

## RENEWABILITY

# „Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“

FZK 0327546

Endbericht an das Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit (BMU)

Berlin, Dezember 2009

Teil 2: Szenario-Prozess und  
Szenarioergebnisse

**Öko-Institut e.V. (Büros Darmstadt und Berlin)**  
und  
**DLR-IVF (Berlin)**

**Öko-Institut e.V.**  
Geschäftsstelle Freiburg  
Postfach 50 02 40  
79028 Freiburg, Deutschland  
**Hausadresse**  
Merzhauser Straße 173  
79100 Freiburg, Deutschland  
**Telefon** +49 (0) 761 - 4 52 95-0  
**Fax** +49 (0) 761 - 4 52 95-88

Wissenschaftliche Partner:

- Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU)
- Deutsches Biomasse-Forschungszentrum (DBFZ, ehemals Institut für Energetik und Umwelt Leipzig)
- Professur für Verkehrsströmungslehre der Technische Universität Dresden

**Büro Darmstadt**  
Rheinstraße 95  
64295 Darmstadt, Deutschland  
**Telefon** +49 (0) 6151 - 81 91-0  
**Fax** +49 (0) 6151 - 81 91-33

**Büro Berlin**  
Novalisstraße 10  
10115 Berlin, Deutschland  
**Telefon** +49 (0) 30 - 28 04 86-80  
**Fax** +49 (0) 30 - 28 04 86-88

Das diesem Bericht zu Grunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des *Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit* unter dem Förderkennzeichen FZK 0327546 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei dem Autor.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 <b>Hintergrund und Ausgangslage</b> .....	<b>1</b>
1.2 <b>Renewbility: Das Forschungsprojekt</b> .....	<b>2</b>
1.2.1 Ziele des Forschungsvorhabens .....	2
1.2.2 Arbeitsschritte des Forschungsvorhabens .....	3
1.2.3 Stoffstromanalyse und Partizipation.....	4
1.3 <b>Aufbau des Endberichtes</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Szenarioprozess</b> .....	<b>7</b>
2.1 <b>Ziele</b> .....	<b>7</b>
2.2 <b>Szenarioprozess</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Basisszenario</b> .....	<b>10</b>
3.1 <b>Einleitung</b> .....	<b>10</b>
3.2 <b>Prämissen</b> .....	<b>11</b>
3.3 <b>Entwicklung der Verkehrsnachfrage</b> .....	<b>15</b>
3.3.1 Ergebnisse im Basisszenario Personenverkehr.....	15
3.3.2 Ergebnisse im Basisszenario Güterverkehr .....	19
3.3.3 Ergebnisse der Pkw-Zulassungsstruktur im Basisszenario .....	21
3.3.4 Ergebnisse der Lkw-Zulassungsstruktur im Basisszenario .....	22
3.4 <b>Entwicklung des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen</b> .....	<b>24</b>
<b>4 Szenario „Klimaschutz im Verkehr – Perspektiven bis 2030“</b>	<b>27</b>

<b>4.1</b>	<b>Annahmen und Maßnahmen</b> .....	<b>27</b>
4.1.1	Ausweitung des Angebots im Öffentlichen Verkehr .....	27
4.1.2	CO <sub>2</sub> -Flottengrenzwert für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge .....	29
4.1.3	Einsatz von Elektrofahrzeugen .....	30
4.1.4	Anstieg der Kraftstoffpreise und Umstellung der Mineralölsteuer .....	31
4.1.5	Beimischung von Biokraftstoffen .....	32
4.1.6	Umstellung der Kfz-Steuer für Lkw .....	34
4.1.7	Optimierung der Logistik .....	35
4.1.8	Kraftstoffsparende Fahrweise .....	41
4.1.9	Nutzung moderner Telematik- und IT-Systeme .....	41
4.1.10	Erhöhung der Lkw-Maut .....	42
<b>4.2</b>	<b>Einordnung der Maßnahmen in den europäischen Kontext</b> .....	<b>43</b>
4.2.1	Länderauswahl .....	44
4.2.2	Herkunft und Qualität der Daten .....	45
4.2.3	Europäische Union .....	45
4.2.4	Schweden .....	49
4.2.5	Großbritannien .....	51
4.2.6	Frankreich .....	53
4.2.7	Niederlande .....	55
4.2.8	Spanien .....	57
4.2.9	Österreich .....	60
4.2.10	Polen .....	65
4.2.11	Tschechien .....	66
4.2.12	Ungarn .....	68
4.2.13	Zusammenfassung der nationalen Politiken und Maßnahmen .....	69
<b>4.3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>77</b>
4.3.1	Nachfrage .....	77
4.3.2	Stoffstromanalyse .....	90
<b>5</b>	<b>Szenarien</b> .....	<b>103</b>
<b>5.1</b>	<b>Grenzwerte Pkw und LNF</b> .....	<b>103</b>
5.1.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme .....	103
5.1.2	Ergebnisse .....	104
<b>5.2</b>	<b>Elektromobilität 150 g CO<sub>2</sub>/kWh-Strom</b> .....	<b>106</b>
5.2.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme .....	106

5.2.2	Ergebnisse .....	106
<b>5.3</b>	<b>Kfz-Steuer nach dem VCD-Modell .....</b>	<b>106</b>
5.3.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	106
5.3.2	Ergebnisse .....	107
<b>5.4</b>	<b>Reformierung der Pkw - Besteuerung in Anlehnung an die britische Umsetzung.....</b>	<b>107</b>
5.4.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	107
5.4.2	Ergebnisse .....	108
<b>5.5</b>	<b>Abschaffung der Pendlerpauschale.....</b>	<b>109</b>
5.5.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	109
5.5.2	Ergebnisse .....	109
<b>5.6</b>	<b>Tempobegrenzer für Lkw und Tempolimit von 120 km/h auf BAB.....</b>	<b>110</b>
5.6.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	110
5.6.2	Ergebnisse .....	110
<b>5.7</b>	<b>Lkw-Maut.....</b>	<b>110</b>
5.7.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	110
5.7.2	Ergebnisse .....	112
<b>5.8</b>	<b>Einsatz von 25-Meter-Lkw für Volumengüter .....</b>	<b>112</b>
5.8.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	112
5.8.2	Ergebnisse .....	115
<b>5.9</b>	<b>Technologieförderung.....</b>	<b>117</b>
5.9.1	Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme.....	117
5.9.2	Ergebnisse .....	118
<b>6</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse und Erkenntnisse für die Politik.....</b>	<b>121</b>
6.1	Erkenntnisse bezüglich der Implementierung und der Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr .....	121
6.2	Sind weitere Minderungen möglich? .....	126
<b>7</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>128</b>
7.1	Basisszenario .....	128
7.2	Szenario „Klimaschutz im Verkehr - Perspektiven bis 2030“ .....	129
7.3	Szenarien .....	132
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>134</b>



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht der Annahmen im Basisszenario	13
Tabelle 2:	Trendfortschreibung der NZL von Lkw und SZM/GLZ nach Größenklassen	23
Tabelle 3:	Annahmen zur Entwicklung der Kraftstoffpreise	31
Tabelle 4:	Anteile von Biokraftstoffen in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“	32
Tabelle 5:	Herkunft von Biodiesel in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“	33
Tabelle 6:	Herkunft von Bioethanol in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“	33
Tabelle 7:	Annahme eines CO <sub>2</sub> -bezogenen Kfz-Steuersatzes für Lkw unterschiedlicher Effizienzvarianten [Euro/Fahrzeug]	34
Tabelle 8:	Last- und Leerfahrten deutscher Lkw in Mio. km von 2000 bis 2006	36
Tabelle 9:	Tourenmuster und deren prozentuale Gewichtung im Basisszenario und bei der Maßnahme „Logistikoptimierung“	38
Tabelle 10:	Aufschlüsselung der Ladungs- und Leerfahrten in den Tourenmustern und deren Gewichtung bei der Maßnahme „Logistikoptimierung“	40
Tabelle 11:	Annahmen zur Entwicklung der Lkw-Maut je Fahrzeugklasse [zGG]	42
Tabelle 12:	Annahmen zur Entwicklung einer Lkw-Maut gültig auf allen Straßen und für alle Nutzfahrzeuge über 3,5 t zGG	111
Tabelle 13:	Entwicklung von Neuzulassungen und Bestand der SZM/GLZ und 25-Meter-Lkw in der Szenarete „25-Meter-Lkw“	113
Tabelle 14:	Angenommene Förderbeträge für die effizientesten Fahrzeugvarianten in der Szenarete „Technologieförderung“	118
Tabelle 15:	Geförderter Anteil der Neuzulassungen nach Lkw-Fahrzeugklassen	119

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der Prozess im Renewability-Verbundvorhaben mit den wichtigsten Arbeitsschritten	3
Abbildung 2: Der partizipative Prozess bei Renewability	5
Abbildung 3: Modal Split im Status quo 2005 nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)	15
Abbildung 4: Modal Split im Basisszenario 2030 nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)	16
Abbildung 5: Wegeaufkommen im Status quo 2005 und dem Basisszenario 2030 nach BBR-Kategorie und Modus	16
Abbildung 6: Relative Änderungen des Wegeaufkommens nach BBR-Kategorie und Modus: Vergleich Status quo 2005 und Basisszenario 2030	17
Abbildung 7: Entwicklung der Fahrleistung der Verkehrsträger im ÖV in Fzkm im Basisszenario	17
Abbildung 8: Entwicklung der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario	18
Abbildung 9: Entwicklung der Fahrleistung des Straßengüterverkehrs mit Lkw $\geq 3,5$ t zGG	20
Abbildung 10: Entwicklung der Fahrleistung des Schienengüterverkehrs und des Güterverkehrs mit Binnenschiffen	21
Abbildung 11: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungsanteile im Basisszenario	22
Abbildung 12: Trend der Lkw-Neuzulassungen bis 2030	23
Abbildung 13: Endenergiebedarf im Basisszenario differenziert nach Personen- und Güterverkehr	24
Abbildung 14: Endenergiebedarf im Basisszenario differenziert nach Energieträgern	25
Abbildung 15: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs im Basisszenario	26
Abbildung 16: Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs im Basisszenario differenziert nach den Verkehrsträgern	26
Abbildung 17: Darstellung von Veränderung der Tourenmuster	39
Abbildung 18: Anteile der Technologievarianten innerhalb der Größenklassen im Jahr 2030	77
Abbildung 19: Modal Split im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)	79
Abbildung 20: Prozentuale Änderung des Modal Split 2030 im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Basisszenario	79
Abbildung 21: Wegeaufkommen 2030 im Basisszenario und im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nach BBR-Kategorie und Modus	80

Abbildung 22: Entwicklung der Fahrleistung der Verkehrsträger im ÖV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	81
Abbildung 23: Entwicklung der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	82
Abbildung 24: Prozentuale Änderungen der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Jahr 2005	82
Abbildung 25: Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung im Personenverkehr in Personenkilometern im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	83
Abbildung 26: Neuzulassungen von Lkw <3,5 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	84
Abbildung 27: Neuzulassungen von Lkw 3,5–7,5 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	85
Abbildung 28: Neuzulassungen von Lkw 7,5–12 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	85
Abbildung 29: Neuzulassungen von Lkw >12 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	86
Abbildung 30: Neuzulassungen von SZM/GLZ im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	87
Abbildung 31: Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Basisjahr mit Szenarien im Jahr 2030	88
Abbildung 32: Veränderung der Gesamtfahrleistungen im Straßengüterverkehr, Basisszenario – Szenario „Klimaschutz im Verkehr“	89
Abbildung 33: Veränderungen der Fahrleistungen im Schienengüterverkehr und beim Güterverkehr mit Binnenschiffen	89
Abbildung 34: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des gesamten Verkehrs	90
Abbildung 35: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs	92
Abbildung 36: Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs	93
Abbildung 37: Treibhausgasemissionen differenziert nach Verkehrsträger	94
Abbildung 38: Materialzusammensetzung am Beispiel eines mittelgroßen Otto-Pkw	95
Abbildung 39: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs differenziert nach direkte, indirekten und Emissionen der Materialvorleistungen	95
Abbildung 40: Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftstoffe inklusive der Kraftstoffvorkette	96
Abbildung 41: Endenergiebedarf im Personenverkehr differenziert nach Energieträgern	97
Abbildung 42: Endenergiebedarf im Güterverkehr nach Energieträgern	98
Abbildung 43: Zusätzlicher Strombedarf an Erneuerbaren Energien durch Elektromobilität	99
Abbildung 44: Kosten für die Verbraucher im Personenverkehr	101
Abbildung 45: Kosten für die Unternehmen im Güterverkehr	102
Abbildung 46: Fahrleistung im MIV im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ sowie der Szenarette „Grenzwerte Pkw und LNF“ im Vergleich zum Basisszenario	105

---

Abbildung 47: Neuzulassungen von SZM, GLZ und GLZ-Kombination in der Szenarete „25-Meter-Lkw“	116
Abbildung 48: Neuzulassungen von SZM/GLZ in der Szenarete „Technologieförderung“	120
Abbildung 49: Entwicklung der Fahrleistung im motorisierten Individualverkehr bei unterschiedlichen Kraftstoffpreisen	123

## Abkürzungsverzeichnis

BAB	Bundesautobahn
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BEV	Battery Electric Vehicle
EE	Erneuerbare Energien
ETS	Emission Trading System/Scheme
EWI	Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln
F&E	Forschung und Entwicklung
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GLZ	Gliederzug
HH	Haushalte
HUB	Zentralknoten in einem nach dem Hub-and-Spoke-Verfahren betriebenen Transportsystem
IKV	Intermodaler kombinierter Verkehr
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KEP	Kurier-Express-Paket-Dienste
LNF	leichte Nutzfahrzeuge
MiD	Mobilität in Deutschland
MIV	motorisierter Individualverkehr
NZL	Neuzulassungen
OBU	On-Board-Unit
Pkm	Personenkilometer
RME	Rapsmethylester
SZ/SZM	Sattelzugmaschine
THG	Treibhausgase
tkm	Tonnenkilometer
ÖV	öffentlicher Verkehr
ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
PHEV	plug-in hybrid electric vehicle
RFID	Radio Frequency Identification
VCD	Verkehrsclub Deutschland e.V
VP 2025	Verkehrsprognose 2025 des BMVBS
WZ	Wirtschaftszweig
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund und Ausgangslage

Mobilität ist ein Grundbedürfnis jedes Menschen und gleichzeitig Voraussetzung für eine moderne, arbeitsteilige Gesellschaft in einer globalisierten Welt. Allerdings hat eine umfassende Mobilität auch ihre Schattenseiten: Der Anteil des gesamten Verkehrs an den nationalen CO<sub>2</sub>-Emissionen beläuft sich derzeit auf etwa 20 %. Wesentliche Treiber dafür sind zunehmende Mobilitätsansprüche des Einzelnen, vor allem aber auch stark wachsende Gütertransporte. Zudem fühlen sich Menschen direkt oder indirekt von negativen Auswirkungen des Verkehrs wie Lärm und Emissionen betroffen.

Die Verkehrsentwicklung ist daher eine große Herausforderung für den Klimaschutz: Wachsende Pkw-Zulassungszahlen, steigender Individualverkehr, zunehmende Entfernungen im Güter- und Personenverkehr und weltumspannende Transportnetze sind Trends, die der notwendigen Reduzierung von Treibhausgasemissionen entgegenstehen. Ziel einer nachhaltigen Verkehrspolitik muss es sein, ein hohes Maß an Mobilität für alle Teile der Gesellschaft bei gleichzeitiger Minderung der negativen Folgen für Klima und Umwelt sicherzustellen.

Aber wie wird sich die Mobilitätsnachfrage entwickeln? Welche Angebote sind nachhaltig? Und wie wird Verkehr klima- und umweltverträglicher? Dies sind Fragen, denen im Hinblick auf eine nachhaltige Energie- und Verkehrspolitik vor allem unter dem Aspekt des Klimaschutzes große Bedeutung zukommt.

Sollte die Europäische Union ihre Minderungsziele von 30 % bis zum Jahr 2020 umsetzen, so hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, die nationalen Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 40 % zu senken. Diese ambitionierten Ziele erfordern große Anstrengungen in allen Sektoren – auch dem Verkehr. Gerade hier aber ist die Minderung der Treibhausgase besonders schwierig, denn das Verkehrsaufkommen wird weiter wachsen.

Wie kann es also gelingen, nachhaltige Mobilität für alle sicherzustellen und gleichzeitig die politischen Ziele für eine zukunftsfähige Energiepolitik und wirksamen Klimaschutz zu erreichen? Um diese Frage zu beantworten, fehlten bisher integrative Analyseinstrumente, die den Einfluss politischer Vorgaben sowohl auf das Verkehrsangebot als auch auf die Verkehrsnachfrage abbilden. Solche Instrumente könnten helfen, die Auswirkungen politischer Rahmenbedingungen auf die Entwicklung im Verkehrsbereich zu beurteilen und besonders effektive Maßnahmen zu identifizieren. Mit anderen Worten: Sie bilden eine wesentliche Grundlage zur Analyse, Bewertung und Legitimation zukünftigen politischen Handelns für eine nachhaltige Entwicklung.

Bestehende Analyseinstrumente im Bereich Verkehr fokussieren insbesondere die Wirkung von Einzelmaßnahmen, ohne die Wechselwirkungen mit anderen Maßnahmen

und Sektoren zu berücksichtigen. Moderne Verkehrssysteme sind jedoch komplex. So werden künftig beispielsweise erneuerbare Energien im Verkehr eine wachsende Rolle spielen, daher müssen die Wechselwirkungen mit dem Energiesektor (Strom und Wärme) in Überlegungen und Analysen mit einbezogen werden. Auch die Auswirkungen des Fahrzeug- und Kraftstoffangebots auf die Verkehrsnachfrage wird in bisherigen Analysen meist nur unzureichend berücksichtigt.

## 1.2 Renewbility: Das Forschungsprojekt

### 1.2.1 Ziele des Forschungsvorhabens

Gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit wurde daher im Rahmen von „Renewbility – Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ ein in mehrfacher Hinsicht integratives Analyseinstrumentarium entwickelt, welches Maßnahmen und Wirkungen einer zukünftigen nachhaltigen Verkehrspolitik abbildet und unter anderem die resultierenden Treibhausgasemissionen und Energieverbräuche sowohl im Verkehrssektor wie auch insgesamt quantifiziert.

Wesentliche Neuerungen des integrativen Modellierungsansatzes sind:

- die gekoppelte, dynamische Betrachtung von Mobilitätsangebot und -nachfrage,
- die Modellierung des Mobilitätsverhaltens im Personenverkehr auf Mikroebene für repräsentative Regionen,
- die Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen Verkehrs- und Energiesektor im Hinblick auf die Förderung erneuerbarer Energien,
- die enge Kooperation mit gesellschaftlichen Akteuren bei der Modell- und Szenarioentwicklung.

Betrachtet wurden der innerdeutsche Straßen-, Schienen-, Binnenschiff- und Luftverkehr. Wichtig dabei ist zu berücksichtigen, dass im Gegensatz zur Klimaberichterstattung bei der Emissionsbilanzierung im Rahmen von Renewbility nicht nur die direkten Treibhausgasemissionen der Verkehrs- und Energieträger berücksichtigt wurden, sondern auch Emissionen, die bei der Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland und bei der Fahrzeugproduktion entstehen.

Das Kernteam des Vorhabens bildeten das Öko-Institut (Projektleitung) und das Institut für Verkehrsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-IVF) Berlin. Als weitere wissenschaftliche Partner haben das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (IFEU), das Deutsche Biomasse-Forschungszentrum (DBFZ, ehemals Institut für Energetik und Umwelt Leipzig) sowie die Professur für Verkehrsströmungslehre der Technische Universität Dresden (TU-D) im Verbundvorhaben mitgearbeitet.

Die wesentlichen Ziele des Vorhabens waren:

- die Entwicklung eines integrierten Modells zur Abbildung von Instrumenten und Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität im Bereich des Personen- und Güterverkehrs unter Berücksichtigung von Wechselwirkungen mit dem Energiesektor;
- die frühzeitige Einbindung wesentlicher gesellschaftlicher Akteure bei der Modellentwicklung und -erprobung;
- die Entwicklung eines konsistenten Klimaschutzszenarios für den Verkehrssektor bis 2030 unter Beteiligung von Stakeholdern.

### 1.2.2 Arbeitsschritte des Forschungsvorhabens

Für die Entwicklung von Szenarien für einen nachhaltigeren und klimaschonenden Verkehr sind umfangreiche Vorarbeiten und Datensammlungen die wesentliche Grundlage. Im Rahmen von Renewbility wurden vorhandene Nachfragemodelle zur Abbildung der Entwicklungen sowohl im Personenverkehr wie auch im Güterverkehr fortentwickelt. Parallel erarbeitete das Forschungsteam eine Datenbasis, die insbesondere die Emissionsrelevanz von Fahrzeugen und Kraftstoffen inklusive deren Herstellungsketten erfasst. Zudem wurden Potenzialanalysen für die Verfügbarkeit von Energieträgern erstellt. Diese Arbeiten bildeten den ersten Arbeitsschritt im Prozess, die Daten wurden in Experten-Workshops auf Plausibilität und Qualität hin verifiziert.

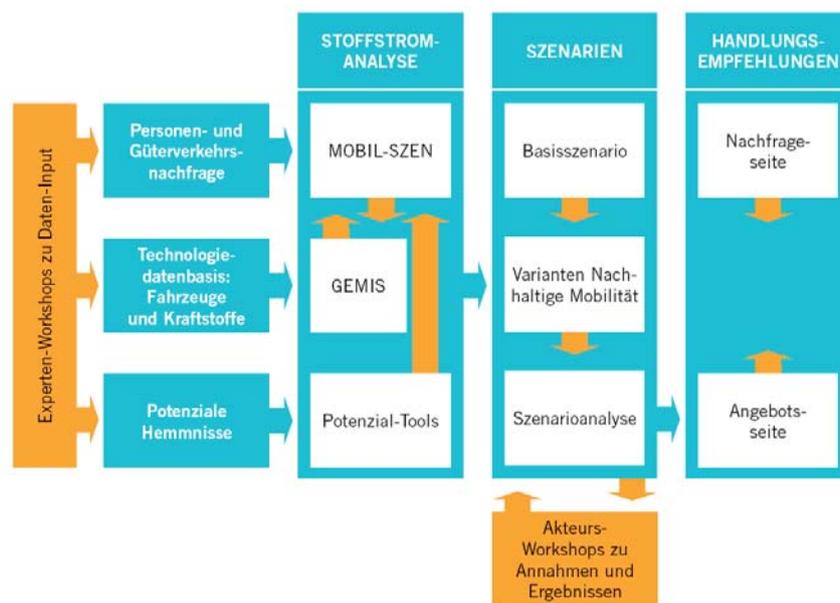


Abbildung 1: Der Prozess im Renewbility-Verbundvorhaben mit den wichtigsten Arbeitsschritten

In einem zweiten Schritt wurden die erarbeiteten Module in einem EDV-Werkzeug zur Stoffstromanalyse miteinander gekoppelt, welches sich aus dem Szenario-Tool

„MOBIL-SZEN“, dem Prozesskettenmodell GEMIS und Potenzialbestimmungstools zusammensetzt. Daraus haben das Wissenschaftlerteam gemeinsam mit den beteiligten gesellschaftlichen Akteuren schließlich Szenarien abgeleitet, die unterschiedlichste Annahmen und Maßnahmen für eine nachhaltige Mobilität berücksichtigen. Am Ende des Forschungsvorhabens stand die Ableitung von Erkenntnissen für die Politik auf der Basis der Ergebnisse des Stakeholder-Szenarios sowohl für die Nachfrage- als auch für die Angebotsseite.

### 1.2.3 Stoffstromanalyse und Partizipation

Das Projekt Renewbility nutzt das Konzept der Stoffstromanalyse, um ökologische und ökonomische Effekte unterschiedlicher Szenarien zur Mobilität auszuloten.

Die Analyse der Stoffströme erfolgt in Prozessketten, die beispielsweise den Lebensweg von Fahrzeugen und Kraftstoffen von der Nutzungsphase über die Produktion und Distribution bis hin zur Ressourcenentnahme zurückverfolgen. Diese Analyse stellt sicher, dass stets sowohl die Nachfrageseite (also der Bedarf an Mobilität) als auch die Angebotsseite (Bereitstellungs- und Produktionsprozesse von Fahrzeugen, Strom und Kraftstoffen) in ihren Wechselwirkungen erfasst werden. Außerdem können auf diese Weise Fragen zur Gewinnung und Nutzung von Ressourcen integriert werden; auch Effekte beispielsweise durch Rohstoff- oder Energieimporte sind abbildbar.

Die entwickelten Stoffstrom-Szenarien erlauben eine belastbare Abschätzung des Potenzials von Instrumenten und Maßnahmen zur Erreichung einer nachhaltigeren Mobilität. Dabei kann nach Personen- und Güterverkehr differenziert werden, und auch die Wechselwirkungen der Instrumente und Maßnahmen untereinander sind einbezogen.

Eine solch komplexe Aufgabe erfordert die Partizipation unterschiedlichster Akteure. Bei Renewbility haben Vertreter aus Verkehrs- und Energiewirtschaft, Technikanbietern und Nicht-Regierungs-Organisationen ihre Positionen und Interessen im Bereich Mobilität eingebracht und diskutiert. Neben einem politischen Begleitkreis und der sogenannten Szenario-Gruppe wurden Einzelexperten im Rahmen eines wissenschaftlichen Beirats und in Workshops zu ausgewählten Themen in die Konsolidierung der Datenbasis und die Qualitätssicherung des Forschungsprozesses einbezogen.

In Renewbility wurde erstmals ein solcher partizipativer Prozess mit der wissenschaftlichen Erarbeitung stoffstromorientierter Szenarien gekoppelt. Der zweijährige Arbeitsprozess führte zu einer weitgehenden Verständigung über Szenarioansatz, Datengrundlagen und Modellierungsformen sowie letztlich zu der gemeinsamen Definition explorativer Szenarien für den Verkehr.

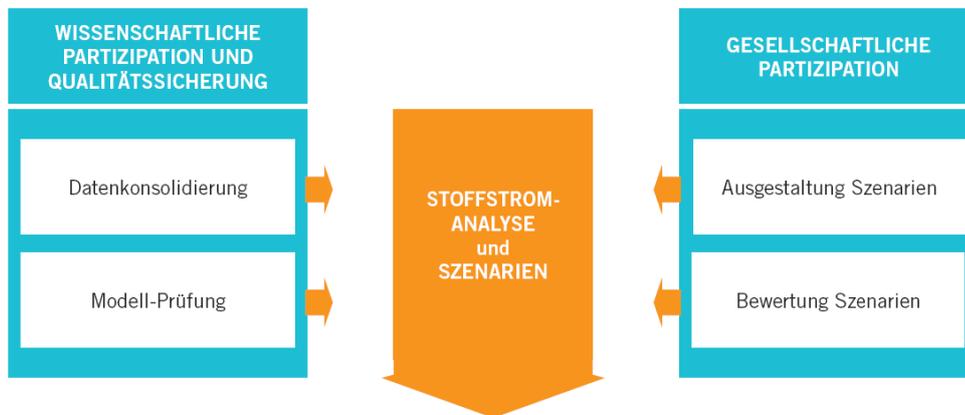


Abbildung 2: Der partizipative Prozess bei Renewbility

### 1.3 Aufbau des Endberichtes

Der Endbericht des Forschungsvorhabens Renewbility besteht aus zwei voneinander unabhängigen Teilen. Der erste Teil geht detailliert auf die Datengrundlagen und Modellentwicklungen ein und es werden die verschiedenen Funktionalitäten des im Rahmen des Projektes entwickelten Analyseinstrumentariums dargestellt. Der zweite Teil beschreibt den Szenario-Prozess, das Basisszenario und die darauf aufbauenden Szenarien und deren Ergebnisse. Entsprechend dieser Unterteilung ist der zweite Teil des Endberichtes Renewbility folgendermaßen gegliedert:

- Im **Kapitel 2** wird kurz auf den Szenario-Prozess und dessen Ziele eingegangen.
- **Kapitel 3** hat das Basisszenario zum Inhalt. Zunächst wird das grundlegende Vorgehen erläutert, dann die Prämissen und Eckpunkte dargestellt und abschließend die Entwicklung der Verkehrsnachfrage, des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen beschrieben.
- Das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“, das im Rahmen der Szenario-Gruppe erarbeitet wurde, ist Inhalt von **Kapitel 4**. Zunächst werden die Annahmen und Maßnahmen und deren modelltechnische Umsetzung eingehend erläutert und eine Einordnung in den europäischen Kontext gegeben. In einem zweiten Schritt werden die Ergebnisse dieses Szenarios differenziert nach Nachfrage, Treibhausgasemissionen und Energiebedarf dargestellt.
- Aufbauend auf das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ wurden weitere bzw. anders ausgestaltete Maßnahmen betrachtet und in sogenannten Szenaretten modelliert. Diese sind in **Kapitel 5** beschrieben.

- Die bei der Diskussion der Ergebnisse gewonnenen Erkenntnisse bezüglich der Implementierung und Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr werden in **Kapitel 6** diskutiert.
- Die Literaturnachweise zu den einzelnen Kapiteln des zweiten Teils des Endberichts sind in **Kapitel 7** zu finden.

## 2 Szenarioprozess

Ein zentrales Element des Forschungsvorhabens Renewbility – sowohl bei der Entwicklung des Analyseinstruments wie auch bei dessen Anwendung – war die Formulierung und Analyse von Szenarien. Dabei stellt die Szenariotechnik eine wissenschaftlich etablierte und ausdifferenzierte Methode dar, um mögliche Entwicklungspfade zu untersuchen. Bei der Ausgestaltung der Renewbility-Szenarien stand vor allem die Einbeziehung gesellschaftlicher Akteure im Vordergrund – so wurde hohe Transparenz und Sensibilität gewährleistet, um die Wirkung definierter Maßnahmen und Annahmen gemeinsam zu beurteilen und um eine größtmögliche Akzeptanz für das Analyseinstrumentarium, die Modellierungen und letztlich die Ergebnisse zu schaffen. Die Einbeziehung unterschiedlichster Akteure schuf zudem die Basis für einen Dialog über die Realisierung technischer und nicht-technischer Maßnahmen für mehr Klimaschutz und für steigende Anteile von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor.

Für die Beurteilung der Ergebnisse ist es wichtig anzumerken, dass im wissenschaftlich anerkannten Szenarioprozess weder über die Wahrscheinlichkeit noch über die Wünschbarkeit eines gewählten Szenarios eine Aussage gemacht wird. Szenarien sind keine Prognosen für die Zukunft und enthalten auch keine Bewertungen der zu Grunde liegenden Annahmen. Es handelt sich dabei vielmehr um mögliche Entwicklungspfade unter bestimmten Randbedingungen innerhalb eines gesetzten Modells.

### 2.1 Ziele

Die Vorteile des Weges der gemeinsamen Wissensbildung und Verhandlung (*Joint Fact Finding*) liegen generell in der verbesserten Transparenz von Methoden und Daten und damit in der Vertrauensbildung und Akzeptanzförderung der stoffstromseitigen Modellierung der Verkehrs- und Energiesysteme im Rahmen von Renewbility. Transparenz und Akzeptanz der Formulierung und Analyse der Szenarien sind eine wesentliche Basis für Tragfähigkeit und Reichweite der (gemeinsamen) Bewertung der Ergebnisse und bei der Ableitung von potenziellen Handlungsempfehlungen.

Daher wurde der partizipative Szenarioprozess im Rahmen von Renewbility als sinnvoller Ansatz zum Erreichen der Projektziele, zur Sicherung der Stabilität sowie zur Förderung der Akzeptanz der Ergebnisse gesehen.

Die projektspezifischen Ziele des Szenarioprozesses waren:

- Motivation und Sensibilisierung der relevanten gesellschaftlichen Akteure im Bereich Mobilität für die dem Forschungsvorhaben zugrunde liegenden inhaltlichen Herausforderungen

- Förderung der Transparenz zu den methodischen und datenseitigen Grundlagen des Vorhabens und damit Öffnung des Diskurses zur methodischen Integration des Vorhabens über den Kreis der Wissenschaft hinaus.

Über den diskursiven Prozess im Kontext dieser beiden Ziele erwartete das Forschungsteam weitergehende Hinweise zur Arbeit am Stoffstrom-Modell, auch im Hinblick auf die mögliche Nutzung nach dem Forschungsvorhaben.

- Differenzierung von Prämissen und Deskriptoren einzelner Szenarien mit den Zukunftsbildern und Planungen der relevanten Akteure im Bereich Mobilität. – Das ermöglicht vertiefte Erkenntnisse zur „Reichweite“ bestimmter Aktivitäten und Einzelmaßnahmen für eine nachhaltigere Mobilität
- Interpretation der Ergebnisse der Szenarioanalyse als Basis für potenzielle Handlungsempfehlungen an die Politik für eine nachhaltigere Mobilität im Kontext der erneuerbaren Energien.
- Dialog zu Umsetzungsmöglichkeiten für technische und nicht-technische Maßnahmen zum mittel- und langfristigen Klimaschutz im Verkehrssektor

Die letzten drei Ziele des partizipativen Szenarioprozesses waren aus der Perspektive des Forschungsteams generell geeignet, den Diskurs des Bundesumweltministeriums mit den gesellschaftlichen Akteuren zur nachhaltigen Mobilität und zum langfristigen Klimaschutz im Kontext der erneuerbaren Energien zu intensivieren und zu verstetigen.

## 2.2 Szenarioprozess

Diesen Zielen folgend war eine Gruppe aus Vertretern der Automobil-, Bahn-, Energie- und Logistikbranche sowie von Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden im Rahmen des Szenario-Prozesses in die Modell- und Szenarienentwicklung einbezogen.

Die Szenario-Gruppe setzte sich aus Mitgliedern der Organisationen, die auch im Rahmen des politischen Begleitkreises in das Vorhaben eingebunden waren, zusammen:

- ADAC e.V.
- Bundesverband Bioenergie e.V. (BBE)
- Bundesverband Erneuerbare Energie e.V. (BEE)
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)
- Dachser GmbH & Co KG
- Deutsche Bahn AG

- Deutsche BP AG
- Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
- Deutsche Post
- E.ON AG
- Shell Deutschland
- Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. (vzbv)
- Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD)
- Verband der Automobilindustrie (VDA)

Über einen Zeitraum von etwa 2 Jahren hat sich diese Szenario-Gruppe zwölf Mal getroffen und intensiv in das Forschungsvorhaben eingebracht. Zunächst wurden in diesem Rahmen die Teilmodelle und die Technologiedatenbasis seitens der Forschungsnehmer vorgestellt und im Kreise der Stakeholder diskutiert.

In einem zweiten Schritt wurde ein Basisszenario definiert, das diejenigen verkehrspolitischen Maßnahmen berücksichtigt, die bereits geltendes Recht sind bzw. von denen bereits feststeht, dass sie in den kommenden Jahren in geltendes Recht umgesetzt werden müssen. Das Basisszenario stellt damit keine klassische Trendprojektion dar, sondern nimmt bereits spürbare Veränderungen im Mobilitäts- und Energiesektor insgesamt an.

Die Szenario-Gruppe entschied, neben dem Basisszenario drei weitere Szenarien zu formulieren, auszugestalten und zu analysieren. Hierzu wurde zunächst eine Matrix von energie-, umwelt- und verkehrspolitischen Maßnahmen erarbeitet. Auf dieser Basis wurden dann zwei rein analytische Szenarien entwickelt. Der Schwerpunkt des ersten Szenarios lag hauptsächlich auf ökonomischen Instrumenten, die Klimaschutz und den Einsatz erneuerbarer Energieträger auf der Nachfrageseite fördern können. Das zweite Szenario war darauf ausgerichtet, über ordnungspolitische Ansätze auf die Angebotsseite Einfluss zu nehmen.

Um die Wirkung konkreter Einzelmaßnahmen zu analysieren, wurden für beide Szenarien zusätzliche Varianten, sogenannte Szenaretten, modelliert – jeweils nach dem Grundsatz der ceteris-paribus-Klausel, die sicherstellt, dass stets nur die Auswirkungen einzelner Parameter betrachtet und bewertet werden.

Diese beiden rein analytischen Szenarien stellen keine realen Politiksznarien dar, sondern wurden ausschließlich dazu entwickelt, die Effektivität und Effizienz spezifischer Maßnahmenbündel quantitativ abzubilden und deren Wirkung einordnen zu können. Die Ergebnisse wurden daher nur zur Diskussion innerhalb der Szenario-Gruppe und des Begleitkreises herangezogen. Die beiden analytischen Szenarien sollten zudem dafür sensibilisieren, wie angebots- und nachfrageseitige Maßnahmen sinnvoll kombiniert werden; sie stellen damit analytische Zwischenschritte

auf dem Wege zu einem dritten Szenario – dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ – dar.

Die Szenario-Gruppe diskutierte damit intensiv die Funktionalität des Analyseinstrumentes und die Ergebnisse der beiden analytischen Szenarien. Im Projektverlauf gelang es dann, aus einer Anzahl von Möglichkeiten ein konsistentes Bündel von Annahmen für das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ abzuleiten. Maßgabe hierbei war es, zusätzlich zum Basisszenario weitere Handlungsoptionen für den Klimaschutz im Verkehrssektor zu identifizieren und in ein schlüssiges Nachhaltigkeitsszenario – unter Einbeziehung von Strom und Wärme – für Deutschland zu integrieren. Hierbei ist das resultierende Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ als konsistentes Bild für 2030 zu verstehen und nicht als Politikempfehlung der einzelnen Akteure.

### 3 Basisszenario

#### 3.1 Einleitung

Den Ausgangspunkt für die maßnahmensensitive Modellierung bildet in Renewbility – wie bereits kurz erläutert - ein durch das Gesamtprojekt definiertes Basisszenario. Im Rahmen der Modellierung bedeutet dies, dass die bis zum Jahre 2030 zu erwartenden Entwicklungen in die jeweiligen Modelle bzw. deren Datenbasis zu integrieren waren.

Aus der Diskussion des Forschungsteams mit dem Fördergeber, der Szenario-Gruppe und dem wissenschaftlichen Beirat resultierte, in das Basisszenario nur solche verkehrspolitischen Maßnahmen einfließen zu lassen, die bereits geltendes Recht sind bzw. von denen bereits feststeht, dass sie in den kommenden Jahren in geltendes Recht umgesetzt werden müssen. Die im Masterplan Güterverkehr und Logistik (vgl. BMVBS 2008) enthaltenen Maßnahmen sind nicht im Basisszenario berücksichtigt worden. Dies gilt auch für die Ziele der Regierungserklärung zum Klimaschutz vom 26.04.2007.

Für die Bereiche Strom und Wärme enthält das Basisszenario die ambitionierten Zielsetzungen des Bundesumweltministeriums zum Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2030 (Leitszenario, BMU 2008). Die Hauptreferenz für die Verkehrsnachfrage bildete die „Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (BVU & Intraplan Consult 2007). In Übereinstimmung mit dem Gesamtprojekt orientiert sich das Basisszenario in Renewbility an den in der Verkehrsprognose ermittelten grundsätzlichen Leitentwicklungen, die mit den Rahmendaten (vor allem den Energiekosten) aus den Prognosen von EW/Prognos (2006) gekoppelt wurden.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass das Basisszenario damit keine klassische Trendprojektion darstellt, sondern bereits deutlich spürbare Veränderungen

im Mobilitäts- und Energiesektor insgesamt annimmt. Es dient im Rahmen des Projektes als Vergleichsbasis, um die Wirkung neuer, zusätzlicher Maßnahmen und Annahmen auf den Verkehrssektor quantifizieren zu können.

### 3.2 Prämissen

Nachfolgend werden die relevanten getroffenen Prämissen für die zur Abbildung des Basisszenarios notwendige Fortschreibung der Datenbasis bis 2030 beschrieben.

**Demographische Entwicklung:** Die Fortschreibung der demographischen Datenbasis für die Modelle basiert auf der Raumordnungsprognose 2020/2050 des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Auf der Basis einer vom BBR zur Verfügung gestellten Sonderauswertung zur Entwicklung von Bevölkerung (nach Geschlecht und Altersklassen) und Haushalten (nach Größenklassen) auf der Ebene der Landkreise bis 2030 wurden die Eingangsdaten der Modelle an die Rahmendaten angepasst (BBR 2006). Dadurch sind erwartete Entwicklungen wie z.B. die Alterung der Gesellschaft oder ein vermehrter Anteil kleinerer Haushalte bei der Erstellung der Eingangsdaten in die Modelle berücksichtigt.

**Wirtschaftliche Entwicklung und Kosten im Verkehr:** Die in Renewbility angenommene wirtschaftliche Entwicklung hat in der Personenverkehrsmodellierung Auswirkungen auf die den Haushalten zur Verfügung stehenden Einkommen und damit auf die Budgets für Verkehrsausgaben. Die BIP-Entwicklung orientiert sich im Zeitraum bis 2030 an den Annahmen der Verkehrsprognose 2025 des BMVBS (BVU & Intraplan Consult 2007). Darin wird pro Jahr von einer durchschnittlichen realen Wachstumsrate von 1,7 % ausgegangen. Hinsichtlich der Verkehrsmittelnutzerkosten wurden ebenfalls die Annahmen der Verkehrsprognose übernommen. Demnach steigen die Kosten real um durchschnittlich 1 % pro Jahr. Die Verkehrsprognose des BMVBS orientierte sich damit an einer mittleren Variante der in einer Vorstudie vorgeschlagenen Preisentwicklung (Oeltze et al. (2006) im Auftrag des BMVBS). Für die Modellierung in Renewbility bedeutete dies, dass das Budget für Verkehr leicht ansteigt, da die Kostensteigerung im Verkehr unter dem allgemeinen Wirtschaftswachstum und somit unter dem Anstieg der Haushaltseinkommen bleibt. Es kann demnach sozusagen mehr Mobilität „erworben“ werden.

Bedingt durch die aktuelle Wirtschaftskrise zeichnen sich derzeit bereits Rückgänge im Verkehrsaufkommen ab, die von den Annahmen in der VP 2025 abweichen. Da die weitere Entwicklung in einem hohen Maße ungewiss ist, wurden die beobachteten Rückgänge im Basisszenario nicht berücksichtigt, sondern es wurde über den gesamten Betrachtungszeitraum die VP 2025 als Bezugsgrundlage herangezogen. Langfristig denkbare strukturelle Veränderungen, die aus der Finanz- und Wirtschaftskrise resultieren könnten, werden damit in den Szenarien nicht betrachtet.

**Verkehrsangebot:** Die vorgenommenen Netzerweiterungen des Straßennetzes orientierten sich am Bedarfsplan für den Neu- und Ausbau von Bundesfernstraßen des BMVBS mit Stand vom 1. Januar 2007. Für den Zeithorizont bis 2030 wurde davon ausgegangen, dass alle im Bedarfsplan ausgewiesenen Netzergänzungen und – Erweiterungen realisiert sein werden.

Für die Modellierung des ÖPNV in den einzelnen Untersuchungsräumen wurden die wesentlichen bestehenden Planungen hinsichtlich zu erwartender Netzerweiterungen bis 2030 integriert.

**Entwicklung des Pkw-Bestandes:** Auch hinsichtlich der Motorisierungsrate und der Entwicklung des Pkw-Bestandes bildete die Prognose des BMVBS die Referenzquelle (BVU & Intraplan Consult 2007). Für die Entwicklung von Motorisierung und Bestand wurde ab 2025 von einem weiter abgeschwächten Wachstum ausgegangen. Hintergrund dessen bildete die in der Verkehrsprognose formulierte Annahme, dass von einer trendmäßigen Wachstumsdegression auszugehen ist, die zudem mit zeitlichem Verlauf weiter abflacht.

**Verkehrsverhalten:** Die in der Verkehrsprognose 2025 ausgewiesenen Zuwächse der Verkehrsleistung im Personenverkehr ließen auf Änderungen im individuellen Verkehrsverhalten schließen. Je nach Fahrtzweck werden in der Prognose Änderungen der Verkehrsleistung mit Entwicklungen bei Aufkommensraten, Modal Split oder durchschnittlichen Wegelängen begründet. Diese Hinweise auf ein verändertes Verkehrsverhalten wurden dazu genutzt, die aus der MiD 2002 generierten Mobilitätsparameter bis 2030 fortzuschreiben (infas & DIW 2003). Die in der Prognose genannten, insgesamt geringfügigen Änderungen führten zu leichten Verschiebungen bei den spezifischen Verkehrsaufkommensraten, Modal Split Anteilen und durchschnittlichen Wegelängen je Fahrtzweck.

Auf der Basis der gesetzten Prämissen und Entwicklungen konnten die Eingangsdaten und Verkehrsnetze für die Modellierung des Personenverkehrs auf das Basisszenario 2030 angepasst werden.

**Fahrzeugtechnologien:** Die durch den Verkehr bedingten Stoffströme hängen wesentlich von den eingesetzten Fahrzeugtechnologien und den verwendeten Kraftstoffen ab. Diese sind entsprechend in dem Basisszenario zu berücksichtigen. Die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs der Pkw im Basisszenario berücksichtigt zunächst bis 2015 die Grenzwertsetzung auf EU-Ebene bezogen auf die deutsche Fahrzeugflotte und wird mit 1 % weiterer Minderung pro Jahr bis 2030 fortgeschrieben. Die der Lkw und Busse beträgt im Jahr 2030 16 %. Die Entwicklung des Energieverbrauchs aller übrigen Verkehrsträger wird aus TREMOD entnommen (Knoerr et al. 2006). Bezüglich der Antriebstechnologien werden im Basisszenario nur Otto- und Dieselmotoren zu Grunde gelegt. Hier wird entsprechend TREMOD bei den Neuzulassungen 2010 ein Anteil von 50 % bei den Diesel-Pkw erreicht. Hybridantriebe werden über die Effizienzsteigerung mit berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen,

dass im Basisszenario Wasserstofffahrzeuge und Elektrofahrzeuge bis 2030 keine nennenswerte Rolle spielen.

**Kraftstoffe:** Der Einsatz alternativer Kraftstoffe wird in Anlehnung an die Energieszenarien von EW/Prognos (2006) angenommen. Das heißt für Biokraftstoffe die Einhaltung des Biokraftstoffquoten-Gesetzes mit etwa 6,2 % am Energieverbrauch des Straßenverkehrs in 2010. Dieser steigt 2020 auf 10 % und wird mit 15 % im Jahr 2030 fortgeschrieben.

**Güterverkehrsaufkommen:** Im Güterverkehr wurde die grundlegende Annahme getroffen, dass die Maßnahmen keine Auswirkungen auf die wirtschaftliche Entwicklung mit sich bringen und somit die Prämisse getroffen, keine Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung zu erstellen. Daher wurde für die Modellierung angenommen, dass das Verkehrsaufkommen (d.h. die Gütermenge) konstant bleibt, da das Verkehrsaufkommen eine abgeleitete Größe der wirtschaftlichen Entwicklung bestehend aus produzierten Waren, Rohstoffen, importierten Vorprodukten sowie den Aktivitäten des Handels darstellt. Die Wirkungen der Maßnahmen entstehen im Modellierungsprozess daher bei den Quelle-Ziel-Beziehungen der Verkehre, dem Modal Split und der Routenwahl.

