Tabelle 7-9 und Tabelle 7-10 dargestellt. Auch im Klimaschutzenszenario steigt das Verkehrsaufkommen wie im Bezugszenario um 19 % (von 4,4 Mrd. t auf 5,2 Mrd. t) und die inländische Verkehrsleistung um 33 % (von 679,4 Mrd. tkm auf 900,5 Mrd. tkm). Der Anteil des Schienengüterverkehrs liegt in 2040 nach der Höhe des Verkehrsaufkommens bei 8% bzw. 18% nach der Verkehrsleistung, die entsprechenden Werte für das Binnenschiff liegen bei 3,5% bzw. 5,6%. Beide Verkehrsträger verzeichnen eine Abnahme ihrer Wettbewerbsanteile. Der Marktanteil des Straßengüterverkehrs nimmt über den Prognosezeitraum sowohl nach dem Verkehrsaufkommen als auch nach der Verkehrsleistung zu.

	2019		2030		2040	
	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %
Schiene	390,8	8,9%	401,9	8,4%	413,5	8,0%
Straße	3.769,7	86,3%	4.159,9	87,4%	4.586,4	88,5%
Binnenschiff	206,8	4,7%	197,5	4,2%	184,0	3,5%
Summe	4.367,3	100,0%	4.759,3	100,0%	5.183,9	100,0%
Kombinierte Verkehre						
Kombinierter Verkehr gesamt	131,2	100,0%	171,2	100,0%	204,7	100,0%
Schiene	108,2	82,5%	140,6	82,1%	169,1	82,6%
Binnenschiff	23,0	17,5%	30,6	17,9%	35,6	17,4%

Tabelle 7-9: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t)

	2019		2030		2040		WR 2019-2040		Transportweite, km		WR 2019-2040	
	Mrd. tkm	Anteil in %	Mrd. tkm	Anteil in %	Mrd. tkm	Anteil in %	insgesamt	in % p. a.	2019	2040	Insgesamt	in % p. a.
Transportaufkommen nach Verkehrsträgern												
Schiene	129,2	19,0	144,9	17,9	159,6	17,7	23,6	1,0	331	386	16,6	0,7
Straße	498,6	73,4	614,8	75,7	690,8	76,7	38,6	1,6	132	151	14,4	0,6
Binnenschiff	51,6	7,6	52,1	6,4	50,1	5,6	-3,0	-0,1	250	272	8,8	0,4
Summe	679,4	100,0	811,9	100,0	900,5	100,0	32,5	1,4	156	174	11,5	0,5
Kombinierte Verkehr												
gesamt	61,7	100,0	79,2	100,0	96,4	100,0	56,2	2,1	470	471	0,2	0,0
Schiene	55,2	89,5	70,7	89,2	86,3	89,6	56,4	2,2	510	510	0,0	0,0
Binnenschiff	6,5	10,5	8,6	10,8	10,0	10,4	54,6	2,1	283	282	-0,4	0,0

Tabelle 7-10: Entwicklung des Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

Im Vergleich zum Bezugsszenario ergibt sich im Klimaschutzenszenario mit 15,5 Mio. t ein um 3,9 % höheres Aufkommen bei der Schiene, sowie ein um 1,2 % bzw. um 2,1 Mio. t höheres Aufkommen beim Binnenschiff im Jahr 2040 (vgl. Tabelle 7-11). Bei der Straße ist hingegen ein

um 17,0 Mio. t geringeres Aufkommen erkennbar, was hierbei lediglich eine Reduktion von 0,4 % ausmacht. Insgesamt steigt das Gesamtaufkommen nur leicht mit 0,6 Mio. t um 0,01 %.

	Bezugs- szenario	Bezugs- szenario	Klima- schutzsze- nario	Klima- schutzsze- nario	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in Mio. t	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in %	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in Mio. t	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	403,4	397,9	401,9	413,5	-1,4	-0,4 %	15,5	3,9 %
Strasse	4.159,4	4.603,5	4.159,9	4.586,4	0,5	0,0 %	-17,0	-0,4 %
Binnenschiff	196,5	181,9	197,5	184,0	1,1	0,5 %	2,1	1,2 %
Summe	4.759,2	5.183,3	4.759,3	5.183,9	0,1	0,0 %	0,6	0,0 %
Kombinierter Verkehr								
Summe	174,0	198,1	171,2	204,7	-2,8	-1,6 %	6,6	3,3 %
Schiene	143,6	163,2	140,6	169,1	-3,0	-2,1 %	5,9	3,6 %
Binnenschiff	30,4	34,9	30,6	35,6	0,3	0,9 %	0,7	1,9 %

Tabelle 7-11: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und dem Bezugsszenario

Der Anstieg bei der Schiene ist insbesondere auf die zusätzlichen Wachstumsimpulse im kombinierten Verkehr zurückzuführen. Dieser weist im Klimaschutzszenario mit 6,6 Mio. t ein um 3,3 % höheres Ladungsaufkommen gegenüber dem Bezugsszenario aus. Davon entfallen 5,9 Mio. t auf die Schiene und 0,7 Mio. t auf das Binnenschiff. Die Schiene verzeichnet somit ein um 3,6 %, das Binnenschiff ein um 1,9 % höheres Aufkommen im kombinierten Verkehr. Dieser Wachstumseffekt ist im Wesentlichen auf die Aufhebung der Kapazitätsgrenzen bei der Schiene in 2040 zurückzuführen. Der Aufkommenszuwachs bei der Binnenschifffahrt resultiert im Wesentlichen auf die Veränderungen in Folge der höheren CO₂-Besteuerung, die auch im Bereich der Binnenschifffahrt zu weiteren Veränderungen in der Antriebstechnologie führen. Die daraus resultierenden Kostenveränderungen (d.h. Vergünstigungen) führen zum Aufkommenszuwachs.

Ähnlich verhält es sich auch bei der Verkehrsleistung. Die Schiene (+ 7,3 Mrd. tkm) und das Binnenschiff (+ 0,5 Mrd. tkm) verzeichnen 2040 jeweils mit 4,8 % und 1,0 % im Vergleich zum Bezugsszenario eine höhere Verkehrsleistung und weisen somit 159,6 Mrd. tkm und 50,1 Mrd. tkm im Vergleich zu 152,4 und 49,6 Mrd. tkm im Bezugsszenario auf. Die Verkehrsleistung bei der Straße sinkt um 1,1 % bzw. um 7,6 Mrd. tkm (vgl. Tabelle 7-12).

	Bezugs- szenario	Bezugs- szenario	Klima- schutzsze- nario	Klima- schutzsze- nario	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in Mrd. tkm	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in %	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in Mrd. tkm	Δ Klima- schutzsze- nario zu Bezugs- szenario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	146,5	152,4	144,9	159,6	-1,6	-1,1%	7,3	4,8 %
Strasse	613,3	698,5	614,8	690,8	1,5	0,2%	-7,6	-1,1 %
Binnenschiff	51,9	49,6	52,1	50,1	0,2	0,5%	0,5	1,0 %
Summe	811,7	900,4	811,9	900,5	0,1	0,0%	0,1	0,0 %
Kombinierte Verkehre								
Kombinierter Verkehr gesamt	81,4	92,9	79,2	96,4	-2,2	-2,7%	3,4	3,7 %
Schiene	72,9	83,1	70,7	86,3	-2,2	-3,1%	3,2	3,9 %
Binnenschiff	8,5	9,9	8,6	10,0	0,1	0,8%	0,2	1,7 %

Tabelle 7-12: Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Klimaschutz- und dem Bezugsszenario

7.2.1.2 Einfluss von Infrastrukture restriktionen auf das verkehrsträgerspezifische Verkehrsaufkommen

Die Umsetzung des Deutschlandtaktes deutschlandweit bis 2030 schafft in Baden-Württemberg erkennbare Verbesserungen bis 2030, die regional zu Mehrverkehren auf der Schiene führen, wie z. B. auf der Rheintalbahn zwischen Karlsruhe und Offenburg (+50 Güterzüge/Tag bzw. rd. + 25 %). Allerdings führen diese regionalen Verbesserungen aufgrund verbleibender oder neu auftretender Engpässe im sonstigen bundesweiten Netz nicht zu einer kapazitativ vollbefriedigenden Gesamtsituation bis 2030 (vgl. auch Abbildung 7-4).

Die punktuellen streckenspezifischen Verkehrssteigerungen, die wir in Baden-Württemberg erkennen können, sind im Wesentlichen auf großräumige Umroutungen zurückzuführen, die sich auf den Gesamtverkehr nur gering auswirken. So erhöht sich der Schienengüterverkehr um den Raum Mannheim um rd. 4 Güterzüge/Tag nur unwesentlich, der zwischen Stuttgart und Ulm sinkt um 25 Güterzüge/Tag (- 25 %) und der zwischen Tauberbischofsheim und Heilbronn erhöht sich um 17 Güterzüge/Tag (bzw. +140 %). Insgesamt bleibt der Gesamtverkehr in 2030 relativ stabil, bundesweit ist sogar ein leichter Rückgang (- 0,4 %) des Gesamtverkehrs (Güterzüge/Tag) festzustellen, da der Deutschlandtakt zunächst mehr Bedienungsangebote schafft, die Infrastrukturkapazitäten deutlich reduzieren.⁸⁰

Insgesamt können aufgrund zahlreicher Engpassstellen in 2030 bundesweit rd. 11,1 Mio. t potentielle Schienengüterverkehre im Klimaschutzscenario nicht abgefahren werden, und damit rd. 3,5 bis 4,0 Mio. t mehr als im Bezugsszenario. Rd. 15 % dieses nicht umsetzbaren Schienengüterverkehrspotentials, hierbei handelt es sich um rd. 15 Güterzüge pro Tag, steht mit Verkehren, die den Raum Baden-Württemberg betreffen, in Verbindung (vgl. Abbildung 7-6).



Abbildung 7-4: Umlegung des Schienengüterverkehrs im Klimaschutzscenario in 2030 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

⁸⁰ Im Rahmen der BVWP 2030 ist sichergestellt worden, dass die durch das zusätzliche PV-Angebot hervorgerufene Engpässe entsprechende der SGV-Nachfrage 2030 ausgebaut werden, damit der Güterverkehr nicht eingeschränkt wird. Im Rahmen dieser Studie wurde das sich ergebende Infrastrukturkonzept übernommen – allerdings liegt eine im Vergleich zur BVWP 2030 veränderte regionale Nachfrage vor, die nicht überall mit dem Ausbauplan übereinstimmen muss. Hinzu kommen Kapazitätsengpässe im Norden, wodurch Züge mit Quelle oder Ziel in BW oder südlicher davon trotz ausreichender Kapazitäten in BW nicht umgesetzt werden können. Diese Engpässe werden im Klimaschutzscenario 2040 bundesweit beseitigt, so dass dann mehr Züge über das BW-Netz laufen.

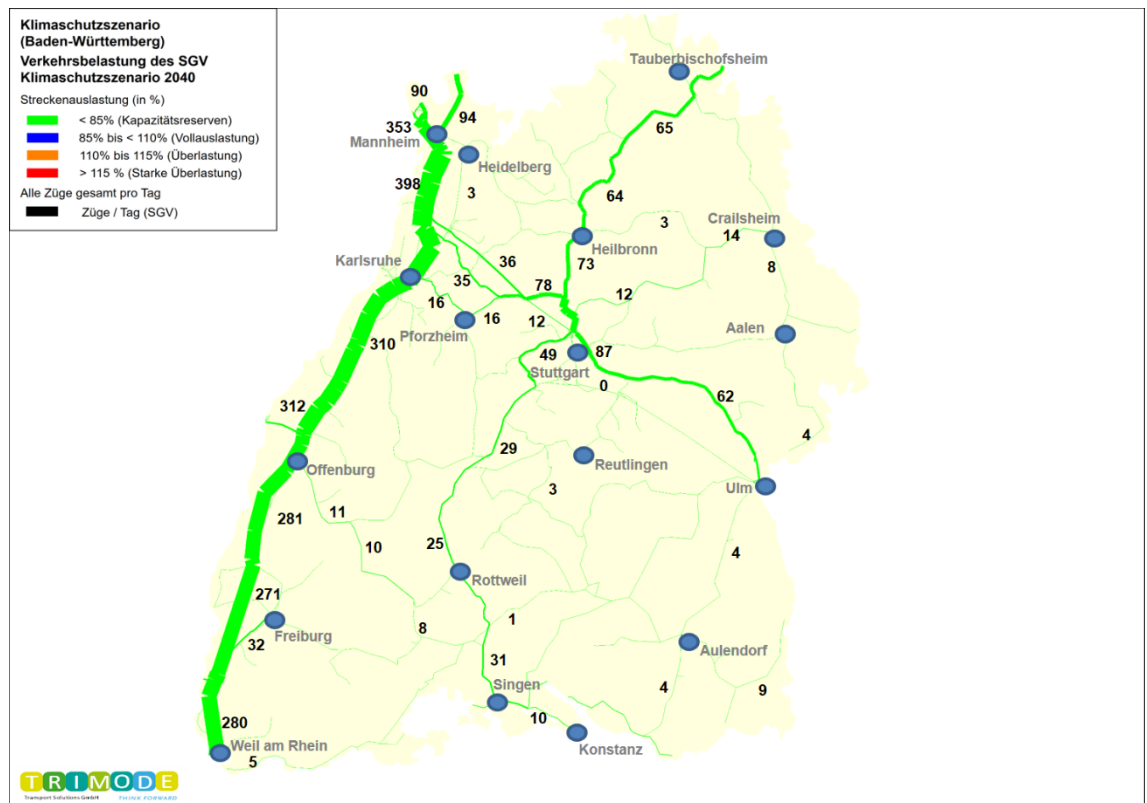


Abbildung 7-5: Umlegung des Schienengüterverkehrs im Klimaschutzszenario in 2040 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

In 2040 kann jedoch aufgrund der nachfragegerechten Beseitigung der Kapazitätsrestriktionen jedoch ein deutlich höheres Verkehrsaufkommen realisiert werden.



Abbildung 7-6: Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge im Klimaschutzszenario in Baden-Württemberg in 2030 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

Um Mannheim herum erhöht sich der Schienengüterverkehr um rd. 50 Güterzüge/Tag (bzw. + 13 %), das Verkehrsaufkommen zwischen Tauberbischofsheim und Heilbronn verdoppelt sich um ungefähr 34 Güterzüge/Tag, während der Schienengüterverkehr zwischen Stuttgart und Ulm um rd. 12 Güterzüge/Tag bzw. um ungefähr 15 % gegenüber dem Bezugsszenario zurückgeht.

7.2.1.3 Entwicklung des Güterverkehrs nach Gütergruppen

In Tabelle 7-13 und Tabelle 7-14 wird das Güterverkehrsaufkommen und die Güterverkehrsleistung im Klimaschutzszenario nach Gütergruppen und Verkehrsträgern differenziert ausgewiesen. Da sich das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung verkehrsträgerübergreifend im Klimaschutzszenario gegenüber dem Bezugsszenario kaum verändert, ist das Wachstum durch die gleichen Gütergruppen wie im Bezugsszenario gekennzeichnet. Dies trifft natürlich auch etwaige Rückgänge zu, die insbesondere durch die aktuellen energiepolitischen Leitlinien ausgelöst werden.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			WR in % p. a.
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	
Land- und Forstwirtsch.	6,5	6,6	8,2	1,1	213,3	229,5	242,5	0,6	13,4	14,7	15,6	0,8	233,1	250,8	266,4	0,6
Steinkohle	22,3	12,7	0,0	-100,0	4,2	2,3	0,0	-100,0	23,3	13,0	0,0	-100,0	49,8	28,1	0,0	-100,0
Braunkohle	5,0	0,9	0,0	-100,0	3,9	3,7	2,1	-2,9	0,0	0,0	0,0		8,9	4,7	2,1	-6,7
Erdöl und Erdgas	1,9	1,9	1,7	-0,7	1,5	1,4	1,1	-1,2	0,0	0,0	0,0	-8,6	3,4	3,2	2,8	-1,0
Erze	23,7	20,6	18,7	-1,1	0,8	0,7	0,7	-0,4	22,9	19,6	17,5	-1,3	47,4	41,0	36,9	-1,2
Düngemittel	1,6	1,3	1,9	0,7	4,4	4,7	4,4	0,0	0,2	0,2	0,2	-0,1	6,2	6,2	6,5	0,2
Steine und Erden	27,8	35,2	39,4	1,7	938,2	987,6	1.056,6	0,6	31,8	36,9	40,2	1,1	997,9	1.059,6	1.136,2	0,6
Nahrungs- und Genussmittel	2,6	2,7	3,6	1,5	401,5	464,4	517,9	1,2	8,1	9,7	11,3	1,6	412,2	476,7	532,8	1,2
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	1,0	18,8	20,8	23,3	1,0	0,1	0,2	0,2	2,9	18,9	21,0	23,5	1,0
Holzwaren, Papier, Papier, Druckerei	8,6	8,7	10,0	0,7	168,4	179,9	199,3	0,8	3,1	3,5	4,1	1,3	180,1	192,1	213,4	0,8
Koks	4,1	2,3	0,0	-23,7	7,1	3,9	0,2	-15,6	1,9	1,0	0,1	-15,7	13,0	7,1	0,3	-16,9
Mineralölzeugnisse	51,1	30,6	12,1	-6,6	93,5	52,0	19,7	-7,2	36,2	24,9	13,0	-4,8	180,8	107,6	44,7	-6,4
Chemische Erzeugnisse etc	26,7	28,3	30,8	0,7	171,0	176,4	193,7	0,6	22,0	21,5	26,6	0,9	219,7	226,2	251,0	0,6
Sonstige Mineralerzeugnisse	12,1	14,2	16,7	1,6	426,7	482,9	543,9	1,2	3,3	4,1	4,4	1,4	442,0	501,1	565,0	1,2
Metalle und Metallerzeugnisse	56,0	57,9	60,7	0,4	188,4	200,0	216,6	0,7	10,4	11,0	11,4	0,4	254,8	268,9	288,7	0,6
Maschinen und Ausrüstungen etc	0,8	1,0	1,2	1,9	76,2	88,9	106,4	1,6	0,8	1,1	1,3	2,3	77,9	91,0	108,9	1,6
Fahrzeuge	15,4	18,3	20,4	1,4	128,9	146,6	162,3	1,1	1,3	1,9	2,2	2,3	145,7	166,8	184,9	1,1
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,2	22,8	25,6	28,1	1,0	0,4	0,6	0,7	2,6	23,3	26,2	28,8	1,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	12,8	14,1	13,8	0,4	295,0	304,5	312,0	0,3	11,5	12,7	11,0	-0,2	319,3	331,3	336,8	0,3
Post, Pakete	0,0	3,0	5,7		65,1	106,7	148,2	4,0	0,0	0,0	0,0	2,6	65,1	109,7	153,9	4,2
Geräte und Material für Güterbeförd.	6,6	8,8	10,6	2,3	120,5	138,6	155,9	1,2	1,5	1,9	2,2	1,6	128,6	149,3	168,6	1,3
Umzugsgut, sonst. Nichtmarkt. Güter	0,0	0,0	0,0	3,3	100,0	130,4	162,8	2,3	0,0	0,0	0,0	2,6	100,1	130,4	162,8	2,3
Sammelgut	4,0	4,8	6,1	2,1	267,1	345,4	423,4	2,2	0,4	0,5	0,6	1,9	271,5	350,7	430,2	2,2
Gutart unbekannt	99,7	126,5	150,4	2,0	52,4	62,8	65,2	1,0	14,2	18,4	21,5	2,0	166,3	207,7	237,0	1,7
Sonstige Güter a.n.g.	1,4	1,6	1,7	0,9	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	1,6	1,7	0,9
Summe	390,8	401,9	413,5	0,3	3.769,7	4.159,9	4.586,4	0,9	206,8	197,5	184,0	-0,6	4.367,3	4.759,3	5.183,9	0,8

Tabelle 7-13: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			WR in % p. a.
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	
Land- und Forstwirtsch.	2,4	2,6	3,1	1,4	37,2	43,0	45,9	1,0	5,0	5,6	6,0	0,9	44,6	51,1	55,0	1,0
Steinkohle	5,6	3,2	0,0	-100,0	0,3	0,2	0,0	-44,9	4,8	2,7	0,0	-100,0	10,6	6,0	0,0	-53,7
Braunkohle	0,5	0,0	0,0	-100,0	0,8	0,9	0,7	-0,9	0,0	0,0	0,0		1,3	0,9	0,7	-3,1
Erdöl und Erdgas	0,6	0,6	0,5	-0,5	0,3	0,2	0,2	-1,3	0,0	0,0	0,0	-8,9	0,9	0,9	0,8	-0,9
Erze	5,9	5,2	4,6	-1,1	0,2	0,2	0,2	0,2	2,8	2,4	2,1	-1,2	8,8	7,7	7,0	-1,1
Düngemittel	0,5	0,4	0,6	0,9	0,4	0,6	0,4	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	1,0	1,1	0,8
Steine und Erden	6,5	8,5	9,7	1,9	28,6	34,2	36,1	1,1	7,4	8,8	9,6	1,3	42,4	51,5	55,5	1,3
Nahrungs- und Genussmittel	1,3	1,2	1,8	1,6	71,4	89,7	101,2	1,7	2,2	2,6	3,1	1,6	74,9	93,5	106,1	1,7
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	0,7	6,4	7,4	8,4	1,3	0,0	0,0	0,0	2,8	6,4	7,4	8,5	1,3
Holzwaren, Papier, Papier, Druckerei	4,6	4,6	5,4	0,7	40,8	47,1	53,2	1,3	0,8	0,9	1,0	1,2	46,3	52,6	59,6	1,2
Koks	1,2	0,7	0,0	-24,5	1,0	0,6	0,1	-9,4	0,3	0,2	0,0	-11,3	2,5	1,4	0,1	-12,6
Mineralölerzeugnisse	10,4	7,2	3,1	-5,5	9,2	5,8	2,5	-6,0	9,4	7,2	4,1	-3,9	29,0	20,2	9,7	-5,1
Chemische Erzeugnisse etc	8,3	9,3	10,2	1,0	32,7	36,7	41,5	1,2	6,3	6,6	7,8	1,0	47,2	52,5	59,5	1,1
Sonstige Mineralerzeugnisse	2,4	3,1	3,6	2,0	42,1	53,4	60,1	1,7	1,0	1,3	1,4	1,6	45,5	57,8	65,1	1,7
Metalle und Metallerzeugnisse	12,2	13,9	15,0	1,0	38,7	44,5	48,8	1,1	3,2	3,5	3,6	0,6	54,1	61,9	67,4	1,1
Maschinen und Ausrüstungen etc	0,3	0,4	0,5	2,1	19,0	23,5	28,6	2,0	0,3	0,4	0,5	2,2	19,6	24,3	29,6	2,0
Fahrzeuge	7,3	8,7	9,9	1,5	26,0	32,8	36,3	1,6	0,5	0,8	0,9	2,5	33,8	42,3	47,0	1,6
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,2	6,7	7,9	8,6	1,2	0,1	0,1	0,1	2,4	6,8	8,0	8,8	1,2
Sekundärrohstoffe, Abfälle	2,5	3,1	2,9	0,6	23,0	27,1	27,9	0,9	2,9	3,4	2,9	0,0	28,5	33,5	33,7	0,8
Post, Pakete	0,0	1,3	2,4		12,8	21,9	30,0	4,1	0,0	0,0	0,0	3,4	12,8	23,2	32,5	4,5
Geräte und Material für Güterbeförd.	3,7	4,9	6,0	2,3	18,7	23,6	26,6	1,7	0,4	0,5	0,6	1,7	22,9	29,1	33,3	1,8
Umzugsgut, sonst. Nichtmarktb. Güter	0,0	0,0	0,0	3,4	11,0	15,6	19,2	2,7	0,0	0,0	0,0	2,6	11,0	15,6	19,2	2,7
Sammelgut	1,7	2,2	2,7	2,2	57,1	79,1	96,5	2,5	0,3	0,3	0,4	1,9	59,1	81,6	99,6	2,5
Gutart unbekannt	51,0	63,7	77,1	2,0	14,2	19,0	17,7	1,0	3,8	4,9	5,7	1,9	69,1	87,5	100,5	1,8
Sonstige Güter a.n.g.	0,2	0,2	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	1,0
Summe	129,2	144,9	159,6	1,0	498,6	614,8	690,8	1,6	51,6	52,1	50,1	-0,1	67,9	811,9	900,5	13,1

Tabelle 7-14: Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

Das zusätzliche Verkehrsaufkommen der Schiene gegenüber dem Bezugsszenario in 2040 resultiert im Wesentlichen aus Mehrverkehren bei den KV-Gütern (hierbei handelt es sich um die Gutart unbekannt und um die Gütergruppe Geräte und Material für die Güterbeförderung (Eigengewichte von Ladeeinheiten)), Steine, Erden, Metalle, Fahrzeuge, Chemische Produkte und Landwirtschaftlichen Erzeugnissen, sowie Post und Paketsendungen (vgl. Tabelle 7-15). Rd. 80% des zusätzlich entstandenen Mehrverkehrs besteht aus diesen Gütern.

Auch der Mehrverkehr in der Binnenschifffahrt resultiert zu 75% aus Chemischen Erzeugnissen, KV-Gütern (Gutart unbekannt und Eigengewichte von Ladeeinheiten), Steine, Erden, Nahrungs- und Genussmittel (Futtermittel) sowie Landwirtschaftlichen Produkten.

Auch auf die Verkehrsleistung treffen ähnliche Aussagen zu wie bei der Aufkommensentwicklung, deswegen wurde auf eine separate Vergleichstabelle verzichtet.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	Bezugs-		Δ Kli-	Δ Kli-	Bezugs-		Δ Kli-	Δ Kli-	Bezugs-		Δ Kli-	Δ Kli-	Bezugs-		Δ Kli-	Δ Kli-
	szena-		ma-	ma-	szena-		ma-	ma-	szena-		ma-	ma-	szena-		ma-	ma-
	rio	rio	szena-	szena-	rio	rio	szena-	szena-	rio	rio	szena-	szena-	rio	rio	szena-	szena-
	2040	2040	Be-	Be-	2040	2040	Be-	Be-	2040	2040	Be-	Be-	2040	2040	Be-	Be-
	2040	2040	zug-	zug-	2040	2040	zug-	zug-	2040	2040	zug-	zug-	2040	2040	zug-	zug-
	2040	2040	szena-	szena-	2040	2040	szena-	szena-	2040	2040	szena-	szena-	2040	2040	szena-	szena-
	2040	2040	rio	rio	2040	2040	rio	rio	2040	2040	rio	rio	2040	2040	rio	rio
	2040	2040	in Mio.	in %	2040	2040	in Mio.	in %	2040	2040	in Mio.	in %	2040	2040	in Mio.	in %
	2040	2040	t		2040	2040	t		2040	2040	t		2040	2040	t	
Land- und Forstwirtsch.	7,2	8,2	1,0	14,0	243,6	242,5	-1,1	-0,5	15,5	15,6	0,1	0,7	266,4	266,4	0,0	0,0
Steinkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0
Erdöl und Erdgas	1,6	1,7	0,0	1,0	1,1	1,1	0,0	-1,4	0,0	0,0	0,0	1,9	2,8	2,8	0,0	0,0
Erze	18,7	18,7	0,0	-0,1	0,7	0,7	0,0	0,0	17,5	17,5	0,0	0,1	36,9	36,9	0,0	0,0
Düngemittel	1,5	1,9	0,3	22,4	4,8	4,4	-0,3	-7,2	0,2	0,2	0,0	-0,1	6,5	6,5	0,0	0,0
Steine und Erden	36,9	39,4	2,5	6,8	1.059,4	1.056,6	-2,8	-0,3	40,0	40,2	0,3	0,6	1.136,2	1.136,2	0,0	0,0
Nahrungs- und Genussmittel	3,1	3,6	0,5	16,8	518,6	517,9	-0,8	-0,1	11,1	11,3	0,3	2,3	532,8	532,8	0,0	0,0
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	11,5	23,3	23,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	4,8	23,5	23,5	0,0	0,0
Holzwaren, Papier, Druckerei	9,6	10,0	0,4	4,0	199,7	199,3	-0,4	-0,2	4,1	4,1	0,0	1,2	213,4	213,4	0,0	0,0
Koks	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,7	0,3	0,3	0,0	0,1
Mineralerzeugnisse	11,3	12,1	0,7	6,3	20,5	19,7	-0,8	-3,8	12,9	13,0	0,1	0,5	44,7	44,7	0,0	0,0
Chemische Erzeugnisse etc	29,8	30,8	1,0	3,4	195,3	193,7	-1,6	-0,8	25,9	26,6	0,6	2,5	251,0	251,0	0,1	0,0
Sonstige Mineralerzeugnisse	16,3	16,7	0,4	2,5	544,3	543,9	-0,4	-0,1	4,3	4,4	0,0	1,0	564,9	565,0	0,1	0,0
Metalle und Metallerzeugnisse	59,4	60,7	1,3	2,2	218,0	216,6	-1,4	-0,7	11,2	11,4	0,1	1,3	288,6	288,7	0,0	0,0
Maschinen und Ausrüstungen etc	1,2	1,2	0,0	1,7	106,5	106,4	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	3,1	108,9	108,9	0,0	0,0
Fahrzeuge	19,4	20,4	1,1	5,5	163,4	162,3	-1,1	-0,7	2,1	2,2	0,0	2,2	184,9	184,9	0,0	0,0
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	-0,9	28,1	28,1	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	1,4	28,8	28,8	0,0	0,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	13,5	13,8	0,3	1,9	312,4	312,0	-0,4	-0,1	10,9	11,0	0,1	1,0	336,8	336,8	0,0	0,0
Post, Pakete	4,8	5,7	0,9	18,5	149,1	148,2	-0,9	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	153,9	153,9	0,0	0,0
Geräte und Material für Güterbeförd.	9,5	10,6	1,1	11,8	157,0	155,9	-1,2	-0,8	2,1	2,2	0,1	2,9	168,6	168,6	0,0	0,0
Umzugsgut, sonst. Nichtmarktb. Güter	0,0	0,0	0,0	-0,1	162,8	162,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	162,8	162,8	0,0	0,0
Sammelgut	6,0	6,1	0,0	0,8	423,5	423,4	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,1	430,2	430,2	0,0	0,0
Gutart unbekannt	146,4	150,4	3,9	2,7	69,1	65,2	-3,9	-5,6	21,2	21,5	0,3	1,3	236,7	237,0	0,3	0,1
Sonstige Güter a.n.g.	1,7	1,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,4	1,7	1,7	0,0	0,0
Summe	397,9	413,5	15,5	3,9	4.603,5	4.586,4	-17,0	-0,4	181,9	184,0	2,1	1,2	5.183,3	5.183,9	0,6	0,0

Tabelle 7-15: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario

7.2.1.4 Entwicklung des Güterverkehrs nach Hauptverkehrsbeziehungen

Die Entwicklung des Güterverkehrs in der Differenzierung nach den vier Hauptverkehrsbeziehungen (Binnenverkehr, grenzüberschreitender Versand, grenzüberschreitender Empfang, Transit) ist für das Klimaschutzenszenario in der Tabelle 7-16 und Tabelle 7-17 und die Entwicklung nach Bundesländern in der Tabelle 7-18 dargestellt. Auch hier ist gegenüber dem Bezugsszenario keine grundsätzlich andere Entwicklung festzustellen, sodass auf eine detaillierte Darstellung verzichtet wird.

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040	
				insgesamt in %	in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	238,0	231,7	230,0	-3,4 %	-0,2 %
grenzüb. Versand	56,5	64,4	70,0	23,9 %	1,0 %
grenzüb. Empfang	61,2	65,4	69,9	14,2 %	0,6 %
Durchgangsverkehr	35,1	40,4	43,6	24,2 %	1,0 %
Summe	390,8	401,9	413,5	5,8 %	0,3 %
Straße					
Binnenverkehr	2665,0	2932,1	3206,6	20,3 %	0,9 %
grenzüb. Versand	285,8	321,0	351,5	23,0 %	1,0 %
grenzüb. Empfang	275,5	312,6	360,3	30,8 %	1,3 %
Durchgangsverkehr	543,4	594,2	668,1	23,0 %	1,0 %
Summe	3.769,7	4.159,9	4.586,4	21,7 %	0,9 %
Binnenschiff					
Binnenverkehr	42,3	42,3	39,2	-7,4 %	-0,4 %
grenzüb. Versand	45,3	46,3	45,8	1,3 %	0,1 %
grenzüb. Empfang	85,9	75,1	66,8	-22,1 %	-1,2 %
Durchgangsverkehr	33,4	33,8	32,1	-3,9 %	-0,2 %
Summe	206,8	197,5	184,0	-11,1 %	-0,6 %
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	2945,3	3206,1	3475,7	18,0 %	0,8 %
grenzüb. Versand	387,6	431,6	467,3	20,6 %	0,9 %
grenzüb. Empfang	422,5	453,1	497,0	17,6 %	0,8 %
Durchgangsverkehr	611,9	668,4	743,8	21,6 %	0,9 %
Summe	4.367,3	4.759,3	5.183,9	18,7 %	0,8 %

Tabelle 7-16: Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t)

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040	
				insgesamt in %	in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	56,4	63,2	67,9	20,4 %	0,9 %
grenzüb. Versand	28,7	32,5	35,9	25,4 %	1,1 %
grenzüb. Empfang	27,5	30,3	34,3	24,6 %	1,1 %
Durchgangsverkehr	16,5	19,0	21,4	29,6 %	1,2 %
Summe	129,2	144,9	159,6	23,6 %	1,0 %
Straße					
Binnenverkehr	239,0	311,7	345,6	44,6 %	1,8 %
grenzüb. Versand	73,9	86,1	95,1	28,7 %	1,2 %
grenzüb. Empfang	74,2	87,2	99,7	34,3 %	1,4 %
Durchgangsverkehr	111,5	129,7	150,4	34,8 %	1,4 %
Summe	498,6	614,8	690,8	38,6 %	1,6 %
Binnenschiff					
Binnenverkehr	7,8	8,7	8,3	6,6 %	0,3 %
grenzüb. Versand	10,6	11,1	10,8	1,7 %	0,1 %
grenzüb. Empfang	16,2	15,0	14,1	-13,5 %	-0,7 %
Durchgangsverkehr	17,0	17,3	16,9	-0,3 %	0,0 %
Summe	51,6	52,1	50,1	-3,0 %	-0,1 %
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	303,2	383,6	421,8	39,1 %	1,6 %
grenzüb. Versand	113,2	129,7	141,9	25,4 %	1,1 %
grenzüb. Empfang	118,0	132,5	148,1	25,5 %	1,1 %
Durchgangsverkehr	145,1	166,0	188,8	30,1 %	1,3 %
Summe	679,4	811,9	900,5	32,5 %	1,4 %

Tabelle 7-17: Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.
Schleswig-Holstein	6,7	7,5	9,2	1,5	144,7	166,7	183,1	1,1	4,1	3,2	2,4	-2,5	155,5	177,4	194,7	1,1
Hamburg	56,5	61,5	69,5	1,0	113,1	137,3	153,0	1,4	8,7	7,7	6,4	-1,4	178,4	206,5	228,9	1,2
Niedersachsen	69,6	65,6	64,7	-0,3	493,0	560,8	614,9	1,1	20,0	20,7	20,2	0,0	582,6	647,1	699,8	0,9
Bremen	21,0	25,8	29,1	1,6	56,3	64,9	70,3	1,1	3,4	3,7	3,8	0,5	80,7	94,3	103,2	1,2
Nordrhein-Westfalen	101,2	108,2	109,6	0,4	822,8	909,7	998,0	0,9	107,1	95,6	84,3	-1,1	1.031,1	1.113,5	1.191,9	0,7
Hessen	18,5	18,9	20,6	0,5	301,8	353,0	396,3	1,3	12,2	12,5	11,9	-0,1	332,6	384,4	428,8	1,2
Rheinland-Pfalz	17,4	20,8	22,3	1,2	263,5	297,1	325,7	1,0	23,0	25,0	25,6	0,5	303,9	343,0	373,6	1,0
Baden-Württemberg	32,1	37,0	38,0	0,8	560,9	639,8	713,7	1,2	27,9	28,4	25,1	-0,5	621,0	705,2	776,8	1,1
Bayern	49,2	54,1	58,1	0,8	742,8	852,2	946,5	1,2	7,0	7,8	8,0	0,6	799,1	914,0	1.012,5	1,1
Saarland	15,5	14,1	12,0	-1,2	51,6	56,3	60,1	0,7	3,0	2,5	2,0	-1,9	70,1	72,9	74,1	0,3
Berlin	6,5	6,8	6,6	0,0	59,9	68,7	77,4	1,2	1,8	1,9	1,8	0,0	68,2	77,4	85,8	1,1
Brandenburg	32,1	33,6	34,5	0,3	186,6	217,2	240,8	1,2	2,4	3,1	3,3	1,5	221,1	253,9	278,6	1,1
Mecklenburg-Vorpommern	8,7	10,2	10,7	1,0	99,7	113,4	124,1	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	108,4	123,7	134,8	1,0
Sachsen	27,4	31,5	32,1	0,8	211,3	236,1	259,3	1,0	0,0	0,1	0,1	1,6	238,8	267,6	291,5	1,0
Sachsen-Anhalt	51,5	43,0	38,0	-1,4	188,8	209,3	225,1	0,8	6,1	6,8	7,1	0,7	246,4	259,1	270,2	0,4
Thüringen	7,6	8,3	8,6	0,6	134,9	153,7	169,1	1,1	0,0	0,0	0,0		142,6	162,0	177,7	1,1
Summe	521,4	546,9	563,5	0,2	4.432,0	5.036,2	5.557,4	1,1	226,9	219,0	201,9	-0,6	5.180,3	5.802,1	6.322,8	1,0

Tabelle 7-18: Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t)

Gegenüber dem Bezugsszenario resultiert der Mehrverkehr der Schiene in 2040 zu rd. 55 % aus dem Binnenverkehr, gefolgt von Importen (22 %) und den Exporten (16 %). Beim Binnenschiff verteilt sich die Mehrverkehr gleichmäßiger auf dieselben drei Hauptverkehrsbeziehungen, wobei hier ein Drittel des Mehrverkehrs aus Importen besteht, rd. 29 % aus Binnenverkehren und 24 % aus Exporten. Die restlichen Mehrverkehre sind sowohl bei der Schiene als auch der Binnenschifffahrt dem Durchgangsverkehr zuzuordnen. Die Unterschiede zwischen Klimaschutz- und zum Bezugsszenario sind nach Aufkommen der Tabelle 7-19 und nach Verkehrsleistung der Tabelle 7-20 zu entnehmen.

Hauptverkehrsbe- ziehung	Bezugs- szenario		Klima- schutz- szenario		Δ Klima- schutz- szenario zu Be- zugssze- nario in Mio. t	Δ Klima- schutz- szenario zu Be- zugssze- nario in %	Δ Klima- schutz- szenario zu Be- zugssze- nario in Mio. t	Δ Klima- schutz- szenario zu Be- zugssze- nario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	233,1	221,3	231,7	230,0	-1,4	-0,6 %	8,6	3,9 %
grenzüb. Versand	65,0	67,5	64,4	70,0	-0,6	-0,9 %	2,5	3,7 %
grenzüb. Empfang	65,1	66,5	65,4	69,9	0,3	0,5 %	3,4	5,1 %
Durchgangsverkehr	40,1	42,6	40,4	43,6	0,3	0,7 %	1,0	2,4 %
Summe	403,4	397,9	401,9	413,5	-1,4	-0,4 %	15,5	3,9 %
Straße								
Binnenverkehr	2.930,9	3.215,5	2.932,1	3.206,6	1,1	0,0 %	-9,0	-0,3 %
grenzüb. Versand	320,6	354,5	321,0	351,5	0,3	0,1 %	-3,0	-0,9 %
grenzüb. Empfang	313,2	364,4	312,6	360,3	-0,6	-0,2 %	-4,1	-1,1 %
Durchgangsverkehr	594,6	669,1	594,2	668,1	-0,4	-0,1 %	-1,0	-0,1 %
Summe	4.159,4	4.603,5	4.159,9	4.586,4	0,5	0,0 %	-17,0	-0,4 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	42,0	38,6	42,3	39,2	0,4	0,9 %	0,6	1,4 %
grenzüb. Versand	45,9	45,3	46,3	45,8	0,3	0,7 %	0,5	1,2 %
grenzüb. Empfang	74,8	66,2	75,1	66,8	0,3	0,3 %	0,7	1,0 %
Durchgangsverkehr	33,7	31,8	33,8	32,1	0,1	0,4 %	0,3	1,0 %
Summe	196,5	181,9	197,5	184,0	1,1	0,5 %	2,1	1,2 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	3.206,0	3.475,5	3.206,1	3.475,7	0,1	0,0 %	0,2	0,0 %
grenzüb. Versand	431,6	467,3	431,6	467,3	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Empfang	453,1	497,0	453,1	497,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	668,4	743,5	668,4	743,8	0,0	0,0 %	0,4	0,0 %
Summe	4.759,2	5.183,3	4.759,3	5.183,9	0,1	0,0 %	0,6	0,0 %

Tabelle 7-19: Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario

Hauptverkehrsbeziehung	Bezugs-szenario		Klima-schutzszenario		Δ Klima-schutz-szenario zu Be-zugssze-nario in Mrd. tkm	Δ Klima-schutz-szenario zu Be-zugssze-nario in %	Δ Klima-schutz-szenario zu Be-zugssze-nario in Mrd. tkm	Δ Klima-schutz-szenario zu Be-zugssze-nario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	64,4	64,3	63,2	67,9	-1,3	-2,0 %	3,6	5,6 %
grenzüb. Versand	32,9	34,7	32,5	35,9	-0,5	-1,4 %	1,3	3,6 %
grenzüb. Empfang	30,1	32,4	30,3	34,3	0,2	0,7 %	1,9	5,8 %
Durchgangsverkehr	19,0	20,9	19,0	21,4	0,0	-0,1 %	0,5	2,6 %
Summe	146,5	152,4	144,9	159,6	-1,6	-1,1 %	7,3	4,8 %
Straße								
Binnenverkehr	310,5	349,3	311,7	345,6	1,2	0,4 %	-3,7	-1,0 %
grenzüb. Versand	85,6	96,5	86,1	95,1	0,5	0,5 %	-1,3	-1,4 %
grenzüb. Empfang	87,4	101,7	87,2	99,7	-0,2	-0,3 %	-2,0	-2,0 %
Durchgangsverkehr	129,7	151,1	129,7	150,4	0,0	0,0 %	-0,7	-0,4 %
Summe	613,3	698,5	614,8	690,8	1,5	0,2 %	-7,6	-1,1 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	8,7	8,2	8,7	8,3	0,1	0,9 %	0,1	1,3 %
grenzüb. Versand	11,1	10,7	11,1	10,8	0,1	0,6 %	0,1	1,0 %
grenzüb. Empfang	14,9	13,9	15,0	14,1	0,0	0,3 %	0,1	1,1 %
Durchgangsverkehr	17,3	16,8	17,3	16,9	0,1	0,3 %	0,1	0,9 %
Summe	51,9	49,6	52,1	50,1	0,2	0,5 %	0,5	1,0 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	383,6	421,8	383,6	421,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Versand	129,6	141,8	129,7	141,9	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Empfang	132,5	148,0	132,5	148,1	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	166,0	188,7	166,0	188,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Summe	811,7	900,4	811,9	900,5	0,1	0,0 %	0,1	0,0 %

Tabelle 7-20: Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Klimaschutz- und Bezugsszenario

7.2.2 Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg

In Tabelle 7-21 wird die Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg bis 2040 im Klimaschutzszenario dargestellt. Um die aus dem Bezugsszenario bekannten Aussagen nicht wiederholen zu müssen, wird sofort auf den Vergleich zwischen dem Klimaschutzszenario und dem Bezugsszenario eingegangen.

Das Verkehrsaufkommen über Baden-Württemberg sinkt gegenüber dem Bezugsszenario leicht um 0,2% bzw. rd. 2,5 Mio. t im Jahr 2040. Dies liegt insbesondere an dem rückgängigen Straßenverkehr (rd. -1 % bzw. -8,6 Mio. t). Am stärksten profitiert der Schienengüterverkehr, der gegenüber dem Bezugsszenario um 6,5 % bzw. um 5,6 Mio. t angestiegen ist. Zu dem Anstieg trägt neben den Verkehrsverlagerungen, die durch den KV Terminal in Lahr hervorgerufen worden sind, auch der Entfall der kapazitiven Restriktionen im Schienennetz bei. Auch die Binnenschifffahrt steigt, jedoch nur leicht um rd. 1 % bzw. 0,5 Mio. t. Verbunden mit dem leichten Aufkommensrückgang sinkt die Fahrleistung gegenüber dem Bezugsszenario um -0,5 %.