Die erläuterten Annahmen des Basisszenarios sind in der folgenden Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 1: Übersicht der Annahmen im Basisszenario

Aspekt/Faktor	Annahme im Basisszenario
<b>Demographische Entwicklung</b>	Bevölkerung 2030: 81,0 Millionen, davon 34 % 60 Jahre und älter (regionalisierte Bevölkerungsprognose des Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung)
<b>Wirtschaftsentwicklung (BIP)</b>	Durchschnittliche Wachstumsrate von real 1,7 % p. a. bis 2030 (nach VP 2025)
<b>Motorisierungsgrad</b>	Anteil steigt von 68 % (2005) auf 75 % der Erwachsenen (2030) (nach VP 2025)
<b>Pkw-Bestand</b>	Anstieg von 46,1 Mio. (2005) auf 51,3 Mio. Pkw (2030)
<b>Mobilitätsbudget</b>	Konstantes Budget von 14 % am (steigenden) Haushaltsnettoeinkommen
<b>Mobilitätskosten</b>	Anstieg um real 1 % p. a. für alle Verkehrsarten (nach VP 2025)
<b>Fahrleistung motorisierter Individualverkehr</b>	Anstieg um 16 % von 2005 bis 2030 (nach VP 2025)

<b>Modal Split im Personenverkehr</b>	Zuwachs des Anteils des motorisierten Individualverkehrs um 2,3 %, Rückgang beim Öffentlichen Verkehr um 0,6 % und um 1,7 % beim nicht motorisierten Verkehr im Zeitraum 2005 bis 2030 (bezogen auf Wege, nach VP 2025)
<b>Güterverkehrsleistung</b>	Anstieg um 91 % von 2005 bis 2030 (nach VP 2025)
<b>Kosten im Güterverkehr</b>	Kostenreduktion durch Produktivitätsfortschritte von 0,4 % p. a. beim Straßen- und Schienenverkehr sowie 1,7 % p. a. beim Binnenschiff (nach VP 2025)
<b>Modal Split im Güterverkehr</b>	Zuwachs des Anteils des Straßenverkehrs um 4,5 %, Rückgang Schienengüterverkehr um 1 %, Rückgang Binnenschiffahrt um 3,5 %, jeweils bis 2030
<b>Ausbau Straßennetz</b>	Realisierung aller Projekte des vordringlichen Bedarfs des Bundesverkehrswegeplans 2003 (nach VP 2025)
<b>Ausbau ÖPNV-Netz</b>	Derzeitige Bedienstrukturen bleiben erhalten, Kapazitäten und Bedienstandards werden dem Bedarf angepasst (nach VP 2025)
<b>Ausbau Schienennetz</b>	Ausbau der Schienenwege und Transportzeitverkürzung entsprechen den Projekten der VP 2025
<b>Effizienz Pkw</b>	Berücksichtigung des Pkw-Flottengrenzwerts für 2012 bezogen auf das deutsche Niveau und unter Berücksichtigung weiterer Innovationen, dann weitere Effizienzsteigerung um 1 % p. a. bis 2030
<b>Effizienz Lkw</b>	Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 16 % (0,75 % p. a.)
<b>Effizienz Bus</b>	Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 16 % (0,75 % p. a.)
<b>Effizienz Bahn</b>	Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um 2 % bis 2010, um 10 % bis 2020 und um 20 % bis 2030
<b>Biokraftstoffe</b>	Quoten von 6,2 % (2010), 10 % (2020), 15 % (2030) im Straßenverkehr; Berücksichtigung der EU-Nachhaltigkeitsstandards beim Anbau der Biomasse
<b>Preise Kraftstoffe</b>	Anstieg der Kraftstoffpreise auf real 1,47 € <sub>2005</sub> /Liter (Diesel) bzw. 1,65 € <sub>2005</sub> /Liter (Benzin) im Jahr 2030 (Rohölpreis von rund 65 US\$ <sub>2005</sub> in Anlehnung an Hochpreisszenario von EWI/Prognos)
<b>Kfz-Steuer</b>	Berücksichtigung der reformierten Kfz-Steuer, die künftig auch vom CO <sub>2</sub> -Ausstoß eines Fahrzeugs bestimmt wird.

### 3.3 Entwicklung der Verkehrsnachfrage

#### 3.3.1 Ergebnisse im Basisszenario Personenverkehr

Mit Erstellung des Basisszenarios konnte die Verknüpfung der beiden Modellansätze von VISEVA/VISUM und TAPAS durchgeführt und validiert werden. Den Berechnungen mit dem Makromodell VISEVA gehen die Berechnungen mit TAPAS für die vier Teilräume Berlin, Hamburg, Braunschweig und Main-Rhön voraus. Die Arbeiten zum ÖPNV in den Untersuchungsräumen unterlagen dabei dem Projektpartner der Technischen Universität Dresden (Professur für Verkehrsströmungslehre). Das Verkehrsangebot in Form von Liniennetzen und Betriebskonzepten der vier Räume wurde von der TU Dresden erstellt und der Betriebsablauf mit dem Modell LINOP simuliert. Damit konnte der für TAPAS relevante Input zu Erreichbarkeiten und Reisezeiten im ÖPNV geliefert werden. In Abhängigkeit von den zu modellierenden Maßnahmen (z.B. Attraktivitätssteigerungen im ÖPNV durch Taktverdichtung), ermittelt LINOP die Änderungen in der Angebotsqualität im ÖPNV. Über angepasste Reisezeiten, die Eingang in TAPAS finden, kann deren Einfluss auf die Verkehrsnachfrage bestimmt werden (vgl. Endbericht Teil 1 (Öko-Institut & DLR-IVF 2009, Kapitel 2.1.3)).

Die nachfolgenden Abbildungen geben ausgewählte Ergebnisse der Berechnungen für das Basisszenario wieder. Hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl werden zunächst in Abbildung 3 und Abbildung 4 die gesamtdeutschen Unterschiede zwischen Status quo und Basisszenario 2030 für die drei BBR-Raumkategorien (Agglomerationsraum, verstädterter Raum, ländlicher Raum) dargestellt.

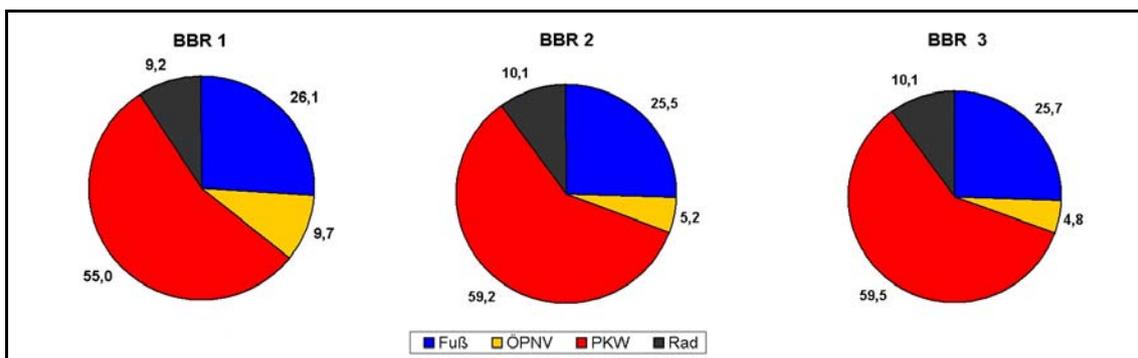


Abbildung 3: Modal Split im Status quo 2005 nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)

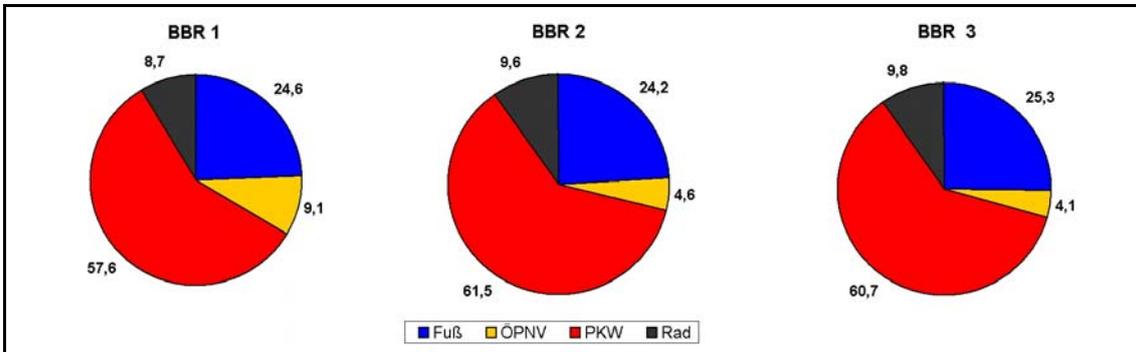


Abbildung 4: Modal Split im Basisszenario 2030 nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)

Mit dem Makromodell VISEVA/VISUM für den MIV bzw. mit einem selbst erstellten Hochrechnungsmodell für den ÖPNV können die Wegeaufkommen in Abhängigkeit der BBR-Kategorie für Deutschland insgesamt berechnet werden. Entsprechend stellt Abbildung 5 die je Raumkategorie ermittelten Wegeaufkommen für den Status quo und das Basisszenario dar. Deutlich wird, dass die Veränderungen in absoluten Werten gering ausfallen, ein leichtes Wachstum der Wegezahls lässt sich für Pkws über alle Raumkategorien und für Radverkehr in Agglomerationsräumen feststellen.

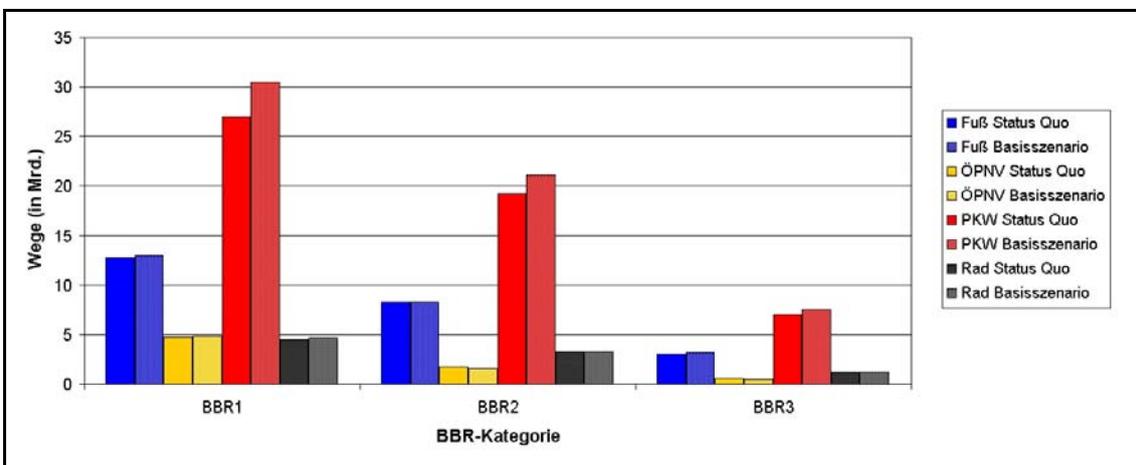


Abbildung 5: Wegeaufkommen im Status quo 2005 und dem Basisszenario 2030 nach BBR-Kategorie und Modus

Abbildung 6 greift diesen Zusammenhang nochmals auf, jedoch sind die Änderungen zwischen Status quo und Basisszenario hinsichtlich der Wegeaufkommen als relative Veränderung dargestellt. Darin wird, im Gegensatz zu den in Abbildung 5 gezeigten absoluten Werten deutlich, dass insbesondere in den verstädterten und ländlichen

Räumen (BBR-Kategorien 2 und 3) ein Rückgang des Wegeaufkommens im ÖPNV festgestellt werden kann. Die an anderer Stelle ausgewiesenen Zuwächse gehen also zum Teil auch zu Lasten eines Rückgangs des Wegeaufkommens im ÖPNV.

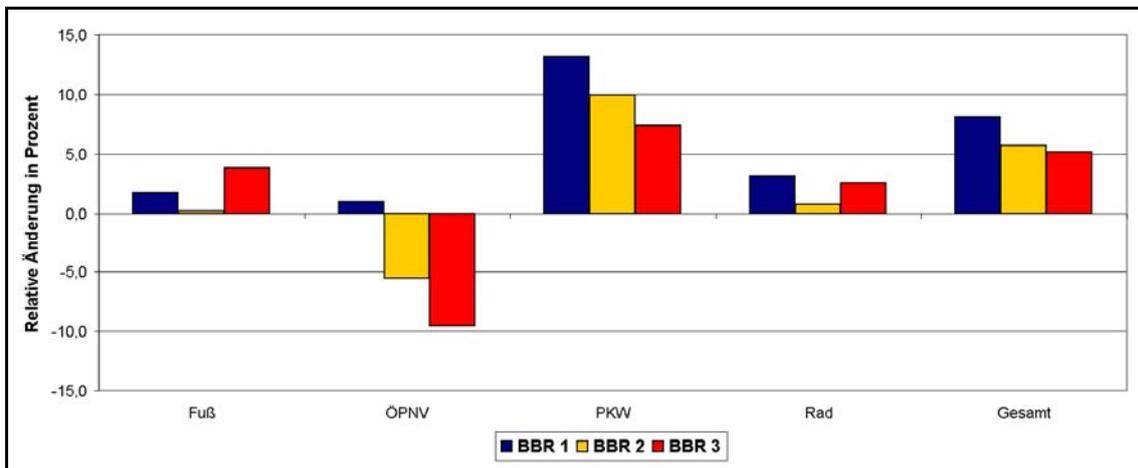


Abbildung 6: Relative Änderungen des Wegeaufkommens nach BBR-Kategorie und Modus: Vergleich Status quo 2005 und Basisszenario 2030

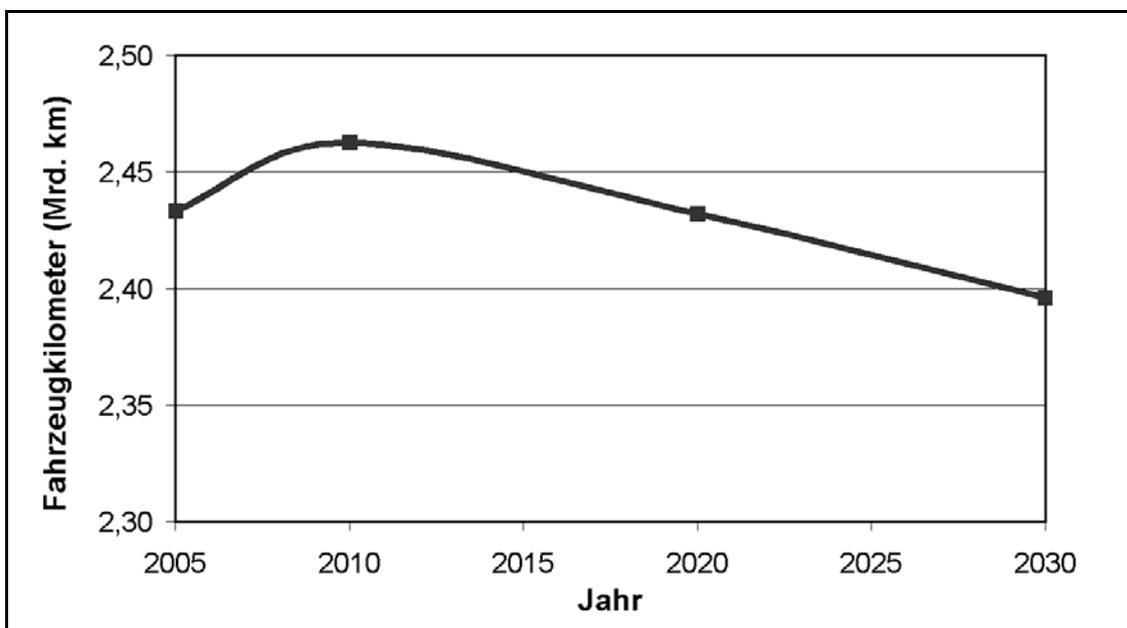


Abbildung 7: Entwicklung der Fahrleistung der Verkehrsträger im ÖV in Fzkm im Basisszenario

Abschließend geben Abbildung 7 und Abbildung 8 die für den ÖPNV und MIV ermittelten Fahrleistungen in Fahrzeugkilometer (Fzkm) im Basisszenario wieder. Die ermittelten Werte entsprechen in ihrer Ausprägung den in der Verkehrsprognose 2025 dargestellten Entwicklungen. Damit drückt sich die in Renewbility angestrebte weitgehende Anlehnung an die aufgestellten Prämissen der Verkehrsprognose des BMVBS auch in den Ergebnissen des Basisszenarios 2030 aus. Deutlich wird, dass leichten Rückgängen in der Betriebsleistung des ÖPNV weitere Zuwächse im MIV gegenüberstehen. In Anlehnung an die Prognose des BMVBS lässt sich dies zum Teil auf ansteigende Aufkommensraten (mehr Fahrten) und längere Fahrtweiten, insbesondere im Bereich des überproportional wachsenden Fernverkehrs zurückführen (BVU & Intraplan Consult 2007, S. 129).

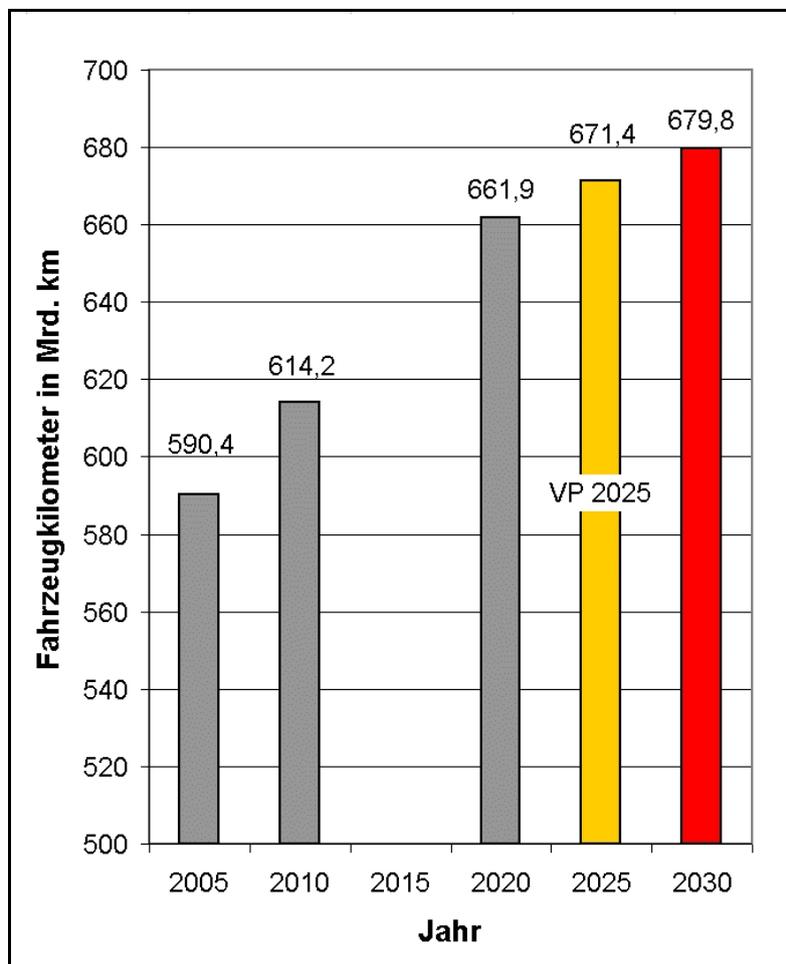


Abbildung 8: Entwicklung der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario

Für das Basisszenario wird im Jahr 2030 von einer Verkehrsleistung des ÖPNV von insgesamt ca. 2,4 Mrd. Fzkm, im MIV von ca. 680 Mrd. Fzkm ausgegangen. Gegenüber den Werten der Verkehrsprognose des BMVBS von ca. 671 Mrd. Fzkm für Pkw im Jahr 2025 (in Abbildung 8 gelb dargestellt) wurde in Renewbility für die Berechnungen bis 2030 von einer abgeschwächten Entwicklung für die Jahre zwischen 2020 und 2030 ausgegangen, insbesondere da ab 2020 die demographische Entwicklung (Alterung, Bevölkerungsrückgang) den Wachstumstendenzen entgegenwirkt. Insgesamt steigen die im Personenverkehr erbrachten Fahrzeugkilometer im Basisszenario zwischen 2005 und 2030 um rund 16 % an.

Die hier ausgewiesenen Werte für den MIV und ÖPNV bilden die Ausgangsbasis für die sich anschließenden Szenarien-Rechnungen.

### 3.3.2 Ergebnisse im Basisszenario Güterverkehr

Wie im Personenverkehr war auch im Güterverkehr die Verkehrsprognose 2025 (VP 2025) des BMVBS nachzubilden (BVU & Intraplan Consult (2007)). Durch die Verwendung des gekoppelten, makroskopischen Modells VISEVA-W/VISUM der PTV AG zur Abbildung des Straßengüterverkehrs wurden alle Ergebnisse zum Basisszenario, die noch mit dem anfangs verwendeten mikroskopischen Modellansatz simuliert wurden und damit die Grundlage für den Zwischenbericht bildeten, überprüft und entsprechend korrigiert. Die Modellrechnungen für den Schienengüterverkehr und den Güterverkehr mit Binnenschiffen erfolgte im Rahmen einer einfachen Modellrechnung, bei der vor allem die direkten Maßnahmenwirkungen durch die beim Straßengüterverkehr modellierten Veränderungen des Verkehrsaufkommens berücksichtigt wurden.

Die folgende Abbildung 9 zeigt den errechneten Anstieg der Fahrleistung im Straßengüterverkehr von 2005 bis 2030 um rund 69 %, wobei die Fahrleistung von Fahrzeugen größer 7,5 t zGG um gut 100 % ansteigt. Dieser Anstieg ist nahezu identisch mit der Entwicklung der zugrunde gelegten Daten der VP 2025, die bis 2030 fortgeschrieben wurde. Damit ist ein weiteres moderates Wirtschaftswachstum unterstellt, das mit einem entsprechenden Anstieg der Verkehrsleistung verbunden ist. Das Ergebnis ist somit keine eigenständige Prognose, sondern eine abgeleitete Berechnung aus den Ergebnissen der VP 2025.

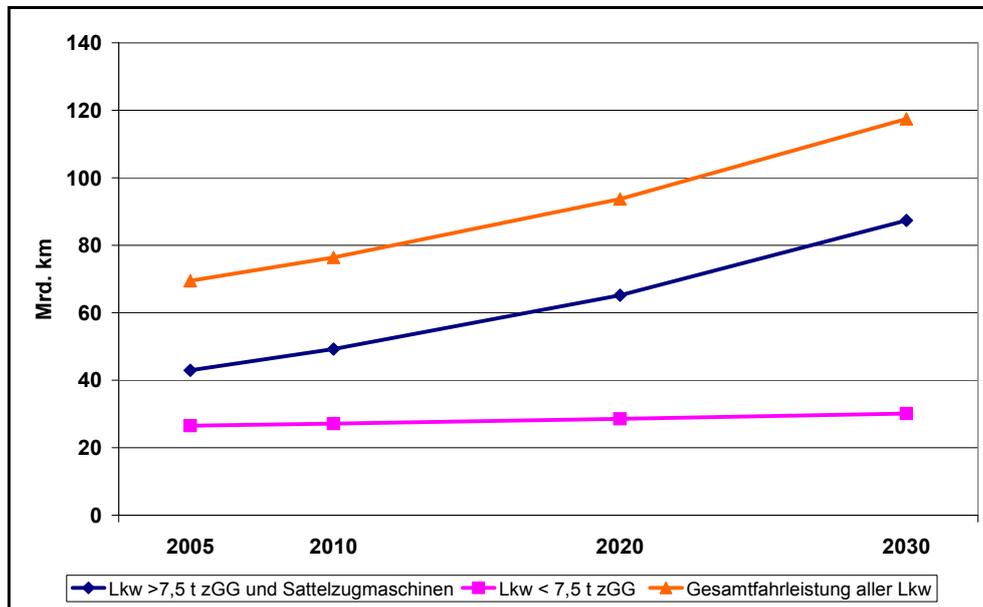


Abbildung 9: Entwicklung der Fahrleistung des Straßengüterverkehrs mit Lkw  $\geq 3,5$  t zGG

Abbildung 10 zeigt das Wachstum bei den gefahrenen Zugkilometern bzw. den Schiffs-kilometern für die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße, wobei für den Schienengüterverkehr mit knapp 80 % ein ähnlich hohes Wachstum unterstellt wird wie für den Straßengüterverkehr mit Fahrzeugen ab 7,5 t zGG. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Fahrleistung des Straßengüterverkehrs um den Faktor 100 größer ist als die in Zugkilometern gemessene Fahrleistung des Schienengüterverkehrs. Für den direkten Vergleich der Fahrleistungen der Verkehrsträger ist aufgrund der Spezifika der Transportträger die Verkehrsleistung in der Einheit Tonnennkilometer (tkm) eine besser geeignete Vergleichskennzahl (siehe hierzu die Modal Split Darstellung in Abbildung 31).

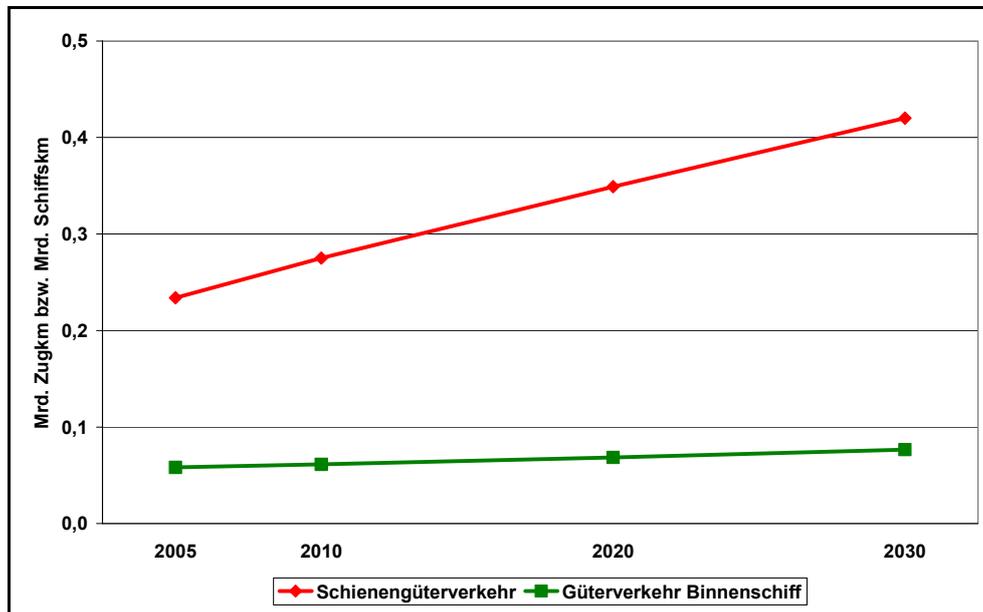


Abbildung 10: Entwicklung der Fahrleistung des Schienengüterverkehrs und des Güterverkehrs mit Binnenschiffen

Die Modellergebnisse im Basisszenario stellen die Vergleichsgrundlage für die zu betrachtenden Maßnahmen im folgenden Szenario dar. Es bestand im Rahmen des Projektes nicht die Möglichkeit, diese Betrachtungen unter Berücksichtigung der Finanz- und Wirtschaftskrise im Jahr 2009 zu verändern. Ein solcher Schritt hätte zur Folge gehabt, dass eine eigenständige, aktuelle Prognose zur weiteren wirtschaftlichen und verkehrlichen Entwicklung vorliegen müsste.

### 3.3.3 Ergebnisse der Pkw-Zulassungsstruktur im Basisszenario

Entsprechend der Festlegungen im Basisszenario wurden im ökonometrischen Modell zur Bestimmung der Zulassungsanteile die Effizienz- und Kostendaten variiert. Zur Anwendung kamen definitionsgemäß jeweils nur die Basisvariante je Fahrzeugsegment und nicht die Technologie-Varianten mit den verbesserten Effizienzen.

Die während der Projektlaufzeit beschlossene Reform der Kfz-Steuer wurde in der Berechnung berücksichtigt. Da die Änderung der jährlichen Belastung, insbesondere auch im Hinblick auf die zukünftigen Basisfahrzeuge, sehr gering ist (in den meisten Fällen unter 100 Euro), ergab die Anpassung nur minimale Effekte hin zu kleineren Fahrzeugsegmenten.

Die Entwicklung der Segmentanteile zeigt grundsätzlich nur moderate Veränderungen wie Abbildung 11 zu entnehmen ist. Da das Potenzial zur Kraftstoffeinsparung beim Benziner für größer erachtet wird als beim Diesel, was sich in geringeren zusätzlichen Kosten bzw. höheren Reduktionsraten beim Benziner als beim Diesel ausdrückt,

reduziert sich der Anteil der Dieselfahrzeuge über den Betrachtungszeitraum auf rund 35 % der Neuzulassungen im Jahr 2030. Dieser Effekt tritt auch deshalb ein, weil die Kraftstoffpreisentwicklung gleichmäßig für Benzin und Diesel verläuft und der Preisunterschied konstant bleibt.

Die Entwicklung bei Kosten und Technologien führt ferner dazu, dass sich die Anteile der kleinen und mittleren Pkw von 19 % bzw. 57 % im Jahr 2005 auf 22 % bzw. 60 % im Jahr 2030 erhöhen. Gleichzeitig geht der Anteil der großen Pkw entsprechend zurück.

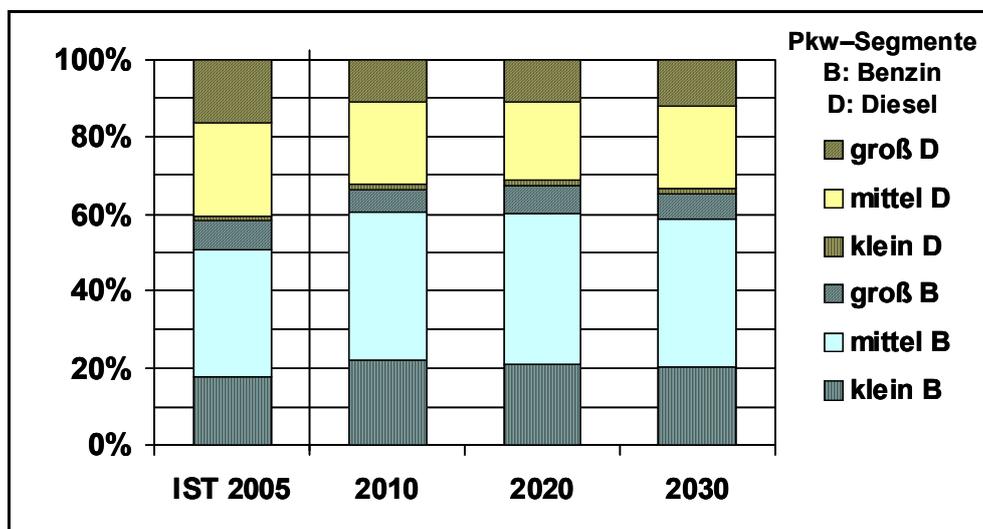


Abbildung 11: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungsanteile im Basisszenario

### 3.3.4 Ergebnisse der Lkw-Zulassungsstruktur im Basisszenario

Die Lkw-Neuzulassungen steigen ausgehend von 255.000 Fahrzeugen im Basisjahr 2005 auf 296.000 Fahrzeuge im Jahr 2030 und nehmen damit um 16 % zu (vgl. Abbildung 12).

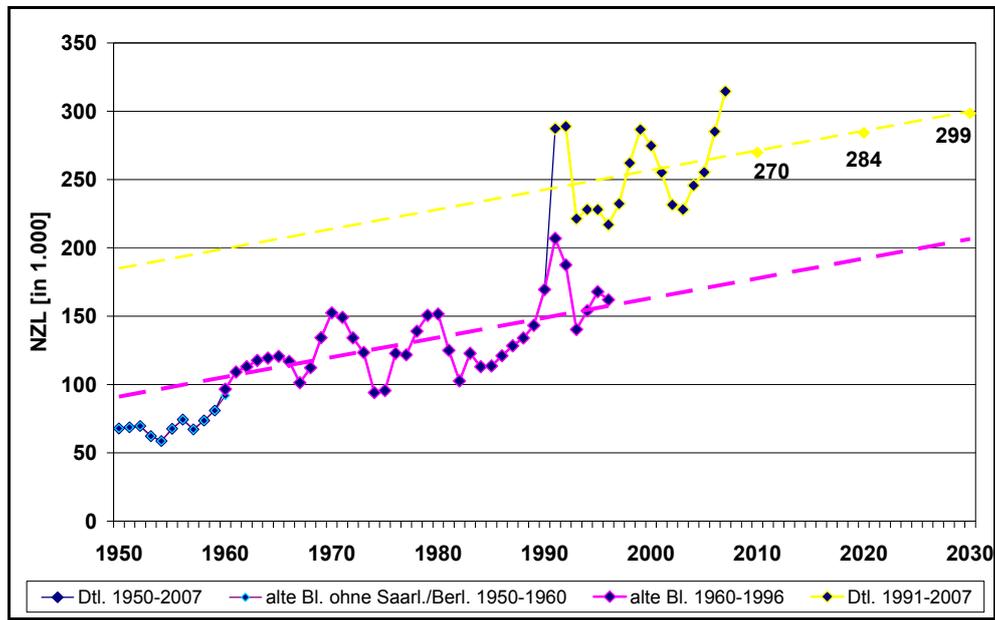


Abbildung 12: Trend der Lkw-Neuzulassungen bis 2030

Tabelle 2 gibt die Ergebnisse der Trendfortschreibung getrennt nach Größenklassen für den Status quo und die Fortschreibungsjahre wieder. Die Anzahl der leichten Nutzfahrzeuge, nicht mautpflichtigen schweren Lkw und Sattelzugmaschine respektive Gliederzüge nehmen zu. Gründe für den Anstieg liegen in der Zunahme der Kleinteiligkeit der Sendungsstruktur sowie in der Containerisierung des Güterverkehrs.

Tabelle 2: Trendfortschreibung der NZL von Lkw und SZM/GLZ nach Größenklassen

Jahr	gesamt	<3,5 t	3,5–7,5 t	7,5–12 t	≥12 t	SZM/GLZ
2005	255.358	170.926	21.838	8.253	6.783	47.558
2010	270.164	181.508	20.753	8.427	6.572	52.904
2020	283.572	187.338	16.969	11.127	5.963	62.175
2030	295.552	191.423	14.318	13.827	5.535	70.449

Quelle: Eigene Berechnung

### 3.4 Entwicklung des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen

Die in den Modellen zur Struktur der Neuzulassungen ermittelte Verteilung der Pkw und Lkw pro Jahr fließt dann in die Bestandsberechnungen ein, die gemeinsam mit der modellierten Fahrleistung aus den Verkehrsnachfragemodellen die Grundlage für die Stoffstrommodellierung bilden. Diese werden in einem weiteren Modell-Tool – dem so genannten MOBIL-SZEN – mit der Technologiedatenbasis GEMIS gekoppelt, so dass dann Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der einzelnen Szenarien bis 2030 berechnet werden können. Der Endenergiebedarf des Verkehrs im Basisszenario differenziert nach Personen- und Güterverkehr ist in der Abbildung 13 dargestellt.

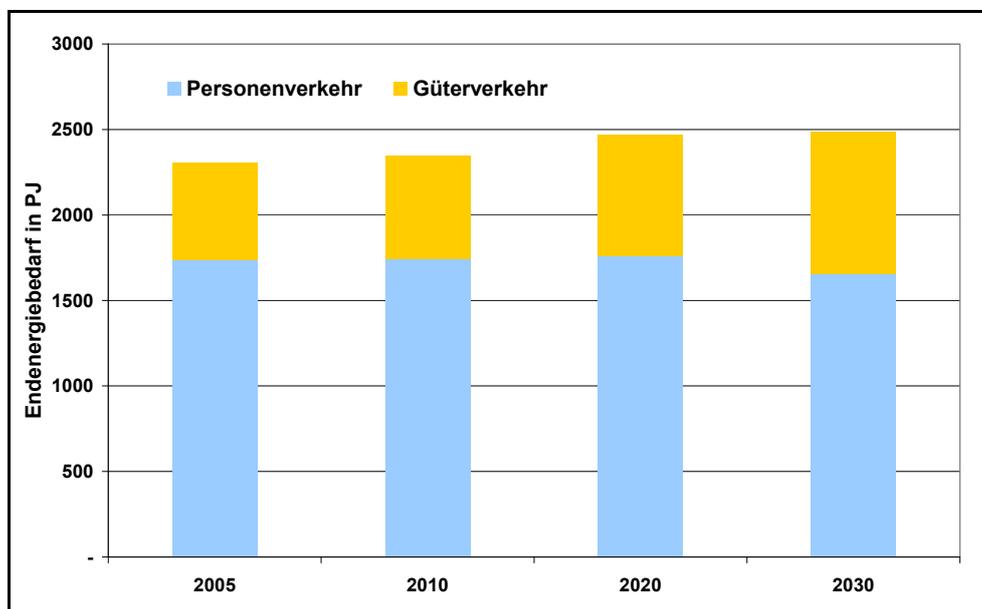


Abbildung 13: Endenergiebedarf im Basisszenario differenziert nach Personen- und Güterverkehr

Es zeigt sich, dass im Basisszenario der Energiebedarf des Personenverkehrs im Jahr 2030 trotz steigender Fahrleistung (+ 15 % in Bezug auf das Ausgangsjahr 2005) bis 2020 nahezu konstant bleibt. Im Jahr 2030 liegt der Endenergiebedarf des Personenverkehrs bereits im Basisszenario rund 5 % unter dem Ausgangsniveau des Jahres 2005, was auf die dem Basisszenario hinterlegte Effizienzsteigerung der neu zugelassenen Pkw zurückzuführen ist. Der Energiebedarf des Güterverkehrs steigt dagegen kontinuierlich an (+ 46 % bis 2030), hier können die Effizienzsteigerungen der Fahrzeuge die deutlich steigende Fahrleistung nicht kompensieren.

Der Energiebedarf kann dann entsprechend der Abbildung 14 weiter nach den einzelnen Energieträgern differenziert werden. Hier zeigt sich, dass der Bedarf an Benzin bis 2030 abnimmt, der an Diesel – unter anderem wegen der erhöhten

Nachfrage im Straßengüterverkehr - jedoch deutlich ansteigt. Der Anteil der Biokraftstoffe steigt entsprechend der Definition im Basisszenario auf 6,2 % in 2010, 10 % in 2020 auf 15 % in 2030 an.

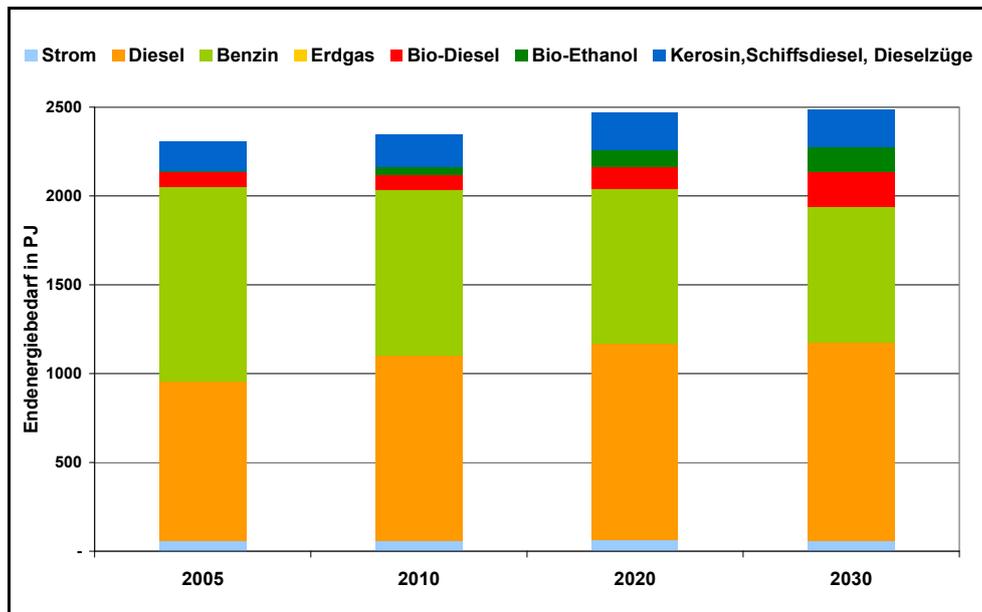


Abbildung 14: Endenergiebedarf im Basisszenario differenziert nach Energieträgern

Über den Energiebedarf an den einzelnen Energieträgern können über die in die Technologiedatenbank GEMIS integrierten Emissionsfaktoren die direkten Treibhausgasemissionen berechnet werden. Zusätzlich werden im Rahmen des Vorhabens auch die indirekten THG-Emissionen berücksichtigt, das heißt, die Emissionen der Kraftstoffvorkette. Diese sind in der Abbildung 15 am Beispiel des Personenverkehrs orange dargestellt. Um die gesamten Emissionen der Verkehrsträger zu erfassen, werden zusätzlich noch die Materialvorleistungen berücksichtigt, die durch die Herstellung der pro Jahr neu zugelassenen Fahrzeuge entstehen (grün). Im Gegensatz zum Güterverkehr nehmen die Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs bereits im Basisszenario zum Jahr 2030 hin ab. Dies ist hauptsächlich auf die Effizienzverbesserung der Pkw und auf den Anteil der Biokraftstoffe zurückzuführen. Zum anderen wird der zum Beispiel für die Bahn benötigte Strom zu einem steigenden Anteil über regenerative Energien abgedeckt.

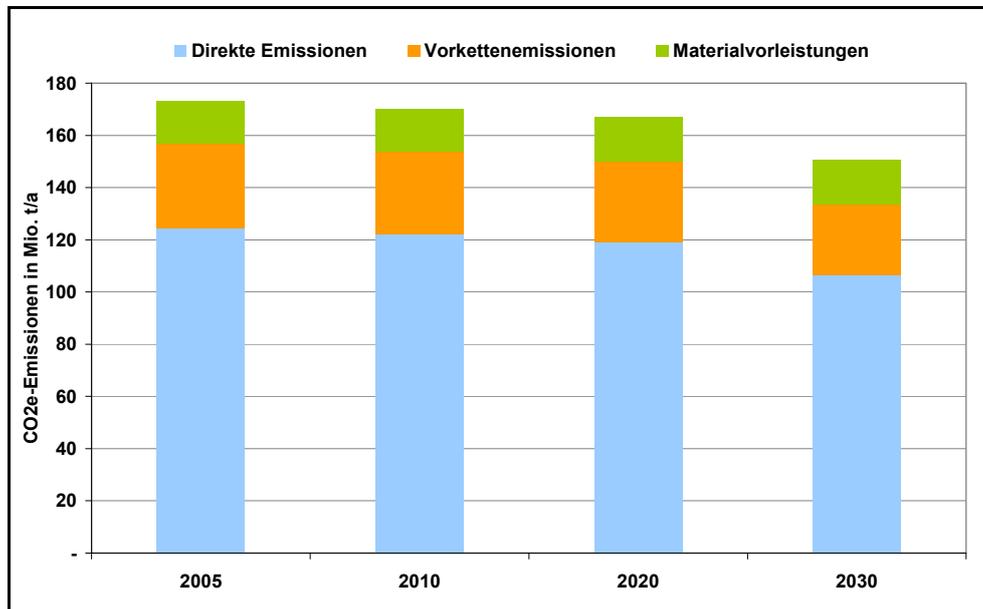


Abbildung 15: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs im Basisszenario

Die Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs dagegen steigen mit 35 % bis 2030 deutlich an, was die Abbildung 16 zeigt. Hier ist die Darstellungsform differenziert nach den Verkehrsträgern gewählt; der Transitverkehr ist extra ausgewiesen.

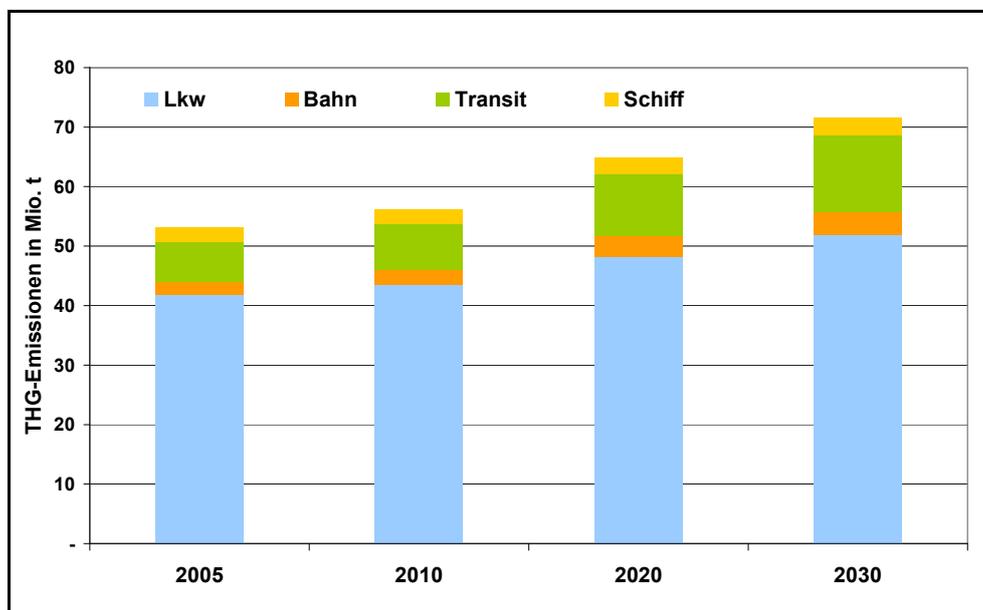


Abbildung 16: Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs im Basisszenario differenziert nach den Verkehrsträgern

## 4 Szenario „Klimaschutz im Verkehr – Perspektiven bis 2030“

Wie in Kapitel 2 beschrieben waren an Renewbility nicht nur Wissenschaftler, sondern auch Vertreter der Automobil-, Bahn-, Energie- und Logistikbranche sowie Nicht-Regierungs-Organisationen im Umwelt- und Verbraucherbereich und Technikanbieter beteiligt. Sie alle haben ihre unterschiedlichen Positionen und Interessen im Bereich Mobilität eingebracht und diskutiert. Die Szenario-Gruppe erarbeitete aus den unterschiedlichen Positionen der Beteiligten verschiedene Szenarien zu künftigen Entwicklungen im Verkehrsbereich. Das zentrale Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ hat zum Ziel, Klimaschutz durch einen möglichst großen Beitrag des Verkehrsbereichs zu sichern und zu fördern und die Nutzung der erneuerbaren Energien im Verkehr zu erhöhen. Daher wurden im Rahmen dieses Szenarios Annahmen getroffen, die über die des Basisszenarios – das die bereits heute verabschiedeten politischen Maßnahmen berücksichtigt – deutlich hinausgehen. Hierbei ist das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ als konsistentes Bild für 2030 zu verstehen und nicht als Politikempfehlung der einzelnen Akteure. Über Szenario-Varianten wurden weitere oder anders ausgestaltete Maßnahmen betrachtet. Diese sogenannten Szenaretten sind in Kapitel 5 beschrieben. In dem folgenden Kapitel 4 werden zunächst die Annahmen und Maßnahmen, die dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zu Grunde liegen, beschrieben. Anschließend werden die Ergebnisse dargestellt.

### 4.1 Annahmen und Maßnahmen

#### 4.1.1 Ausweitung des Angebots im Öffentlichen Verkehr

##### Beschreibung der Maßnahme

Das Angebot im Öffentlichen Verkehr (ÖV) wird deutlich ausgeweitet. Die Optimierung umfasst Maßnahmen wie eine dichtere Taktung, zusätzliche direkte Linien (resultierend aus Budgeterhöhungen der Betriebsleistung), verlängerte Betriebszeiten, und Beschleunigung von Bussen und Straßenbahnen. Die Umsetzung berücksichtigt dabei regionalspezifische Besonderheiten, z.B. hinsichtlich von Beschleunigungsmaßnahmen von Straßenbahnen, je nach dem, ob sie eher auf einem eigenem Gleiskörper fahren oder stärker im Straßenverkehr integriert sind. Die maximale Erhöhung der Betriebsleistung wurde dabei mit rund 25 % festgelegt. Die Ausweitung des ÖV-Angebots hat Effekte wie die Verringerung der Reisezeiten, Fahrzeiten (Reisezeiten exklusive Zu- und Abgang) und Umsteigevorgänge etc., wodurch generell die Attraktivität des Öffentlichen Verkehrs gesteigert wird.