Die Verkehrsleistung steigt um 0,7 %, bei der Schiene sogar um 7,7 % gegenüber dem Bezugsszenario, während die Straßenverkehrsleistung leicht um -0,7 % sinkt.

	2019	2030	2040	Wachstum in %	Veränderung gegenüber dem Bezugszenario 2040 in %
Verkehrsaufkommen in 1.000 Tonnen					
Schiene	71.148,8	83.983,7	91.560,2	28,7%	6,5%
Wasserstraße	50.575,6	52.363,2	49.763,4	-1,6%	1,1%
Straße	705.734,3	814.533,3	911.827,2	29,2%	-0,9%
Summe	827.458,7	950.880,1	1.053.150,8	27,3%	-0,2%
davon Durchgangsverkehr	253.264,5	293.455,8	328.356,2	29,6%	-0,4%
Verkehrsleistung innerhalb BW in Mio. tkm					
Schiene	12.363,3	16.139,1	18.013,0	45,7%	7,7%
Wasserstraße	6.029,0	6.454,0	6.377,4	5,8%	0,8%
Straße	65.082,5	76.629,0	86.185,0	32,4%	-0,7%
Summe	83.474,8	99.222,1	110.575,5	32,5%	0,7%
davon Durchgangsverkehr	36.673,1	43.099,9	48.182,2	31,4%	0,4%
Fahrleistung (Zug-, Lkw oder Binnenschiffs-km) innerhalb BW in 1.000 km					
Schiene	22.318,0	30.570,0	33.404,0	49,7%	6,2%
Wasserstraße	2.771,8	2.813,1	2.784,1	0,4%	0,9%
Straße	5.919.000,0	6.993.000,0	7.921.000,0	33,8%	-0,5%
Summe	5.944.089,8	7.026.383,1	7.957.188,1	33,9%	-0,5%
davon Durchgangsverkehr	1.857.125,3	2.107.771,2	2.360.216,5	27,1%	-1,4%

Tabelle 7-21: Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern im Klimaschutzenszenario

Quelle: eigene Darstellung

7.3 Energieverbrauch und Emissionen

Die THG-Emissionen Baden-Württembergs im Jahr 2019 wurden bereits im Bezugsszenario dargestellt, siehe hierzu Abschnitt 5.3.1

7.3.1 THG-Emissionen nach Verkehrsträgern

7.3.1.1 Pkw-Verkehr

Für die künftige Entwicklung des **Pkw-Bestands** wurde im Bezugsszenario angenommen, dass sich der seit Beginn der Massenmotorisierung in den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts und auch in den letzten Jahren zu beobachtende Trend einer zunehmenden Motorisierung weiter fortsetzt. Dies manifestiert sich in einem Anstieg der Pkw-Dichte und (bei einer mindestens konstanten Bevölkerung) auch des Pkw-Bestands. Das Klimaschutzszenario unterstellt nun nicht nur eine Abschwächung dieses Wachstums oder eine Stagnation, sondern sogar einen Rückgang der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg auf das Niveau des Jahres 2010, das sich auf 553 Pkw pro 1000 Einwohner belief. Dies bedeutet gegenüber 2019 (606) einen Rückgang um 9 % und gegenüber 2023 (615) sogar um 10 %. Da diese Annahme bereits für das Prognosejahr 2030 unterstellt wurde, müsste sich diese Entwicklung in den kommenden sieben Jahren vollziehen, was einem jährlichen Rückgang um 1,5 % entspricht. Da die Einwohnerzahl zwischen 2019 und 2030 – wie im Bezugsszenario – um 2,5 % steigt, fällt das Minus in diesem Zeitraum beim Bestand mit 6 % schwächer aus als bei der Dichte. Gegenüber dem Bezugsszenario beträgt die Abweichung der Dichte und des Bestands jeweils 14 % (2030) bzw. 17 % (2040).

Die Struktur nach **Antriebsarten** verschiebt sich maßnahmenbedingt im Klimaschutzszenario noch mehr als im Bezugsszenario in Richtung der lokal emissionsfreien Pkw (vgl. Abschn. 6.5.1). Im Ergebnis liegt die Zahl der – für die direkten CO₂-Emissionen verantwortlichen – Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor um 38 % (2030) bzw. 75 % (2040) unter dem Stand von 2019. Gegenüber dem Bezugsszenario beträgt der Abstand 24 % bzw. 34 %. Entsprechend erfolgt der Hochlauf der BEV noch schneller (vgl. Tab. 7-22). Die Zahl der PHEV erreicht im Jahr 2029 ihren Maximalwert, von dem aus sie wieder rasch sinkt.

Auf die **Verkehrsleistung** des MIV wurde im Abschnitt 7.1 bereits eingegangen. Sie liegt wegen der zahlreichen Maßnahmen zu dessen Minderung in beiden Prognosejahren um rund ein Viertel unter dem Wert des Basisjahrs. Gegenüber dem Bezugsszenario ergibt sich eine sehr ähnliche Reduktion.

Hinsichtlich des Besetzungsgrads der Pkw haben wir aufgrund der Verteuerung der Pkw-Nutzung – im Gegensatz zum Bezugsszenario, in dem eine Konstanz unterstellt wurde, – einen Anstieg angenommen. Konkret haben wir wie im Vorgängerprojekt eine Elastizität von 0,3 angesetzt. Das bedeutet, dass bei einem Rückgang der Verkehrsleistung um 10 % die Besetzung um 3 % steigt. Somit sinkt die **Fahrleistung** der Pkw deutlich stärker als die Verkehrsleistung. Im Jahr 2040 beläuft sich der Rückgang gegenüber 2019 auf 31 % und gegenüber dem Bezugsszenario auf 33 %.

Bei der Abschätzung der durchschnittlichen Fahrleistung pro Pkw nach **Antriebsarten** musste – zusätzlich zur Gesamtentwicklung – die stärkere Verteuerung der Pkw mit Verbrennungsmotoren berücksichtigt werden, so dass die Spreizung zwischen ihnen und den lokal emissionsfreien Pkw bei der Fahrleistung stärker ausfällt als beim Bestand. Im Ergebnis sinkt die Fahrleistung der Pkw mit Verbrennungsmotoren um 63 % (2030) bzw. 85 % (2040), also deutlich stärker als deren Bestand (vgl. Tab. 7-22). Diese Modifikation kam bei der Ergebnisbildung auf Landesebene und maßnahmenunspezifisch auch auf Kreisebene zum Einsatz.

Der **Endenergieverbrauch** des Pkw-Verkehrs geht im gesamten Prognosezeitraum noch erheblich stärker zurück als die (gesamte) Pkw-Fahrleistung, nämlich um 60 % (2030) bzw. 76 % (2040). Die Gründe liegen in den überall z. T. maßnahmenbedingt und z. T. technologiebedingt sinkenden Durchschnittsverbräuchen, aber auch in der Strukturverschiebung zu den energieeffizienteren BEV. Beide Effekte kommen auch im Bezugsszenario zum Tragen, sind aber im Klimaschutzszenario deutlich ausgeprägter.

Die **direkten CO₂-Emissionen** vermindern sich nochmals stärker als der gesamte Endenergieverbrauch, weil der (stark steigende) Verkehr mit BEV hier nicht enthalten ist. Konkret beträgt die

Minderung gegenüber 2019 im Jahr 2030 72 %, was nahe am Kraftstoffverbrauch der Verbrenner liegt (vgl. Tab. 7-22)⁸¹. Im Jahr 2040 sind die Emissionen gleich Null, weil hier ein vollständiger Ersatz von fossilen durch regenerativ erzeugte Kraftstoffe (reFuels) angenommen wurde (vgl. Abschnitt 6.3.1). Ohne diese würde sich ein Ausstoß in Höhe von 1,3 Mio. t errechnen, was gegenüber 2019 eine Minderung um 91 % bedeuten würde, die auch hier weitgehend dem Verlauf des Kraftstoffverbrauchs der Verbrenner entspricht.

Die **gesamten CO₂-Emissionen** reduzieren sich annähernd im gleichen Ausmaß wie die direkten Emissionen. Hier ist der Verkehr der BEV zwar enthalten, jedoch wird deren Mitbilanzierung durch die stark sinkende THG-Quote der Stromerzeugung abgeschwächt.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Pkw-Dichte (Pkw/1000 EW)	606	553	553	-9	-9
Pkw-Bestand (Mio.)	6,72	6,29	6,30	-6	-6
darunter:					
- Verbrennungsmotor	6,68	4,15	1,64	-38	-75
- PHEV	0,02	0,33	0,19	-	-
- BEV (incl. FCV)	0,03	1,81	4,48	-	-
Anteil Verbrenn. (%)	99	66	26	-34	-74
Verkehrsleistung MIV (Mrd. Pkm)	123,1	90,2	94,9	-27	-23
Fahrleistung Pkw (Mrd. Fzkm)	79,9	52,6	55,2	-34	-31
darunter:					
- Verbrennungsmotor	79,5	29,2	11,6	-63	-85
- PHEV (fossil und elektrisch)	0,17	2,27	1,29	-	-
- BEV (incl. FCV)	0,25	21,07	42,33	-	-
Anteil Verbrenner (%)	99	56	21	-44	-79
Energieverbrauch (PJ)	196,5	77,6	47,2	-60	-76
- Ottomotor	103,4	32,4	11,9	-69	-88
- Dieselmotor	89,8	26,2	9,6	-71	-89
- Gasantrieb (Flüssig- u. Erdgas)	1,3	0,6	0,5	-53	-61
- Hybridantrieb (Otto und Diesel)	1,6	3,8	1,8	133	11
- PHEV fossil	0,2	1,6	0,8	-	-
- PHEV elektr.	0,1	0,9	0,5	-	-
- BEV	0,2	11,8	21,3	-	-
- FCV	0,0	0,4	0,8	-	-
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	13,74	3,91	0,00	-72	-100
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)	16,35	5,83	0,62	-64	-96

Tabelle 7-22: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs, Klimaschutzszenario

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.3.1.2 Lkw-Verkehr

Die künftige Entwicklung der **Transportleistung** der SNF (einschließlich Sattelzugmaschinen) wurde bei der Güterverkehrsprognose bereits beschrieben. Die Abweichung zum Bezugsszenario ist sehr gering (< 1 %, beide Prognosejahre). Dies gilt auch für die **Fahrleistung** der SNF und SZM, die hier ebenfalls der Umlegung entnommen wurde. In der Differenzierung nach **Antriebsarten** errechnet sich aufgrund der weiteren Verteuerung des Betriebs von dieselbetriebenen Lkw, vor allem durch die Mautspreizung, eine nochmalige Reduktion von deren Fahrleistungsanteil. Hier kam analog zum Pkw-Verkehr ein Korrekturfaktor zum Einsatz. Sie sinkt deshalb schon bis

⁸¹ Die geringe Abweichung kommt durch unterschiedliche Emissionsfaktoren, und Biokraftstoffanteile von Otto- und Diesel-Pkw zustande.

2030 um 19 % (Bezugsszenario: +1 %). Bis 2040 wird eine nahezu vollständige Verdrängung (-95 %, Bezugsszenario: -66 %) ausgewiesen.

Bei den **LNF** bleibt die hohe Dynamik von Bestand und Fahrleistung, die im Bezugsszenario prognostiziert wurde, mangels der Verfügbarkeit von alternativen Verkehrsarten auch im Klimaschutzszenario erhalten. Allerdings wird die Fahrleistung der Verbrenner (hier Otto- und Diesel-Fahrzeuge) schon bis 2030 sinken, während sie im Bezugsszenario noch zunahm. Bis 2040 wird sie nahezu vollständig ersetzt werden.

Bei beiden Segmenten liegt der Anstieg des **Energieverbrauchs** klar unter dem der jeweiligen Fahrleistung, vor allem nach 2030. Die Gründe sind, wie beim Pkw-Verkehr, die sinkenden spezifischen Durchschnittsverbräuche und die Verschiebungen hin zu effizienteren Antriebsarten. Bei SNF und SZM macht sich auch die Tempobegrenzung bemerkbar.

	Absolute Werte		Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	40/19
SNF u. SZM Transportleistung (Mrd. tkm)	65,1	76,6	86,2	18	32
SNF u. SZM Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	5,92	6,99	7,92	18	34
- Diesel	5,92	4,80	0,32	-19	-95
- BEV	0,00	2,00	6,27	-	-
- H ₂	0,00	0,19	1,33	-	-
LNF Bestand (Mio. Kfz)	0,36	0,51	0,69	42	91
LNF Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	7,59	10,77	14,47	42	91
- Verbrennungsmotor	7,17	6,70	0,58	-7	-92
- BEV	0,06	3,78	11,46	-	-
- H ₂	0,00	0,29	2,43	-	-
Summe (SNF u. SZM +LNF)					
Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	13,51	17,76	22,39	31	66
Energieverbrauch (PJ)	105,4	92,8	61,7	-12	-41
- SNF u. SZM	74,0	62,8	42,3	-15	-43
- Diesel	74,0	52,1	3,1	-30	-96
- BEV	0,0	8,9	26,5	-	-
- H ₂	0,0	1,8	12,6	-	-
- LNF	31,4	30,0	19,5	-4	-38
- Verbrennungsmotor	31,3	25,1	2,0	-20	-94
- - Otto	1,3	0,4	0,5		
- - Diesel	30	24,7	1,5		
- BEV	0,1	4,5	13,6	-	-
- H ₂	0,0	0,5	3,9	-	-
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t) ohne Abzug von ReFues	7,38	5,23	0,00	-29	-100
- SNF u. SZM	5,64	3,86	0,00	-31	-100
- LNF	1,74	1,37	0,00	-21	-99
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)	9,50	8,22	1,51	-13	-84
- SNF u. SZM	7,25	6,11	1,18	-16	-84
- LNF	2,24	2,11	0,33	-6	-85

Tabelle 7-23: CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs, Klimaschutzszenario

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

Die **direkten CO₂-Emissionen** vermindern sich bis 2030 (-29 %) nochmals stärker als der Endenergieverbrauch (-12 %), weil der (stark steigende) Verkehr mit nicht-fossil betriebenen Lkw hier nicht enthalten ist. Im Jahr 2040 ist der Kraftstoffverbrauch der Lkw im Klimaschutzszenario – im Gegensatz zum Bezugsszenario – so gering, dass er vollständig durch Biokraftstoffe abgedeckt

werden kann. Deshalb sinken die direkten Emissionen auf Null, und zwar schon ohne den Abzug von reFuels.

Die **gesamten CO₂-Emissionen** reduzieren sich in einem geringeren Ausmaß als die direkten Emissionen, was vor allem auf den Ausstoß bei der Stromerzeugung für die BEV-Fahrzeuge zurückzuführen ist, der durch den sinkenden THG-Faktor der Stromerzeugung lediglich abgeschwächt wird.

7.3.1.3 Schienenverkehr

Auch hier wurden die Verkehrsleistungen des Schienenpersonen- und des -güterverkehrs bereits vorgestellt. Die **Betriebsleistung** im Personenverkehr wurde aus dem Betriebskonzept des Deutschlandtakts abgeleitet und steigt im Ergebnis etwas stärker als die Verkehrsleistung. Im Güterverkehr wird sie ebenfalls etwas stärker wachsen als die Transportleistung. Hier schlägt – wie auch im Bezugsszenario – der Güterstruktureffekt, weg von schweren Massengütern, durch, weshalb die Beladung, gemessen in tkm/Zugkm, sinkt.

Der **Endenergieverbrauch** erhöht sich in beiden Verkehrsarten in einem geringeren Ausmaß als die (jeweilige) Betriebsleistung, weil die Durchschnittsverbräuche abnehmen. Verschiebungen innerhalb der Antriebsarten spielen hier wegen des schon derzeit hohen Elektroanteils eine weit geringere Rolle als im Pkw- und im Lkw-Verkehr.

Die **direkten Emissionen** sind im Schienenverkehr sehr gering, weil sie nur die Dieseltraktion enthalten, die zudem gegen Null konvergiert. Im Jahr 2040 sind sie auch hier gleich Null, weil ebenfalls ein vollständiger Ersatz von fossilen durch regenerativ erzeugte Kraftstoffe (reFuels) angenommen wurde. Ohne diesen Faktor lägen sie um 8 % unter dem Wert von 2019, obwohl die Betriebsleistungen stark steigen. Die **gesamten** Emissionen sind um den Faktor 8 höher als die direkten Emissionen und nehmen nach 2030 stark ab, was durch die rückläufige THG-Intensität der Stromerzeugung zustande kommt. Wegen der wesentlich höheren Betriebsleistung sind sie aber im Jahr 2030 im Klimaschutz- höher als im Bezugsszenario.

	Absolute Werte			Veränderung (gesamt, %)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleist. Personenverkehr (Mrd. Pkm)	12,8	29,5	29,2	130	128
Transportleistung Güterverkehr (Mrd. tkm)	12,4	16,1	18,0	31	46
Betriebsleistungen (Mio. Zugkm)	162,2	370,7	325,8	129	101
- Personenverkehr	139,9	340,1	292,4	143	109
- Güterverkehr	22,3	30,6	33,4	37	50
Energieverbrauch (PJ)	6,240	12,495	10,083	100	62
- Personenverkehr	5,381	11,464	9,049	113	68
- Güterverkehr	0,859	1,030	1,034	20	20
- Strom	4,886	10,567	8,834	116	81
- Diesel	1,354	1,928	1,249	42	-8
Direkte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,100	0,143	0,000	42	-100
- Personenverkehr	0,086	0,131	0,000	52	-100
- Güterverkehr	0,014	0,012	0,000	-15	-100
Gesamte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,664	1,106	0,227	67	-66
- Personenverkehr	0,573	1,015	0,204	77	-64
- Güterverkehr	0,091	0,091	0,023	0	-75

Tabelle 7-24: CO₂-Emissionen des Schienenverkehrs, Klimaschuttszenario

Quelle: KBA, StLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.3.1.4 Luftverkehr

Die verschiedenen Definitionen der Emissionen des Luftverkehrs wurden bereits dargestellt (vgl. Abschnitt 2.4). Der für das Monitoring nach dem Kyoto- und dem Paris-Abkommen relevante

innerdeutscher Verkehr wird im Prognosezeitraum sinken, der nach dem Standortprinzip annähernd konstant bleiben. Diese Divergenz ist schon für das Bezugsszenario zu prognostizieren, in dem beide Größen noch steigen, allerdings in sehr unterschiedlichem Tempo. In beiden Szenarien kommt der Unterschied dadurch zustande, dass der innerdeutsche Verkehr eine weit geringe Dynamik aufweist als der internationale Luftverkehr. In beiden Definitionen liegen die absoluten Werte um 8 % (2030) bzw. 13 % (2040) unter denen des Bezugsszenarios. Der spezifische Verbrauch sinkt wie im Bezugsszenario deutlich. Hinzu kommt der Ersatz von Kerosin durch „Sustainable Aviation Fuels“ (SAF), für die im Jahr 2040 ein Anteil von 100 % angenommen wird (2030: 20 %, Bezugsszenario: 10 % bzw. 1 %). Aus diesen Gründen fällt die CO₂-Minderung wesentlich stärker aus als im Bezugsszenario. Im Jahr 2030 beläuft sie sich bereits auf 47 % (direkte Emissionen) bzw. 40 % (gesamte Emissionen). Die Abweichung zwischen diesen beiden Werten (CO₂-Minderung BEZ vs. KSS) kommt durch die unterschiedliche Entwicklung der jeweils zugrunde gelegten Nachfrage zustande.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleistung (Mrd. Pkm)					
- Territorial (über Baden-Württemberg)	0,98	0,95	1,01	-3	3
-- Innerdeutscher Verkehr	0,17	0,15	0,15	-12	-12
-- Auslandsverkehr	0,81	0,81	0,86	-1	6
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	30,5	30,2	32,4	-1	6
-- Innerdeutscher Verkehr	1,2	1,1	1,1	-12	-11
-- Auslandsverkehr abgehend	29,3	29,1	31,3	-1	7
Spezifischer Verbrauch (l/100 Pkm)					
- Territorial (über Baden-Württemberg)	5,9	4,5	3,9	-24	-34
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	3,7	2,8	2,4	-24	-34
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	20,0	100,0	-	-
Energieverbrauch, territorial (1000 t)	11,8	8,7	8,0	-26	-32
- davon CO ₂ -neutral	0,0	1,7	8,0	-	-
- konventionell	11,8	7,0	0,0	-41	-100
Insgesamt in PJ	0,505	0,374	0,343	-26	-32
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t) territorial, nur innerdt. V. innerhalb BW	0,037	0,020	0,000	-47	-100
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t) Standortprinzip, gesamter Verkehr	8,120	4,885	0,000	-40	-100

Tabelle 7-25: CO₂-Emissionen des Luftverkehrs, Klimaschutzszenario

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.3.1.5 Binnenschifffahrt

Transport- und Betriebsleistung kommen auch hier aus der Güterverkehrsprognose.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Verkehrsleistung (Mrd. tkm)	6,029	6,454	6,377	7	6
Betriebsleistung (Mrd. Fzkm)	2,772	2,813	2,784	1	0
Spezifischer Verbrauch (l / 1000 tkm)	9,3	8,6	7,9	-8	-15
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	1,9	100,0	-	-
Energieverbrauch nach Kyoto (Mio. t)	46,7	46,0	42,1	-1	-10
- davon CO ₂ -neutral	0,0	0,9	42,1	-	-
- konventionell	46,6	45,1	0,0	-3	-100
Insgesamt in PJ	1,990	1,961	1,797	-1	-10
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	0,183	0,177	0,000	-3	-100
Gesamte CO₂-Emission (Mio. t)	0,177	0,171	0,000	-3	-100

Tabelle 7-26: CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt, Klimaschutzszenario

Quelle: KBA, StaLA BW. AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

Für den spezifischen Verbrauch wurde mit knapp 1 % p. a. der gleiche Rückgang wie im Bezugsszenario angesetzt. Dagegen wurde für die CO₂-neutralen Kraftstoffe im Jahr 2040 ein Anteil von 100 % (Bezugsszenario: 40 %, 2030: 2 %, beide Szenarien) angenommen. Entsprechend gehen die direkten und gesamten Emissionen dann auf Null zurück, nachdem sie im Jahr 2030 um lediglich 3 % gemindert werden.

7.3.1.6 Zusammenfassung

In der folgenden Tabelle sind alle Verkehrsträger zusammengefasst dargestellt, deren Emissionen bereits beschrieben wurden. In der Gesamtschau zeigt sich bei den **direkten Emissionen** die dominierende Stellung des Straßenverkehrs, der auch die Entwicklung im Klimaschutzszenario determiniert. Bis **2030** greifen zusätzlich zu den Annahmen des Bezugsszenarios die weiteren verkehrlichen Einschränkungen und die Nutzerkostenerhöhung für Verbrenner. Deshalb sinken die Emissionen des Straßenverkehrs wie auch die aller Verkehrsarten gegenüber 2019 um 56 % (Bezugsszenario: 20 %). Bringt man zusätzlich die für 2030 angenommene Menge von reFuels in Höhe von 6 PJ, die hier nicht den einzelnen Verkehrsträgern zugeordnet werden können, in Abzug, dann erhöht sich die Minderung sogar auf 58 %. Damit wird also unter den gesetzten Prognoseprämissen das klimaschutzpolitische Ziel Baden-Württembergs für 2030, nämlich eine Reduktion um 59 % ggü. 2019 **nahezu exakt erreicht**. Mit z. B. rund 0,9 PJ reFuels zusätzlich würde das Ziel 2030 von 9,1 Mt CO₂ komplett erreicht. Im Jahr **2040** ist der Kfz-Bestand zum großen Teil elektrifiziert, so dass der Ausstoß schon ohne den Ersatz von fossilen Kraftstoffen durch reFuels (im Straßen- und Schienenverkehr) um 94 % sinkt. Einschließlich dessen geht er um 100 % zurück. Dafür werden 2040 rund 16,6 PJ ReFuels benötigt, die fossile Kraftstoffe vor allem im Pkw-Verkehr ersetzen müssten.

In den **gesamten Emissionen** sind diejenigen aus elektrisch betriebenen Fahrzeugen enthalten. Deshalb ist die Minderung bis **2030** im Straßenverkehr (-47 %) geringer als bei den direkten, auch wenn der Ausstoß von BEV durch die sinkende THG-Quote erheblich gedämpft wird. Bei der Summe der Verkehrsarten besitzt der Luftverkehr eine wesentlich größere Bedeutung. Weil dessen Ausstoß um nur 40 % abnimmt, fällt die Reduktion der Emissionen aller Verkehrsarten (-43 %) nochmals schwächer aus als bei den direkten Emissionen. Bis zum Jahr **2040** wird sie sich auch hier erheblich verstärken (-93 %), weil die verbleibenden Verbrenner ausschließlich und die elektrisch angetriebenen Fahrzeuge zum weitaus größten Teil mit regenerativ erzeugter Energie betrieben werden.

Verkehrsträger	Absolute Werte			Veränderung	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Direkte Emissionen, Kyoto-Mon.¹⁾					
Straßenverkehr ²⁾	21,80	9,28	0,00	-57	-100
- darunter Pkw-Verkehr	13,74	3,91	0,00	-72	-100
- darunter Lkw-Verkehr (SNF, SZM, LNF)	7,38	5,23	0,00	-29	-100
Schienenverkehr	0,10	0,14	0,00	42	-100
Luftverkehr ³⁾	0,04	0,02	0,00	-47	-100
Binnenschifffahrt ²⁾	0,18	0,18	0,00	-3	-100
Insgesamt	22,12	9,62	0,00	-57	-100
Insgesamt (mit Berücks. weiterer Refuels über Tabelle 7-31 hinaus) ⁷⁾		9,17		-59	
Gesamte Emissionen, TREMOD⁴⁾					
Straßenverkehr ⁵⁾	26,66	14,26	2,13	-47	-92
- Pkw-Verkehr	16,35	5,83	0,62	-64	-96
- Lkw-Verkehr	9,50	8,22	1,51	-13	-84
Schienenverkehr	0,66	1,11	0,23	67	-66
Luftverkehr ⁶⁾	8,12	4,89	0,00	-40	-100
Binnenschifffahrt ⁵⁾	0,18	0,17	0,00	-3	-100
Insgesamt	35,62	20,42	2,36	-43	-93

1) ohne Vorkette und inkl. Abzug Biokraftstoffe und ReFuels (siehe Tabelle 7-29)

2) Basis Kraftstoffabsatz

3) nur innerdeutscher Verkehr, Territorialprinzip

4) Einschl. Vorkette und Biokraftstoffe

5) Basis effektiver Verbrauch

6) Standortprinzip

7) 2030 6 PJ (= 0,45 Mio. t CO₂)

Tabelle 7-27: CO₂-Emissionen aller Verkehrsträger, Klimaschutzszenario

Sollten zur Erfüllung der Mobilität ReFuels nicht in entsprechender Menge vorhanden sein, resultiert dies in direkten Emissionen i. H. v. 1,27 Mio. t CO₂. Die Aufteilung auf die Verkehrsträger ist in Tabelle 7-28 dargestellt.

Direkte Emissionen, Kyoto-Mon. (Mio. t. CO ₂), ohne Berücksichtigung ReFuels	KsSz 2040
Straßenverkehr	0,988
- darunter Pkw-Verkehr	0,928
- darunter Lkw-Verkehr (SNF, SZM, LNF)	0,021
Schienenverkehr	0,092
Luftverkehr	0,022
Binnenschifffahrt	0,164
Insgesamt	1,266

Tabelle 7-28: CO₂-Emissionen aller Verkehrsträger, ohne Berücksichtigung ReFuels

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Ottokraftstoff (Mrd. l)					
- Pkw	3,352	1,204	0,464	-68	-92
- Pkw PJ	Siehe Tab. 7-22				
- LNF	0,042	0,013	0,016	-78	-72
- Zusammen	3,394	1,217	0,480	-69	-92
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	8,017	2,875	1,133	-69	-92
Dieselmkraftstoff (Mrd. l)					
- Pkw	2,530	0,738	0,269	-75	-95
- Pkw PJ	Siehe Tab. 7-22				
- SNF u. SZM	2,085	1,469	0,089	-31	-100
- LNF	0,845	0,695	0,042	-19	-100
- Schienenverkehr	0,038	0,054	0,035	-21	-38
- Schienenverkehr PJ	1,354	1,928	1,249		
- Binnenschiff	0,056	0,055	0,051	-1	-10
- Binnenschiff PJ	1,990	1,961	1,797		
- Zusammen	5,554	3,012	0,485	-50	-96
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	14,589	7,911	1,275	-50	-96
Kerosin (Mrd. l)					
- Luftverkehr	0,016	0,013	0,012	-20	-22
- PJ	0,505	0,406	0,395		
- Verursachte Menge CO ₂ (Mio. t)	0,037	0,030	0,029	-20	-22
Strom (PJ)					
- Pkw	0,236	13,051	22,555	-	-
- SNF u. SZM	0,000	8,865	26,511	-	-
- LNF	0,072	4,493	13,626	-	-
- Schienenverkehr	4,886	10,567	8,834	20	22
- Zusammen	5,194	36,975	71,525	493	1143
Wasserstoff (PJ)					
- Pkw	0,020	0,405	0,760	-	-
- SNF u. SZM	0,000	1,620	11,473	-	-
- LNF	0,001	0,417	3,505	-	-
- Zusammen	0,021	2,441	15,738	-	-

Tabelle 7-29: Verbrauch weiterer Kraftstoffe, in Baden-Württemberg

Schließlich gibt Tabelle 7-30 einen Überblick zur Entwicklung des Verkehrs und der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg.

	Analysejahr 2019				Klimaschutzszenario 2030				Klimaschutzszenario 2040			
	Ver- kehrs- leistung	Fahr- leis- tung	CO ₂ -Emissionen		Ver- kehrs- leistung	Fahr- leis- tung	CO ₂ -Emissionen		Verkehrs- leistung	Fahr- leis- tung	CO ₂ -Emissionen	
	Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Kyoto	Tremod	Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Kyoto	Tremod	Mrd. Pkm bzw. tkm	Mrd. Fzkm	Kyoto	Tremod
			Mio. t CO ₂				Mio. t CO ₂				Mio. t CO ₂	
Personenverkehr	155,35	79,90	14,56	25,86	148,00	52,60	4,20	11,93	152,90	55,20	0,00	0,82
MIV	123,12	79,90	13,74	16,35	90,21	52,60	3,91	5,83	94,86	55,20	0,00	0,62
Eisenbahnverkehr	12,82	-	0,09	0,57	29,54	-	0,13	1,02	29,20	-	0,00	0,20
ÖSPV ⁸²	8,82	-	0,69	0,82	12,99	-	0,14	0,20	13,27	-	0,00	0,00
Luftverkehr	0,98	-	0,04	8,12	0,95	-	0,02	4,89	1,01	-	0,00	0,00
Fahrradverkehr	4,90	-	0,00	0,00	9,23	-	0,00	0,00	9,54	-	0,00	0,00
Fußwegverkehr	4,72	-	0,00	0,00	5,08	-	0,00	0,00	5,02	-	0,00	0,00
Güterverkehr	83,47	13,51	7,57	9,77	99,22	17,76	5,42	8,48	110,58	22,39	0,00	1,53
Schiene	12,36	-	0,01	0,09	16,14	-	0,01	0,09	18,01	-	0,00	0,02
Straße	65,08	13,51	7,38	9,50	76,63	17,76	5,23	8,22	86,19	22,39	0,00	1,51
Binnenschiff	6,03	-	0,18	0,18	6,45	-	0,18	0,17	6,38	-	0,00	0,00
insgesamt	-	-	22,12	35,62	-	-	9,62	20,41	-	-	0,00	2,36

Tabelle 7-30: Entwicklung des Verkehrs und der CO₂-Emissionen in Baden-Württemberg

An dieser Stelle wird wie für das Bezugsszenario die Entwicklung des Absatzes von Biokraftstoffen und von CO₂-neutral erzeugten Kraftstoffen, sog. **Refuels** angegeben: Dort ist die Absatzmenge von Biokraftstoffen und damit auch die von eingespartem CO₂ im Jahr 2030 genauso hoch wie im Jahr 2019 (vgl. Abschn. 6.3.1). Im Jahr 2040 ist sie etwas geringer als 2019, weil in einigen Segmenten eine geringere Menge von fossilen Kraftstoffen verbraucht wird als die Menge von Biokraftstoffen in 2019. Allerdings wurde keine Umverteilung überschüssiger Biokraftstoffe zwischen den Kfz-Arten vorgenommen. Danach sinkt sie leicht, weil die verbliebene fossile Fahrleistung der SNF, SZM bereits mit geringeren Mengen vollständig abgewickelt werden kann. Die Menge von Refuels im Luftverkehr steigt zwar drastisch, bleibt aber sehr gering, weil der gesamte Kerosinverbrauch aufgrund der Zurechnung nur des Luftverkehrs über Baden-Württemberg entsprechend niedrig ist. Bei der Binnenschifffahrt ist die Menge vor allem im Jahr 2040 nicht unwesentlich.

	Absolute Werte			Veränderung (%)	
	2019	2030	2040	30/19	40/19
Biokraftstoffe (Mio. l)					
Pkw-Verkehr	368,5	368,5	368,5	0	0
SNF u. SZM	115,2	115,2	80,5	0	-30
LNF	49,1	49,1	40,2	0	-10
Summe (Mio. l)	532,7	532,7	489,2	0	-8
Summe (PJ)	18,0	18,0	16,5	0	-9
Eingesparte Menge CO ₂ (1000 t)	1258,2	1258,2	1155,4	0	-8
Refuels					
Luftverkehr (SAF, 1000 t)	0,006	1,746	8,009	-	-
Luftverkehr (SAF, PJ)	0,000	0,075	0,343		
Binnenschifffahrt (1000 t)	0,023	0,878	42,131	-	-
Binnenschifffahrt (PJ)	0,001	0,037	1,797		
Summe (1000 t)	0,029	2,624	50,140	-	-
Eingesparte Menge CO ₂ (1000 t)	0,111	10,044	187,137	-	-

Tabelle 7-31: Absatz von Biokraftstoffen im Straßenverkehr und Refuels in Baden-Württemberg

⁸² Die Verkehrsleistung enthält den schienengebundenen ÖSPV. Dessen Emissionen werden aber beim Eisenbahnverkehr ausgewiesen. Die Emissionen des ÖSPV enthalten auch diejenigen der heterogenen „sonstigen Kfz“, die nicht eindeutig dem Personen- oder dem Güterverkehr zugeordnet werden können. Der größte Teil entsteht jedoch bei Bussen, weshalb sie hier aufgenommen werden.

7.3.2 THG-Wirkungen einzelner Maßnahmen

Analog zum Bezugsszenario wurden im Klimaschutzszenario die Wirkungen verschiedener Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen zusätzlich zur Szenariorechnung einzeln ermittelt. Bei der Interpretation dieser Einzelmaßnahmenergebnisse ist es wichtig zu beachten, dass sich die Maßnahmen teilweise gegenseitig verstärken, teilweise aber auch in ihrer Wirkung ähneln. Somit ist eine Kombination oder Addition der ausgewiesenen Einzelwirkungen unzulässig. In den folgenden Abschnitten wird ein Überblick der Maßnahmen dargestellt.

Überblick

Nachfolgende Tabelle 7-32 gibt einen Überblick der Maßnahmen und verweist auf die Prämissen und deren Operationalisierung in Anhang A- 2. Die Ausführungen zu Maßnahmen der Hintergrundentwicklung behalten ihre Gültigkeit, dazu sei auf Abschnitt 5.3.3 verwiesen. Von den Maßnahmen, die eine Fahrleistungsreduktion bewirken und die Antriebswende im Pkw-Verkehr begünstigen, wurden zum einen die verkehrlichen Effekte und die dadurch ausgelösten Emissionseinsparungen sowie zum anderen die Minderungen durch reduzierte spezifische Verbräuche, z. B. durch die Maßnahme „Tempolimit“, berechnet. Ein separater Effekt auf die Pkw-Flottenzusammensetzung oder -Dichte und damit verbundene Emissionseinsparungen wurde nicht berechnet. Die hier ausgewiesenen Wirkungen der Maßnahmen CO₂-Preis, Lkw Tank- und Ladeinfrastruktur sowie der Lkw-Maut beinhalten zusätzlich auch die Wirkung der Maßnahmen auf die Flottenzusammensetzung der Lkw (sowohl SZM und SNF als auch LNF) und damit verbundene Emissionseinsparungen. Außerdem wurden die Einzelwirkungsberechnungen auftragsbedingt ohne Umlegung erstellt. Insofern ließ sich bei den Maßnahmen „Angebotssteigerung Bahn“, „Angebotsverdichtung ÖSPV“ und beim Radverkehr der Einspareffekt nur anhand des neu geschaffenen Angebots berechnen, wohingegen der Einspareffekt, den die durch die Maßnahmen neu geschaffenen infrastrukturellen Kapazitäten bewirken, nicht mitbilanziert wurde.

Maßnahme	Beschreibung	Eintritt Maßnahme
Pkw-Dichte	Konstante Pkw-Dichte ggü. 2010 (1)	Trendbruch 2024 und zü- giger Rückgang bis 2030
Reduzierter BFStr-Ausbau	Alle noch nicht im Bau befindlichen Neu- und Ausbaumaßnah- men an BFStr unterbleiben. (6)	ab 2024 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
Tempo 30	Tempolimit 30 gilt generell innerorts außer auf mehrstreifigen Straßen) (31)	ab 2025 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
Pkw-Tempolimit (100/80)	Autobahnen und Außerortsstraßen 100 bzw. 80 km/h (30)	ab 2027 kompletter Effekt
Straßenbenutzungsgebühr für Pkw	2030 noch keine Gebühr für lokal emissionsfreie Fahrzeuge, ab 2035 dann aber für alle Fahrzeuge in Höhe von 5 ct ₂₀₁₉ /km (18)	2030 bzw. 2035 komplette Effekte
Mobilitätspass	ab 2024 lokal emissionsfreie Fahrzeuge ohne Kosten, ab 2035 für alle Pkw in Höhe von 10 ct ₂₀₁₉ /km, gilt nicht auf Auto- bahnen (19)	ab 2024 graduell bis 2035, dann kompletter Effekt
Nullemissionszonen	Alle fossil angetriebenen Kfz Einfahrtsverbot in 12 bzw 25 Städten (2030 bzw. 2040) (29)	ab 2024 graduell bis 2040, dann kompletter Effekt
ÖPNV-Beschleunigung und Pfortnern	Widerstand ÖPSV sinkt pauschal um 2,5-5% 2030-2040. Widerstandserhöhung MIV, Zeitverlust 1 Min. bei Einfahrt, Raumabgrenzung wie Nullemissionszonen (10)	ab 2024
Parken	Parkkosten erhöht nach Raumtyp (insb. für Städte > 90.000 Einwohner), 2030 nur für Fahrzeuge mit fossilen Antrieben, auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zu- gang), 2040 lokal emissionsfreie wie fossil angetriebene, Kos- ten: 2030 und 2040 1h 4€, 1 Tag 30 €, 1 Jahr 1.000€ (21)	ab 2024 graduell bis 2040, dann kompletter Effekt
CO ₂ -Preis	205 € ₂₀₁₉ /t CO ₂ (22)	ab 2024 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
Angebotssteigerung Bahn	Angebotsausweitung, gesamter Deutschlandtakt 2030 (5)	ab 2028 bis 2030, dann kompletter Effekt
Preis Bahn	-25 % SPFV und Zeitkarten SPNV ggü. 2019 (20)	ab 2024 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
Radverkehr	Radschnellwege, Vorreiterkommunen, allg. Verbesserung (7- 9)	ab 2024 graduell bis 2040, dann kompletter Effekt
Fußverkehr	Verbesserungen durch Querungen, Durchschlupfe, Ortsmitten (13)	ab 2024 graduell bis 2040, dann kompletter Effekt
Angebotsverdichtung ÖSPV	erhebliche Verdichtung, Takt 15/30 Ballungsraum / ländlicher Raum (Mobilitätsgarantie) wie Bezugsszenario (11)	ab 2024 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
Digitalisierung Bahn	Durchtarifizierung und Komfort (12)	ab 2024 graduell bis 2030, dann kompletter Effekt
GV-Terminal	KV-Terminal in Lahr 2040 (5)	ab 2023 und ab 2040 kom- pletter Effekt
Lkw Flotte (Tank-/ Ladeinfrastruktur)	Schnellerer Antriebswechsel aufgrund von Wegfall Ladeinfra- strukturbremse (17)	ab 2024, graduell bis 2040
Deutschlandticket	bundeseinheitlicher Abofahrschein für den ÖPNV/SPNV (28)	ab 2024 kompletter Effekt
Lkw-Maut(Ausweitung alle AO)	CO ₂ -differenziert auch auf allen Landes- und Kommunalstra- ßen für alle Lkw ab 3,5 t zGG (26)	ab 2024 kompletter Effekt
Lkw-Maut (Anhebung Mautsatz)	Verdoppelung für Dieselfahrzeuge (26)	ab 2024 kompletter Effekt
Lkw-Tempomat	technische Drosselung der Geschwindigkeit auf 80 km/h (16)	ab 2028 kompletter Effekt
Downsizing bei den Pkw- Neuzulassungen	für fossil angetriebene Pkw, Verringerung durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch neuzugelassener Fahrzeuge um 10 % (27)	ab 2025 kompletter Effekt
Pkw-Dichte	Konstante Pkw-Dichte ggü. 2010 (1)	Trendbruch 2024 und zü- giger Rückgang bis 2030

Tabelle 7-32: Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen im Klimaschutzszenario

Den größten Einfluss auf die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen bis 2030 hat die Einfüh-
rung eines Tempolimits von 100 bzw. 80 km/h. Das Tempolimit würde zu einer Minderung um
7 % führen im Vergleich zum Ausbleiben dieser Maßnahme.

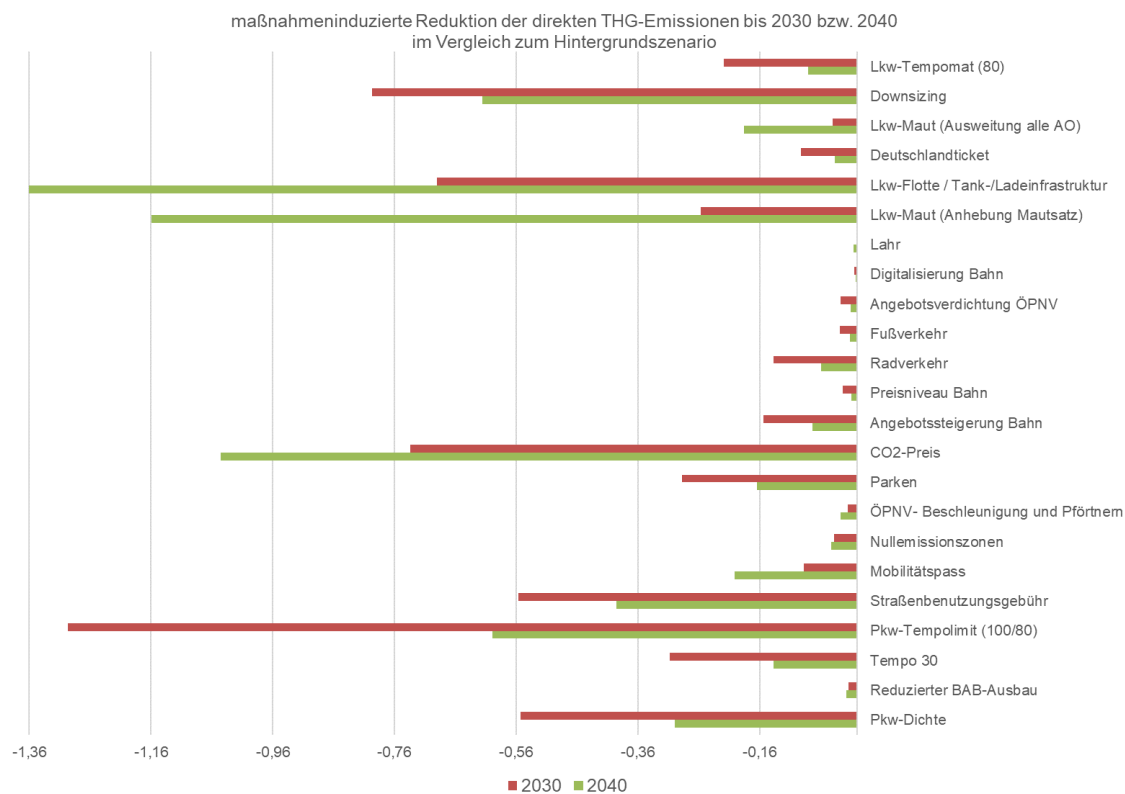


Abbildung 7-7: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 [Mio. t CO₂]

Die Weiterführung dieser Maßnahmen bis zum Jahr 2040 führt zu einer isolierten Reduktion der THG-Emissionen in Höhe von knapp 8 bis 12 Prozent im Vergleich zum Ausbleiben der Maßnahmen. Ergänzend wirken zu diesem Prognosezeitpunkt insbesondere der CO₂-Preis (ca. 13 %), die Lkw-Maut (ca. 15 %) und die Entwicklung der Lkw-Tank-/Ladeinfrastruktur (und entsprechend der Flotte) (ca. 20 %). Die entsprechenden Absolutwerte sind in nachfolgender Abbildung 7-8 dargestellt.