## Umsetzung der Maßnahme

Für die ausgewählten Räume wurden folgende Zustände untersucht:

- Ist-Zustand: Abbildung (Kennwertberechnung, Plausibilitätskontrollen) des ÖPNV-Angebotes im Basiszustand 2005 (Status Quo)
- Abbildung des ÖPNV-Angebotes im Jahr 2030 ohne Budgetänderung aber inklusive der wahrscheinlichen Streckennetzerweiterungen (Basisszenario)
- Abbildung des ÖPNV-Angebotes 2030 mit einer Budgeterhöhung um maximal 25 % inklusive der wahrscheinlichen Streckennetzerweiterungen sowie Beschleunigungsmaßnahmen bei Bus und Straßenbahn

Die Bus- und Straßenbahnnetze wurden dabei mittels des Liniennetzoptimierungsprogramms LINOP vor dem Hintergrund der vom DLR vorgegebener Verkehrsnachfragen iterativ optimiert (vgl. Endbericht Teil 1: Methodik und Datenbasis (Öko-Institut & DLR-IVF 2009, Kapitel 2.1.3)). Schnellbahnnetze wurden über Linienführung und Takt den Gegebenheiten der Szenarien angepasst.

Mit einer Budgeterhöhung um 25 % und Beschleunigungsmaßnahmen bezüglich der Fahrzeit konnten im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ die komplexen Reisezeiten (von Tür zu Tür) um 15 bis 30 % gesenkt werden. Auch die durchschnittliche Anzahl der Umsteigevorgänge verringerte sich um 13 bis 29 % bezüglich der heutigen Ist-Netze. Besonders positiv auf die Fahrzeiten wirken sich die Beschleunigungsmaßnahmen aus. Hierbei wird im Szenario davon ausgegangen, dass im Bereich Bus und Straßenbahn Ampelvorrangschaltungen flächendeckend zum Einsatz kommen. Ein wichtiger Punkt bei reisezeitbasierenden Nachfragemodellen sind jedoch auch die psychologisch wahrgenommenen Wartezeiten, die mit den Kennwerten wie Reisezeit und Umsteigehäufigkeit nicht vollständig wiedergegeben werden können. Bei einer häufigeren Bedienung der Linien wird die Wartezeit an der Start- und an Umsteigehaltstellen besonders negativ von den Fahrgästen empfunden. Bei Netzen mit einem jetzt schon attraktiven Angebot, wie in Berlin, ist dieses Phänomen nicht so relevant wie in Regionen wie Braunschweig. In sehr ländlichen Räumen (Main-Rhön) mit einem sehr schlechten ÖPNV-Angebot hingegen relativieren sich diese Angebotsverbesserungen, da davon auszugehen ist, dass sich die Attraktivität für den Fahrgast nicht signifikant verbessert, wenn z. B. von einem 60-Minutentakt auf einen 45-Minutentakt umgestellt wird.

Die resultierenden nachfrageorientierten Reisezeitmatrizen geben Aufschluss über die zu erwartenden Effekte einer Angebotsänderung bezüglich der komplexen Reisezeit, der Fahrzeit sowie der Anzahl Umsteigevorgänge, die in den Untersuchungsregionen zur Erreichung konkreter Start-Ziel-Kombinationen auf Teilverkehrszellenebene notwendig sind. Ihr Einsatz bei der Ermittlung der Personenverkehrsnachfrage führt zu einer Änderung der Reisezeiten und somit zu einer Anpassung des Modal Split an die neue Angebotsstruktur.

## 4.1.2 CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwert für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge

### Beschreibung der Maßnahme

Für Pkw wurden die CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte für 2020 und 2030 mit 110 g CO<sub>2</sub>/km bzw. 80 g CO<sub>2</sub>/km fortgeschrieben. Wichtig an dieser Stelle anzumerken ist, dass zum Zeitpunkt der Diskussion um die Maßnahmen in der Szenario-Gruppe die Verordnung zu den CO<sub>2</sub>-Grenzwerten von Pkw noch nicht veröffentlicht war. Diese ist am 23. April 2009 erschienen und sieht nun einen Grenzwert von 95 g/km für das Jahr 2020 vor (Regulation (EC) No 443/2009). Da die Szenarioberechnungen vor diesem Zeitpunkt durchgeführt wurden, konnte diese Entwicklung auf EU-Ebene im Szenario nicht mehr berücksichtigt werden, ist jedoch in einer Szenario-Variante mit 95 g/km in 2020 betrachtet worden (Kapitel 5.1).

Das Erreichen der Grenzwerte durch vermehrten Kauf von kleineren Fahrzeugen wurde ausgeschlossen, d.h. die Verteilung der verschiedenen Pkw-Größenklassen wurde aus dem Basisszenario übernommen.

Für leichte Nutzfahrzeuge wurden CO<sub>2</sub>-Flottengrenzwerte von 135 g CO<sub>2</sub>/km in 2020 und 100 g CO<sub>2</sub>/km in 2030 festgesetzt.

### Umsetzung der Maßnahme

Der CO<sub>2</sub>-Grenzwert ist als gewichtsbezogener Flottengrenzwert konzipiert. Für die in der Technologiedatenbasis enthaltenen Fahrzeuge kann bestimmt werden, ob sie als Einzelfahrzeug den Grenzwert einhalten oder nicht. Die eventuell fällige Strafabgabe kann ebenfalls ermittelt werden. Die Konzeption als Flottengrenzwerte lässt allerdings auch zu, dass Fahrzeuge eines Herstellers den Grenzwert überschreiten, jedoch keine Abgabe bezahlt werden muss, weil der Hersteller die Überschreitung durch andere Fahrzeuge ausgleichen kann, die entsprechend unterhalb ihres Grenzwertes bleiben. Somit müssten herstellereinspezifisch die tatsächlich anfallenden Strafzahlungen ermittelt werden und auf alle Fahrzeuge des Herstellers umgelegt werden, um die Auswirkungen berechnen zu können.

Auf dieses Verfahren konnte im Rahmen von Renewability allerdings verzichtet werden, da in der Modellrechnung die Grenzwerte bereits ohne Strafabgaben eingehalten werden konnten. Dabei leisten die Elektrofahrzeuge einen wichtigen Beitrag zur Emissionsreduzierung und ermöglichen einen Flottendurchschnittswert von rund 106 g CO<sub>2</sub>/km im Jahr 2020 und 83 g CO<sub>2</sub>/km im Jahr 2030.

Die angenommenen Grenzwerte für Leichte Nutzfahrzeuge werden mit den Fahrzeugvarianten der Technologiedatenbasis nicht vollständig erreicht. Dies hat zwei Gründe: Zum einen können die für die Pkw angenommenen Minderungsraten nicht direkt auf die leichten Nutzfahrzeuge übertragen werden, weil das Effizienzsteigerungspotenzial der vorrangig genutzten Diesel-Lkw niedriger ist als das der Otto-Antriebe der Pkw. Zum anderen lagen im Jahr 2005 die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der

leichten Nutzfahrzeuge in Deutschland ca. 13 % über denen der gesamten EU, so dass auch diese Grenzwerte nicht direkt auf den Deutschen Raum anwendbar sind.

Die Grenzwerte wurden im Modell daher so umgesetzt, dass die an den EU-Vorschlag für Pkw angelegten Strafabgaben auf die Investitionskosten der jeweiligen Fahrzeugvariante aufgeschlagen wurden. Die geringere Strafabgabe der effizienteren Fahrzeuge geht somit als Vorteil gegenüber den übrigen Varianten in den Kostenvergleich ein und lässt diese Varianten wirtschaftlicher werden.

### 4.1.3 Einsatz von Elektrofahrzeugen

#### Beschreibung der Maßnahme

Der Pkw-Flottengrenzwert wird bis 2020 hauptsächlich durch den Einsatz besonders effizienter Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor erreicht, danach trägt ein zunehmender Anteil von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb (batterieelektrische und Plug-In-Hybridfahrzeuge) zu dessen Erreichung bei. Der für den Betrieb von Elektrofahrzeugen vergleichsweise geringe zusätzliche Strombedarf wird aus erneuerbaren Energien bereitgestellt.

Der Einsatz batteriegetriebener Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge im Güterverkehr wurde für leichte Nutzfahrzeuge als realistisch angesehen. Insbesondere, weil viele Fahrzeuge in relativ festen Touren und in begrenzten Einsatzräumen eingesetzt werden und zudem nach ihrem Einsatz zu ihrem Depot bzw. Startpunkt zurückkehren, wird davon ausgegangen, dass Einsatzfelder für diese Elektrofahrzeuge vorhanden sind.

#### Umsetzung der Maßnahme

Die Quantifizierung des Anteils elektrisch betriebener Fahrzeuge erfolgte zweistufig.

Mit den in der Technologiedatenbasis definierten rein elektrischen Fahrzeugen (BEV) und Plug-in Hybridfahrzeugen (PHEV) wurde zunächst das generelle Potenzial anhand der MiD 2002 ermittelt. Die Auswertung ergab ein theoretisches Rahmenpotenzial von ca. 14 % des Pkw-Bestands für BEV und ca. 75 % für PHEV. Dabei wurden die Kriterien Reichweite, Stellplatzverfügbarkeit und Haushaltseinkommen berücksichtigt.

Auf dieses Rahmenpotenzial wurden historische Diffusionsraten aus dem Automobilsektor angewendet. Hier wird von etwa 10 bis 20 Jahren Dauer ausgegangen, bis ein Marktanteil von 5 % erreicht ist bzw. von Wachstumsraten um 15 % p. a. (MIT 2006).

Das zweistufige Verfahren ergab somit für Renewbility folgende Neuzulassungsanteile, wobei davon ausgegangen wird, dass sich 2010 lediglich Versuchsflotten im Verkehr befinden bzw. sich nur verschwindend geringe Anteile in normaler Nutzung befinden:

- 2020: 1,1 % BEV und 6,0 % PHEV
- 2030: 3,4 % BEV und 18,8 % PHEV

Im Falle von Plug-in-Hybridfahrzeugen waren nur die zusätzliche Anfangsinvestitionen und Wartungskosten auf der einen Seite und die Energiekosten für den Betrieb auf der anderen Seite relevant. Damit konnte die Neuzulassung dieser Fahrzeuge mit derselben Methodik analysiert werden, wie dies bereits bei den Effizienzvarianten erfolgte.

#### 4.1.4 Anstieg der Kraftstoffpreise und Umstellung der Mineralölsteuer

##### Beschreibung der Maßnahme

Für die Jahre 2020 bzw. 2030 wurde ein Anstieg der Preise für konventionellen Ottokraftstoff auf 2,00 bzw. 2,50 €<sub>2005</sub> je Liter (real, inklusive Steuern, bezogen auf den Wert des Euro im Jahr 2005) sowie eine Angleichung der Preise vor Steuern für Otto- und Diesekraftstoff angenommen. Flankierend wurde unterstellt, dass sich die Kraftstoffpreise auf internationaler Ebene ähnlich entwickeln. Die Berechnung der Mineralölsteuer wird ab 2020 auf die Treibhausgasintensität der Kraftstoffe bezogen, wobei Ottokraftstoff als Referenz dient. Das hat zur Folge, dass sich das Preisverhältnis Ottokraftstoff/Diesekraftstoff verschiebt und der Diesel im Jahr 2030 mit 2,55 €<sub>2005</sub>/Liter um fünf Cent über dem von Benzin liegt.

Tabelle 3: Annahmen zur Entwicklung der Kraftstoffpreise

HH inkl. MWSt.-Steuer	2005	2010	2020	2030	
Erdgas	0,84	0,93	2,40	3,09	€/kg
Benzin	1,20	1,34	2,00	2,50	€/l
Diesel	1,07	1,16	2,05	2,55	€/l
Strom (EE)	16,65	18,10	17,38	17,49	€cent/kWh

Quelle: Eigene Berechnung

##### Umsetzung der Maßnahme

Für die Berechnungen der Pkw-Neuzulassungsanteile wurden die Kraftstoffpreise in der Variablen der „spezifische Kraftstoffkosten“ des ökonometrischen Modells berücksichtigt.

Die Änderungen der Zusammensetzung in der Pkw-Bestandsflotte und daraus resultierend die durchschnittlichen Verbräuche führen zu veränderten Kosten der Pkw-Nutzung. Die entsprechende Preisänderung bezogen auf den gefahrenen Kilometer im MIV findet bei der Ermittlung des Modal Split sowie des Wegeaufkommens bei der Personenverkehrsnachfrage Berücksichtigung.

Im Güterverkehr führt der Anstieg der Kraftstoffpreise für alle Verkehrsträger zu einer Erhöhung der Kraftstoffkosten und somit der variablen Betriebskosten. Im Lkw-Neuzulassungsmodell gehen diese Betriebskosten direkt in den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Effizienzvarianten der einzelnen Fahrzeugklassen ein. In der Nachfragemodellierung kommt es infolgedessen zu einer Erhöhung der Transportkosten, die eine Modal Split-Veränderung nach sich ziehen.

#### 4.1.5 Beimischung von Biokraftstoffen

##### Beschreibung der Maßnahme

Der Anteil von Biokraftstoffen als Beimischung zum konventionellen Kraftstoff erhöht sich bis 2020 auf 10 % (energiebezogen, nach EU-Richtlinie) und bis 2030 weiter auf 15 % und entspricht damit dem Verlauf im Basisszenario. Ergänzend werden jedoch weitere soziale und ökologische Kriterien vorausgesetzt, z.B. die Nutzung degradierter Anbauflächen, Nutzung biogener Abfall- und Reststoffe, höhere Löhne für Beschäftigte. Diese zusätzlichen Kriterien führen zu einer geringeren Bandbreite von einsetzbaren Biokraftstoffen und damit zu höheren Kosten. Die Festlegung solcher Kriterien für fossile Kraftstoffe scheint derzeit nicht wahrscheinlich. Könnten solche Kriterien auch für fossile Kraftstoffe festgelegt werden, so würde dies den Kostenunterschied zu Biokraftstoffen (relativ gesehen) nivellieren.

##### Umsetzung der Maßnahme

Das Stoffstrommodell MOBIL-SZEN verwendet zur Berechnung der THG-Emissionen des Verkehrssektors die im Teil 1 des Endberichtes dargestellten THG-Emissionen der Kraftstoffvorketten.

Im Modell werden zudem Beimischungs- oder Reinkraftstoffanteile für biogene Kraftstoffe verwendet, die je Szenario und Zeitschritt definiert werden können. Die entsprechenden Anteile für das Basisszenario und das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 4      Anteile von Biokraftstoffen in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“

<b>Biokraftstoff</b>	<b>2005</b>	<b>2010</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
<b>Biodiesel</b>	4,50%	7,30%	10,00%	15,00%
<b>Bioethanol</b>	2,00%	5,00%	10,00%	15,00%
<b>Biomethan</b>	0,00%	1,00%	4,00%	10,00%

Quelle: MOBIL-SZEN; Anteile bezogen auf den Energiegehalt aller Kraftstoffe für Straßenfahrzeuge

Neben den Anteilen ist die Herkunft der Kraftstoffe wesentlich – während die Anteile biogener Kraftstoffe sich im Basisszenario und in dem Szenario „Klimaschutz im

Verkehr: Perspektiven bis 2030“ nicht unterscheiden, wird bei der Herkunft bislang vor allem für Palmöl und Ethanol aus Zuckerrohr unterschieden, wie die folgenden Tabellen zeigen.

Tabelle 5 Herkunft von Biodiesel in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“

Herkunft	Anteil im Basisszenario				Anteil im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“		
	2005	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Raps-Öl	0,5%	0,3%			0,3%		
RME	4,0%	6,0%	3,0%		2,0%	3,0%	
PME*		1,0%	4,0%	1,0%	1,0%	1% + 3%	0% + 2,0%
BtL-KUP			1,0%	2,0%		1,0%	3,0%
BtL-Waldholz			2,0%	5,0%		2,0%	5,0%
BtL-Waldholz-CEE				5,0%			5,0%
<b>SUMME</b>	<b>4,5%</b>	<b>7,3%</b>	<b>10,0%</b>	<b>15,0%</b>	<b>7,3%</b>	<b>10,0%</b>	<b>15,0%</b>
Anteil aus Reststoffen	0,0%	0,0%	2,0%	10,0%	0,0%	2,0%	10,0%
Anteil aus Anbau	4,5%	7,3%	8,0%	5,0%	7,3%	8,0%	5,0%

\*= Palmöl-Methylester; ab 2020 im Szenario Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ Anteile aus besonders sozial orientierter Herstellung von degradierten Flächen; KUP= Kurzumtriebsplantage; CEE= Central/Eastern Europe

Tabelle 6 Herkunft von Bioethanol in den Szenarien Basis und „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“

Herkunft	Anteil im Basisszenario				Anteil im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“		
	2005	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Weizen	2,0%	1,0%			2,0%	1,0%	
Zuckerrohr-BR*		2,0%	4,0%	9,0%	2,0%	2,0%	9,0%
Ligno-Stroh			5,0%	6,0%		5,0%	6,0%
<b>SUMME</b>	<b>2,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>10,0%</b>	<b>15,0%</b>	<b>5,0%</b>	<b>10,0%</b>	<b>15,0%</b>
Anteil aus Reststoffen	0,0%	0,0%	5,0%	6,0%	0,0%	5,0%	6,0%
Anteil aus Anbau	2,0%	5,0%	5,0%	9,0%	5,0%	5,0%	9,0%

\*= ab 2020 im Szenario Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ Anteile aus besonders sozial orientierter Herstellung von degradierten Flächen; Ligno= lignozellulotisches EtOH aus enzymatisch unterstützter Fermentation

#### 4.1.6 Umstellung der Kfz-Steuer für Lkw

##### Beschreibung der Maßnahme

Die Bezugsgröße der Kfz-Steuer für Lkw wird ab 2020 auf CO<sub>2</sub>-Emissionen umgestellt. Die Umsetzung erfolgt auf Basis eines Bonus-Malus-Systems, das Fahrzeuge einer Klasse mit überdurchschnittlicher Effizienz – also mit vergleichsweise niedrigen CO<sub>2</sub>-Emissionen – entlastet und Fahrzeuge mit geringerer Effizienz stärker belastet. Im Durchschnitt bleibt das Steueraufkommen unverändert. Voraussetzung für diese Maßnahme ist ein genormtes Messverfahren zur Bestimmung des Lkw-Kraftstoffverbrauchs.

Tabelle 7: Annahme eines CO<sub>2</sub>-bezogenen Kfz-Steuersatzes für Lkw unterschiedlicher Effizienzvarianten [Euro/Fahrzeug]

LNF (<3,5 t)	Referenzsteuersatz	Basis <sup>1</sup>	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
2005	210	210	210	210	210	210
2010	210	210	210	210	210	210
2020	210	294	285	196	151	124
2030	210	252	245	210	175	168
Solo-Lkw (3,5–7,5 t)	Referenzsteuersatz	Basis	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
2005	285	285	285	285	285	285
2010	285	285	285	285	285	285
2020	285	455	316	214	252	188
2030	285	404	310	248	268	196
Solo-Lkw (7,5–12 t)	Referenzsteuersatz	Basis	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
2005	534	534	534	534	534	534
2010	534	534	534	534	534	534
2020	534	850	583	388	510	340
2030	534	754	577	459	518	361

<sup>1</sup> Effizienzvarianten: Basis: Verbrauchsminderung nach Stand und Entwicklung der Technik; Var 1: kostengünstige moderate Verbrauchsminderung, Var 2: kostenintensive hohe Verbrauchsminderung, Var 3: Var 1 + Start-Stop-Technik, Var 4: Var 1 + Hybridisierung. Vgl. hierzu die differenzierte Erläuterung zur Technologiedatenbasis in Teil 1, Kapitel 3.

Solo-Lkw (>12 t)	Referenzsteuersatz	Basis	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
2005	665	665	665	665	665	-
2010	556	556	556	556	556	-
2020	556	862	556	334	473	-
2030	556	760	562	429	473	-
SZM/GLZ (>12 t)	Referenzsteuersatz	Basis	Var 1	Var 2	Var 3	Var 4
2005	1392	1392	1392	1392	-	-
2010	929	929	929	929	-	-
2020	929	1410	863	514	-	-
2030	929	1230	877	681	-	-

Quelle: Eigene Berechnung

### Umsetzung der Maßnahme

In der Modellierung der Lkw-Neuzulassungen werden die Kfz-Steuern als fixe Betriebskosten berücksichtigt. Sie gehen direkt in den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Effizienzvarianten der einzelnen Fahrzeugklassen ein.

Bei der Nachfragemodellierung gab es keine Veränderungen, da das Steuerertrag als konstant angenommen wurde und sich damit bei den im Modell zu Grunde gelegten Durchschnittskosten der einzelnen Fahrzeugklassen keine Veränderungen ergaben.

#### 4.1.7 Optimierung der Logistik

##### Beschreibung der Maßnahme

Auf Anregung der Szenariogruppe des Projektes Renewbility wurde eine Maßnahme Logistikoptimierung entwickelt, welche die wesentlichen Elemente der Verbesserung der Effizienz im Straßengüterverkehr beinhaltet. Dabei wurden folgende Elemente als Wesentlich für die weitere Optimierung transportlogistischer Abläufe identifiziert:

- Verbesserung der Auslastung der Fahrzeuge durch eine bessere Bündelung
- Weitere Verringerung der Leerfahrten
- Einsatz von Telematiksystemen zur Disposition im Güterverkehr

Diese Elemente spiegeln damit vor allem die Veränderungen in der Marktstruktur wider, die sich infolge verändernder Anforderungen an die Transportlogistik aus derzeitiger Sicht ergeben. Hierzu zählen zum einen das stärkere Wachstum der großen

Logistikanbieter im Vergleich zu den meist mittelständischen Speditionsunternehmen infolge der Globalisierung der Lieferantenbeziehungen von Industrie und Handel und zum anderen der anhaltende Trend zu kleineren Sendungen. Das Wachstum im Marktsegment<sup>2</sup> der "Kontraktlogistik" führt im Zusammenhang sich weiter durchsetzender just-in-time- bzw. just-in-sequence-Lieferketten innerhalb der Produktionsprozesse dazu, dass überregional agierende und zusätzliche Dienstleistungen anbietende Logistikunternehmen besser auf komplexe Kundenanforderungen reagieren können. Die Kontraktlogistik profitiert dabei stark von dem Trend der Konzentration auf das Kerngeschäft, so dass bisherige Werkverkehre extern ausgeschrieben und als Kontraktlogistik von gewerblichen Dienstleistern durchgeführt werden.

#### Optimierung transportlogistischer Abläufe

Die Optimierung transportlogistischer Abläufe wird durch den starken Wettbewerb im Transportmarkt getrieben. Im vorhanden Marktumfeld müssen Anbieter immer versuchen, durch den Einsatz moderner Technik und effizienter Organisationsstrukturen bei Auftragsmanagement, informationstechnischen Abläufen, Umschlag, Transport und sonstigen Servicedienstleistungen ihre Kosten zu reduzieren und mit einem attraktiven Leistungsangebot zu einem am Wettbewerb orientierten Preis auf dem Transportmarkt anzubieten.

Dieser Trend wird sich auch in Zukunft dadurch fortsetzen, dass vor allem große Logistikdienstleister in den Marktsegmenten Kontraktlogistik, Systemverkehr sowie im Kurier-, Express- und Paketdienst (KEP) vorhandene freie Kapazitäten in einem Wachstumsmarkt kostengünstig anbieten können. Somit können sie ihre Systeme zur Logistikabwicklung, bestehend z.B. aus Regional- und/oder Zentral-HUB, Lagerflächen und Lagerhallen sowie eigene Fahrzeugflotten besser auslasten.

Die Reduzierung der Leerfahrten bildet ein weiteres Potenzial, die Fahrleistung der Lkw zu senken und trotzdem die Nachfrage nach Transportleistung zu befriedigen.

Tabelle 8: Last- und Leerfahrten deutscher Lkw in Mio. km von 2000 bis 2006

Jahr	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Lastfahrten [Mio. km]</b>	21.449	21.981	21.456	21.579	22.549	22.885	24.225
<b>Leerfahrten [Mio. km]</b>	7.045	6.777	6.289	6.060	5.931	5.628	6.017
<b>Anteil der Lastfahren [%]</b>	75,3	76,4	77,3	78,1	79,2	80,3	80,1

Quelle: Bundesamt für Güterverkehr (2007)

<sup>2</sup> Marktsegmente sind hier: Kontraktlogistik, Systemverkehre, Komplettladungsmarkt, Kurier-, Express- und Paketdienstleistungen im gewerblichen Bereich sowie der Werksverkehr.

In der Vergangenheit ist hier bereits ein Entwicklungstrend erkennbar gewesen (siehe Tabelle 8), der sich mit der Einführung der Lkw-Maut zum 1. Januar 2005 nicht erkennbar verstärkte. Dies kann damit erklärt werden, dass durch den starken Wettbewerb im Straßengüterverkehr die Branche immer nach hoher Effizienz streben musste, d.h. unter anderem das Potenziale zu Kosteneinsparungen durch Minimierung des Leerfahrtenanteils bereits kontinuierlich genutzt wurde. Diese Entwicklung wird sich weiter fortsetzen, wobei zu berücksichtigen ist, dass der Anteil an Leerfahrten nicht unter einen bestimmten Schwellenwert sinken wird. Als Ursachen für die Existenz eines solchen Schwellenwertes sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Fahrten mit Spezial-Equipment, wie z.B. Tanklastzüge, Silofahrzeuge und Kipper (Baustellenverkehr), sind in den meisten Fällen nur durch abwechselnde Last- und Leerfahrten durchführbar, da der Transportbehälter nicht mit einem anderen in die Gegenrichtung zu transportierenden Ladegut beladen werden darf.
- Innerhalb von Ballungszentren geht die industrielle Produktion weiter zugunsten von Dienstleistungen zurück. Die tägliche Güterversorgung der dort lebenden Menschen sorgt zwar für beladen einfahrende Lkw, jedoch findet sich so zu wenig Rückladung, dass deshalb Leerfahrten auftreten.
- Nach den meisten Lastfahrten findet eine Leerfahrt statt, da es nicht möglich ist, ein Fahrzeug sofort wieder dort zu beladen, wohin gerade Güter geliefert wurden. Diese Fahrten sind dann jedoch häufig nur einige Kilometer lang.

Für eine Quantifizierung all dieser Aspekte existieren keine bzw. eine nur unzureichende Datengrundlage. Somit kann der Schwellenwert des Leerfahrtenanteils nicht bestimmt werden.

Im Einsatz von Telematiksystemen sehen die Experten der Szenariogruppe geeignete Innovationen, die es ermöglichen, logistische Prozesse und Transporte effizienter zu organisieren und durchzuführen. Ausgerichtet werden diese Innovationen auf die Prozesse der Transportlogistik, wie zum Beispiel durch die Anwendung von Dispositions- und Flottenmanagementsoftware, Tracking und Tracing, Einsatz von RFID-Technologien, aber auch Routenwahlentscheidungen oder Parkplatzbelegungs-Informationen oder sonstige den Fahrer bei seiner Arbeit unterstützenden Kommunikationsmöglichkeiten.

Einige dieser Telematiksysteme und Informations- und Kommunikationstechnologien im Güterverkehr sind bereits entwickelt, konnten sich jedoch bisher nur teilweise am Markt durchsetzen. Bei Speditionen mit wenigen Fahrzeugen erfolgt die Kommunikation mit dem Fahrer heute immer noch hauptsächlich über Mobiltelefone (Halbritter 2005; Leonardi, Baumgartner 2004).

Eine stärkere Marktdurchdringung von Telematikanwendungen wird in Verbindung mit Mehrwertdiensten erwartet, die auf das Mauterfassungssystem in Deutschland aufbauen. Mit der Nutzung von On-Board-Units (OBU) zur automatischen Mauterfassung existiert hierfür eine technische Grundlage, die stufenweise erweitert werden kann, ohne dass zusätzliche Kosten durch den Aufbau einer technischen Infrastruktur von der Anwendung mitfinanziert werden müssen.

### Umsetzung der Maßnahme

Zu den dargestellten Veränderungen und Optimierungen existieren mit Ausnahme des Leerfahrtenanteils keine Statistiken oder Studien, die die aufgezeigten Einzelmaßnahmen bezogen auf deren verkehrliche Wirkungen quantitativ bewerten. Hinzu kommt, dass die genannten Einzelaspekte sich in der Realität zeitgleich weiterentwickeln und gegenseitig verstärken können oder aber auf die gleichen Effizienzpotenziale zielen.

Für die Modellierung musste deshalb ein Weg gefunden werden, wie diese einzelnen Aspekte gemeinsam abgebildet werden können. Als eine geeignete Vorgehensweise wurde identifiziert, die beschriebenen Veränderungen durch den geänderten Anteil an Leerfahrten und im Wesentlichen durch Veränderungen der im Modell verwendeten Tourenmuster abzubilden.

Aufbauend auf den im Rahmen der Pflichterfassung erhobenen Daten des Bundesamtes für Güterverkehr (vgl. Bundesamt für Güterverkehr 2001) entwickelte Liedtke (2005) eine Klassifizierung von Tourenmustern. Tabelle 9 enthält die aus den Daten ermittelten Häufigkeiten der einzelnen Tourenmuster.

Tabelle 9: Tourenmuster und deren prozentuale Gewichtung im Basisszenario und bei der Maßnahme „Logistikoptimierung“

Tourbezeichnung	Gewichtung KBA-Daten	Gewichtung Basis-Sz.	Gewichtung Logistikopt.
01) Rechteckige Tour mit Ganzladungen (voll & Lang, leer & kurz, voll & lang, leer & kurz)	38,7 %	37,4 %	35 %
02) Teilladungstour (einsammeln, voll & lang, ausliefern)	7,7 %	7,9 %	9 %
03) Auslieferungstour (kurz, abnehmende Ladung, selten voll)	2,9 %	2,9 %	2 %
04) Auslieferungstour (kurz, abnehmende Ladung, häufiger voll)	8,2 %	9 %	10,5 %
05) Lokale Tour (kurz, viele Segmente, mal voller, mal leerer)	2,8 %	2,8 %	2 %
06) Kurze paarige Direktfahrt (voll & kurz, voll & kurz)	7,2 %	7,2 %	8 %
07) Lange paarige Direktfahrt (voll & lang, voll & lang)	4,2 %	4,5 %	6 %
08) Kurze unpaarige Direktfahrt (voll & kurz, leer & kurz)	19,1 %	19 %	12 %
09) Lange unpaarige Direktfahrt	3,1 %	3 %	2 %

(voll & lang, leer & lang)			
10) Kurze Tour im Systemverkehr (eine Fahrt, kurz)	2,4 %	2,5 %	3,5 %
11) Lange Tour im Systemverkehr (eine Fahrt, lang)	3,6 %	3,8 %	10 %

Quelle: Eigene Berechnung; Definition der Tourbezeichnung in Liedtke, G. (2005), S. 142.

Diese Tourenmuster werden im Modell dazu verwendet, die Fahrten im Straßengüterverkehr zwischen den Verladern von Industrie und Handel und den Empfängern zu modellieren und daraus die Fahrleistung zu ermitteln. Diese Tourenmuster spiegeln die unterschiedlichen Einsatzfälle der Lkw wider. Es ist davon auszugehen, dass sich die oben dargestellten, einzelnen Aspekte deshalb auf die absolute Häufigkeit bestimmter Tourenmuster auswirken werden.

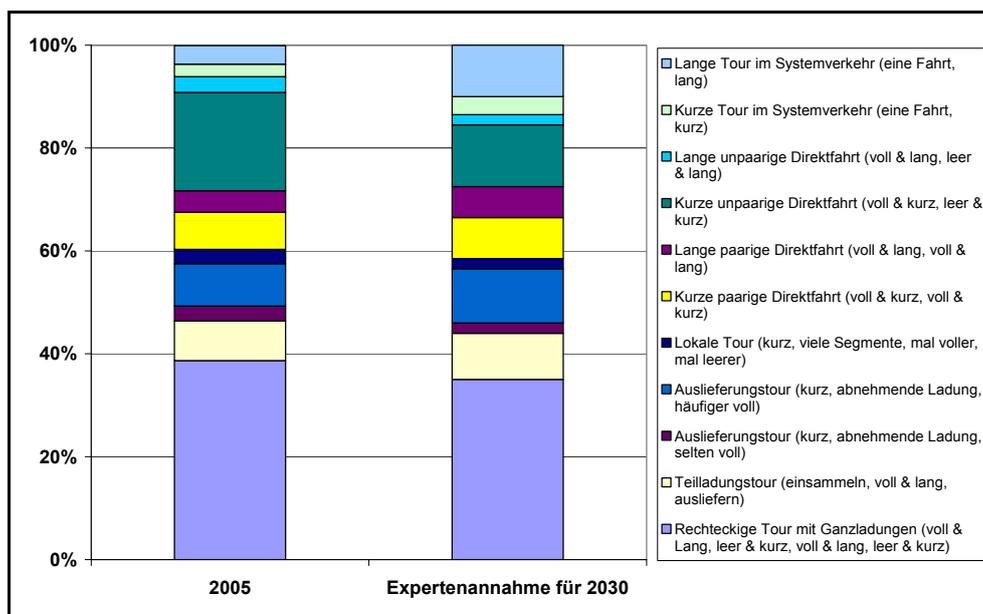


Abbildung 17: Darstellung von Veränderung der Tourenmuster

Um diesen Weg bei der Modellierung zu beschreiten, wurde gemeinsam mit den Vertretern der Speditionsbranche in der Szenariogruppe vereinbart, mit Hilfe ihrer Erwartungen als Experten diese Veränderungen bei den Tourenmustern zu quantifizieren (siehe Tabelle 10, Spalten 3 und 4). Die Modellergebnisse wurden von den Experten als eine realistische Erwartung einer durch logistische Veränderungen und durch die Marktentwicklung begründbaren Entwicklung bzw. Optimierung eingestuft.

Die Veränderungen des Leerfahrtenanteils bei der Maßnahme Logistiko-optimierung beruhen unter Berücksichtigung der beschriebenen Einflüsse auf den Tourenmustern und den ausgewiesenen Veränderungen in der Häufigkeit der Tourenmuster unter Berücksichtigung der beschriebenen Einflüsse. In den Tourenmustern sind sowohl Touren ohne als auch mit Leerfahrten enthalten. Die Anzahl der Ladungsfahrten musste bei den Tourenmustern 4 und 5 geschätzt werden. Leerfahrten konnten jeweils eindeutig bestimmt werden (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Aufschlüsselung der Ladungs- und Leerfahrten in den Tourenmustern und deren Gewichtung bei der Maßnahme „Logistiko-optimierung“

Tourbezeichnung	Anzahl Ladungsfahrten	Anzahl Leerfahrten	Gewichtete Ladungsfahrten bei Logistiko-optimierung	Gewichtete Leerfahrten bei Logistiko-optimierung
01) Rechteckige Tour mit Ganzladungen (voll & lang, leer & kurz, voll & lang, leer & kurz)	2	2	74,8	74,8
02) Teilladungstour (einsammeln, voll & lang, ausliefern)	2	0	15,8	0
03) Auslieferungstour (kurz, abnehmende Ladung, selten voll)	4	1	11,6	2,9
04) Auslieferungstour (kurz, abnehmende Ladung, häufiger voll)	10	1	90	9
05) Lokale Tour (kurz, viele Segmente, mal voller, mal leerer)	18	0	50,4	0
06) Kurze paarige Direktfahrt (voll & kurz, voll & kurz)	2	0	14,4	0
07) Lange paarige Direktfahrt (voll & lang, voll & lang)	2	0	9	0
08) Kurze unpaarige Direktfahrt (voll & kurz, leer & kurz)	1	1	19	19
09) Lange unpaarige Direktfahrt (voll & lang, leer & lang)	1	1	3	3
10) Kurze Tour im Systemverkehr (eine Fahrt, kurz)	1	0	2,5	0
11) Lange Tour im Systemverkehr (eine Fahrt, lang)	1	0	3,8	0

Quelle: Eigene Berechnung; Definition der Tourbezeichnung vgl. Liedtke, G. (2005), S. 142.

Durch die gewichtete Häufigkeit der Tourenmuster konnte das Delta des Leerfahrtenanteils zwischen dem Basisszenario und der Maßnahme Logistikoptimierung im Jahr 2030 bestimmt werden. Die durchschnittliche Minderung des Leerfahrtenanteils bei dieser Maßnahme beträgt 2,2 %. Bei der Modellierung wurde dieses Verringerungspotenzial an Leerfahrten für die verschiedenen Fahrzeugtypen umgesetzt.

#### **4.1.8 Kraftstoffsparende Fahrweise**

##### **Beschreibung der Maßnahme**

Eine Verbreitung von verbrauchsarmer Fahrweise wird durch die Ausgabe von Gutscheinen für Sprit-Spar-Trainings beim Kauf eines Neuwagens, den flächendeckenden Einsatz von Schaltanzeigen im Fahrzeug, günstigere Versicherungsprämien für Absolventen eines Spritspartrainings und die Aufnahme entsprechender Richtlinien für den öffentlichen Dienst erreicht.

##### **Umsetzung der Maßnahme**

Es wird eine zunehmende Umsetzung der Maßnahme hinterlegt und bereits erfolgte Fahrerschulungen werden berücksichtigt. Für Pkw wird eine langfristige Minderung um 10 % in Anlehnung an (IST 2007) und (UBA 2003) des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs angenommen. Der Anteil an kraftstoffsparenden Fahrten steigt von 20 % in 2010 auf 50 % in 2030 an und wird auf die Fahrleistung bezogen. Bei den Lkw sind die spezifischen Minderungsraten etwas niedriger, dafür wird der Umsetzungsgrad höher angenommen, da es sich gezeigt hat, dass gerade in Fahrzeugflotten eher Spritspartrainings mit anschließendem Monitoring durchgeführt werden. Die Minderung bei Lkw wird mit 8 % angesetzt bei einem Anteil von 30 % (2010), 50 % (2020) und 70 % (2030) an der Fahrleistung. Im Modell wird die kraftstoffsparende Fahrweise über eine Reduzierung des gesamten Kraftstoffverbrauchs berücksichtigt. Die der Pkw beträgt 2 % (2010), 3,5 % (2020) und 5,0 % (2030) und die der Lkw 2,4 % (2010), 4 % (2020) und 5,6 % (2030).

#### **4.1.9 Nutzung moderner Telematik- und IT-Systeme**

##### **Beschreibung der Maßnahme**

Der Einsatz von Telematiksystemen und IT-Technologien führt zu einem verbesserten Verkehrsmanagement. Dynamische Ziel- und Routenführungssysteme unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation verringern die Stauhäufigkeit auf Autobahnen und mindern so den Kraftstoffverbrauch.

##### **Umsetzung der Maßnahme**

Im Rahmen der Modellierung wird davon ausgegangen, dass ein Einsatz von Telematiksystemen den Stauanteil auf Bundesautobahnen deutlich reduziert. Auf Basis des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA 2004) wurden die

Fahrsituationen auf BAB mit einem hohen Stauanteil identifiziert und deren Anteil im Emissionsfaktor für den Autobahnanteil entsprechend reduziert. Für den Kraftstoffverbrauch der einzelnen Fahrzeugkategorien auf Bundesautobahnen bedeutet dies:

- Pkw: Minderung um 1,2 %
- Lkw: Minderung um 1,2 %
- Leichte Nutzfahrzeuge: Minderung um 0,3 %
- Reisebusse: Minderung um 1,6 %

#### 4.1.10 Erhöhung der Lkw-Maut

##### Beschreibung der Maßnahme

Die Autobahn-Maut wird gegenüber den bestehenden Mautsätzen für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über zwölf Tonnen weiter erhöht. Im Jahr 2030 beträgt der durchschnittliche Mautsatz 0,37 €<sub>2005</sub>/km<sup>3</sup>. Fahrzeuge, die eine Kraftstoffersparnis von 25 % (2020) und 30 % (2030) gegenüber dem Durchschnittsverbrauch im Jahr 2005 aufweisen, erhalten einen Mautbonus von 0,10 €<sub>2005</sub>/km.

Tabelle 11: Annahmen zur Entwicklung der Lkw-Maut je Fahrzeugklasse [zGG]

	Jahr	Lkw <3,5 t	Lkw 3,5–7,5 t	Lkw 7,5–<12 t	Lkw ≥12 t	SZM/GLZ
<b>Mautsatz pro km [€/km]</b>	<b>2010</b>				0,175	0,175
	<b>2020</b>				0,288	0,360
	<b>2030</b>				0,296	0,368
<b>Mautpflichtiger Streckenanteil</b>	<b>2010</b>				33 %	80 %
	<b>2020</b>				33 %	80 %
	<b>2030</b>				33 %	80 %

Quelle: Eigene Berechnung

##### Umsetzung der Maßnahme

Die Erhöhung der Maut bewirkt einen Anstieg der variablen Betriebskosten für Lkw über 12 t zGG. Im Lkw-Neuzulassungsmodell geht diese Veränderung der

<sup>3</sup> Bezogen auf Preise des Jahres 2005

Betriebskosten direkt in den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Effizienzvarianten der einzelnen Fahrzeugklassen ein.

In der Nachfragemodellierung kommt es infolgedessen zu einer Erhöhung der Transportkosten auf der Straße, die eine Modal Split-Veränderung nach sich zieht.

Gleichzeitig beeinflusst eine Mauterhöhung im Modell die Routenwahl sowohl der mautpflichtigen als auch der nicht-mautpflichtigen Lkw. Die Routenwahl als ein Ergebnis der Betrachtung von Kosten und Zeit bewirkt so eine Verschiebung der Fahrleistung zwischen den Fahrzeugklassen.

## 4.2 Einordnung der Maßnahmen in den europäischen Kontext

Die Mitgliedstaaten der EU verfolgen großteils unabhängig voneinander verschiedene Strategien zur Minderung der Treibhausgasemissionen im Verkehr und bei der Einführung alternativer Kraftstoffe und Antriebe. Bei der Entwicklung einer ganzheitlichen Strategie für eine nachhaltige Mobilität in Deutschland ist jedoch, angesichts bestehender internationaler Wechselwirkungen, auch die Betrachtung der Aktivitäten der anderen EU-Mitgliedsstaaten erforderlich. Im Folgenden werden daher Politiken und Maßnahmen, die weitestgehend das Ziel einer Minderung der Umweltwirkungen des Transportsektors sowie eine Förderung alternativer Kraftstoffe verfolgen, anhand ausgewählter EU-Mitgliedsländer und im Kontext der Aktivitäten auf EU-Ebene diskutiert.

Die Betrachtung unterschiedlicher nationaler und EU-Strategien zur Minderung der Umweltauswirkungen des Transportsektors sowie zur Förderung erneuerbarer Energien im Kontext des Projekts Renewbility begründet sich folgendermaßen:

- 1) Die Szenarienbetrachtung im Projekt Renewbility beschränkt sich auf die Bundesrepublik als Bilanzierungsraum. Daher wird die Wirkung von Maßnahmen in den Szenarien lediglich für diesen Raum quantifiziert. Internationale Wechselwirkungen werden dabei nicht betrachtet bzw. vereinfachend angenommen, dass auch international ähnliche Maßnahmen implementiert werden. Andernfalls müsste berücksichtigt werden, dass unterschiedliche nationale Strategien bei der Förderung von beispielsweise alternativen Kraftstoffen und Antrieben oder der Besteuerung von Kraftstoffen die Ergebnisse des Bilanzierungsraumes wesentlich beeinflussen können (Bsp. „Tanktourismus“, Verfügbarkeit von Biokraftstoffen).

Die Analyse von Maßnahmen und Politiken in weiteren EU-Mitgliedsländern bildet daher die Grundlage, um Unterschiede und einen möglichen Harmonisierungsbedarf nationaler Strategien zu identifizieren.

- 2) Die Auswertung von nationalen Politiken und Maßnahmen anderer EU-Mitgliedsländer im Verkehrssektor ermöglicht außerdem, die Ausgestaltung der

Renewbility-Szenarien mit Blick auf die Auswahl der Maßnahmen als auch deren Ausgestaltung kritisch zu reflektieren und mögliche weitere „Best-Practice“-Maßnahmen zu identifizieren, die weitere Minderungspotenziale im Verkehrssektor erschließen könnten.

- 3) Die Betrachtung von nationalen Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor im EU-Kontext trägt des weiteren der Tatsache Rechnung, dass die Bundesrepublik Deutschland internationalen Klimaschutzzielen verpflichtet ist und daher eine Einordnung nationaler Maßnahmen in den Kontext internationaler Verpflichtungen erfolgen sollte.

Im Rahmen dieser Analyse sind daher für eine repräsentative Auswahl von Mitgliedstaaten die nationalen Strategien bzw. Roadmaps zur Minderung der Umweltauswirkungen im Verkehrssektor zusammengestellt und es wird ein Überblick über die einzelnen Einführungsstrategien gegeben.

Die Schwerpunkte der Analyse stellen Maßnahmenkategorien dar, die auch in Renewbility und insbesondere bei der Szenarioausgestaltung im Fokus stehen; diese sind teilweise um zusätzliche nationale Maßnahmen ergänzt, die in Renewbility nur peripher betrachtet wurden.

#### 4.2.1 Länderauswahl

Neben der Analyse von Maßnahmen und Politiken ausgewählter EU-Mitgliedsländer, wurden EU-weit gültige Richtlinien und Verordnungen sowie Förderprogramme berücksichtigt, da diese in vielen Bereichen den Rahmen für die nationale Gesetzgebung und Initiativen vorgeben. Außerdem wird der Tatsache Rechnung getragen, dass insbesondere im Kontext der Europäischen Klimaschutzvereinbarungen EU-weit gültige Festlegungen zunehmend die Ausgestaltung nationaler Umweltpolitik beeinflussen.

Eine Detailanalyse von Politiken und Maßnahmen wurde für eine möglichst repräsentative Auswahl von EU-Mitgliedsländern durchgeführt, welche folgende Länder umfasst:

- Schweden
- Großbritannien
- Frankreich
- Niederlande
- Spanien
- Österreich
- Polen
- Tschechien
- Ungarn

#### 4.2.2 Herkunft und Qualität der Daten

Sowohl bezüglich der Quantität als auch der Qualität der verfügbaren Daten zu Politiken und Maßnahmen in anderen EU-Mitgliedsländern sind deutliche Unterschiede zu konstatieren.

Während für beispielsweise Österreich, Großbritannien und Frankreich zahlreiche Veröffentlichungen und detaillierte Angaben zu aktuellen und zukünftigen Maßnahmen im Verkehrssektor zur Verfügung stehen, sind insbesondere für die neuen EU-Mitgliedsländer (Polen, Tschechien, Ungarn) nur wenige Veröffentlichungen verfügbar, die meist lediglich allgemeine Langfristziele definieren und oft nur Absichtserklärungen formulieren ohne konkrete Umsetzungszeitpunkte zu nennen oder Maßnahmen in ihrer Ausgestaltung zu konkretisieren.

Eine wesentliche Grundlage für die Recherche stellt die Datenbank zu Politiken und Maßnahmen in Europa (Database on Policies and Measures in Europe, Öko (2009)) dar, die vom Öko-Institut im Rahmen des Europäischen Klimaschutzprogramms gepflegt wird. Diese umfasst die Klimaschutzmaßnahmen aller EU-Mitgliedsländer, die von diesen der EU-Kommission berichtet wurden. Grundsätzlich wird die Datenbasis jährlich auf Basis der Berichte an die Kommission für alle Mitgliedsländer aktualisiert; in Ausnahmefällen erfolgt die Berichterstattung zu Politiken und Maßnahmen in unregelmäßigeren Zeitabständen. Grundsätzlich unterscheiden sich Datenquantität und –qualität zwischen den Ländern deutlich.

Ergänzend wurden die Informationen aus der Datenbank durch weitere Berichte von öffentlichen Einrichtungen (Behörden, Ministerien), wissenschaftlichen Studien, Zeitschriftenartikeln und Expertenkonsultationen ergänzt.

#### 4.2.3 Europäische Union

##### Die Klimaschutzziele der Europäischen Union

Die Europäische Union (EU) hat sich das Ziel gesetzt bis zum Jahr 2020 den Ausstoß von Treibhausgasen um 20 % zu reduzieren, den Anteil erneuerbarer Energiequellen auf 20 % zu steigern und die Energieeffizienz um 20 % zu erhöhen. Das Klimapaket soll sicherstellen, dass die EU ihre Klimaziele bis 2020 erreicht. Im Falle eines internationalen Übereinkommens zur Reduktion von Treibhausgasen, hat sich die EU verpflichtet, ihre Emissionen um insgesamt 30 % zu mindern. Kommt ein solches Abkommen zustande, wird die Kommission eine Einschätzung der Gesamtsituation vornehmen und einen Gesetzesvorschlag vorlegen (EUBG 2008).