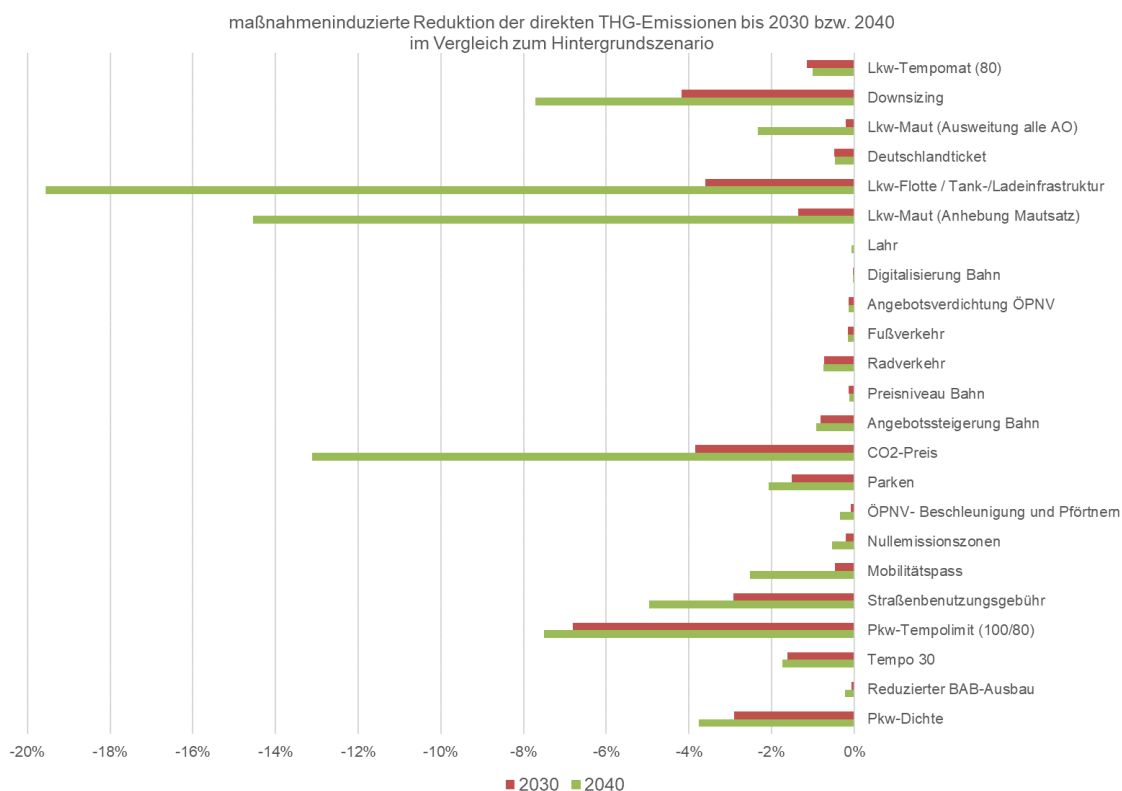


Abbildung 7-8: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040 [%]

Die konkreten Absolutwerte sind nachstehender Tabelle 7-33 zu entnehmen.

Maßnahme	2030	2040
Pkw-Dichte	-0,55	-0,30
Reduzierter BFStr-Ausbau	-0,01	-0,02
Tempo 30 innerorts	-0,31	-0,14
Tempolimit auf Autobahnen und außerorts	-1,30	-0,60
Straßenbenutzungsgebühr Pkw	-0,56	-0,40
Mobilitätspass	-0,09	-0,20
Nullemissionszonen	-0,04	-0,04
ÖPNV- Beschleunigung und Pfortnern	-0,02	-0,03
Parken	-0,29	-0,16
CO ₂ -Preis	-0,73	-1,05
Angebot Bahn	-0,15	-0,07
Preisniveau Bahn	-0,02	-0,01
Radverkehr	-0,14	-0,06
Fußverkehr	-0,03	-0,01
Angebot ÖSPV	-0,03	-0,01
Digitalisierung Bahn	-0,01	-0,00
KV-Terminal Lahr	-	-0,01
Lkw-Maut (Anhebung Mautsatz und Ausweitung)	-0,26	-1,16
Lkw-Tank-/ Ladeinfrastruktur	-0,69	-1,56
Deutschlandticket	-0,09	-0,04
Lkw-Maut (Ausweitung auf alle Landes- und Kommunalstraßen und Fzg. ab 3,5 t zGG)	-0,04	-0,19
Downsizing der Pkw-Neuzulassungen	-0,80	-0,62
Lkw fahren nicht schneller als 80 km/h	-0,22	-0,08
Zwischenrechnung: Tempolimit auf Autobahnen und außerorts 120/80	-0,63	-0,30
Zwischenrechnung: Straßenbenutzungsgebühr Pkw für alle Pkw	-0,79	-0,40

Tabelle 7-33: maßnahmeninduzierte Reduktion der THG-Emissionen bis 2030 bzw. 2040, in Mio. t CO₂

7.3.2.1 Radverkehrsmaßnahmen

Bereits im Bezugsszenario wurde für beide Prognosejahre angenommen, dass die Radverkehrsinfrastruktur flächendeckend und hochwirksam ausgebaut wird. Neben punktuellen Maßnahmen wie Radschnellwegen (vgl. Liste der definierten Verbindungen in Abschnitt 3.3.6) wurde dabei auch eine flächendeckende Verbesserung der Radverkehrssituation unterstellt. Für diese wurde in den sogenannten „Vorreiterkommunen“ (Abschnitt 3.3.6) eine über das durchschnittliche Maß hinausgehende Ausbautätigkeit unterstellt.

Im **Klimaschutzszenario** wurde die gleiche Maßnahmenstruktur aus allgemeinen Verbesserungen, überdurchschnittlichen Verbesserungen in „Vorreiterkommunen“ und punktuellen Verbindungen mittels Radschnellwegen verwendet. Die angenommenen Verbesserungen der „Widerstände“ wurden dabei jedoch erheblich angehoben. In diesen „Radverkehrswiderständen“ sind dabei die Aspekte Fahrzeit, Sicherheit und Komfort zusammengefasst. Diese Komponenten wurden dabei nicht separat, sondern als Gesamtheit betrachtet. Das Klimaschutzszenario unterstellt eine generelle Absenkung der Radverkehrswiderstände um 33 %. Dies gilt somit für alle Radfahrten bzw. für das Mittel aller Fahrten mit dem Fahrrad. Es ist klar, dass eine solche Verbes-

serung nicht über die Zeitkomponente erreicht werden kann, in die streckenkürzere Verbindungen, weniger Lichtsignalanlagen bzw. Bevorrechtigungen des Radverkehrs an Kreuzungen sowie Verbesserungen des Fahrbahnbelags und die Durchdringung der Fahrradflotte mit Pedelecs eingehen. Die verbleibende Verbesserung müsste dann notwendigerweise aus den „weichen Faktoren“ Komfort und Sicherheit abgeleitet werden. Beim Komfort könnten Aspekte die Radwegbreite, Führung durch Grünanlagen oder (wie oben) der Fahrbahnbelag sein. Bei der Sicherheit spielt insbesondere die Entflechtung vom motorisierten Straßenverkehr eine Rolle, d. h. eine bessere bauliche Abtrennung der Radwege und Radfahrstreifen. Zu beachten ist, dass alle diese Verbesserungen nicht nur in den Städten, sondern auch im ländlichen Raum zu erfolgen hätten. Für die „Vorreiterkommunen“ wurde über die vorgenannten Verbesserungen hinaus eine Gesamtverbesserung der „Radwiderstände“ gegenüber dem Analysejahr 2019 in Höhe von 50 % unterstellt. Auch hier gelten diese Verbesserungen für alle Rad-Fahrten innerhalb der jeweiligen Kommune und erfordern bauliche Verbesserungen über den allgemeinen Standard wie oben beschrieben hinaus. Hinzu kommen die Radschnellwege mit einer Verbesserung um 33 %. Dabei ist zu beachten, dass in aller Regel durch die Bündelungswirkung die Nutzung eines Radschnellweges einen (ggf. spürbaren) Umweg erfordert, was die Zeitersparnis in aller Regel deutlich reduzieren und im Einzelfall sogar in einen Zeit-Mehraufwand umkehren wird. Würden die beschriebenen Verbesserungen flächendeckend in Stadt und Land in ganz Baden-Württemberg umgesetzt, so ergäbe sich ein erheblicher Anstieg des Radverkehrsaufkommens und der Radverkehrsleistung. In den Modellrechnungen liegt die jährliche Rad-Fahrleistung im Jahr 2019 bei etwa 440 km pro Person, im Bezugsfall 2030 bei etwa 530 km und im Klimaschutzszenario 2030 bei etwa 780 km. 780 km wären heute nach den Niederlanden (900 km⁸³) der zweithöchsten Werte in Europa. In Dänemark beträgt die jährliche Rad-Fahrleistung rund 600 km. Zu beachten ist auch, dass der mit dem Radverkehr z. T. konkurrierende ÖV im Klimaschutzszenario weitaus attraktiver ist als heute in z. B. den Niederlanden.

Der Anstieg des Radverkehrsaufkommens und der Radverkehrsleistung findet sich im Gesamtergebnis des Klimaschutzszenarios wieder und wurden darüber hinaus als Einzelmaßnahme berechnet. Dabei ergibt sich ein Anstieg der Verkehrsleistung im Radverkehr um 88 % bis 2030 und 95 % bis 2040. Dies geht in erster Linie zu Lasten des Fußverkehrs und des ÖSPNV, an zweiter Stelle mindert sich dadurch aber auch der MIV. Entsprechend ordnet sich die Minderungswirkung dieser Maßnahme bei den CO₂-Emissionen mit 0,72 % für 2030 und 0,74 % für 2040 im unteren Mittelfeld der betrachteten Maßnahmen ein.

7.3.2.2 Pkw-Dichte

Im Bezugsszenario wurde angenommen, dass sich der seit Jahrzehnten und auch in den letzten Jahren zu beobachtende Trend einer zunehmenden Motorisierung weiter fortsetzt. Dieser manifestiert sich in einer steigenden Pkw-Dichte und bei zunehmender Bevölkerung somit auch in einem Anstieg des Pkw-Bestands. Dabei sind die jahresdurchschnittlichen Wachstumsraten der Pkw-Dichte im Zeitraum bis 2030 höher als in der Dekade von 2030 bis 2040.

Das **Klimaschutzszenario** unterstellt nun nicht nur eine Abschwächung dieses Wachstum oder eine Stagnation, sondern einen Rückgang der Pkw-Dichte in Baden-Württemberg auf das Niveau des Jahres 2010, das sich auf 553 Pkw pro 1000 Einwohner belief. Dies bedeutet gegenüber 2019 (606) einen Rückgang um 9 % und gegenüber 2023 (615) sogar um 10 %. Da diese Annahme bereits für das Prognosejahr 2030 unterstellt wurde, müsste sich diese Entwicklung in den kommenden sieben Jahren vollziehen, was einem jährlichen Rückgang um 1,5 % entspricht. Die Löschungen aus dem Bestand müssten also die Neuzulassungen dauerhaft und deutlich übersteigen. Diese Prämisse wurde als Vorgabe gesetzt und nicht mittels einer Ursache-Wirkungs-Beziehung hergeleitet. Ein solcher Eingriff müsste auch weit über eine rein monetäre Lenkungsmaßnahme hinausgehen, wie die Einführung einer Pkw-Neuzulassungssteuer in Dänemark ab dem Jahr 2006 mit erheblich erhöhten Anschaffungskosten, aber sehr geringer Lenkungswirkung (lt. dänischer Zulassungsstatistik) gezeigt hat.. Vorstellbar ist beispielsweise ein Kontingentierungsansatz, wie er in Singapur seit einer geraumen Zeit praktiziert wird, oder eine Mischung aus hohen Parkgebühren und einem stark reduzierten Parkplatzangebot. Im Übrigen ist zu beachten,

⁸³ <https://doi.org/10.18757/ejtir.2021.21.2.5411>

dass keine hemmende Wirkung dieser Prämisse „erheblich rückläufige Pkw-Dichte“ auf die Dynamik beim Wechsel der Struktur der Antriebsarten hin zu lokal emissionsfreien Antrieben angenommen wurde. Ein Dichte-Rückgang kann einerseits durch einen Rückgang der Neuzulassungen ausgelöst werden, was wiederum zu einer reduzierten Bestands-Diffusion neuer (lokal emissionsfreier) Fahrzeuge führen würde, oder andererseits durch eine erhöhte Löschungsquote, die eher durch eine „Abwrackprämie“ oder nach antriebsarten differenziertem Parkraummanagement (hohe Parkgebühren und Parkdruck insb. für fossile Antriebe) als durch Neuzulassungssteuern oder Kontingentierungen erreichbar wäre, da die letztgenannten Maßnahmen eher zu einem längeren Verbleib der Fahrzeuge im Bestand führen würden.

Würde durch geeignete Maßnahmen das Ziel erreicht, die Pkw-Dichte bis 2030 auf das Niveau des Jahres 2010 zu senken, so hätte dies eine Reduktion der Emissionen des MIV um 5 % und denen aller Verkehrsarten um 3 % zur Folge. Für das Jahr 2040 ergab die Einzelmaßnahmerechnung eine Minderung von 6 % bzw. 4 %. Die dieser „Maßnahme“ zugrundeliegende Annahme entfaltet somit im Maßnahmenvergleich eine hohe Einzelwirkung.

7.3.2.3 Deutschlandtakt

Im Klimaschutzszenario ist die Einführung des Deutschlandtakts ab 2028 vorgesehen. Eine Umsetzung des kompletten Deutschlandtakts inklusive erforderlichen Infrastrukturausbaus ist in sieben Jahren (bis 2030) nicht zu leisten. Selbst unter Berücksichtigung des Planungsbeschleunigungsgesetzes erscheint die Umsetzung in 17 Jahren (bis 2040) extrem ambitioniert angesichts der üblichen Planungs- und Bauzeiten. Interne Berechnungen des Auftraggebers haben allerdings gezeigt, dass sich die erwartete zusätzliche Nachfrage im Bahnverkehr bei einem Status quo der bereits heute existierenden Infrastruktur auch über zusätzliches Rollmaterial (d. h. Züge o. ä.) abfahren ließe.

7.3.3 Interpolation und CO₂-Budgetbetrachtung

Die jahresfeine Betrachtung der THG-Emissionen im Prognosezeitraum des Klimaschutzszenarios startet 2023 (die Zahlen für 2023 wurden aufbauend auf bundesweiten Prognosen einheitlich für das Bezugs- und das Klimaschutzszenario geschätzt) und berücksichtigt als diskrete Ereignisse analog zu Tabelle 7-29

- » die pandemiebedingte starke Abnahme des Verkehrs im Jahr 2020 und den anschließenden Wiederanstieg bis zum Jahr 2024
- » Einführung einer Pkw-Straßenbenutzungsgebühr im Jahr 2030 für fossil angetriebene Pkw und ab 2035 für alle Pkw
- » Tempolimit 100/80 für Pkw/Lkw auf Bundesautobahnen bzw. Außerortsstraßen ab 2027
- » Tempolimit 30 innerorts außer auf mehrstreifigen Straßen graduell ab 2025
- » Einführung Deutschlandtakt ab 2028, komplett bis 2030
- » Zulassungssteuer für Downsizing bei fossil angetriebenen Pkw ab 2025
- » Lkw fahren strikt 80 km/h ab 2028
- » die Antriebsartenstruktur im Straßenverkehr
- » die KV-Terminals in Horb 2023 und Lahr 2040
- » das Deutschlandticket ab 2024
- » die Lkw-Maut ab 2024.

Alle weiteren Prognoseprämissen sind im Zuge der Interpolation gleichförmig über den Betrachtungszeitraum in ihrer Wirkung ab 2024 verteilt. Deren konkretere Annahmen sind Anhang A- 2 zu entnehmen. Die Interpolation erfolgt, ausgenommen von den o. a. Eintrittsjahren, immer mit den jahresdurchschnittlichen Veränderungsdaten. Dies führt dazu, dass die absolute Minderung in den ersten Jahren des Betrachtungszeitraums höher ist als am Ende. Deshalb wirken die beiden Kurven in Abbildung 7-9 stärker gekrümmt als im Bezugsszenario, in dem die Minderung generell geringer ist.

Ab dem Jahr 2024 verringern sich die jährlichen Emissionen auf 0 t CO₂ bis zum Jahr 2040 (vgl. Abbildung 7-9).

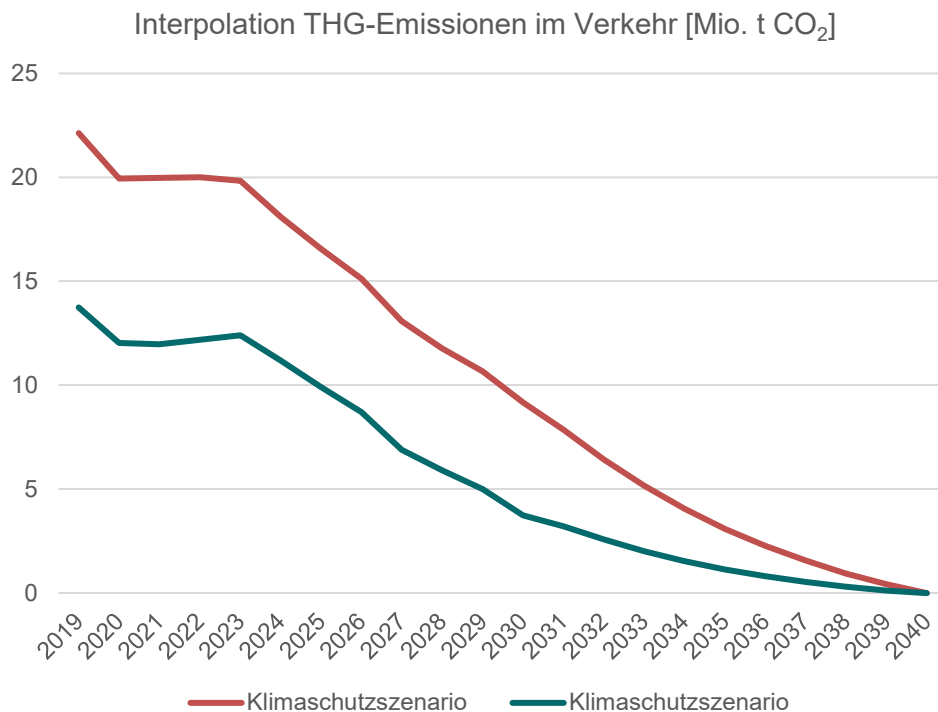


Abbildung 7-9: jährliche THG-Emissionen im Klimaschutzszenario, bis zum Jahr 2040

Die jährlichen THG-Emissionen summieren sich damit 2020-2040 auf ca. 206 Mio. t (vgl. Abbildung 7-10).

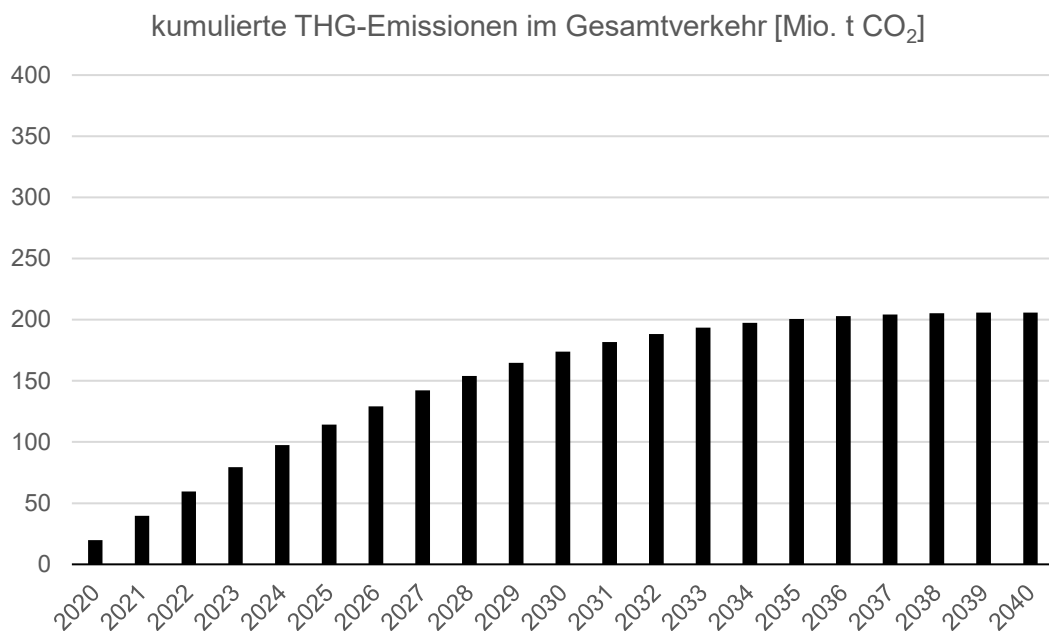


Abbildung 7-10: kumulierte THG-Emissionen im Klimaschutzszenario bis zum Jahr 2040 in Mio. t CO₂

Gemäß dem Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz von Baden-Württemberg (KlimaG) sind bis 2030 die CO₂-Emissionen des Verkehrssektors um 55 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Der Zielwert für 2030 beträgt 9,1 Mio. t CO₂⁸⁴. Für die jährlichen Budgets wurden lineare Abnahmen ab 2019 hin zum Eckwert 9,1 Mio. t CO₂ im Jahr 2030 und zwischen 2030-2040 auf 0 t CO₂ angenommen. Wohingegen das Klimaschutzgesetz des Bundes Jahresmissionsmengen

⁸⁴https://www.zsw-bw.de/fileadmin/user_upload/PDFs/Pressemitteilungen/2022/220624_Teilbericht_Sektorziele_BW.pdf (siehe Tabelle 4; der Sektorbericht bildet die Grundlage für die Ziele des KlimaG BW)

für den Verkehr 2020-2030 definiert, ist dies beim KlimaG BW nicht der Fall. Die Jahresemissionsmengen des Bundes fallen 2020-2030 nahezu linear ab, daher wurde dieser Ansatz auch hier gewählt. Für die Jahre 2020-2022 wurden die Emissionsdaten des Statistischen Landesamtes herangezogen. Die Emissionen im Jahr 2023 entstammen der einheitlichen Prognose.

Sowohl die im Bezugsszenario als auch im Klimaschutzszenario vorgesehenen Maßnahmen sind bis 2030 nicht ausreichend, die Emissionen und damit die Differenz zum kumulierten Budget steigen. Zumindest im Klimaschutzszenario sinkt diese anschließend, um letztlich im Jahr 2040 fast das Niveau von 2020 zu erreichen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass dort eine exponentielle Abnahme der Gesamtemissionen 2030-2040 angenommen wurde. Entscheidende Weichen zur Erreichung der Klimaneutralität in 2040 sind folglich in den nächsten fünf bis sieben Jahren zu stellen. Nachstehende Tabelle 7-34 stellt CO₂-Budget, direkte CO₂-Emissionen und die Differenz dieser zwei Größen gegenüber, sowohl für das Bezugs- als auch für das Klimaschutzszenario.

Jahr	Direkte CO ₂ -Emissionen, in Mio. t CO ₂				
	Budget, kumuliert	BzSz, kumuliert	KsSz, kumuliert	Differenz BzSz, kumuliert	Differenz KsSz, kumuliert
2019	22,08	22,08	22,08		
2020	20,90	19,76	19,76	-1,14	-1,14
2021	40,62	39,69	39,69	-0,94	-0,94
2022	59,16	59,69	59,69	0,52	0,52
2023	76,52	79,51	79,51	2,99	2,99
2024	92,70	99,07	97,59	6,37	4,89
2025	107,70	118,39	114,15	10,69	6,45
2026	121,52	137,49	129,27	15,96	7,75
2027	134,16	156,36	142,35	22,20	8,18
2028	145,62	175,04	154,12	29,42	8,49
2029	155,91	193,54	164,78	37,63	8,88
2030	165,01	211,18	173,95	46,18	8,95
2031	173,20	227,84	181,81	54,64	8,61
2032	180,48	243,45	188,24	62,98	7,76
2033	186,85	258,00	193,40	71,16	6,56
2034	192,31	271,45	197,46	79,14	5,16
2035	196,86	283,76	200,55	86,91	3,69
2036	200,50	294,99	202,83	94,49	2,33
2037	203,23	305,19	204,38	101,96	1,16
2038	205,05	314,40	205,33	109,35	0,28
2039	205,96	322,69	205,75	116,73	-0,21
2040	205,96	329,76	205,75	123,80	-0,21

Tabelle 7-34: Gegenüberstellung CO₂-Budget und CO₂-Emissionen im Klimaschutzszenario

*2019 bis 2022: Werte des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg, damit hier in Tabelle ausgewiesene Werte abweichend von weiteren Ergebnissen in diesem Bericht.

7.3.4 Vergleich Klimaschutzszenario – Bezugsszenario

Nachfolgende Abbildungen stellen die in den vorhergehenden Abschnitten vorgestellten Zusammenhänge der Maßnahmen und ihrer Wirkung auf CO₂-Emissionen grafisch als Entwicklung der CO₂-Emissionen im Bezugs- und Klimaschutzszenario vergleichend gegenüber.

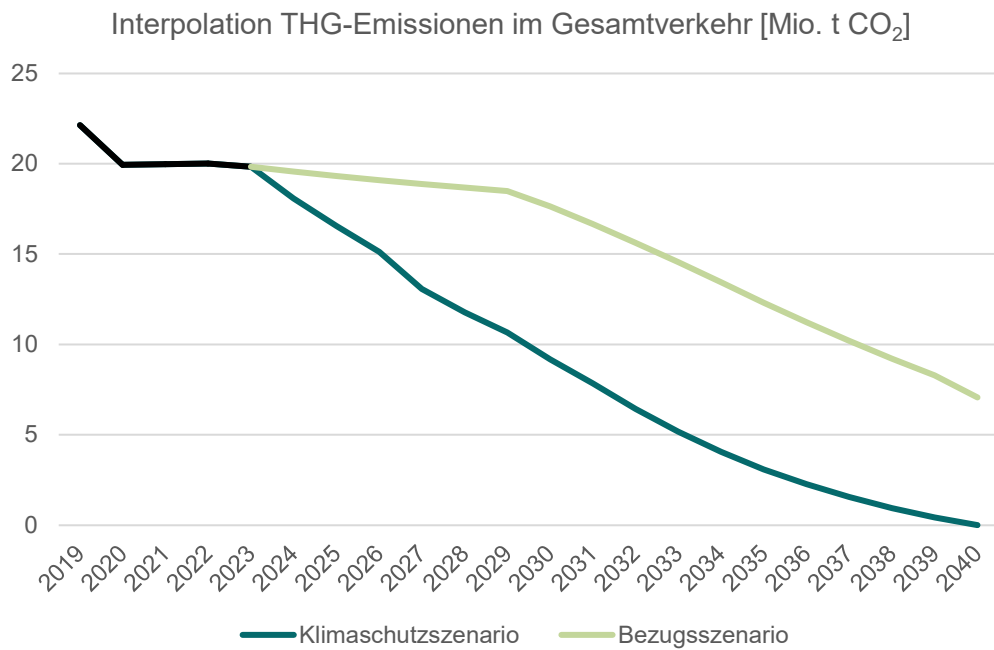


Abbildung 7-11: jährliche THG-Emissionen im Gesamtverkehr, Bezugs- und Klimaschutzszenario, in Mio. t CO₂

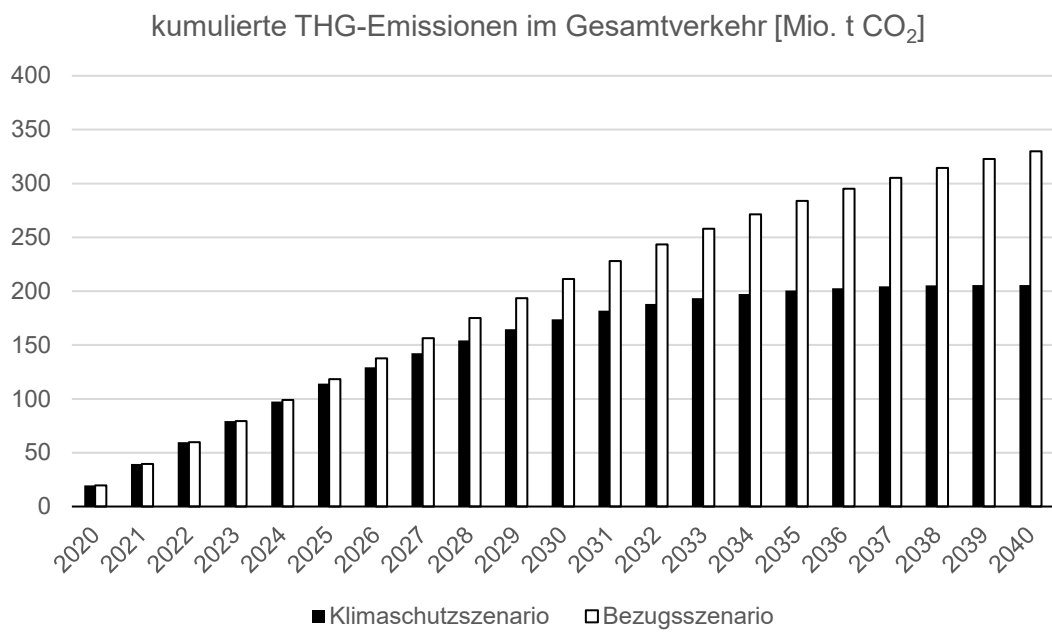


Abbildung 7-12: kumulierte THG-Emissionen, Bezugs- und Klimaschutzszenario, in Mio. t CO₂

7.4 Sensitivitätsanalyse

Mithilfe von Sensitivitätsrechnungen sind alternative zukünftige Ausprägungen für die Stützjahre 2030 und 2040 zu überprüfen, die zu einem Erreichen der Klimaziele führen können. Hierbei sollen die Auswirkungen extremer bzw. einseitiger Entwicklungen eingeordnet werden.

7.4.1 Vorbemerkungen

Basis der Sensitivitätsanalyse ist die Hintergrundentwicklung. Weitere Annahmen sind diejenigen Maßnahmen des Klimaschutzszenarios, die auf die Mobilitätswende abzielen. Der CO₂-Preis, der auch auf die Antriebswende einzahlt, wurde ebenfalls auf 205 €/t CO₂ erhöht, weil er ebenso ein wichtiges Instrument der Mobilitätswende ist. Auch unterscheiden sich vereinzelte Ausprägungen von denen des Klimaschutzszenarios. Um den Fokus auf die Mobilitätswende legen zu können, werden bei der Straßenbenutzungsgebühr für Pkw, Mobilitätspass (City-Maut) sowie Parken keine Differenzierung in lokal emissionsfreie (LEF) sowie fossil angetriebene (FOS) Pkw vorgenommen.

Konkret berücksichtigte Maßnahmen und deren Ausprägung für die Sensitivitätsrechnung sind nachstehender Tabelle 7-35 zu entnehmen. Als Pkw-Flotte wurde jene herangezogen, die sich ergibt, wenn nur ein höherer CO₂-Preis von 205 €/t gilt. Diese hat Flottenanteile von 20,6 % BEV/FVC und 9,0 % PHEV im Jahr 2030 und 70,8 % BEV/FVC und 4,9 % PHEV im Jahr 2040.

Maßnahme	2030	2040
Pkw-Dichte	Annahme Stand wie 2010, 553 Pkw pro 1000 Einwohner	
Reduzierter BAB-Ausbau	Alle noch nicht im Bau befindlichen Neu- und Ausbaumaßnahmen an BAB unterbleiben.	
Tempo 30	Tempolimit 30 gilt generell innerorts außer auf mehrstreifigen Straßen	
Tempolimit	BAB/Außerorts 100/80	
Straßenbenutzungsgebühr Pkw	ab 2030 keine Unterschiede zwischen LEF und FOS	
Mobilitätspass	ab 2025 in 9 Großstädten, keine Unterschiede zwischen LEF und FOS, 10 ct/km	ab 2035 in allen Ballungsräumen keine Unterschiede zwischen LEF und FOS, 10 ct/km
ÖPNV- Beschleunigung und Pfortnern	Widerstand ÖPSV sinkt pauschal um 2,5-5% 2030-2040. Widerstandserhöhung MIV, Zeitverlust 1 min bei MIV bei Einfahrt, Raumabgrenzung wie NEZ	
Parken	Parkkosten erhöht nach Raumtyp für Städte > 90.000 Einwohner Reduktion des Parkraumangebots (Suchzeiten → Anstieg Widerstand) Kosten: 1 h 4 € / 1 Tag 30 € / 1 Jahr 1.000 € keine Unterschiede zwischen LEF und FOS	
CO ₂ -Preis	205 €/t	
Angebot Bahn und ÖPNV	Angebotsausweitung, Deutschlandtakt gleitende Einführung 2028 bis 2030, fahrzeitverringende Maßnahmen erhebliche Verdichtung, Takt 15/30 Ballungsraum / ländlicher Raum (Mobilitätsgarantie)	
Preisniveau Bahn	-25 % SPFV und Zeitkarten SPNV	
Radverkehr	Radschnellwege, Vorreiterkommunen, allg. Verbesserung, Minderung der Widerstände um 33 % und 50 %	
Fußverkehr	Verbesserungen durch Querungen, Durchschlupfe, Ortsmitten, Minderung der Widerstände um 15 %	
Digitalisierung Bahn	Widerstände sinken pauschal um 5 %	
Terminal Lahr	-	GV-Terminal Lahr 2040
Deutschlandticket	Einführung 2023	

Tabelle 7-35: Maßnahmen zur Reduktion von Treibhausgasen in der Sensitivitätsanalyse

7.4.2 Personenverkehr

Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung sind analog des Bezugs- und Klimaschutzszenarios inhaltlich differenziert nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck dargestellt, außerdem wird ein aufkommens- und verkehrsleistungsbezogener Modalsplit gezeigt. Die folgenden Auswertungen stellen den Vergleich zum Klimaschutzszenario (KSS) in den Vordergrund.

7.4.2.1 Auswertung nach Verkehrsmittel und Fahrtzweck

Verkehrsleistung und Verkehrsaufkommen in der Sensitivitätsanalyse sinken grundsätzlich ggü. dem Klimaschutzszenario sowohl für das Jahr 2030 als auch für das Jahr 2040 (vgl. Tabelle 7-36 bis Tabelle 7-39). Die der Änderung des Verkehrsaufkommens und der -leistung zugrundeliegenden Prämissenwirkungen sind den Wirkungen von Struktureffekten gegenübergestellt⁸⁵. Durch den Entfall der Kostenvorteile für emissionsfreie Fahrzeuge sind die Widerstände im MIV höher als im Klimaschutzszenario. Der Verkehr im MIV (Verkehrsaufkommen und -leistung) sinkt, alle anderen Verkehrsmittel steigen im Vergleich zum Klimaschutzszenario.

Verkehrsmittel	2019	2030	Veränderung 2030/2019		Struktur- effekte	Prämissenwir- kung	
			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Verkehrsaufkommen [Mio. P]							
Eisenbahnverkehr	391	729	+86,4 %	+74,9 %	+8,2 %	+72,3 %	+61,6 %
Motorisierter Individualverkehr	8 146	5 908	-27,5 %	-24,7 %	-1,7 %	-26,3 %	-23,4 %
Luftverkehr	27	28	+1,9 %	+0,4 %	+13,6 %	-10,3 %	-11,6 %
ÖSPV	1 071	1 381	+28,9 %	+24,5 %	+6,4 %	+21,2 %	+17,0 %
Summe motorisierter Verkehr	9 635	8 045	-16,5 %	-15,1 %	-0,3 %	-16,2 %	-14,8 %
Fahrradverkehr	1 278	2 086	+63,3 %	+60,7 %	+7,3 %	+52,2 %	+49,9 %
Fußwegverkehr	2 827	3 049	+7,9 %	+7,3 %	+4,2 %	+3,6 %	+3,0 %
insgesamt	13 740	13 181	-4,1 %	-3,4 %	+1,3 %	-5,3 %	-4,7 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]							
Eisenbahnverkehr	12 820	31 762	+147,7 %	+130,4 %	+10,9 %	+123,4 %	+107,7 %
Motorisierter Individualverkehr	123 118	85 009	-31,0 %	-26,7 %	+0,7 %	-31,5 %	-27,3 %
Luftverkehr	981	966	-1,5 %	-2,8 %	+12,4 %	-12,4 %	-13,5 %
ÖSPV	8 815	13 780	+56,3 %	+47,3 %	+8,4 %	+44,2 %	+35,9 %
Summe motorisierter Verkehr	145 735	131 517	-9,8 %	-8,3 %	+2,2 %	-11,7 %	-10,2 %
Fahrradverkehr	4 900	9 508	+94,0 %	+88,4 %	+8,5 %	+78,8 %	+73,6 %
Fußwegverkehr	4 720	5 102	+8,1 %	+7,5 %	+4,3 %	+3,6 %	+3,0 %
insgesamt	155 355	146 127	-5,9 %	-4,7 %	+2,4 %	-8,2 %	-7,0 %

Tabelle 7-36: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Verkehrsmitteln, 2030

⁸⁵Die Bedeutung von Prämissen- und Struktureffekten auf Verkehrsleistung und -aufkommen sind in Kapitel 5.1.1 und dort weiter genannten Kapiteln herausgearbeitet.

Verkehrsmittel	2019	2040	Veränderung 2040/2019		Struktur- effekte	Prämissenwir- kung	
			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Verkehrsaufkommen [Mio. P]							
Eisenbahnverkehr	391	683	+74,6 %	+73,7 %	+8,9 %	+60,4 %	+59,6 %
Motorisierter Individualverkehr	8 146	6 274	-23,0 %	-22,7 %	+0,0 %	-23,0 %	-22,7 %
Luftverkehr	27	29	+7,8 %	+7,6 %	+31,4 %	-18,0 %	-18,1 %
ÖSPV	1 071	1 365	+27,5 %	+27,0 %	+6,4 %	+19,8 %	+19,4 %
Summe motorisierter Verkehr	9 635	8 351	-13,3 %	-13,2 %	+1,2 %	-14,3 %	-14,2 %
Fahrradverkehr	1 278	2 113	+65,4 %	+65,2 %	+11,6 %	+48,2 %	+48,0 %
Fußwegverkehr	2 827	2 993	+5,9 %	+5,9 %	+3,7 %	+2,1 %	+2,1 %
insgesamt	13 740	13 458	-2,1 %	-2,0 %	+2,7 %	-4,6 %	-4,5 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]							
Eisenbahnverkehr	12 820	29 346	+128,9 %	+127,7 %	+13,7 %	+101,3 %	+100,3 %
Motorisierter Individualverkehr	123 118	94 447	-23,3 %	-23,0 %	+3,5 %	-25,9 %	-25,5 %
Luftverkehr	981	1 012	+3,2 %	+2,9 %	+28,3 %	-19,6 %	-19,8 %
ÖSPV	8 815	13 339	+51,3 %	+50,5 %	+8,8 %	+39,1 %	+38,3 %
Summe motorisierter Verkehr	145 735	138 145	-5,2 %	-5,1 %	+4,9 %	-9,6 %	-9,5 %
Fahrradverkehr	4 900	9 560	+95,1 %	+94,7 %	+14,3 %	+70,7 %	+70,4 %
Fußwegverkehr	4 720	5 024	+6,4 %	+6,4 %	+4,1 %	+2,3 %	+2,3 %
insgesamt	155 355	152 729	-1,7 %	-1,6 %	+5,1 %	-6,5 %	-6,4 %

Tabelle 7-37: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Verkehrsmitteln, 2040

Für 2040 wird ersichtlich, dass fast identische verkehrliche Ergebnisse der Sensitivitätsrechnung im Vergleich zum Klimaschutzscenario vorliegen, weil auch im Klimaschutzscenario bis 2040 alle antriebsartenspezifischen Maßnahmen auf alle Antriebsarten ausgeweitet werden.

Fahrtzweck	2019	2030	Veränderung 2030/2019		Struktur- effekte	Prämissenwir- kung	
			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Verkehrsaufkommen [Mio. P]							
Beruf	2 338	2 119	-9,4 %	-8,7 %	-1,5 %	-8,0 %	-7,4 %
Ausbildung	990	1 076	+8,7 %	+8,8 %	+8,1 %	+0,5 %	+0,6 %
Einkauf	3 869	3 719	-3,9 %	-3,4 %	+0,7 %	-4,6 %	-4,1 %
Geschäft	1 677	1 466	-12,6 %	-11,6 %	-0,4 %	-12,3 %	-11,3 %
Urlaub	63	65	+3,7 %	+4,0 %	+6,3 %	-2,5 %	-2,1 %
Privat	4 805	4 737	-1,4 %	-0,7 %	+2,2 %	-3,6 %	-2,9 %
insgesamt	13 740	13 181	-4,1 %	-3,4 %	+1,3 %	-5,3 %	-4,7 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]							
Beruf	27 801	25 935	-6,7 %	-6,5 %	-0,9 %	-5,9 %	-5,7 %
Ausbildung	6 509	7 178	+10,3 %	+10,4 %	+8,4 %	+1,8 %	+1,9 %
Einkauf	26 256	23 877	-9,1 %	-7,5 %	+1,7 %	-10,6 %	-9,0 %
Geschäft	24 691	21 603	-12,5 %	-11,2 %	+1,3 %	-13,6 %	-12,3 %
Urlaub	11 519	11 974	+3,9 %	+4,3 %	+4,3 %	-0,4 %	-0,0 %
Privat	58 578	55 559	-5,2 %	-3,4 %	+3,8 %	-8,6 %	-6,9 %
insgesamt	27 801	25 935	-6,7 %	-4,7 %	-0,9 %	-5,9 %	-7,0 %

Tabelle 7-38: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Fahrtzweck, 2030

Das **Verkehrsaufkommen** und die **Verkehrsleistung** aller Fahrtzwecke verringern sich bis zum Jahr **2030** stärker als im Klimaschutzscenario. Im Ausbildungsverkehr überwiegt weiterhin der Struktureffekt, wobei sich hier im Vergleich zum Klimaschutzscenario die positive Wirkung der

Prämissen um einen Prozentpunkt verringert hat. Die Tendenzen aller weiteren Fahrtzwecke sind mit denen des Klimaschutzszenarios vergleichbar.

Wie bei der Betrachtung differenziert nach Verkehrsmitteln wird auch hier für 2040 ersichtlich, dass fast identische verkehrliche Ergebnisse der Sensitivitätsrechnung im Vergleich zum Klimaschutzszenario vorliegen.

Fahrtzweck	2019	2040	Veränderung 2040/2019		Struktureffekte	Prämissenwirkung	
Verkehrsaufkommen [Mio. P]			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Beruf	2 338	2 052	-12,2 %	-12,2 %	-5,1 %	-7,5 %	-7,5 %
Ausbildung	990	1 076	+8,7 %	+8,8 %	+7,9 %	+0,7 %	+0,8 %
Einkauf	3 869	3 814	-1,4 %	-1,4 %	+2,8 %	-4,1 %	-4,0 %
Geschäft	1 677	1 441	-14,1 %	-13,9 %	-3,2 %	-11,2 %	-11,1 %
Urlaub	63	69	+9,2 %	+9,3 %	+11,1 %	-1,7 %	-1,7 %
Privat	4 805	5 006	+4,2 %	+4,3 %	+7,2 %	-2,8 %	-2,7 %
insgesamt	13 740	13 458	-2,1 %	-2,0 %	+2,7 %	-4,6 %	-4,5 %
Verkehrsleistung [Mio. Pkm]							
Beruf	27 801	25 156	-9,5 %	-9,5 %	-3,8 %	-6,0 %	-6,0 %
Ausbildung	6 509	7 168	+10,1 %	+10,1 %	+7,8 %	+2,2 %	+2,2 %
Einkauf	26 256	25 218	-4,0 %	-3,8 %	+5,5 %	-9,0 %	-8,9 %
Geschäft	24 691	21 748	-11,9 %	-11,7 %	-0,3 %	-11,6 %	-11,5 %
Urlaub	11 519	12 507	+8,6 %	+8,6 %	+7,3 %	+1,2 %	+1,2 %
Privat	58 578	60 932	+4,0 %	+4,2 %	+10,8 %	-6,1 %	-5,9 %
insgesamt	155 355	152 729	-1,7 %	-1,6 %	+5,1 %	-6,5 %	-6,4 %

Tabelle 7-39: Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung der Sensitivitätsrechnung, nach Fahrtzweck, 2040

7.4.2.2 Auswertung des Modal Splits

Der Modal Split für 2030 und 2040 ist den nachfolgenden Tabellen Tabelle 7-40 und Tabelle 7-41 zu entnehmen. Der Anteilsverlust im MIV verschiebt sich 2030 beim Verkehrsaufkommen insbesondere auf das Fahrrad (unverändert zum Klimaschutzszenario), und bei der Verkehrsleistung auf Bahn und im Gegensatz zum KSS auch auf den ÖSPV.

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2030	Veränderung 2030/2019		Struktureffekte	Prämissenwirkung	
Verkehrsaufkommen [P]			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Bahn	2,8%	5,5%	+2,7 %P	+2,3 %P	+0,2 %P	+2,5 %P	+2,1 %P
MIV	59,3%	44,8%	-14,5 %P	-13,0 %P	-1,7 %P	-12,7 %P	-11,3 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,0 %P	+0,0 %P	-0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	10,5%	+2,7 %P	+2,3 %P	+0,4 %P	+2,3 %P	+1,9 %P
Fahrrad	9,3%	15,8%	+6,5 %P	+6,2 %P	+0,5 %P	+6,0 %P	+5,6 %P
Fuß	20,6%	23,1%	+2,6 %P	+2,3 %P	+0,6 %P	+2,0 %P	+1,7 %P
Verkehrsleistung [Pkm]							
Bahn	8,3%	21,7%	+13,5 %P	+11,7 %P	+0,7 %P	+12,8 %P	+11,0 %P
MIV	79,2%	58,2%	-21,1 %P	-18,3 %P	-1,3 %P	-19,8 %P	-17,0 %P
Luftverkehr	0,6%	0,7%	+0,0 %P	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	5,7%	9,4%	+3,8 %P	+3,1 %P	+0,3 %P	+3,4 %P	+2,8 %P
Fahrrad	3,2%	6,5%	+3,4 %P	+3,1 %P	+0,2 %P	+3,2 %P	+2,9 %P
Fuß	3,0 %	3,5 %	+0,5 %P	+0,4 %P	+0,1 %P	+0,4 %P	+0,3 %P

Tabelle 7-40: Modal Split der Sensitivitätsrechnung 2030

Für 2040 liegen in dieser Betrachtung fast identische Ergebnisse im Vergleich zum Klimaschutzszenario vor.

Verkehrsmittel	Modal Split 2019	Modal Split 2040	Veränderung 2040/2019		Struktur- effekte	Prämissenwirkung	
			Sensi	KSS		Sensi	KSS
Verkehrsaufkommen [P]							
Bahn	2,8%	5,1%	+2,2 %P	+2,2 %P	+0,2 %P	+2,1 %P	+2,0 %P
MIV	59,3%	46,6%	-12,7 %P	-12,5 %P	-1,5 %P	-11,1 %P	-11,0 %P
Luftverkehr	0,2%	0,2%	+0,0 %P	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,0 %P	-0,0 %P
ÖSPV	7,8%	10,1%	+2,3 %P	+2,3 %P	+0,3 %P	+2,1 %P	+2,0 %P
Fahrrad	9,3%	15,7%	+6,4 %P	+6,4 %P	+0,8 %P	+5,6 %P	+5,6 %P
Fuß	20,6%	22,2%	+1,7 %P	+1,6 %P	+0,2 %P	+1,5 %P	+1,4 %P
Verkehrsleistung [Pkm]							
Bahn	8,3%	19,2%	+11,0 %P	+10,8 %P	+0,7 %P	+10,3 %P	+10,2 %P
MIV	79,2%	61,8%	-17,4 %P	-17,2 %P	-1,3 %P	-16,2 %P	-16,0 %P
Luftverkehr	0,6%	0,7%	+0,0 %P	+0,0 %P	+0,1 %P	-0,1 %P	-0,1 %P
ÖSPV	5,7%	8,7%	+3,1 %P	+3,0 %P	+0,2 %P	+2,9 %P	+2,8 %P
Fahrrad	3,2%	6,3%	+3,1 %P	+3,1 %P	+0,3 %P	+2,8 %P	+2,8 %P
Fuß	3,0 %	3,3 %	+0,3 %P	+0,2 %P	-0,0 %P	+0,3 %P	+0,3 %P

Tabelle 7-41: Modal Split der Sensitivitätsrechnung 2040

7.4.3 Güterverkehr

Die Sensitivitätsanalyse baut auf den Annahmen des Klimaschutzszenarios auf, verzichtet allerdings im Güterverkehr auf die

- » CO₂-Differenzierung und Ausweitung der Lkw-Maut auf Landes- und Kommunalstraßen sowie auf Lkw > 3,5 t zGG,
- » schnellere Umsetzung der Ladinfrastuktur sowie auf das
- » Verbrennerverbot für Lkw ab dem Jahr 2035.

Umsetzungsrelevante Prämissen sind somit

- » die Erhöhung der CO₂-Bepreisung von 100 €/t auf 205 €/t,
- » die Umsetzung des Deutschlandtaktes bis zum Jahr 2030, sowie der nachfragegerechte Ausbau des Schienennetzes bis 2040, sowie
- » die Errichtung neuer KV-Terminals in Horb im Jahr 2023 und Lahr im Jahr 2040.

Der Verzicht auf die Verdoppelung der Lkw-Maut führt dazu, dass die Verteuerung von Transporten mit Diesel-Lkw je nach Lkw-Typ zwischen 9 % und 11 % geringer ausfällt, als im Klimaschutzszenario. Trotzdem werden Diesel-Lkw aufgrund der höheren CO₂-Bepreisung zwischen 6 % und 8 % stärker belastet als im Bezugsszenario (vgl. Tabelle 7-42).

	2019	2030	2040
SZM - Sattelzugmaschinen			
Diesel-Lkw im Bezugsszenario	1,23	1,38	1,46
Diesel-Lkw im Klimaschutzszenario		1,66	1,76
Diesel-Lkw im Sensitivitätsszenario		1,47	1,57
Veränderung in % zum Bezugsszenario		+6,5 %	+7,5 %
Veränderung in % zum Klimaschutzszenario		-11,4 %	-10,8 %
BEV-Lkw		1,18	1,16
H ₂ -Lkw		1,54	1,38
SNF - Schwere Nutzfahrzeuge			
Diesel-Lkw im Bezugsszenario	1,46	1,62	1,73
Diesel-Lkw im Klimaschutzszenario		1,90	2,02
Diesel-Lkw im Sensitivitätsszenario		1,72	1,83
Veränderung in % zum Bezugsszenario		+6,2 %	+5,8 %
Veränderung in % zum Klimaschutzszenario		-9,5 %	-9,4 %
BEV-Lkw		1,42	1,42
H ₂ -Lkw		1,82	1,62
Summe Lkw-Kosten in ct je Lkw km für alle Lkw nach unterschiedlichen Antriebstechnologien			
Diesel-Lkw Bezugsszenario	1,36	1,52	1,61
Diesel-Lkw Klimaschutzszenario	1,36	1,80	1,91
Diesel-Lkw im Sensitivitätsszenario	1,36	1,61	1,72
BEV-Lkw		1,32	1,30
H ₂ -Lkw		1,70	1,51
Summe alle Lkw im BEZ	1,36	1,50	1,41
Summe alle Lkw im KSS	1,36	1,66	1,37
Summe alle Lkw im Sensitivitätsszenario	1,36	1,57	1,41
Veränderung Sensitivitätsszenario ggü BEZ in % (Summe aller Lkw)		+4,7 %	0,0 %
Veränderung Sensitivitätsszenario ggü KSS in % (Summe aller Lkw)		-5,4 %	+ 2,9 %

Tabelle 7-42: Entwicklung der Lkw-Kosten nach Antriebsarten in €/Lkw-km in den jeweiligen Szenarien

Zusammen mit dem Verzicht auf das Verbrennerverbot ab 2035 und der langsameren Durchsetzung der Ladeinfrastruktur führt dies im Sensitivitätsszenario zu einem langsameren Einsatz von alternativen Antrieben. Der Anteil der Diesel-Lkw ist zwar weiterhin bis 2040 um 8 %-Punkte niedriger als im Bezugsszenario, fällt aber gegenüber dem Klimaschutzszenario um 13 %-Punkte höher aus. Dieser Zusammenhang gilt sowohl für schwere Nutzfahrzeuge als auch für Sattelzugmaschinen (vgl. Tabelle 7-46).

	Bezugsszenario			Klimaschutzszenario			Sensitivitätsszenario		
	Diesel	BEV	H2	Diesel	BEV	H2	Diesel	BEV	H2
SZM - Sattelzugmaschinen									
2030	82 %	17 %	1 %	63 %	34 %	3 %	79 %	19 %	1 %
2040	17 %	61 %	13 %	0 %	82 %	17 %	8 %	76 %	16 %
SNF – Schwere Nutzfahrzeuge									
2030	89 %	11 %	1 %	73 %	24 %	2 %	87 %	12 %	1 %
2040	32 %	55 %	13 %	7 %	76 %	16 %	25 %	61 %	14 %
Alle Fahrzeuge									
2030	86 %	13 %	1 %	69 %	28 %	3 %	84 %	15 %	1 %
2040	25 %	61 %	13 %	4 %	79 %	17 %	17 %	68 %	15 %

Tabelle 7-43: Veränderung der Lkw-Flottenstruktur nach Antriebsarten in % zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario

Aufgrund der langsameren Durchdringung von alternativen Antrieben und des damit höheren Anteils von Diesel-Lkw gegenüber dem Klimaschutzszenario, fallen die durchschnittlichen Lkw-Kosten in 2040 höher aus, in 2030 liegen sie jedoch aufgrund der wegfallenden Lkw-Maut niedriger (vgl. Tabelle 7-47). Aus dem gleichen Grund und aufgrund der höheren CO₂-Bepreisung liegen die Lkw-Kosten gegenüber dem Bezugsszenario höher und sind bei den Sattelzugmaschinen, wo aufgrund der niedrigeren Lebensdauer und der damit schnelleren Marktdurchdringung eine stärkerer Flottenwechsel realisiert werden kann, niedriger. Auch diese Kostenentwicklung hat wesentlichen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahlentscheidung in den beiden Jahren.

	durchschnittliche Lkw Kosten in €/Lkw-km im Bezugsszenario		durchschnittliche Lkw Kosten in €/Lkw-km im Klimaschutzszenario		durchschnittliche Lkw Kosten in €/Lkw-km im Sensitivitätsszenario		Differenz gegenüber dem Bezugsszenario in %		Differenz gegenüber dem Klimaschutzszenario in %	
	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040	2030	2040
SZM	1,35	1,24	1,49	1,20	1,41	1,22	4,4 %	-1,6 %	-5,4 %	1,7 %
SNF	1,61	1,54	1,78	1,50	1,68	1,55	4,3 %	0,6 %	-5,6 %	3,5 %
Alle Lkw	1,50	1,41	1,66	1,37	1,57	1,41	4,7 %	0,0 %	-5,4 %	2,9 %

Tabelle 7-44: Durchschnittliche Veränderung der Lkw-Kosten in €/Lkw-km zwischen Bezugs-, Klimaschutz- und Sensitivitätsszenario

Da bereits in Kapitel 6 im Rahmen der Ausführungen zum Klimaschutzszenario deutlich geworden ist, dass generelle Wachstumsgrößen sich nur leicht verändern und hinsichtlich der Nachfragegrößen leichte Veränderungen zwischen den Verkehrsträgern, aber nicht hinsichtlich des Gesamteffektes ergeben, erfolgt im Folgenden eine detaillierte tabellarische Darstellung der Ergebnisse ohne größere Kommentierung, die durch eine vergleichende Darstellung zum Bezugs- und Klimaschutzszenario ergänzt wird.

7.4.3.1 Entwicklung des Güterverkehrs nach Verkehrsträgern im Sensitivitätsszenario

Die Ergebnisse für das Sensitivitätsszenario nach Verkehrsträgern können für die Aufkommensentwicklung der Tabelle 7-45 und für die Entwicklung nach der Verkehrsleistung der Tabelle 7-46 entnommen werden.

	2019		2030		2040	
	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %	Mio. t	Anteil in %
Transportaufkommen nach Verkehrsträgern						
Schiene	390,8	8,9 %	403,7	8,5 %	414,1	8,0 %
Straße	3.769,7	86,3 %	4.158,3	87,4 %	4.585,4	88,5 %
Binnenschiff	206,8	4,7 %	197,3	4,1 %	184,4	3,6 %
Summe	4.367,3	100,0 %	4.759,3	100,0 %	5.183,9	100,0 %
Kombinierte Verkehre						
gesamt	131,2	100,0 %	172,4	100,0 %	204,9	100,0 %
Schiene	108,2	82,5 %	141,8	82,3 %	169,2	82,6 %
Binnenschiff	23,0	17,5 %	30,6	17,7 %	35,7	17,4 %

Tabelle 7-45: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t)

	2019		2030		2040		WR 2019-2040		Transportweite, km		WR 2019-2040	
	Mrd. tkm	An- teil in %	Mrd. tkm	An- teil in %	Mrd. tkm	An- teil in %	ins- ge- samt	in % p. a.	2019	2040	Insg- esamt	in % p. a.
Transportaufkommen nach Verkehrsträgern												
Schiene	129,2	19,0	146,2	18,0	159,9	17,8	23,8	1,0	331	386	16,6	0,7
Straße	498,6	73,4	613,6	75,6	690,5	76,7	38,5	1,6	132	151	14,4	0,6
Binnenschiff	51,6	7,6	52,1	6,4	50,2	5,6	-2,8	-0,1	250	272	8,8	0,4
Summe	679,4	100,0	811,8	100,0	900,6	100,0	32,6	1,4	156	174	11,5	0,5
Kombinierte Verkehre												
gesamt	61,7	100,0	80,1	100,0	96,4	100,0	56,3	2,2	470	471	0,2	0,0
Schiene	55,2	89,5	71,5	89,3	86,4	89,5	56,5	2,2	510	510	0,0	0,0
Binnenschiff	6,5	10,5	8,6	10,7	10,1	10,5	55,1	2,1	283	282	-0,4	0,0

Tabelle 7-46: Entwicklung des Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

Der Vergleich der Ergebnisse zum Bezugs- sowie zum Klimaschuttszenario erfolgt nach dem Verkehrsaufkommen in Tabelle 7-47 und Tabelle 7-49, sowie in Tabelle 7-48 und Tabelle 7-50 für die Verkehrsleistung.

Auch im Sensitivitätsszenario erfolgt aufgrund der unterstellten Prämissen eine Besserstellung der Schiene und auch teilweise des Binnenschiffes gegenüber der Straße. Dies führt dazu, dass sich sowohl die Verkehrsmengen als auch die Verkehrsleistung der Schiene und der Binnenschiffahrt bis 2040 stärker entwickeln als im Bezugsszenario. Bei der Schiene sind die entsprechenden Werte um rd. 4 % (in Tonnen) bzw. 5 % (in tkm) höher, beim Binnenschiff sind es nur 1,4 % (in Tonnen) bzw. 1,2 % (in tkm). Die Schiene profitiert vom Wettbewerb zur Straße deutlich stärker als das Binnenschiff, was unter anderem auch damit verbunden ist, dass die Binnenschiffahrt auch von der höheren CO₂-Bepreisung betroffen ist.

Zum Prognosehorizont 2030 ist bei beiden Verkehrsträgern eine positive, jedoch sehr verhaltene Entwicklung festzustellen. Die Unterschiede sind mit relativen Veränderungen ggü. dem Bezugsszenario von maximal 0,4 % sehr niedrig, wobei die Binnenschiffahrt sich absolut und relativ besser entwickelt als die Schiene.

	Bezugsszenario		Sensitivitätsszenario		Δ Sensitivi- tätsszena- rio zu Be- zugsszena- rio in Mio. t	Δ Sensitivi- tätsszena- rio zu Be- zugsszena- rio in %	Δ Sensitivi- tätsszena- rio zu Be- zugsszena- rio in Mio. t	Δ Sensitivi- tätsszena- rio zu Be- zugsszena- rio in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	403,4	397,9	403,7	414,1	0,3	0,1 %	16,1	4,1 %
Strasse	4.159,4	4.603,5	4.158,3	4.585,4	-1,1	0,0 %	-18,1	-0,4 %
Binnenschiff	196,5	181,9	197,3	184,4	0,8	0,4 %	2,6	1,4 %
Summe	4.759,2	5.183,3	4.759,3	5.183,9	0,1	0,0 %	0,7	0,0 %
Kombinierter Verkehr								
Kombinierter Verkehr gesamt	174,0	198,1	172,4	204,9	-1,6	-0,9 %	6,8	3,4 %
Schiene	143,6	163,2	141,8	169,2	-1,8	-1,3 %	6,0	3,7 %
Binnenschiff	30,4	34,9	30,6	35,7	0,2	0,7 %	0,8	2,3 %

Tabelle 7-47: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und dem Bezugsszenario

	Bezugsszenario		Sensitivitätsszenario		Δ Sensitivitätsszenario zu Bezugsszenario in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu Bezugsszenario in %	Δ Sensitivitätsszenario zu Bezugsszenario in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu Bezugsszenario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	146,5	152,4	146,2	159,9	-0,3	-0,2 %	7,5	4,9 %
Strasse	613,3	698,5	613,6	690,5	0,2	0,0 %	-7,9	-1,1 %
Binnenschiff	51,9	49,6	52,1	50,2	0,2	0,3 %	0,6	1,2 %
Summe	811,7	900,4	811,8	900,6	0,1	0,0 %	0,2	0,0 %
Kombinierte Verkehre								
Kombinierter Verkehr gesamt	81,4	92,9	80,1	96,4	-1,3	-1,6 %	3,5	3,8 %
Schiene	72,9	83,1	71,5	86,4	-1,4	-1,9 %	3,3	4,0 %
Binnenschiff	8,5	9,9	8,6	10,1	0,0	0,5 %	0,2	2,1 %

Tabelle 7-48: Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und dem Bezugsszenario

Die Unterschiede zwischen dem Sensitivitäts- und Klimaschuttszenario sind im Güterverkehr sehr gering. Trotzdem, weist das Sensitivitätsszenario jedoch sowohl beim Verkehrsaufkommen als auch bei der Verkehrsleistung eine leicht bessere Entwicklung bei Schiene und Binnenschiffahrt auf, als das Klimaschuttszenario. Die Unterschiede sind jedoch sehr niedrig, und somit fast vernachlässigbar.

Das jedoch in 2030 leicht höhere Verkehrsmengen bei Schiene und Binnenschiffahrt beim Sensitivitätsszenario als beim Klimaschuttszenario resultieren, liegt im Wesentlichen daran, dass im Klimaschuttszenario aufgrund der höheren Kostenbelastung im Lkw-Bereich, zwar ein höheres Verlagerungspotential zur Schiene besteht, dieses jedoch aus Kapazitätsgründen weniger umgesetzt werden kann, als im Sensitivitätsfall

	Klimaschutzszenario		Sensitivitätsszenario		Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschuttszenario in Mio. t	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschuttszenario in %	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschuttszenario in Mio. t	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschuttszenario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	401,9	413,5	403,7	414,1	1,8	0,4 %	0,6	0,1 %
Strasse	4.159,9	4.586,4	4.158,3	4.585,4	-1,6	0,0 %	-1,0	0,0 %
Binnenschiff	197,5	184,0	197,3	184,4	-0,3	-0,1 %	0,5	0,3 %
Summe	4.759,3	5.183,9	4.759,3	5.183,9	0,0	0,0 %	0,1	0,0 %
Kombinierte Verkehre								
Kombinierter Verkehr gesamt	171,2	204,7	172,4	204,9	1,2	0,7 %	0,2	0,1 %
Schiene	140,6	169,1	141,8	169,2	1,2	0,9 %	0,1	0,1 %
Binnenschiff	30,6	35,6	30,6	35,7	-0,1	-0,2 %	0,1	0,3 %

Tabelle 7-49: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und dem Klimaschuttszenario

	Klimaschutzszenario		Sensitivitätsszenario		Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschutzszenario in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschutzszenario in %	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschutzszenario in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu Klimaschutzszenario in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene	144,9	159,6	146,2	159,9	1,3	0,9 %	0,3	0,2 %
Strasse	614,8	690,8	613,6	690,5	-1,2	-0,2 %	-0,3	0,0 %
Binnenschiff	52,1	50,1	52,1	50,2	-0,1	-0,2 %	0,1	0,2 %
Summe	811,9	900,5	811,8	900,6	0,0	0,0 %	0,1	0,0 %
Kombinierte Verkehre								
Kombinierte Verkehr gesamt	79,2	96,4	80,1	96,4	0,8	1,1 %	0,1	0,1 %
Schiene	70,7	86,3	71,5	86,4	0,9	1,2 %	0,0	0,0 %
Binnenschiff	8,6	10,0	8,6	10,1	0,0	-0,2 %	0,0	0,3 %

Tabelle 7-50: Vergleich der Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Deutschland nach Verkehrsträgern (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und dem Klimaschutzszenario

7.4.3.2 Einfluss von Infrastrukturestriktionen auf das verkehrsträgerspezifische Verkehrsaufkommen im Sensitivitätsszenario

Auch im Sensitivitätsszenario bestimmen die Umsetzung des Deutschlandtaktes bis 2030 und die bis 2040 angenommenen kapazitativen Erweiterungen des Verkehrsgeschehen auf der Schiene.

Auch angesichts der nur kleinen Abweichungen zwischen dem Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario sind die Verkehrsbelastungen innerhalb Baden-Württembergs relativ ähnlich. Kleinere Unterschiede ergeben sich durch veränderte Routenwahlentscheidungen aufgrund der leicht höheren Verkehrsbelastung.

Auch hier liegen in 2030 bundesweit zahlreiche kleinere Engpassstellen vor, die dafür sorgen dass rd. 10,5 Mio. t an Schienengüterverkehrspotentialen nicht abgefahren werden können. Diese Zahl ist um rd. 0,6 Mio. t niedriger als im Klimaschutzszenario, allerdings um rd. 3,0 Mio. t höher als im Bezugsszenario.

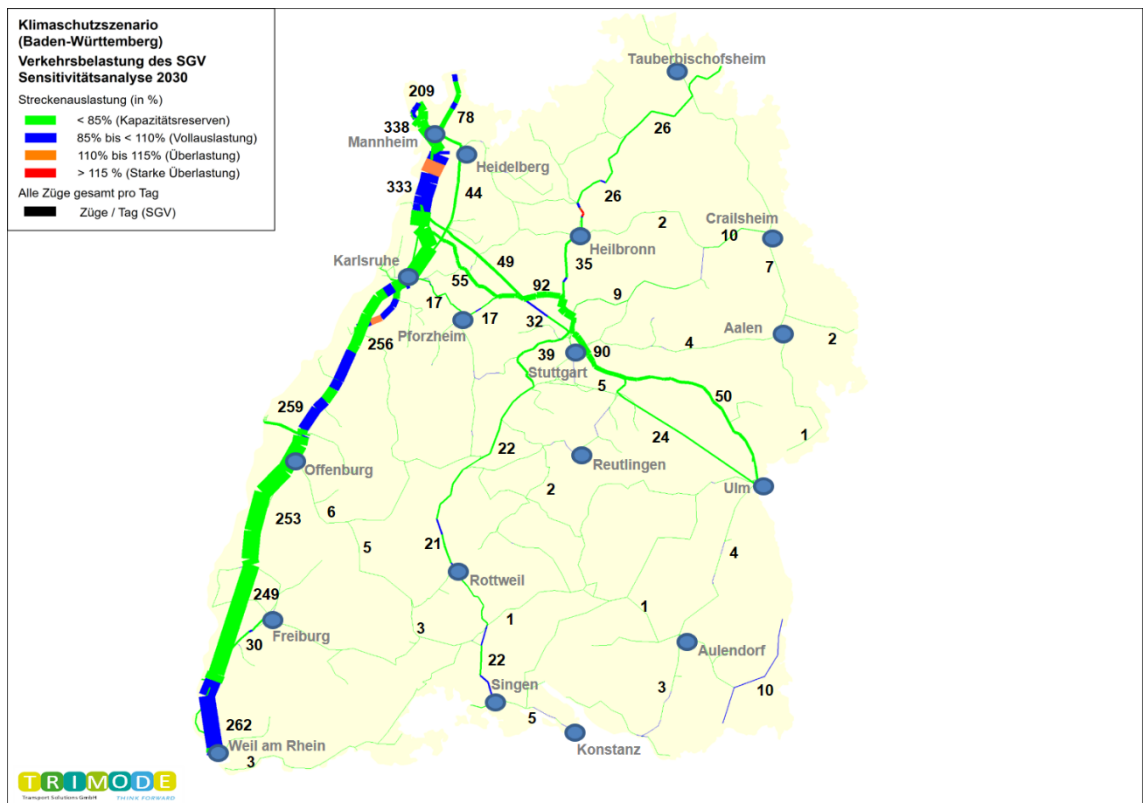


Abbildung 7-13: Umlegung des Schienengüterverkehrs in der Sensitivitätsanalyse in 2030 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

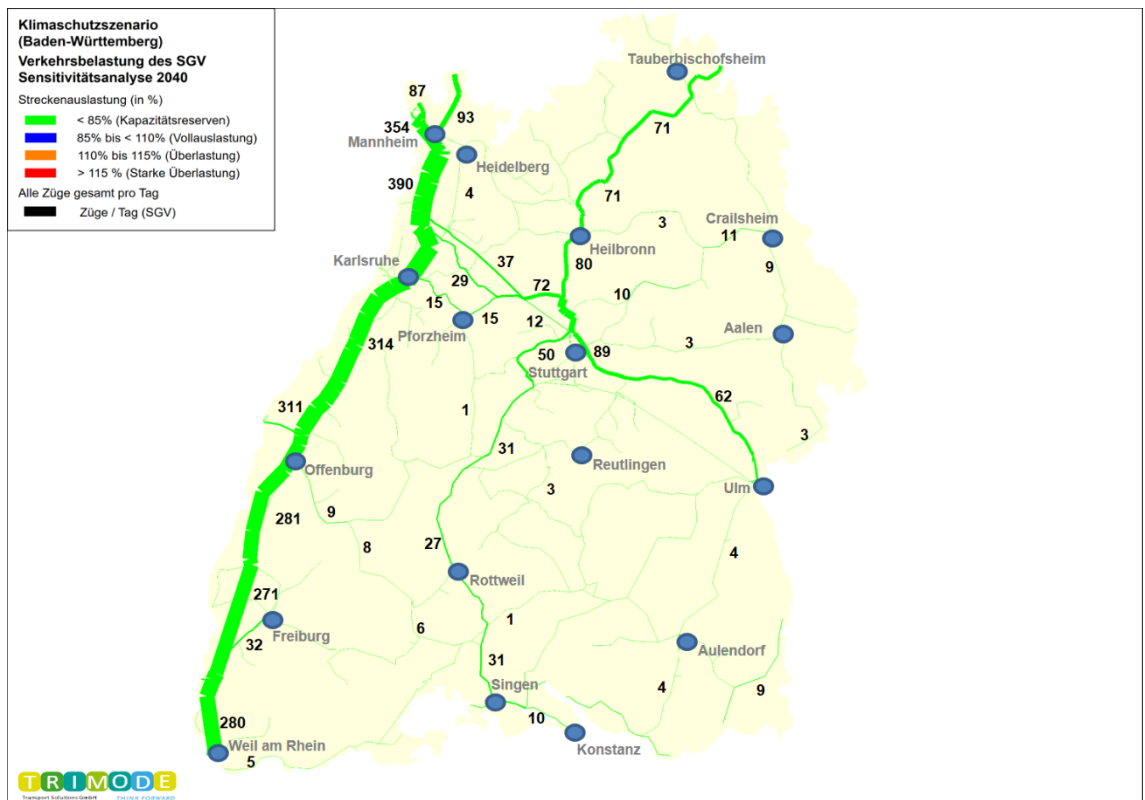


Abbildung 7-14: Umlegung des Schienengüterverkehrs in der Sensitivitätsanalyse in 2040 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

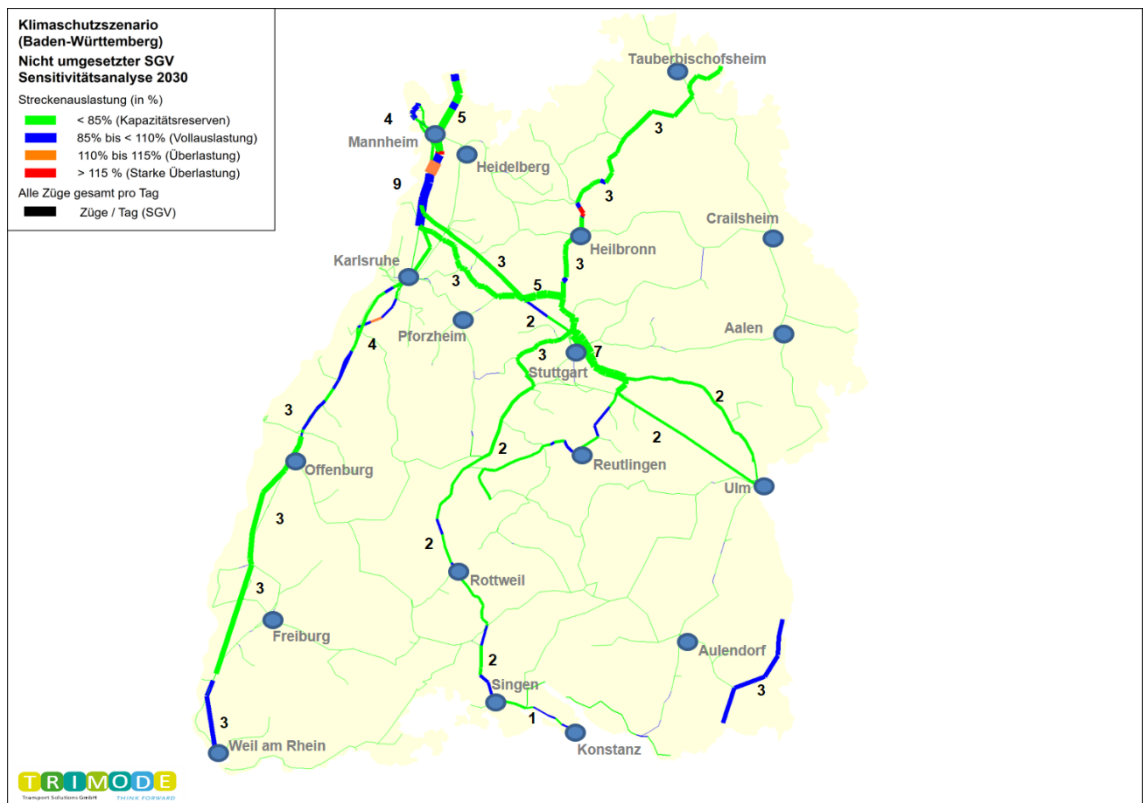


Abbildung 7-15: Aus Überlastungsgründen nicht fahrbare Züge in Baden-Württemberg in der Sensitivitätsanalyse in 2030 (SGV-Züge pro Tag)

Quelle: eigene Darstellung

7.4.3.3 Entwicklung des Güterverkehrs nach Gütergruppen

Im Vergleich zum Klimaschutzszenario ergeben sich innerhalb des Sensitivitätsszenarios nur geringfügige Änderungen, sodass auf die Beschreibung und Erklärung der Ergebnisse zum Verkehrsaufkommen und zur Verkehrsleistung weitestgehend verzichtet wird. Vielmehr wird auf die konkreten Unterschiede vom Sensitivitätsszenario zum Bezugsszenario und zum Klimaschutzszenario eingegangen. Die Tabelle 7-51 und Tabelle 7-52 stellen dabei die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse zur Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens und der Güterverkehrsleistung nach Gütergruppen dar, Tabelle 7-53 und Tabelle 7-54 dabei die Unterschiede jeweils zum Bezugs- und Klimaschutzszenario bezüglich des Aufkommens. Auf eine separate Darstellung bezüglich der Leistung wurde verzichtet.

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.
Land- und Forstwirtsch.	6,5	6,7	8,2	1,1	213,3	229,4	242,5	0,6	13,4	14,6	15,7	0,8	233,1	250,8	266,4	0,6
Steinkohle	22,3	12,7	0,0	-100,0	4,2	2,3	0,0	-100,0	23,3	13,0	0,0	-100,0	49,8	28,1	0,0	-100,0
Braunkohle	5,0	0,9	0,0	-100,0	3,9	3,7	2,1	-2,9	0,0	0,0	0,0		8,9	4,7	2,1	-6,7
Erdöl und Erdgas	1,9	1,9	1,7	-0,7	1,5	1,4	1,1	-1,2	0,0	0,0	0,0	-8,6	3,4	3,2	2,8	-1,0
Erze	23,7	20,6	18,7	-1,1	0,8	0,7	0,7	-0,4	22,9	19,6	17,5	-1,3	47,4	41,0	36,9	-1,2
Düngemittel	1,6	1,3	1,9	0,7	4,4	4,7	4,4	0,0	0,2	0,2	0,2	-0,1	6,2	6,2	6,5	0,2
Steine und Erden	27,8	34,7	39,4	1,7	938,2	988,0	1.056,5	0,6	31,8	36,9	40,3	1,1	997,9	1.059,6	1.136,2	0,6
Nahrungs- und Genussmittel	2,6	2,4	3,6	1,5	401,5	464,7	517,8	1,2	8,1	9,6	11,4	1,6	412,2	476,7	532,8	1,2
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	1,0	18,8	20,8	23,3	1,0	0,1	0,2	0,2	3,0	18,9	21,0	23,5	1,0
Holzwaren, Papier, Druckerei	8,6	8,8	10,1	0,7	168,4	179,8	199,2	0,8	3,1	3,5	4,2	1,3	180,1	192,1	213,4	0,8
Koks	4,1	2,3	0,0	-23,7	7,1	3,9	0,2	-15,6	1,9	1,0	0,1	-15,7	13,0	7,1	0,3	-16,9
Mineralölerzeugnisse	51,1	30,6	12,1	-6,6	93,5	52,1	19,7	-7,2	36,2	24,9	13,0	-4,8	180,8	107,6	44,7	-6,4
Chemische Erzeugnisse etc	26,7	28,3	30,8	0,7	171,0	176,5	193,5	0,6	22,0	21,4	26,7	0,9	219,7	226,2	251,0	0,6
Sonstige Mineralerzeugnisse	12,1	14,6	16,7	1,6	426,7	482,4	543,9	1,2	3,3	4,1	4,4	1,4	442,0	501,1	565,0	1,2
Metalle und Metallerzeugnisse	56,0	58,0	60,9	0,4	188,4	199,9	216,4	0,7	10,4	11,0	11,4	0,5	254,8	268,9	288,7	0,6
Maschinen und Ausrüstungen etc	0,8	1,0	1,2	1,9	76,2	88,9	106,4	1,6	0,8	1,1	1,3	2,3	77,9	91,0	108,9	1,6
Fahrzeuge	15,4	18,6	20,5	1,4	128,9	146,4	162,3	1,1	1,3	1,9	2,2	2,3	145,7	166,8	184,9	1,1
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,2	22,8	25,6	28,1	1,0	0,4	0,6	0,7	2,6	23,3	26,2	28,8	1,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	12,8	14,0	13,8	0,4	295,0	304,6	312,0	0,3	11,5	12,7	11,0	-0,2	319,3	331,3	336,8	0,3
Post, Pakete	0,0	3,2	5,7		65,1	106,5	148,2	4,0	0,0	0,0	0,0	2,6	65,1	109,7	153,9	4,2
Geräte und Material für Güterbeförd.	6,6	8,6	10,6	2,3	120,5	138,8	155,8	1,2	1,5	1,9	2,2	1,7	128,6	149,3	168,6	1,3
Umzugsgut, sonst. Nichtmarktb. Güter	0,0	0,0	0,0	3,3	100,0	130,4	162,8	2,3	0,0	0,0	0,0	2,7	100,1	130,4	162,8	2,3
Sammelgut	4,0	5,1	6,1	2,1	267,1	345,1	423,4	2,2	0,4	0,5	0,6	1,9	271,5	350,7	430,2	2,2
Gutart unbekannt	99,7	127,7	150,4	2,0	52,4	61,5	65,1	1,0	14,2	18,4	21,5	2,0	166,3	207,7	237,0	1,7
Sonstige Güter a.n.g.	1,4	1,6	1,7	0,9	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	1,6	1,7	0,9
Summe	390,8	403,7	414,1	0,3	3.769,7	4.158,3	4.585,4	0,9	206,8	197,3	184,4	-0,5	436,7	4.759,3	5.183,9	12,5

Tabelle 7-51: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t)

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.
Land- und Forstwirtschaft	2,4	3,1	3,1	1,4	37,2	45,9	45,9	1,0	5,0	6,0	6,0	0,9	44,6	55,0	55,0	1,0
Steinkohle	5,6	0,0	0,0	-100,0	0,3	0,0	0,0	-44,9	4,8	0,0	0,0	-100,0	10,6	0,0	0,0	-53,7
Braunkohle	0,5	0,0	0,0	-100,0	0,8	0,7	0,7	-0,9	0,0	0,0	0,0		1,3	0,7	0,7	-3,1
Erdöl und Erdgas	0,6	0,5	0,5	-0,5	0,3	0,2	0,2	-1,3	0,0	0,0	0,0	-8,9	0,9	0,8	0,8	-0,9
Erze	5,9	4,6	4,6	-1,1	0,2	0,2	0,2	0,2	2,8	2,1	2,1	-1,2	8,8	7,0	7,0	-1,1
Düngemittel	0,5	0,6	0,6	0,9	0,4	0,4	0,4	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	1,1	1,1	0,8
Steine und Erden	6,5	9,7	9,7	1,9	28,6	36,1	36,1	1,1	7,4	9,6	9,7	1,3	42,4	55,5	55,5	1,3
Nahrungs- und Genussmittel	1,3	1,8	1,8	1,6	71,4	101,2	101,2	1,7	2,2	3,1	3,1	1,6	74,9	106,1	106,1	1,7
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	0,7	6,4	8,4	8,4	1,3	0,0	0,0	0,0	2,8	6,4	8,5	8,5	1,3
Holzwaren, Papier, Druckerei	4,6	5,4	5,5	0,8	40,8	53,2	53,1	1,3	0,8	1,0	1,0	1,2	46,3	59,6	59,6	1,2
Koks	1,2	0,0	0,0	-24,5	1,0	0,1	0,1	-9,4	0,3	0,0	0,0	-11,3	2,5	0,1	0,1	-12,6
Mineralerzeugnisse	10,4	3,1	3,1	-5,5	9,2	2,5	2,5	-6,0	9,4	4,1	4,1	-3,9	29,0	9,7	9,7	-5,1
Chemische Erzeugnisse etc	8,3	10,2	10,2	1,0	32,7	41,5	41,5	1,1	6,3	7,8	7,8	1,1	47,2	59,5	59,5	1,1
Sonstige Mineralerzeugnisse	2,4	3,6	3,6	2,0	42,1	60,1	60,1	1,7	1,0	1,4	1,4	1,6	45,5	65,1	65,1	1,7
Metalle und Metall-erzeugnisse	12,2	15,0	15,1	1,0	38,7	48,8	48,7	1,1	3,2	3,6	3,6	0,6	54,1	67,4	67,4	1,1
Maschinen und Aus-rüstungen etc	0,3	0,5	0,5	2,1	19,0	28,6	28,6	2,0	0,3	0,5	0,5	2,2	19,6	29,6	29,6	2,0
Fahrzeuge	7,3	9,9	9,9	1,5	26,0	36,3	36,2	1,6	0,5	0,9	0,9	2,5	33,8	47,0	47,0	1,6
Möbel, Schmuck, Musikin-strumente etc	0,0	0,0	0,0	0,2	6,7	8,6	8,6	1,2	0,1	0,1	0,1	2,4	6,8	8,8	8,8	1,2
Sekundär-rohstoffe, Abfälle	2,5	2,9	2,9	0,7	23,0	27,9	27,9	0,9	2,9	2,9	3,0	0,0	28,5	33,7	33,7	0,8
Post, Pa-kete	0,0	2,4	2,4		12,8	30,0	30,0	4,1	0,0	0,0	0,0	3,4	12,8	32,5	32,5	4,5
Geräte und Material für Güterbe-förd.	3,7	6,0	6,0	2,3	18,7	26,6	26,6	1,7	0,4	0,6	0,6	1,7	22,9	33,3	33,3	1,8
Umzugs-gut, sonst. Nicht-markt-b. Güter	0,0	0,0	0,0	3,4	11,0	19,2	19,2	2,7	0,0	0,0	0,0	2,7	11,0	19,2	19,2	2,7
Sammelgut	1,7	2,7	2,7	2,2	57,1	96,5	96,5	2,5	0,3	0,4	0,4	1,9	59,1	99,6	99,6	2,5
Gutart unbekannt	51,0	77,1	77,1	2,0	14,2	17,7	17,7	1,0	3,8	5,7	5,7	1,9	69,1	100,5	100,6	1,8
Sonstige Güter a.n.g.	0,2	0,2	0,2	1,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,4	0,2	0,2	0,2	1,0
Summe	129,2	159,6	159,9	1,0	498,6	690,8	690,5	1,6	51,6	50,1	50,2	-0,1	67,9	900,5	900,6	13,1

Tabelle 7-52: Entwicklung der Güterverkehrsleistung nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mrd. tkm)

Auch im Sensitivitätsszenario tragen im Vergleich zum Bezugsszenario tragen die KV-affinen Güter wie „Gutart unbekannt“ und „Geräte und Material für Güterbeförderung“ mit 5,2 Mio. t (+3,3 %), Steine und Erden mit 2,5 Mio. t (+6,9 %), Metalle und Metallerzeugnisse mit 1,5 Mio. t (+2,4 %) sowie Chemische Erzeugnisse mit 1,1 Mio. t (+3,6 %) maßgeblich zur Steigerung des Schienengüterverkehrs bei. Die Schiene liegt mit 414,1 Mio. t in 2040 um 16,1 Mio. t und um 4,1 % höher als im Bezugsszenario. Auch gegenüber dem Klimaschutzszenario tragen hauptsächlich die eben benannten Gütergruppen zum zusätzlichen Wachstum von rd. 0,6 Mio. t bei.

Auch das Binnenschiff wird durch die Prämissen der Sensitivitätsanalyse begünstigt und gewinnt 2,6 Mio. t mehr an Aufkommen (+1,2 %). Dabei steigen hauptsächlich auch hier die mit dem Kombinierten Verkehr in Verbindung stehenden Gütergruppen „Gutart unbekannt“ und „Geräte und Material zur Güterbeförderung“ um 0,4 Mio. t (+1,6 %) sowie die Chemischen Erzeugnisse um 0,8 Mio. t (+2,5 %) an. Zusammen mit den Gütergruppen Nahrungs- und Genussmittel und Steine und Erden mit jeweils 0,3 Mio. t (jeweils +2,3 % und +0,6 %) bilden diese Gütergruppen auch die größten Unterschiede im Vergleich vom Sensitivitätsszenario mit dem Klimaschutzszenario. Im

Vergleich zum Klimaschutzscenario profitiert das Binnenschiff jedoch nur mit einem Zuwachs von 0,5 Mio. t (+0,3 %).

Verglichen mit dem Bezugsszenario verliert die Straße Anteile in den oben genannten Gütergruppen. Gegenüber dem Bezugsszenario verliert die Straße 18,1 Mio. t (-0,4 %) und gegenüber dem Klimaschutzscenario 1,0 Mio. t (-0,02 %).