Für den Verkehrssektor wie auch andere vom ETS nicht erfasste Sektoren, wurde als Ziel eine Emissionsminderung von durchschnittlich 10 % im Zeitraum von 2013 bis 2020 definiert. Für jedes EU-Mitgliedsland sind in der Entscheidung Reduktionsziele für Treibhausgasemissionen in den nicht vom ETS erfassten Sektoren festgelegt sowie Regeln darüber, wie die Beiträge zu leisten und zu bewerten sind: Beispielsweise muss Deutschland seine Emissionen um 14 % reduzieren, Österreich um 16 %. Frankreich

muss seine Emission um 14% senken, Großbritannien um 16 %, während etwa Bulgarien seine Emissionen um 20 % erhöhen darf, sowie Ungarn um 10 % (EUBG 2008).

### **Relevante Politiken und Maßnahmen auf EU-Ebene**

Wesentliche Initiativen auf EU-Ebene zur Förderung von Fahrzeugeffizienztechnologien und der Entwicklung von alternativen Antrieben stellen neben der Festlegung von CO<sub>2</sub>-Emissionsgrenzwerten auch die direkte Förderung von Technologieentwicklungen dar.

#### *Verordnung zu CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neuwagen:*

Laut Verordnung muss ein Durchschnitts-Grenzwert von 130 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer für neuzugelassene Pkw bis zum Jahr 2015 erreicht werden. 2012 müssen 65 % der Neuwagen eines Herstellers das Ziel erreichen, 2013 75 % und 2014 dann 80%.

Bei Überschreiten der Grenzwerte werden von 2012 bis 2018 Geldbußen fällig:

- 5 € für ein Gramm CO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitung
- 15 € für zwei Gramm CO<sub>2</sub>
- 25 € für drei Gramm CO<sub>2</sub>
- 95 € für jedes weitere Gramm

Ab 2019 ist eine Strafe von 95 € bereits ab dem ersten Gramm fällig. Als Langzeitziel werden 95 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer im Jahr 2020 definiert.

Zusätzlich werden umweltfreundliche Neuentwicklungen belohnt: Pkw, die weniger als 50 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer emittieren, sollen bei der Berechnung des Flottendurchschnitts für den Hersteller in den Jahren 2012 und 2013 dreieinhalbfach, 2014 zweieinhalbfach und 2015 anderthalbfach angerechnet werden (EUBG 2008).

#### *CO<sub>2</sub>-Standards für leichte Nutzfahrzeuge:*

Die Europäische Kommission arbeitet momentan einen Vorschlag zu CO<sub>2</sub>-Grenzwerten für leichte Nutzfahrzeuge aus, die bisher von der Regulierung für Pkw (s.o) ausgenommen sind. Entsprechend des Vorschlags soll bis zum Jahr 2013 ein Emissionsniveau von durchschnittlich 175 g CO<sub>2</sub>/km erreicht werden. Als Langfristziel wird ein Wert von 135 g CO<sub>2</sub>/km diskutiert. Der durchschnittliche Emissionswert von neuzugelassenen leichten Nutzfahrzeugen liegt zurzeit auf EU-Ebene bei etwa 200 g CO<sub>2</sub>/km (FT 2009).

#### *Förderung von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb:*

Die „European Green Cars Initiative“ wurde 2008 etabliert. Sie umfasst eine breite Palette der Forschungsförderung in den Bereichen der Technologie- und

Infrastrukturentwicklung. In Kooperation von Europäischer Gemeinschaft, der Europäischen Investitionsbank (EIB), der Industrie und den Mitgliedstaaten umfasst die Initiative ein Gesamtvolumen von 5 Milliarden Euro. Dabei wird die EIB kostenbasierte Darlehen (4 Milliarden Euro) für die Fahrzeugindustrie und Lieferanten bereitstellen, um damit Innovationen wie beispielsweise die Entwicklung von Elektrofahrzeugen zu finanzieren (EURO 2009).

Des Weiteren werden öffentlich-private Partnerschaften zur Entwicklung umweltfreundlicher Verkehrssysteme im Rahmen eines 500 Millionen Euro Fonds der europäischen Kommission gefördert, wobei ein besonderer Fokus auf der Entwicklung elektrisch betriebener Fahrzeuge liegt (COM 2009).

#### *Richtlinie über erneuerbare Energien:*

Die Richtlinie legt fest, dass bis 2020 mindestens 10 % aller Kraftstoffe im EU-Verkehrssektor aus erneuerbaren Energien gewonnen werden müssen. Dieser Anteil schließt sowohl Biokraftstoffe der ersten und zweiten Generation als auch Wasserstoff und Strom, der aus erneuerbaren Quellen gewonnen wird, ein:

- Biokraftstoffe der zweiten Generation werden dabei doppelt gutgeschrieben,
- Strom aus erneuerbaren Quellen, der für den Betrieb von Elektroautos verwendet wird, wird 2,5-fach angerechnet,
- Regenerativer Strom im Schienenverkehr wird nur einfach gewertet (EUBG 2008).

Die Richtlinie legt verschiedene Nachhaltigkeitskriterien verbindlich fest, um so eine umweltfreundliche Produktion von Biokraftstoffen in der EU und in Drittländern zu gewährleisten. Beispielsweise müssen Biokraftstoffe gegenüber fossilen Kraftstoffen (wie Benzin oder Diesel) mindestens 35 % an Treibhausgasen einsparen, um auf das 10 %-Ziel angerechnet werden zu können. Ab 2017 müssen Biokraftstoffe, die in bestehenden Anlagen produziert werden, mindestens 50 % und solche aus neuer Produktion mindestens 60 % der Treibhausgase gegenüber fossilen Kraftstoffen einsparen.

Perspektivisch soll geprüft werden, ob weitere soziale Nachhaltigkeitskriterien definiert werden sollen (EUBG 2008).

#### *Richtlinie zur Qualität von Kraftstoffen:*

Die Richtlinie zielt darauf ab, die während Herstellung, Transport und Nutzung von Kraftstoffen verursachten Treibhausgasemissionen bis 2020 um bis zu 10 % zu senken.

Parlament und Rat hatten sich in informellen Verhandlungen darauf geeinigt, dass Anbieter von Kraftstoffen (wie Benzin, Diesel, Gasöl, Biokraftstoffe, Gemische, Strom

und Wasserstoff) die Treibhausgasemissionen, die während Herstellung, Transport und Nutzung entstehen, bis 2020 um bis zu 10 % senken müssen.

Anbieter von Kraftstoffen müssen:

- die Treibhausgasemissionen von 2010 bis 2020 verbindlich um 6 % senken. Mitgliedstaaten können Zwischenziele von 2 % bis 2014 und weiteren 4 % bis 2017 formulieren;
- eine zusätzliche Reduzierung um 2 % anvisieren, die durch einen stärkeren Einsatz von Fahrstrom oder durch neue Technologien zur Einsparung von Treibhausgasen – wie der geologischen Speicherung von Kohlendioxid – erreicht werden kann;
- eine weitere Reduzierung von 2 % über Gutschriften anstreben, die für Projekte zur Reduzierung von Emissionen in Entwicklungsländern im Rahmen des "Clean Development Mechanism" der Vereinten Nationen erworben werden können (EUBG 2008).

#### *Verbrauchskennzeichnung von Neufahrzeugen:*

Die im Jahr 1999 verabschiedete Richtlinie regelt die Bereitstellung von Informationen zum Kraftstoffverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen eines Fahrzeugs beim Neukauf und soll der Kundeninformation dienen. Die Minimalanforderungen der Richtlinie umfassen numerische Informationen zum Kraftstoffverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen je Kilometer. Die Richtlinie wurde in den Mitgliedsländern auf unterschiedliche Weise umgesetzt. In einer Revision der Richtlinie soll ein EU-weit einheitliches Label etabliert werden (ADAC 2005), wobei voraussichtlich der Vorschlag der Kommission Ende 2009 verabschiedet wird.

#### *Verkehrsvermeidung und –verlagerung:*

Das europäische Marco Polo Programm wurde im Jahr 2003 etabliert und gibt finanzielle Förderung zur Minderung der Umweltauswirkungen des europäischen Güterverkehrs. Unter anderem werden Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und zur Verlagerung von Frachttransporten vom Lkw auf Schiffe gefördert (EUCC 2006).

#### *Straßennutzungsgebühr:*

Die sogenannte „Eurovignette-Richtlinie“ legt gemeinsame Regeln fest, inwieweit schwere Nutzfahrzeuge für die Nutzung des Verkehrsnetzes finanziell belastet werden können. Die Richtlinie soll zu einem harmonisierten EU-Rechtsrahmen für die Nutzung gebührenpflichtiger Straßen durch schwere Nutzfahrzeuge führen und erlaubt nun den EU-Mitgliedsstaaten, Gebühren für schwere Lastkraftwagen mit einem Gewicht von mehr als 3,5 Tonnen zu erheben. Hauptziele der Straßenmaut sind laut EU-Verkehrs-WeißeBuch 2001 die Sicherstellung, dass nationale Mautsysteme die externen Kosten

des Verkehrs widerspiegeln und alternative Transportarten gefördert werden um einen Modal Shift zu erreichen (EURA 2009).

#### 4.2.4 Schweden

##### **Fahrzeuffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Förderung von energieeffizienten Fahrzeugen („Eco Cars“): Die Förderung umfasst Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebstechnologien (auch Flex-Fuel-Fahrzeuge). Die wesentlichen Förderkriterien stellen Kraftstoffverbrauch und Emissionen dar. Die Förderung erfolgt in Form von:

- Steuervergünstigung für sog. „Eco Cars“ seit 2002,
- Befreiung von Straßen- und Parkraumnutzungsentgelten (ÖKO 2009),
- Zuschüsse in Höhe von 10.000 SEK für energieeffiziente Fahrzeuge (ACEAa 2009, SRA 2009).

Die staatliche Gesamtfördersumme für die Jahre 2007 bis 2009 beläuft sich auf SEK 250 Millionen (SRA 2009a). Die Förderung von sog. „Green Cars“ läuft am Ende des Jahres 2009 aus und wird anschließend durch eine 5-jährige Steuerbefreiung von Fahrzeugen, die mit Emissionen von weniger als 120 g CO<sub>2</sub>/km und Fahrzeugen die mit Biokraftstoffen betrieben werden, ersetzt.

Förderung der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge: Gegenwärtig werden öffentliche Investitionen von 1,5 Millionen Euro zur Entwicklung der erforderlichen Lade-Infrastruktur getätigt (BERR 2008).

##### **Öffentliche Beschaffung**

Auftragsvergaberegeln bei der Beschaffung von Fahrzeugen für staatliche Einrichtungen orientieren sich verstärkt an Effizienzkriterien – alle Neufahrzeuge müssen den Eco Car-Kriterien entsprechen (ÖKO 2009).

##### **Dienstwagenbesteuerung**

Diese bereits implementierte Maßnahme regelt die Versteuerung des Treibstoffs für Privatfahrten im Firmenwagen. 25 % der verkauften Neuwagen in Schweden sind Firmenwagen, welche im Durchschnitt schwerer sind und mehr Kraftstoff verbrauchen als durchschnittliche private Pkw. Dadurch wird eine Versteuerung des „gratis Kraftstoffs“ erreicht (ÖKO 2009)

##### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Förderung der verstärkten Beimischung von Ethanol und RME: Biokraftstoffe sind in Schweden seit 2004 von der CO<sub>2</sub>-Steuer und der Energie-Steuer ausgenommen. Die

Steuerausnahme sollte ehemals bis Ende des Jahres 2008 gelten, jedoch wurde beschlossen die Steuerausnahme über das Jahr 2008 hinaus beizubehalten (ÖKO 2009)

Am 1. April 2006 wurde ein Gesetz über Verpflichtung zum Angebot von erneuerbaren Kraftstoffen erlassen. Dabei müssen größere Tankstellen neben Benzin und Diesel auch erneuerbare Kraftstoffe anbieten. 2010 sollen über 60 % der Tankstellen über ein entsprechendes Kraftstoffangebot verfügen. Ziel des Gesetzes ist es, die Entwicklung und die Nutzung von erneuerbaren Kraftstoffen zu beschleunigen. Der Aufbau der notwendigen Infrastruktur wird mit bis zu 30 % der anfallenden Kosten staatlich unterstützt. Für den Zeitraum 2006-2007 wurde ein Budget von 150 Millionen schwedischen Kronen bereitgestellt (ÖKO 2009).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Umsetzung der Richtlinie zur Verbrauchs-/Emissions-Kennzeichnung von Neufahrzeugen: Neben dem Kraftstoffverbrauch und den CO<sub>2</sub>-Emissionen, wird auch die jeweilige Umweltklasse ausgewiesen (ADAC 2005).

Darüber hinaus werden durch entsprechende Informationskampagnen und –materialien (Broschüren und Internetseiten) Pkw- und Lkw-Fahrer über Möglichkeiten der Kraftstoffeinsparung durch ein verändertes Fahrverhalten aufgeklärt.

Eine Internet-Plattform bietet Verbrauchern die Möglichkeit nach ausgewählten Suchkriterien (Kraftstoffverbrauch, Schadstoffklasse, Fahrzeugantrieb, Fahrzeuggewicht) eine Übersicht von entsprechenden Fahrzeugen auf dem Markt zu bekommen.

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Durch ein verbessertes Mobilitätsmanagement soll eine verbesserte Nutzung der Verkehrsinfrastruktur und –träger und ein höherer Anteil von umweltfreundlichen Verkehrsmodi erreicht werden. Die Nachfrage nach motorisierten Verkehren soll dadurch gesenkt werden (SRA 2009b).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

In Stockholm wurde 2006 eine Straßennutzungsgebühr für die Innenstadt eingeführt. Nach einer einjährigen Pilotphase wurde im Anschluss eine dauerhafte Etablierung eines City-Maut-Systems beschlossen. Die Maut wird tagsüber und nur werktags für die Einfahrt in die Innenstadt erhoben. Der Mautsatz variiert zwischen 1,06 und 2,11 € je nach Tageszeit. Im Gegensatz zu verbrennungsmotorischen Fahrzeugen sind Hybrid- und Elektrofahrzeuge für eine Dauer von 5 Jahren von der City-Maut in Stockholm befreit (ABERN 2006)

#### 4.2.5 Großbritannien

##### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Laut dem britischen Transportministerium (DFT 2009) sind umfangreiche Investitionen und Maßnahmen zur Förderung alternativer Antriebe und zur Erhöhung der Fahrzeugeffizienz geplant.

##### Pkw:

Einen besonderen Schwerpunkt stellt die Förderung und Entwicklung von elektrisch betriebenen Pkw dar. Hierfür werden £ 400 Millionen zur Technologieentwicklung bereitgestellt. Dabei soll ein £ 250 Millionen Fonds die frühe Markteinführung von Batterie-elektrischen und Plug-in-Hybridfahrzeugen fördern. Ab 2011 soll ein Großteil des Fonds zur Subventionierung des Erwerbs von entsprechenden Fahrzeugen eingesetzt werden (£ 2.000 - £ 5.000 pro Fahrzeug). Insgesamt £ 30 Millionen werden ab 2010 für den Ausbau der Ladeinfrastruktur für EVs und PHEVs in ausgewählten Regionen bereitgestellt. Demonstrationsvorhaben mit insgesamt 340 Elektrofahrzeugen sind in mehreren Modellregionen geplant.

##### Busse:

Für den Zeitraum 2009 bis 2011 sind Investitionen von insgesamt £ 30 Millionen zur Effizienzverbesserung von Bussen angekündigt.

##### Lkw:

Ein Programm zur Förderung von Effizienztechnologien für Lkw befindet sich in Planung ist aber noch nicht konkretisiert worden.

##### Schienefahrzeuge:

Diesellokomotiven sollen verstärkt durch elektrisch betriebene Fahrzeuge ersetzt werden und verstärkt regenerative Bremssysteme bei Schienenfahrzeugen eingeführt werden.

##### **Öffentliche Beschaffung**

Dienstwagen im öffentlichen Dienst sollen im Jahr 2010/11 ein durchschnittliches Emissionsniveau von 130 g CO<sub>2</sub>/km erreichen. Ein £ 20 Millionen Beschaffungsprogramm im öffentlichen Dienst soll die Entwicklung von alternativen Fahrzeugantrieben und deren Massenproduktion beschleunigen (DFT 2008). Beim Kauf von Dienstwagen, die weniger als 120 g CO<sub>2</sub> /km emittieren, werden staatliche Zuschüsse gewährt (ÖKO 2009).

##### **Dienstwagenbesteuerung**

Die Grundsteuern für Firmenwagen reichen von 15 % des Kaufpreises des Pkw (für maximal 135 g CO<sub>2</sub>/km) bis zu 35 % (für mehr als 240 g CO<sub>2</sub>/km). Für Dieselfahrzeuge muss ein Zuschlag in Höhe von 3 % gezahlt werden (ACEAa 2009).

### **Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen**

CO<sub>2</sub> basierte Fahrzeugsteuer: Die Grundsteuern reichen von 0 £ (für maximal 100 g CO<sub>2</sub>/km) bis zu 300 £ (Benzin, Diesel) bzw. 285 £ (alternative Kraftstoffe) für Pkw, welche mehr als 225 g CO<sub>2</sub>/km emittieren (ACAEEa 2009).

Zusätzlich wird die Kraftstoffsteuer bis zum 01.09.2009 um 2 Pence pro Liter gesteigert. Darüber hinaus um 1 Pence pro Liter und Jahr von 2010-2013. (DFT 2009)

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Im Juni 2010 wird ein Aktionsplan zu Biokraftstoffen veröffentlicht, welcher auch Vorschläge aus der „UK Renewable Energy Strategy“ enthalten wird. Die „Renewable Transport Fuel Obligation 2007“ verpflichtet Anbieter fossiler Brennstoffe dazu, dass ein gewisser Anteil ihres Kraftstoffs aus erneuerbaren Quellen kommt (verpflichtendes Ziel ist ein Anteil von 5 % in den Jahren 2013/2014). Im Jahr 2020 sollen die nachhaltigsten und kosteneffizientesten Biokraftstoffe, welche zur Verfügung stehen, genutzt werden. Darüber hinaus sollen weitere Forschungsaktivitäten im Bereich neuer Biokraftstoffe gefördert werden (DFT 2009).

### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Insgesamt sollen £ 15 Milliarden staatliche Investitionen in den Ausbau des Schienenverkehrs zwischen 2009 und 2014 fließen (DFT 2009).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Im Jahr 2005 wurde ein neues Label zur Verbrauchs- und Emissionskennzeichnung von Neufahrzeugen eingeführt. Dieses umfasst neben den Mindestanforderungen (absolute Kennzahlen) auch eine Einordnung in ein 6-stufiges Effizienzklassensystem und gibt Informationen zur fahrzeugspezifischen Höhe der Verbrauchssteuer und zu den durchschnittlichen jährlichen Kraftstoffkosten (ADAC 2005).

Die „Act on CO<sub>2</sub>“-Kampagne stellt Informationen für den Autokauf und den effizienten Gebrauch von Fahrzeugen zur Verfügung. Es gibt Pläne zur Ausweitung des Programms auch für Lkw-Nutzer.

Durch die Zusammenarbeit mit dem „Energy Saving Trust“ zur Förderung von Eco-Driving bei Führerscheininhabern sollen weitere CO<sub>2</sub>-Emissionen in Zukunft eingespart werden.

SAFED (Safe and Fuel Efficient Driving) ist ein Programm für Lkw- und Lieferwagen-Fahrer, welches Eco-Driving-Maßnahmen fördert und auch auf Busse ausgeweitet werden soll (DFT 2009).

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Es gibt aktuelle Ankündigungen über ein £ 5 Millionen Programm zur Verbesserung der Fahrradaufbewahrungsmöglichkeiten an 10 großen Bahnhöfen landesweit. Darüber

hinaus wurde ein £ 3 Millionen Programm zur besseren Verknüpfung von Fahrrad- und Bahnverkehr aufgelegt. (DFT 2009)

Das DfT (Department for Transport) stellt Investitionen (£ 50 Millionen über 3 Jahre) zur Unterstützung von 18 „Fahrrad Demo Städten“ (Cycling Demonstration Towns and Cities) zur Verfügung. Ende des Jahres 2009 soll ein „National Cycle Plan“ vorgestellt werden (DFT 2009).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

In London wird eine City-Maut in Höhe von £ 8 pro Tag erhoben. Fahrzeuge mit alternativem Antrieb sind von der Maut ausgenommen (KING 2008).

## **4.2.6 Frankreich**

### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Es wird eine Prämie beim Kauf eines Neuwagens von 200 bis 1.000 € gezahlt, solange dieser weniger als 130 g CO<sub>2</sub>/km emittiert. Für Fahrzeuge mit Emissionen unter 60 g CO<sub>2</sub>/km beträgt die Prämie 5.000 €; diese ist jedoch auf maximal 100.000 Fahrzeuge bis 2012 begrenzt. Eine zusätzliche Prämie (300 €) wird gezahlt, wenn gleichzeitig ein mindestens 15 Jahre altes Fahrzeug verschrottet wird. Eine Steuer wird beim Kauf eines Wagens, welcher über 160 g CO<sub>2</sub>/km emittiert fällig. Die maximale Steuer beträgt bei Emissionen über 250 g CO<sub>2</sub>/km 2.600 €. Die genannten Schwellenwerte verstärken sich alle 2 Jahre um weitere 5 g CO<sub>2</sub>/km (ACEA 2009a, CHAT 2009, ADEM 2009a).

→ Im Jahr 2008 waren 45 % der Pkw-Neuzulassungen vom Bonus und 14 % vom Malus betroffen (ADEM 2009b).

Förderung von Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb:

- Bereits bestehende öffentliche Auftragsvergabe über die Bestellung von 5.000 Hybrid- und Elektrofahrzeugen (AVER 2007).
- Beschluss über die Investition von 400 Millionen Euro in Forschungs- und Entwicklungsprogramme und Demonstrationsprojekte für die Entwicklung von entsprechenden Fahrzeugen und Infrastruktur zwischen 2008 und 2012 (CHAT 2009).

### Staatliche Forschungsförderprogramme:

Das staatliche Forschungsprogramm „Clean and efficient transport“ mit einer Laufzeit von 2007-2010 ist mit € 30 bis 35 Millionen dotiert. Wesentliche Forschungsschwerpunkte sind die technologische Optimierung konventioneller Fahrzeuge sowie die Entwicklung und Erprobung alternativer Antriebe (ADEM 2009a).

Ein geplantes Forschungsprogramm soll die Automobilwirtschaft mit 100 Millionen Euro unterstützen, um einen Pkw mit hohem Marktpotenzial zu entwickeln, der weniger als 3,5 l/100km (90 g CO<sub>2</sub>/km) verbraucht (ÖKO 2009).

### **Dienstwagenbesteuerung**

CO<sub>2</sub>-basierte Dienstwagenbesteuerung: Die Steuersätze variieren zwischen 2 € für jedes Gramm CO<sub>2</sub> für Pkw mit Emissionen von unter 100 g CO<sub>2</sub>/km und bis zu 19 € pro Gramm CO<sub>2</sub> für Pkw, welche über 250 g CO<sub>2</sub>/km emittieren (ACEA 2009a).

### **Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen**

Auf Grundlage einer CO<sub>2</sub>-basierten Zulassungssteuer: werden bei Emissionen von über 200 g CO<sub>2</sub>/km zusätzliche Kosten von 2 € pro zusätzlichem Gramm CO<sub>2</sub> erhoben. Über 250 g CO<sub>2</sub>/km kommt es zu zusätzlichen Kosten von 4 € pro zusätzlichem Gramm CO<sub>2</sub> (ÖKO 2009).

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Bis 2010 sollen 7 % der flüssigen Kraftstoffe aus Biomasse produziert werden. Die Zielerreichung wird durch staatliche Subventionen (bzw. Steuererleichterungen) unterstützt. Das Ursprüngliche Ziel eines Anteils von 15 % Bioenergie am gesamten Kraftstoffverbrauch bis 2015 wird nicht weiter verfolgt. Für Biodiesel ist eine maximale Beimischungsquote von 7 % seit 2008 und für Bioethanol von 10 % seit 2009 gesetzlich zugelassen. Um die Beimischungsziele zu erreichen, wurde eine Umweltabgabe eingeführt, die bei Nichterreichung von Unternehmen entrichtet werden muss bzw. bei deren Erfüllung als Steuererleichterung gewährt wird (ADEM 2009).

Versorgungsinfrastruktur: Ein weiteres nationales Ziel war die Errichtung von 500-600 sog. „grünen Tankstellen“ bis 2007 und 1800 Tankstellen bis 2008, die die Betankung mit Biokraftstoffen ermöglichen (ÖKO 2009).

Forschungsförderung: Im Jahr 2008 wurde ein 3-jähriges Forschungsprogramm (2008-2010) zur Entwicklung von Biokraftstoffen der zweiten Generation durch die Nationale Französische Forschungsagentur (ANR) aufgelegt (ADEM 2009).

Praxistests: Die Einrichtung eines Fonds zur Finanzierung von Demonstrationsvorhaben zur Erprobung alternativer Kraftstoffe wurde 2008 verabschiedet und soll bis zum Ende des Jahres 2009 konkretisiert werden (ADEM 2009).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Verbrauchskennzeichnung von Pkw: Diese Maßnahme wurde 1999 implementiert. Dabei wurde ein Label für Kraftstoffverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen in sieben Kategorien (ähnlich wie bei Haushaltgeräten) zur Verbesserung der Information der Konsumenten eingeführt. Das Label ist seit dem 10. Mai 2006 verpflichtend (ÖKO 2009, ADEM 2009b). Dem Klimaplan 2004-2012 folgend, sollen Energielabels für

existierende und gebrauchte Fahrzeuge ausgeweitet werden. Ein vereinfachtes Label für die Anbringung auf der Windschutzscheibe wird derzeit bewertet. Das Labelling für Gebrauchtwagen wird ausgeweitet (ÖKO 2009).

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Güterverkehrsverlagerung auf die Schiene: Dieser Plan wurde 2003 eingeführt und hat zum Ziel Frachttransporte auf die Schiene zu verlagern. Dazu steht ein Budget von 1,5 Milliarden Euro über 3 Jahre (800 Millionen des Fonds vom Staat finanziert) bereit. Der Fond wird für Investitionen ins Schienennetzwerk und zur Subvention von kombinierten Verkehren genutzt (ÖKO 2009).

Am 18. Dezember 2008 wurde vom nationalen interministeriellem Komitee für ländliche Entwicklung (national interministerial committee for rural development) beschlossen, dass Alternativen zur Straßeninfrastruktur zukünftig Vorrang bei der Finanzierung eingeräumt werden soll (ÖKO 2009).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Frankreich führt bis 2011 eine kilometerbasierte Straßennutzungsgebühr für Lkw (> 3,5 t zul. Gesamtgewicht) auf National- (10.500 km) und einigen Regionalstraßen (2.000 km) ein. Bisher ist bereits etwa ein Drittel der Lkw-Verkehrsleistung in Frankreich von Straßennutzungsgebühren betroffen; durch die Ausweitung wird sich der Anteil auf etwa zwei Drittel erhöhen. Es wird erwartet, dass sich durch die Ausweitung der Lkw-Maut die Lkw-Verkehrsleistung um etwa 7 % pro Jahr reduzieren wird (T&E 2009, T&E 2009a).

### **Geschwindigkeitsbegrenzung**

Die Geschwindigkeitsüberwachung wurde 2002 auf das gesamte Straßennetz ausgeweitet, um die Einhaltung der jeweiligen Höchstgeschwindigkeit zu garantieren. Die durchschnittlichen beobachteten Geschwindigkeiten auf Straßen haben sich in der Folge um über 10 km/h (2004) reduziert, und zu einem verringerten CO<sub>2</sub>-Ausstoß geführt (ÖKO 2009).

## **4.2.7 Niederlande**

### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Im Rahmen des niederländischen „Car of the Future“-Projekts wurde ein Aktionsplan entwickelt, der bis zum Jahr 2020 den Betrieb von einer Million elektrisch betriebener Pkw in den Niederlanden zum Ziel hat und konkrete Handlungsschritte formuliert. Der Aktionsplan wird von der niederländischen Regierung unterstützt (CMMN 2009).

### **Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen**

Erhöhung der Kraftstoffsteuer: Diese bereits implementierte, steuerliche Maßnahme umfasst die Erhöhung und Ausweitung der Besteuerung von Kraftstoffen (ÖKO 2009).

Ab dem 1. Juli 2006 erhalten Pkw mit einer hohen Energieeffizienz Steuererleichterungen. Der Steuersatz (basierend auf dem Verkaufspreis) sinkt oder steigt in Abhängigkeit von der Energieeffizienz des Pkw und richtet sich nach Energieeffizienzklassen (A-G). Der maximale Bonus beträgt 1.400 € für Pkw, welche weniger als 20 % des Durchschnitts (verglichen mit Fahrzeugen der gleichen Größe) emittieren. Der maximale Malus beträgt 1.600 € für Fahrzeuge mit Emissionen, welche 30% über dem Durchschnitt liegen. Für Hybridfahrzeuge gilt eine separate Berechnungsmethodik. Der maximale Bonus für Hybridfahrzeuge liegt bei 6.400 €. Die Maßnahme ist aufkommensneutral (PBL 2009, ÖKO 2009).

Für Pkw, die mehr als 232 g CO<sub>2</sub>/km (Benzin) bzw. 192 g CO<sub>2</sub>/km (Diesel) emittieren, muss eine zusätzliche Steuer von € 110 pro emittiertem Gramm CO<sub>2</sub> über diesem Grenzwert entrichtet werden (ACEA 2009a).

Zusätzlich reduziert sich die jährliche Kfz-Steuer um 50 % für Pkw, die CO<sub>2</sub>-Emissionen bis maximal 110 g CO<sub>2</sub>/km (Benzin) bzw. 95 g CO<sub>2</sub>/km (Diesel) haben (ACEA 2009a).

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Die niederländische Regierung verfolgt das Ziel bis 2020 10 bis 20 % des Kraftstoffbedarfs durch Biokraftstoffe zu decken. Das Biokraftstoffziel von 5,75 % bis 2010 wurde mittlerweile auf einen Wert von 4 % abgeschwächt (PBL 2009).

Im nationalen Steuerplan 2007 wurde eine neue Steuerklasse für erdgasbetriebene Fahrzeuge eingeführt. Die Steuer auf Erdgas als Fahrzeugkraftstoff ist auf 0,03 €/ Nm<sup>3</sup> festgesetzt (ÖKO 2009, PBL 2009).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Im Jahr 2001 wurden Energielabels für Fahrzeuge in den Niederlanden eingeführt, welche in Einklang mit der EU Direktiven 1999/94/EC stehen. Die Labels weisen sowohl auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch den Kraftstoffverbrauch von neuen Pkw hin. Das Vorhaben der Niederlande geht über die Anforderungen der EU-Direktiven hinaus, weil die Kraftstoffverbrauchskennzeichnung sowohl den relativen Kraftstoffverbrauch mittels Energieeffizienzklassen (im Vergleich zu Pkw vergleichbarer Größe) als auch den absoluten Kraftstoffverbrauch dokumentiert (ÖKO 2009, ADAC 2005).

Fahrertraining und Informationskampagnen: Ziel des Programms ist es, die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Änderungen des Fahrverhaltens zu reduzieren. Die Regierung hat 11 Millionen Euro im Jahr 1999 bereitgestellt und zusätzlich, in einer zweiten Phase, für den Zeitraum von 2004-2006 weitere 10 Millionen Euro.

Darüber hinaus sind verstärkt Informationskampagnen zu nachhaltiger Mobilität geplant, die staatlich unterstützt werden (ÖKO 2009, PBL 2009).

### **Optimierung von Verkehrsflüssen**

Verstärkte Telearbeit wird staatlich unterstützt, unter anderem mit dem Ziel ein Teil der Arbeitswege (insbesondere von Pendlern) einzusparen. Das niederländische Transportministerium geht jedoch davon aus, dass eine entsprechende Entwicklung eher zu einer verringerten Stauhäufigkeit im Straßenverkehr durch eine zeitlichen Verschiebung von Fahrten als zu einer Minderung des Verkehrsaufkommens führen würde (PBL 2009).

### **Logistikoptimierung**

Ein Programm zur Verbesserung der Effizienz des Gütertransports über die gesamte logistische Handelskette wurde aufgelegt. Die Minderung von CO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Emissionen sind die Hauptziele des Projektes „Transactie Modal Shift (TMS)“ (ÖKO 2009, PBL 2009).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Am 07.02.07 wurde der Koalitionsvertrag der neuen Regierung vorgestellt, in welchem eine Einigung auf Straßennutzungsgebühren enthalten war. Es ist beabsichtigt, eine kilometer-basierte Straßennutzungsgebühr für Pkw und Lkw bis 2012 zu implementieren. Bezüglich Pkw soll diese die Zulassungssteuer und bestehende Straßennutzungsgebühren ersetzen (ÖKO 2009, PBL 2009).

### **Geschwindigkeitsbegrenzung**

Ziel der Regierung ist es, die Anzahl von Geschwindigkeitsüberschreitungen zu reduzieren und damit eine Verbesserung von Kraftstoffeffizienz und die Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen durch die Optimierung des Fahrverhaltens zu erreichen (ÖKO 2009).

## **4.2.8 Spanien**

### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Zur Erneuerung der Fahrzeugflotte werden in Spanien, ähnlich der Abwrackprämie in Deutschland, bestimmte Prämien, welche teils vom Staat (max. 1.000 €) bzw. den Regionalverwaltungen (max. 500 €), teils von den Fahrzeugherstellern (500 €) finanziert werden, beim Neukauf eines Pkw (bei gleichzeitiger Abmeldung eines Altwagens) gewährt. Förderfähig sind Fahrzeuge, die mindestens 10 Jahre alt sind bzw. 250.000 km Fahrleistung haben. Die Höhe der Prämien ist abhängig vom Alter des abgemeldeten Fahrzeugs, dem CO<sub>2</sub>-Ausstoß des neuen Pkw und dem Jahr, in dem der Erwerb stattfindet bzw. stattfand. Diesen Kriterien entsprechend werden Prämien zwischen 481 und 2.000 € gewährt. Die Dauer der Förderung ist auf ein Jahr bzw. ein maximales Fördervolumen von 100 Millionen Euro beschränkt und gilt seit Mai 2009 (SAZ 2009, ÖKO 2009, KFBO 2007, ICO 2008)).

Die spanische Regierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis zum Jahr 2014 eine Million Hybrid- oder Elektrofahrzeuge auf den spanischen Straßen zu haben (BUGR 2008). Eine Maßnahme, um dieses Ziel zu erreichen, ist eine staatliche Förderung von 15 % des Neupreises beim Kauf eines Elektrofahrzeuges (BERR 2008).

Das Pilotprojekt „MOVELE“ zur Einführung von 2.000 Elektrofahrzeugen und der Installation von 500 Ladestationen im Zeitraum von 2009 bis 2010 wurde bereits durch die IDAE („Institute for Energy’s Diversification and Savings“ des Ministeriums für Infrastruktur) begonnen (IDAE 2009a).

### **Öffentliche Beschaffung**

Sowohl auf nationaler, wie auch regionaler Ebene ist die Fahrzeugbeschaffung an Effizienzkriterien gekoppelt. Neben einer Bevorzugung von Hybridfahrzeugen für den Einsatz in Städten, orientieren sich die Kriterien an der nationalen Energieeffizienzklassifizierung (Klasse A bzw. B) und der EURO-Norm für Luftschadstoffe (ECO 2009).

### **Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen**

Eine CO<sub>2</sub>-basierte Kraftfahrzeugsteuer ist seit dem 1. Januar 2008 in Kraft. Die Steuersätze variieren zwischen 0 % (für Fahrzeuge mit Emissionen unter 120 g CO<sub>2</sub>/km) und 14,75 % des Kaufpreises (über 200 g CO<sub>2</sub>/km) (ACEA 2009a).

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Die Vorgaben der Direktive 2003/30/EC werden über Mindestanteile von Biokraftstoffen am Kraftstoffangebot umgesetzt (ÖKO 2009).

Für die öffentliche Beschaffung wird eine Biokraftstoffquote von 20 % gefordert, die bis 2012 auf 38 % ausgedehnt werden soll (ECO 2009).

### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Der Strategische Infrastruktur und Transport Plan 2005-2020 (PEIT 2020) umfasst Maßnahmen zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Transportsystemen in Spanien aus einer intermodalen Sichtweise. Er umfasst ein Gesamtinvestitionsvolumen von 248.892 Millionen Euro. Der Hauptteil der Investitionssumme (ca. 50 %) wird in den Ausbau des Schienenverkehrs investiert, wobei der Großteil zum Ausbau des Hochgeschwindigkeitsnetzes verwendet wird (83.450 Millionen Euro → 33,5% der Gesamtsumme), mit dem Ziel die Hochgeschwindigkeitsstrecken auf das gesamte spanische Staatsgebiet und den Mischverkehr (Personen- und Güterverkehr) auszudehnen.

Weiter werden der öffentliche Personennahverkehr und Verkehrsverbünde mit 16.000 Millionen Euro und der Schienennahverkehr mit 10.050 Millionen Euro gefördert. Für die städtische Einbindung in das Schienennetz werden 2.400 Millionen Euro veranschlagt.

Ein weiteres vorrangiges Ziel ist die Verlagerung des Güterverkehrs auf die Schiene. Neben dem Ziel der Nachhaltigkeit stehen vor allem Aspekte wie Qualität und Sicherheit im Vordergrund.

Nach Umsetzung des PEIT (2020) soll sich folgendes Szenario ergeben:

- Das Netz der Hochgeschwindigkeitsstrecken soll sich verzehnfacht haben, und zwar von derzeit 1.031 Kilometer auf 10.000 Kilometer.
- In den kommenden 15 Jahren sollen 9.000 Kilometer Hochgeschwindigkeitsstrecke gebaut werden, im Vergleich dazu waren es in den vergangenen 15 Jahren 1.000 Kilometer.
- 90 % der Bevölkerung sollen weniger als 50 Kilometer von einer Station einer Hochgeschwindigkeitsstrecke entfernt wohnen; alle Provinzhauptstädte sollen über eine direkte Anbindung an das Hochgeschwindigkeitsnetz verfügen (PEIT 2004).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Die Verbrauchs- und Emissionskennzeichnung von Neufahrzeugen umfasst neben absoluten Angaben auch eine relative Einordnung in ein 7-stufiges Effizienzklassensystem, das einen Vergleich mit Fahrzeugen der selben Größenklasse erlaubt. Die Darstellung in Form von Effizienzklassen geht zwar über die Forderungen der EU-Richtlinie hinaus, deren Umsetzung wird der Industrie jedoch bisher freigestellt (ADAC 2005).

Im Rahmen der Spanischen Energiespar- und Effizienzstrategie werden Fahrerschulungen zum effizienten Fahrzeugbetrieb staatlich gefördert und für unterschiedliche Zielgruppen landesweit angeboten. Allein in Katalonien wurden im Jahr 2009 5520 Kurse durchgeführt (ECO 2009).

### **Verkehrsvermeidung und -verlagerung**

Für das Ziel der Förderung von intermodalen Verkehren, welches im PEIT formuliert ist, steht eine Gesamtsumme von 3.620 Millionen Euro zur Verfügung. Das Programm sieht den Ausbau eines Netzes aus Knotenpunkten und intermodalen Plattformen (1.200 Millionen Euro) vor, sowie Programme zur Intermodalität des Güter- und Personenverkehrs (1.200 Millionen) und die Verbesserung der Erreichbarkeit von Häfen zu Lande (1.220 Millionen) (PEIT 2004).

Im Rahmen des Spanischen Energieplans sollen in allen Großstädten entlang der Haupteinfahrtsstraßen separate Busspuren etabliert werden, die vom ÖPNV und Pkws, die mit mindestens 2 Personen besetzt sind, genutzt werden können (ECO 2009).

Auf lokaler Ebene sollen des Weiteren nachhaltige Mobilitätspläne umgesetzt werden, die unter anderem eine Ausdehnung von Tempo 30-Zonen, eine verstärkte Parkraumbewirtschaftung und eine Optimierung des ÖPNV umfassen (ECO 2009).

In Barcelona wurde im Jahr 2007 ein großflächig verfügbares Fahrradleihsystem etabliert, welches über Parkgebühren refinanziert wird. Das Leihsystem wird in Barcelona auf den gesamten Verbundraum ausgedehnt. In weiteren 30 spanischen Städten sind ähnliche Leihsysteme geplant (ECO 2009).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Die Einführung einer City-Maut für Agglomerationsräume soll den privaten Individualverkehr und Pendlerverkehr in Großstädten beschränken, in dem diese auf andere effizientere Modi, wie Bahnverkehr verlagert werden. Ein konkretes Umsetzungsdatum steht bisher noch nicht fest (ÖKO 2009).

## **4.2.9 Österreich**

### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Das Fördervolumen für den Forschungsschwerpunkt „Förderung von Energieeffizienztechnologien“ beträgt 7 Millionen Euro. Es soll eine schon kurz- bis mittelfristig realisierbare, signifikante Steigerung der Energieeffizienz aller Oberflächen-Verkehrsträger im derzeitigen Verkehrssystem (Straße, Schiene, Schifffahrt) erreicht werden. Dazu dienen Projekte in Forschung und Entwicklung (F&E).

Beispiele:

- Optimierung konventioneller Antriebstechnologien hinsichtlich Energieeffizienz und Emissionsreduktion (inkl. Elektrifizierung/Hybridisierung),
- Energieeffizienzsteigerung bei Subsystemen/Nebenaggregaten,
- Verändertes Fahrzeugdesign,
- Innovative, energieeffiziente Verkehrssysteme (z. B. unabhängig fahrende Züge) (KLFO 2009).

Neue und alternative Motorenkonzepte, wie Elektrofahrzeuge, Brennstoffzelle, Bio-Diesel-, Wasserstoff- und Hybridfahrzeuge werden durch Pilotprojekte, Emissions- und Kraftstoffstandards sowie Forschungsprogramme gestärkt (ÖKO 2009).

Förderung elektrischer Fahrzeugantriebe und der Ladeinfrastruktur:

- Demonstration technologischer Leuchttürme in/aus Österreich (7 Millionen Euro, F&E-Förderung) und Entwicklung der erforderlichen Versorgungsinfrastrukturen für Betankung und Nutzung der elektrischen Mobilität (4 Millionen Euro, Investitionsförderung) (KLFO 2009).

- Modellregionen mit integrativem Ansatz (Entwicklung von gesamtheitlichen Mobilitäts- und Energiebereitstellungskonzepten) (KLFO 2009).

### **Öffentliche Beschaffung**

Alternative Kraftstoff- und Antriebstechnologien sollen verstärkt in öffentlichen Flotten eingesetzt werden, um eine raschere Marktreife und Marktdurchdringung zu unterstützen. Ziel für alle Gebietskörperschaften ist es deshalb, die Hälfte ihres Neuwagenbedarfs mit CO<sub>2</sub>-freien oder CO<sub>2</sub>-armen Fahrzeugen abzudecken. (BLUW 2007)

### **Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen**

Die Kraftstoffverbrauchssteuer bei Fahrzeugzulassung (Normverbrauchabgabe – NoVA) wird bei der Erstzulassung eines Fahrzeuges in Österreich erhoben (auch Importfahrzeuge). Eine Befreiung besteht für ausschließlich elektrisch betriebene Fahrzeuge. Das erklärte Ziel ist die Nachfrage nach kraftstoffeffizienten Fahrzeugen zu erhöhen (ACEA 2009a, BMFÖ 2009).

Ab 1. Juli 2008 wird die Höhe der NoVA laut Ökologisierungsgesetz 2007 nach einer Bonus-Malus-Regelung (ÖkoG 2007) wie folgt ergänzt:

- für Pkw mit einem CO<sub>2</sub>-Ausstoß unter 120 g/km verringert sich die NoVA um maximal 300 €,
- zwischen 120 g/km und 180 g/km (ab 1. Januar 2009 zwischen 120 g/km und 160 g/km) bleibt sie unverändert,
- über 180 g/km (ab 1. Januar 2010 über 160 g/km) erhöht sie sich pro Gramm CO<sub>2</sub> um 25 €.
- Fahrzeuge mit alternativen Kraftstoffen erhalten einen Bonus von maximal 500 € (ACEAa 2009, BMFÖ 2009).

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Das Regierungsprogramm 2007 sieht eine Steigerung auf einen Anteil von 10 % an alternativen Kraftstoffen bis 2010 vor. Ein neuer Schwerpunkt soll die Verwendung von Biogas im Verkehrssektor sein. Als Grundvoraussetzung wird eine möglichst weitgehende Verwendung von inländischer Biomasse definiert, um nachteilige ökologische Auswirkungen (z.B. durch Import insbesondere von Palmöl etc.) zu vermeiden. Die Produktion von Biotreibstoff soll effizient und umweltfreundlich erfolgen und auch die Versorgungssicherheit mit heimischen Lebensmitteln berücksichtigen. Das bestehende „5-Punkte-Aktionsprogramm“ zur Forcierung von Erdgas und Biogas

als Kraftstoffe sowie das in Ausarbeitung befindliche Aktionsprogramm zur Forcierung von Bioethanol als E85-Kraftstoff bilden hierfür die Grundlage (BLUW 2007).

Das Fördervolumen für den Forschungsschwerpunkt „Bioenergie“ beträgt 4 Millionen Euro. Sowohl der Bereich „fortschrittliche Verbrennungstechnologien“ als auch der Bereich „biogene Treibstoffe“ werden als Forschungsfragen adressiert (KLFO 2009).

### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Ein Förderprogramm zur Attraktivitätssteigerung des Öffentlichen Verkehrs umfasst sowohl die Finanzierung technische Projekte mit einem Volumen von 8 Millionen Euro (Anschlussicherung, elektronisches Fahrgastinformationssystem und elektronisches Fahrgeldmanagement) als auch Projekte zur „sanften“ Mobilität (1,8 Millionen Euro), wie die Verbesserung der intermodalen Schnittstelle Radverkehr (KLFO 2009).

Eine Modellregion Öffentlicher Verkehr wird mit 6,7 Millionen Euro gefördert. Einerseits soll anhand einer „Modellregion ÖV“ mit Leuchtturmcharakter vorgelebt werden, dass dieser mit dem motorisierten Individualverkehr konkurrieren kann. Andererseits macht sich der Klima- und Energiefonds die „last mile“- Problematik zur Aufgabe und möchte konkrete Projekte fördern, welche die letzten Kilometer zum Ziel mit öffentlichen Verkehrsmitteln überbrücken und Lücken schließen können (KLFO 2009).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Modellprojekte zur umweltfreundlichen Mobilität: Ziel dieser Projekte ist die Steigerung der öffentlichen Wahrnehmung von Mobilitätsverhalten und die Demonstration von neuen Technologien. Dazu hat das Ministerium für Umwelt verschiedene Pilot- und Modellprojekte im Bereich Mobilitätsmanagement initiiert. Diese sollen zeigen, dass alternative Mobilitätskonzepte hohe Akzeptanz in der Bevölkerung finden, sobald genügend angemessene Informationen und Dienste bereitstehen, welche den Bedürfnissen der Menschen entsprechen.

Beispiele für diese Projekte sind: „soft mobility – car free tourism“, „Alpine Pearls“, „Alpine Awareness“ und „MOBILALP“ (ÖKO 2009).

Des Weiteren werden Initiativen zur Steigerung des öffentlichen Bewusstseins durchgeführt:

- Schulung für kraftstoffeffizientes Fahren: „Sprintspar-Initiative“ und „Mobilitätsmanagement für Betriebe“ sind vom österreichischen Lebensministerium geförderte Initiativen, für PKW, Busse und LKW. Dabei werden bis zu 50 % der Schulungskosten übernommen. Darüber hinaus dürfen sich teilnehmende Betriebe als „klima:aktiv mobil“-Projektpartner des Lebensministeriums bezeichnen (KLIM 2009).