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-		Sensitivitäts-Bezugs-	
	szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario		szenarioszenario	
	2040	2040	in Mio. t	in %	2040	2040	in Mio. t	in %	2040	2040	in Mio. t	in %	2040	2040	in Mio. t	in %
Land- und Forstwirtsch.	7,2	8,2	1,0	14,1	243,6	242,5	-1,1	-0,5	15,5	15,7	0,1	0,7	266,4	266,4	0,0	0,0
Steinkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0
Erdöl und Erdgas	1,6	1,7	0,0	1,0	1,1	1,1	0,0	-1,4	0,0	0,0	0,0	1,9	2,8	2,8	0,0	0,0
Erze	18,7	18,7	0,0	-0,1	0,7	0,7	0,0	0,0	17,5	17,5	0,0	0,1	36,9	36,9	0,0	0,0
Düngemittel	1,5	1,9	0,3	22,4	4,8	4,4	-0,3	-7,2	0,2	0,2	0,0	-0,1	6,5	6,5	0,0	0,0
Steine und Erden	36,9	39,4	2,5	6,9	1.059,4	1.056,5	-2,9	-0,3	40,0	40,3	0,3	0,6	1.136,2	1.136,2	0,0	0,0
Nahrungs- und Genussmittel	3,1	3,6	0,5	16,9	518,6	517,8	-0,8	-0,2	11,1	11,4	0,3	2,3	532,8	532,8	0,0	0,0
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	11,5	23,3	23,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	4,8	23,5	23,5	0,0	0,0
Holzwaren, Papier, Druckerei	9,6	10,1	0,5	5,3	199,7	199,2	-0,5	-0,3	4,1	4,2	0,1	1,2	213,4	213,4	0,0	0,0
Koks	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2	0,2	0,0	-0,2	0,1	0,1	0,0	-0,7	0,3	0,3	0,0	0,1
Mineralölzeugnisse	11,3	12,1	0,7	6,5	20,5	19,7	-0,8	-3,9	12,9	13,0	0,1	0,5	44,7	44,7	0,0	0,0
Chemische Erzeugnisse etc	29,8	30,8	1,1	3,6	195,3	193,5	-1,8	-0,9	25,9	26,7	0,8	2,5	251,0	251,0	0,1	0,0
Sonstige Mineralerzeugnisse	16,3	16,7	0,4	2,5	544,3	543,9	-0,4	-0,1	4,3	4,4	0,1	1,0	564,9	565,0	0,1	0,0
Metalle und Metallerzeugnisse	59,4	60,9	1,5	2,4	218,0	216,4	-1,6	-0,7	11,2	11,4	0,2	1,3	288,6	288,7	0,0	0,0
Maschinen und Ausrüstungen etc	1,2	1,2	0,0	1,8	106,5	106,4	-0,1	0,0	1,3	1,3	0,0	3,1	108,9	108,9	0,0	0,0
Fahrzeuge	19,4	20,5	1,1	5,8	163,4	162,3	-1,2	-0,7	2,1	2,2	0,1	2,2	184,9	184,9	0,0	0,0
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	-0,9	28,1	28,1	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	1,4	28,8	28,8	0,0	0,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	13,5	13,8	0,3	2,1	312,4	312,0	-0,4	-0,1	10,9	11,0	0,1	1,0	336,8	336,8	0,0	0,0
Post, Pakete	4,8	5,7	0,9	18,5	149,1	148,2	-0,9	-0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	153,9	153,9	0,0	0,0
Geräte und Material für Güterbeförd.	9,5	10,6	1,1	12,1	157,0	155,8	-1,2	-0,8	2,1	2,2	0,1	2,9	168,6	168,6	0,0	0,0
Umzugsgut, sonst. Nichtmarktb. Güter	0,0	0,0	0,0	0,0	162,8	162,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,6	162,8	162,8	0,0	0,0
Sammelgut	6,0	6,1	0,0	0,8	423,5	423,4	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,1	430,2	430,2	0,0	0,0
Gutart unbekannt	146,4	150,4	4,0	2,7	69,1	65,1	-4,0	-5,8	21,2	21,5	0,3	1,3	236,7	237,0	0,3	0,1
Sonstige Güter a.n.g.	1,7	1,7	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,4	1,7	1,7	0,0	0,0
Summe	397,9	414,1	16,1	4,1	4.603,5	4.585,4	-18,1	-0,4	181,9	184,4	2,6	1,2	5.183,3	5.183,9	0,6	0,0

Tabelle 7-53: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	Δ Sensi-Δ Sensi-		tativitäts-ativitäts-		Δ Sensi-Δ Sensi-		tativitäts-ativitäts-		Δ Sensi-Δ Sensi-		tativitäts-ativitäts-		Δ Sensi-Δ Sensi-		tativitäts-ativitäts-	
	Klima- szenario 2040	Sensiti- vitäts- szenario 2040	zu Kli- ma- szenario in Mio. t	zu Kli- ma- szenario in %	Klima- szenario 2040	Sensiti- vitäts- szenario 2040	Klima- szenario in Mio. t	zu Kli- ma- szenario in %	Klima- szenario 2040	Sensiti- vitäts- szenario 2040	Klima- szenario in Mio. t	zu Kli- ma- szenario in %	Klima- szenario 2040	Sensiti- vitäts- szenario 2040	Klima- szenario in Mio. t	zu Kli- ma- szenario in %
Land- und Forstwirtsch.	8,2	8,2	0,0	0,1	242,5	242,5	0,0	0,0	15,6	15,7	0,0	0,2	266,4	266,4	0,0	0,0
Steinkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Braunkohle	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0
Erdöl und Erdgas	1,7	1,7	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,8	0,0	0,0
Erze	18,7	18,7	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	17,5	17,5	0,0	0,0	36,9	36,9	0,0	0,0
Düngemittel	1,9	1,9	0,0	0,0	4,4	4,4	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	6,5	6,5	0,0	0,0
Steine und Erden	39,4	39,4	0,0	0,1	1.056,6	1.056,5	-0,1	0,0	40,2	40,3	0,1	0,1	1.136,2	1.136,2	0,0	0,0
Nahrungs- und Genussmittel	3,6	3,6	0,0	0,1	517,9	517,8	-0,1	0,0	11,3	11,4	0,1	0,7	532,8	532,8	0,0	0,0
Textilien, Bekleidung, Leder	0,0	0,0	0,0	0,0	23,3	23,3	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	1,0	23,5	23,5	0,0	0,0%
Holzwaren, Papier, Druckerei	10,0	10,1	0,1	1,3	199,3	199,2	-0,1	-0,1	4,1	4,2	0,0	0,3	213,4	213,4	0,0	0,0
Koks	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
Mineralerzeugnisse	12,1	12,1	0,0	0,1	19,7	19,7	0,0	-0,1	13,0	13,0	0,0	0,1	44,7	44,7	0,0	0,0
Chemische Erzeugnisse etc	30,8	30,8	0,1	0,3	193,7	193,5	-0,2	-0,1	26,6	26,7	0,1	0,5	251,0	251,0	0,0	0,0
Sonstige Mineralerzeugnisse	16,7	16,7	0,0	0,1	543,9	543,9	0,0	0,0	4,4	4,4	0,0	0,2	565,0	565,0	0,0	0,0
Metalle und Metallerzeugnisse	60,7	60,9	0,1	0,2	216,6	216,4	-0,2	-0,1	11,4	11,4	0,0	0,3	288,7	288,7	0,0	0,0
Maschinen und Ausrüstungen etc	1,2	1,2	0,0	0,1	106,4	106,4	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	0,7	108,9	108,9	0,0	0,0
Fahrzeuge	20,4	20,5	0,1	0,2	162,3	162,3	-0,1	0,0	2,2	2,2	0,0	0,4	184,9	184,9	0,0	0,0
Möbel, Schmuck, Musikinstrumente etc	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	28,1	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,3	28,8	28,8	0,0	0,0
Sekundärrohstoffe, Abfälle	13,8	13,8	0,0	0,2	312,0	312,0	0,0	0,0	11,0	11,0	0,0	0,2	336,8	336,8	0,0	0,0
Post, Pakete	5,7	5,7	0,0	0,0	148,2	148,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	153,9	153,9	0,0	0,0
Geräte und Material für Güterbeförd.	10,6	10,6	0,0	0,2	155,9	155,8	0,0	0,0	2,2	2,2	0,0	0,5	168,6	168,6	0,0	0,0
Umzugsgut, sonst. Nichtmarkt. Güter	0,0	0,0	0,0	0,1	162,8	162,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	162,8	162,8	0,0	0,0
Sammelgut	6,1	6,1	0,0	0,0	423,4	423,4	0,0	0,0	0,6	0,6	0,0	0,0	430,2	430,2	0,0	0,0
Gutart unbekannt	150,4	150,4	0,1	0,1	65,2	65,1	-0,1	-0,2	21,5	21,5	0,0	0,2	237,0	237,0	0,0	0,0
Sonstige Güter a.n.g.	1,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	1,7	0,0	0,0
Summe	413,5	414,1	0,6	0,1	4.586,4	4.585,4	-1,0	0,0	184,0	184,4	0,5	0,3	5.183,9	5.183,9	0,1	0,0

Tabelle 7-54: Vergleich der Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens nach NST-2007-Gütergruppen und Verkehrsträgern (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschuttszenario

7.4.3.4 Entwicklung des Güterverkehrs nach Hauptverkehrsbeziehungen im Sensitivitätsszenario

Die Entwicklung des Güterverkehrs in der Differenzierung nach den vier Hauptverkehrsbeziehungen (Binnenverkehr, grenzüberschreitender Versand, grenzüberschreitender Empfang, Transit) ist für das Sensitivitätsszenario in der Tabelle 7-55 und Tabelle 7-56 und die Entwicklung nach Bundesländern in der Tabelle 7-57 abgebildet. Die Entwicklungen sind zum Klimaschuttszenario sehr ähnlich, sodass wir auf eine weitere Darstellung verzichten.

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040	
				insgesamt in %	in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	238,0	233,5	230,2	-3,3 %	-0,2 %
grenzüb. Versand	56,5	64,5	70,2	24,3 %	1,0 %
grenzüb. Empfang	61,2	65,3	69,9	14,3 %	0,6 %
Durchgangsverkehr	35,1	40,5	43,7	24,4 %	1,0 %
Summe	390,8	403,7	414,1	6,0 %	0,3 %
Straße					
Binnenverkehr	2665,0	2930,4	3206,3	20,3 %	0,9 %
grenzüb. Versand	285,8	320,9	351,1	22,8 %	1,0 %
grenzüb. Empfang	275,5	312,8	360,1	30,7 %	1,3 %
Durchgangsverkehr	543,4	594,2	668,0	22,9 %	1,0 %
Summe	3.769,7	4.158,3	4.585,4	21,6 %	0,9 %
Binnenschiff					
Binnenverkehr	42,3	42,2	39,3	-7,2 %	-0,4 %
grenzüb. Versand	45,3	46,2	46,0	1,6 %	0,1 %
grenzüb. Empfang	85,9	75,0	67,0	-22,0 %	-1,2 %
Durchgangsverkehr	33,4	33,8	32,2	-3,7 %	-0,2 %
Summe	206,8	197,3	184,4	-10,8 %	-0,5 %
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	2945,3	3206,1	3475,8	18,0 %	0,8 %
grenzüb. Versand	387,6	431,6	467,3	20,6 %	0,9 %
grenzüb. Empfang	422,5	453,1	497,0	17,6 %	0,8 %
Durchgangsverkehr	611,9	668,4	743,8	21,6 %	0,9 %
Summe	4.367,3	4.759,3	5.183,9	18,7 %	0,8 %

Tabelle 7-55: Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t)

Hauptverkehrsbeziehung	2019	2030	2040	Veränderung 2019-2040	
				insgesamt in %	in % p. a.
Schiene					
Binnenverkehr	56,4	64,7	68,0	20,5 %	0,9 %
grenzüb. Versand	28,7	32,2	36,1	25,9 %	1,1 %
grenzüb. Empfang	27,5	30,1	34,3	24,7 %	1,1 %
Durchgangsverkehr	16,5	19,2	21,5	29,8 %	1,2 %
Summe	129,2	146,2	159,9	23,8 %	1,0 %
Straße					
Binnenverkehr	239,0	310,2	345,5	44,6 %	1,8 %
grenzüb. Versand	73,9	86,3	95,0	28,5 %	1,2 %
grenzüb. Empfang	74,2	87,5	99,6	34,3 %	1,4 %
Durchgangsverkehr	111,5	129,6	150,4	34,8 %	1,4 %
Summe	498,6	613,6	690,5	38,5 %	1,6 %
Binnenschiff					
Binnenverkehr	7,8	8,7	8,3	6,9 %	0,3 %
grenzüb. Versand	10,6	11,1	10,8	1,9 %	0,1 %
grenzüb. Empfang	16,2	14,9	14,1	-13,3 %	-0,7 %
Durchgangsverkehr	17,0	17,3	16,9	-0,1 %	0,0 %
Summe	51,6	52,1	50,2	-2,8 %	-0,1 %
Gesamtverkehr					
Binnenverkehr	303,2	383,6	421,8	39,1 %	1,6 %
grenzüb. Versand	113,2	129,7	141,9	25,4 %	1,1 %
grenzüb. Empfang	118,0	132,5	148,1	25,5 %	1,1 %
Durchgangsverkehr	145,1	166,0	188,8	30,1 %	1,3 %
Summe	679,4	811,8	900,6	32,6 %	1,4 %

Tabelle 7-56: Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm)

	Schiene				Straße				Binnenschiff				Summe			
	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.	2019	2030	2040	WR in % p. a.
Bundesländer																
Schleswig-Holstein	6,7	7,7	9,2	1,5	144,7	166,5	183,1	1,1	4,1	3,2	2,4	-2,5	155,5	177,4	194,7	1,1
Hamburg	56,5	63,0	69,5	1,0	113,1	135,8	153,0	1,4	8,7	7,6	6,5	-1,4	178,4	206,5	229,0	1,2
Niedersachsen	69,6	66,8	64,8	-0,3	493,0	559,7	614,8	1,1	20,0	20,6	20,3	0,1	582,6	647,1	699,8	0,9
Bremen	21,0	25,1	29,1	1,6	56,3	65,5	70,3	1,1	3,4	3,7	3,8	0,5	80,7	94,3	103,2	1,2
Nordrhein-Westfalen	101,2	107,6	109,9	0,4	822,8	910,4	997,5	0,9	107,1	95,5	84,6	-1,1	1.031,1	1.113,5	1.191,9	0,7
Hessen	18,5	18,6	20,7	0,5	301,8	353,3	396,2	1,3	12,2	12,5	11,9	-0,1	332,6	384,4	428,8	1,2
Rheinland-Pfalz	17,4	21,1	22,3	1,2	263,5	296,9	325,6	1,0	23,0	25,0	25,6	0,5	303,9	343,0	373,6	1,0
Baden-Württemberg	32,1	36,6	38,0	0,8	560,9	640,3	713,6	1,2	27,9	28,4	25,2	-0,5	621,0	705,2	776,8	1,1
Bayern	49,2	56,1	58,2	0,8	742,8	850,1	946,4	1,2	7,0	7,8	8,0	0,6	799,1	914,0	1.012,5	1,1
Saarland	15,5	14,0	12,0	-1,2	51,6	56,3	60,1	0,7	3,0	2,5	2,0	-1,9	70,1	72,9	74,1	0,3
Berlin	6,5	6,5	6,6	0,0	59,9	69,0	77,4	1,2	1,8	1,8	1,8	0,0	68,2	77,4	85,8	1,1
Brandenburg	32,1	33,4	34,5	0,3	186,6	217,5	240,8	1,2	2,4	3,1	3,3	1,5	221,1	253,9	278,6	1,1
Mecklenburg-Vorpommern	8,7	10,2	10,7	1,0	99,7	113,4	124,1	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	108,4	123,7	134,8	1,0
Sachsen	27,4	31,6	32,2	0,8	211,3	236,0	259,3	1,0	0,0	0,1	0,1	1,6	238,8	267,6	291,5	1,0
Sachsen-Anhalt	51,5	43,8	38,0	-1,4	188,8	208,5	225,0	0,8	6,1	6,7	7,1	0,7	246,4	259,0	270,2	0,4
Thüringen	7,6	8,4	8,6	0,6	134,9	153,7	169,1	1,1	0,0	0,0	0,0		142,6	162,0	177,7	1,1
Summe	521,4	550,4	564,3	0,2	4.432,0	5.033,1	5.556,2	1,1	226,9	218,6	202,5	-0,6	5.180,3	5.802,1	6.322,9	1,0

Tabelle 7-57: Entwicklung des Güterverkehrs nach Bundesländern und Verkehrsträgern (Mio. t)

Gegenüber dem Bezugsszenario resultiert der Mehrverkehr der Schiene in 2040 zu rd. 55 % aus dem Binnenverkehr, gefolgt von Importen (22 %) und den Exporten (17 %). Beim Binnenschiff verteilt sich die Mehrverkehr gleichmäßiger auf dieselben drei Hauptverkehrsbeziehungen, wobei hier 31 % des Mehrverkehrs aus Importen besteht, und je 27 % aus Binnenverkehren und aus Exporten. Die Unterschiede zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario sind nach Aufkommen der Tabelle 7-58 und nach Verkehrsleistung der Tabelle 7-60 zu entnehmen.

Hauptverkehrsbeziehung	Bezugsszenario		Sensitivitäts-szenario		Δ Sensitivitäts-szenario zu BzSz in Mio. t	Δ Sensitivitäts-szenario zu BzSz in %	Δ Sensitivitäts-szenario zu BzSz in Mio. t	Δ Sensitivitäts-szenario zu BzSz in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	233,1	221,3	233,5	230,2	0,4	0,2 %	8,9	4,0 %
grenzüb. Versand	65,0	67,5	64,5	70,2	-0,5	-0,8 %	2,8	4,1 %
grenzüb. Empfang	65,1	66,5	65,3	69,9	0,2	0,3 %	3,5	5,2 %
Durchgangsverkehr	40,1	42,6	40,5	43,7	0,3	0,8 %	1,1	2,5 %
Summe	403,4	397,9	403,7	414,1	0,3	0,1 %	16,1	4,1 %
Straße								
Binnenverkehr	2930,9	3215,5	2930,4	3206,3	-0,5	0,0 %	-9,3	-0,3 %
grenzüb. Versand	320,6	354,5	320,9	351,1	0,2	0,1 %	-3,4	-1,0 %
grenzüb. Empfang	313,2	364,4	312,8	360,1	-0,4	-0,1 %	-4,3	-1,2 %
Durchgangsverkehr	594,6	669,1	594,2	668,0	-0,4	-0,1 %	-1,1	-0,2 %
Summe	4.159,4	4.603,5	4.158,3	4.585,4	-1,1	0,0 %	-18,1	-0,4 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	42,0	38,6	42,2	39,3	0,2	0,5 %	0,7	1,7 %
grenzüb. Versand	45,9	45,3	46,2	46,0	0,3	0,6 %	0,7	1,5 %
grenzüb. Empfang	74,8	66,2	75,0	67,0	0,2	0,3 %	0,8	1,3 %
Durchgangsverkehr	33,7	31,8	33,8	32,2	0,1	0,3 %	0,4	1,2 %
Summe	196,5	181,9	197,3	184,4	0,8	0,4 %	2,6	1,4 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	3206,0	3475,5	3206,1	3475,8	0,1	0,0 %	0,2	0,0 %
grenzüb. Versand	431,6	467,3	431,6	467,3	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Empfang	453,1	497,0	453,1	497,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	668,4	743,5	668,4	743,8	0,0	0,0 %	0,4	0,0 %
Summe	4.759,2	5.183,3	4.759,3	5.183,9	0,1	0,0 %	0,7	0,0 %

Tabelle 7-58: Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario

Beim Vergleich zwischen Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario verzeichnet die Schiene und das Binnenschiff ebenso einen positiven Trend. Bei der Schiene wächst v. a. der grenzüberschreitende Versand bzgl. des Aufkommens um 0,3 %, die restlichen Beziehungen um ca. 0,1 %. Bei der Leistung gestaltet sich dies mit 0,4 % und durchschnittlich 0,1 % Wachstum ähnlich.

Das Binnenschiff kann sowohl bzgl. des Aufkommens und der Leistung über alle Hauptverkehrsbeziehungen eine Steigerung von ca. 0,2 % bis 0,3 % aufweisen. Das Aufkommen steigt über alle Hauptverkehrsbeziehungen 0,1 bis 0,2 Mio. t.

Die Straße verliert in allen Hauptverkehrsbeziehungen sowohl bezüglich des Aufkommens als auch der Leistung. Am stärksten verliert hierbei der grenzüberschreitende Verkehr mit 0,7 Mio. t (-0,1 %), obwohl der Binnenverkehr, welcher nur 0,3 Mio. t verliert, mit 69,9 % den größten Anteil an den Hauptverkehrsbeziehung hat. Ähnlich verhält es sich hierbei bezüglich der Verkehrsleistung.

Hauptverkehrsbe- ziehung	Klimaschutz- szenario		Sensitivitäts- szenario		Δ Sensi- tivitäts- szenario zu KsSz in Mio. t	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu KsSz in %	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu KsSz in Mio. t	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu KsSz in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	231,7	230,0	233,5	230,2	1,8	0,8 %	0,2	0,1 %
grenzüb. Versand	64,4	70,0	64,5	70,2	0,1	0,2 %	0,2	0,3 %
grenzüb. Empfang	65,4	69,9	65,3	69,9	-0,1	-0,2 %	0,1	0,1 %
Durchgangsverkehr	40,4	43,6	40,5	43,7	0,0	0,1 %	0,1	0,1 %
Summe	401,9	413,5	403,7	414,1	1,8	0,4 %	0,6	0,1 %
Straße								
Binnenverkehr	2932,1	3206,6	2930,4	3206,3	-1,6	-0,1 %	-0,3	0,0 %
grenzüb. Versand	321,0	351,5	320,9	351,1	-0,1	0,0 %	-0,4	-0,1 %
grenzüb. Empfang	312,6	360,3	312,8	360,1	0,2	0,1 %	-0,2	-0,1 %
Durchgangsverkehr	594,2	668,1	594,2	668,0	0,0	0,0 %	-0,1	0,0 %
Summe	4.159,9	4.586,4	4.158,3	4.585,4	-1,6	0,0 %	-1,0	0,0 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	42,3	39,2	42,2	39,3	-0,2	-0,4 %	0,1	0,3 %
grenzüb. Versand	46,3	45,8	46,2	46,0	0,0	0,0 %	0,1	0,3 %
grenzüb. Empfang	75,1	66,8	75,0	67,0	0,0	-0,1 %	0,2	0,2 %
Durchgangsverkehr	33,8	32,1	33,8	32,2	0,0	-0,1 %	0,1	0,2 %
Summe	197,5	184,0	197,3	184,4	-0,3	-0,1 %	0,5	0,3 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	3206,1	3475,7	3206,1	3475,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Versand	431,6	467,3	431,6	467,3	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Empfang	453,1	497,0	453,1	497,0	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	668,4	743,8	668,4	743,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Summe	4.759,3	5.183,9	4.759,3	5.183,9	0,0	0,0 %	0,1	0,0 %

Tabelle 7-59: Vergleich der Entwicklung des Transportaufkommens nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mio. t) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschutzszenario

Hauptverkehrsbe- ziehung	Bezugsszenario		Sensitivitäts- szenario		Δ Sensi- tivitäts- szenario zu BzSz in Mrd. tkm	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu BzSz in %	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu BzSz in Mrd. tkm	Δ Sensi- tivitäts- szenario zu BzSz in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	64,4	64,3	64,7	68,0	0,3	0,4 %	3,6	6 %
grenzüb. Versand	32,9	34,7	32,2	36,1	-0,7	-2,1 %	1,4	4 %
grenzüb. Empfang	30,1	32,4	30,1	34,3	0,0	-0,1 %	1,9	6 %
Durchgangsverkehr	19,0	20,9	19,2	21,5	0,2	0,9 %	0,6	3 %
Summe	146,5	152,4	146,2	159,9	-0,3	-0,2 %	7,5	5 %
Straße								
Binnenverkehr	310,5	349,3	310,2	345,5	-0,3	-0,1 %	-3,7	-1 %
grenzüb. Versand	85,6	96,5	86,3	95,0	0,7	0,8 %	-1,5	-2 %
grenzüb. Empfang	87,4	101,7	87,5	99,6	0,0	0,0 %	-2,0	-2 %
Durchgangsverkehr	129,7	151,1	129,6	150,4	-0,2	-0,1 %	-0,7	0 %
Summe	613,3	698,5	613,6	690,5	0,2	0,0 %	-7,9	-1 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	8,7	8,2	8,7	8,3	0,0	0,5 %	0,1	2 %
grenzüb. Versand	11,1	10,7	11,1	10,8	0,0	0,4 %	0,1	1 %
grenzüb. Empfang	14,9	13,9	14,9	14,1	0,0	0,2 %	0,2	1 %
Durchgangsverkehr	17,3	16,8	17,3	16,9	0,0	0,2 %	0,2	1 %
Summe	51,9	49,6	52,1	50,2	0,2	0,3 %	0,6	1 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	383,6	421,8	383,6	421,8	0,0	0,0 %	0,0	0 %
grenzüb. Versand	129,6	141,8	129,7	141,9	0,0	0,0 %	0,1	0 %
grenzüb. Empfang	132,5	148,0	132,5	148,1	0,0	0,0 %	0,0	0 %
Durchgangsverkehr	166,0	188,7	166,0	188,8	0,0	0,0 %	0,1	0 %
Summe	4.759,3	5.183,9	4.759,3	5.183,9	0,0	0,0 %	0,2	0 %

Tabelle 7-60: Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und Bezugsszenario

Hauptverkehrsbeziehung	Klimaschutzszenario		Sensitivitätsszenario		Δ Sensitivitätsszenario zu KsSz in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu KsSz in %	Δ Sensitivitätsszenario zu KsSz in Mrd. tkm	Δ Sensitivitätsszenario zu KsSz in %
	2030	2040	2030	2040	2030	2030	2040	2040
Schiene								
Binnenverkehr	63,2	67,9	64,7	68,0	1,5	2,4 %	0,1	0,1 %
grenzüb. Versand	32,5	35,9	32,2	36,1	-0,2	-0,7 %	0,1	0,4 %
grenzüb. Empfang	30,3	34,3	30,1	34,3	-0,2	-0,8 %	0,0	0,1 %
Durchgangsverkehr	19,0	21,4	19,2	21,5	0,2	1,0 %	0,0	0,1 %
Summe	144,9	159,6	146,2	159,9	1,3	0,9 %	0,3	0,2 %
Straße								
Binnenverkehr	311,7	345,6	310,2	345,5	-1,5	-0,5 %	-0,1	0,0 %
grenzüb. Versand	86,1	95,1	86,3	95,0	0,2	0,3 %	-0,1	-0,2 %
grenzüb. Empfang	87,2	99,7	87,5	99,6	0,2	0,3 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	129,7	150,4	129,6	150,4	-0,2	-0,1 %	0,0	0,0 %
Summe	614,8	690,8	613,6	690,5	-1,2	-0,2 %	-0,3	0,0 %
Binnenschiff								
Binnenverkehr	8,7	8,3	8,7	8,3	0,0	-0,4 %	0,0	0,3 %
grenzüb. Versand	11,1	10,8	11,1	10,8	0,0	-0,1 %	0,0	0,2 %
grenzüb. Empfang	15,0	14,1	14,9	14,1	0,0	-0,1 %	0,0	0,2 %
Durchgangsverkehr	17,3	16,9	17,3	16,9	0,0	-0,1 %	0,0	0,2 %
Summe	52,1	50,1	52,1	50,2	-0,1	-0,2 %	0,1	0,2 %
Gesamtverkehr								
Binnenverkehr	383,6	421,8	383,6	421,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Versand	129,7	141,9	129,7	141,9	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
grenzüb. Empfang	132,5	148,1	132,5	148,1	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Durchgangsverkehr	166,0	188,8	166,0	188,8	0,0	0,0 %	0,0	0,0 %
Summe	811,9	900,5	811,8	900,6	0,0	0,0 %	0,1	0,0 %

Tabelle 7-61: Vergleich der Entwicklung der Verkehrsleistung nach Hauptverkehrsbeziehungen (Mrd. tkm) zwischen Sensitivitäts- und Klimaschuttszenario

7.4.3.5 Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg im Sensitivitätsszenario

Tabelle 7-62 gibt die Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg bis 2040 im Sensitivitätsszenario wider. Auch hier wird aufgrund der geringen Gesamtänderungen sofort auf den Vergleich mit dem Klimaschuttszenario eingegangen.

Gegenüber dem Klimaschuttszenario steigt das Verkehrsaufkommen über Baden-Württemberg bis 2040 leicht um 0,2 % bzw. rd. 2,5 Mio. t. Dies liegt insbesondere an dem steigenden Straßenverkehr (rd. 0,5 % bzw. 4,5 Mio. t). Während die Binnenschifffahrt nur ganz leicht (+0,1 Mio. t) ansteigt, sinkt der Schienengüterverkehr über Baden-Württemberg mit -2,2 % bzw. -2,0 Mio. t. Während sich die Fahrleistung nur leicht um rd. 2 Mio. km sinkt.

Fahrleistungen und Verkehrsleistungen sinken um 2 Mio. km bzw. 300 Mio. tkm in einer gegenüber dem Klimaschuttszenario ebenfalls sehr niedrigen Größenordnung.

	2019		2030		2040		Wachstum 2040/2019
			KSS		KSS		KSS
Verkehrsaufkommen in 1.000 Tonnen							
Schiene	71.148,8	82.258,0	83.983,7	89.581,8	91.560,2	26 %	29 %
Wasserstraße	50.575,6	52.272,4	52.363,2	49.873,1	49.763,4	-1 %	-2 %
Straße	705.734,3	847.622,7	814.533,3	916.260,2	911.827,2	30 %	29 %
Summe	827.458,7	982.153,1	950.880,1	1.055.715,1	1.053.150,8	28 %	27 %
Davon Durchgangsverkehr	253.264,5	322.980,2	293.455,8	329.566,3	328.356,2	30 %	30 %
Verkehrsleistung innerhalb BW in Mio. tkm							
Schiene	12.363,3	15.799,0	16.139,1	17.652,6	18.013,0	43 %	46 %
Wasserstraße	6.029,0	6.524,5	6.454,0	6.468,9	6.377,4	7 %	6 %
Straße	65.082,5	76.742,0	76.629,0	86.154,0	86.185,0	32 %	32 %
Summe	83.474,8	99.065,5	99.222,1	110.275,5	110.575,5	32 %	32 %
Davon Durchgangsverkehr	36.673,1	45.129,1	43.099,9	48.015,1	48.182,2	31 %	31 %
Fahrleistung (Zug-, Lkw oder Binnenschiffs-km) innerhalb BW in 1.000 km							
Schiene	22.318,0	29.989,0	30.570,0	33.341,0	33.404,0	49 %	50 %
Wasserstraße	2.771,8	2.855,5	2.813,1	2.837,7	2.784,1	2 %	0 %
Straße	5.919.000,0	6.999.011,0	6.993.000,0	7.919.012,0	7.921.000,0	34 %	34 %
Summe	5.944.089,8	7.031.855,5	7.026.383,1	7.955.190,7	7.957.188,1	34 %	34 %
Davon Durchgangsverkehr	1.857.125,3	2.279.498,8	2.107.771,2	2.367.855,8	2.360.216,5	28 %	27 %

Tabelle 7-62: Entwicklung des Güterverkehrs in Baden-Württemberg nach Verkehrsträgern in der Sensitivitätsrechnung

Quelle: eigene Darstellung

7.4.4 THG-Emissionen

7.4.4.1 Pkw-Verkehr

Der Pkw-Bestand wird in der Sensitivitätsrechnung demjenigen des Klimaschutzenszenarios gleichgesetzt, d.h. ein Rückgang der Dichte auf das Niveau von 2010 angenommen. Die Verkehrs- und die Fahrleistung nehmen bis 2030 stärker und bis 2040 im gleichen Ausmaß ab wie im Klimaschutzenszenario. Da die Maßnahmen der „Antriebswende“ in der Sensitivitätsrechnung nicht unterstellt wurden, außer dem erhöhten CO₂-Preis, fällt die Verschiebung zu BEV beim Bestand und bei der Fahrleistung (siehe Ausführung zum Korrekturfaktor in Kapitel 7.3.1.1) etwas schwächer aus. Weil auch die, ebenfalls auf die Antriebsartenstruktur gerichtete, Maßnahme „Downsizing“ wegfällt, sinken die Durchschnittsverbräuche schwächer als im Klimaschutzenszenario. Salidiert beläuft sich die Minderung der direkten CO₂-Emissionen in der Sensitivitätsrechnung im Jahr 2030 auf 65 % und ist damit geringer als im Klimaschutzenszenario. Bis 2040 erhöht sie sich auf 91 %, geht aber nicht auf Null zurück, weil die Annahme zu den reFuels hier nicht gesetzt wurde.

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Pkw-Dichte (Pkw/1000 EW)	606	553	553	-9	-9	-9	-9
Pkw-Bestand (Mio.)	6,72	6,29	6,30	-6	-6	-6	-6
darunter:							
- Verbrennungsmotor	6,68	4,50	1,58	-33	-38	-76	-75
- PHEV	0,02	0,49	0,26	-	-	-	-
- BEV	0,03	1,30	4,46	-	-	-	-
Anteil Verbrenn. (%)	99	72	25	-28	-34	-75	-74
Verkehrsleistung MIV (Mrd. Pkm)	123,1	85,0	94,4	-31	-27	-23	-23

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Fahrleistung Pkw (Mrd. Fzkm)	79,9	48,2	54,9	-40	-34	-31	-31
darunter:							
- Verbrennungsmotor	79,5	31,6	12,0	-60	-63	-85	-85
- PHEV (fossil und elektrisch)	0,2	3,4	1,9	-	-	-	-
- BEV	0,2	13,1	41,0	-	-	-	-
Anteil Verbrenner (%)	99	66	22	-34	-43	-78	-77
Energieverbrauch (PJ)	196,5	86,8	52,3	-56	-60	-73	-76
- Ottomotor	103,4	37,7	13,2	-64	-69	-87	-88
- Dieselmotor	89,8	29,7	10,1	-67	-71	-89	-89
- Gasantrieb (Flüssig- u. Erdgas)	1,3	0,7	0,5	-48	-53	-60	-61
- Hybridantrieb (Otto und Diesel)	1,6	6,2	3,0	-	-	-	-
- PHEV fossil	0,2	2,7	1,4	-	-	-	-
- PHEV elektr.	0,1	1,5	0,8	-	-	-	-
- BEV	0,2	7,8	22,4	-	-	-	-
- FCV	0,0	0,5	0,9	-	-	-	-
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)	13,74	4,84	1,20	-65	-72	-91	-100
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)	16,35	6,64	2,04	-59	-64	-88	-96

Tabelle 7-63: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs, Sensitivitätsrechnung

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.4.4.2 Lkw-Verkehr

Die Transport- und die Fahrleistungen sowohl von SNF als auch von LNF wachsen in der Sensitivitätsrechnung genau so stark wie im Klimaschutzszenario. Wie bei Pkw fällt die Verschiebung zu BEV und wasserstoffbetriebenen Lkw etwas schwächer aus. Dies gilt auch für den Rückgang der Durchschnittsverbräuche, denn u. a. fehlt der Lkw-Tempomat. Deshalb bleiben die direkten Emissionen des Lkw-Verkehrs hier bis zum Jahr 2030 im Gegensatz zum Klimaschutzszenario (-29 %) und ähnlich wie im Bezugsszenario konstant. Bis zum Jahr 2040 sinken sie auch in dieser Rechnung deutlich, allerdings nicht auf Null, weil die reFuels entfallen.

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
SNF u. SZM Transportleistung (Mrd. tkm)	65,1	76,7	86,2	18	18	32	32
SNF u. SZM Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	5,92	7,00	7,92	18	18	34	34
- Diesel	5,92	6,00	2,01	1	-19	-66	-95
- BEV	0,00	0,94	4,84	-	-	-	-
- H2	0,00	0,06	1,07	-	-	-	-
LNF Bestand (Mio. Kfz)	0,36	0,51	0,69	42	42	91	91
LNF Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	7,59	10,77	14,47	42	42	91	91
- Verbrennungsmotor	7,17	9,30	4,78	30	-7	-33	-92
- BEV	0,06	1,41	9,47	-	-	-	-
- H2	0,00	0,06	0,22	-	-	-	-
Summe (SNF u. SZM +LNF)							
Fahrleistung (Mrd. Fzkm)	13,51	17,77	22,39	32	31	66	66
Energieverbrauch (PJ)	105,4	114,4	83,7	9	-12	-21	-41
- SNF u. SZM	74,0	75,8	54,1	3	-15	-27	-43
- - Diesel	74,0	71,0	22,6	-4	-30	-69	-96
- - BEV	0,0	4,3	21,1	-	-	-	-
- - H2	0,0	0,6	10,4	-	-	-	-
- LNF	31,4	38,6	29,6	23	-4	-6	-38

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
- - Verbrennungsmotor	31,3	36,8	18,0	18	-20	-43	-94
- - - Ottomotor	1,3	1,6	0,8	-	-	-	-
- - - Dieselmotor	30	35,2	17,2	-	-	-	-
- - BEV	0,1	1,7	11,3	-	-	-	-
- - H2	0,0	0,1	0,3	-	-	-	-
Direkte CO2-Emissionen (Mio. t)	7,38	7,39	2,35	0	-29	-68	-100
- SNF u. SZM	5,64	5,39	1,37	-4	-31	-76	-100
- LNF	1,74	1,99	0,98	15	-21	-44	-99
Gesamte CO2-Emissionen (Mio. t)	9,50	10,15	4,22	7	-13	-56	-84
- SNF u. SZM	7,25	7,46	2,72	3	-16	-63	-84
- LNF	2,24	2,69	1,50	20	-6	-33	-85

Tabelle 7-64: CO₂-Emissionen des Lkw-Verkehrs, Sensitivitätsrechnung

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.4.4.3 Schienenverkehr

Im Schienenverkehr ist die Verkehrsleistung des Personenverkehrs etwas höher als im Klimaschutzszenario. Für die Betriebsleistung wurde aber gemäß dem angebotsorientierten Konzept des Deutschlandtakts der gleiche Wert angenommen. Im Güterverkehr ergaben sich nur geringer Abweichungen. Da auch die Antriebsartenstrukturen und die spezifischen Energieverbräuche gegenüber dem Bezugsszenario nicht verändert wurden, gilt dies auch für die direkten und die gesamten Emissionen.

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Verkehrsleist. Personenverkehr (Mrd. Pkm)	12,8	31,8	29,3	148	130	129	128
Transportleistung Güterverkehr (Mrd. tkm)	12,4	15,8	17,7	28	31	43	46
Betriebsleistungen (Mio. Zugkm)	162,2	370,1	325,8	128	129	101	101
- Personenverkehr	139,9	340,1	292,4	143	143	109	109
- Güterverkehr	22,3	30,0	33,3	34	37	49	50
Energieverbrauch (PJ)	6,240	12,475	10,081	100	100	62	62
- Personenverkehr	5,381	11,464	9,049	113	113	68	68
- Güterverkehr	0,859	1,011	1,032	18	20	20	20
- Strom	4,886	10,550	8,832	116	116	81	81
- Diesel	1,354	1,925	1,249	42	42	-8	-8
Direkte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,100	0,142	0,092	42	42	-8	-100
- Personenverkehr	0,086	0,131	0,083	52	52	-4	-100
- Güterverkehr	0,014	0,012	0,009	-16	-15	-31	-100
Gesamte CO ₂ -Emissionen (Mio. t)	0,664	1,104	0,319	66	67	-52	-66
- Personenverkehr	0,573	1,015	0,287	77	77	-50	-64
- Güterverkehr	0,091	0,089	0,033	-2	0	-64	-75

Tabelle 7-65: CO₂-Emissionen des Schienenverkehrs, Sensitivitätsrechnung

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.4.4.4 Luftverkehr

Auch im Luftverkehr unterscheiden sich die Verkehrsleistungen (in allen Definitionen) der Sensitivitätsrechnung kaum von denjenigen des Klimaschutzszenarios. Dies gilt auch für den spezifischen Verbrauch. Der einzige Unterschied wurde für den Anteil des CO₂-neutralen Kraftstoffs angenommen, für den hier die Werte des Bezugsszenarios in Höhe von 1 % (2030) und 10 %

(2040) verwendet wurden statt 20 % und 100 % im Klimaschutzszenario. Aus diesem Grund sind die Minderungsraten sowohl bei den direkten als auch bei den gesamten Emissionen geringer.

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Verkehrsleistung (Mrd. Pkm)							
- Territorial (über Baden-Württemberg)	0,98	0,97	1,01	-1	-3	3	3
-- Innerdeutscher Verkehr	0,17	0,15	0,15	-11	-12	-12	-12
-- Auslandsverkehr	0,81	0,82	0,86	1	-1	6	6
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	30,5	30,6	32,5	0	-1	6	6
-- Innerdeutscher Verkehr	1,2	1,1	1,1	-11	-12	-11	-11
-- Auslandsverkehr abgehend	29,3	29,5	31,4	1	-1	7	7
Spezifischer Verbrauch (l/100 Pkm)							
- Territorial (über Baden-Württemberg)	5,9	4,5	3,9	-24	-24	-34	-34
- Standortprinzip (Gesamtstrecke)	3,7	2,8	2,4	-24	-24	-34	-34
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	1,1	10,0	-	-	-	-
Energieverbrauch, territorial (Mio. t)							
- davon CO ₂ -neutral	0,0	0,1	0,8	-	-	-	-
- konventionell	11,8	8,7	7,2	-26	-41	-39	-100
- insgesamt in PJ	0,505	0,378	0,343	-25	-26	-32	-32
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)							
territorial, nur innerdt. v. innerhalb BW	0,037	0,025	0,019	-33	-47	-48	-100
Gesamte CO₂-Emissionen (Mio. t)							
Standortprinzip, gesamter Verkehr	8,120	6,115	5,127	-25	-40	-37	-100

Tabelle 7-66: CO₂-Emissionen des Luftverkehrs, Sensitivitätsrechnung

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.4.4.5 Binnenschifffahrt

Bei der Binnenschifffahrt ist die Verkehrsleistung in der Sensitivitätsrechnung geringfügig höher als im Klimaschutzszenario. Da alle anderen Schlüsselgrößen unverändert bleiben, ist die THG-Reduktion bis 2030 etwas niedriger. Im Jahr 2040 schlägt auch hier die Annahme des Bezugs-szenarios zu den reFuels durch (Anteil 40 %) .

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Verkehrsleistung (Mrd. tkm)							
	6,029	6,524	6,469	8	7	7	6
Betriebsleistung (Mrd. Fzkm)							
	2,772	2,856	2,838	3	1	2	0
Spezifischer Verbrauch (l / 1000 tkm)							
	9,3	8,6	7,9	-8	-8	-15	-15
davon CO ₂ -neutral (%)	0,1	1,9	40,0	-	-	-	-
Energieverbrauch nach Kyoto (Mio. t)							
	46,7	46,5	42,7	0	-1	-8	-10
- davon CO ₂ -neutral	0,0	0,9	17,1	-	-	-	-
- konventionell	46,6	45,6	25,6	-2	-3	-45	-100
- insgesamt in PJ	0,012	0,009	0,008	-25	-26	-32	-32
Direkte CO₂-Emissionen (Mio. t)							
	0,183	0,179	0,101	-2	-3	-45	-100
Gesamte CO₂-Emission (Mio. t)							
	0,177	0,173	0,097	-2	-3	-45	-100

Tabelle 7-67: CO₂-Emissionen der Binnenschifffahrt, Sensitivitätsrechnung

Quelle: KBA, StaLA BW, AG Energiebilanzen, UBA, IFEU, eigene Prognosen

7.4.4.6 Zusammenfassung

In der zusammenfassenden Darstellung dominieren auch in der Sensitivitätsrechnung naturgemäß die Emissionen des Straßenverkehrs. Da diese schwächer sinken als im Klimaschutzszenario, trifft das auch für die direkten Emissionen aller Verkehrsträger zu. Dies gilt für 2030 wie auch, wegen den unterschiedlichen Annahmen zu den reFuels, für 2040. Wie im Klimaschutz-

und auch im Bezugsszenario sind die Minderungsraten der gesamten Emissionen geringer als diejenigen der direkten. Die Gründe für die Abweichung wurden dort mehrfach dargestellt.

Damit wird das Klimaschutzpolitische Ziel der Landesregierung, eine Minderung um 59 % ggü. 2019, in einem höheren Ausmaß verfehlt als im Klimaschutzszenario. Dieses Ergebnis ist von der Tendenz her trivial. Andererseits liegt die Minderung bis 2030 in der Sensitivitätsrechnung (-42 %) näher an derjenigen des Klimaschutzszenario (-56 %, ohne Berücksichtigung der Refuels) als an derjenigen des Bezugsszenarios (-20 %). Dies zeigt, dass auch mit den Maßnahmen der sog. „Mobilitätswende“ eine spürbare Treibhausreduktion erreicht werden kann. Um die Klimaziele zu erreichen bedarf es jedoch zusätzlich zur „Mobilitätswende“ auch der „Antriebswende“.

	Absolute Werte				Veränderung (%)		
	2019	2030	2040	30/19	KSS	40/19	KSS
Direkte Emissionen, Kyoto-Mon.¹⁾							
Straßenverkehr ²⁾	21,80	12,41	3,57	-43	-57	-84	-100
- darunter Pkw-Verkehr	13,74	4,84	1,20	-65	-72	-91	-100
- darunter Lkw-Verkehr (SNF u. SZM + LNF)	7,38	7,39	2,35	0	-29	-68	-100
Schienenverkehr	0,10	0,14	0,09	42	42	-8	-100
Luftverkehr ³⁾	0,04	0,02	0,02	-33	-47	-48	-100
Binnenschifffahrt ²⁾	0,18	0,18	0,10	-2	-3	-45	-100
Insgesamt	22,12	12,76	3,79	-42	-57	-83	-100
Gesamte Emissionen, TREMOD⁵⁾							
Straßenverkehr ⁶⁾	26,66	17,04	6,30	-36	-47	-76	-92
- darunter Pkw-Verkehr	16,35	6,64	2,04	-59	-64	-88	-96
- darunter Lkw-Verkehr (SNF u. SZM + LNF)	9,50	10,15	4,22	7	-13	-56	-84
Schienenverkehr	0,66	1,10	0,32	66	67	-52	-66
Luftverkehr ⁷⁾	8,12	6,12	5,13	-25	-40	-37	-100
Binnenschifffahrt ⁶⁾	0,18	0,17	0,10	-2	-3	-45	-100
Insgesamt	35,62	24,43	11,85	-31	-43	-67	-93

1)) ohne Vorkette und inkl. Abzug Biokraftstoffe und ReFuels (2030 0,011 PJ im Luftverkehr und 0,019 PJ in der Binnenschifffahrt, 2040 0,003 PJ in der Binnenschifffahrt und 0,034 PJ im Luftverkehr siehe Tabelle 7-66 und Tabelle 7-67)

2) Basis Kraftstoffabsatz laut Energiebilanzen

3) nur innerdeutscher Verkehr, Territorialprinzip

4) Einschl. Vorkette und Biokraftstoffe

5) Basis effektiver Verbrauch (können von den abgesetzten Mengen abweichen, z.B. abhängig davon, wo getankt wird)

6) Gesamter abgehender Verkehr einschl. Auslandsstrecken, Standortprinzip

Tabelle 7-68: CO₂-Emissionen aller Verkehrsträger

8 Nutzerkosten

Ziel des Arbeitspakets 6.3 ist die Prüfung der Anforderung, dass „Mobilität bezahlbar bleiben muss“. Dafür war eine Methode zur Vergleichbarkeit von Nutzer- bzw. Mobilitätskosten in Abhängigkeit von verschiedenen Rahmenbedingungen (Faktoren) in den beiden Szenarien zu entwickeln und anzuwenden, sowohl für den Personenverkehr als auch für den Güterverkehr.

8.1 Personenverkehr

Die Methodik wurde durch den Auftraggeber sowie der wissenschaftlichen Begleitung entwickelt.

Der Auftragnehmer hat dann verschiedene die Mobilitätskosten eines Haushalts beeinflussende Faktoren in Form von Kenngrößen übergeben, vgl. hierzu Tabelle 8-1. Ergänzt ist diese Tabelle um weitere Komponenten, wie bspw. Kilometerkosten Mobilitätspass.

Kenngröße		Einheit	2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Pkw, priv - ICE	Kilometerkosten (Kraftstoff, Straßenbenutzungsgebühr, CO ₂ -Preis)	€/Fzgkm	0,10	0,12	0,13	0,21	0,19
	davon Kraftstoff	€/Fzgkm	0,10	0,10	0,11	0,13	0,11
	davon Straßenbenutzungsgebühr	€/Fzgkm	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05
	davon CO ₂ -Preis	€/Fzgkm	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03
Pkw, priv - ICE	Kilometerkosten Mobilitätspass	€/Fzgkm	0,00	0,00	0,00	0,01 ⁸⁶	0,01 ⁸⁷
Pkw, priv - BEV	Kilometerkosten (Strom, Straßenbenutzungsgebühr)	€/Fzgkm	0,06	0,05	0,06	0,04	0,10
	davon Strom	€/Fzgkm	0,06	0,05	0,06	0,04	0,05
	Davon Straßenbenutzungsgebühr	€/Fzgkm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Pkw, priv - BEV	Kilometerkosten Mobilitätspass	€/Fzgkm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Pkw, priv - ICE	Fixkosten/Jahr	€/(Fzg*a)	3.417	3.417	3.417	3.417	3.417
Pkw, priv - BEV	Fixkosten/Jahr	€/(Fzg*a)	3.561	3.260	3.260	3.260	3.260
Carsharing – Gesamt	Kilometerkosten	€/Fzgkm	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Rad - Pedelec	Kilometerkosten	€/Fzgkm	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Taxi - Gesamt	Kilometerkosten	€/Pkm	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Leihrad, Scooter - Gesamt	Kilometerkosten	€/Pkm	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
Pkw - BAB, ICE	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	26.426	20.715	9.613	10.352	4.335
Pkw - außer-orts, ICE	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	39.871	30.620	13.732	15.301	6.193
Pkw - inner-orts, ICE	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	13.290	9.786	4.066	4.890	1.833
Pkw - BAB, BEV	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	99	5.699	19.169	7.465	15.038
Pkw - außer-orts, BEV	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	149	8.424	27.382	11.035	21.482
Pkw - inner-orts, BEV	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	50	2.692	8.107	3.527	6.360
Pkw - Gesamt	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	79.885	77.937	82.068	52.570	55.242
Pkw – davon Carsharing	Fahrleistung U-Raum	Mio Fzgkm/a	197	231	284	208	247
Pkw - Fahrer	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	79.885	77.937	82.068	52.570	55.242
Pkw - Mitfahrer	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	43.233	42.158	44.392	37.644	39.620
Pkw - davon Taxi	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	806	786	828	591	621

⁸⁶ außer auf BAB

Kenngröße		Einheit	2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
ÖV - ÖSPV	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	8.815	9.747	9.343	12.989	13.269
ÖV - SPNV	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	12.820	16.159	17.340	29.536	29.196
Rad - Normal	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	4.876	5.160	5.002	6.926	6.361
Rad - Pedelec	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	25	911	1.251	2.309	3.180
Rad - Gesamt	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	4.900	6.070	6.253	9.234	9.541
Rad, Scooter - davon Sharing	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	8,3	10,2	10,5	15,6	16,1
Gesamt	Verkehrsleistung U-Raum	Mio Pkm/a	150.459	152.857	160.224	142.564	147.489
Pkw - BAB	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	118	118	118	100	100
Pkw - außer- orts	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	73	73	73	71	71
Pkw - innerorts	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	36	35	35	26	26
Pkw - gesamt	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	74	74	74	64	64
ÖV - ÖSPV	mittlere Reisegeschwindigkeit inkl. Umsteigen	km/h	22	23	23	23	23
ÖV - SPNV	mittlere Reisegeschwindigkeit inkl. Umsteigen	km/h	67	68	70	68	70
Rad - Normal	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	15	16	16	16	16
Rad - Pedelec	mittlere Reisegeschwindigkeit	km/h	20	21	22	22	22

Tabelle 8-1: Kenngrößen zur Ermittlung von Mobilitätskosten eines Haushalts

8.2 Güterverkehr

Um die im Bezugs- und Klimaszenario unterschiedlichen Kosten je Verkehrsträger darzustellen sind weitgehend **standardisierte Nutzerkostenberechnungen** je Verkehrsrelation und Gütergruppe oder Ladungskategorie in Baden-Württemberg⁸⁸ erstellt worden. Die Ergebnisse der Nutzerkostenberechnungen sind dem Auftraggeber in einer Sonderlieferung sowohl für das Bezugs- als auch für das Klimaschutzenszenario übergeben worden. Im Folgenden erfolgt eine kurze Darstellung der angewendeten Methode.

Generelle Basis des methodischen Vorgehens für die Nutzerkostenbetrachtung sind die im Verkehrsmittelwahlmodell⁸⁹ der BVWP dargestellten Verfahren und abgeleiteten Kostenwerte. Letztere wurden für die Zwecke dieser Studie mit Hilfe von Indizes und Literaturrecherchen vom Preisstand 2010 bzw. 2012 auf den Preisstand 2019 aktualisiert.

8.2.1 Nutzerkosten im Schienengüterverkehr

Basis sind die vorliegenden relationsspezifischen Verkehrsmengen der Schiene für die Jahre 2019, 2030 und 2040 für Baden-Württemberg im Bezugs- und Klimaschutzenszenario. Für die Nutzerkostenberechnung wurde zwischen konventionellen und kombinierten Verkehren differenziert. Für jede Verbindung wurde die Verkehrsmenge über gütergruppenspezifische mittlere Wagenladewerte in Wagen verteilt und unter Berücksichtigung der maximal möglichen Bruttozuggewichte in Züge zusammengefasst. Für jede Gütergruppe und Ladungskategorie wurden somit Züge mit unterschiedliche Zuglängen und mit unterschiedlichen Bruttogewichten bestimmt.

Für jede gütergruppenspezifische Relation wurden folgende Kosten bestimmt:

- » Zugbildungskosten: in Abhängigkeit der eingestellten Wagen je Zug
- » Trassenkosten: in Abhängigkeit der relationsspezifischen Entfernung
- » Personalkosten: in Abhängigkeit der relationsspezifischen Transportzeit, inkl. Personalwechselzeiten

⁸⁸ Intrazonale Verkehre wurden hier nicht berücksichtigt.

⁸⁹ BVU (entspr. Abteilung umbenannt in TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH) + TNS + KIT: Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, Freiburg-München-Karlsruhe 2016

- » Energiekosten: in Abhängigkeit der Traktion und der Bruttozuggewichte der Züge
- » Vorhaltekosten der Lokomotiven: in Abhängigkeit der berechneten Transportzeiten
- » Vorhaltekosten der Wagen: in Abhängigkeit der Gesamtnutzungsdauer bestehend aus der Transportzeit und der Zeit in den Rangieranlagen des Güterverkehrs
- » Traktionswechselzeiten für mögliche Traktionswechsel
- » Kosten der Zugförderung: hierbei handelt es sich um pauschale entfernungsabhängige Kosten
- » Kosten für die erste und letzte Meile in den Umschlags- und Rangierknoten
- » Verwaltungskosten, sowie
- » Vertriebskosten im Containerverkehr.

Bei den Schienenkosten ist darüber hinaus zu berücksichtigen, dass Während in 2019 noch in Dieseltraktion gefahren wird, gehen wir bei der Schiene davon aus, dass in Zukunft teurere Dual-Mode-Lokomotiven eingesetzt werden, die überwiegend elektrifiziert fahren und auf den Dieselstrecken mit E-Fuels betrieben werden. Durch die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung sinken die Aufenthaltszeiten in den Rangierbahnhöfen für die Zugbildung und den Umschlag um bis zu 20 %.

Diese Entwicklungen spiegeln sich auch in der Entwicklung der Kostenstruktur in den vier Szenarien wider. Die Kosten sinken bis 2040 gegenüber 2019 um rd. 18 %, wobei im Klimaschuttszenario die Entwicklung um nur rd. 0,5 %-Punkte besser ausfällt als im Bezugsszenario (vgl. Tabelle 8-2). Insbesondere die Betriebskosten (-57 %) und die sonstigen Kosten (-40 %) sinken stärker als die Gesamtkosten. Ursächlich hierfür sind die sinkenden Stromkosten, aber auch der Entfall von Traktionswechsel durch die Dual-Mode-Lokomotiven. Dafür erhöhen sich die Vorhaltekosten um rd. 30 %, die Personal- und Trassenkosten um rd. 4 bis 6 %. Letzteres liegt im Wesentlichen auch an höheren durchschnittlichen Distanzen die im Schienengüterverkehr zurückzulegen sind.

	Personal-kosten [€/t]	Vorhalte-kosten [€/t]	Betriebs(Treib-stoff)-kosten [€/t]	Trassen-kosten [€/t]	Zugbildung und sonstige Kos-ten [€/t]	Summe [€/t]	Verände-rung ggü. 2019 [%]	€/Tkm	Verände-rung ggü. 2019 [%]
Analysejahr 2019	0,77	4,28	2,30	2,58	10,82	20,75		0,040	
BzSz 2030	0,77	5,35	0,91	2,58	6,73	16,34	-21,3	0,031	-21
BzSz 2040	0,79	5,61	0,98	2,71	6,96	17,05	-17,8	0,032	-20
KsSz 2030	0,76	5,34	0,88	2,58	6,41	15,98	-23,0	0,031	-23
KsSz 2040	0,81	5,68	1,00	2,75	7,70	16,93	-18,4	0,031	-22

Tabelle 8-2: Schienengüterverkehr – Entwicklung der Nutzerkosten in €/t nach Kategorien

Quelle: eigene Darstellung TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

8.2.2 Nutzerkosten in der Binnenschifffahrt

Basis sind die vorliegenden relationsspezifischen Verkehrsmengen der Binnenschifffahrt für die Jahre 2019, 2030 und 2040 für Baden-Württemberg im Bezugs- und Klimaschuttszenario. Für die Nutzerkostenberechnung wurde auch zwischen konventionellen und kombinierten Verkehren differenziert.

Die Nutzerkostenberechnung berücksichtigte relationsspezifisch folgende Einflussfaktoren:

- » unterschiedliche relationsspezifische Flottenstrukturen, hinsichtlich Schiffsgröße und Schiffstypen (Motorschiff/Koppelverbände/Schubleichter)
- » unterschiedliche relationsspezifisch Abladesituationen je Schiffstyp und -größe
- » unterschiedliche Schiffs- und Transportgeschwindigkeiten je Fahrtrichtung und Wasserstraßensystem
- » unterschiedliche Energieverbräuche je Fahrtrichtung, Wasserstraßensystem und Abladetiefe der Schiffe.

Hinsichtlich der Kosten werden Vorhaltekosten der eingesetzten Schiffseinheiten, Personalkosten, Betriebs- und Treibstoffkosten, Umschlagskosten und Ufergelder berücksichtigt. Die Entwicklung der Nutzerkosten in der Binnenschifffahrt ist in der Tabelle 8-3 dargestellt.

	Vorhalte- kosten in €/t	Personal- kosten in €/t	Betriebs(Treib- stoff)kosten in €/t	Umschlags- kosten in €/t	Ufer- geld in €/t	Gesamt- kosten in €/t	€/tkm	Verände- rung ggü. 2019
Analysejahr 2019	5,46	4,35	1,46	4,90	0,69	16,86	0,0358	
BzSz 2030	5,51	4,27	3,24	4,77	0,69	18,47	0,0397	+10 %
BzSz 2040	5,83	4,31	2,85	4,57	0,69	18,25	0,0394	+8 %
KsSz 2030	5,72	4,26	3,10	4,77	0,69	18,55	0,0398	+10 %
KsSz 2040	6,19	4,30	2,70	4,57	0,69	18,45	0,0398	+9 %

Tabelle 8-3: Binnenschifffahrt – Entwicklung der Nutzerkosten in €/t nach Kategorien

Quelle: eigene Darstellung TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Neben höheren Vorhaltekosten von 7 % (Bezugsszenario 2040) bzw. 13 % (Klimaschutzszenario 2040) aufgrund des stärkeren Einsatzes alternativer und teurerer Schiffseinheiten gegenüber 2019, sind insbesondere höhere Betriebskosten erkennbar, aufgrund der zusätzlichen Energiebesteuerung auf Diesel, höherer CO₂-Bepreisung oder der Nutzung alternativer und teurerer Treibstoffe (synthetisches Methan). Im Klimaschutzszenario 2040 sind diese Kosten gegenüber dem Analysejahr 2019 mit +85 % leicht niedriger als im Bezugsszenario 2040 mit +95 %. Umschlagskosten sinken jedoch leicht aufgrund höherer Automatisierung und Produktivität, die zu schnelleren und günstigeren Umschlägen führt. Die Personalkosten unterscheiden sich zwischen Bezugs- und Klimaschutzszenario, da diese von der Flotte abhängen, die sich zwischen beiden Szenarien unterscheidet.

8.2.3 Nutzerkosten im Straßengüterverkehr

Basis sind die vorliegenden relationsspezifischen Verkehrsmengen der Straße für die Jahre 2019, 2030 und 2040 für Baden-Württemberg im Bezugs- und Klimaschutzszenario. Die Umrechnung in Lkw-Fahrten erfolgt gütergruppen- und relationsbezogen mit folgenden Beladungswerten in t pro Lkw-Fahrt (vgl. Tabelle 8-4).

	Güterabteilungen	Inland Nah- verkehr ⁹⁰	Inland Regio- nalverkehr ⁹¹	Inland Fern- verkehr ⁹²	grenzüber. Empfang	Grenzüber. Versand
10	Land- und forstwirtsch. Erzeugnisse	16,7	18,0	16,5	18,2	19,8
21	Steinkohle	24,7	24,7	24,0	21,2	19,6
22	Braunkohle	24,7	24,7	24,0	21,2	19,6
23	Erdöl und Erdgas	24,7	24,7	24,0	21,2	19,6
31	Erze	17,5	24,2	24,4	23,6	24,5
32	Düngemittel	17,5	24,2	24,4	23,6	24,5
33	Steine und Erden	17,5	24,2	24,4	23,6	24,5
40	Nahrungs- und Ge- nussmittel	12,8	12,7	18,7	19,2	18,6
50	Textilien, Bekleidung, Leder	7,0	7,1	14,0	9,4	9,2
60	Holzwaren, Papier, Pa- pier, Druckerei	10,2	12,8	7,4	17,9	18,2
71	Koks	15,7	19,7	13,9	22,8	24,5
72	Mineralölerzeugnisse	15,7	19,7	13,9	22,8	24,5
80	Chemische Erzeug- nisse etc.	14,2	13,9	19,4	19	18,2
90	Sonstige Mineraler- zeugnisse	14,1	17,1	14,8	19	19,7
100	Metalle und Metaller- zeugnisse	11,3	12,6	16,6	17,4	17,3
110	Maschinen und Aus- rüstungen etc.	9,0	9,0	14,6	11,7	12,6
120	Fahrzeuge	11,7	10,5	11,1	12	12,1
130	Möbel, Schmuck, Mu- sikinstrumente	7,1	7,1	11,6	10,9	12
140	Sekundärrohstoffe, Ab- fälle	9,0	12,8	16,4	21,2	20,5
150	Post, Pakete	7,0	8,6	12,0	10,7	12,3
160	Geräte und Material für Güterbeförd.	1,9	3,3	4,9	7,1	6,9
170	Umzugsgut, sonst. nichtmarktb. Güter	6,3	8,4	10,2	9,7	9,5
180	Sammelgut	10,2	9,8	12,7	14,8	14,2
190	Gutart unbekannt	14,5	13,5	15,3	15,1	14,3
200	Sonstige Güter a.n.g.	14,5	13,5	15,3	16,2	16,6

Tabelle 8-4: Lkw-Beladungswerte nach Gütergruppen in Tonnen pro Fahrt und Raumtypen

Quelle: KBA, 2019

Die Berechnung der Lkw-Transportkosten erfolgte nach folgender Rechenvorschrift und basiert auf dem im Rahmen des Verkehrsmittelwahlmodells⁹³ der BVWP beschriebenen Vorgehen:

⁹⁰ Bis 50 km

⁹¹ 50-150 km

⁹² >150 km

⁹³ BVU (entspr. Abteilung umbenannt in TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH) + TNS + KIT: Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, Freiburg-München-Karlsruhe 2016

Transportkosten

$$\begin{aligned}
 &= \left[km * \left(\text{Treibstoffkosten} + \text{var. Kosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{km}} \right] \right) + GZ \right. \\
 &\quad * \text{Personalkosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{h}} \right] + \text{Transportzeit} * 1,2 \\
 &\quad * \text{fixe Kosten} \left[\frac{\text{€}}{\text{Fzg}} - h \right] + \text{Mautsatz} \left[\frac{\text{€}}{\text{km}} \right] * km \\
 &\quad \left. + \text{sonstige Infrastrukturkosten} + GZ * \text{Wechselbehälterkosten}^{94} \right] \\
 &\quad / (1 - \text{Leerfahrtanteil})
 \end{aligned}$$

Über die TRIMODE-Umlegungsrechnungen in den jeweiligen Netzen wurde für jede Relation die Bestwegroute und Entfernung ermittelt.

Basis für die Nutzterkosten ist die Lkw-Typologie die im Rahmen des bereits erwähnten Verkehrsmittelwahlmodell der BVWP genutzt wird. Hier werden für die Kostenrechnung vier Lkw-Typen differenziert: Sattelzug-Container (1), Sattelzug konventionelle Ladung (2), Sattelzug für Mineralöltransporte (3) und Kipper für Baustoffe und Steine, Erden, Transporte (4). Bei den ersten drei Typen wird ausschließlich auf Sattelzüge zurückgegriffen. Kosten für sonstige schwere Nutzfahrzeuge werden hier nicht bestimmt, da sie in dem für die Betrachtungen von Verlagerungen bestimmten Fernverkehrssegment nur eine untergeordnete Rolle spielen. Sie bestimmen allerdings den vierten Fahrzeugtyp.

Für diese vier Lkw-Typen wurden die betriebswirtschaftlichen Transportkosten auf Basis von Zahlen der DEKRA für das Jahr 2019 ermittelt (vgl. Tabelle 8-5). Für die Prognosejahre wurden die Werte entsprechend den gesetzten Prämissen im Klimaschutz- und Bezugsszenario zum Preisstand 2019 bestimmt und verändert. Die Veränderung der Antriebsstruktur bzw. der angenommene Flottenmix ist in den Sätzen bereits gewichtet enthalten.

Position/Lkw-Typ	(1)	(2)	(3)	(4)
Lkw-Kosten 2019				
Treibstoffkosten in €/km	0,32	0,32	0,32	0,44
variable ⁹⁴ Kosten in €/km	0,27	0,27	0,38	0,62
fixe ⁹⁵ Kosten in €/h	15,23	15,88	19,76	10,67
Personalkosten in €/h	22,12	22,12	22,12	22,12
Mautkosten in €/km	0,187	0,187	0,187	0,187
Wechselbehälterkosten in €/h	0,12	-	-	-
Lkw-Kosten 2030 (Bezugsszenario)				
Treibstoffkosten in €/km	0,39	0,39	0,39	0,49
variable ⁹⁶ Kosten in €/km	0,28	0,28	0,38	0,65
fixe ⁹⁷ Kosten in €/h	15,69	16,34	20,23	11,26
Personalkosten in €/h	25,32	25,32	25,32	25,32
Mautkosten in €/km	0,185	0,185	0,185	0,185
Wechselbehälterkosten in €/h	0,12	-	-	-
Lkw-Kosten 2040 (Bezugsszenario)				
Treibstoffkosten in €/km	0,25	0,25	0,25	0,32
variable ⁹⁸ Kosten in €/km	0,27	0,27	0,38	0,64
fixe ⁹⁹ Kosten in €/h	16,12	16,77	20,66	11,81

⁹⁴ Dazu gehören: Reifen, Kraft- und Schmierstoffe, Reparaturen, Wartung, anteilige Abschreibungen.

⁹⁵ Dazu gehören: Fremdkapital- und anteilige Abschreibungskosten, Versicherungen, Garagenkosten, Verwaltung.

⁹⁶ Dazu gehören: Reifen, Kraft- und Schmierstoffe, Reparaturen, Wartung, anteilige Abschreibungen.

⁹⁷ Dazu gehören: Fremdkapital- und anteilige Abschreibungskosten, Versicherungen, Garagenkosten, Verwaltung.

⁹⁸ Dazu gehören: Reifen, Kraft- und Schmierstoffe, Reparaturen, Wartung, anteilige Abschreibungen.

⁹⁹ Dazu gehören: Fremdkapital- und anteilige Abschreibungskosten, Versicherungen, Garagenkosten, Verwaltung.

Position/Lkw-Typ	(1)	(2)	(3)	(4)
Personalkosten in €/h	28,68	28,68	28,68	28,68
Mautkosten in €/km	0,179	0,179	0,179	0,179
Wechselbehälterkosten in €/h	0,12	-	-	-
Lkw-Kosten 2030 (Klimaschutzszenario)				
Treibstoffkosten in €/km (inkl. CO2-Steuer)	0,41	0,41	0,41	0,38
variable ¹⁰⁰ Kosten in €/km	0,29	0,29	0,39	0,67
fixe ¹⁰¹ Kosten in €/h	16,26	16,91	20,80	11,99
Personalkosten in €/h	25,32	25,32	25,32	25,32
Mautkosten in €/km	0,313	0,313	0,313	0,313
Wechselbehälterkosten in €/h	0,12	-	-	-
Lkw-Kosten 2040 (Klimaschutzszenario)				
Treibstoffkosten in €/km	0,19	0,19	0,19	0,25
variable ¹⁰² Kosten in €/km	0,27	0,27	0,37	0,64
fixe ¹⁰³ Kosten in €/h	16,37	17,02	20,91	12,13
Personalkosten in €/h	28,68	28,68	28,68	28,68
Mautkosten in €/km	0,184	0,184	0,184	0,184
Wechselbehälterkosten in €/h	0,12	-	-	-

Tabelle 8-5: Lkw-Kosten nach Lkw-Typen und Positionen (Preisstand 2019)

Quelle: eigene Berechnungen TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

	Fixkosten	Personal	Treibstoff	Variable Kosten	Maut	Summe	Veränderung zu 2019 in %	Lkw-km/Fahrt
Analyse 2019	4,1	5,8	2,9	2,6	1,3	16,7		181
BzSz 2030	4,0	6,3	3,5	2,7	1,3	17,8	7 %	191
BzSz 2040	4,1	7,2	2,2	2,6	1,3	17,4	5 %	194
KsSz 2030	4,2	6,3	3,6	2,7	2,4	19,3	16 %	191
KsSz 2040	4,2	7,2	1,8	2,6	1,4	17,1	3 %	193

Tabelle 8-6: Lkw-Kosten in ct/tkm¹⁰⁴ nach Kostenpositionen und Auswertungsfällen (Preisstand 2019)

Quelle: eigene Berechnungen TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Die Entwicklung nach den Lkw-Typen ist der Tabelle 8-7 zu entnehmen.

¹⁰⁰ Dazu gehören: Reifen, Kraft- und Schmierstoffe, Reparaturen, Wartung, anteilige Abschreibungen.

¹⁰¹ Dazu gehören: Fremdkapital- und anteilige Abschreibungskosten, Versicherungen, Garagenkosten, Verwaltung.

¹⁰² Dazu gehören: Reifen, Kraft- und Schmierstoffe, Reparaturen, Wartung, anteilige Abschreibungen.

¹⁰³ Dazu gehören: Fremdkapital- und anteilige Abschreibungskosten, Versicherungen, Garagenkosten, Verwaltung.

¹⁰⁴ Nur Kosten für die beladene Fahrt, ohne Leerfahrtanteil.

	Analyse 2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Entwicklung der Fahrzeugkosten in ct/tkm¹⁰⁵					
Gesamt	16,7	17,8	17,4	19,3	17,1
Lkw-Typ 1	11,3	11,8	10,9	12,6	11,0
Lkw-Typ 2	16,5	17,7	17,4	19,2	17,0
Lkw-Typ 3	13,2	13,5	12,8	14,5	12,5
Lkw-Typ 4	26,0	27,3	27,7	28,3	27,7
Veränderung gegenüber 2019 in %					
Gesamt		7,2 %	4,6 %	15,6 %	3,0 %
Lkw-Typ 1		4,0 %	-4,0 %	11,4 %	-3,1 %
Lkw-Typ 2		7,5 %	5,2 %	16,3 %	3,1 %
Lkw-Typ 3		2,1 %	-3,5 %	9,8 %	-5,2 %
Lkw-Typ 4		5,3 %	6,7 %	8,9 %	6,5 %

Tabelle 8-7: Lkw-Kosten in ct/tkm nach Lkw-Typen und Auswertungsfällen (Preisstand 2019)

Quelle: eigene Berechnungen TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

	Analyse 2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Lkw-Kosten [ct/tkm]	21,39	21,30	20,72	22,98	20,44

Tabelle 8-8: Lkw-Kosten in ct/tkm (inkl. Leerfahrtanteil) in den Auswertungsfällen (Preisstand 2019)

Quelle: eigene Berechnungen TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Transportkosten je Einwohner [€/a]	Analyse 2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Lkw	1.396	1.781	1.971	1.920	1.925
Schiene	60	53	54	52	56
Schiff	42	45	39	46	40
Gesamt	1.497	1.879	2.064	2.017	2.021

Tabelle 8-9: Verkehrsträgerspezifische Transportkosten in €/Einw. in den Auswertungsfällen (Preisstand 2019)

Quelle: eigene Berechnungen TTS TRIMODE Transport Solutions GmbH

Ausschlaggebend für die Entwicklung der jährlichen Transportkosten pro Einwohner in den unterschiedlichen Szenarien sind die Lkw-Transportkosten, da hier die meisten Güter transportiert werden und die höchsten Kosten pro Tonnenkilometer im Vergleich der drei Verkehrsträger vorliegen. In allen Szenarien steigen die jährlichen Transportkosten pro Einwohner, vor allem aufgrund der steigenden Lkw-Verkehrsleistung. Insbesondere die Mautkosten im Klimaschuttszenario sorgen dort 2030 für rund 10 % Mehrkosten pro Einwohner im Jahr im Vergleich zum Bezugsszenario

¹⁰⁵ Nur Kosten für die beladene Fahrt, ohne Leerfahrtanteil.

Anhang

A	Prämissen und ihre Operationalisierung	221
A.1	Bezugsszenario	221
A.2	Klimaschutzszenario	223
B	Kosten für SZM und SNF je Antriebsart im Straßengüterverkehr (2019 bis 2040)	226
B.1	Bezugsszenario	226
B.2	Klimaschutzszenario	227
C	Entwicklung von Verkehrsgrößen im Güterverkehr in Baden-Württemberg	228
C.1	Güterverkehrsaufkommen	228
C.2	Güterverkehrsleistung	231
C.3	Fahrleistung	234
D	Anteilsstruktur nach Antriebsart	238
D.1	Pkw-Neuzulassungen	238
D.2	Pkw-Bestand	240
D.3	Lkw-Neuzulassungen	242
D.4	Lkw-Bestand	244
E	Entwicklung von Verkehrsgrößen	246
E.1	Bezugszenario	246
E.2	Klimaschutzszenario	247
F	Pkw-Dichte	248

A Prämissen und ihre Operationalisierung

A.1 Bezugsszenario

Bereich		Prämisse	Analyse	Hintergrund- entwicklung	Bezugsszenario		Operationali- sierung
					2030	2040	
Verkehrsver- halten	1	Motorisierung, Anteile An- triebsarten / Neuzulassung Verbrenner	Stand 2019	Enthalten		ab 2035 Neuzulassungsverbot für Pkw und LNF mit Verbrennungsmotoren	MIV Fahrzeug- bestand und Antriebsarten
	2	Homeoffice	Stand 2019	Enthalten	im Mittel Rückgang Pendlerfahrten (Wege) um 6 % nach Verkehrsmittel / Reiseweite diffe- renziert		Direktmodell
	3	Videokonferenzen (statt Geschäftsreisen)	Stand 2019	Enthalten	im Mittel Rückgang der Dienstreisen (Wege) um 10 %		Direktmodell
	4	Online-Einkauf (statt stationärem Einkauf)	Stand 2019	Enthalten	Rückgang des stationären Einkaufs (Wege) durch Online-Handel um 5-10 % abhängig von Verkehrsmittel und Entfernung		Direktmodell
Infrastruktur und Angebot	5	Eisenbahn Infrastrukturaus- bau und Angebotsausweitung	Angebot 2019	- Enthalten	Südbahn und ABS/NBS Stuttgart – Ulm – Augsburg fertiggestellt, Neuer KV-Terminal in Horb ab 2023	Deutschlandtakt fertiggestellt	Bahn Netzmo- dell
	6	Infrastrukturausbau Straße	Stand 2019	Enthalten	BVWP 2030 VB	zusätzlich WB*	MIV Netzmodell
	7	Verbesserung Radverkehr (allgemein)	Stand 2019	-	Widerstände sinken pauschal um 7,5 %	Widerstände sinken pauschal um 15 %	Verkehrsmittel- wahlmodell
	8	Radnetze in Vorreiterkommun- en**	Stand 2019	-	in Vorreiterkommunen (siehe Kapitel 3.3.6) sinken Widerstände um 15 %		Verkehrsmittel- wahlmodell
	9	Radschnellwege**	Stand 2019	-	Auf 20 Radschnellwegen sinken die Wider- stände um 10 %	Auf 29 weiteren Radschnellwege sinken die Widerstände um 10 %	Verkehrsmittel- wahlmodell
	10	Fahrtzeiten ÖSPV (erheblich beschleunigt)	Angebot 2019	Enthalten	Widerstand sinkt pauschal um 2,5 %	Widerstand sinkt pauschal um 5 %	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	11	Angebotsverdichtung ÖSPV (erheblich verdichtet)**	Angebot 2019	-	pauschale Senkung des Widerstands um 20 %, im Rahmen der Mobilitätsgarantie erhebli- che Verdichtung auf 15-/30-Minuten-Takt im Ballungsraum bzw. ländlichen Raum		Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	12	Digitalisierung ÖV (Durchtari- fierung und Komfort)	Stand 2019	-	Widerstände sinken pauschal um 5 %		Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	13	Fußverkehr (Querungen, Durchschlupfe, Ortsmitten)	Stand 2019	-	pauschale Verbesserung der Widerstände um 3,3 %	pauschale Verbesserung der Widerstände um 6,6 %	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	14	Fernlinienbus: a) Angebotsausweitung b) Reisezeit	Angebot 2019	Enthalten	a) Widerstände sinken pauschal um 5 % b) Widerstände sinken pauschal um 1 %	a) Widerstände sinken pauschal um 10 % b) Widerstände sinken pauschal um 2 %	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
Technologie	15	AVF (automatisiertes und ver- netztes Fahren) Straße	Stand 2019	Enthalten	Komfort und Sicherheit steigen, Widerstand sinkt pauschal um 1 %	Komfort und Sicherheit steigen, Widerstand sinkt pauschal um 3 %	MIV Netzmodell
					2030	2040	

Bereich	Prämisse	Analyse	Hintergrund- entwicklung	Bezugsszenario		Operationali- sierung
Kosten	16 Straßenbenutzungsgebühr Pkw**	keine	-	keine	n/r	MIV Netzmodell
	17 Mobilitätspass (City-Maut)	keiner	-	keiner	n/r	MIV Netzmodell
	18 Preisentwicklung Bahn / ÖV	Stand 2019	-10 % (real) SPFV	-10 % (real) SPFV und Zeitkarten SPNV im Vgl. zu 2019		Bahn Tarifmodell / Netzmodell
	19 Parkkosten**	Stand 2019	-	Parkkosten erhöht nach Raumtyp (insb. für Städte > 90.000 Einwohner)		MIV Netzmodell
				für Pkw mit fossilen Antrieben (PHEV behandelt wie BEV), auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zugang)	für alle Pkw, auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zugang)	
				Kosten: 1 h 1 €, 1 Tag 10 €, 1 Jahr 160 €	Kosten: 1 h 2€, 1 Tag 15 €, 1 Jahr 500 €	
	20 CO ₂ -Preis**	keiner	Enthalten	100 €/t		MIV und Luft Nutzerkosten / Netzmodell
	21 Strompreis	Stand 2019	Enthalten	-14 % im Vgl. zu 2019	+16 % im Vgl. zu 2019	MIV und Luft Nutzerkosten / Netzmodell
	22 Preise Luftverkehr SAF Luftverkehr	Stand 2019	Enthalten Enthalten	realer Anstieg um 6 % im Vgl. zu 2019 1% des Kerosins	realer Anstieg um 4,5 % im Vgl. zu 2019 10 % des Kerosins	Elastizitätenmodell Pro MoVe
	23 Preise Refuel Schwerverkehr	nicht relevant	Enthalten	H ₂ -Erzeugungskosten 3,4 €/kg synth. LNG/Diesel 15 ct/kWh	H ₂ -Erzeugungskosten 2,5 €/kg synth. LNG/Diesel 13 ct/kWh	Verkehrsmittelwahlmodell / Antriebsartenmodellierung
Verkehrspolitik	24 Nullemissionszonen**	keine	-	keine		n/r
	25 Tempolimit außerorts und auf Autobahnen	Stand 2019	-	keines		n/r
	26 Tempo 30 innerorts	Stand 2019	-	generell, außer auf Hauptverkehrsstraßen (Bundesstraßen, mehrstreifige und planfreie Straßen)		MIV Netzmodell
Sozio- ökonomie	27 Bevölkerung	Stand 2019	Enthalten	BaWü nach 14. KBV Variante W2 Deutschland nach W3, je Zelle	wie 2030, Fortschreibung	Elastizitätenmodell Pro MoVe
	28 Erwerbstätige	Stand 2019	Enthalten	Rückgang gem. EW im erwerbsfähigen Alter, je Zelle	wie 2030, Fortschreibung	Elastizitätenmodell Pro MoVe
	29 Einkommen	Stand 2019	Enthalten	BIP/Kopf-Anstieg in Deutschland im Mittel um 1,36 % p. a., je Zelle	wie 2030, Fortschreibung	Elastizitätenmodell Pro MoVe

Anhang A- 1: Prämissen und ihre Operationalisierung im Bezugsszenario, prozentuale Veränderungen sind ggü. 2019 ausgewiesen.

WB* weiterer Bedarf mit Planungsrecht im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans

**Prämisse abweichend von der Bundesprognose, vgl. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehrsprognose-2040-praemissen-prognosefall-1.pdf>

A.2 Klimaschutzszenario

Bereich	Prämisse	Analyse	Hintergrund- entwicklung	Klimaschutzszenario		Operationali- sierung	
				2030	2040		
Verkehrsver- halten	1	Motorisierung, Anteile An- triebsarten / Neuzulassung Verbrenner**	Stand 2019	-	Konstante Pkw-Dichte ggü. 2010 Maßnahmen wirken auf Elektrifizierung der Flotte ab 2027 Neuzulassungsverbot für Dienstwa- gen mit Verbrennungsmotoren	Konstante Pkw-Dichte ggü. 2010 Maßnahmen wirken auf Elektrifizierung der Flotte ab 2027 Neuzulassungsverbot für Dienstwa- gen mit Verbrennungsmotoren ab 2035 Neuzulassungsverbot für Pkw, LNF und Lkw mit Verbrennungsmotoren	MIV Fahrzeug- bestand und Antriebsarten
	2	Homeoffice	Stand 2019	Enthalten	im Mittel Rückgang Pendlerfahrten (Wege) um 6 % nach Verkehrsmittel / Reiseweite differen- ziert (wie Bezugsszenario)		Direktmodell
	3	Videokonferenzen (statt Geschäftsreisen)	Stand 2019	Enthalten	im Mittel Rückgang der Dienstreisen (Wege) um 10 % (wie Bezugsszenario)		Direktmodell
	4	Online-Einkauf (statt stationärem Einkauf)	Stand 2019	Enthalten	Rückgang des stationären Einkaufs (Wege) durch Online-Handel um 5-10 % (wie Bezugssze- nario)		Direktmodell
Infrastruktur und Angebot	5	Eisenbahn Infrastrukturaus- bau und Angebotsauswei- tung**	Angebot 2019	- Enthalten	Südbahn und ABS/NBS Stuttgart – Ulm – Augsburg fertiggestellt, Neuer KV-Terminal in Horb ab 2023 gesamter Deutschlandtakt 2030	Für das Prognosejahr 2040 werden keine Ka- pazitätsbeschränkungen angenommen. Neuer KV-Terminal in Lahr ab 2040.	Bahn Netzmo- dell
	6	Infrastrukturausbau Straße**	Stand 2019		BVWP 2030 VB Alle Ausbaumaßnahmen, die noch nicht be- gonnen wurden, unterbleiben.	zusätzlich WB* Alle Ausbaumaßnahmen, die noch nicht be- gonnen wurden, unterbleiben.	MIV Netzmodell
	7	Verbesserung Radverkehr (allgemein)**	Stand 2019	-	Widerstände sinken pauschal um 33 %		Verkehrsmittel- wahlmodell
	8	Radnetze in Vorreiterkom- munen**	Stand 2019	-	in Vorreiterkommunen (siehe Kapitel 6.2) sinken Widerstände um 50 %		Verkehrsmittel- wahlmodell
	9	Radschnellwege**	Stand 2019	-	Auf den gleichen Radschnellwegen des Bezugsszenarios sinken die Widerstände um 33 %		Verkehrsmittel- wahlmodell
	10	Fahrtzeiten ÖSPV (erheb- lich beschleunigt)	Angebot 2019	Enthalten -	Widerstand sinkt pauschal um 2,5 %. (wie Be- zugsszenario) Pförtnern: Widerstandserhöhung MIV, Zeitver- lust 1 Min. bei Einfahrt, Raumabgrenzung wie Nullemissionszonen	Widerstand sinkt pauschal um 5 %. (wie Be- zugsszenario) Pförtnern: Widerstandserhöhung MIV, Zeitver- lust 1 Min. bei Einfahrt, Raumabgrenzung wie Nullemissionszonen	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	11	Angebotsverdichtung ÖSPV (erheblich verdichtet)**	Angebot 2019	-	pauschale Senkung des Widerstands um 20 % (erhebliche Verdichtung), Takt 15/30 Ballungs- raum / ländlicher Raum (Mobilitätsgarantie) (wie Bezugsszenario)		Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	12	Digitalisierung ÖV (Durchta- rifizierung und Komfort)	Stand 2019	-	Widerstände sinken pauschal um 5 % (wie Bezugsszenario)		Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	13	Fußverkehr (Querungen, Durchschlupfe, Ortsmit- ten)**	Stand 2019	-	pauschale Verbesserung der Widerstände um 15 %		Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	14	Fernlinienbus: a) Angebotsausweitung b) Reisezeit	Angebot 2019	Enthalten	(wie Bezugsszenario) a) Widerstände sinken pauschal um 5 % b) Widerstände sinken pauschal um 1 %	(wie Bezugsszenario) a) Widerstände sinken pauschal um 10 % b) Widerstände sinken pauschal um 2 %	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe

Bereich		Prämisse	Analyse	Hintergrund- entwicklung	Klimaschutzszenario		Operationali- sierung
					2030	2040	
Technologie	15	AVF (automatisiertes und vernetztes Fahren) Straße	Stand 2019	Enthalten	Komfort und Sicherheit steigen, Widerstand sinkt pauschal um 1 %. (wie Bezugsszenario)	Komfort und Sicherheit steigen, Widerstand sinkt pauschal um 3 %. (wie Bezugsszenario)	MIV Netzmodell
	16	LKW-Tempomat	keine	-	Technische Drosselung der Geschwindigkeit auf 80 km/h ab 2028		Emissionsrechnung
	17	Tank-/Ladeinfrastruktur	Stand 2019	Enthalten	Schnellerer Antriebswechsel aufgrund von Wegfall Lad-einfrastrukturbremse		Lkw-Antriebsmodell
	18	Straßenbenutzungsgebühr Pkw	keine	-	5 ct/km für Pkw mit fossilen Antrieben	5 ct/km für alle Pkw	MIV Netzmodell
Kosten	19	Mobilitätspass (City-Maut)**	keiner	-	10 ct/km für alle Pkw mit fossilen Antrieben, in definierten neun Großstädten, außer auf BAB	10 ct/km für alle Pkw, in definierten Ballungsräumen, außer auf BAB	MIV Netzmodell
	20	Preisentwicklung Bahn / ÖV**	Stand 2019	-10 % (real) SPFV	-25 % (real) SPFV und Zeitkarten SPNV im Vgl. zu 2019		Bahn Tarifmodell / Netzmodell
					Parkkosten erhöht nach Raumtyp (insb. für Städte > 90.000 Einwohner)		
	21	Parkkosten**	Stand 2019	-	für Pkw mit fossilen Antrieben (PHEV behandelt wie fossil, auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zugang)	für alle Pkw, auch Parkraumangebot reduziert (längere Suchzeiten und Zugang)	MIV Netzmodell
					Kosten: 1h 4 €, 1 Tag 30 €, 1 Jahr 1.000 €		
	22	CO ₂ -Preis**	keiner	-	205 €/t		MIV und Luft Nutzerkosten / Netzmodell
	23	Strompreis	Stand 2019	Enthalten	-14 % im Vgl. zu 2019 (wie Bezugsszenario)	+16 % im Vgl. zu 2019 (wie Bezugsszenario)	MIV und Luft Nutzerkosten / Netzmodell
	24	Preise Luftverkehr SAF Luftverkehr	Stand 2019	Enthalten -	realer Anstieg um 6 % im Vgl. zu 2019 (wie Bezugsszenario) 20 % des Kerosins	realer Anstieg um 4,5 % im Vgl. zu 2019 (wie Bezugsszenario) 100 % des Kerosins	Elastizitätenmodell Pro MoVe
	25	Preise Refuel Schwerverkehr	nicht relevant	Enthalten	H ₂ -Erzeugungskosten 3,4 €/kg synth. LNG/Diesel 15 ct/kWh (wie Bezugsszenario)	H ₂ -Erzeugungskosten 2,5 €/kg synth. LNG/Diesel 13 ct/kWh (wie Bezugsszenario)	Verkehrsmittelwahlmodell / Antriebsartenmodellierung
	26	Lkw-Maut	keine	-	alle Straßen in BaWü für alle Lkw ab 3,5 t zGG Doppelter Mautsatz für Dieselfahrzeuge	alle Straßen in BaWü für alle Lkw ab 3,5 t zGG Doppelter Mautsatz für Dieselfahrzeuge	Verkehrsmittelwahlmodell im Güterverkehr und Lkw-Antriebsmodell
	27	Zulassungssteuer Pkw	keine	-	Für fossil angetriebene Pkw, Verringerung durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch neuzugelassener Fahrzeuge um 10 % ab 2025		MIV Netzmodell
	28	Deutschlandticket	keines	-	Bundeseinheitlicher Abofahrschein für ÖPNV und SPNV zum real konstanten Einführungspreis i. H. v. 49 €		Bahn Tarifmodell / Netzmodell