- Spritsparwettbewerbe: Organisation eines jährlichen Spritspar-Wettbewerbs bei dem eine 20 km lange Strecke bei möglichst geringem Kraftstoffverbrauch zurückgelegt werden muss (SSP 2009).
- Bereitstellung von Verbraucherinformationen: Bereitstellung von Online-Verbraucherinformationen zum Spritsparen vom Fahrzeugkauf bis zum Betrieb im Rahmen von klima:aktiv (KLIM 2006).
- Autofreier Tag: Kampagne für einen autofreien Tag in Österreich, welche seit dem Jahr 2000 jährlich durchgeführt wird und seit dem immer größere Resonanz erfährt (KLIB 2009).
- Eine Bewusstseinsbildungskampagne für klimafreundliche Mobilität soll zur verstärkten Nutzung klimaschonender Verkehrsmittel beitragen (BLUW 2007).

Die Verbrauchs- und Emissionskennzeichnung von Fahrzeugen geht über die Mindestanforderungen der EU-Richtlinie hinaus. Neben der Angabe der absoluten Werte, wird auch eine grafische Darstellung (Pfeil von grün bis rot) vorgenommen. Als weitere Zusatzinformationen, werden Angaben zu den fahrzeugspezifischen Lärmemissionen, der Kraftstoffverbrauchssteuer (NoVA) sowie der Möglichkeit des Einsatzes von alternativen Kraftstoffen gemacht (ADAC 2005).

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung im Güterverkehr sind die Schaffung von Kostenwahrheit im Straßengüterverkehr, eine verstärkte Anschlussbahnförderung, der ökologisch verträgliche Ausbau von Wasserstraßen (Donau) sowie der Ausbau und die Flexibilisierung des kombinierten Verkehrs. Außerdem ist ein verstärkter Ausbau der Schieneninfrastruktur in Österreich in Planung. Mit entsprechenden Maßnahmen sollen intermodale und kombinierte Verkehre unter forcierter Einbindung energieeffizienter Verkehrsträger unterstützt werden, und zwar sowohl im Bereich der Forschung und Technologieentwicklung als auch in der Umsetzung (BLUW 2007).

Der Ausbau des Intermodalen bzw. Kombinierten Verkehrs (IKV) soll durch verbesserte Kooperationschancen für Straße, Schiene, Schiff und einer verbesserten Organisation der Verkehrsabläufe zur Entlastung des Straßennetzes vom Güterschwerverkehr führen. Das Förderprogramm wurde im Jahr 1992 ins Leben gerufen und wurde in Folge dreimal verlängert. Das aktuelle Programm läuft von 01.01.2008 bis 31.12.2014. Jährlich werden durchschnittlich 20 Projekte mit einem Fördervolumen von insgesamt rund € 3,0 Mio. unterstützt. Ein besonderer Schwerpunkt des Programms ist die Einführung innovativer Systeme und Technologien.

Geförderte Projekte in den Bereichen sind:

- Transportgeräte wie Container, Wechselaufbauten, Spezialfahrzeuge und verladetaugliche Adaptierungen,
- Innovative Technologien und Systeme wie z.B. Behältnisse, Umschlagstechnologien, Logistiksysteme und verkehrsträgerübergreifende Informations- und Kommunikationstechnologien,
- Machbarkeitsstudien für konkrete Durchführungsmaßnahmen,
- Externe Ausbildungskosten.
- Transportgeräte und Technologien werden mit bis zu maximal 30 % der Investitionskosten, Studien und Ausbildung mit bis zu maximal 50 % unterstützt. Die Maximalförderung pro Projekt beträgt € 800.000. (IKVÖ 2009, IKVÖ 2009a).

Forcierung von Mobilitätsmanagement-Initiativen speziell über das „klima:aktiv mobil“-Programm des Umweltministeriums (BMLFUW): Das Mobilitätsmanagementprogramm umfasst Aktivitäten in den Bereichen betriebliches, schulisches sowie individuelles Mobilitätsmanagement. Daneben umfasst die Maßnahme Aktivitäten in den Bereichen Car-Sharing, Fahrgemeinschaften sowie die Forcierung intermodaler Mobilität. Auf Basis von Vereinbarungen mit der Kfz-Versicherungswirtschaft sollen ÖV-Netzkarten in das Leistungsspektrum bei der Kfz-Haftpflichtversicherung integriert werden (BLUW 2007).

Die Initiierung und Entwicklung eines Masterplans zur Förderung des alltäglichen Rad- und Fußgängerverkehrs sowie die Novellierung und Überarbeitung rechtlicher Rahmenbedingungen soll zur verstärkten Nutzung dieser Verkehrsarten führen. Die Maßnahme umfasst auch die Adaptierung der Wege- und Straßenplanung mit dem Ziel einer verstärkten Nutzungsdurchmischung sowie eine Investitionsoffensive für Fuß- und Radverkehrsinfrastruktur. (BLUW 2007)

Des Weiteren sollen die Stellplatzverordnungen novelliert werden. Vorgeschlagen wird die Einführung einer Parkraumbewirtschaftung auch bei privaten Verkehrserregern sowie generell die weitere Ausdehnung der Parkraumbewirtschaftung (BLUW 2007).

Die Förderung multimodaler Verkehrssysteme umfasst:

- Förderung klimaschonender Alternativen im Verkehrsbereich, insbesondere auf kommunaler, regionaler sowie betrieblicher und touristischer Ebene,
- Förderung von Maßnahmen für den Radverkehr sowie den Fußgängerverkehr (z.B. Radinfrastruktur, Radverleihsysteme, Radabstellanlagen, Informationssysteme etc.) inkl. Marketing und Bewusstseinsbildung,

- Förderung der Umstellung von Transportsystemen und Fuhrparks auf alternative Antriebe und Kraftstoffe, insbesondere auf Elektro-Fahrzeuge (KLFO 2009).

### **Logistikoptimierung**

Die Maßnahme „Telematik“ soll über eine Informatisierung des Verkehrs (Telematik, „e-transport“) zur optimierten Nutzung bestehender Infrastrukturen beitragen sowie helfen, Verkehrsverlagerungen hin zu energieeffizienten Transportsystemen zu unterstützen. Dies erfordert u.a. die Entwicklung telematikgestützter Steuerungs- und Servicemaßnahmen (BLUW 2007).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Seit dem 1. Januar 2004 gilt eine verbrauchsbasierte Lkw-Maut für Lkw über 3,5 Tonnen auf Autobahnen (2.060 km). Dabei wurde das Vignetten-System, welches für Autobahnen gilt, teilweise durch ein verbrauchsbasiertes elektronisches System ersetzt. Lkw über 3,5 Tonnen werden nun unter dem neuen System bewertet, wogegen das Vignetten-System für Pkw beibehalten wird (ÖKO 2009, T&E 2009a).

### **Geschwindigkeitsbegrenzung**

Verstärkte Tempoüberwachung und wirksame Senkung des Tempolimits (u.a. durch den Einsatz von Verkehrsbeeinflussungsanlagen) unter besonderer Rücksicht auf Lärmschutz, Verkehrsfluss und Verkehrssicherheit sowie zur Stauvermeidung (BLUW 2007).

### **Raumplanerische Maßnahmen**

Klimaschutz soll als Priorität im österreichischen Raumordnungskonzept verankert werden. Eine Forcierung der verdichteten Bauweise sowie des „Kurze-Wege“-Konzepts soll zur Reduktion der Fahrleistung beitragen, die Errichtung von Einkaufs- und Freizeitzentren „auf der grünen Wiese“ soll vermieden werden. Insbesondere soll die Durchmischung verträglicher Nutzungen forciert werden und zur Sicherung der Nahversorgung eine Aufwertung der Orts- und Stadtkerne erfolgen (BLUW 2007).

#### **4.2.10 Polen**

### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Es ist geplant, die Qualität des ÖV-Angebots in Städten zu verbessern, um die Konkurrenzfähigkeit gegenüber dem motorisierten Individualverkehr zu stärken. Unter anderem soll das ÖV-Netz weiter ausgebaut und die Fahrzeugflotte modernisiert werden (MIS 2005).

### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Es werden staatliche Kampagnen und Bildungsprogramme zur Steigerung der öffentlichen Wahrnehmung verkehrsbedingter Umweltauswirkungen und des individuellen Mobilitätsverhaltens durchgeführt. Eine Staatliche Unterstützung von diesbezüglich aktiven Nicht-Regierungsorganisationen erfolgt (MIS 2005).

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Ausbau der Fuß- und Fahrradwegeninfrastruktur: Diese in Planung befindliche Maßnahme befasst sich mit der Förderung des Fahrradverkehrs und dem Ausbau von Fahrradstrecken. Die Förderung umfasst verstärkte Investitionen in die Fahrrad- und Fußwegeninfrastruktur, für den alltäglichen lokalen, sowie den touristischen Transport, sowohl in urbanen Regionen als auch darüber hinaus (ÖKO 2009, MIS 2005).

Verbesserung der Qualität von Binnenschiffverkehren: Diese bereits implementierte Maßnahme umfasst die Bereitstellung finanzieller Mittel für Schiffbesitzer der Binnenschifffahrt zur Förderung des Inland-Wasser-Transports und insbesondere Aktivitäten, welche den Umweltschutz betreffen (bspw. Modernisierung der Antriebes) (ÖKO 2009).

Intermodale Verkehrssysteme sollen durch bspw. die Einführung von steuerlichen Vergünstigungen sowie den Ausbau der entsprechenden Infrastruktur gefördert werden (MIS 2005).

Die Nutzung von Kurzstrecken-Seeschifffahrt und Binnenschifffahrt im Güterverkehr stellt einen weiteren Schwerpunkt dar (MIS 2005).

### **Optimierung von Verkehrsflüssen**

Durch eine staatliche Unterstützung zur Entwicklung und Erprobung von intelligenten Transportsystemen (ITS) sollen Verkehrsflüssen optimiert werden (MIS 2005).

### **Logistikoptimierung**

Intermodaler Güterverkehre und der Ausbau der erforderlichen Infrastruktur und Knotenpunkte soll gefördert werden (MIS 2005).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

An einer Straßensteuer wird zurzeit gearbeitet. Für die Nutzung der bestehenden Straßeninfrastruktur sollen in Zukunft Gebühren erhoben werden, welche sich aus der gefahrenen Distanz und der Umweltklasse des Fahrzeugs ergeben (ÖKO 2009).

## **4.2.11 Tschechien**

### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Die Förderung verbesserter Fahrzeugantriebe und Kraftstoffe umfasst:

- Entwicklung und Einführung von Transportmitteln und Kraftstoffen für den Straßen-, Schienen-, Wasser- und Lufttransport, welche europäische Emissionsstandards erfüllen.
- Programm zur Erneuerung des Fahrzeugbestands im Öffentlichen Verkehr (ÖKO 2009).

### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Implementierung der EU Direktiven 2003/30/EC für Biokraftstoffe. Diese Maßnahme definiert die Unterstützung für die Produktion von Biokraftstoffen. Durch fehlende Konsensbildung der Ministerien wurde die Gesetzgebung nicht bewilligt und die Unterstützung im Jahr 2006 komplett eingestellt. Derzeit wird fast die gesamte Produktionsmenge von Bio-MTBE exportiert; somit erfüllt Tschechien nicht die Zielvorgaben zu Marktanteilen von Biokraftstoffen (ÖKO 2009).

### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität von öffentlichen Verkehrsmodi sollen etabliert werden (ÖKO 2009). Die Entwicklung von integrierten Transportsystemen wird staatlich gefördert, um die Nutzung von ÖV-Angeboten weiter zu optimieren (MOT 2005).

### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Die rechtlichen Rahmenbedingungen, die eine Regulierung des motorisierten Individualverkehrs erlauben (bspw. Verkehrsbeschränkungen und Parkraumbewirtschaftung) sollen entsprechend angepasst werden (MOT 2005).

Es sollen zusätzlich Rahmenbedingungen geschaffen werden, die intermodale Verkehre und insbesondere den Einsatz umweltfreundlicher Verkehrsmittel fördern (MOT 2005).

### **Optimierung von Verkehrsflüssen**

Im Rahmen des Programms „Marco Polo“ sollen Maßnahmen zur Minderung von Verkehrsstaus und für einen flüssigeren Verkehrsfluss ergriffen werden (ÖKO 2009).

### **Logistikoptimierung**

Es wird ein verstärkter Einsatz von Telematiksystemen angestrebt (MOT 2005).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 12 Tonnen werden seit 2007 Straßennutzungsgebühren für Autobahnen und Nationalstraßen (1.200 km) erhoben. Ab 2013 soll das Netz der gebührenpflichtigen Straßen weiter ausgedehnt

werden (bis zu 55.000 km). Der Gebührenansatz orientiert sich an der Anzahl der Fahrzeugachsen sowie dem EURO-Standard des Fahrzeugs (T&E 2009a).

#### 4.2.12 Ungarn

##### **Fahrzeugeffizienztechnologien und alternative Antriebe**

Maßnahmen zur Beschleunigung der Modernisierung des Fahrzeugbestands und progressive Annäherung an EU-Standards sind geplant (ÖKO 2009, MEAT 2004).

##### **Biokraftstoffe und andere alternative Kraftstoffe**

Im Einklang mit der vorangegangenen Gesetzgebung sollte der Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe 2 % am gesamten automobilen Kraftstoff bis zum Jahr 2010 betragen. Dieser Beschluss wurde abgeändert und die EU-Ziele übernommen, welche vorschreiben, dass der Anteil der erneuerbaren Kraftstoffe 5,75 % bis 2010 betragen soll (ÖKO 2009).

##### **ÖV-Angebot und –Infrastruktur**

Aus dem Entwicklungsplan (New Hungary Development Plan, NHDP) abgeleitete Maßnahmen befassen sich hauptsächlich mit dem Ausbau des öffentlichen Verkehrs. Für das operationelle Programm Transport sollen bis Ende 2013 7.321,68 Millionen Euro investiert werden, welche aus dem EU Regional- und Kohäsionsfonds kofinanziert werden (ECI 2009).

Hauptziele sind:

- die Modernisierung des Schienenverkehrs,
- der Ausbau intermodaler Knotenpunkte,
- die Modernisierung und der Ausbau von urbanen Transportsystemen (ÖKO 2009).

##### **Mobilitäts- und Konsumverhalten (Information von Konsumenten)**

Eine verstärkte Bewusstseinsbildung bezüglich der Umweltauswirkungen von Verkehr soll durch entsprechende Maßnahmen gefördert werden (MEAT 2004).

##### **Verkehrsvermeidung und –verlagerung**

Verkehrsverlagerung auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel soll erreicht werden durch:

- Maßnahmen zur Unterstützung der Verbreitung von umweltfreundlichen Transportmitteln und der Verlagerung von Frachttransporten von der Straße auf die Schiene (ÖKO 2009, MEAT 2004).

- Incentivierung von Schienen- und Binnenschiffverkehr sowie kombinierten / multimodalen Verkehren im Gütertransport (MEAT 2004).
- Verstärkte Förderung von Massentransportmitteln, sowie Fuß- und Fahrradverkehr. Entwicklung des suburbanen Schienenverkehrs und Erneuerung des bestehenden Fahrzeugparks sowie die Minderung des innerstädtischen Pkw-Verkehrs (MEAT 2004)
- Ausbau von Wasserstraßen und Binnenhäfen zur Attraktivitätssteigerung des Binnenschiffverkehrs (MEAT 2004).

### **Optimierung von Verkehrsflüssen**

Die Nutzung von Telematiksystemen in der Verkehrslogistik soll verstärkt werden (MEAT 2004).

### **Straßennutzungsgebühr (Maut)**

Straßennutzungsgebühren und eine verstärkte Ausrichtung an einer nutzungs-/emissionsbasierten Finanzierung des Verkehrssektors sollen graduell eingeführt werden (MEAT 2004).

## **4.2.13 Zusammenfassung der nationalen Politiken und Maßnahmen**

### **Schwerpunkte der nationalen Politiken und Maßnahmen**

Auf Grundlage der dargestellten länderspezifischen Politiken und Maßnahmen im Verkehrs- und Energiesektor lassen sich Schwerpunkte der nationalen Strategien und verschiedene Ausgestaltungsformen benennen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die betrachteten EU-Mitgliedsländer Informationen in sehr unterschiedlicher Quantität und Qualität vorliegen und somit keine umfassende Bewertung möglich ist. Dennoch ermöglichen die verfügbaren Daten wesentliche Gemeinsamkeiten und Unterschiede nationaler Politiken herauszustellen und internationalen Harmonisierungsbedarf für eine nachhaltigere Entwicklung des Verkehrssektors in Europa aufzuzeigen.

Grundsätzlich lässt sich ein deutlicher Unterschied in der Formulierung von Politiken und Maßnahmen zwischen den neuen EU-Mitgliedsländern und den EU-15-Ländern konstatieren. In den beispielhaft betrachteten neuen Mitgliedsländern (Polen, Tschechien, Ungarn) ist die Formulierung von Politikzielen im Verkehrssektor insbesondere von Maßnahmen dominiert, die eine Angleichung an europäische (Mindest-)Standards zum Ziel haben. Das heißt, insbesondere der Ausbau bzw. die Erneuerung der Verkehrsinfrastruktur und der Verkehrsträger stehen im Mittelpunkt. Darüber hinausgehende Maßnahmen, die sich verstärkt an einer umweltverträglicheren Ausrichtung des Verkehrssektors orientieren, sind weniger stark ausgeprägt bzw. sind lediglich als Absichtserklärungen formuliert. Für die EU-15-Ländern wurden hingegen teilweise detailliert ausgestaltet Maßnahmen und Politiken zur Minderung der

Umweltauswirkungen des Verkehrs formuliert, die ein breites Spektrum an Handlungsoptionen umfassen.

Maßnahmen die auf EU-Vorgaben zurückgehen (bspw. CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung, Fahrerschulung, Biokraftstoffanteil) sind in den betrachteten Ländern auf unterschiedliche Weise umgesetzt. Während einige Länder lediglich die vorgegebenen Mindeststandards auf nationaler Ebene erfüllen, wurden in anderen Ländern deutlich darüber hinausgehende Regelungen getroffen. Dies ist vor allem bei der CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung zu beobachten.

Die Förderung von *Fahrzeugeffizienztechnologien und alternativen Antrieben* bildet einen Schwerpunkt der nationalen Maßnahmen und Politiken und wird auf unterschiedliche Weise umgesetzt. Neben der EU-weit gültigen Verordnung zu CO<sub>2</sub>-Pkw-Grenzwerten findet in mehreren Ländern eine direkte Förderung besonders effizienter Neufahrzeuge statt. In diesem Kontext gewinnt die Förderung von Fahrzeugen mit (teil-)elektrischem Antrieb und der erforderlichen Infrastruktur zunehmend an Bedeutung. Außerdem wird die Entwicklung neuer Technologien über staatliche Förderprogramme unterstützt. Zwar stehen insbesondere Pkw-Technologien im Fokus der Aktivitäten, jedoch werden ähnliche Programme auch für andere Verkehrsträger in einigen Ländern aufgelegt.

Eine zunehmende Orientierung an Effizienz-/Emissionskriterien bei der *Öffentlichen Beschaffung* von Fahrzeugen und der *Besteuerung von Dienstwagen* wurde bereits in mehreren Ländern umgesetzt und soll die Nachfrage nach umweltverträglicheren Fahrzeugen erhöhen. Insbesondere das Instrument der öffentlichen Beschaffung wird dazu genutzt die Nachfrage nach neuen Technologien (u.a. Elektroantrieb) zu erhöhen und den Markteintritt zu beschleunigen.

Die *Besteuerung von Kraftstoffen und Fahrzeugen* weist zwischen den betrachteten Ländern deutliche Unterschiede in Ausgestaltung und Höhe aus (siehe auch BMF (2003), ECEN (2009)). Insbesondere die Bemessung von Fahrzeugsteuern hat bereits in mehreren Ländern einen CO<sub>2</sub>-Bezug und soll somit Anreize für den Kauf von verbrauchsarmen Fahrzeugen schaffen.

Die Förderung von *Biokraftstoffen und anderer alternativer Kraftstoffe* ist EU-weit im Wesentlichen von der nationalen Umsetzung der Richtlinie über erneuerbare Energien und der Richtlinie zur Qualität von Kraftstoffen geprägt. Darüber hinausgehend wird in einigen Mitgliedsländern der Absatz von Biokraftstoffen durch Steuererleichterungen gefördert sowie die Forschung zu alternativen Kraftstoffen (bspw. Biokraftstoffe der 2. Generation) und der Aufbau einer flächendeckenden Versorgungsinfrastruktur staatlich unterstützt.

Bezüglich des *Angebots und der Infrastruktur des Öffentlichen Verkehrs* stehen insbesondere Investitionen in die Infrastruktur – mit unterschiedlichen nationalen Schwerpunkten – im Mittelpunkt. In den neuen Mitgliedsländern steht vor allem die Erneuerung der Infrastruktur und der Fahrzeugflotte im Fokus. Weitere Initiativen widmen sich einer stärkeren Vernetzung mit anderen Verkehrsmodi. In wieweit die

genannten Investitionen eine grundsätzlich neue Schwerpunktsetzung in der Verkehrspolitik bedeuten, lässt sich jedoch aus den verfügbaren Informationen nicht ableiten. Hierfür müssten die Investitionsaktivitäten über einen längeren Zeitraum analysiert werden.

Die EU-weit gültige CO<sub>2</sub>-Kennzeichnung von Neuwagen wurde in den Mitgliedsländern sehr unterschiedlich umgesetzt – neben den Mindestanforderungen, werden in einigen Ländern ergänzende Informationen bereitgestellt. Weitere genannte Maßnahmen mit möglichem Einfluss auf das *Mobilitäts- und Konsumverhalten* beschränken sich auf Informationskampagnen zur Steigerung des öffentlichen Bewusstseins.

Maßnahmen mit dem Ziel einer *Verkehrsvermeidung und –verlagerung* auf nationaler Ebene umfassen im Personenverkehr insbesondere eine Förderung von Fahrrad- und Fußverkehr und einen verstärkten Ausbau der entsprechenden Infrastruktur. Weiter werden Initiativen zur Förderung von intermodalen Verkehren genannt. Im Güterverkehr sind Programme zum Ausbau von Schienen- und Wasserwegeinfrastruktur in mehreren Ländern geplant, um Verkehr von der Straße zu verlagern und kombinierte Verkehre zu fördern.

In diesem Kontext werden auch *Straßennutzungsgebühren* genannt. Bisher wurde in 5 EU-Ländern eine Maut für Lkw auf Fernstraßen eingeführt bzw. angekündigt, u.a. mit dem Ziel externe Kosten zu internalisieren, Verkehr zu verlagern oder zu vermeiden. Eine sogenannte City-Maut wurde bislang nur in ausgewählten Metropolen (Stockholm, London) eingeführt, einige Länder haben jedoch perspektivisch eine Ausweitung auf weitere Städte angekündigt.

Im Kontext einer *Optimierung von Verkehrsflüssen* und *der Logistiko Optimierung* wird mehrfach der verstärkte Einsatz von Telematik- und I&K-Technologien genannt, im Regelfall aber nicht weiter konkretisiert.

In einzelnen Ländern wurden durch eine Verschärfung der *Geschwindigkeitsbegrenzung* auf Straßen und durch die verstärkte Überwachung der Befolgung eine Reduzierung der durchschnittlichen Geschwindigkeit und damit eine Minderung der Emissionen erreicht.

*Raumplanerische Maßnahmen* die eine verdichtete Bauweise zum Ziel haben und damit das Verkehrsaufkommen perspektivisch verringern könnten, werden teilweise genannt, aber nicht weiter konkretisiert.

## **Renewability-Szenarienausgestaltung im Kontext der Politiken und Maßnahmen in weiteren EU-Mitgliedsländern**

Am Beispiel von verschiedenen Maßnahmen, die im Renewability-Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ einen zentralen Bestandteil bilden, wird im Folgenden deren Ausgestaltung im europäischen Kontext diskutiert und denkbare Wechselwirkungen sowie erforderlicher Harmonisierungsbedarf aufgezeigt.

### Kraftstoffpreise (inkl. Steuern)

Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ wird in Renewability bis 2030 ein signifikanter Anstieg der Kraftstoffpreise, der teilweise auch durch eine Erhöhung der Kraftstoffbesteuerung bedingt ist, angenommen. In der isolierten Betrachtung für Deutschland ist die Veränderung dieser Rahmenbedingung eine wesentliche Ursache für die verstärkte Nachfrage nach effizienteren Fahrzeugen und die Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Um verzerrende Effekte, wie den sog. „Tanktourismus“ zu vermeiden, ist das Szenario von der Annahme begleitet, dass eine ähnliche Preisentwicklung in den Nachbarländern durch eine Harmonisierung der Kraftstoffbesteuerung erfolgt.

Wie aber zuvor erläutert, zeigt sich aktuell jedoch auf EU-Ebene ein anderes Bild, da die Kraftstoffbesteuerung und damit die Kraftstoffpreise für den Endverbraucher zwischen den EU-Mitgliedsländern stark variieren. Mehrere Studien verweisen auf die deutlichen Mengenverlagerungen der Kraftstoffnachfrage in Nachbarländer bei internationalen Preisdifferenzen. MICH (2003) zeigt auf, dass bereits relativ geringfügige Kraftstoffpreisdifferenzen beim Konsumenten deutliche Anreize schaffen den benötigten Kraftstoff jenseits der Landesgrenzen zu beziehen. Eine Studie der Uni Leipzig (STEU 2004) quantifizierte die bei hohen Kraftstoffpreisen durch Tanktourismus erzeugte inländische Minderung des Kraftstoffabsatzes mit 5 %. Eine österreichische Studie kommt zu dem Schluss, dass eine 10 %-ige Erhöhung der Kraftstoffpreise im Durchschnitt zu einer 5 %-igen Mengenreduktion führen würde – wobei allerdings etwa 3 % auf eine Verlagerung der Nachfrage ins Ausland zurückgehen.

Eine Voraussetzung für eine umfassende Wirkung einer Kraftstoffpreiserhöhung auf nationaler Ebene wäre daher, dass die Kraftstoffbesteuerung auf EU-Ebene harmonisiert wird und damit Ausweicheffekte wie „Tanktourismus“ in Nachbarländern vermieden werden und eine umfassende klimapolitische Wirksamkeit der Maßnahme erzielt werden kann.

### Biokraftstoffe, Förderung alternativer Kraftstoffe

Entsprechend der Europäischen Richtlinie zu erneuerbaren Energien sind die EU-Mitgliedsländer dazu verpflichtet, bis 2020 den Anteil regenerativ erzeugter Kraftstoffe auf 10 % zu erhöhen.

In den Renewability-Szenarien werden ergänzende soziale und ökologische Nachhaltigkeitsstandards angenommen, die bisher nicht rechtsverbindlich sind, das Spektrum an verfügbaren Bioenergieträgern aber stark einschränken.

Sowohl die Nachfrage als auch das Angebot regenerativ erzeugter Kraftstoffe wird in Zukunft stark von den nationalen Kraftstoffstrategien abhängig sein. Neben dem Einsatz von Flüssigkraftstoffen auf Biomassebasis kann auch eine verstärkte Nutzung von regenerativ erzeugtem Strom zur Zielerreichung beitragen. In Bezug auf die analysierten Beispielländer kann konstatiert werden, dass zunächst ambitionierter formulierte Ausbauziele mittlerweile – insbesondere wegen der Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion – teilweise wieder abgeschwächt wurden und nicht über die Annahmen in den Renewability-Szenarien hinausgehen. Entsprechend der Annahmen in Renewability soll sich der zukünftige Ausbau von Biokraftstoffen verstärkt an sozialen und ökologischen Nachhaltigkeitskriterien (u.a. Österreich, Großbritannien) orientieren und insbesondere auf Biokraftstoffe der zweiten Generation (u.a. Frankreich, Großbritannien) fokussieren. Bisher besteht jedoch keine gemeinsame Strategie zum weiteren Ausbau von regenerativ erzeugten Kraftstoffen, sondern ist dieser im Wesentlichen von nationalen Initiativen geprägt.

#### Effizienztechnologien und alternative Antriebe (u.a. Elektromobilität)

Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ wird bis 2030 der verstärkte Einsatz von besonders effizienten konventionellen Fahrzeugen und ein zunehmender Anteil an Fahrzeugen mit alternativen Antrieben – insbesondere Elektrofahrzeugen – angenommen, um eine deutliche Minderung des Pkw-Flottenverbrauchs zu erzielen.

Die Entwicklung entsprechender Fahrzeuge ist teilweise mit sehr hohen Investitionskosten verbunden. Der Markteintritt und die Diffusionsgeschwindigkeit solcher Fahrzeuge sind daher wesentlich von den internationalen Rahmenbedingungen abhängig. Bezüglich elektrisch betriebener Fahrzeuge ist neben der Technologieentwicklung, die Marktreife und -nachfrage im Wesentlichen von weiterer Forschungsförderung, staatlichen finanziellen Anreizen beim Fahrzeugkauf und der Verfügbarkeit der Ladeinfrastruktur abhängig. Theoretisch ist zwar denkbar, dass die Technologie auch nur für einzelne nationale Märkte eingeführt wird, angesichts der angenommenen Marktdurchdringung im Renewability-Szenario ist aber davon auszugehen, dass ein entsprechend großes Fahrzeugangebot und eine relevante Nachfrage nur entsteht, wenn auch in weiteren EU-Ländern ähnliche Entwicklungen stattfinden.

In zahlreichen EU-Mitgliedsländern werden die Entwicklung und der Erwerb von besonders effizienten Fahrzeugen durch verschiedene Maßnahmen und Instrumente gefördert; wie beispielsweise durch Steuervergünstigungen (Schweden, Großbritannien, Niederlande, Spanien), staatliche Zuschüsse beim Fahrzeugkauf (Schweden, Großbritannien, Frankreich, Niederlande, Spanien), die Befreiung von

Nutzungsentgelten (Schweden, Großbritannien), Effizienzkriterien für die öffentliche Beschaffung (Großbritannien, Österreich) und staatliche Forschungsförderung (Großbritannien, Frankreich, Österreich) sowie dem Ausbau der erforderlichen Infrastruktur (Großbritannien, Österreich, Frankreich, ) bzw. die Definition von Zielwerten zur Marktdurchdringung alternativer Antriebe (Spanien, Niederlande).

Angesichts der dargelegten Initiativen in zahlreichen EU-Mitgliedsländern zur Förderung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen erscheint der in Renewbility abgebildete Entwicklungstrend sowohl für elektrisch betriebene als auch hocheffiziente konventionelle Fahrzeuge als, im internationalen Kontext, durchaus realisierbar. Gleichzeitig stellt sich jedoch die Herausforderung, insbesondere beim Aufbau eines flächendeckenden Ladenetzes und der Standardisierung von Technologien auf internationaler Ebene zu kooperieren.

#### Raumplanerische Maßnahmen

In Renewbility werden raumplanerische Maßnahmen, die einen Effekt auf die Siedlungsstruktur haben und mittelfristig zu einem veränderten Verkehrsaufkommen führen könnten, nicht explizit betrachtet. Es wird jedoch darauf verwiesen, dass eine zukünftige Reurbanisierung deutliche Veränderungen des Mobilitätsverhaltens hervorrufen und einen deutlichen Umweltentlastungseffekt haben könnte.

Die Analyse der Politiken und Maßnahmen in den ausgewählten EU-Mitgliedsländern zeigt auf, dass auch dort die Relevanz von Siedlungsstrukturen in Bezug auf das generierte Verkehrsaufkommen erkannt ist und im Kontext der Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen diskutiert wird. Bisher werden jedoch nur allgemeine Absichtserklärungen formuliert und es fehlt eine konkrete Benennung und Umsetzung von Maßnahmen, die relevanten Einfluss haben könnten.

#### Verkehrsvermeidung und –verlagerung

Im Renewbility-Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ wird die Möglichkeit der Verkehrsvermeidung (insbesondere im Güterverkehr) nicht explizit adressiert. Die Verlagerung von Verkehren wird durch die Veränderung von Rahmenbedingungen (Lkw-Maut, höhere Kraftstoffpreise, ÖV-Förderung) im Modell teilweise erreicht.

In den analysierten Beispielländern wird insbesondere im Güterverkehr eine verstärkte Verlagerung von der Straße auf andere Verkehrsträger (Schiff, Bahn) angestrebt (u.a. Frankreich, Österreich, Polen, Ungarn) und durch den Ausbau der Infrastruktur, von Knotenpunkten und veränderten Kosten unterstützt. Im Personenverkehr stehen insbesondere die Förderung des ÖV-Angebots und Investitionen in das Fahrrad- und Fußwegenetz (u.a. Frankreich, Spanien, Österreich, Polen, Ungarn) sowie die Optimierung der Schnittstellen zu anderen Verkehrsträgern und die multimodale Nutzung im Mittelpunkt (u.a. Österreich, Polen, Tschechien, Ungarn).

Verkehrsvermeidung wird bei der Formulierung von Politiken und Maßnahmen in den EU-Mitgliedsländern nur peripher behandelt. Im Güterverkehr werden durch eine weitere Effizienzsteigerung und höhere Wegekosten (Lkw-Maut) teilweise relative Minderungseffekte erwartet. Grundsätzliche Veränderungen auf Basis einer veränderten Wirtschafts- und Siedlungsstruktur werden nicht oder nur peripher erwähnt.

Im Vergleich zu anderen Maßnahmen, werden Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und –verlagerung (insbesondere im Personenverkehr) insgesamt weniger stark konkretisiert und oft lediglich langfristige Absichtserklärungen formuliert.

#### Weitere Maßnahmen

Weitere Maßnahmen, die in den Renewbility-Szenarien nicht explizit betrachtet werden bzw. wesentlich schwächer ausgestaltet sind, werden im Folgenden in Kürze vorgestellt.

In mehreren Mitgliedsländern wurden Geschwindigkeitsbegrenzungen und die Überwachung von deren Einhaltung ausgeweitet und verschärft (Frankreich, Niederlande, Österreich).

Die Dienstwagenbesteuerung weist in einigen EU-Ländern eine starke Orientierung an Effizienz- bzw. Emissionskriterien auf (Schweden, Großbritannien, Frankreich).

Das Instrument der öffentlichen Beschaffung wird in einigen Ländern dazu genutzt, die Nachfrage nach effizienten und teilweise auch Fahrzeugen mit alternativem Antrieb deutlich zu erhöhen. In einzelnen Ländern wurden für entsprechende Fahrzeuge ambitionierte Grenzwerte formuliert (Schweden, Großbritannien, Österreich).

#### **Fazit**

Betrachtet man die Ausgestaltung des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr“ im Kontext internationaler (EU-)Politiken und Maßnahmen zur Minderung der Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors, so lässt sich Folgendes konstatieren:

- Die Art der internationalen Maßnahmen und Politiken weist große Überschneidungen zur Szenarioausgestaltung und ebenfalls einen starken Schwerpunkt auf der technologischen Effizienzsteigerung von Fahrzeugen und eine zunehmend CO<sub>2</sub>-basierte Bepreisung von Fahrzeugen und –nutzung auf.
- Grundsätzlich ist die Ausgestaltung von Maßnahmen und Politiken der EU-Mitgliedsländer tendenziell weniger ambitioniert als im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“, erstere umfassen jedoch auch einen kürzeren Betrachtungszeitraum bzw. sind großteils bereits implementiert.

- Maßnahmen, die in einigen EU-Mitgliedsländern implementiert wurden und über die Ausgestaltung des Renewbility-Szenarios hinausgehen sind: eine Verschärfung und stärkere Überwachung von Geschwindigkeitsbegrenzungen, eine CO<sub>2</sub>-basierte Dienstwagenbesteuerung sowie ein verstärkter Ausbau der Fuß- und Fahrradwegeinfrastruktur und deren besseren Kopplung zu anderen Verkehrsträgern.
- Die Förderung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen wird auch auf internationaler Ebene stark vorangetrieben.
- Die Nutzung von Biokraftstoffen orientiert sich an den relevanten EU-Richtlinien. Eine gemeinsame Strategie zu Ausbau und Nutzung von Biokraftstoffen besteht nicht.
- Die Bedeutung des öffentlichen Verkehrs wird auch auf internationaler Ebene erkannt und dessen Ausbau als Ziel formuliert. Allerdings sind die Ziele weniger konkret formuliert.
- Im Güterverkehr werden auch auf EU-Ebene eine Verkehrsverlagerung hin zu umweltverträglicheren Verkehrsträgern sowie eine Effizienzsteigerung angestrebt, es werden aber länderspezifisch unterschiedliche Maßnahmen genannt. Die Umsetzung konkreter Maßnahmen ist bisher nur teilweise erfolgt (u.a. Lkw-Maut).
- Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung werden nicht explizit genannt. Maßnahmen, die strukturelle Veränderungen (Wirtschafts- und Siedlungsstruktur) induzieren würden, werden – wie auch im Renewbility-Szenario – nicht explizit benannt.
- Maßnahmen zur Information und Schulung von Konsumenten sind international auf vergleichbare Weise implementiert.

## 4.3 Ergebnisse

### 4.3.1 Nachfrage

#### Personenverkehr

##### *Pkw-Neuzulassungen*

Die Annahmen und Maßnahmen führen zu einer deutlichen Verschiebung von Diesel- zu Benzinfahrzeugen. Innerhalb der konventionellen Antriebe erreichen die Neuzulassungen der Dieselfahrzeuge einen Anteil von 17 % (2020) bzw. 19 % (2030). Insgesamt haben die konventionellen Pkw noch einen Anteil von 93 % im Jahr 2020 und 78 % im Jahr 2030. Die Elektrofahrzeuge leisten einen wichtigen Beitrag zur Emissionsreduzierung und ermöglichen einen Flottendurchschnittswert von rund 106 g CO<sub>2</sub> im Jahr 2020 und 83 g im Jahr 2030.

Entsprechend der Annahmen für das Szenario bleiben die Anteile der Fahrzeuggrößenklassen gegenüber dem Basisszenario unverändert. Sie betragen im Jahr 2030 rund 22 % für die Klasse „klein“, 60 % für „mittel“ und 18 % für „groß“.

Unter den unterschiedlichen Technologievarianten der konventionellen Fahrzeuge kommen lediglich die Basisvariante sowie die Varianten 2 und 3 zum Tragen. Die Varianten 1 und 4 bieten gegenüber der Basisvariante bzw. der Variante 3 lediglich minimale Effizienzvorteile bei deutlich höheren Kosten, sodass diese Varianten nicht nachgefragt werden. Die Verteilung der Technologievarianten innerhalb der Größenklassen ist in Abbildung 18 dargestellt.

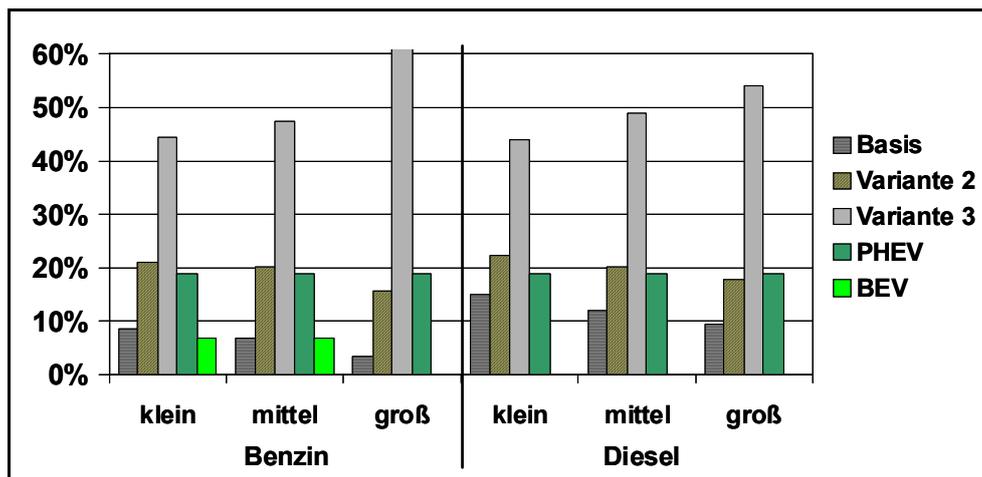


Abbildung 18: Anteile der Technologievarianten innerhalb der Pkw-Größenklassen im Jahr 2030

Es ist eine klare Tendenz zu den effizienteren Varianten festzustellen. Rund die Hälfte der Neuzulassungen entfallen auf Variante 3, die die größten Verbrauchsvorteile bietet, wobei deren Anteil bei den großen Fahrzeugen besonders hoch ist. Hier kommt der grundsätzlich hohe Einfluss der Kraftstoffkosten der Pkw zum Tragen, der in der Analyse der Neuzulassungen zwischen 1995 und 2005 festgestellt wurde. Die Kraftstoffkosten haben auch eine deutlich höhere Bedeutung als der Anschaffungspreis. Aufgrund der klaren Tendenz zu den effizienten, aber teilweise beim Neukauf sehr teuren Varianten, ist das Ergebnis als recht optimistisch einzustufen.

### **Personenverkehrsnachfrage**

Die den Ergebnissen in der Personenverkehrsnachfrage zu Grunde liegenden Kosten der MIV-Nutzung basieren auf dem Durchschnittsverbrauch der modellierten Pkw-Gesamtflotte. Die Flottenzusammensetzung ergibt sich als Resultat des modellierten Käuferverhaltens bei dem Erwerb von Neuwagen im Betrachtungszeitraum sowie dem bis dato vorliegenden Pkw Bestand.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der Berechnungen unter Implementierung der zuvor vorgestellten Maßnahmen für das Szenario „Klimaschutz im Verkehr – Perspektiven bis 2030“ für den Personenverkehr dargestellt. Die Berechnungen erfolgten dabei analog der für das Basisszenario vorgestellten Vorgehensweise. Die Resultate werden in vergleichender Art und Weise analog der Betrachtungen des Basisszenarios dargestellt.

Wie in Abbildung 19 und Abbildung 20 dargestellt, führen die Maßnahmen des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Basisszenario in allen Räumen zu einem Wachstum der Anteile des Modal Split zu Gunsten des ÖPNV und Fußverkehrs sowie einem Rückgang beim MIV. Die Veränderungen sind wie dargestellt mit einem minus von sieben Prozent für den MIV in den verstärkerten Räumen am höchsten. Hier konnten mit einer Optimierung des Verkehrsangebotes die größten Zuwächse beim ÖPNV erzielt werden.

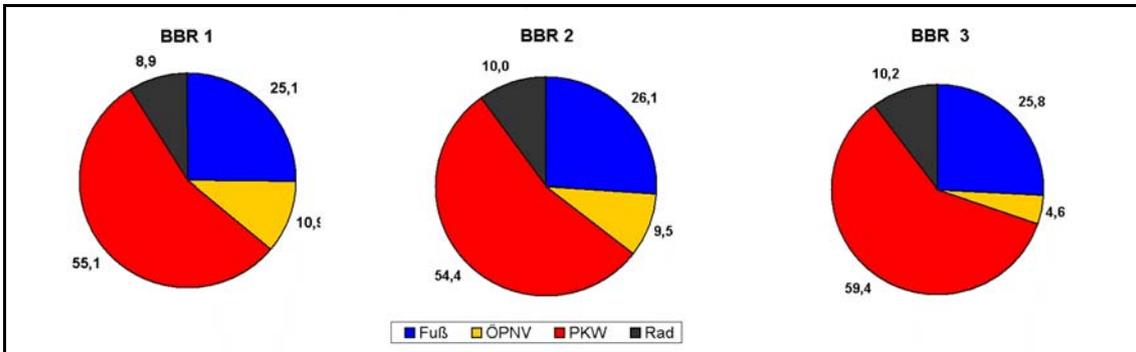


Abbildung 19: Modal Split im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nach BBR-Kategorie (BBR 1: Agglomerationsraum / BBR 2: verstädterter Raum / BBR 3: ländlicher Raum)

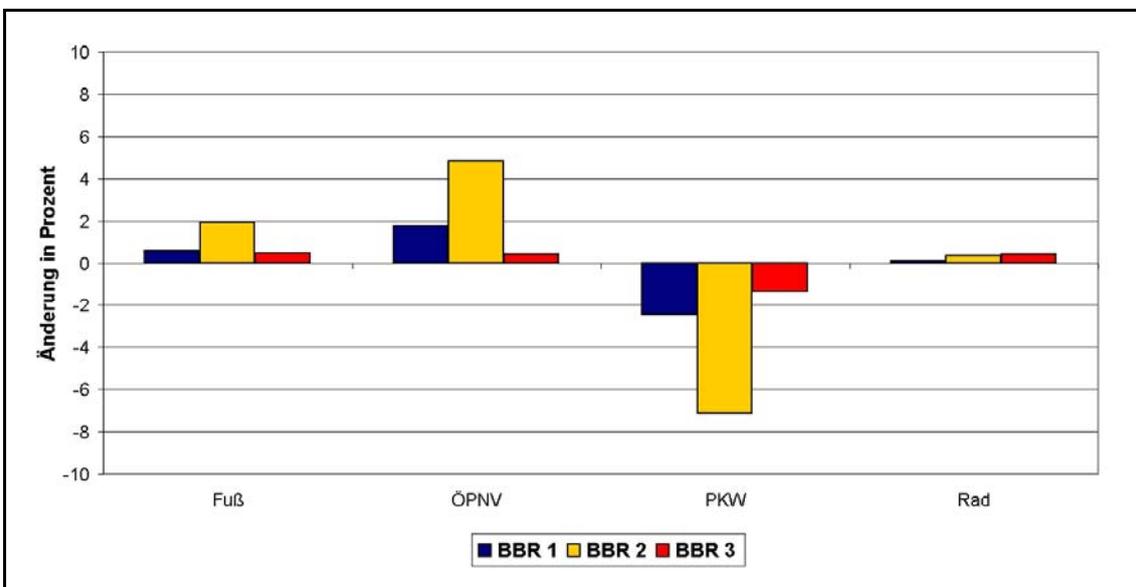


Abbildung 20: Prozentuale Änderung des Modal Split 2030 im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Basisszenario

Abbildung 21 stellt die Veränderung des Wegeaufkommens im Vergleich zum Basisszenario dar. Deutlich erkennbar ist ein Rückgang des Gesamtwegeaufkommens um rund 2,5 Mrd. Wege pro Jahr. Diese Reduktion findet vornehmlich in den Agglomerationsräumen und verstäderten Räumen statt und kann nicht gänzlich durch Zuwächse bei Wegen im ÖPNV kompensiert werden. Im Beispielraum Braunschweig nimmt der Anteil des ÖPNV am Wegeaufkommen von 4,6 % im Jahr 2005 auf 9,5 % bis 2030 zu. In Ballungsräumen mit einem bereits sehr guten ÖPNV-Angebot fällt der Zuwachs mit 1,8 % moderater aus. Annähernd unverändert bleibt der Modal Split im ländlichen Raum, da dort das ÖPNV-Angebot trotz Ausweitung auf niedrigem Niveau

verharrt und überwiegend größere Distanzen zurückgelegt werden müssen. Ein flächendeckendes ÖPNV-Angebot mit dichten Takten kann im ländlichen Raum auch in diesem Fall nicht gewährleistet werden, da startend von einem sehr niedrigen Niveau auch eine Steigerung um 25 % nicht ausreichend ist.

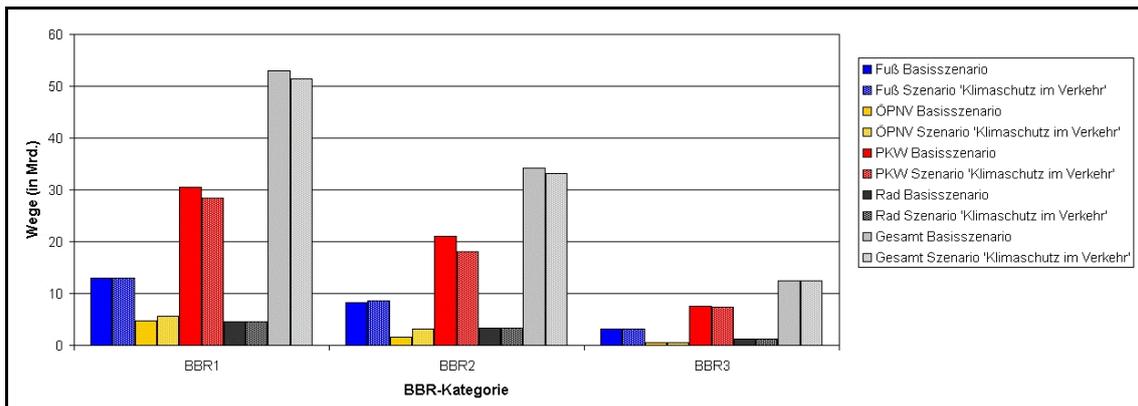


Abbildung 21: Wegeaufkommen 2030 im Basisszenario und im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nach BBR-Kategorie und Modus

Die starken relativen Zuwächse im Wegeaufkommen des ÖPNV äußern sich auch in einer höheren Fahrleistung der verschiedenen Verkehrsträger. Wie in Abbildung 22 dargestellt, steigt diese bis zum Jahr 2020 auf knapp über 3 Mrd. Fzkm an und erreicht im Jahr 2030 3,12 Mrd. Fzkm. Diese gedämpfte Entwicklung zwischen 2020 und 2030 ist insbesondere auf den ab 2020 prognostizierten Bevölkerungsrückgang zurückzuführen. Bedingt durch die verschiedenen hohen Besetzungsgrade der betrachteten ÖPNV-Verkehrsträger Bus, S-Bahn und U-Bahn sowie die unterschiedlichen Anstiege der ÖPNV-Wege in den Räumen sind die Zuwächse beim Bus mit bereits rund 600 Mio. Fzkm am höchsten.