Bereich		Prämisse	Analyse	Hintergrund- entwicklung	Klimaschutzszenario		Operationali- sierung
					2030	2040	
Verkehrs- politik	29	Nullemissionszonen**	keine	-	Heidelberg, Mannheim, Schwäbisch Gmünd, Konstanz, Tübingen, 100 % Stadtgebiet Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg, Ulm, Heilbronn, Pforzheim, Reutlingen, 20 % Stadtgebiets; Einfahrtverbort für alle fossil angetriebenen Pkw	Wie 2030, ergänzt um weitere Städte mit mehr als 50.000 Einwohnern (vgl. 0)	MIV Netzmodell
	30	Tempolimit außerorts und auf Autobahnen**	Stand 2019	-	100/80 km/h		MIV Netzmodell
	31	Tempo 30 innerorts**	Stand 2019	-	Einführung Tempolimit innerorts, generell auf allen, außer mehrstreifigen, Straßen: 30 km/h		MIV Netzmodell
Sozio- ökonomie	32	Bevölkerung	Stand 2019	Enthalten	BaWü nach 14. KBV Variante W2 Deutschland nach W3, je Zelle	wie 2030, Fortschreibung (wie Bezugsszenario)	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	33	Erwerbstätige	Stand 2019	Enthalten	Rückgang gem. EW im erwerbsfähigen Alter, je Zelle	wie 2030, Fortschreibung (wie Bezugsszenario)	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe
	34	Einkommen	Stand 2019	Enthalten	BIP/Kopf-Anstieg in Deutschland im Mittel um 1,36 % p. a., je Zelle	wie 2030, Fortschreibung (wie Bezugsszenario)	Elastizitätenmo- dell Pro MoVe

Anhang A- 2: Prämissen und ihre Operationalisierung im Klimaschutzszenario

WB* weiterer Bedarf mit Planungsrecht im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans

**Prämisse abweichend von der Bundesprognose, vgl. <https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/verkehrsprognose-2040-praemissen-prognosefall-1.pdf>

B Kosten für SZM und SNF je Antriebsart im Straßengüterverkehr (2019 bis 2040)

B.1 Bezugsszenario

Jahr	SZM						SNF					
	Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €	Kosten eines Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km	Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €	Kosten eines Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km
2019	110			122,9						146,1		
2020	110	660	720	123,4	179,0	218,1	110	540	660	146,8	219,1	271,6
2021	110	550	651	126,6	167,5	209,3	110	450	597	150,1	203,5	259,0
2022	110	440	583	127,7	156,0	200,6	110	360	534	151,3	187,9	246,6
2023	110	330	514	128,7	127,6	191,9	110	270	471	152,5	155,4	234,1
2024	110	314	446	130,3	126,4	183,2	110	257	409	154,2	153,6	221,8
2025	110	299	377	131,9	125,1	174,7	110	244	346	155,9	151,9	209,5
2026	110	283	309	133,0	122,8	165,1	110	231	283	157,1	149,1	196,1
2027	110	267	291	134,1	121,6	162,1	110	219	267	158,4	147,4	192,4
2028	110	251	274	135,3	120,3	159,3	110	206	251	159,8	145,7	188,7
2029	110	236	257	136,6	119,1	156,5	110	193	236	161,2	144,0	185,1
2030	110	220	240	138,0	117,9	153,7	110	180	220	162,7	142,3	181,5
2031	110	209	228	138,7	117,2	151,6	110	175	210	163,6	142,0	179,0
2032	110	198	216	139,5	116,5	149,5	110	170	200	164,5	141,8	176,5
2033	110	187	204	140,2	115,8	147,4	110	165	190	165,4	141,5	174,1
2034	110	176	192	141,0	115,1	145,4	110	160	180	166,3	141,3	171,7
2035	110	165	180	141,8	114,4	143,4	110	155	170	167,2	141,1	169,4
2036	110	162	174	142,7	114,6	142,1	110	152	164	168,3	141,2	167,8
2037	110	159	168	143,6	114,8	140,9	110	149	158	169,4	141,3	166,3
2038	110	156	162	144,5	115,0	139,6	110	146	152	170,4	141,5	164,9
2039	110	153	156	145,4	115,3	138,5	110	143	146	171,5	141,7	163,4
2040	110	150	150	146,4	115,5	137,4	110	140	140	172,6	141,9	162,0

Anhang B- 1: Transport- und sonstige Kosten für SZM und SNF unterschiedlicher Antriebstechnologie im Straßengüterverkehr (2019-2040), im Bezugsszenario

B.2 Klimaschutzszenario

Jahr	SZM						SNF					
	Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €	Kosten eines Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km	Anschaffungskosten Diesel-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten BEV-Lkw in 1.000 €	Anschaffungskosten H2-Lkw in 1.000 €	Kosten eines Diesel-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines BEV-Lkw in ct/Lkw-km	Kosten eines H2-Lkw in ct/Lkw-km
2019	110			122,9			110			146,1		
2020	110	660	720	123,6	179,0	218,1	110	540	660	147,0	219,1	271,6
2021	110	550	651	126,8	167,5	209,3	110	450	597	150,2	203,5	259,0
2022	110	440	583	127,8	156,0	200,6	110	360	534	151,4	187,9	246,6
2023	110	330	514	128,9	127,6	191,9	110	270	471	152,6	155,4	234,1
2024	110	314	446	131,4	126,4	183,2	110	257	409	155,3	153,6	221,8
2025	110	299	377	134,0	125,1	174,7	110	244	346	161,1	151,9	209,5
2026	110	283	309	142,8	122,8	165,1	110	231	283	166,9	149,1	196,1
2027	110	267	291	148,5	121,6	162,1	110	219	267	172,8	147,4	192,4
2028	110	251	274	154,2	120,3	159,3	110	206	251	178,7	145,7	188,7
2029	110	236	257	160,0	119,1	156,5	110	193	236	184,5	144,0	185,1
2030	110	220	240	165,7	117,9	153,7	110	180	220	190,4	142,3	181,5
2031	110	209	228	166,7	117,2	151,6	110	175	210	191,5	142,0	179,0
2032	110	198	216	167,7	116,5	149,5	110	170	200	192,7	141,8	176,5
2033	110	187	204	168,7	115,8	147,4	110	165	190	193,8	141,5	174,1
2034	110	176	192	169,7	115,1	145,4	110	160	180	195,0	141,3	171,7
2035	110	165	180	170,7	114,4	143,4	110	155	170	196,1	141,1	169,4
2036	110	162	174	171,7	114,6	142,1	110	152	164	197,3	141,2	167,8
2037	110	159	168	172,7	114,8	140,9	110	149	158	198,5	141,3	166,3
2038	110	156	162	173,8	115,0	139,6	110	146	152	199,7	141,5	164,9
2039	110	153	156	174,8	115,3	138,5	110	143	146	200,9	141,7	163,4
2040	110	150	150	175,9	115,5	137,4	110	140	140	202,1	141,9	162,0

Anhang B- 2: Transport- und sonstige Kosten für SZM und SNF unterschiedlicher Antriebstechnologie im Straßengüterverkehr (2019-2040) im Klimaschutzszenario

C Entwicklung von Verkehrsgrößen im Güterverkehr in Baden-Württemberg

C.1 Güterverkehrsaufkommen

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	1.664,4	1.197,4	35.958,9	38.820,7	1.616,4	1.230,2	37.997,3	40.843,9	1.283,1	1.081,2	40.494	42.858,0	10,4%
Böblingen	869,4	0,0	26.735,9	27.605,3	946,3	0,0	29.328,4	30.274,7	1.095,5	0,0	31.764	32.859,1	19,0%
Esslingen	932,8	517,4	33.678,9	35.129,1	785,5	570,9	39.160,6	40.516,9	468,6	566,7	44.639	45.674,0	30,0%
Göppingen	60,4	0,0	15.610,9	15.671,4	73,4	0,0	16.912,7	16.986,1	73,4	0,0	18.206	18.279,8	16,6%
Ludwigsburg	2.157,4	526,0	41.233,8	43.917,3	3.117,0	650,2	49.741,9	53.509,1	3.777,2	699,5	57.821	62.297,5	41,9%
Rems-Murr-Kreis	9,7	0,0	18.033,9	18.043,6	12,3	0,0	20.260,4	20.272,7	13,5	0,0	22.578	22.591,9	25,2%
Heilbronn, Stadtkreis	1.373,5	2.314,2	15.394,9	19.082,6	1.312,6	2.708,7	18.891,1	22.912,4	1.004,8	2.851,9	21.808	25.664,9	34,5%
Heilbronn, Landkreis	544,6	349,4	34.353,9	35.247,9	655,8	393,5	38.287,4	39.336,7	649,5	408,1	42.648	43.705,8	24,0%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	11.182,0	11.182,0	0,0	0,0	13.140,9	13.140,9	0,0	0,0	15.259	15.258,6	36,5%
Schwäbisch Hall	121,4	0,0	23.360,9	23.482,3	132,5	0,0	29.537,5	29.669,9	119,7	0,0	35.154	35.274,1	50,2%
Main-Tauber-Kreis	1,3	78,7	11.090,0	11.170,0	1,7	82,8	12.385,7	12.470,2	1,8	84,1	13.744	13.830,2	23,8%
Heidenheim	391,2	0,0	12.175,0	12.566,2	501,2	0,0	13.828,0	14.329,2	556,2	0,0	15.348	15.903,9	26,6%
Ostalbkreis	230,5	0,0	19.983,9	20.214,5	256,6	0,0	23.012,0	23.268,6	214,5	0,0	26.096	26.310,7	30,2%
Baden-Baden, Stadtkreis	4,9	0,0	2.476,0	2.480,9	7,6	0,0	2.637,6	2.645,2	8,2	0,0	2.844	2.851,9	15,0%
Karlsruhe, Stadtkreis	5.116,7	6.892,7	23.359,9	35.369,3	4.985,8	5.295,8	21.030,6	31.312,2	3.795,6	2.332,1	19.305	25.432,3	-28,1%
Karlsruhe, Landkreis	173,8	1.106,2	32.119,9	33.399,8	169,2	1.230,6	36.680,0	38.079,7	137,8	1.338,6	41.691	43.167,3	29,2%
Rastatt	486,9	1.466,8	24.062,9	26.016,6	581,6	1.861,7	25.980,7	28.424,0	553,5	1.995,3	28.342	30.890,6	18,7%
Heidelberg, Stadtkreis	3,0	0,0	4.313,0	4.316,0	1,5	0,0	4.666,0	4.667,5	1,7	0,0	5.103	5.105,0	18,3%
Mannheim, Stadtkreis	3.713,6	7.927,7	34.696,9	46.338,1	4.279,0	7.640,1	39.444,6	51.363,7	4.259,8	6.487,1	43.455	54.202,3	17,0%
Neckar-Odenwald-Kreis	10,6	467,7	6.595,0	7.073,3	10,2	614,1	7.291,6	7.915,8	12,2	665,3	8.038	8.715,5	23,2%
Rhein-Neckar-Kreis	34,1	200,1	41.036,8	41.271,0	44,3	231,4	45.470,9	45.746,7	52,4	250,7	50.410	50.713,2	22,9%
Pforzheim, Stadtkreis	39,4	0,0	3.357,0	3.396,4	22,5	0,0	3.882,8	3.905,3	0,2	0,0	4.394	4.394,2	29,4%
Calw	38,3	0,0	8.438,0	8.476,2	23,5	0,0	9.593,1	9.616,6	28,2	0,0	10.716	10.743,8	26,8%
Enzkreis	75,4	0,0	10.400,0	10.475,3	118,6	0,0	11.535,5	11.654,1	125,2	0,0	12.730	12.855,3	22,7%
Freudenstadt	0,0	0,0	8.957,0	8.957,0	122,5	0,0	10.311,3	10.433,7	150,6	0,0	11.596	11.746,4	31,1%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	3.793,9	0,0	8.377,0	12.170,8	5.129,0	0,0	10.019,2	15.148,2	5.289,0	0,0	11.500	16.788,8	37,9%
Breisgau-Hochschwarzwald	103,2	754,3	19.903,9	20.761,4	114,6	850,3	22.077,8	23.042,8	121,6	952,9	24.430	25.504,3	22,8%
Emmendingen	12,2	116,7	8.545,0	8.673,9	16,0	139,6	9.666,1	9.821,7	17,2	154,8	10.862	11.033,6	27,2%
Ortenaukreis	3.586,1	5.893,8	47.751,8	57.231,8	3.993,2	6.688,0	52.205,4	62.886,6	3.887,3	6.855,4	57.355	68.097,4	19,0%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Rottweil	55,3	0,0	9.933,0	9.988,2	68,0	0,0	11.402,5	11.470,5	71,0	0,0	12.857	12.928,1	29,4%
Schwarzwald-Baar-Kreis	284,3	0,0	15.097,9	15.382,3	304,8	0,0	17.856,9	18.161,7	249,0	0,0	20.333	20.581,9	33,8%
Tuttlingen	45,0	0,0	7.999,0	8.043,9	48,2	0,0	9.371,1	9.419,2	52,9	0,0	10.653	10.705,4	33,1%
Konstanz	1.931,4	0,0	16.190,9	18.122,3	2.272,0	0,0	18.341,0	20.613,0	2.382,1	0,0	20.382	22.763,9	25,6%
Lörrach	3.088,8	906,1	15.373,9	19.368,8	3.531,5	1.066,4	17.608,9	22.206,7	3.972,1	1.047,0	19.231	24.249,6	25,2%
Waldshut	6,2	0,0	13.721,9	13.728,1	6,0	0,0	15.395,4	15.401,4	5,9	0,0	16.543	16.548,8	20,5%
Reutlingen	38,1	0,0	15.576,9	15.615,1	44,3	0,0	18.029,9	18.074,2	12,3	0,0	20.434	20.446,2	30,9%
Tübingen, Landkreis	5,9	0,0	7.001,0	7.006,8	6,1	0,0	8.047,8	8.053,9	7,1	0,0	8.845	8.852,2	26,3%
Zollernalbkreis	195,7	0,0	13.728,9	13.924,6	153,5	0,0	16.037,5	16.191,0	292,8	0,0	17.918	18.211,1	30,8%
Ulm, Stadtkreis	1.260,3	0,0	12.384,0	13.644,3	1.720,0	0,0	14.920,3	16.640,3	1.749,2	0,0	17.274	19.023,4	39,4%
Alb-Donau-Kreis	963,0	0,0	26.351,9	27.314,9	956,1	0,0	30.844,7	31.800,8	987,0	0,0	35.063	36.050,4	32,0%
Biberach	23,0	0,0	21.132,9	21.155,9	25,9	0,0	23.951,2	23.977,1	27,2	0,0	27.024	27.051,6	27,9%
Bodenseekreis	103,2	0,0	10.289,0	10.392,2	147,5	0,0	11.990,6	12.138,2	159,4	0,0	13.673	13.832,7	33,1%
Ravensburg	679,0	0,0	25.371,9	26.050,9	460,7	0,0	28.985,3	29.446,0	159,7	0,0	32.691	32.850,5	26,1%
Sigmaringen	164,7	0,0	13.344,9	13.509,6	204,7	0,0	14.777,2	14.981,9	201,5	0,0	16.262	16.463,4	21,9%
Transitverkehr	39.050,4	22.635,9	191.578,3	253.264,5	46.525,9	23.883,4	224.996,2	295.405,5	49.881,7	24.462,5	255.451,10	329.795,2	30,2%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	73.442,8	53.351,1	998.259,1	1.125.053,0	85.505,3	55.137,6	1.137.533,8	1.278.176,8	87.909,4	52.233,0	1.272.962,4	1.413.104,8	25,6%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	71.148,8	50.575,6	705.734,3	827.458,7	83.258,6	52.141,1	819.254,2	954.654,0	86.011,7	49.242,2	920.396,1	1.055.650,0	27,6%

Anhang C-1- 1: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Bezugsszenario in 1.000 t

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	1.664,4	1.197,4	35.958,9	38.820,7	1.491,3	1.249,5	37.908,7	40.649,5	1.386,4	1.127,8	40.229	42.743,4	10,1%
Böblingen	869,4	0,0	26.735,9	27.605,3	1.044,9	0,0	29.201,7	30.246,7	1.119,2	0,0	31.705	32.824,5	18,9%
Esslingen	932,8	517,4	33.678,9	35.129,1	816,6	577,6	38.971,0	40.365,1	487,5	583,8	44.454	45.525,4	29,6%
Göppingen	60,4	0,0	15.610,9	15.671,4	88,3	0,0	16.882,9	16.971,2	86,5	0,0	18.177	18.263,7	16,5%
Ludwigsburg	2.157,4	526,0	41.233,8	43.917,3	3.226,5	654,8	49.570,4	53.451,6	4.013,2	711,3	57.559	62.283,6	41,8%
Rems-Murr-Kreis	9,7	0,0	18.033,9	18.043,6	5,2	0,0	20.243,7	20.248,9	6,7	0,0	22.561	22.567,8	25,1%
Heilbronn, Stadtkreis	1.373,5	2.314,2	15.394,9	19.082,6	1.344,3	2.716,1	18.784,3	22.844,8	1.034,9	2.863,2	21.705	25.603,0	34,2%
Heilbronn, Landkreis	544,6	349,4	34.353,9	35.247,9	720,2	393,6	38.209,8	39.323,5	768,0	408,2	42.513	43.688,9	23,9%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	11.182,0	11.182,0	0,0	0,0	13.136,0	13.136,0	0,0	0,0	15.253	15.253,5	36,4%
Schwäbisch Hall	121,4	0,0	23.360,9	23.482,3	136,1	0,0	29.526,8	29.662,9	124,5	0,0	35.141	35.265,5	50,2%
Main-Tauber-Kreis	1,3	78,7	11.090,0	11.170,0	1,7	83,6	12.374,8	12.460,1	1,8	85,4	13.734	13.821,4	23,7%
Heidenheim	391,2	0,0	12.175,0	12.566,2	511,5	0,0	13.826,2	14.337,7	575,3	0,0	15.342	15.916,8	26,7%
Ostalbkreis	230,5	0,0	19.983,9	20.214,5	269,5	0,0	22.993,3	23.262,8	241,7	0,0	26.061	26.302,6	30,1%
Baden-Baden, Stadtkreis	4,9	0,0	2.476,0	2.480,9	7,6	0,0	2.636,6	2.644,2	8,2	0,0	2.842	2.849,9	14,9%
Karlsruhe, Stadtkreis	5.116,7	6.892,7	23.359,9	35.369,3	5.411,5	5.324,4	20.202,6	30.938,5	4.064,8	2.373,7	18.875	25.313,8	-28,4%
Karlsruhe, Landkreis	173,8	1.106,2	32.119,9	33.399,8	166,3	1.231,9	36.586,4	37.984,6	171,4	1.344,4	41.550	43.066,2	28,9%
Rastatt	486,9	1.466,8	24.062,9	26.016,6	637,7	1.863,7	25.860,9	28.362,3	667,9	2.002,6	28.156	30.826,9	18,5%
Heidelberg, Stadtkreis	3,0	0,0	4.313,0	4.316,0	1,5	0,0	4.660,1	4.661,5	3,4	0,0	5.094	5.097,6	18,1%
Mannheim, Stadtkreis	3.713,6	7.927,7	34.696,9	46.338,1	4.735,5	7.726,6	38.688,9	51.151,0	4.890,2	6.652,5	42.716	54.258,4	17,1%
Neckar-Odenwald-Kreis	10,6	467,7	6.595,0	7.073,3	10,2	615,0	7.279,7	7.904,9	12,3	666,8	8.027	8.705,9	23,1%
Rhein-Neckar-Kreis	34,1	200,1	41.036,8	41.271,0	46,2	234,0	45.414,4	45.694,6	54,6	254,8	50.345	50.654,8	22,7%
Pforzheim, Stadtkreis	39,4	0,0	3.357,0	3.396,4	22,5	0,0	3.880,9	3.903,4	0,2	0,0	4.391	4.391,2	29,3%
Calw	38,3	0,0	8.438,0	8.476,2	31,7	0,0	9.582,2	9.613,9	65,0	0,0	10.675	10.740,4	26,7%
Enzkreis	75,4	0,0	10.400,0	10.475,3	163,8	0,0	11.486,6	11.650,5	176,3	0,0	12.673	12.849,2	22,7%
Freudenstadt	0,0	0,0	8.957,0	8.957,0	121,1	0,0	10.310,4	10.431,5	149,0	0,0	11.596	11.744,6	31,1%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	3.793,9	0,0	8.377,0	12.170,8	4.714,9	0,0	9.991,3	14.706,2	4.943,1	0,0	11.482	16.424,8	35,0%
Breisgau-Hochschwarzwald	103,2	754,3	19.903,9	20.761,4	117,7	853,8	22.027,1	22.998,6	133,2	959,6	24.385	25.477,4	22,7%
Emmendingen	12,2	116,7	8.545,0	8.673,9	16,0	139,7	9.662,2	9.818,0	17,2	155,0	10.860	11.032,7	27,2%
Ortenaukreis	3.586,1	5.893,8	47.751,8	57.231,8	4.107,4	6.721,5	51.723,9	62.552,8	4.223,4	6.926,8	57.152	68.302,3	19,3%
Rottweil	55,3	0,0	9.933,0	9.988,2	75,7	0,0	11.390,6	11.466,4	74,3	0,0	12.849	12.923,2	29,4%
Schwarzwald-Baar-Kreis	284,3	0,0	15.097,9	15.382,3	407,2	0,0	17.750,1	18.157,3	299,8	0,0	20.278	20.577,4	33,8%
Tuttlingen	45,0	0,0	7.999,0	8.043,9	61,9	0,0	9.354,2	9.416,0	76,0	0,0	10.627	10.703,4	33,1%
Konstanz	1.931,4	0,0	16.190,9	18.122,3	2.367,2	0,0	18.304,2	20.671,4	2.486,2	0,0	20.348	22.833,8	26,0%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	
Lörrach	3.088,8	906,1	15.373,9	19.368,8	3.662,9	1.072,5	17.503,0	22.238,5	4.081,7	1.071,5	19.159	24.312,6	25,5%
Waldshut	6,2	0,0	13.721,9	13.728,1	5,5	0,0	15.392,5	15.398,0	9,7	0,0	16.533	16.542,4	20,5%
Reutlingen	38,1	0,0	15.576,9	15.615,1	12,8	0,0	18.053,2	18.065,9	47,1	0,0	20.390	20.436,8	30,9%
Tübingen, Landkreis	5,9	0,0	7.001,0	7.006,8	8,0	0,0	8.041,8	8.049,8	7,7	0,0	8.839	8.846,7	26,3%
Zollernalbkreis	195,7	0,0	13.728,9	13.924,6	130,7	0,0	16.053,7	16.184,4	310,1	0,0	17.894	18.204,2	30,7%
Ulm, Stadtkreis	1.260,3	0,0	12.384,0	13.644,3	1.700,0	0,0	15.005,5	16.705,4	1.955,5	0,0	17.135	19.090,4	39,9%
Alb-Donau-Kreis	963,0	0,0	26.351,9	27.314,9	890,2	0,0	30.894,1	31.784,3	1.082,3	0,0	34.972	36.054,3	32,0%
Biberach	23,0	0,0	21.132,9	21.155,9	29,7	0,0	23.943,5	23.973,2	30,6	0,0	27.017	27.047,8	27,8%
Bodenseekreis	103,2	0,0	10.289,0	10.392,2	0,0	0,0	12.138,8	12.138,8	159,4	0,0	13.672	13.831,6	33,1%
Ravensburg	679,0	0,0	25.371,9	26.050,9	546,2	0,0	28.894,6	29.440,8	191,9	0,0	32.653	32.845,4	26,1%
Sigmaringen	164,7	0,0	13.344,9	13.509,6	268,5	0,0	14.712,4	14.980,9	226,4	0,0	16.235	16.461,1	21,8%
Transitverkehr	39.050,4	22.635,9	191.578,3	253.264,5	46.406,0	23.948,5	223.101,3	293.455,8	53.196,4	24.655,6	250.504,2	328.356,2	29,6%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	73.442,8	53.351,1	998.259,1	1.125.053,0	86.540,1	55.406,7	1.132.157,3	1.274.104,2	93.660,8	52.842,9	1.264.359,7	1.410.863,4	25,4%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	71.148,8	50.575,6	705.734,3	827.458,7	83.983,7	52.363,2	814.533,3	950.880,1	91.560,2	49.763,4	911.827,2	1.053.150,8	27,3%

Anhang C-1- 2: Entwicklung des Güterverkehrsaufkommens in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Klimaschuttszenario in 1.000 t

C.2 Güterverkehrsleistung

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	214,9	260,2	2.184,1	2.659,2	225,7	268,5	2.513,9	3.008,1	191,4	237,1	2.737,5	3.166,0	19,1%
Böblingen	143,1	0,0	2.022,3	2.165,4	157,6	0,0	2.293,7	2.451,2	174,2	0,0	2.497,2	2.671,4	23,4%
Esslingen	138,4	125,1	1.996,7	2.260,1	119,8	141,2	2.487,2	2.748,1	69,1	141,9	2.873,3	3.084,3	36,5%
Göppingen	9,2	0,0	926,3	935,5	12,1	0,0	1.084,0	1.096,1	13,1	0,0	1.189,3	1.202,4	28,5%
Ludwigsburg	303,0	132,8	2.485,8	2.921,6	411,2	164,6	3.177,1	3.752,9	530,0	180,0	3.727,7	4.437,6	51,9%
Rems-Murr-Kreis	1,6	0,0	1.006,0	1.007,6	2,0	0,0	1.211,3	1.213,3	2,1	0,0	1.368,2	1.370,3	36,0%
Heilbronn, Stadtkreis	186,9	362,5	1.197,3	1.746,7	189,7	435,6	1.489,9	2.115,3	144,3	472,2	1.713,0	2.329,5	33,4%
Heilbronn, Landkreis	93,4	41,4	2.137,4	2.272,2	110,2	46,5	2.506,4	2.663,1	108,0	47,9	2.800,5	2.956,5	30,1%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	627,1	627,1	0,0	0,0	761,4	761,4	0,0	0,0	890,7	890,7	42,0%
Schwäbisch Hall	31,0	0,0	1.569,8	1.600,8	35,8	0,0	2.025,7	2.061,5	24,3	0,0	2.388,1	2.412,4	50,7%
Main-Tauber-Kreis	0,3	3,8	621,2	625,3	0,4	4,1	719,6	724,1	0,4	4,1	806,3	810,9	29,7%
Heidenheim	69,9	0,0	861,6	931,5	55,9	0,0	1.055,9	1.111,7	61,1	0,0	1.174,2	1.235,4	32,6%
Ostalbkreis	53,8	0,0	1.317,1	1.370,9	65,0	0,0	1.562,8	1.627,9	46,1	0,0	1.768,6	1.814,6	32,4%
Baden-Baden, Stadtkreis	0,3	0,0	149,1	149,5	0,7	0,0	169,1	169,8	0,9	0,0	185,8	186,7	24,9%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Karlsruhe, Stadtkreis	651,0	586,6	1.742,9	2.980,5	662,0	470,4	1.588,8	2.721,1	457,5	187,5	1.406,4	2.051,4	-31,2%
Karlsruhe, Landkreis	19,8	71,7	2.079,1	2.170,6	17,7	87,7	2.507,6	2.613,1	12,3	94,7	2.878,5	2.985,6	37,5%
Rastatt	113,5	181,9	1.813,6	2.108,9	123,4	237,7	2.083,3	2.444,4	117,9	257,7	2.292,5	2.668,1	26,5%
Heidelberg, Stadtkreis	0,1	0,0	200,1	200,2	0,1	0,0	238,3	238,4	0,2	0,0	265,0	265,2	32,5%
Mannheim, Stadtkreis	181,7	215,4	2.012,2	2.409,3	216,4	225,5	2.396,9	2.838,8	223,9	222,2	2.640,4	3.086,5	28,1%
Neckar-Odenwald-Kreis	2,1	50,4	477,3	529,8	1,6	64,5	536,7	602,9	1,9	69,2	598,6	669,7	26,4%
Rhein-Neckar-Kreis	6,1	5,8	2.441,1	2.452,9	7,8	6,6	2.877,0	2.891,4	8,4	7,3	3.236,7	3.252,4	32,6%
Pforzheim, Stadtkreis	2,1	0,0	232,1	234,2	2,3	0,0	282,0	284,3	0,0	0,0	322,2	322,2	37,6%
Calw	8,7	0,0	613,6	622,2	5,4	0,0	745,7	751,1	6,5	0,0	842,8	849,3	36,5%
Enzkreis	12,9	0,0	673,6	686,4	20,5	0,0	793,7	814,2	21,1	0,0	888,6	909,7	32,5%
Freudenstadt	0,0	0,0	813,1	813,1	28,6	0,0	978,5	1.007,2	33,9	0,0	1.108,7	1.142,5	40,5%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	256,9	0,0	826,3	1.083,3	365,1	0,0	1.067,6	1.432,7	339,1	0,0	1.243,9	1.583,0	46,1%
Breisgau-Hochschwarzwald	34,6	120,8	1.484,1	1.639,5	40,6	140,0	1.824,4	2.005,0	27,7	159,9	2.049,5	2.237,1	36,5%
Emmendingen	1,5	25,1	570,1	596,7	3,0	31,2	738,2	772,4	3,2	34,4	851,4	889,0	49,0%
Ortenaukreis	519,2	728,3	3.796,4	5.043,9	841,3	873,8	4.511,9	6.227,0	768,1	904,6	4.994,3	6.666,9	32,2%
Rottweil	11,1	0,0	794,5	805,6	19,1	0,0	991,7	1.010,8	13,1	0,0	1.130,8	1.143,9	42,0%
Schwarzwald-Baar-Kreis	67,7	0,0	1.488,1	1.555,7	74,4	0,0	1.911,5	1.985,9	62,5	0,0	2.197,3	2.259,8	45,3%
Tuttlingen	18,7	0,0	669,7	688,4	14,4	0,0	837,3	851,7	14,4	0,0	963,6	978,1	42,1%
Konstanz	364,0	0,0	1.475,1	1.839,1	424,4	0,0	1.835,3	2.259,7	429,7	0,0	2.050,5	2.480,2	34,9%
Lörrach	713,6	157,8	1.385,0	2.256,4	617,2	196,5	1.732,5	2.546,2	667,1	213,5	1.929,6	2.810,1	24,5%
Waldshut	1,8	0,0	1.282,9	1.284,8	2,1	0,0	1.477,0	1.479,1	2,0	0,0	1.608,5	1.610,5	25,4%
Reutlingen	7,7	0,0	1.014,7	1.022,5	8,3	0,0	1.228,8	1.237,1	1,9	0,0	1.418,0	1.419,9	38,9%
Tübingen, Landkreis	1,1	0,0	547,3	548,4	1,3	0,0	648,8	650,1	1,4	0,0	722,4	723,8	32,0%
Zollernalbkreis	47,2	0,0	1.069,8	1.117,0	50,7	0,0	1.320,5	1.371,2	87,9	0,0	1.488,2	1.576,1	41,1%
Ulm, Stadtkreis	269,4	0,0	915,7	1.185,1	374,4	0,0	1.158,5	1.532,9	393,7	0,0	1.345,8	1.739,6	46,8%
Alb-Donau-Kreis	215,2	0,0	1.611,9	1.827,1	217,2	0,0	1.959,0	2.176,2	229,5	0,0	2.229,4	2.458,9	34,6%
Biberach	5,3	0,0	1.213,5	1.218,9	7,7	0,0	1.444,6	1.452,3	7,4	0,0	1.644,8	1.652,1	35,5%
Bodenseekreis	28,2	0,0	714,9	743,1	48,5	0,0	876,1	924,6	59,5	0,0	1.000,5	1.060,0	42,6%
Ravensburg	192,0	0,0	1.906,9	2.098,8	129,1	0,0	2.257,6	2.386,7	44,7	0,0	2.554,1	2.598,8	23,8%
Sigmaringen	53,9	0,0	1.218,3	1.272,3	65,4	0,0	1.363,5	1.428,9	62,4	0,0	1.505,2	1.567,6	23,2%
Transitverkehr	7.703,1	3.339,2	25.630,8	36.673,1	9.515,9	3.513,4	28.930,7	41.960,0	11.601,0	3.577,6	32.808,9	47.987,5	30,9%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	12.756,0	6.408,7	81.816,4	100.981,1	15.291,7	6.907,9	96.202,1	118.401,7	17.065,0	6.811,8	108.337,6	132.214,3	30,9%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	12.363,3	6.029,0	65.082,5	83.474,8	15.248,5	6.436,9556	76.865,0	98.550,4	16.719,0	6.327,5	86.814,0	109.860,5	31,6%

Anhang C-2- 1: Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Bezugsszenario in Mio. tkm

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	214,9	260,2	2.184,1	2.659,2	203,6	272,2	2.506,9	2.982,8	202,5	246,5	2.708,1	3.157,1	18,7%
Böblingen	143,1	0,0	2.022,3	2.165,4	169,4	0,0	2.285,7	2.455,2	179,0	0,0	2.506,8	2.685,9	24,0%
Esslingen	138,4	125,1	1.996,7	2.260,1	124,2	142,5	2.470,0	2.736,7	72,8	146,0	2.865,9	3.084,7	36,5%
Göppingen	9,2	0,0	926,3	935,5	15,2	0,0	1.082,1	1.097,3	14,8	0,0	1.191,6	1.206,5	29,0%
Ludwigsburg	303,0	132,8	2.485,8	2.921,6	447,6	165,7	3.165,9	3.779,2	558,9	182,9	3.717,7	4.459,4	52,6%
Rems-Murr-Kreis	1,6	0,0	1.006,0	1.007,6	0,8	0,0	1.212,7	1.213,5	1,0	0,0	1.374,1	1.375,1	36,5%
Heilbronn, Stadtkreis	186,9	362,5	1.197,3	1.746,7	195,3	436,8	1.483,9	2.116,1	145,8	474,0	1.713,3	2.333,1	33,6%
Heilbronn, Landkreis	93,4	41,4	2.137,4	2.272,2	110,0	46,6	2.505,4	2.662,0	113,4	48,0	2.805,3	2.966,7	30,6%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	627,1	627,1	0,0	0,0	763,1	763,1	0,0	0,0	895,4	895,4	42,8%
Schwäbisch Hall	31,0	0,0	1.569,8	1.600,8	28,5	0,0	2.030,4	2.058,9	21,8	0,0	2.401,0	2.422,9	51,4%
Main-Tauber-Kreis	0,3	3,8	621,2	625,3	0,4	4,1	721,0	725,5	0,4	4,2	810,5	815,1	30,3%
Heidenheim	69,9	0,0	861,6	931,5	61,5	0,0	1.058,4	1.119,9	60,3	0,0	1.180,3	1.240,6	33,2%
Ostalbkreis	53,8	0,0	1.317,1	1.370,9	61,6	0,0	1.565,3	1.626,8	47,9	0,0	1.776,5	1.824,4	33,1%
Baden-Baden, Stadtkreis	0,3	0,0	149,1	149,5	0,9	0,0	169,5	170,3	0,9	0,0	186,8	187,7	25,6%
Karlsruhe, Stadtkreis	651,0	586,6	1.742,9	2.980,5	764,9	472,0	1.495,5	2.732,3	504,8	191,2	1.369,7	2.065,7	-30,7%
Karlsruhe, Landkreis	19,8	71,7	2.079,1	2.170,6	17,7	87,8	2.507,2	2.612,7	16,4	95,1	2.883,3	2.994,8	38,0%
Rastatt	113,5	181,9	1.813,6	2.108,9	132,0	238,1	2.076,1	2.446,1	133,7	259,1	2.287,5	2.680,3	27,1%
Heidelberg, Stadtkreis	0,1	0,0	200,1	200,2	0,1	0,0	238,6	238,7	0,2	0,0	266,2	266,4	33,0%
Mannheim, Stadtkreis	181,7	215,4	2.012,2	2.409,3	228,9	231,3	2.338,0	2.798,2	227,6	232,8	2.598,7	3.059,1	27,0%
Neckar-Odenwald-Kreis	2,1	50,4	477,3	529,8	1,6	64,6	537,3	603,5	2,1	69,4	601,3	672,8	27,0%
Rhein-Neckar-Kreis	6,1	5,8	2.441,1	2.452,9	7,4	6,8	2.879,9	2.894,1	9,5	7,5	3.250,4	3.267,4	33,2%
Pforzheim, Stadtkreis	2,1	0,0	232,1	234,2	2,3	0,0	282,6	285,0	0,0	0,0	323,8	323,9	38,3%
Calw	8,7	0,0	613,6	622,2	6,8	0,0	746,0	752,8	14,4	0,0	840,8	855,2	37,4%
Enzkreis	12,9	0,0	673,6	686,4	28,6	0,0	790,3	819,0	30,6	0,0	887,4	918,0	33,7%
Freudenstadt	0,0	0,0	813,1	813,1	26,2	0,0	981,2	1.007,4	33,2	0,0	1.115,1	1.148,4	41,2%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	256,9	0,0	826,3	1.083,3	323,3	0,0	1.067,2	1.390,5	321,0	0,0	1.236,9	1.557,9	43,8%
Breisgau-Hochschwarzwald	34,6	120,8	1.484,1	1.639,5	44,3	140,5	1.822,7	2.007,5	31,1	160,9	2.044,9	2.236,9	36,4%
Emmendingen	1,5	25,1	570,1	596,7	3,0	31,2	739,7	773,9	3,2	34,5	851,0	888,6	48,9%
Ortenaukreis	519,2	728,3	3.796,4	5.043,9	759,6	877,6	4.466,0	6.103,2	821,9	914,5	4.978,9	6.715,4	33,1%
Rottweil	11,1	0,0	794,5	805,6	14,2	0,0	993,4	1.007,6	12,8	0,0	1.136,6	1.149,4	42,7%
Schwarzwald-Baar-Kreis	67,7	0,0	1.488,1	1.555,7	101,4	0,0	1.900,3	2.001,6	80,0	0,0	2.201,2	2.281,2	46,6%
Tuttlingen	18,7	0,0	669,7	688,4	20,3	0,0	837,4	857,7	22,2	0,0	965,8	988,0	43,5%
Konstanz	364,0	0,0	1.475,1	1.839,1	424,1	0,0	1.829,8	2.253,9	454,3	0,0	2.051,2	2.505,5	36,2%
Lörrach	713,6	157,8	1.385,0	2.256,4	692,5	197,9	1.702,1	2.592,5	977,1	219,2	1.898,6	3.094,9	37,2%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	Bahn	Binnenschiff	Straße	Summe	
Waldshut	1,8	0,0	1.282,9	1.284,8	1,7	0,0	1.479,5	1.481,2	2,9	0,0	1.614,2	1.617,1	25,9%
Reutlingen	7,7	0,0	1.014,7	1.022,5	2,5	0,0	1.235,8	1.238,3	9,3	0,0	1.419,9	1.429,2	39,8%
Tübingen, Landkreis	1,1	0,0	547,3	548,4	1,5	0,0	649,8	651,3	1,5	0,0	725,8	727,4	32,6%
Zollernalbkreis	47,2	0,0	1.069,8	1.117,0	27,6	0,0	1.327,8	1.355,5	92,7	0,0	1.493,9	1.586,6	42,0%
Ulm, Stadtkreis	269,4	0,0	915,7	1.185,1	383,1	0,0	1.168,0	1.551,1	434,6	0,0	1.337,9	1.772,5	49,6%
Alb-Donau-Kreis	215,2	0,0	1.611,9	1.827,1	204,0	0,0	1.966,4	2.170,4	243,6	0,0	2.230,2	2.473,9	35,4%
Biberach	5,3	0,0	1.213,5	1.218,9	8,1	0,0	1.447,9	1.456,0	7,7	0,0	1.653,6	1.661,4	36,3%
Bodenseekreis	28,2	0,0	714,9	743,1	0,0	0,0	896,7	896,7	59,5	0,0	1.006,3	1.065,8	43,4%
Ravensburg	192,0	0,0	1.906,9	2.098,8	150,9	0,0	2.246,1	2.396,9	54,4	0,0	2.562,3	2.616,7	24,7%
Sigmaringen	53,9	0,0	1.218,3	1.272,3	85,8	0,0	1.358,3	1.444,1	69,7	0,0	1.510,4	1.580,1	24,2%
Transitverkehr	7.703,1	3.339,2	25.630,8	36.673,1	10.707,5	3.515,9	28.876,5	43.099,9	12.301,8	3.591,9	32.288,5	48.182,2	31,4%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	12.756,0	6.408,7	81.816,4	100.981,1	16.590,7	6.931,7	95.904,3	119.426,8	18.393,6	6.877,4	107.765,9	133.036,9	31,7%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	12.363,3	6.029,0	65.082,5	83.474,8	16.139,1	6.454,0	76.629,0	99.222,1	18.013,0	6.377,4	86.185,0	110.575,5	32,5%

Anhang C-2- 2: Entwicklung der Güterverkehrsleistung in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Klimaschutzscenario in Mio. tkm

C.3 Fahrleistung

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	333,7	152,9	251.878,6	252.365,1	408,1	157,2	289.283,7	289.849,0	343,5	138,1	316.496	316.977,5	25,6%
Böblingen	216,2	0,0	234.233,4	234.449,6	288,0	0,0	262.071,9	262.359,9	318,6	0,0	286.520	286.838,2	22,3%
Esslingen	130,0	71,9	244.727,7	244.929,6	152,4	78,7	299.754,8	299.985,9	107,8	78,7	349.113	349.299,1	42,6%
Göppingen	13,8	0,0	106.594,0	106.607,8	22,0	0,0	123.248,5	123.270,5	23,9	0,0	136.623	136.647,1	28,2%
Ludwigsburg	604,1	64,0	313.232,8	313.900,9	862,4	81,0	392.932,5	393.875,9	1.043,1	88,0	464.088	465.219,2	48,2%
Rems-Murr-Kreis	2,5	0,0	116.530,2	116.532,7	3,7	0,0	137.867,8	137.871,5	4,0	0,0	156.672	156.675,5	34,4%
Heilbronn, Stadtkreis	209,0	199,6	123.746,3	124.154,9	289,6	237,2	154.412,8	154.939,6	252,5	254,4	179.967	180.474,0	45,4%
Heilbronn, Landkreis	140,8	25,0	228.343,1	228.509,0	200,9	27,9	267.809,1	268.037,9	197,2	28,9	305.929	306.155,2	34,0%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	81.397,8	81.397,8	0,0	0,0	98.714,1	98.714,1	0,0	0,0	116.885	116.884,6	43,6%
Schwäbisch Hall	44,3	0,0	178.806,1	178.850,4	61,5	0,0	229.433,8	229.495,2	41,4	0,0	273.805	273.846,5	53,1%
Main-Tauber-Kreis	0,4	1,8	79.094,8	79.097,0	0,7	2,0	91.224,6	91.227,3	0,8	2,0	103.859	103.861,8	31,3%
Heidenheim	125,6	0,0	87.514,9	87.640,5	108,1	0,0	106.089,7	106.197,8	118,4	0,0	119.290	119.407,9	36,2%
Ostalbkreis	77,9	0,0	144.474,0	144.551,9	113,5	0,0	171.851,0	171.964,5	80,1	0,0	197.089	197.169,5	36,4%
Baden-Baden, Stadtkreis	0,4	0,0	19.072,0	19.072,4	0,9	0,0	21.276,5	21.277,4	1,1	0,0	23.179	23.179,9	21,5%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum
	Bahn	Binnen-schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen-schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen-schiff	Straße	Summe	2019-2040 in %
Karlsruhe, Stadtkreis	852,9	261,8	171.481,9	172.596,6	1.003,6	196,1	163.501,8	164.701,5	738,0	78,2	155.944	156.760,3	-9,2%
Karlsruhe, Landkreis	28,6	34,4	241.036,1	241.099,0	30,2	42,5	286.258,5	286.331,1	22,9	45,8	331.666	331.735,0	37,6%
Rastatt	170,5	81,3	201.525,9	201.777,8	225,2	104,3	227.707,2	228.036,8	214,9	113,4	250.004	250.332,8	24,1%
Heidelberg, Stadtkreis	0,2	0,0	22.272,3	22.272,4	0,3	0,0	25.761,0	25.761,3	0,3	0,0	28.700	28.700,2	28,9%
Mannheim, Stadtkreis	269,5	103,9	208.093,6	208.467,0	364,9	105,3	246.310,1	246.780,2	368,5	104,0	272.744	273.216,8	31,1%
Neckar-Odenwald-Kreis	2,8	28,3	56.131,3	56.162,4	2,5	36,8	62.297,0	62.336,3	3,2	39,8	69.868	69.910,6	24,5%
Rhein-Neckar-Kreis	7,4	3,2	264.487,9	264.498,5	11,0	3,7	306.069,6	306.084,3	11,6	4,1	345.438	345.453,3	30,6%
Pforzheim, Stadtkreis	1,2	0,0	31.148,1	31.149,3	1,5	0,0	37.053,2	37.054,7	0,1	0,0	42.391	42.391,1	36,1%
Calw	11,0	0,0	72.048,9	72.059,9	10,2	0,0	85.528,7	85.538,9	12,3	0,0	96.979	96.991,8	34,6%
Enzkreis	19,8	0,0	73.286,6	73.306,4	38,2	0,0	84.979,9	85.018,1	39,4	0,0	96.147	96.186,8	31,2%
Freudenstadt	0,0	0,0	100.271,0	100.271,0	61,8	0,0	119.276,1	119.338,0	67,6	0,0	135.685	135.752,9	35,4%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	354,0	0,0	94.509,8	94.863,8	534,6	0,0	121.010,8	121.545,4	485,6	0,0	141.476	141.961,4	49,6%
Breisgau-Hochschwarzwald	67,4	53,2	149.408,4	149.529,1	82,4	57,5	180.284,6	180.424,5	51,6	65,8	204.114	204.231,6	36,6%
Emmendingen	1,9	11,4	67.317,4	67.330,7	4,0	13,5	85.424,0	85.441,5	4,2	14,8	99.437	99.456,3	47,7%
Ortenaukreis	789,6	325,4	399.029,8	400.144,8	1.382,0	370,1	468.907,8	470.659,8	1.308,0	384,2	522.679	524.370,9	31,0%
Rottweil	16,2	0,0	78.744,0	78.760,3	34,4	0,0	96.732,4	96.766,9	22,8	0,0	110.676	110.698,5	40,6%
Schwarzwald-Baar-Kreis	85,5	0,0	155.805,9	155.891,4	114,0	0,0	196.828,5	196.942,5	102,7	0,0	227.876	227.979,0	46,2%
Tuttlingen	28,0	0,0	70.757,2	70.785,2	26,0	0,0	87.949,3	87.975,3	26,2	0,0	102.370	102.395,8	44,7%
Konstanz	654,1	0,0	146.888,4	147.542,4	821,1	0,0	184.068,2	184.889,3	808,8	0,0	208.510	209.318,5	41,9%
Lörrach	1.415,6	69,6	134.794,3	136.279,5	1.243,3	81,0	165.273,3	166.597,6	1.269,9	88,1	186.147	187.505,0	37,6%
Waldshut	2,3	0,0	115.936,2	115.938,5	3,1	0,0	132.910,3	132.913,3	3,1	0,0	146.624	146.627,4	26,5%
Reutlingen	9,9	0,0	119.662,2	119.672,0	12,6	0,0	143.650,0	143.662,7	3,1	0,0	166.817	166.819,7	39,4%
Tübingen, Landkreis	1,3	0,0	61.522,4	61.523,7	1,8	0,0	73.298,5	73.300,3	1,9	0,0	83.419	83.421,4	35,6%
Zollernalbkreis	58,0	0,0	124.068,5	124.126,5	62,2	0,0	150.274,7	150.336,9	122,5	0,0	171.430	171.553,0	38,2%
Ulm, Stadtkreis	513,3	0,0	97.620,3	98.133,6	763,5	0,0	123.318,6	124.082,1	758,3	0,0	143.578	144.336,2	47,1%
Alb-Donau-Kreis	348,3	0,0	160.590,5	160.938,7	436,0	0,0	191.919,2	192.355,2	438,8	0,0	219.847	220.285,4	36,9%
Biberach	8,2	0,0	132.884,2	132.892,4	14,5	0,0	157.398,4	157.412,9	13,9	0,0	181.474	181.487,9	36,6%
Bodenseekreis	30,4	0,0	77.887,7	77.918,0	59,0	0,0	96.004,8	96.063,9	71,2	0,0	111.771	111.842,1	43,5%
Ravensburg	197,5	0,0	202.503,6	202.701,1	153,8	0,0	238.392,7	238.546,5	55,4	0,0	272.367	272.422,8	34,4%
Sigmaringen	82,7	0,0	120.264,7	120.347,3	122,3	0,0	133.888,3	134.010,5	116,1	0,0	149.094	149.210,1	24,0%
Transitverkehr	14.916,0	1.472,3	1.840.736,9	1.857.125,3	19.206,5	1.442,2	2.085.978,3	2.106.627,0	22.335,3	1.470,3	2.370.030	2.393.835,6	28,9%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	22.842,8	2.960,0	8.002.361,6	8.028.164,4	29.338,2	3.037,1	9.404.226,5	9.436.601,8	32.010,8	2.998,5	10.674.816,7	10.709.826,0	33,4%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	22.318,0	2.771,8	5.919.000,0	5.944.089,8	28.657,0	2.804,3	7.008.000,0	7.039.461,3	31.464,0	2.759,8	7.962.000,0	7.996.223,8	34,5%

Anhang C-3- 1: Entwicklung der Fahrleistung im Güterverkehr (Bahn-, Lkw- oder Binnenschiffs-km) in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Bezugs-szenario in 1.000 km

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	
Stuttgart, Stadtkreis	333,7	152,9	251.878,6	252.365,1	339,0	159,5	288.203,4	288.701,9	361,5	143,8	314.460	314.965,3	24,8%
Böblingen	216,2	0,0	234.233,4	234.449,6	300,6	0,0	261.392,0	261.692,7	310,3	0,0	287.406	287.716,0	22,7%
Esslingen	130,0	71,9	244.727,7	244.929,6	147,6	79,6	298.283,5	298.510,7	110,4	80,9	348.567	348.758,7	42,4%
Göppingen	13,8	0,0	106.594,0	106.607,8	26,9	0,0	123.044,4	123.071,3	25,8	0,0	136.773	136.799,3	28,3%
Ludwigsburg	604,1	64,0	313.232,8	313.900,9	909,1	81,6	392.141,9	393.132,5	1.092,5	89,4	463.617	464.798,6	48,1%
Rems-Murr-Kreis	2,5	0,0	116.530,2	116.532,7	1,5	0,0	137.899,4	137.900,9	1,8	0,0	157.081	157.082,9	34,8%
Heilbronn, Stadtkreis	209,0	199,6	123.746,3	124.154,9	289,5	237,9	153.968,6	154.496,0	246,5	255,5	180.010	180.511,7	45,4%
Heilbronn, Landkreis	140,8	25,0	228.343,1	228.509,0	195,4	27,9	267.460,0	267.683,4	196,6	28,9	305.973	306.198,1	34,0%
Hohenlohekreis	0,0	0,0	81.397,8	81.397,8	0,0	0,0	98.821,6	98.821,6	0,0	0,0	117.284	117.283,8	44,1%
Schwäbisch Hall	44,3	0,0	178.806,1	178.850,4	47,5	0,0	229.695,0	229.742,5	35,6	0,0	274.758	274.793,1	53,6%
Main-Tauber-Kreis	0,4	1,8	79.094,8	79.097,0	0,7	2,0	91.309,1	91.311,9	0,7	2,0	104.206	104.208,8	31,7%
Heidenheim	125,6	0,0	87.514,9	87.640,5	119,7	0,0	106.221,2	106.340,9	113,7	0,0	119.692	119.805,4	36,7%
Ostalbkreis	77,9	0,0	144.474,0	144.551,9	105,2	0,0	171.951,0	172.056,2	79,4	0,0	197.617	197.696,1	36,8%
Baden-Baden, Stadtkreis	0,4	0,0	19.072,0	19.072,4	1,0	0,0	21.303,1	21.304,0	1,1	0,0	23.261	23.262,2	22,0%
Karlsruhe, Stadtkreis	852,9	261,8	171.481,9	172.596,6	1.112,3	196,8	156.241,1	157.550,2	793,5	79,9	152.929	153.802,5	-10,9%
Karlsruhe, Landkreis	28,6	34,4	241.036,1	241.099,0	29,7	42,5	286.153,8	286.226,0	28,1	46,0	332.046	332.119,7	37,8%
Rastatt	170,5	81,3	201.525,9	201.777,8	233,3	104,4	227.149,8	227.487,6	230,4	114,1	249.618	249.962,3	23,9%
Heidelberg, Stadtkreis	0,2	0,0	22.272,3	22.272,4	0,2	0,0	25.770,7	25.770,8	0,2	0,0	28.773	28.772,8	29,2%
Mannheim, Stadtkreis	269,5	103,9	208.093,6	208.467,0	380,3	108,5	241.496,0	241.984,7	372,4	109,9	269.497	269.979,3	29,5%
Neckar-Odenwald-Kreis	2,8	28,3	56.131,3	56.162,4	2,5	36,9	62.324,6	62.364,0	3,4	39,9	70.068	70.111,2	24,8%
Rhein-Neckar-Kreis	7,4	3,2	264.487,9	264.498,5	9,9	3,8	306.066,7	306.080,4	12,8	4,2	346.279	346.295,8	30,9%
Pforzheim, Stadtkreis	1,2	0,0	31.148,1	31.149,3	1,5	0,0	37.094,4	37.095,8	0,1	0,0	42.537	42.536,7	36,6%
Calw	11,0	0,0	72.048,9	72.059,9	11,8	0,0	85.536,9	85.548,6	21,1	0,0	96.868	96.889,2	34,5%
Enzkreis	19,8	0,0	73.286,6	73.306,4	52,2	0,0	84.579,2	84.631,4	54,5	0,0	95.912	95.967,0	30,9%
Freudenstadt	0,0	0,0	100.271,0	100.271,0	55,2	0,0	119.438,8	119.494,0	66,5	0,0	136.186	136.252,5	35,9%
Freiburg im Breisgau, Stadtkreis	354,0	0,0	94.509,8	94.863,8	468,1	0,0	120.966,3	121.434,4	445,4	0,0	141.220	141.665,5	49,3%
Breisgau-Hochschwarzwald	67,4	53,2	149.408,4	149.529,1	86,6	57,7	180.126,0	180.270,3	55,6	66,2	203.920	204.041,3	36,5%
Emmendingen	1,9	11,4	67.317,4	67.330,7	3,8	13,5	85.512,4	85.529,7	4,1	14,9	99.460	99.478,6	47,7%
Ortenaukreis	789,6	325,4	399.029,8	400.144,8	1.221,3	371,8	466.703,1	468.296,1	1.362,6	388,5	523.711	525.462,5	31,3%
Rottweil	16,2	0,0	78.744,0	78.760,3	24,3	0,0	96.786,3	96.810,6	21,3	0,0	111.020	111.041,0	41,0%
Schwarzwald-Baar-Kreis	85,5	0,0	155.805,9	155.891,4	148,6	0,0	195.701,5	195.850,2	125,6	0,0	228.024	228.149,7	46,4%

Kreis	2019				2030				2040				Wachstum 2019-2040 in %
	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	Bahn	Binnen- schiff	Straße	Summe	
Tuttlingen	28,0	0,0	70.757,2	70.785,2	35,9	0,0	87.919,2	87.955,1	36,6	0,0	102.505	102.541,5	44,9%
Konstanz	654,1	0,0	146.888,4	147.542,4	799,2	0,0	183.721,0	184.520,2	841,4	0,0	208.656	209.497,9	42,0%
Lörrach	1.415,6	69,6	134.794,3	136.279,5	1.361,6	81,6	163.527,5	164.970,7	1.874,7	90,5	184.543	186.508,6	36,9%
Waldshut	2,3	0,0	115.936,2	115.938,5	2,7	0,0	133.002,5	133.005,2	4,2	0,0	146.948	146.952,3	26,8%
Reutlingen	9,9	0,0	119.662,2	119.672,0	3,7	0,0	144.223,3	144.227,0	14,0	0,0	166.829	166.843,0	39,4%
Tübingen, Landkreis	1,3	0,0	61.522,4	61.523,7	2,0	0,0	73.336,9	73.338,9	2,1	0,0	83.672	83.674,1	36,0%
Zollernalbkreis	58,0	0,0	124.068,5	124.126,5	47,7	0,0	150.805,6	150.853,4	126,3	0,0	171.863	171.989,4	38,6%
Ulm, Stadtkreis	513,3	0,0	97.620,3	98.133,6	759,7	0,0	123.978,6	124.738,3	833,3	0,0	143.138	143.971,7	46,7%
Alb-Donau-Kreis	348,3	0,0	160.590,5	160.938,7	397,0	0,0	192.405,3	192.802,3	458,7	0,0	219.968	220.426,9	37,0%
Biberach	8,2	0,0	132.884,2	132.892,4	14,8	0,0	157.569,1	157.583,9	13,8	0,0	182.097	182.111,2	37,0%
Bodenseekreis	30,4	0,0	77.887,7	77.918,0	0,0	0,0	97.126,2	97.126,2	71,2	0,0	112.184	112.255,7	44,1%
Ravensburg	197,5	0,0	202.503,6	202.701,1	170,6	0,0	237.206,5	237.377,1	66,6	0,0	272.820	272.886,4	34,6%
Sigmaringen	82,7	0,0	120.264,7	120.347,3	154,8	0,0	133.270,0	133.424,9	122,4	0,0	149.326	149.448,4	24,2%
Transitverkehr	14.916,0	1.472,3	1.840.736,9	1.857.125,3	21.185,9	1.443,4	2.085.141,9	2.107.771,2	23.347,5	1.476,6	2.335.392,4	2.360.216,5	27,1%
BW Gesamt (inkl. Doppelzählung)	22.842,8	2.960,0	8.002.361,6	8.028.164,4	31.261,0	3.049,5	9.382.575,2	9.416.885,7	33.986,5	3.031,2	10.638.714,4	10.675.731,0	33,0%
BW Gesamt (ohne Doppelzählung)	22.318,0	2.771,8	5.919.000,0	5.944.089,8	30.570,0	2.813,1	6.993.000,0	7.026.383,1	33.404,0	2.784,1	7.921.000,0	7.957.188,1	33,9%

Anhang C-3- 2: Entwicklung der Fahrleistung im Güterverkehr (Bahn-, Lkw- oder Binnenschiffs-km) in Baden-Württemberg nach Kreisen und Verkehrsträgern im Klimaschutzenszenario in 1.000 km

D Anteilsstruktur nach Antriebsart

D.1 Pkw-Neuzulassungen

Jahr	Otto	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Hybrid (ohne PHEV)	PHEV	BEV (res.)	Sonst. (FCV)
2019	56,8	33,2	0,2	0,2	6,2	1,6	2,0	0,0
2020	43,2	29,1	0,2	0,3	10,9	8,7	7,7	0,0
2021	32,8	20,0	0,3	0,1	14,9	15,6	16,1	0,0
2022	29,2	17,8	0,5	0,1	17,3	15,7	19,4	0,0
2023	30,2	18,4	0,3	0,1	13,7	16,7	20,4	0,2
2024	29,1	17,8	0,3	0,1	13,3	17,7	21,4	0,3
2025	25,5	15,5	0,3	0,1	11,6	20,0	26,6	0,4
2026	25,4	15,5	0,3	0,1	11,6	18,0	28,6	0,6
2027	25,3	15,5	0,3	0,1	11,5	16,0	30,6	0,7
2028	25,3	15,4	0,3	0,1	11,5	14,0	32,6	0,9
2029	25,2	15,4	0,3	0,1	11,5	12,0	34,6	1,0
2030	12,8	7,8	0,1	0,0	5,8	10,0	62,3	1,2
2031	10,2	6,2	0,1	0,0	4,7	8,0	69,4	1,3
2032	7,7	4,7	0,1	0,0	3,5	6,0	76,6	1,4
2033	5,1	3,1	0,1	0,0	2,3	4,0	83,7	1,6
2034	2,6	1,6	0,0	0,0	1,2	2,0	90,9	1,7
2035	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2036	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2037	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2038	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2039	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2040	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0

Anhang D-1- 1: Anteilsstruktur der Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart, im Bezugsszenario

Jahr	Otto	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Hybrid (ohne PHEV)	PHEV	BEV (res.)	Sonst. (FCV)
2019	56,8	33,2	0,2	0,2	6,2	1,6	2,0	0,0
2020	43,2	29,1	0,2	0,3	10,9	8,7	7,7	0,0
2021	32,8	20,0	0,3	0,1	14,9	15,6	16,1	0,0
2022	29,2	17,8	0,5	0,1	17,3	15,7	19,4	0,0
2023	29,0	17,7	0,3	0,1	13,2	19,1	20,4	0,2
2024	20,7	12,6	0,2	0,1	9,4	14,7	41,9	0,3
2025	15,5	9,4	0,2	0,1	7,0	11,9	55,6	0,4
2026	12,9	7,9	0,1	0,0	5,9	10,7	62,0	0,6
2027	8,6	5,3	0,1	0,0	3,9	7,7	73,7	0,7
2028	6,9	4,2	0,1	0,0	3,1	6,6	78,3	0,9
2029	5,4	3,3	0,1	0,0	2,5	5,5	82,3	1,0
2030	0,6	0,4	0,0	0,0	0,3	0,7	96,9	1,2
2031	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2	0,4	97,4	1,3
2032	0,3	0,2	0,0	0,0	0,1	0,3	97,7	1,4
2033	0,2	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	97,9	1,6
2034	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	98,1	1,7
2035	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2036	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2037	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2038	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2039	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0
2040	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,0	2,0

Anhang D-1- 2: Anteilsstruktur der Pkw-Neuzulassungen nach Antriebsart, im Klimaschutzszenario

D.2 Pkw-Bestand

Jahr	Otto	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Hybrid (ohne PHEV)	PHEV	BEV (res.)	Sonst. (FCV)
2019	65,1	32,6	0,5	0,2	1,0	0,3	0,4	0,0
2020	64,6	31,7	0,5	0,2	1,5	0,8	0,8	0,0
2021	63,4	30,7	0,5	0,2	2,3	1,4	1,5	0,0
2022	62,3	29,8	0,5	0,2	3,1	2,0	2,2	0,0
2023	60,4	28,9	0,5	0,2	3,8	2,9	3,4	0,0
2024	58,4	27,9	0,5	0,2	4,5	3,9	4,6	0,0
2025	56,3	26,9	0,5	0,2	5,0	5,0	6,0	0,1
2026	54,2	25,8	0,5	0,2	5,5	6,0	7,6	0,1
2027	52,3	24,8	0,5	0,2	6,1	6,8	9,3	0,2
2028	50,4	23,7	0,5	0,2	6,5	7,4	11,1	0,2
2029	48,5	22,7	0,5	0,2	7,0	7,9	12,9	0,3
2030	45,9	21,4	0,5	0,2	7,1	8,2	16,5	0,3
2031	43,1	20,1	0,5	0,2	7,0	8,4	20,3	0,4
2032	40,3	18,8	0,5	0,2	6,9	8,4	24,5	0,5
2033	37,5	17,4	0,5	0,1	6,7	8,2	29,0	0,6
2034	34,6	16,0	0,5	0,1	6,4	7,9	33,7	0,7
2035	31,7	14,7	0,5	0,1	6,0	7,5	38,8	0,8
2036	28,9	13,4	0,5	0,1	5,6	7,0	43,7	0,9
2037	26,2	12,1	0,5	0,1	5,3	6,6	48,3	1,0
2038	23,7	11,0	0,4	0,1	4,9	6,1	52,7	1,1
2039	21,3	9,9	0,4	0,1	4,5	5,7	56,9	1,1
2040	19,1	8,8	0,4	0,1	4,2	5,3	60,9	1,2

Anhang D-2- 1: Anteilsstruktur des Pkw-Bestands nach Antriebsart, im Bezugsszenario

Jahr	Otto	Diesel	Flüssiggas	Erdgas	Hybrid (ohne PHEV)	PHEV	BEV (res.)	Sonst. (FCV)
2019	65,1	32,6	0,5	0,2	1,0	0,3	0,4	0,0
2020	64,6	31,7	0,5	0,2	1,5	0,8	0,8	0,0
2021	63,4	30,7	0,5	0,2	2,3	1,4	1,5	0,0
2022	62,3	29,8	0,5	0,2	3,1	2,0	2,2	0,0
2023	60,5	29,0	0,5	0,2	3,7	3,0	3,2	0,0
2024	58,2	27,9	0,5	0,2	4,1	3,7	5,4	0,0
2025	55,6	26,7	0,5	0,2	4,4	4,3	8,4	0,1
2026	53,0	25,4	0,5	0,2	4,6	4,7	11,6	0,1
2027	50,1	24,0	0,5	0,2	4,6	5,0	15,4	0,1
2028	47,3	22,6	0,5	0,2	4,6	5,2	19,5	0,2
2029	44,4	21,2	0,5	0,2	4,6	5,4	23,6	0,2
2030	41,3	19,7	0,5	0,2	4,4	5,2	28,5	0,3
2031	38,2	18,2	0,5	0,1	4,2	5,0	33,4	0,4
2032	35,2	16,8	0,5	0,1	4,0	4,8	38,2	0,4
2033	32,3	15,4	0,5	0,1	3,8	4,6	42,8	0,5
2034	29,6	14,1	0,5	0,1	3,6	4,3	47,2	0,6
2035	27,0	12,9	0,5	0,1	3,3	4,1	51,5	0,7
2036	24,5	11,7	0,4	0,1	3,1	3,8	55,6	0,8
2037	22,1	10,6	0,4	0,1	2,9	3,5	59,5	0,9
2038	19,8	9,5	0,4	0,1	2,7	3,3	63,1	1,0
2039	17,7	8,5	0,4	0,1	2,4	3,0	66,6	1,1
2040	15,8	7,6	0,4	0,1	2,2	2,8	69,9	1,2

Anhang D-2- 2: Anteilsstruktur des Pkw-Bestands nach Antriebsart, im Klimaschutzszenario

D.3 Lkw-Neuzulassungen

Jahr	SZM			SNF		
	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂
2019	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2020	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2021	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2022	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2023	100,0	0,0	0,0	99,0	1,0	0,0
2024	98,8	1,2	0,0	97,0	3,0	0,0
2025	97,0	3,0	0,0	95,3	4,7	0,0
2026	93,9	5,7	0,4	90,1	9,5	0,3
2027	87,4	11,8	0,8	83,6	15,6	0,8
2028	80,3	18,4	1,3	77,0	21,6	1,4
2029	72,8	25,3	2,0	69,9	28,1	2,1
2030	61,9	35,2	2,9	62,3	34,9	2,9
2031	53,3	42,8	3,9	55,2	41,0	3,9
2032	44,5	50,6	4,9	43,7	50,8	5,4
2033	35,4	58,5	6,2	34,9	54,8	10,3
2034	26,1	66,4	7,6	26,4	60,9	12,6
2035	16,5	74,3	9,1	17,8	66,9	15,3
2036	15,1	70,2	14,7	16,9	66,7	16,4
2037	14,5	69,7	15,8	16,0	66,4	17,5
2038	13,9	69,2	16,9	15,2	66,1	18,7
2039	13,3	68,6	18,1	14,4	65,7	19,9
2040	12,7	68,0	19,3	13,7	65,2	21,2

Anhang D-3- 1: Anteilsstruktur der Lkw-Neuzulassungen nach Antriebsart, im Bezugsszenario

Jahr	SZM			SNF		
	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂
2019	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2020	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2021	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2022	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2023	99,0	1,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2024	97,0	3,0	0,0	98,8	1,2	0,0
2025	85,1	14,9	0,0	97,0	3,0	0,0
2026	71,2	26,7	2,1	79,9	17,9	2,2
2027	57,7	38,6	3,7	65,6	31,2	3,2
2028	44,2	50,5	5,3	51,3	44,5	4,2
2029	30,8	62,3	6,9	37,1	57,8	5,1
2030	17,3	74,2	8,5	22,8	71,1	6,1
2031	7,4	82,5	10,1	11,4	80,4	8,2
2032	2,0	86,3	11,7	1,4	89,8	8,8
2033	1,5	85,2	13,3	1,2	89,3	9,5
2034	1,2	84,3	14,9	1,1	88,8	10,2
2035	0,8	82,0	18,0	0,4	89,0	10,8
2036	0,0	80,4	19,6	0,0	82,7	17,3
2037	0,0	78,8	21,2	0,0	81,5	18,5
2038	0,0	77,2	22,8	0,0	80,3	19,7
2039	0,0	75,6	24,4	0,0	79,1	20,9
2040	0,0	75,5	24,5	0,0	77,9	22,1

Anhang D-3- 2: Anteilsstruktur der Lkw-Neuzulassungen nach Antriebsart, im Klimaschutzszenario

D.4 Lkw-Bestand

Jahr	Alle Fahrzeuge			SZM			SNF		
	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂
2019	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2020	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2021	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2022	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2023	99,9	0,1	0,0	99,8	0,2	0,0	99,9	0,1	0,0
2024	99,2	0,8	0,0	98,7	1,3	0,0	99,6	0,4	0,0
2025	99,0	1,0	0,0	98,7	1,3	0,0	99,2	0,8	0,0
2026	97,8	2,1	0,0	97,2	2,8	0,1	98,3	1,7	0,0
2027	95,9	3,9	0,1	94,7	5,1	0,2	96,8	3,1	0,1
2028	93,3	6,4	0,3	91,3	8,3	0,4	94,7	5,0	0,2
2029	89,9	9,6	0,5	86,9	12,4	0,7	92,0	7,5	0,4
2030	85,7	13,4	0,9	81,7	17,2	1,1	88,7	10,6	0,7
2031	80,8	17,9	1,3	75,6	22,7	1,7	84,7	14,3	1,0
2032	74,9	23,2	1,9	68,4	29,2	2,5	79,8	18,7	1,5
2033	68,4	28,6	3,1	60,6	35,5	3,9	74,1	23,4	2,4
2034	61,3	34,3	4,5	52,5	41,9	5,7	67,9	28,6	3,6
2035	53,8	40,1	6,1	44,0	48,3	7,7	61,1	34,0	4,9
2036	46,8	45,4	7,8	36,6	53,7	9,7	54,6	39,1	6,3
2037	40,5	50,0	9,5	30,1	58,1	11,8	48,4	43,8	7,8
2038	34,9	53,8	11,3	24,9	61,2	13,9	42,6	48,0	9,3
2039	30,1	56,9	13,0	20,8	63,5	15,7	37,3	51,8	10,9
2040	25,4	61,2	13,5	16,8	68,6	14,6	32,0	55,4	12,6

Anhang D-4- 1: Anteilsstruktur des Lkw-Bestands nach Antriebsart, im Bezugsszenario

Jahr	Alle Fahrzeuge			SZM			SNF		
	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂	Diesel	BEV	H ₂
2019	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2020	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2021	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2022	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
2023	99,9	0,1	0,0	100,0	0,0	0,0	99,9	0,1	0,0
2024	99,7	0,3	0,0	99,8	0,2	0,0	99,6	0,4	0,0
2025	98,7	1,3	0,0	99,4	0,6	0,0	98,3	1,7	0,0
2026	95,9	3,8	0,3	96,3	3,4	0,3	95,6	4,2	0,2
2027	91,5	7,8	0,7	91,1	8,1	0,8	91,8	7,7	0,5
2028	85,5	13,3	1,2	83,8	14,7	1,4	86,8	12,2	1,0
2029	78,0	20,1	1,9	74,5	23,3	2,2	80,6	17,8	1,6
2030	69,0	28,3	2,7	63,2	33,7	3,1	73,3	24,4	2,4
2031	59,0	37,3	3,7	50,6	45,1	4,3	65,1	31,6	3,3
2032	48,7	46,5	4,8	38,0	56,6	5,4	56,6	39,1	4,3
2033	39,3	54,8	5,9	27,3	66,3	6,4	48,2	46,3	5,5
2034	30,9	62,0	7,1	18,5	74,1	7,4	40,2	53,1	6,8
2035	23,7	68,0	8,3	11,6	80,1	8,4	32,8	59,0	8,3
2036	17,7	72,3	10,0	6,6	83,3	10,2	26,1	64,1	9,9
2037	13,0	75,4	11,7	3,4	84,7	11,9	20,2	68,4	11,5
2038	9,5	77,2	13,3	1,8	84,6	13,6	15,3	71,6	13,2
2039	6,8	78,1	15,1	1,0	83,7	15,4	11,4	73,9	14,8
2040	4,4	78,8	16,8	0,5	82,3	17,2	7,5	76,1	16,5

Anhang D-4- 2: Anteilsstruktur des Lkw-Bestands nach Antriebsart, im Klimaschutzszenario

E Entwicklung von Verkehrsgrößen

E.1 Bezugszenario

		2019	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Verkehrsleistung																				
PV [Mrd. Pkm]	MIV	123,1	120	120	120	120	120	120,1	120,1	120,1	120,7	121,3	122	122,6	123,2	123,9	124,5	125,2	125,8	126,5
	Schiene	12,8	13,6	13,9	14,3	14,6	15	15,4	15,8	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,9	17,0	17,1	17,2	17,3
	ÖSPV	8,8	7,5	7,8	8,1	8,4	8,7	9	9,4	9,7	9,7	9,7	9,6	9,6	9,5	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3
	Luft	0,98	0,83	0,86	0,89	0,91	0,94	0,97	1,01	1,04	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,16
	Rad	4,90	4,90	5,05	5,21	5,37	5,54	5,71	5,89	6,07	6,09	6,11	6,13	6,14	6,16	6,18	6,20	6,22	6,23	6,25
	Fuß	4,72	4,72	4,73	4,74	4,75	4,76	4,77	4,78	4,79	4,79	4,78	4,78	4,77	4,77	4,76	4,76	4,75	4,75	4,74
GV [Mrd. tkm]	Straße	65,08	62,9	64,72	66,61	68,54	70,53	72,58	74,69	76,87	77,81	78,76	79,72	80,70	81,69	82,69	83,70	84,73	85,76	86,81
	Schiene	12,36	12,11	12,51	12,93	13,36	13,81	14,28	14,75	15,25	15,39	15,53	15,68	15,82	15,97	16,11	16,26	16,41	16,57	16,72
	Binnenschiff	6,03	4,92	5,12	5,32	5,52	5,74	5,96	6,2	6,44	6,43	6,41	6,40	6,39	6,38	6,37	6,36	6,35	6,34	6,33
Fahrleistung [Mrd. Fzkm bzw. Mrd. Zugkm]																				
PV	Pkw	79,9	77,44	77,46	77,47	77,48	77,5	77,51	77,52	77,94	78,34	78,75	79,15	79,56	79,98	80,39	80,81	81,22	81,65	82,07
	- Verbrenner	79,48	72,19	70,35	68,26	66,21	64,2	62,24	60,35	57,52	54,57	51,42	48,12	44,66	41,05	37,58	34,23	31,03	27,99	25,12
	- PHEV	0,17	1,92	2,67	3,56	4,34	4,99	5,52	5,93	6,24	6,38	6,41	6,30	6,08	5,73	5,39	5,03	4,68	4,33	3,99
	-- davon fossil	0,12	1,35	1,82	2,36	2,79	3,13	3,37	3,52	3,6	3,68	3,70	3,64	3,51	3,31	3,11	2,90	2,70	2,50	2,30
	-- davon elektrisch	0,05	0,58	0,85	1,2	1,54	1,86	2,16	2,41	2,64	2,70	2,71	2,67	2,57	2,42	2,28	2,13	1,98	1,83	1,69
	- BEV (inkl. FCV)	0,25	3,33	4,43	5,65	6,94	8,31	9,74	11,24	14,18	17,38	20,91	24,73	28,83	33,19	37,43	41,54	45,51	49,32	52,96
	SPV	0,1399	0,1480	0,1518	0,1556	0,1596	0,1636	0,1677	0,1720	0,1763	0,1776	0,1788	0,1801	0,1814	0,1827	0,1839	0,1852	0,1866	0,1879	0,1892
GV	Straße	13,51	13,35	13,7	14,3	14,93	15,6	16,29	17,02	17,78	18,19	18,61	19,05	19,50	19,96	20,43	20,91	21,40	21,91	22,44
	Schiene	0,0223	0,0222	0,0230	0,0239	0,0248	0,0257	0,0266	0,0276	0,0287	0,0289	0,0292	0,0295	0,0297	0,0300	0,0303	0,0306	0,0309	0,0312	0,0315
	Binnenschiff	2,77	2,22	2,3	2,37	2,45	2,54	2,62	2,71	2,80	2,80	2,80	2,79	2,79	2,78	2,78	2,77	2,77	2,76	2,76
Eingesetzte Energieträger (bezogen auf Fahrleistung)																				
PV	Pkw Ottokraftstoff	3,39	3,36	3,29	3,2	3,11	3,02	2,94	2,86	2,74	2,60	2,45	2,30	2,13	1,96	1,80	1,64	1,49	1,34	1,21
	Pkw Diesel	2,53	2,05	1,98	1,91	1,83	1,76	1,7	1,63	1,52	1,44	1,35	1,26	1,16	1,06	0,97	0,88	0,79	0,71	0,60
GV	Straße Diesel	2,70	2,45	2,47	2,52	2,56	2,61	2,66	2,71	2,76	2,50	2,26	2,05	1,86	1,69	1,53	1,39	1,26	1,15	1,04
CO₂-Emissionen (direkt, Mio. t)																				
	GESAMT	22,12	19,82	19,56	19,32	19,09	18,88	18,68	18,49	17,65	16,65	15,62	14,55	13,45	12,31	11,23	10,20	9,21	8,29	7,07
PV	Pkw	13,74	12,40	12,13	11,81	11,51	11,21	10,92	10,65	9,70	9,19	8,65	8,08	7,49	6,88	6,29	5,72	5,18	4,66	4,11
	- Ottokraftstoff	7,50	7,43	7,37	7,28	7,19	7,10	7,01	6,92	6,02	5,71	5,39	5,04	4,68	4,31	3,95	3,60	3,26	2,95	2,66
	- Diesel	6,24	4,97	4,76	4,53	4,32	4,11	3,91	3,73	3,68	3,48	3,26	3,04	2,81	2,57	2,34	2,12	1,92	1,72	1,45
	Straße sonst.	0,69	0,55	0,51	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,10
	SPV	0,086	0,077	0,076	0,074	0,073	0,072	0,070	0,069	0,068	0,066	0,065	0,063	0,062	0,060	0,059	0,058	0,056	0,055	0,054
	Luft	0,037	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,022
	Summe	14,55	13,05	12,75	12,40	12,07	11,74	11,43	11,13	10,16	9,61	9,02	8,42	7,80	7,16	6,54	5,95	5,39	4,86	4,29
GV	Straße	7,38	6,62	6,66	6,76	6,86	6,96	7,07	7,18	7,30	6,87	6,43	5,97	5,50	5,01	4,55	4,12	3,70	3,31	2,67
	Schiene	0,014	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009
	Binnenschiff	0,183	0,144	0,148	0,153	0,157	0,162	0,167	0,172	0,177	0,167	0,157	0,148	0,140	0,132	0,124	0,117	0,111	0,104	0,099
	Summe	7,57	6,77	6,82	6,92	7,03	7,14	7,25	7,37	7,49	7,05	6,59	6,13	5,65	5,16	4,69	4,24	3,82	3,43	2,78

Anhang E 1: Entwicklung von Verkehrsgrößen, Bezugsszenario, 2023 bis 2040

E.2 Klimaschutzszenario

		2019	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Verkehrsleistung																				
PV [Mrd. Pkm]	MIV	123,1	120,0	116,4	112,9	109,5	106,2	103,0	99,9	90,2	90,7	91,1	91,6	92,0	92,5	93,0	93,4	93,9	94,4	94,9
	Schiene	12,8	13,6	14,5	15,5	16,5	17,7	21,0	24,9	29,5	29,5	29,5	29,4	29,4	29,4	29,3	29,3	29,3	29,2	29,2
	ÖSPV	8,8	7,5	8,1	8,8	9,5	10,3	11,1	12,0	13,0	13,0	13,0	13,1	13,1	13,1	13,2	13,2	13,2	13,2	13,3
	Luft	0,98	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,01
	Rad	4,90	4,90	5,36	5,87	6,43	7,04	7,70	8,43	9,23	9,26	9,29	9,32	9,36	9,39	9,42	9,45	9,48	9,51	9,54
	Fuß	4,72	4,72	4,77	4,82	4,87	4,92	4,97	5,02	5,07	5,07	5,06	5,06	5,05	5,05	5,04	5,04	5,03	5,03	5,02
GV [Mrd. tkm]	Straße	65,08	62,90	64,70	66,55	68,45	70,41	72,42	74,50	76,63	77,53	78,45	79,38	80,32	81,27	82,23	83,20	84,18	85,18	86,19
	Schiene	12,36	12,11	12,61	13,14	13,69	14,27	14,87	15,49	16,14	16,32	16,50	16,68	16,86	17,05	17,24	17,43	17,62	17,82	18,01
	Binnenschiff	6,03	4,92	5,12	5,32	5,53	5,75	5,97	6,21	6,45	6,45	6,44	6,43	6,42	6,42	6,41	6,40	6,39	6,39	6,38
Fahrleistung [Mrd. Fzkm bzw. Mrd. Zugkm]																				
PV	Pkw	79,90	77,44	74,03	70,76	67,64	64,65	61,80	59,07	52,57	52,83	53,09	53,36	53,62	53,89	54,16	54,43	54,70	54,97	55,24
	- Verbrenner	79,48	72,19	66,31	60,03	54,08	48,07	42,27	36,86	29,23	27,21	25,20	23,25	21,39	19,59	18,25	16,79	15,21	13,49	11,62
	- PHEV	0,17	1,92	2,27	2,52	2,64	2,68	2,67	2,65	2,27	2,19	2,10	2,02	1,89	1,80	1,69	1,58	1,48	1,38	1,29
	-- davon fossil	0,12	1,35	1,55	1,67	1,70	1,68	1,63	1,57	1,31	1,26	1,21	1,16	1,09	1,04	0,97	0,91	0,85	0,80	0,75
	-- davon elektrisch	0,05	0,58	0,72	0,85	0,94	1,00	1,04	1,08	0,96	0,93	0,89	0,85	0,80	0,76	0,71	0,67	0,63	0,59	0,55
	- BEV (inkl. FCV)	0,25	3,33	5,45	8,21	10,92	13,90	16,86	19,56	21,07	23,44	25,79	28,09	30,35	32,51	34,22	36,05	38,01	40,10	42,33
	SPV	0,1399	0,1480	0,1581	0,1689	0,1804	0,1927	0,2287	0,2715	0,3401	0,3397	0,3393	0,3389	0,3385	0,3381	0,3378	0,3374	0,3370	0,3366	0,2924
GV	Straße	13,51	13,35	13,70	14,30	14,93	15,59	16,28	17,00	17,76	18,17	18,60	19,03	19,47	19,93	20,40	20,88	21,37	21,88	22,39
	Schiene	0,0223	0,0222	0,0232	0,0243	0,0254	0,0266	0,0279	0,0292	0,0306	0,0308	0,0311	0,0314	0,0317	0,0320	0,0322	0,0325	0,0328	0,0331	0,0334
	Binnenschiff	2,77	2,22	2,30	2,38	2,46	2,54	2,63	2,72	2,81	2,81	2,81	2,80	2,80	2,80	2,80	2,79	2,79	2,79	2,78
Eingesetzte Energieträger (bezogen auf Fahrleistung)																				
PV	Pkw Ottokraftstoff	3,39	3,36	3,14	2,87	2,59	2,12	1,85	1,59	1,22	1,15	1,08	1,00	0,92	0,85	0,80	0,74	0,66	0,58	0,48
	Pkw Diesel	2,53	2,05	1,79	1,57	1,37	1,12	1,00	0,89	0,74	0,67	0,61	0,55	0,50	0,45	0,41	0,37	0,33	0,30	0,27
GV	Lkw	2,70	2,45	2,31	2,26	2,21	2,16	2,07	2,02	1,98	1,51	1,15	0,87	0,67	0,51	0,39	0,29	0,22	0,17	0,13
CO₂-Emissionen (direkt, Mio. t)¹⁰⁶																				
	GESAMT	22,12	19,82	18,08	16,56	15,12	13,08	11,77	10,66	9,17	7,85	6,43	5,17	4,06	3,09	2,27	1,56	0,94	0,42	0,00
PV	Pkw	13,74	12,40	11,18	9,90	8,70	6,89	5,91	5,00	3,73	3,21	2,57	2,02	1,54	1,13	0,81	0,54	0,30	0,12	0,00
	- Ottokraftstoff	7,50	7,43	6,89	6,21	5,54	4,40	3,75	3,13	2,27	1,99	1,63	1,29	1,00	0,74	0,55	0,37	0,21	0,09	0,00
	- Diesel	6,24	4,97	4,29	3,69	3,16	2,49	2,16	1,87	1,46	1,22	0,95	0,72	0,54	0,39	0,26	0,17	0,09	0,04	0,00
	Straße sonst.	0,69	0,55	0,45	0,36	0,30	0,24	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
	SPV	0,086	0,077	0,079	0,080	0,081	0,083	0,093	0,105	0,125	0,114	0,098	0,083	0,069	0,056	0,043	0,031	0,020	0,010	0,000
	Luft	0,037	0,027	0,027	0,026	0,026	0,025	0,025	0,024	0,019	0,022	0,019	0,017	0,014	0,012	0,009	0,007	0,004	0,002	0,000
	Summe	14,55	13,05	11,73	10,37	9,11	7,24	6,23	5,29	4,00	3,46	2,79	2,20	1,68	1,25	0,90	0,60	0,34	0,14	0,00
GV	Straße	7,38	6,62	6,20	6,02	5,84	5,66	5,37	5,20	4,99	4,39	3,63	2,96	2,37	1,84	1,37	0,96	0,59	0,28	0,00
	Schiene	0,014	0,012	0,012	0,012	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,010	0,009	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002	0,001	0,000
	Binnenschiff	0,183	0,144	0,148	0,152	0,155	0,159	0,163	0,166	0,169	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Summe	7,57	6,77	6,36	6,18	6,01	5,83	5,55	5,37	5,17	4,40	3,64	2,97	2,37	1,84	1,37	0,96	0,60	0,28	0,00

Anhang E 2: Entwicklung von Verkehrsgrößen, Klimaschutzszenario, 2023 bis 2040

¹⁰⁶Refuels sind hier, abweichend von Tabellen außerhalb des Anhangs, bei den einzelnen Verkehrsträgern enthalten.

F Pkw-Dichte

Kreis	Pkw-Dichte 2019	BzSz 2030	BzSz 2040	KsSz 2030	KsSz 2040
Stuttgart	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Böblingen	> 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Esslingen	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Göppingen	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	600 - 650
Ludwigsburg	600 - 650	600 - 650	> 650	550 - 600	500 - 550
Rems-Murr-Kreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Heilbronn, Stadt	500 - 550	550 - 600	550 - 600	< 500	< 500
Heilbronn, Kreis	> 650	> 650	> 650	> 650	> 650
Hohenlohekreis	> 650	> 650	> 650	> 650	> 650
Schwäbisch Hall	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Main-Tauber-Kreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Heidenheim	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	600 - 650
Ostalbkreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Baden-Baden	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Karlsruhe, Stadt	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Karlsruhe, Kreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Rastatt	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Heidelberg	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Mannheim	< 500	500 - 550	500 - 550	< 500	< 500
Neckar-Odenwald-Kreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Rhein-Neckar-Kreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Pforzheim	500 - 550	500 - 550	500 - 550	< 500	< 500
Calw	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Enzkreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Freudenstadt	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Freiburg i. Br.	< 500	< 500	< 500	< 500	< 500
Breisgau-Hochschwarzwald	600 - 650	600 - 650	> 650	500 - 550	500 - 550
Emmendingen	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Ortenaukreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Rottweil	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Schwarzwald-Baar-Kreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Tuttlingen	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Konstanz	550 - 600	550 - 600	600 - 650	500 - 550	< 500
Lörrach	600 - 650	600 - 650	> 650	500 - 550	500 - 550
Waldshut	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Reutlingen	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Tübingen	550 - 600	550 - 600	600 - 650	< 500	< 500
Zollernalbkreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Ulm	500 - 550	500 - 550	550 - 600	< 500	< 500
Alb-Donau-Kreis	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Biberach	> 650	> 650	> 650	600 - 650	600 - 650
Bodenseekreis	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	550 - 600
Ravensburg	600 - 650	> 650	> 650	550 - 600	600 - 650
Sigmaringen	> 650	> 650	> 650	600 - 650	> 650