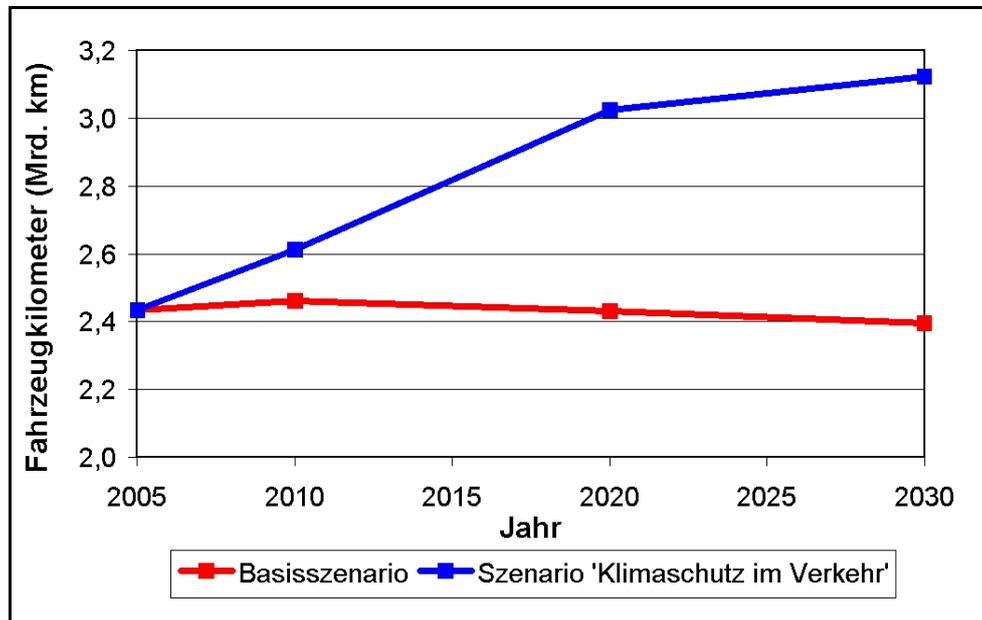


Abbildung 22: Entwicklung der Fahrleistung der Verkehrsträger im ÖV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Für den MIV zeichnet sich in Abbildung 23 ein umgekehrtes Bild. Die Abnahme des Wegeaufkommens sowie der Rückgang der Anteile am Modal Split führen zu einer Minderung der Fahrzeugkilometer des MIV im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Basisszenario. Betragen die zurückgelegten Kilometer im Basisszenario 2030 noch 680 Mrd. Fzkm, so sind es im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ lediglich 633 Mrd. Fzkm. Abbildung 24 greift diese Entwicklung erneut auf und stellt sie in den Kontext der Entwicklung der Fahrleistung im MIV seit 2005. Die Darstellung unterstreicht den verminderten Anstieg der Fahrleistung im Vergleich zum Basisszenario seit 2005 durch die im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ beinhalteten Maßnahmen, welcher mit einem Wert von rund 7 % im Jahr 2030 in etwa halbiert werden kann.

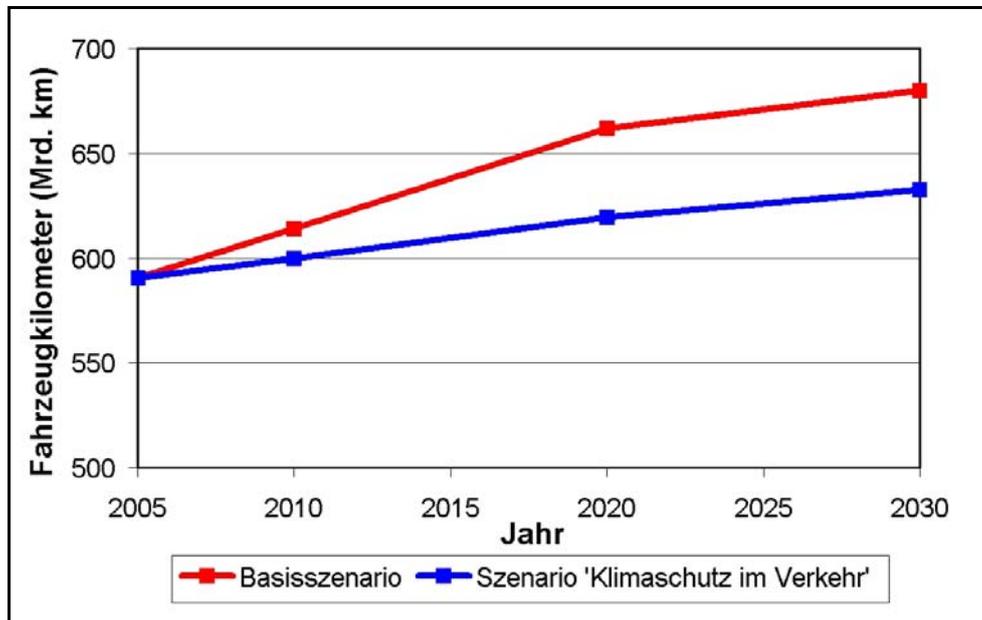


Abbildung 23: Entwicklung der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

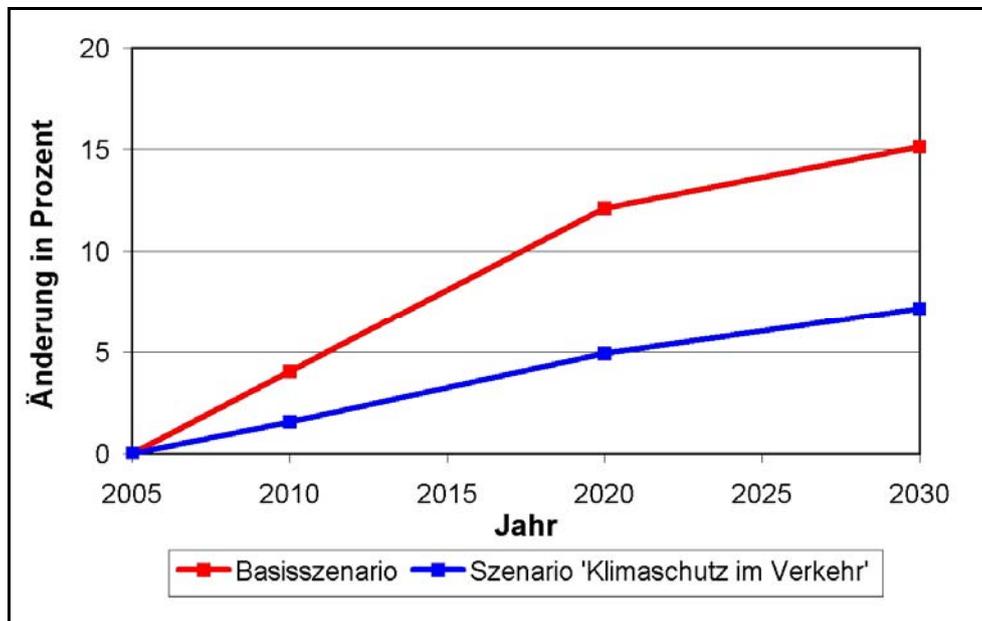


Abbildung 24: Prozentuale Änderungen der Fahrleistung im MIV in Fzkm im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ im Vergleich zum Jahr 2005

Abbildung 25 stellt abschließend die Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung des Personenverkehrs in Personenkilometern (Pkm) für das Basisszenario sowie das Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ dar. Es wird gezeigt, dass die Verkehrsleistung gegenüber dem Basisszenario lediglich um 4 % gedämpft werden kann. Beeinflusst wird dieser Effekt unter anderem dadurch, dass der Öffentliche Verkehr einen Anstieg der Verkehrsleistung von rund 11 % verzeichnet. Eine wesentliche Ursache für den Umstieg auf klimaverträglichere Verkehrsträger sind verbesserte Angebote im ÖPNV und leicht erhöhte Kosten des motorisierten Individualverkehrs, was sich insbesondere in Städten und Ballungsräumen bemerkbar macht.

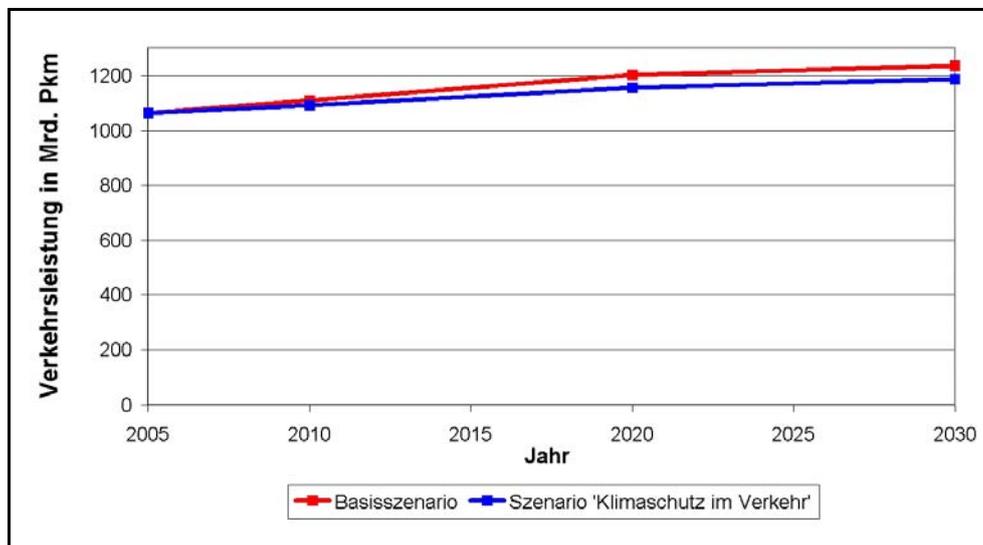


Abbildung 25: Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung im Personenverkehr in Personenkilometern im Basisszenario sowie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

## Güterverkehr

### Lkw-Neuzulassungen

Bei der Fahrzeugklasse der leichten Nutzfahrzeuge (LNF) kommt es im Jahr 2020 durch höhere Fix-Kosten des Basis-Fahrzeugs gegenüber der Variante 1 zu keinen Neuzulassungen der Basis-Fahrzeuge. Da sich die Verbräuche nur marginal voneinander unterscheiden, sollten die Varianten Basis und 1 als Effizienzklassen angesehen werden, die vorrangig ersetzt werden müssen. Insofern kommt es zu einer Reduzierung dieser kostengünstigen und verbrauchsintensiven Varianten, die jedoch weiterhin beherrschend bleiben (Abbildung 26). Die PHEV-Fahrzeuge werden mit 3 % im Jahr 2020 und 15 % im Jahr 2030 als fixe Menge zugelassen, da sie aufgrund der

durch die TechnolgieDatenbank festgelegten Kostenstruktur überaus wirtschaftlich gewesen wären und insofern den größten Anteil der Neuzulassungen ausgemacht hätten.

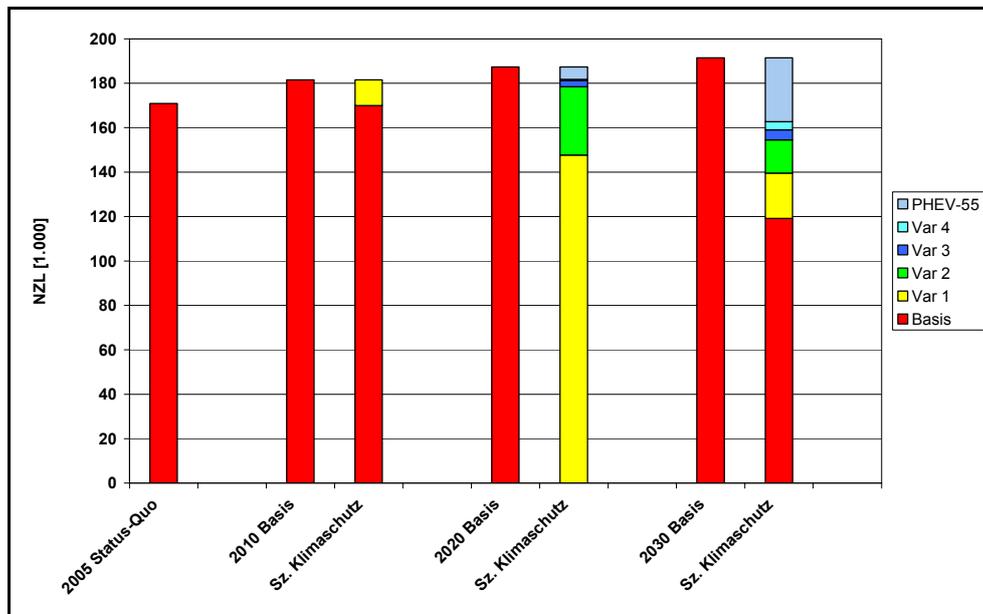


Abbildung 26: Neuzulassungen von Lkw <3,5 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Innerhalb der Fahrzeugklasse der leichten Lkw (3,5–7,5 t zGG) kommt es zu einer Reduzierung der verbrauchsintensiveren Fahrzeuge und einer Strukturverlagerung hin zur Variante 3 (Abbildung 27). Die kostenintensiven Fahrzeugvarianten 2 und 4 haben keine Bedeutung.

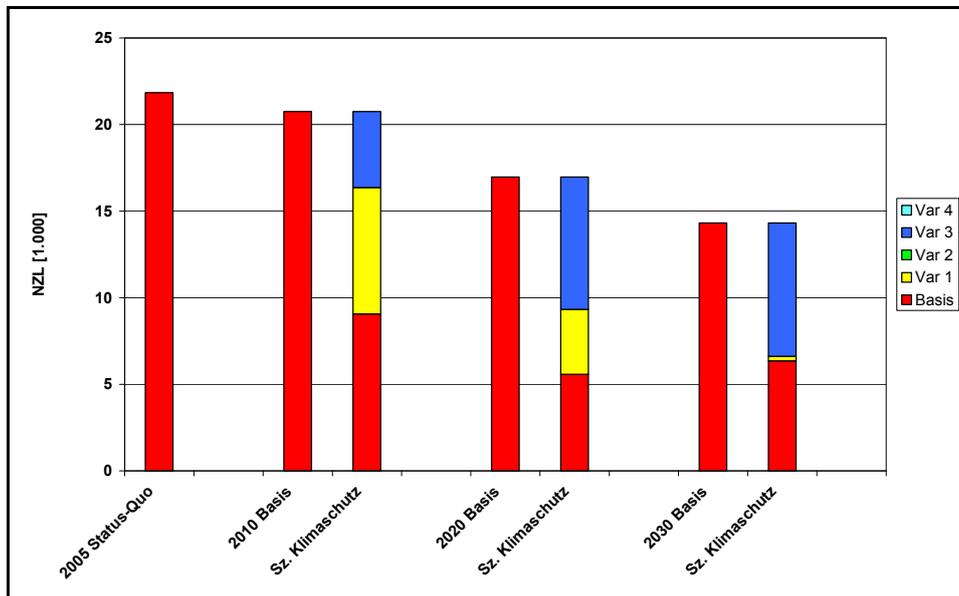


Abbildung 27: Neuzulassungen von Lkw 3,5–7,5 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Die schweren nicht mautpflichtigen Lkw (7,5–12 t zGG) nehmen sowohl in der Variante der günstigen aber verbrauchsintensiven Fahrzeuge (Basis) als auch in der Variante mit moderater Verbrauchsminderung (Var 3) zu (Abbildung 28). Die Fahrzeugvariante 1 wird kaum noch nachgefragt, da sie gegenüber der effizienteren Variante 3 (Var 1 + Start-Stop-Technik) nicht wirtschaftlich ist.

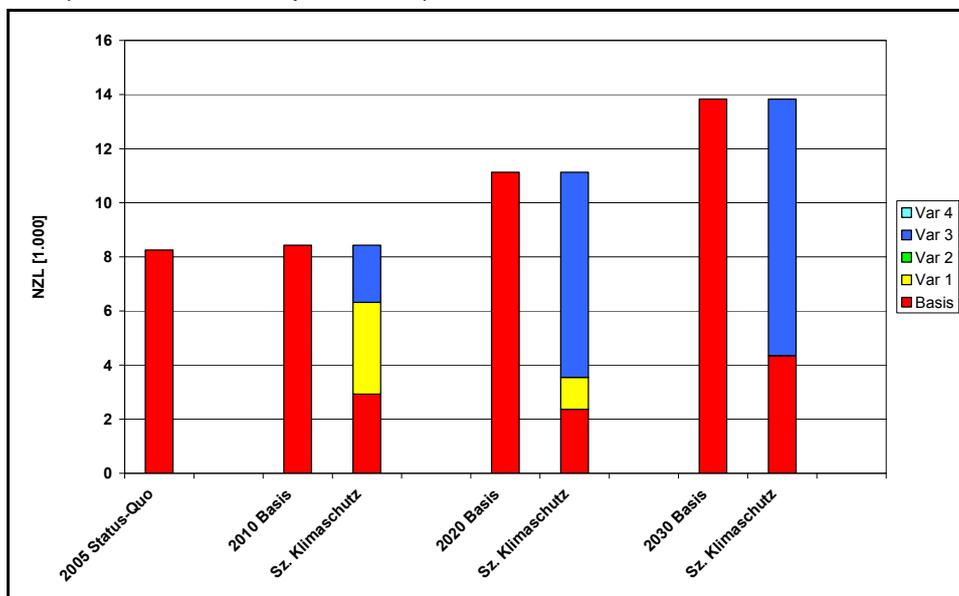


Abbildung 28: Neuzulassungen von Lkw 7,5–12 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Die Fahrzeugvarianten der schweren mautpflichtigen Lkw (>12 t zGG) Basis und Variante 1 werden zunächst von der effizienteren Variante 3 (Variante ein plus Start-Stopp-Technik) und später zunehmend von der bei der Anschaffung kostenintensiveren aber mit noch höherer Verbrauchsminderung ausgestatteten Variante 2 verdrängt (Abbildung 29).

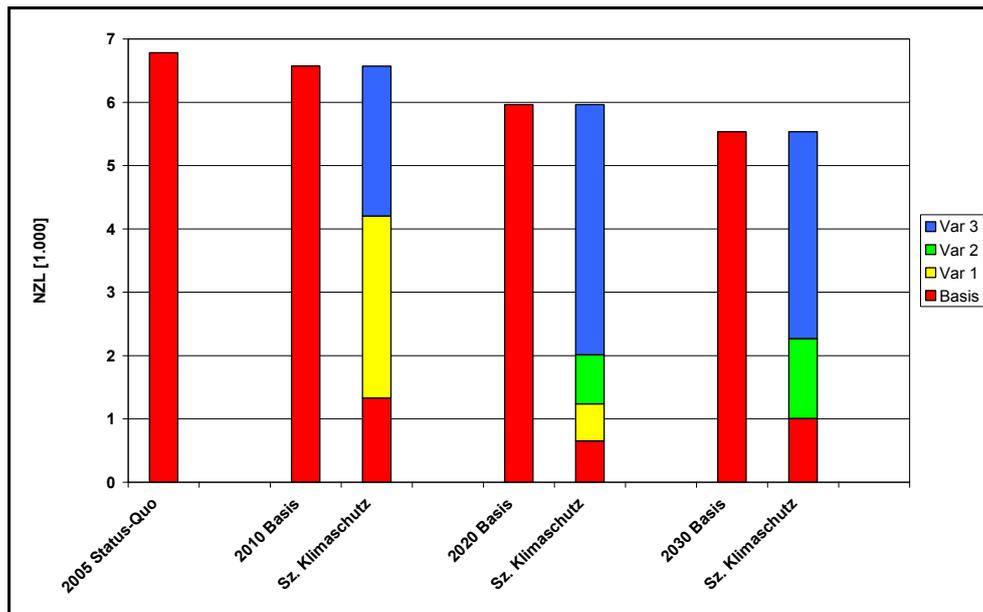


Abbildung 29: Neuzulassungen von Lkw >12 t zGG im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Trotz steigender Effizienzvorteile der SZM und GLZ-Motorwagen werden die weniger effizienten Fahrzeugvarianten Basis und Variante 1 nur langsam durch die Variante 2 ersetzt (Abbildung 30). Dies liegt v.a. an den hohen Zusatzinvestitionskosten der Variante 2, deren Effizienzvorteile erst bei einer sehr hohen Laufleistung zum Tragen kommen.

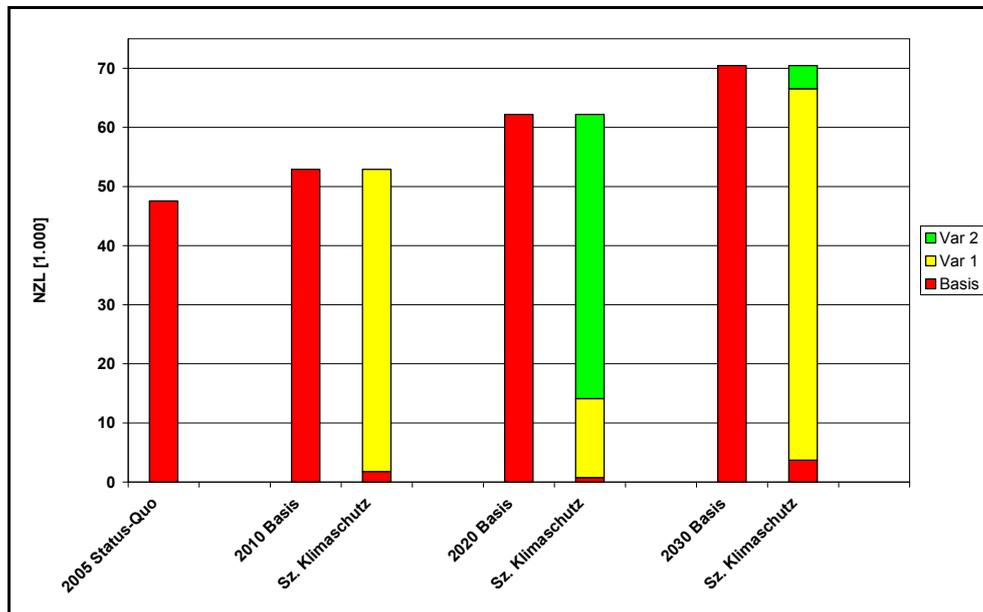


Abbildung 30: Neuzulassungen von SZM/GLZ im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

### Güterverkehrsnachfrage

Die Entwicklungsunterschiede beim Verkehrsaufkommen der Verkehrsträger zwischen dem Basisszenario und dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr – Perspektiven bis 2030“ basieren auf den von den Maßnahmen verursachten Veränderungen bei den Kosten der einzelnen Verkehrsträger. Daraus resultierende Veränderungen beim Verkehrsaufkommen und bei der Verkehrsleistung wirken sich auf die Fahrleistungen der Verkehrsträger aus. Dabei bedeuten bereits geringfügige Rückgänge beim Straßengüterverkehr starke Zuwächse bei den anderen beiden Verkehrsträgern Schiene und Wasserstrasse.

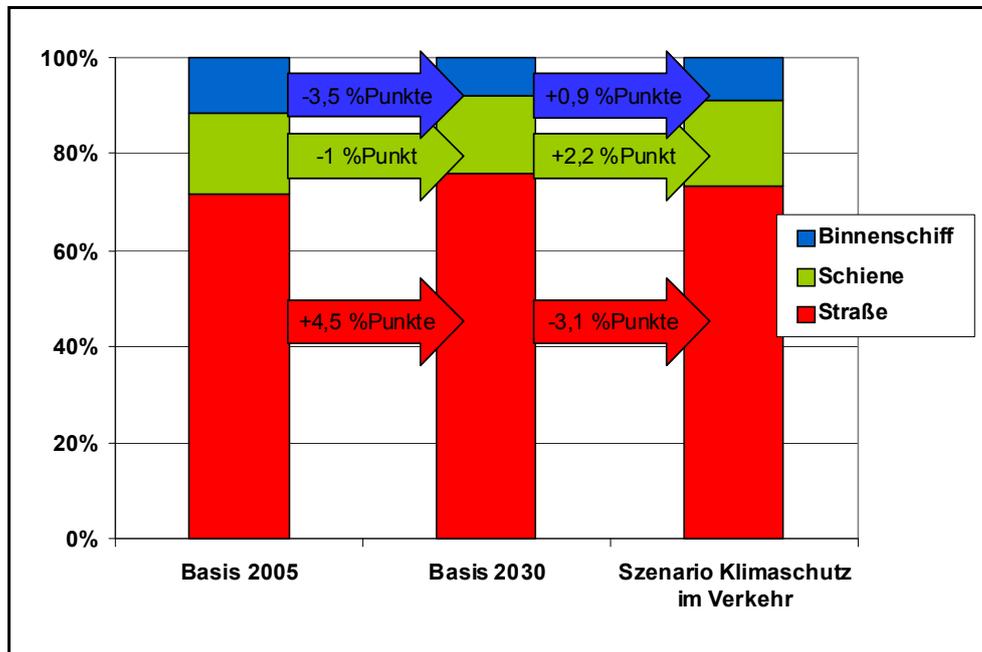


Abbildung 31: Vergleich des Modal Split (Verkehrsleistung) im Basisjahr mit Szenarien im Jahr 2030

Abbildung 31 zeigt einen Vergleich des Modal Split im Basisjahr und den zu erwartenden Modal Split im Jahr 2030 im Basisszenario und im Szenario "Klimaschutz im Verkehr". Es zeigt sich, dass der Straßengüterverkehr seine Funktion als Hauptverkehrsträger in Deutschland behält und im Basisszenario sogar noch stärkt. Mit den im Szenario "Klimaschutz im Verkehr" verankerten Maßnahmen kann es jedoch gelingen, das Wachstum der Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr vor allem zu Gunsten des Schienengüterverkehrs zu verringern.

Bei der Entwicklung der Gesamtfahrleistung im Straßengüterverkehr ergibt sich folglich eine Reduktion um 3,8 % zwischen Basisszenario und Szenario "Klimaschutz im Verkehr" (siehe Abbildung 32). Infolge der unterstellten höheren Lkw-Maut betrifft die Veränderung vor allem schwere Lkw und hier besonders die Gliederzüge und die Sattelzugmaschinen, da sich dort die Fahrleistungen um 6,1 % reduzieren.

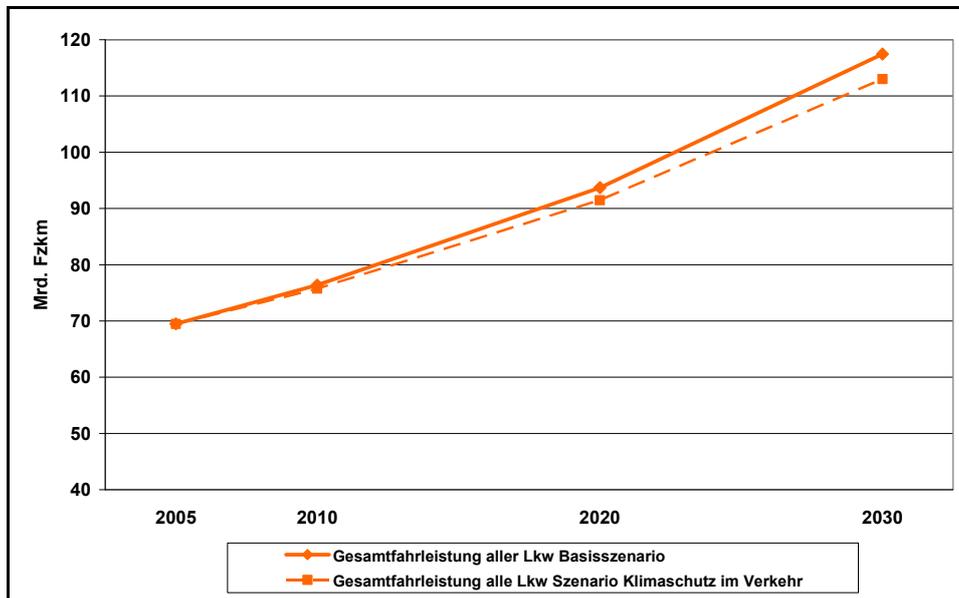


Abbildung 32: Veränderung der Gesamtfahrleistungen im Straßengüterverkehr, Basisszenario – Szenario „Klimaschutz im Verkehr“

Beim Schienengüterverkehr erhöhen sich die gefahrenen Zugkilometer zwischen Basisszenario und dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ um 3 %. Die Binnenschifffahrt verzeichnet ebenfalls eine Erhöhung der gefahrenen Kilometer (siehe Abbildung 33).

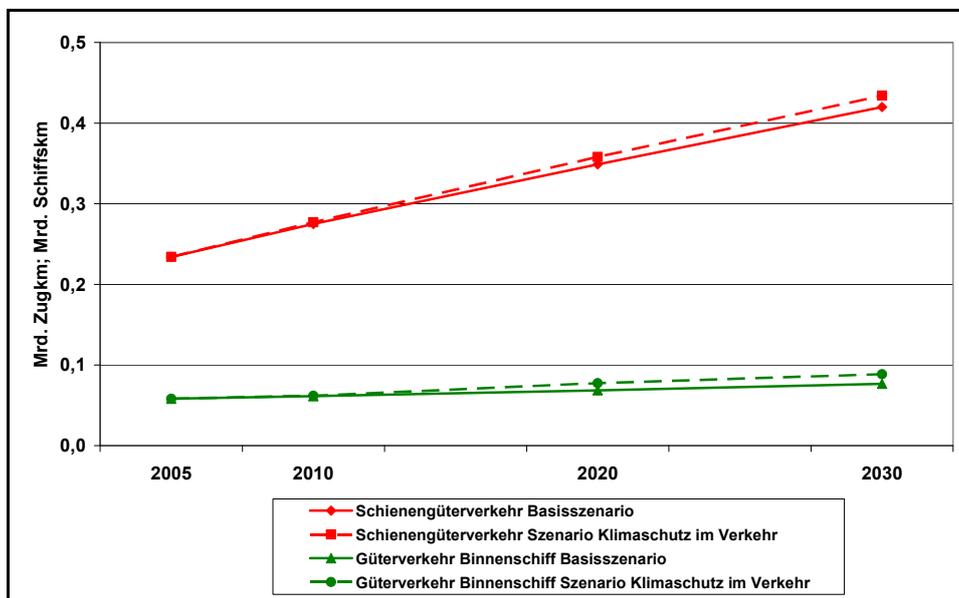


Abbildung 33: Veränderungen der Fahrleistungen im Schienengüterverkehr und beim Güterverkehr mit Binnenschiffen

### 4.3.2 Stoffstromanalyse

#### Treibhausgasemissionen

Um die Klimarelevanz des Verkehrssektors zu analysieren und zu beurteilen, ist es wichtig, die gesamten Emissionen zu berücksichtigen, also nicht nur die Treibhausgase aus der Betriebsphase der Fahrzeuge, sondern die komplette Emissionsfracht an Treibhausgasen, die Verkehrssysteme mit sich bringen. Berücksichtigt wurden bei der Emissionsbilanzierung im Rahmen von Renewbility daher nicht nur die **direkt** von den Verkehrsträgern emittierten Treibhausgase, sondern ebenso die sogenannten **indirekten** Emissionen, die durch die Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland und durch die Produktion der Fahrzeuge entstehen.

Im Basisszenario bleiben die Treibhausgasemissionen (THG) des Verkehrs verglichen mit dem Basisjahr 2005 trotz zunehmender Fahrleistung aufgrund effizienterer Fahrzeuge und steigendem Anteil von Biokraftstoffen nahezu konstant (Abbildung 34). Die Ergebnisse zeigen zudem, dass mit dem ausgewählten Bündel von Maßnahmen und Annahmen für künftige Rahmenbedingungen die Emissionen bis 2030 im Klimaschutzszenario um 52 Mio. t auf 174 Mio. t gesenkt werden können. Dies entspricht einer Minderung von 23 % gegenüber dem Basisjahr 2005. Damit wird deutlich, dass mit den getroffenen Annahmen zur Entwicklung der Rahmenbedingungen auch der Verkehrssektor einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

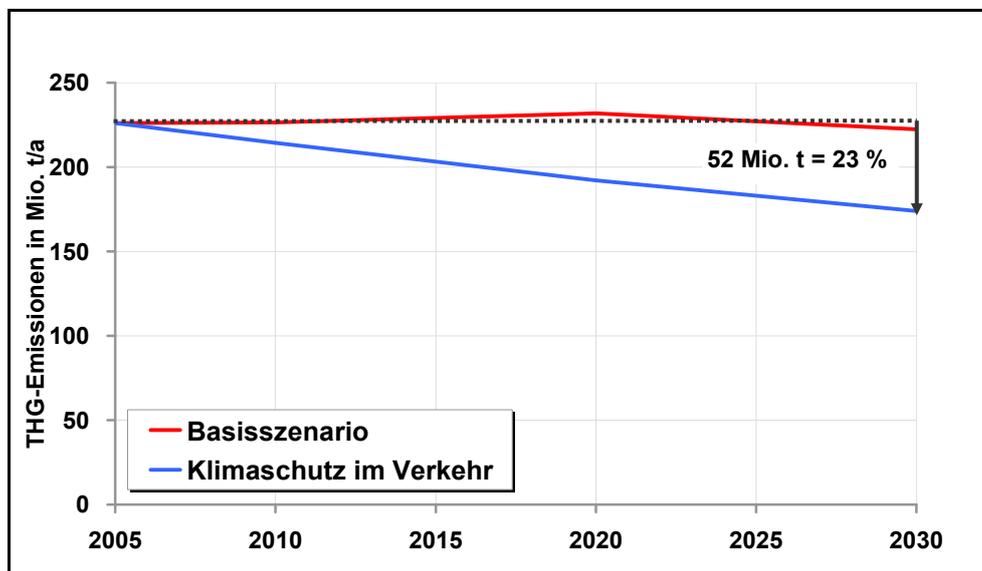


Abbildung 34: Entwicklung der Treibhausgasemissionen des gesamten Verkehrs

#### Einordnung in das nationale Klimaschutzziel

Werden nur die direkten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektor betrachtet, wie sie in der nationalen und internationalen Klimaberichterstattung dokumentiert werden, so ergeben sich für das Klimaschutzszenario Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 131 Mio. t in 2020 und von rund 115 Mio. t in 2030.

Sollte die Europäische Union ihre Minderungsziele von 30 % bis zum Jahr 2020 umsetzen, so hat sich Deutschland zum Ziel gesetzt, die nationalen Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 40 % zu senken. Bedingung für die Umsetzung der EU-Ziele ist, dass andere Industrieländer sich zu vergleichbaren Minderungen und die wirtschaftlich weiter fortgeschrittenen Entwicklungsländer zu einem ihren Verantwortlichkeiten und jeweiligen Fähigkeiten angemessenen Beitrag verpflichten.

Im Jahr 1990 betragen die direkten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors 160 Mio. t, im Jahr 2005 161 Mio. t. Das im Rahmen der Szenario-Gruppe zusammengestellte Bündel von Annahmen und Maßnahmen für den Verkehrsbereich kann damit zu den nationalen Klimaschutzzielen bis 2020 mit einer Minderung von knapp 20 % im Verkehrssektor gegenüber 1990 beitragen.

Wie die Abbildung 35 zeigt, werden bereits im Basisszenario ohne weitere emissionsmindernde Maßnahmen bis 2030 Reduktionen um 23 Mio. t gegenüber 2005 erreicht, obwohl die zugrundeliegenden Prognosen davon ausgehen, dass die Verkehrsleistungen bis dahin um 7 % steigen. Die Minderungen bei gleichzeitig steigender Verkehrsleistung sind zum einen auf effizientere Pkw aufgrund des Flottengrenzwertes für 2012, zum anderen auf den wachsenden Anteil von Biokraftstoffen zurückzuführen. Das Bündel von Annahmen und Maßnahmen, das die Szenario-Gruppe erarbeitet hat, könnte darüber hinaus noch deutlich höhere Minderungspotenziale ausschöpfen: Die Reduktionen der Treibhausgase summieren sich im Klimaschutzszenario auf 63 Mio. t bzw. 36 % bezogen auf das Jahr 2005.

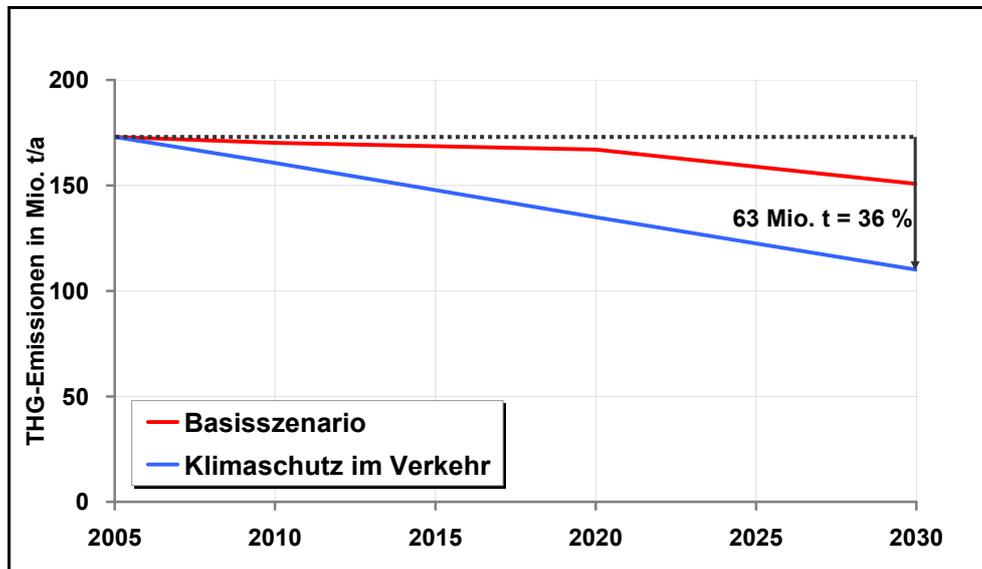


Abbildung 35: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs

Der Rückgang der spezifischen Treibhausgasemissionen pro Personenkilometer liegt bis 2030 bei rund 43 % (von 163 g/Pkm auf 93 g/Pkm). Das macht deutlich, dass die Minderungen noch wesentlich höher ausfallen würden, gäbe es nicht gleichzeitig einen weiteren Anstieg der Verkehrsleistung.

Eine andere Dynamik ist im Güterverkehr zu beobachten. Hier steigen im Basisszenario die Treibhausgasemissionen bis 2030 um fast 20 Mio. t gegenüber dem Basisjahr 2005 (Abbildung 36). Durch die getroffenen Annahmen und Maßnahmen kann dieser Anstieg zwar deutlich auf 11 Mio. t gedämpft werden, gegenüber dem Ausgangsjahr 2005 werden aber keine Emissionsminderungen erzielt. Hauptursache hierfür ist der durch Industrie und Konsum induzierte, starke Anstieg der Transportleistung im Güterverkehr. Die spezifischen Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer nehmen zwar durch die zusätzlichen Annahmen und Maßnahmen um rund 35 % gegenüber dem Basisjahr 2005 (von 95 g/tkm auf 61 g/tkm) ab – insgesamt steigen die Emissionen jedoch wegen der starken Zuwächse in der Transportleistung an. Auch bleibt der Lkw trotz einer leichten Verschiebung hin zu Bahn und Binnenschiff unter den getroffenen Annahmen weiterhin das dominante Güterverkehrsmittel.

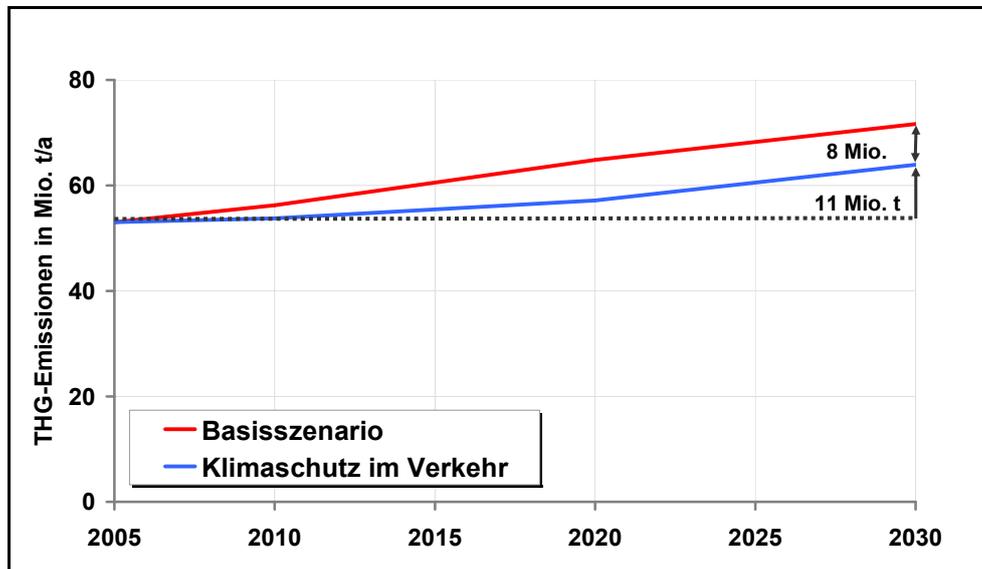


Abbildung 36: Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs

Der motorisierte Individualverkehr leistet den größten Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Sie können von rund 150 Mio. t in 2005 auf etwa 85 Mio. t reduziert werden (Abbildung 37). Haupttreiber ist auch hier die Effizienzverbesserung der Pkw, gefolgt von einem auf 15 % ansteigenden Biokraftstoffanteil. Trotzdem bleibt der motorisierte Individualverkehr Hauptverkehrsträger und damit auch Hauptemittent im Personenverkehr. Dies liegt vor allem daran, dass die Gesamtfahrleistung des motorisierten Individualverkehrs trotz der Maßnahmen im Vergleich zu 2005 um rund 7 % ansteigt, was auf zunehmende Wegelängen, eine steigende Pkw-Verfügbarkeit sowie die wachsenden Verkehrsleistungen älterer Autofahrer zurückzuführen ist. Wichtig ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Einführung effizienter Pkw mit einer Erhöhung der Kraftstoffpreise einhergehen sollte, um optimal zur Treibhausgasmindeung beitragen zu können. Grund hierfür ist, dass sparsame Fahrzeuge den motorisierten Individualverkehr bei konstanten Kraftstoffpreisen attraktiver, weil wirtschaftlicher machen. Im Klimaschutzszenario werden daher mögliche „Rebound“-Effekte – vor allem ein Anstieg der Verkehrsleistung – durch die angenommene Erhöhung der Kraftstoffpreise auf 2,50 bzw. 2,55 €<sub>2005</sub>/Liter verhindert.

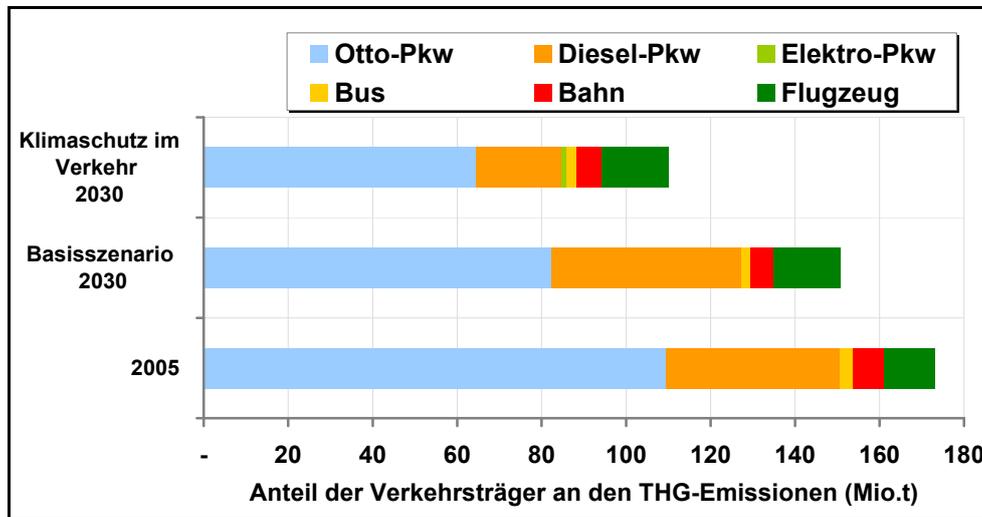


Abbildung 37: Treibhausgasemissionen differenziert nach Verkehrsträger

Verglichen mit dem Basisszenario hat der Personenverkehr in 2030 einen Anteil von 84 % am Gesamtminderungspotenzial. Effizientere Fahrzeuge können 35 Mio. t einsparen, Verkehrsvermeidung und -verlagerung 2,1 Mio. t und sparsame Fahrweise 4 Mio. t. Das Treibhausgas-Minderungspotenzial des Güterverkehrs liegt gegenüber dem Basisszenario im Jahr 2030 bei rund 16 %, wobei 10 Mio. t durch technische Optimierung der Lkw, 1 Mio. t durch Verlagerung und Vermeidung und 5 Mio. t durch verbrauchsarmes Fahren erreicht werden. Der Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung fällt im Klimaschutzszenario nicht signifikant höher aus als im Basisszenario, da deren Anteil in beiden gleich hoch angesetzt wird und sich nur deren Herstellung und Herkunft unterscheiden.

Einen weiteren Einfluss auf die gesamten Treibhausgasemissionen hat die Herstellung der Fahrzeuge. Effizientere Fahrzeuge erfordern eine veränderte Materialzusammensetzung, beispielsweise mehr Leichtmetalle wie Aluminium, deren Produktion allerdings energieintensiv ist. Bei einem besonders effizienten, mittelgroßen Hybrid-Otto-Pkw liegt im Jahr 2030 z.B. der Kupferanteil bedingt durch den Elektromotor höher als im Jahr 2005 (Abbildung 38).

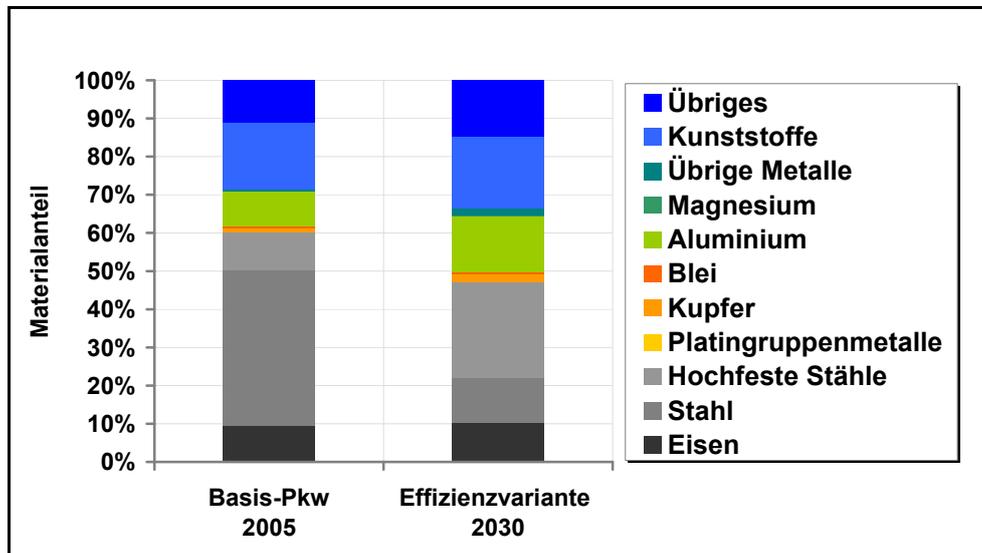


Abbildung 38: Materialzusammensetzung am Beispiel eines mittelgroßen Otto-Pkw

Die Veränderung der Materialzusammensetzung, kombiniert mit der deutlichen Effizienzsteigerung und damit geringeren Emissionen während der Nutzungsphase, führen dazu, dass der Emissionsanteil der Materialvorleistungen von 9 % auf 16 % ansteigt. Jedoch wird dies durch die vermiedenen Emissionen während der Nutzungsphase der Fahrzeuge mehr als kompensiert (Abbildung 39).

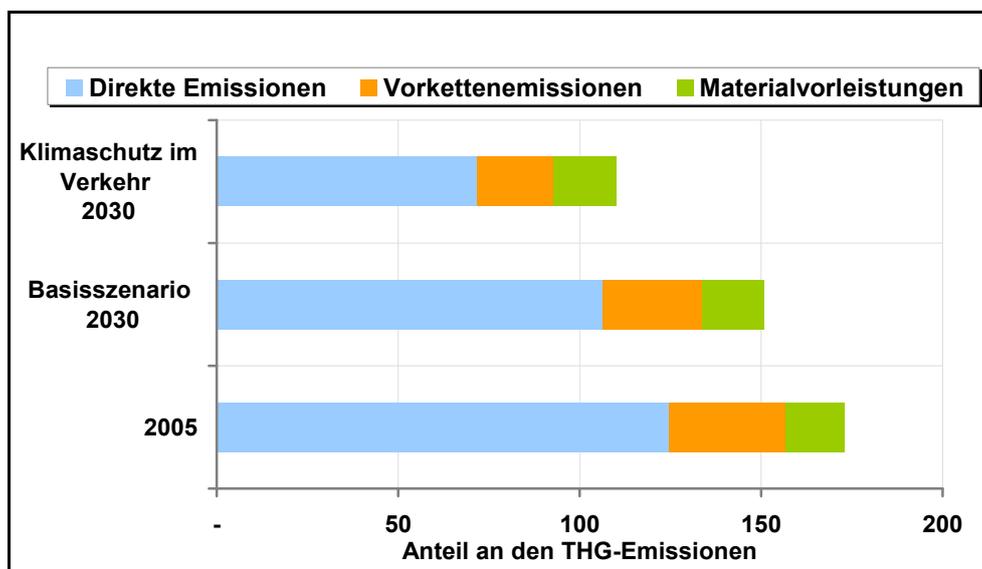


Abbildung 39: Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs differenziert nach direkte, indirekten und Emissionen der Materialvorleistungen

Ein weiterer Faktor, der die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors deutlich senkt, ist wie bereits erwähnt, der Einsatz von Biokraftstoffen. Die Treibhausgasemissionen des eingesetzten Kraftstoffmixes sinken aufgrund der Verwendung von Biokraftstoffen bis 2030 um knapp 10 %.

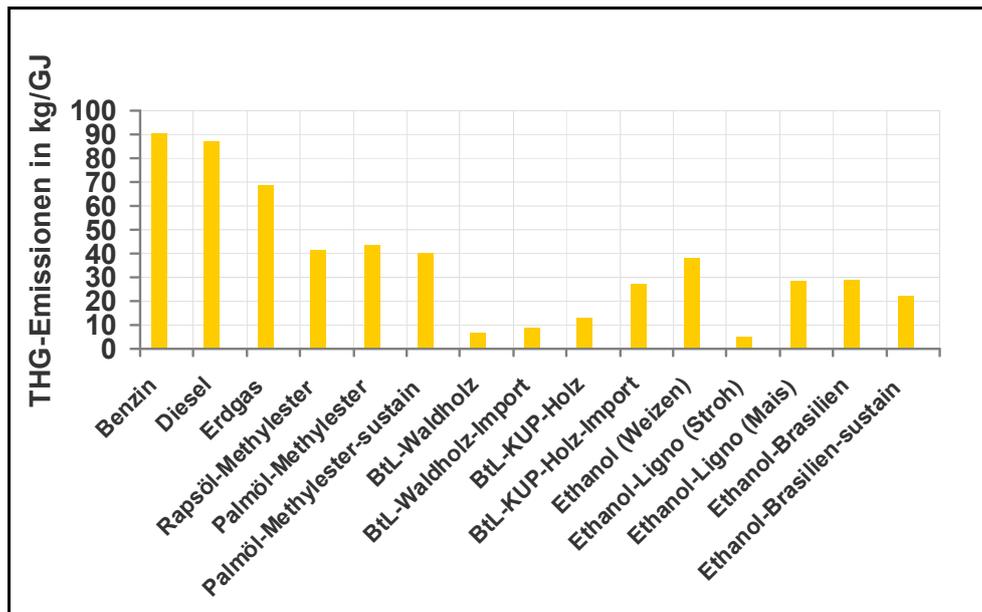


Abbildung 40: Treibhausgasemissionen verschiedener Kraftstoffe inklusive der Kraftstoffvorkette

Für alle Biokraftstoffe gelten in Renewbility Umweltstandards entsprechend der neuen EU-Richtlinie (z.B. ab dem Jahr 2020 mindestens 65 % weniger Treibhausgase verglichen mit konventionellem Kraftstoff), die im Klimaschutzszenario verschärft und durch Sozialstandards ergänzt wurden. Ein Anteil von 15 % Biokraftstoffen, die mindestens 65 % weniger Emissionen als konventionelle Kraftstoffe aufweisen, führt damit bis 2030 zu einer 10 %igen Reduktion der spezifischen Treibhausgasemissionen des eingesetzten Kraftstoffes. Die Biokraftstoffe werden vorwiegend aus Reststoffen (zu ca. 60 %) sowie aus Anbaubiomasse von ehemals degradierten Flächen (ca. 40 %) hergestellt, um Landnutzungskonflikte zu vermeiden. Dies führt zwar zu spezifisch höheren Kosten, die aber wegen der begrenzten Beimischungsquote kaum Mehrkosten gegenüber dem Basisszenario bedeuten. Bioethanol aus Brasilien und Biodiesel aus Palmöl (beide von degradierten Anbauflächen) machen nur knapp 20 % der Gesamtmenge aus; ein großer Teil stammt bis 2030 aus der Produktion von Biokraftstoffen der sogenannten 2. Generation. Sie werden aus heimischen Rest- und Abfallstoffen bzw. aus Biomasse von degradierten Anbauflächen in Mittel- und Osteuropa hergestellt.

### Energiebedarf und Einsatz Erneuerbarer Energien

Entscheidend für die relativ hohe Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energien ist die massive Verbesserung der Energieeffizienz aller Fahrzeuge. Im Basisszenario steigt der Endenergiebedarf des Verkehrs bis 2030 noch leicht an, im Klimaschutzszenario kann er dagegen um knapp 20 % gegenüber 2005 reduziert werden. Aufgrund der deutlichen Senkung des Verbrauchs steigt der relative Anteil erneuerbarer Energien deutlicher an als ihr absoluter Beitrag zur Energiebereitstellung. Die Abbildung 41 zeigt den Endenergiebedarf im Personenverkehr der im Szenario Klimaschutz im Verkehr von 2005 bis 2030 deutlich um rund 30 % abnimmt. Deutlich wird auch, dass der Anteil an Biokraftstoffen auf 15 % ansteigt. Weiterhin fällt auf, dass der Dieserverbrauch relativ betrachtet abnimmt, was auf eine stärkere Nachfrage von Otto-Pkw zurückzuführen ist.

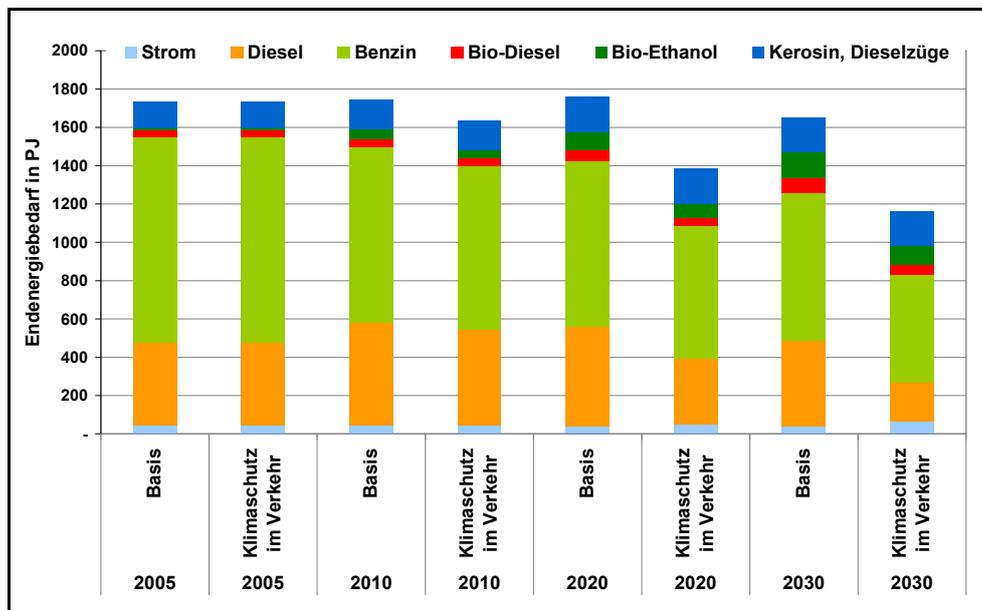


Abbildung 41: Endenergiebedarf im Personenverkehr differenziert nach Energieträgern

Im Güterverkehr ist die Entwicklung des Endenergiebedarfes eine ähnliche wie bei den Treibhausgasemissionen. Er steigt trotz der zugrunde gelegten Maßnahmen bis 2030 weiter an, auch wenn die Entwicklung gegenüber dem Basisszenario signifikant gedämpft werden kann (Abbildung 42).

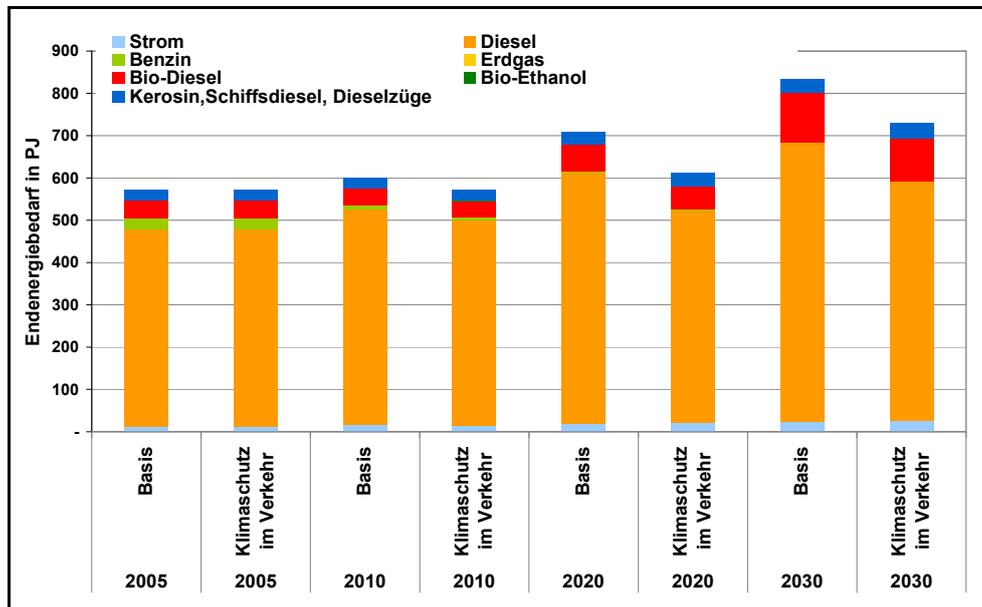


Abbildung 42: Endenergiebedarf im Güterverkehrverkehr nach Energieträgern

Insgesamt führt der in Renewbility modellierte Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehr (Biokraftstoffe und erneuerbarer Strom für Elektrofahrzeuge) – ausgehend von knapp 4 % in 2005 – bis zum Jahr 2030 zu einem deutlichen Anstieg auf gut 16 % des gesamten Endenergiebedarfs des Verkehrs und steigt damit um den Faktor Vier. Der überwiegende Teil dieses Anstiegs geht auf die Beimischung von Biokraftstoffen zurück; der kleinere, erst nach 2020 stark steigende Anteil beruht auf dem verstärkten Einsatz von Elektrofahrzeugen, die mit erneuerbarem Strom betrieben werden.

Im Klimaschutzszenario erreichen rein elektrisch betriebene Pkw im Jahr 2030 mit 1,4 Mio. Fahrzeugen einen Anteil am Bestand von rund 3 % und Plug-In-Hybride mit 5,1 Mio. Fahrzeugen einen Anteil von gut 10 %. Voraussetzung für einen entsprechend hohen Marktanteil von Plug-In-Hybrid-Pkw ist eine starke Bestandsdurchdringung von Hybridfahrzeugen, da diese einen wichtigen Zwischenschritt hin zu Plug-In-Fahrzeugen darstellen. Da in der Technologiedatenbasis keine konkreten Technologien sondern Effizienzvarianten auf Basis der Kostenkurven der Kommission hinterlegt wurden, kann zum Anteil an Hybrid-Fahrzeugen keine konkrete Aussage gemacht werden. Da aber im Jahr 2030 rund 50 % der neu zugelassenen Pkw der Effizienzvariante Stufe 3 entsprechen (siehe auch Endbericht Teil 1) und diese einen hohen Anteil an Hybrid-Technologien enthält, ist die Basis für eine Technologiekette hin zu Plug-In-Pkw gegeben. Der zusätzliche Strombedarf summiert sich auf rund 35 PJ (etwa 10 TWh) und wird entsprechend der getroffenen Annahmen über den Einsatz erneuerbarer Energien gedeckt. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung steigt

bis 2030 nach dem Leitszenario des Bundesumweltministeriums auf gut 45 %; dies entspricht über 280 TWh Strom. Der Ausbau der Elektromobilität wird bis 2030 demnach, wie in Abbildung 43 dargestellt, mit rund 3 % einen vergleichsweise geringen zusätzlichen Strombedarf aus erneuerbaren Energien über das Leitszenario hinaus erfordern.

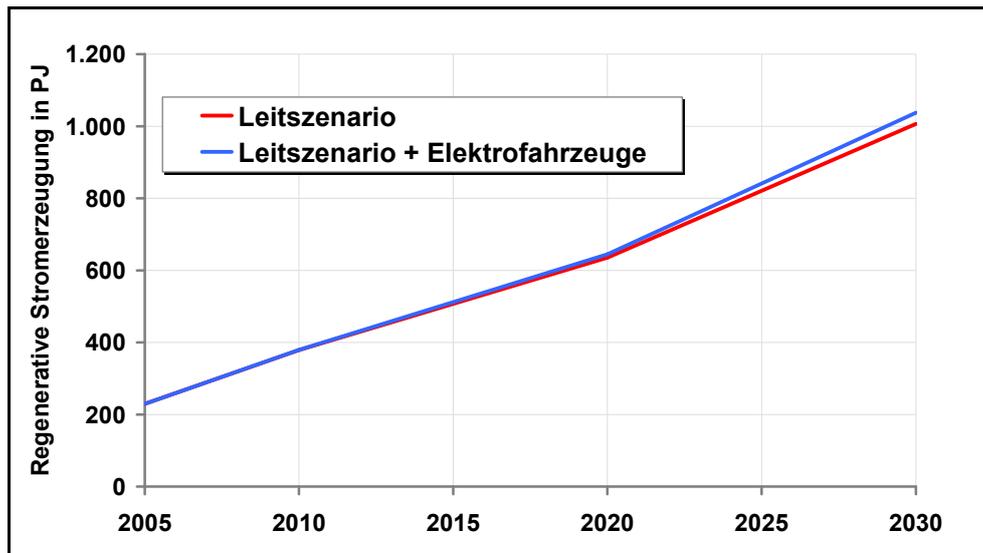


Abbildung 43: Zusätzlicher Strombedarf an Erneuerbaren Energien durch Elektromobilität

Nutzungskonkurrenzen um Biomasse werden durch Einsatz von Abfall- und Reststoffen sowie Biomasse von degradierten Flächen vermieden. Die Nutzung von Biomasse dient primär der Strom- und Wärmebereitstellung, die Produktion von Biokraftstoffen erfolgt im Rahmen der EU-Zielvorgaben bzw. deren Fortschreibung, wofür auch – nachhaltig bereitgestellte – Importe dienen.

Die parallele Ausweitung der (roh)stofflichen Nutzung von Biomasse als Erdölersatz ist keine Konkurrenz, da biogene Produkte nach Ende ihrer stofflichen Nutzung energetisch „nachgenutzt“ werden, das bedeutet eine Ausweitung der Nutzung biogener Abfall- und Reststoffe.

Eine Konkurrenz um Flächen bei Biomasse aus Exportländern wird im Klimaschutzszenario durch die Fokussierung des Anbaus auf degradierten Flächen vermieden – dies ist zwar deutlich teurer als die Nutzung von Acker- oder Weideland, hat aber keine negativen indirekten Effekte und zeigt zudem positive soziale Auswirkungen durch die Schaffung von Arbeitsplätzen vor Ort und durch eine Unterstützung der Regionalentwicklung.

## Kosten

Bei dem im Rahmen des Projektes Renewbility eingesetzten Analyseinstrument handelt es sich um ein stoffstromanalytisches Modell und nicht um energie- oder verkehrswirtschaftliche Modelle. Entsprechend werden bei den Kosten ausschließlich die direkten Kosten, die für den Verbraucher bzw. die Unternehmen entstehen, abgebildet. Damit bleiben gesamtwirtschaftliche Auswirkungen unberücksichtigt, und auch einzelwirtschaftliche, wie z.B. die Konkurrenzfähigkeit bestimmter Branchen, und soziale Effekte, wurden nicht untersucht. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

In der Abbildung 44 sind die Kosten im Personenverkehr für die Verbraucher dargestellt. Abgebildet sind dadurch die Kosten für die Anschaffung und den Betrieb er Pkw (Kraftstoffkosten und Steuern) ebenso wie die Kosten für Fahrten mit den öffentlichen Verkehrsmitteln. Die Kosten wurden dabei der Technologiesdatenbasis entnommen (siehe auch Teil 1 des Endberichtes). Die Kosten der ÖV-Nutzung entsprechen denen, die im Verkehrsnachfragemodell hinterlegt sind.

Was sehr deutlich wird, ist ein Anstieg der absoluten Kosten bis zum Jahr 2030, der zu einem großen Teil in der steigenden Verkehrsleistung begründet ist. Hinzu kommt aber auch, dass bereits im Basisszenario ein Anstieg der Kraftstoffkosten und eine weitere Effizienzsteigerung der Pkw, die mit entsprechend höheren Investitionskosten verbunden ist, hinterlegt sind. Das hat zur Folge, dass im Basisszenario die spezifischen Kosten für den Verbraucher – also die Kosten pro Personenkilometer – zwischen 2005 und 2030 von rund 0,24 auf 0,34 €/Pkm um rund 44 % ansteigen. Weiter fällt auf, dass trotz der hohen Treibhausgasreduzierung, die im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ erreicht wird, die Kosten für den Verbraucher mit nicht einmal 2 % nur minimal höher liegen, als im Basisszenario. Die ÖV-Kosten sind etwas ausgeprägter, da hier auch die Nachfrage entsprechend größer ist. Die Kosten, die durch den Kraftstoffverbrauch anfallen, sind in beiden Szenarien vergleichbar: Höhere Kraftstoffkosten werden durch geringeren Kraftstoffverbrauch der Pkw größtenteils kompensiert. Die deutliche Abnahme der Steuern bis zum Jahr 2030 (minus 85 %) liegt darin begründet, dass die im Szenario hinterlegte Steuer auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen bezogen ist und keine Nachregelung unterstellt wurde. Da jedoch die Pkw im Jahr 2030 einen deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß aufweisen, fallen dann fast alle Pkw in die niedrigste Steuerklasse, womit der geringe Anteil der Steuern im Jahr 2030 erklärt ist. Betrachtet man den Anstieg der spezifischen Kosten im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ von 2005 bis 2030, so liegt dieser mit 53 % etwa höher als der des Basisszenarios mit 44 %.

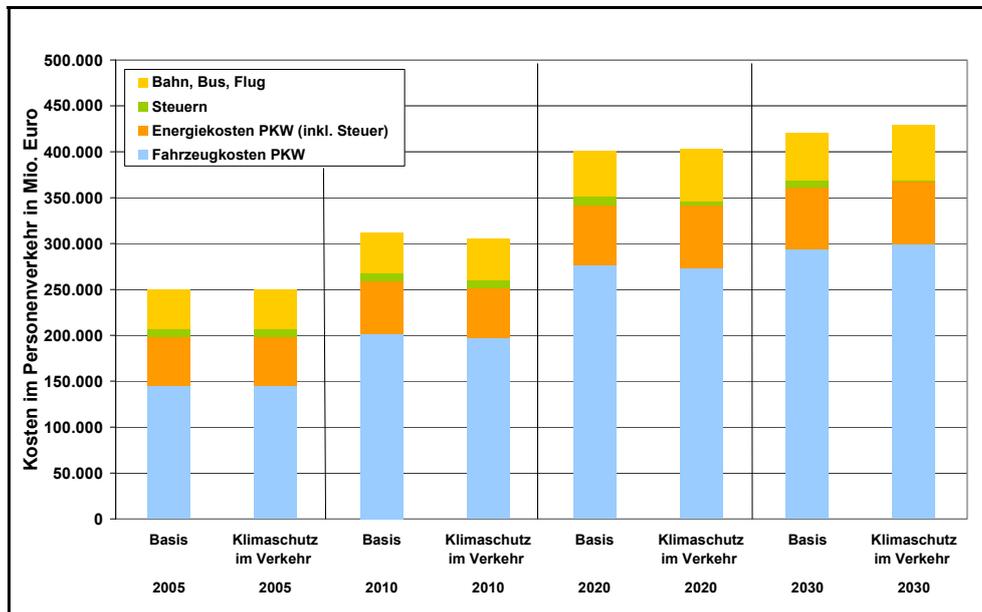


Abbildung 44: Kosten für die Verbraucher im Personenverkehr

Im Güterverkehr zeigt sich ein ähnliches Bild (Abbildung 45). Hier werden analog zum Personenverkehr die Kosten der Lkw-Beschaffung entsprechend der Technologieszenarien, die anfallenden Kraftstoffkosten, die Nutzung von Bahn und Binnenschiff entsprechend der Güterverkehrsnachfragemodellierung und erhobene Steuern bzw. Mautkosten berücksichtigt. Insgesamt ergibt sich in beiden Szenarien ein deutlicher Anstieg der absoluten Kosten aufgrund der steigenden Verkehrsleistung. Betrachtet man die Kosten pro Tonnenkilometer, so zeigt sich eine Minderung der spezifischen Kosten bis 2030 im Basisszenario von 0,33 auf 0,32 €/tkm um knapp 4 % gegenüber 2005, im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ bleiben sie in etwa konstant. Im absoluten Vergleich der beiden Szenarien in 2030 zeigt sich, dass auch hier die höheren Kraftstoffpreise durch die effizienteren Fahrzeuge wieder ausgeglichen werden. Die Differenz in Höhe von 4 %, die zwischen Basisszenario und dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zu beobachten ist, resultiert vor allem aus der Mauterhöhung. Die Kosten, die durch die Mauterhöhung anfallen, liegen im Jahr 2030 um knapp 60 % höher als im Basisszenario.

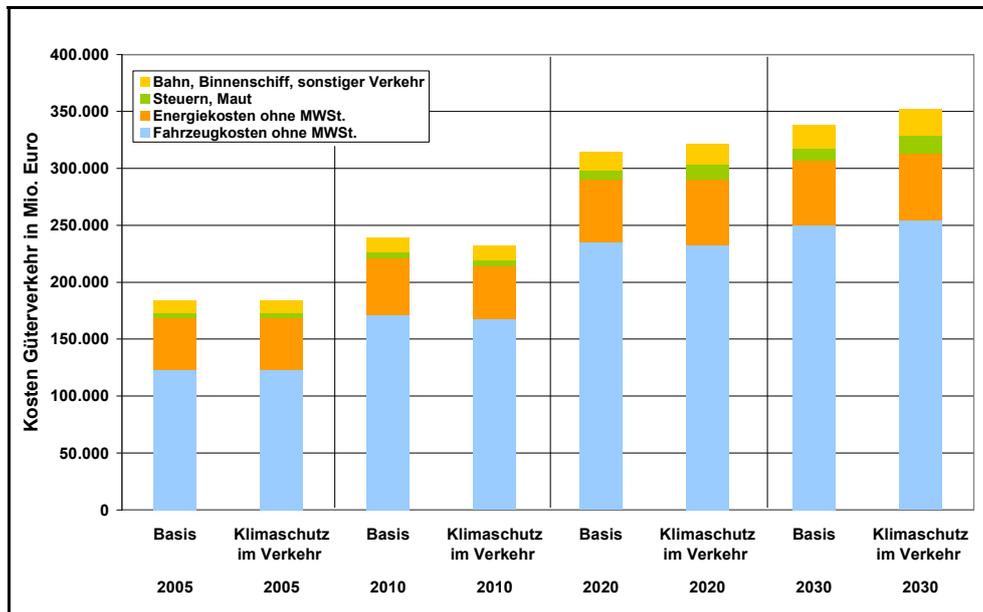


Abbildung 45: Kosten für die Unternehmen im Güterverkehr

## 5 Szenaretten

Die dargestellten Ergebnisse des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ beschreiben die Wirkung eines Maßnahmenbündels. Selbstverständlich sind noch weitere Maßnahmen denkbar, die zu weiteren Minderungen der Treibhausgasemissionen führen können. Um dies zu untersuchen, wurden im Rahmen des Klimaschutzszenarios weitere Varianten modelliert, in denen einzelne geänderte Annahmen – z.B. bezüglich Fahrzeugkonfigurationen, Kraftstoffzusammensetzung und -preisentwicklung, fiskalische oder ordnungspolitische Maßnahmen – zugrunde gelegt wurden. Diese zusätzlichen Maßnahmen beziehungsweise geänderten Ausgestaltungsformen sind zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ hinzugefügt worden. Das heißt, dass die im Folgenden dargestellten Ergebnisse nicht die Wirkung der Einzelmaßnahme abbilden, sondern auch hier wieder im Wechselspiel mit den anderen Maßnahmen des Szenarios zu sehen sind. Daher werden diese bezüglich des gemeinsamen Szenarios abgeänderten Szenarien als Szenaretten bezeichnet, aufbauend auf den Annahmen und Maßnahmen des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“. In den nachfolgenden Abschnitten sind die einzelnen Szenaretten, deren Ausgestaltung, sowie die modelltechnische Umsetzung und die Wirkung beschrieben.

### 5.1 Grenzwerte Pkw und LNF

#### 5.1.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Zum Zeitpunkt der Diskussion der Maßnahmen im Rahmen der Szenario-Gruppe war die EU-Verordnung (EC No 443/2009) zu den Pkw-Grenzwerten noch nicht veröffentlicht. Diese liegt seit dem 23. April 2009 vor. In ihr ist neben der Grenzwertsetzung für 2012 auch der Wert von 95 g CO<sub>2</sub>/km für neu zugelassene Pkw im Jahr 2020 vermerkt. Die 95 g CO<sub>2</sub>/km für neu zugelassene Pkw sind nicht bei allen Szenario-Gruppenmitgliedern auf Zustimmung getroffen und wurden daher - da die offizielle Version der EU-Verordnung zu dem Entscheidungszeitpunkt noch nicht vorlag - als Szenarette abgebildet. Aus heutiger Perspektive müsste entsprechend diese Szenarette als eigentliches Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ zu Grunde gelegt werden. Eine weitere Fortschreibung bis 2030 auf 70 g CO<sub>2</sub>/km ist der zweite Eckpunkt dieser Szenarette. Zusätzlich wurden die Grenzwerte für leichte Nutzfahrzeuge gegenüber dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ auf 120 g CO<sub>2</sub>/km (2020) bzw. 90 g CO<sub>2</sub>/km (2030) verschärft.

Wie in der entsprechenden Maßnahme des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr“ könnten auch für die Szenarette Grenzwerte umgesetzt werden, indem die Beispielfahrzeuge der Technologiedatenbasis mit entsprechenden Strafabgaben belegt werden. Allerdings ist auch hier zu berücksichtigen, dass die Lenkungswirkung aufgrund der Durchschnittsfahrzeuge in den drei Größenklassen nur unzureichend

wiedergegeben werden kann und das Vorgehen der Hersteller beim Ausgleich der Fahrzeuge, die den Grenzwert überschreiten, mit anderen, die ihn unterbieten, nicht simuliert werden kann. Daher wird die Szenarette im Bereich der Pkw durch das Ermöglichen der Segmentverschiebung und die Erhöhung des Anteils von Elektrofahrzeugen umgesetzt. Somit können auch Hinweise darauf gewonnen werden, welche Effekte durch eine Steigerung des Anteils von Elektrofahrzeugen in den Stoffströmen und den Emissionen entstehen.

Die aus den veränderten Pkw-Neuzulassungen erfolgten Bestandsveränderungen und die daraus resultierenden Kostenänderungen wurden bei der Berechnung der Fahrleistung in den Nachfragemodellen für den Personenverkehr berücksichtigt.

### 5.1.2 Ergebnisse

Bei den Neuzulassungen der Pkw erreichen die elektrisch betriebenen Varianten einen deutlich höheren Anteil. Die rein elektrisch betriebenen Fahrzeuge steigern ihren Anteil an den Neuzulassungen bis 2030 auf knapp 8 % und die Plug-In-Hybriden auf 30 %. Gleichzeitig kommt es zu einer Verschiebung hin zu kleineren Fahrzeugen. Der Anteil der Größenklasse „klein“ nimmt gegenüber dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ von rund 24 % auf 30 % zu und die Anteile der beiden anderen Größenklassen nehmen entsprechend ab. Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der neuzugelassenen Pkw erreichen in der Szenarette im Jahr 2030 damit einen Wert von rund 96 g CO<sub>2</sub>/km für die konventionell angetriebenen Fahrzeuge und gut 73 g CO<sub>2</sub>/km für die gesamte Neuwagenflotte einschließlich der Elektroautos. Somit kann der Flottengrenzwert im Rahmen der hier unvermeidbaren methodischen Unschärfen als erreicht betrachtet werden.

Eine Begleiterscheinung ist, dass der niedrigere Verbrauch der Fahrzeuge, welcher durch die verschärften Grenzwerte in dieser Szenarette realisiert wird, zu sinkenden Mobilitätskosten beim MIV führt. Das hat wiederum zur Folge, dass die Fahrleistung verglichen mit dem Hauptszenario leicht ansteigt — dies ist der in Kapitel 6.1 diskutierte Rebound-Effekt. Abbildung 46 stellt anschaulich den Zusammenhang zur Fahrleistung her, welche sich unter diesen Voraussetzungen im Vergleich zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ leicht erhöht.

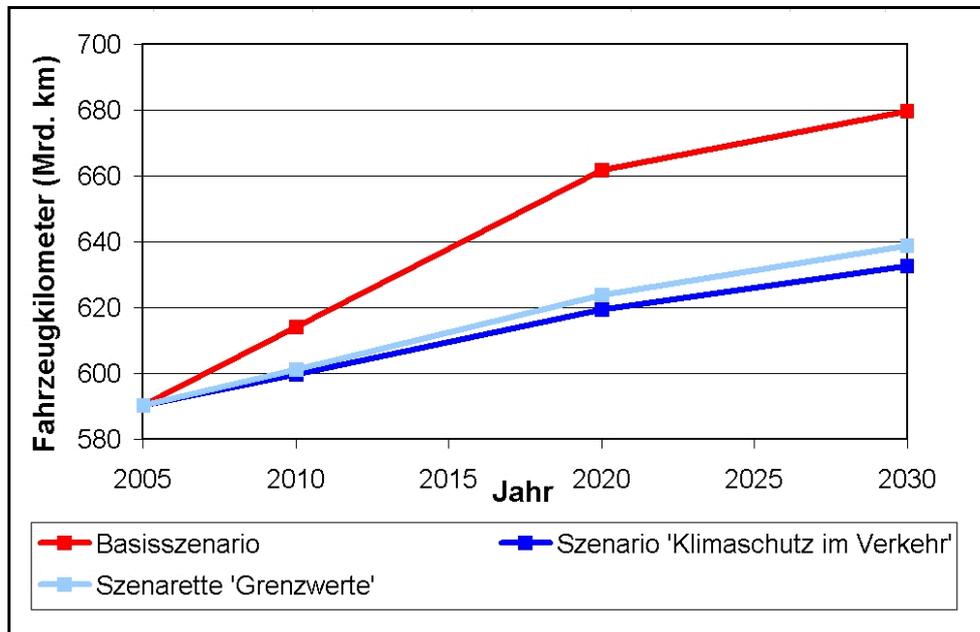


Abbildung 46: Fahrleistung im MIV im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ sowie der Szenarette „Grenzwerte Pkw und LNF“ im Vergleich zum Basisszenario

Einen umgekehrten Effekt hat diese Kostenentwicklung auf die Fahrleistung im ÖPNV, welche sich allerdings auf Grund des hohen Besetzungsgrades in öffentlichen Verkehrsmitteln nur minimal auswirkt. Die Reduktion der Fahrzeugkilometer gegenüber dem Hauptszenario bleibt unter einem Prozent.

Die Grenzwerte für Leichte Nutzfahrzeuge wurden in dieser Szenarette mit 90 g/km in 2030 so ambitioniert gesetzt, dass sie durch technische Maßnahmen basierend auf der Technologiesdatenbasis nicht erreicht werden können. Grundsätzlich kommt es zwar zu einer Effizienzverbesserung der Leichten Nutzfahrzeuge verglichen mit dem Basisszenario. Eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Pönale bewirkt aber verglichen mit dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ - in dem mit einem Grenzwert von 100 g/km in 2030 bereits das technisch machbare ausgereizt wurde - nur eine Kostensteigerung aller Varianten um den durch den verschärften Grenzwert zugehörigen Kostenbetrag.

Aus der Kombination der zusätzlichen Effizienzverbesserung der neu zugelassenen Pkw auf 95 g CO<sub>2</sub>/km in 2020 und 70 g CO<sub>2</sub>/km in 2030 und dem Effekt, dass die Fahrleistung aufgrund der geringeren Wegekosten leicht ansteigt, ergibt sich eine zusätzliches Minderungspotenzial von rund 5 Mio. t Treibhausgasemissionen im Jahr 2030 verglichen mit dem Basisjahr 2005.

## 5.2 Elektromobilität 150 g CO<sub>2</sub>/kWh-Strom

### 5.2.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Die Szenario-Gruppe hat sich auch die Frage gestellt, welche Auswirkungen es hätte, wenn statt reinem erneuerbarem Energienstrom der deutsche Strommix mit einem erhöhten Anteil an erneuerbaren Energien für die elektrisch betriebenen Pkw eingesetzt würde. Der Anteil der erneuerbaren Energien wurde bei dieser Szenariette daher so gewählt, dass der Emissionsfaktor für den eingesetzten Strom durchschnittlich 150 g CO<sub>2</sub>/kWh beträgt.

### 5.2.2 Ergebnisse

Da der Anteil des Endenergiebedarfs auch im Jahr 2030 im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ vergleichsweise gering ist, führt die Verwendung eines Strommixes mit einem Emissionsfaktor von 150 g CO<sub>2</sub>/kWh zu Mehremissionen von rund 0,5 Mio. t. Treibhausgasen.

## 5.3 Kfz-Steuer nach dem VCD-Modell

### 5.3.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Das VCD-Modell für eine Kfz-Steuer sieht die Umstellung von einer hubraumbasierten Steuer auf eine CO<sub>2</sub>-basierte Steuer vor (VCD 2007). Damit soll eine hohe Lenkungswirkung erreicht werden, die zu deutlich verbrauchsgünstigeren Neuwagen führt. Energieeffizienz soll belohnt und hoher CO<sub>2</sub>-Ausstoß mit hohen Kosten belegt werden. Im VCD-Modell wird die Steuer über eine gestaffelte lineare Formel berechnet. Bis zu einer Grenze von 120 g CO<sub>2</sub>/km werden für Benziner nur 0,40 € pro Gramm berechnet, für Diesel 1,50 €. Von 121 bis 140 g/km sind es 0,80 € bzw. 4,00 € pro Gramm. In weiteren Stufen steigen die Sätze auf 15,00 bzw. 16,00 € pro Gramm an, die ab 250 g/km anfallen.

Mit dem VCD-Modell sinkt die Kfz-Steuer für verbrauchsgünstige Fahrzeugmodelle; bei Dieselmotoren bis knapp 100 €, bei Benzinmodellen aufgrund der ohnehin relativ niedrigen Steuer um maximal rund 50 €. Verbrauchsintensive Fahrzeuge werden deutlich teurer. Große Geländewagen und stark motorisierte Limousinen können sich um rund 1000 € und in Ausnahmefällen auch um deutlich mehr verteuern.

Die Steuersätze des VCD-Modells wurden für die Pkw, die in der Technologiedatenbasis enthalten sind, berechnet. Die damit neu errechnete Struktur der Neuzulassungen wurde in die Bestandsentwicklung integriert und die abgeänderten MIV-Nutzerkosten berechnet. Die resultierenden Änderungen der durchschnittlichen Kosten der MIV-Nutzung wurden bei der Berechnung der Personenverkehrsnachfrage berücksichtigt.

### 5.3.2 Ergebnisse

Aufgrund der veränderten Steuerlast ergibt sich eine Verschiebung hin zu kleineren Fahrzeugen. Gegenüber dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nimmt der Anteil der Größenklasse „groß“ von 14 % auf rund 11 % ab. „Mittel“ nimmt um einen Prozent zu, sowie die Klasse „klein“ um rund 2 %.

Die relativ geringe Wirkung ist darauf zurückzuführen, dass die Veränderung des jährlichen Steuersatzes moderat bleibt. Grund hierfür ist, dass die Kfz-Steuer nach dem VCD-Modell auf die Pkw-Struktur des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ aufgesetzt wird und bereits in diesem Szenario eine deutliche Effizienzverbesserung vor allem aufgrund der Grenzwertsetzung und der höheren Kraftstoffpreise zu beobachten ist. Daher beträgt der Unterschied für die jährliche Steuer gegenüber der Basisentwicklung meist unter 100 €, wodurch eine entsprechend geringe Lenkungswirkung erzielt wird. Die zusätzliche Wirkung des Kfz-Steuer nach dem VCD-Modell fällt damit eher gering aus. Würde die Steuer auf das Basisszenario aufgesetzt werden, ist mit einer höheren Lenkungswirkung zu rechnen.

Bezogen auf die durchschnittlichen Kosten je Fahrzeugkilometer im MIV ergeben sich durch eine Implementierung der in der Szenarette „Kfz-Steuer VCD“ zusammengefassten Maßnahmen lediglich marginale Änderungen im Vergleich zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr“. Aber auch diese führen im Ergebnis zu einem geringen Nachfragezuwachs und dementsprechend auch zu einer leichten Erhöhung der Fahrleistung. Wie bereits in der Szenarette „Grenzwerte“ dargestellt, wirkt sich die Nachfrageänderung im MIV direkt mit einer leichten Dämpfung auf den ÖPNV aus.

Durch die geringfügigen Änderungen in der Pkw-Struktur und der Verkehrsnachfrage sind die Effekte bei Energienachfrage und Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisszenario vernachlässigbar.

## 5.4 Reformierung der Pkw - Besteuerung in Anlehnung an die britische Umsetzung

### 5.4.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Die private Nutzung eines Dienstwagens wird derzeit als Teil der Vergütung des Arbeitnehmers betrachtet und muss als sogenannter „geldwerter Vorteil“ versteuert werden. Der Arbeitnehmer muss hierfür pauschal pro Monat ein Prozent des Neuwagenpreises des Fahrzeugs versteuern. Dieser Satz ist unabhängig von der Fahrzeuggröße oder den Emissionen.

Diese Systematik wird in der Szenarette durch eine CO<sub>2</sub>-basierte Dienstwagensteuer ersetzt, wie sie in Großbritannien 2002 eingeführt wurde. Dort richtet sich der Steuersatz nach der Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen, wodurch private Dienstwagennutzer zum Erwerb eines emissionsarmen Fahrzeugs motiviert werden sollen. Der niedrigste Steuersatz lag 2006 bei 15 % pro Jahr auf den Listenpreis für einen Pkw mit maximal

135 g CO<sub>2</sub>/km. In Klassen von 5 g stieg der Satz auf maximal 35 % für Fahrzeuge ab 240 g CO<sub>2</sub>/km.

Zur Umsetzung der reformierten Besteuerung wurden zunächst die im Zulassungsmodell enthaltenen Daten nach privaten und gewerblichen Haltern unterteilt. Die Abschätzung wurde auf Basis von (Kraftfahrtbundesamt 2007) und (Winzen 2005) vorgenommen. Dabei wurde unterstellt, dass es sich nicht bei allen gewerblichen Zulassungen um „echte“ gewerbliche Zulassungen handelt. Vielmehr ist eine Großzahl der gewerblichen Zulassungen für den Weiterverkauf an private Halter bestimmt. Daher wird angenommen, dass für die Kaufentscheidung dieser Fahrzeuge auch die Kriterien von Privatkunden berücksichtigt werden. Dies gilt insbesondere für Zulassungen des Kfz-Handels, die aus strategischen Gründen gewerblich zugelassen werden, um anschließend leichter an Privatpersonen verkauft werden zu können. Auch für die Zulassungen von Autovermietungen trifft dies oftmals zu, da sie ihre Fahrzeuge meist nach weniger als einem Jahr an den Privatmarkt veräußern und somit ihre Fahrzeuge selbst auch nach Gesichtspunkten des Privatmarktes erwerben müssen, um sie erfolgreich wieder verkaufen zu können. Somit wurde von einem Anteil von 18 % an gewerblichen Zulassungen bei den Neuwagen ausgegangen. Innerhalb der Fahrzeugsegmente ergibt sich eine Spreizung von knapp 4 % bei Benzin „klein“ bis 28 % bei Diesel „groß“.

#### 5.4.2 Ergebnisse

Die Modellierung der Neuzulassungsstruktur als Ergebnis der veränderten Besteuerung von Dienstwagen wurde in Anlehnung an (SMMT 2006) und (HM Revenue & Customs 2006) vorgenommen. Dort wurde bereits eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen festgestellt und es wird von einer weiteren Angleichung der Struktur der gewerblichen Zulassungen an die Struktur der privaten Zulassungen ausgegangen, d.h. es kommt zu einer Verschiebung hin zu kleineren Fahrzeugen. Der Anteil der Dieselfahrzeuge wird abnehmen.

Unter Berücksichtigung der gegenüber dem Hauptszenario unveränderten Wirkungen bei den Privatzulassungen ergeben sich insgesamt nur leicht verschobene Anteile für die Gesamtzulassungen. Im Jahr 2030 verringert sich der Anteil der Dieselfahrzeuge „groß“ um 4 %, bei den beiden kleineren Segmenten liegt die Änderung etwas unter diesem Wert. Demgegenüber nehmen die Anteile der Benzinfahrzeuge um rund 2 % zu.

Bezogen auf die durchschnittlichen Kosten je Fahrzeugkilometer im MIV insgesamt ergeben sich durch die Szenarette marginale Änderungen im Vergleich zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr“. Entsprechend ergibt sich nur eine sehr geringe Steigerung der Verkehrsnachfrage im MIV, die jedoch auf Seiten der Klimabilanz durch die effizienteren Fahrzeuge mehr als ausgeglichen wird. Durch die geringfügigen Änderungen in der Pkw-Struktur und der Verkehrsnachfrage sind die Effekte bei Energienachfrage und Treibhausgasemissionen gegenüber dem Klimaschutzszenario

insgesamt vernachlässigbar. Dies liegt daran, dass im Klimaschutzszenario durch die hinterlegten Maßnahmen bereits eine sehr starke Verschiebung hin zu effizienteren Pkw induziert wurde.

## 5.5 Abschaffung der Pendlerpauschale

### 5.5.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ wird davon ausgegangen, dass die Kilometerpauschale für berufsbedingte Fahrten entfällt. In Abhängigkeit vom Einkommen, der Entfernung zum Arbeitsort sowie den sonstigen Werbungskosten führt dies zu einer Kostenerhöhung der berufsbedingten Fahrten. Nach Prognosen des UBA (Panta Rhei -Modellrechnungen) bewirkt die Abschaffung der Kilometerpauschale eine geringfügige, in Abhängigkeit vom Einkommen und der Region stark streuende Anpassung bei berufsbedingten Fahrten. Die generelle Absenkung der Fahrleistung aufgrund des geringeren zur Verfügung stehenden Einkommens überwiegt jedoch (UBA 11/2004, Diestelkamp et al. 2004). Bei kostensensitiven Haushalten führt dies zu einer Verlagerung des MIV auf den ÖV.

Die Berücksichtigung der Maßnahme erfolgt ausschließlich bei der Modellierung der Personenverkehrsnachfrage. In Anlehnung an die Erkenntnisse von Diestelkamp et al. (2004) sowie des UBA (11/ 2004) erfolgt hierbei keine getrennte Betrachtung nach Aktivitätenart. Vielmehr steht die Ausgabenveränderung bei der Pkw-Nutzung, die durch den Wegfall der Subvention erfolgt, im Fokus. Dabei werden nur Erwerbstätige berücksichtigt, die über ein überdurchschnittliches Einkommen verfügen. Es wird davon ausgegangen, dass diese Personengruppe überproportional von der Abschaffung betroffen ist, während Personen mit geringerem Einkommen aufgrund der pauschalen Werbekostenabsetzung unterdurchschnittlich betroffen sind (vgl.: Kloas & Kuhfeld 2003). Für erwerbstätige Personen mit einem Haushaltsnettoeinkommen ab 2600 € erfolgt eine Erhöhung der variablen Kosten der Pkw-Nutzung um 0,01 € pro gefahrenem Kilometer.

### 5.5.2 Ergebnisse

Aufgrund der insgesamt sehr geringen Änderung der Pkw-Kosten in dieser Szenarete wurde die Struktur der Neuzulassungen gegenüber dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ nicht verändert.

Durch die im Modell als Erhöhung der Mobilitätskosten im MIV für Haushalte mit einem Einkommen von mehr als 2.600 € umgesetzten Szenarete führt dies zu einem geringen Nachfragerückgang im MIV. Die Zahl der betroffenen Haushalte ist sehr begrenzt, wodurch sich der Gesamteffekt nur in einer mit unter 1 % sehr geringfügigen Reduktion der Fzkm im MIV niederschlägt.

Für den ÖPNV zeigt sich der entgegengesetzte Effekt. Die Fahrzeugkilometer sind geringfügig höher als im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“. Die Szenarete

„Pendlerpauschale“ ist im Vergleich die einzige, die zu einer Erhöhung der Mobilitätskosten im MIV führt und damit die Attraktivität des ÖPNV - über die ebenfalls in allen Szenaretten umgesetzte Förderung des ÖPNV hinaus - in stark begrenztem Maße steigert.

Diese leichten Änderungen in der Verkehrsnachfrage wirken sich in der Stoffstromanalyse derart aus, dass die Treibhausgasemissionen verglichen mit dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ um rund 0,3 Mio. t im Jahr 2030 zusätzlich sinken.

## **5.6 Tempobegrenzer für Lkw und Tempolimit von 120 km/h auf BAB**

### **5.6.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme**

Der Kraftstoffverbrauch von Lkw kann durch Tempobegrenzer, welche die Maximalgeschwindigkeit eines Lkw beispielsweise von 88 auf 82 km/h drosseln, auf Bundesautobahnen gemindert werden. Diese Minderung beträgt etwa 7,2 % auf Bundesautobahnen (DVZ 2006). Für die Szenarette wurde angenommen, dass bis 2020 zusätzlich 75 % der Lkw mit solchen Tempobegrenzern ausgestattet werden.

Die Einführung eines Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen führt zu einem verminderten Kraftstoffverbrauch der Pkw. Dieser wird in Anlehnung an das UBA (1999) bezogen auf die Pkw-Flotte auf der Autobahn mit rund 6,3 % in 2020 veranschlagt. In dieser Betrachtung sind allerdings nur direkte Emissionsminderungen durch eine Drosslung der Geschwindigkeit berücksichtigt worden. Weitere Potenziale können sich dadurch ergeben, dass sich – wenn in keinem Land mehr über eine bestimmte Geschwindigkeit gefahren werden darf – grundsätzlich die Modell-Palette der Hersteller stärker Richtung leistungsärmere Pkw ausrichten könnte.

### **5.6.2 Ergebnisse**

Zusätzlich zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ ergibt sich durch die Einführung der Tempobegrenzer in Lkw ein Minderungspotenzial von rund 1,7 Mio. t im Jahr 2030. Die Einführung eines Tempolimits von 120 km/h auf Bundesautobahnen ermöglicht mit rund 1 Mio. t eine weitere Reduktion der Treibhausgasemissionen, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass nur die direkten Effekte und nicht eine mögliche Auswirkung auf die Leistung der angebotenen bzw. neu zugelassenen Pkw berücksichtigt wurden.

## **5.7 Lkw-Maut**

### **5.7.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme**

In Anlehnung an die in der Schweiz erhobene leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe ist die Zielsetzung dieser Szenarette, die zusätzliche Wirkung einer im Jahr

2030 auf 50 Cent pro Kilometer erhöhten Lkw-Maut auf allen Straßen für Lkw ab 3,5 t zGG zu modellieren.

Tabelle 12: Annahmen zur Entwicklung einer Lkw-Maut gültig auf allen Straßen und für alle Nutzfahrzeuge über 3,5 t zGG

	Jahr	Lkw 3,5–<7,5 t	Lkw 7,5–<12 t	Lkw ≥12 t	SZM/GLZ
<b>Mautsatz pro km [€/km]</b>	<b>2010</b>			0,175	0,175
	<b>2020</b>	0,064	0,102	0,340	0,340
	<b>2030</b>	0,094	0,150	0,500	0,500
<b>Mautpflichtiger Streckenanteil</b>	<b>2010</b>	33 %	33 %	33 %	80 %
	<b>2020</b>	100 %	100 %	100 %	100 %
	<b>2030</b>	100 %	100 %	100 %	100 %

Quelle: Eigene Berechnung

Tabelle 12 enthält die für eine Umsetzung dieser Maßnahme getroffenen Annahmen. Ebenfalls Bestandteil dieser Maßnahme ist eine Mautbonusregelung, durch welche die Lkw-Maut um jeweils 10 Cent pro Kilometer bei 25 % der effizienteren Fahrzeuge im Jahr 2020 bzw. 30 % dieser effizienteren Fahrzeuge im Jahr 2030 abgesenkt wird. Dies bedeutet im Einzelnen:

- 25 %-Minderung (2020):
  - Solo-Lkw (3,5–12 t): Variante 2, 3 & 4
  - Solo-Lkw (>12 t): Variante 2
  - Last-/Sattelzug: Variante 2
- 30 %-Minderung (2030):
  - Solo-Lkw (3,5–12 t): Variante 2, 3 & 4
  - Solo-Lkw (>12 t): Variante 2 & 3
  - Last-/Sattelzug: Variante 2

Die Erhöhung und Ausweitung der Maut bewirkt einen Anstieg der variablen Betriebskosten für die betroffenen Lkw. Im Lkw-Zulassungsmodell geht diese Veränderung der Betriebskosten direkt in den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Effizienzvarianten der einzelnen Fahrzeugklassen ein. In der Nachfragemodellierung kommt es infolgedessen zu einer Erhöhung der Transportkosten auf der Straße, die eine Modal Split-Veränderung nach sich zieht. Die Maut wurde im Verkehrsnetz als

zusätzliche Kostenkomponente der generalisierten Kosten integriert, was eine veränderte Routenwahl zur Folge hat.

### 5.7.2 Ergebnisse

Die Einführung der Maut erfolgt erst im Jahr 2020 und kann somit erst dann ihre Wirkung entfalten. Da sich die Fahrleistungen der unterschiedlichen Effizienzvarianten im Zulassungsmodell nicht unterscheiden, hat die Mauterhöhung keinen Einfluss auf die Struktur der Zulassungen; die variablen Betriebskosten für alle Varianten steigen gleich an. In der Szenarette „Lkw-Maut“ bewirkt deshalb nur der Mautbonus eine Strukturveränderung zu Gunsten von Variante 2, da diese in den Genuss der Bonusregelung gelangt. Allerdings gehen deren Zuwächse auf Kosten der Variante 3, die zwar ebenfalls von der Bonusregelung profitiert, deren relativer Vorteil bei Betrachtung der Wirtschaftlichkeit insgesamt jedoch geringer ausfällt. Dies trifft auf alle Gewichtsklassen zu.

Die Erhöhung der Maut bewirkt eine Erhöhung der Fahrleistungen im Schienengüterverkehr um 2 % und beim Binnenschiff um 8 %. Der Rückgang der Fahrleistung im Straßengüterverkehr fällt trotz des verringerten Verkehrsaufkommens mit unter 1 % sehr gering aus. Die Wirkung der Maßnahme „Einführung einer Lkw-Maut für Lkw größer 3,5 t zGG auf allen Straßen“ ist dieselbe wie die einer Kraftstoffpreiserhöhung. In beiden Fällen kommt es zu einer Veränderung der Transportkosten im Straßengüterverkehr, die zu Teilverlagerungen des Verkehrsaufkommens auf Schiene und Binnenschiff führt.

Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass das Verlagerungspotenzial des Straßengüterverkehrs mit Lkw kleiner 12 t zGG als nur gering einzuschätzen ist. Ursache dafür ist, dass diese Fahrzeuge zumeist nur kurze Strecken fahren und vorzugsweise bei der Sammlung und Verteilung der Güter eingesetzt werden. Deshalb wird für zukünftige Betrachtungen dieser Maßnahme vorgeschlagen, Vor- und Nachteile gegenüber einer Erhöhung des Kraftstoffpreises abzuwägen.

## 5.8 Einsatz von 25-Meter-Lkw für Volumengüter

### 5.8.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Die in der Szenarette „25-Meter-Lkw“ eingesetzten Gliederzugkombinationen haben ein zulässiges Gesamtgewicht von 40 t und unterscheiden sich somit nur durch die größere Volumenkapazität von den herkömmlichen Sattel- und Gliederzügen. Die Nutzlast hingegen fällt durch diese Beschränkung des Gesamtgewichts und der zusätzlich erforderlichen Fahrzeugmodule um ca. 10 t geringer aus. Betrachtet wird also nicht ein sogenannter Gigaliner, sondern eine Gliederzugkombination, die länger als die bisher eingesetzten ist.

Bei konstanter Transportmenge reduziert sich durch den Einsatz der Gliederzugkombinationen die erforderliche Anzahl an SZM/GLZ. Sowohl bei den

Neuzulassungen als auch bei der Bestandsentwicklung wurde ein Austauschverhältnis von zwei zu drei angenommen, d.h. zwei 25-Meter-Lkw ersetzen drei SZM/GLZ (vgl. Keuchel 2006).

Im Lkw-Zulassungsmodell wird deshalb eine neue Fahrzeugklasse eingefügt, die die bestehenden SZM/GLZ in diesem Verhältnis ersetzt.

Die Mehrheit der SZM/GLZ kann mit relativ geringem Aufwand zu einem 25-Meter-Lkw erweitert bzw. umgerüstet werden, da durch das konstante Gesamtgewicht keine neuen Investitionen in das Zugfahrzeug erforderlich sind. Trotzdem wird im Modell lediglich ein moderat ansteigender Bestand angenommen, der sich gespeist von 1.000 Neuzulassungen im Jahr 2010, 15.000 im Jahr 2020 und 20.000 im Jahr 2030 auf ca. 137.000 Gliederzugkombinationen im Jahr 2030 entwickelt.

Der 25-Meter-Lkw wird im Modell nur in den Branchen mit vorrangigem Transport von Volumengütern eingesetzt. Hierbei handelt es sich um die im Modell aggregierten Wirtschaftszweige „I“ und „E, J, K, L, M, N, O, P, Q“ nach der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ)<sup>4</sup> des Statistischen Bundesamtes (2003).

Der neue Fahrzeugbestand (vgl. Tabelle 13) ist geeignet, diese neu generierten Gütermengen zu transportieren.

Tabelle 13: Entwicklung von Neuzulassungen und Bestand der SZM/GLZ und 25-Meter-Lkw in der Szenarrette „25-Meter-Lkw“

	Neuzulassungsentwicklung in			Bestandsentwicklung in		
	Basis	Szenarrette		Basis	Szenarrette	
Jahr	SZM/GLZ	25-Meter-Lkw	SZM/GLZ	SZM/GLZ	25-Meter-Lkw	SZM/GLZ
2005	47.558	0	47.558	462.289	0	462.289
2010	52.904	1.000	51.404	441.872	2.864	437.576
2020	62.175	15.000	39.675	468.017	70.878	361.700
2030	70.449	20.000	40.449	529.338	136.992	323.850

Quelle: Eigene Berechnung

Die Modellierung der Verkehrsnachfrage erfolgt unter vereinfachten Annahmen zur technischen Durchführbarkeit, infrastrukturellen Anforderungen und Fragen der Verkehrssicherheit. Diese Problemstellungen (z.B. notwendige Rangierflächen vor Ladetoren, ausreichende Verfügbarkeit von Parkplätzen an Autobahnen zur Einhaltung

<sup>4</sup> Die Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ) bezeichnet die Abschnitte der WZ mittels Großbuchstaben, vgl. hierzu die Erläuterungen zu den WZ-Abschnitten im Anhang Kapitel 8.

der Lenk- und Ruhezeitenregelung der Lkw-Fahrer, reduzierte Nutzbarkeit des Straßennetzes) wurden im Rahmen dieser Maßnahmenabschätzung nicht betrachtet.

Ebenfalls nicht untersucht wurden langfristige Verlagerungseffekte des Güterverkehrs von der Schiene auf die Strasse durch die Entwicklung neuer betrieblicher Logistikstrukturen oder den Wegfall von Zugverbindungen durch reduziertes Ladungsaufkommen insbesondere im Kombinierten Verkehr aufgrund des starken Preiswettbewerbs gegenüber dem Lkw. Hierzu liegen eine Reihe ausführlicher Studien vor, die sich auch mit diesen Fragestellungen beschäftigt haben (vgl. Fraunhofer ISI 2009, TML 2008).

Es wurde weiterhin von nur einer Fahrzeugkonfiguration mit einem Eigengewicht (Zugmaschine, Sattelaufleger und Zentralachsanhänger) von ca. 21 t und einer Nutzlast von 19 t ausgegangen. Die darüber hinausgehende Fahrcharakteristik (Fahrleistung) der GLZ-Kombinationen entspricht der der SZM/GLZ.

Als Eingangsgröße der Modellierung der Transportnachfrage wurde aus dem Bestand an SZM, GLZ, GLZ-Kombinationen und der volumenaffinen Transportmenge die Anzahl der erforderlichen Lkw-Fahrten bestimmt. Hierzu wurde auf das Branchenverhältnis des SZM/GLZ-Bestandes im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ zurückgegriffen (vgl. Endbericht Teil 1 (Öko-Institut & DLR-IVF 2009, Kapitel 2.2.2)).

Entsprechend der Formel 1

$$M_{WZ} = (F_{SZM/GLZ(neu)} \cdot T_{SZM/GLZ}) + (F_{25m Lkw} \cdot T_{25m Lkw}) \quad (\text{Formel 1})$$

mit:

$M_{WZ}$  = Gesamttransportmenge eines WZ

$T$  = durchschnittliche Auslastung der Fahrzeuge je Wirtschaftszweig

$F$  = Fahrtenanzahl

und der Annahme eines identischen Einsatzes der SZM/GLZ wie im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ (dargestellt durch Formel 2)

$$F_{SZM/GLZ(neu)} = \frac{F_{SZM/GLZ(alt)}(WZ)}{B_{SZM/GLZ(alt)}(WZ)} * B_{SZM/GLZ(neu)}(WZ) \quad (\text{Formel 2})$$

bestimmt sich die Fahrtenanzahl der 25-Meter-Lkw für die jeweiligen WZ nach Formel 3 (durch Einsetzen der Formeln 2 in Formel 1 und Umstellen nach der Fahrtenanzahl).

$$F_{25m\ Lkw}(WZ) = \frac{M_{WZ} - \left( \frac{F_{SZM/GLZ(alt)}(WZ)}{B_{SZM/GLZ(alt)}(WZ)} \cdot B_{SZM/GLZ(neu)}(WZ) \cdot T_{SZM/GLZ} \right)}{T_{25m\ Lkw}} \quad (\text{Formel 3})$$

mit:

$B_{SZM/GLZ(alt)}$  = Bestand SZM 2005

$B_{SZM/GLZ(neu)}$  = Bestand SZM in der Szenarettete 25-Meter-Lkw

Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass die Senkung der Fahrleistung auf einer höheren durchschnittlichen Auslastung der 25-Meter-Lkw beruht. Da eine Volumenauslastung im Nachfragemodell nicht bestimmt werden konnte, wurde eine fiktive gewichtsmäßige Erhöhung der Auslastung für die volumenaffinen Transportgüter gewählt, die mit Hilfe der KBA-Daten für die einzelnen WZ bestimmt und für den 25-Meter-Lkw um 1/3 erhöht wurde – entsprechend dem Austauschverhältnis ersetzen so zwei Fahrten mit 25-Meter-Lkw drei Fahrten mit SZM/GLZ. Gleichzeitig wurde sichergestellt, dass die zulässige Nettzuladung für den 25-Meter-Lkw nicht überschritten wurde. Damit wurde berücksichtigt, dass Fahrten in Wirtschaftszweigen mit schweren Ladegütern mit Fahrzeugen, die mehr als 40 t zGG haben, ausgeschlossen sind.

### 5.8.2 Ergebnisse

Für die weiterhin bis 40 t zGG schweren GLZ-Kombination werden herkömmliche Motorwagen und SZM eingesetzt, die durch einen aufgrund des höheren Luftwiderstandes um rund 5 % erhöhten Verbrauch gekennzeichnet sind. Die Fahrzeugtechnologie entspricht somit weitestgehend der der SZM/GLZ, so dass die NZL-Struktur ebenfalls der der SZM/GLZ entspricht (Abbildung 47). Die Gesamtanzahl der NZL von SZM, GLZ und GLZ-Kombinationen reduziert sich um 500 (2010), 7.500 (2020) und 10.000 (2030).

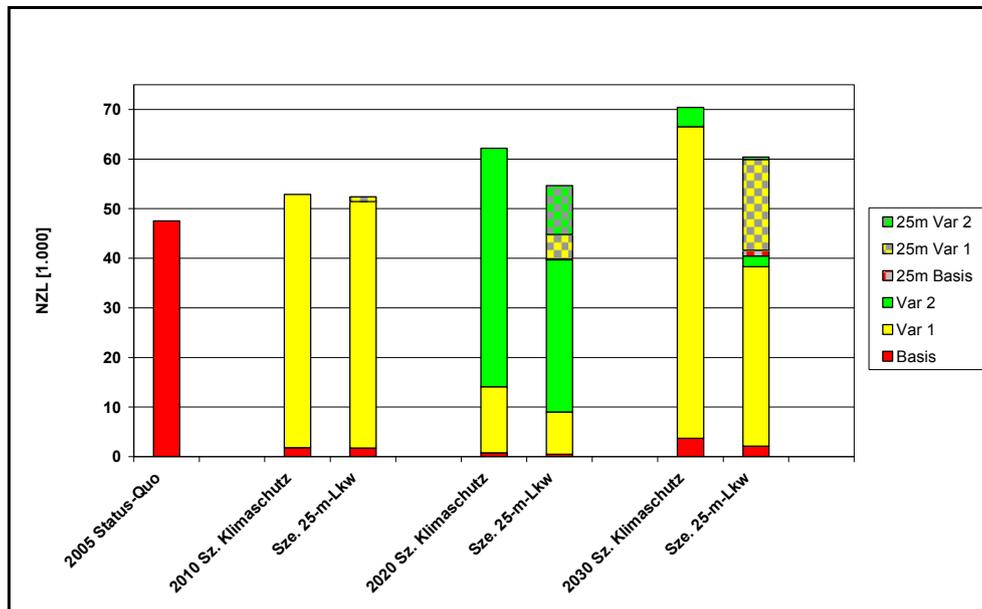


Abbildung 47: Neuzulassungen von SZM, GLZ und GLZ-Kombination in der Szenarreihe „25-Meter-Lkw“

Das Transportaufkommen auf der Straße im Jahr 2030 erhöht sich gegenüber dem Szenario "Klimaschutz im Verkehr" um 2,2 % ist aber immer noch um 0,5 % geringer als im Basisszenario. Dies bedeutet, dass die Einführung der 25-Meter-Lkw die Verschiebung des Modal Split zugunsten von Schiene und Binnenschiff gegenüber dem Basisszenario um 2,4 % verringert.

Durch diese Maßnahme verringert sich im Jahr 2030 die Fahrleistung aller Lkw größer 7,5 t zGG um 10 %, wobei der Anteil der 25-Meter-Lkw an dieser Fahrleistung knapp 20 % beträgt. Dieses Ergebnis der Modellierung stellt unter den gewählten Voraussetzungen eine wahrscheinliche Auswirkung der Einführung von 25-Meter-Lkw dar. Veränderungen bei der Annahme des Austauschverhältnisses von GLZ-Kombination und SZM/GLZ, führen zu einer geringeren Absenkung der Fahrleistung. Dabei erhöht sich die Summe der Fahrleistungen der SZM/GLZ und 25-Meter-Lkw umgekehrt proportional zur Verringerung des Austauschverhältnisses.

Die Fahrleistung verringert sich durch diese Maßnahme für die Lkw größer 7,5 t zGG im Jahr 2030 um 10,4 %. Der Anteil der Fahrleistung beträgt knapp 20 %.

Durch die Fahrleistungsreduzierung bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Verlagerung von der Schiene auf die Straße zeigt die Einführung von 25-Meter-Lkw bei den getroffenen Annahmen und im Zusammenspiel mit den Maßnahmen aus dem Klimaschutzszenario ein zusätzliches Emissionsminderungspotenzial von bis zu 4 Mio. t in 2030.

Zum Vergleich betrachten die meisten anderen Studien speziell 25-Meter-Lkw mit 60 t zGG, so dass an dieser Stelle nur die zwei neuesten Studien von Fraunhofer ISI (2009)

und TML (2008) mit ihren Ergebnissen erwähnt werden sollen. Wichtig zu berücksichtigen ist aber, dass sowohl der Betrachtungsraum, die eingesetzten Modellwerkzeuge als auch die gesetzten Annahmen im Projekt Renewbility (zulässiges Gesamtgewicht, Einsatzbereiche, Neuzulassungsentwicklung, Betrachtung langfristiger Effekte) von denen in den genannten Studien abweichen. Ein direkter Vergleich der Ergebnisse mit der im Projekt Renewbility untersuchten Einführung von 25-Meter-Lkw ist deshalb nicht möglich.

Für das Jahr 2020 wird in der TML-Studie eine europaweite Fahrleistung der 25-Meter-Lkw mit 60 t zGG von 9,1 Mrd. Fahrzeugkilometer angegeben. Schwerpunktländer für den Einsatz dieser Fahrzeuge sind Deutschland und die Benelux-Staaten. Als Ergebnis der Maßnahme im Projekt Renewbility wurden im Jahr 2020 für den 25-Meter-Lkw mit 40 t zGG etwa 7,5 Mrd. Fahrzeugkilometer für Deutschland berechnet.

Die Betrachtung der Variante mit 40 t zGG kommt in der Studie des Fraunhofer-Institut ISI zu dem Ergebnis einer Kostensteigerung gegenüber den SZM/GLZ und wird deshalb nicht fortgeführt. Auch wurden im Ergebnis nur die CO<sub>2</sub>-Emissionen betrachtet, so dass kein direkter Vergleich mit den im Verkehrsmodell berechneten Fahrzeugkilometern möglich gewesen wäre.

## 5.9 Technologieförderung

### 5.9.1 Beschreibung und Umsetzung der Maßnahme

Als weitere Szenarete wurde zusätzlich zu den Annahmen und Maßnahmen im Hauptszenario eine Technologieförderung mit dem Ziel einer beschleunigten Marktdurchdringung innovativer Fahrzeugtechnologien betrachtet. Grundlage hierfür war die Förderung der *effizientesten Fahrzeugvariante* je Fahrzeugklasse. Es wurde ein pauschaler Förderbetrag betrachtet, der sich an den Investitionskosten der Basisvariante 2010 der jeweiligen Fahrzeugklasse orientiert (Grundlage: 2.000 € für Otto-mittel). Die Förderung wird über den gesamten Betrachtungszeitraum (2010-2030) mit einer konstanten Förderhöhe betrieben.

Insgesamt sollte das Fördervolumen 500.000 € pro Jahr nicht überschreiten. Diese maximale jährliche Summe ergibt sich bei einer Förderung von 10 % der neu zugelassenen Fahrzeuge. Fahrzeuge mit alternativem Antrieb erhalten lediglich den pauschalen Förderbetrag ihrer Fahrzeugklasse (beispielsweise bei Pkw: Otto-Pkw als Bezugsgröße). Die sich daraus ergebenden Förderbeträge sind in der Tabelle 14 aufgeführt.

Die Förderung von Fahrzeugen durch pauschale Förderbeträge reduziert die Zusatzinvestitionen der geförderten Antriebsvariante, die beim Neukauf des Fahrzeugs anfällt. Dementsprechend wirkt sich diese Szenarete insbesondere auf die Struktur der neu zugelassenen Fahrzeuge aus.

Tabelle 14: Angenommene Förderbeträge für die effizientesten Fahrzeugvarianten in der Szenarrette „Technologieförderung“

Fahrzeugtyp	Förderhöhe [€/Fahrzeug]			Annahme der jährl. NZL	Max. Förder-volumen [€/Jahr]
	klein	mittel	groß		
Otto-Pkw (Var 4, alternative Antriebe)	1.166	2.000	3.945	3.148.000	364.980.462
Diesel-Pkw (Var 4)	1.671	2.755	4.164		
LNF (<3,5 t) (Var 4, alternative Antriebe)		2.232		175.688	39.221.379
Linienbus (Var 4)		20.725		5.500	11.398.695
Lkw (3,5 - 7,5 t) (Var 4)		3.604		20.547	7.405.818
Lkw (7,5 - 12 t) (Var 4)		4.505		8.377	3.774.185
Lkw (>12 t) (Var 2)		7.209		6.572	4.737.532
SZ/GLZ (>12 t) (Var 2)		10.813		52.904	57.205.050
Zug	0,25 Mio.			360	9.000.000
				<b>Gesamt</b>	<b>497.723.120</b>

Quelle: Eigene Berechnung

## 5.9.2 Ergebnisse

Um die Auswirkungen der Technologieförderung auf die Struktur der Neuzulassungen bei den Pkw abzuschätzen, wurden zunächst die Kostendifferenzen zwischen den Varianten und die zur Verfügung stehende Fördersumme vor dem Hintergrund der Ergebnisse bei den Neuzulassungen im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ betrachtet. Da die effizienten Varianten dort bereits hohe Anteile erreichen, können im Rahmen der Szenarrette „Technologieförderung“ nur noch geringe Veränderungen bewirkt werden. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch aller Neuzulassungen sinkt um maximal 1 %. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Förderung der noch vorhandenen Basisvarianten als auch der Förderung der mittleren Effizienzvarianten.

Um dennoch Effekte einer Technologieförderung aufzeigen zu können, wurde der vorhandene Förderbetrag ausschließlich zur Unterstützung der elektrischen Fahrzeugvarianten genutzt. Damit können im Jahr 2020 rund 3 % der Neuzulassungen gefördert werden, die nicht mehr als konventionelle, sondern als elektrisch betriebene Varianten zugelassen werden. Ein Drittel entfällt dabei auf rein elektrisch betriebene und zwei Drittel auf PHEV-Pkw. Insgesamt erreichen die Elektrofahrzeuge damit einen Anteil an den Neuzulassungen von rund 10 %.

2030 können mit der etwa gleichen Aufteilung zwischen BEV und PHEV 4 % der Neuzulassungen von der Förderung profitieren und zusätzlich als Elektrofahrzeuge neu zugelassen werden. Deren Anteil steigt damit insgesamt auf 26 % der Neuzulassungen.

Die Auswirkungen der Veränderungen bei den Pkw-Neuzulassungen auf den Bestand und die resultierenden Kilometerkosten im motorisierten Individualverkehr bleiben relativ gering. Sie weichen nur marginal von den Ergebnissen der oben beschriebenen Szenaretten ab. Daher wurde für die Szenarette „Technologieförderung“ die gleiche Verkehrsnachfrage wie für das Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ verwendet.

Durch die Technologieförderung der Lkw-Neuzulassungen wird die Nachfrage der förderfähigen Varianten 2 bzw. 4 insbesondere bei den LNF und im beschränkten Umfang bei den schweren Lkw gefördert. Der Anteil geförderter Fahrzeuge beträgt je Fahrzeugklasse maximal 10 % (Tabelle 15). Häufig werden jedoch weniger oder keine Fahrzeuge gefördert, da die Wirtschaftlichkeit der förderfähigen Variante gegenüber den übrigen Varianten auch durch die Förderung nicht erreicht wird.

Tabelle 15: Geförderter Anteil der Neuzulassungen nach Lkw-Fahrzeugklassen

Jahr	<3,5 t	3,5–7,5 t	7,5–12 t	>12 t	SZM/GLZ	gesamt
2010	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,1 %	5,6 %	1,1 %
2020	10,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,6 %
2030	10,0 %	0,2 %	0,9 %	0,0 %	10,0 %	8,9 %

Quelle: Eigene Berechnung

Die Gesamthöhe der Fördersumme für Lkw beträgt 193,4 Millionen Euro (13 % der gesamten vorgesehenen Fördersumme und 52 % der vorgesehenen Fördersumme für Lkw) und entspricht damit einer durchschnittlichen jährlichen Förderung von 64,5 Millionen Euro.

Durch die Technologieförderung wird die Variante 4 der leichten Nutzfahrzeuge zeitlich früher nachgefragt (Abbildung 48). Allerdings wird die Wirtschaftlichkeit erst 2020 erreicht, so dass es erst dann zu Neuzulassungen von ca. 20.000 Fahrzeugen kommt. Für PHEV-Fahrzeuge ist eine Förderung nicht erforderlich, da diese Fahrzeuge in ähnlichem Umfang auch ohne Förderung zugelassen würden.

Im Bereich der Lkw-Gewichtsklassen von 3,5–12 t zGG ergibt die Technologieförderung nur marginale Verschiebungen von Variante 3 zu Variante 4.

Auch für schwere Lkw mit mehr als 12 t zGG entsteht kein Anreiz für einen Wechsel zur effizienteren Variante 2, da diese Fahrzeugvariante bereits ohne Förderung gegenüber den übrigen Varianten wirtschaftlicher ist. Daher kommt es lediglich zu Mitnahmeeffekten der Förderung von 600 (2020) bzw. 1.200 Neuzulassungen (2030).

Bei Sattel- und Gliederzügen unterstützt die Technologieförderung die Einführung der effizienteren Antriebsvarianten. Die Verlagerungswirkung bleibt mit rund 3.000 Neuzulassungen allerdings moderat. Insbesondere im Jahr 2020 lohnt sich die effiziente Variante 2 bereits ohne Förderung.

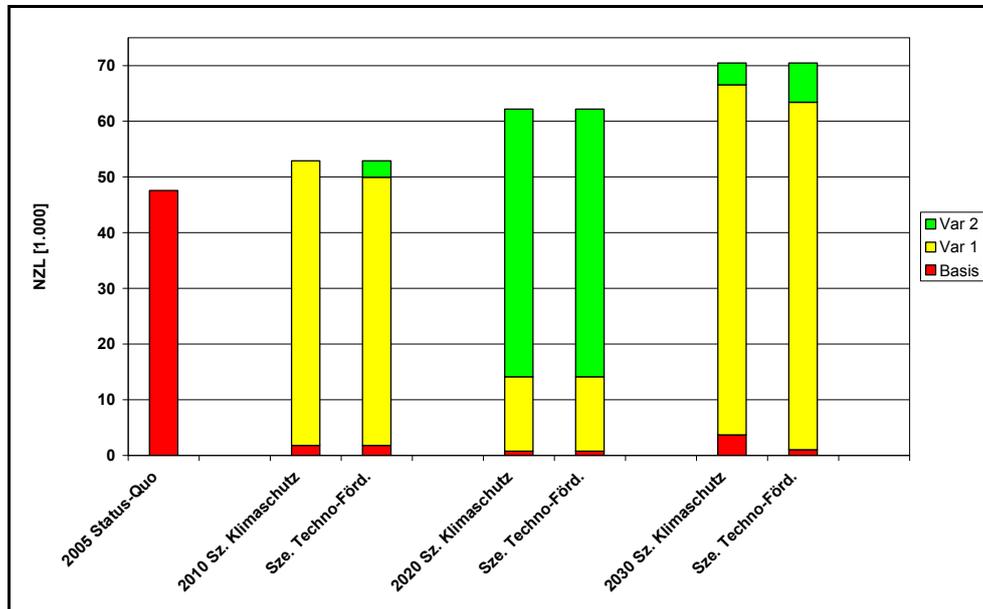


Abbildung 48: Neuzulassungen von SZM/GLZ in der Szenarreihe „Technologieförderung“

Die Maßnahme „Technologieförderung“ unterstützt die Einführung effizienter Antriebsvarianten in relativ geringem Umfang, da die Wirtschaftlichkeit der effizienteren Variante bereits im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ häufig gegeben ist. Andererseits werden durch die Beschränkung der Förderung auf 10 % der Neuzulassungen vorhandene Potenziale nicht immer ausgeschöpft.

Im Vergleich zum Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ ist eine minimale Erhöhung der Fahrzeugkilometer im Straßengüterverkehr um 0,3 % zu beobachten. Diese Steigerung ist auf verringerte Transportkosten gegenüber dem Maßnahmenpaket im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ zurück zu führen.

Die stoffstromanalytische Betrachtung ergibt ein zusätzliches Minderungspotenzial von rund 1,3 Mio. t an Treibhausgasen verglichen mit dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“.

## 6 Diskussion der Ergebnisse und Erkenntnisse für die Politik

### 6.1 Erkenntnisse bezüglich der Implementierung und der Wirkung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr

#### Klimaschutzziele

Insgesamt kommt das in der Szenario-Gruppe erarbeitete Klimaschutzszenario mit dem im Rahmen von Renewbility entwickelten, integrativen Modellverbund zu dem Ergebnis, dass auch der Verkehrssektor einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann. Das Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zeigt, dass bis zum Jahr 2030 Minderungen der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs um fast ein Viertel gegenüber 2005 möglich sind, wenn die hinterlegten politischen Maßnahmen und Annahmen zur Entwicklung der Rahmenbedingungen (z.B. Ausweitung des Angebots im Öffentlichen Verkehr, Umstellung der Lkw-Steuer, Erhöhung der Lkw-Maut, steigende Kraftstoffpreise, Ausbau der Elektromobilität, Einsatz moderner Telematiksysteme) optimal zusammenwirken.

Güter- und Personenverkehr zeigen im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ sehr unterschiedlich hohe Minderungsbeiträge: Gegenüber 2005 kann im Personenverkehr bis 2030 eine Minderung der Treibhausgasemissionen um mehr als ein Drittel erreicht werden. Im Güterverkehr dagegen nehmen die Emissionen auf Grund des prognostizierten, deutlichen Anstiegs der Güterverkehrsleistung trotz der hinterlegten Maßnahmen weiter zu. Gegenüber der Entwicklung im Basisszenario bis 2030 kann jedoch die Zunahme der Emissionen zumindest halbiert werden. Der große Unterschied in der Dynamik von Personen- und Güterverkehr bezüglich der prognostizierten Verkehrsleistung legt damit nahe, getrennte politische Ziele für beide Bereiche zu definieren.

#### Fahrzeugeffizienz Pkw

Eine weitere, deutliche Effizienzverbesserung bei Pkw wird dazu führen, dass mit besonders effizienten Pkw die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der neu zugelassenen Pkw auf 95 g/km 2020 gesenkt werden können. Durch einen verstärkten Absatz von Elektrofahrzeugen (rund 38 % inkl. Plug-In Hybride im Jahr 2030) können bis 2030 sogar durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen der neu zugelassenen Pkw von rund 70 g/km erreicht werden. Mit Blick auf die Struktur der neu zugelassenen Pkw hat sich des Weiteren gezeigt, dass höhere Betriebs- bzw. Kraftstoffkosten die Einführung von besonders effizienten Fahrzeugen deutlich begünstigen und somit einen wirkungsvollen Hebel zur Emissionsreduzierung darstellen. Eine stärkere Orientierung der jährlichen Fahrzeugsteuern am Emissionsniveau weist in der gewählten Form einen geringen Einfluss auf das Kaufverhalten auf, stellt jedoch eine wichtige, begleitende Maßnahme zur Bewusstseinsbildung dar. Um eine tatsächliche

Lenkungswirkung der Kfz-Steuer zu erreichen, müsste diese kontinuierlich angepasst werden, d.h. die generell verbesserte Effizienz der Neuzulassungen in ihrer Berechnungsgrundlage berücksichtigt werden.

Durch eine Verschiebung der Nachfrage hin zu kleineren Fahrzeugen können weitere Potenziale zur Minderung der Emissionen neu zugelassener Pkw ausgeschöpft werden. Diese, je nach Maßnahmengestaltung unterschiedlich starke Tendenz zu kleineren Fahrzeugen könnte für Hersteller mit Schwerpunkt auf Fahrzeugen der Oberklasse möglicherweise zu wirtschaftlichen Nachteilen führen, was jedoch nicht Untersuchungsgegenstand von Renewbility war.

### **Personenverkehrsnachfrage**

Für die Personenverkehrsnachfrage konnte im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ gezeigt werden, dass auch künftig ein hohes Maß an Mobilität bei gleichzeitig stark sinkenden Emissionen im Personenverkehr gewährleistet werden kann. Denn trotz einer Minderung der Treibhausgasemissionen um 36 % bis 2030 sinkt die Personenverkehrsleistung in diesem Szenario gegenüber dem Basisszenario um lediglich 4 %. Die aufgezeigten Emissionseinsparungen werden somit ohne tiefgreifende Änderungen des Mobilitätsverhaltens erzielt. Gleichzeitig verdeutlicht das Szenario, dass ein weiterer Anstieg der Verkehrsleistung insbesondere durch die demographische Entwicklung ab dem Jahr 2020 gedämpft wird. Demographische Effekte wirken somit dem weiteren Bedeutungsgewinn des MIV, der in den kommenden Jahren als Resultat der nachholenden Motorisierung speziell bei älteren weiblichen Personen sowie aufgrund der Tendenz zu kleineren Haushaltsgrößen zu erwarten ist, zunehmend entgegen. Die daraus resultierende fortschreitende Tendenz zum Zweitwagenbesitz kann als Ansatzpunkt zur verstärkten Entwicklung von neuen nutzungsspezifische Fahrzeugkonzepten gesehen werden, die aufgrund eines veränderten Anforderungsprofils an das Fahrzeug (Kleinwagen, kurze Reichweite) perspektivisch für die Anwendung innovativer Antriebe (bspw. Elektroantrieb) besonders attraktiv erscheinen.

Vebrauchsarme Fahrzeuge machen den motorisierten Individualverkehr bei konstanten Kraftstoffpreisen wirtschaftlicher und somit attraktiver. Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ werden daher mögliche ökologisch negative Rebound-Effekte – vor allem ein Anstieg der Verkehrsleistung – durch die angenommene Erhöhung der Kraftstoffpreise auf 2,50 bzw. 2,55 €<sub>2005</sub>/Liter verhindert. Blieben die Kraftstoffpreise dagegen auf dem Niveau des Basisszenarios (1,65 bzw. 1,47 €<sub>2005</sub>/Liter) und würde sich die Pkw-Effizienz gemäß dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ entwickeln, würde die Fahrleistung von 633 Mrd. auf 691 Mrd. Fahrzeugkilometer deutlich steigen und somit selbst der Wert des Basisszenarios in 2030 übertroffen werden (Abbildung 49). Insgesamt sinken zwar auch in diesem Fall die Treibhausgasemissionen, jedoch in deutlich geringerem Ausmass, als wenn dem Anstieg der Fahrleistung mit höheren Kraftstoffpreisen entgegengewirkt wird. Das Modellierungsergebnis zeigt damit, dass das Potenzial zur Minderung der Treibhausgasemissionen durch die Einführung

sparsamer Fahrzeuge in Verbindung mit höheren Kraftstoffpreisen deutlich weiter gesteigert werden kann. Ein Preisanstieg dürfte sogar notwendig sein, um tatsächlich die - durch die Einführung effizienterer Pkw - verfolgte Treibhausgasminde- rung zu erreichen. An diesem Beispiel lässt sich exemplarisch aufzeigen, welche Bedeutung der Berücksichtigung von Rebound-Effekten bereits bei der Konzeption geeigneter Maßnahmenbündel beigemessen werden sollte.

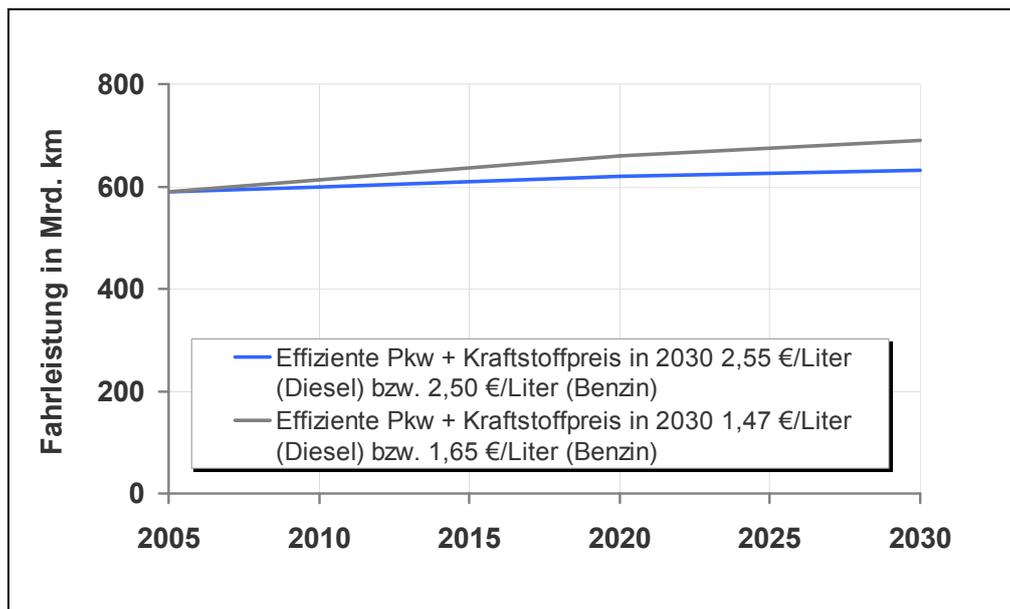


Abbildung 49: Entwicklung der Fahrleistung im motorisierten Individualverkehr bei unterschiedlichen Kraftstoffpreisen

Dass die Ausgestaltung der Maßnahmen stets vor dem Hintergrund der konkreten Raumstruktur erfolgen sollte, zeigt sich deutlich am Beispiel der ÖPNV-Förderung. Dabei ist die zu erzielende Attraktivitätssteigerung nicht zuletzt abhängig von der Ausgangssituation. In den Agglomerationsräumen (wie beispielsweise Berlin oder Hamburg), welche bereits über ein gut ausgebautes ÖPNV-Angebot verfügen, sind substantielle Verbesserungen und damit einhergehend Modal Split-Änderungen nur noch schwierig zu erzielen. Auch zeigen die Ergebnisse für den ländlichen Raum, dass selbst eine umfangreiche Angebotsverbesserung bei einem niedrigen Ausgangsniveau keine ernstzunehmende Alternative zum MIV darstellt und daher nur geringe Verlagerungseffekte bewirkt. Die größten Potenziale zeigten sich bei der Modellierung des verstädterten Raumes (Bsp. Braunschweig). Basierend auf einer guten Grundversorgung konnten hier die größten Zuwächse bei der Nutzung des ÖPNV erzielt werden. Gleichzeitig bedeutet dies aber auch, dass Preisänderungen im MIV nur dann zu signifikanten Verlagerungseffekten auf andere Verkehrsträger führen, wenn

attraktive Alternativen, wie beispielsweise ein umfangreiches ÖPNV-Angebot, zur Verfügung stehen.

### **Fahrzeugeffizienz Lkw**

Ähnlich wie bei den Pkw gibt es auch bei den Lkw noch weitere technische Verbrauchsminderungspotenziale. Diese sind geringer als bei den Pkw, da sie in der Vergangenheit bereits stärker ausgeschöpft wurden. Sie können jedoch im Vergleich zu heute bis zu 25 % - durch die Verbesserung des Systemwirkungsgrades von Motor, elektrischem Verbraucher und Antriebstrang sowie durch die Minderung der Fahrwiderstände - betragen. Bei der Nachfrage gilt zu beachten, dass entsprechend des Wirtschaftlichkeitsprinzips die kostengünstigen und damit verbrauchshöheren Fahrzeuge nur dann ersetzt werden, wenn die Kostenminderungen durch den Einsatz von Effizienztechnologien die fälligen Zusatzinvestitionskosten der Technologien übersteigen. Maßnahmen wie z. B. das CO<sub>2</sub>-bezogene Bonussystem der Maut haben hierbei vor allem eine unterstützende Lenkungswirkung. Voraussetzung für die zielgerichtete Anwendung möglicher Lenkungsmaßnahmen, zu denen auch eine CO<sub>2</sub>-bezogene Kfz-Steuer und Emissionsgrenzwerte gezählt werden können, ist ein EU-weit gültiger, das ganze Fahrzeug erfassender Typprüfzyklus zur Kraftstoffverbrauchsbestimmung.

Hohe Anfangsinvestitionskosten bleiben auch weiterhin ein Hindernis für den Einsatz besonders verbrauchsarmer Fahrzeuge. Entsprechende Förderinstrumente zur Reduzierung der variablen und fixen Kosten von hocheffizienten Fahrzeugen können diese Barriere herabsetzen und damit die zunehmende Marktdiffusion entsprechender Fahrzeuge ermöglichen. Jedoch sollte eine pauschale Förderung vermieden werden. Die Fördersystematik sollte stattdessen die spezifischen Vor- und Nachteile der zu fördernden Fahrzeuge differenziert abbilden, um Verwerfungen und Mitnahmeeffekte zu unterbinden.

### **Güterverkehrsnachfrage**

Bei der Güterverkehrsnachfrage fallen die Wirkungen der betrachteten Maßnahmen geringer aus als beim Personenverkehr. Die Erhöhung der Maut für Lkw >12 t zGG auf Autobahnen führt zu einer Steigerung der Transportkosten auf der Straße und damit zu einer Güterverlagerung auf Schienen- und Wasser(güter)transport. Es hat sich aber auch gezeigt, dass die Ausdehnung der Maut auf alle Straßen zur Folge hat, dass die Kostenvorteile von bisher nicht bemauteten Strecken entfallen und dadurch die Tendenz zur stärkeren Nutzung der Autobahn besteht und damit wieder eine Entlastung der Landstraßen einhergeht. Mögliche Effekte auf die Transportleistung wurden im Rahmen des Projektes nicht modelliert und können entsprechend nicht quantifiziert werden. Es ist aber zu erwarten, dass mit einem Anstieg der Transportkosten im Straßengüterverkehr in Konsequenz, neben einer Verlagerung auf andere Verkehrsträger, bestimmte Transporte ökonomisch ineffizient oder Wege kürzer

gestaltet werden und es somit tendenziell zu einer Verringerung der Transportleistung kommt.

Das Verlagerungspotenzial in der Fahrzeugklasse der Lkw <12 t zGG ist sehr gering, weil diese Fahrzeuge hauptsächlich in Kurzstreckenverkehren, für den Transport eilbedürftige Güter und das Sammeln und Verteilen von Gütern genutzt werden. Diese Funktionen können auch auf lange Sicht nicht von anderen Verkehrsträgern übernommen werden.

Auslastungserhöhungen durch eine weitere Optimierung von Logistikprozessen könnten sich vor allem durch die Erhöhung des Anteils an Verkehren der Kontrakt- und Systemlogistik und durch die Abnahme von Werkverkehren ergeben. Parallel hierzu ermöglichen verstärkte Telematikanwendungen eine effizientere Sendungsverfolgung und Fahrzeugdisposition, was zu Effizienzgewinnen führen kann. Auch durch die Erhöhung des Marktanteils großer Logistikdienstleister, insbesondere im Marktsegment der Systemverkehre, kann eine Verbesserung der Auslastung der von großen Logistikdienstleistern disponierten Fahrzeugflotten stattfinden. Diese Flotten können mit entsprechenden Dispositionswerkzeugen so gelenkt werden, dass die Auslastung ansteigt bzw. Leerfahrten weiter minimiert werden.

### **Einsatz erneuerbarer Energien im Verkehr**

Eine wichtige Komponente für den Klimaschutz im Verkehr sind nachhaltig bereitgestellte Biokraftstoffe. Im Rahmen von Renewbility wird ein Großteil der eingesetzten Biokraftstoffe aus biogenen Abfall- und Reststoffen hergestellt. Im Klimaschutzszenario dient Biomasse vorwiegend zur Strom- und Wärmebereitstellung, Biokraftstoffe werden gemäß den EU-Zielen bzw. deren Fortschreibung berücksichtigt und es wird angenommen, dass Importe aus dem Anbau auf degradierten Flächen stammen. Nur unter diesen gesetzten Randbedingungen lassen sich Nutzungskonkurrenzen um Anbauflächen vermeiden.

Im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ werden Elektrofahrzeuge ausschließlich mit Strom aus zusätzlichen erneuerbaren Energien betrieben. Der durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen bedingte zusätzliche Strombedarf an erneuerbaren Energien im Jahr 2030 bei einem Bestandsanteil von etwa 10 % Elektro-Pkw beträgt rund 10 TWh und erfordert damit nur einen vergleichsweise geringen zusätzlichen Strombedarf aus erneuerbaren Energien über das Leitszenario des BMU hinaus.

Der Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien im Verkehr (Biokraftstoffe und erneuerbarer Strom für Elektrofahrzeuge) führt bis zum Jahr 2030 dazu, dass der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergiebedarf des Verkehrs von heute knapp 4 % auf gut 16 % ansteigt. Dies ist auch in einer starken Effizienzsteigerung bei Fahrzeugen begründet, die insgesamt eine Minderung des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors bis 2030 um knapp 20 % ermöglicht.

## 6.2 Sind weitere Minderungen möglich?

Die dargestellten Ergebnisse des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ beschreiben einen durchaus möglichen und plausiblen Entwicklungspfad innerhalb der Modellgrenzen. Verglichen mit dem Basisszenario basieren sie auf zusätzlichen Annahmen und Maßnahmen. Gleichwohl stellt sich angesichts der Herausforderungen im Klimaschutz die Frage, ob weitere Maßnahmen bzw. geänderte Grundannahmen denkbar sind, die zu einer weiteren Minderung der Treibhausgasemissionen im Verkehr führen können. Einige Möglichkeiten sind im Rahmen der Szenarien-Betrachtungen diskutiert worden. Andere Aspekte sind im Verlauf des Projektes Renewbility nicht detailliert untersucht worden.

In dem Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ und den dazugehörigen Szenarien wird beispielsweise von einem anhaltenden Wirtschaftswachstum, von steigenden Einkommen und einem unveränderten Mobilitätsbudget ausgegangen. Längerfristige Veränderungen der Siedlungsstruktur, die Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten haben, wurden nicht abgebildet. Eine Re-Urbanisierung beispielsweise könnte zukünftig zu einem Rückgang der Verkehrsleistung führen und durch den gezielten Ausbau der Fuß- und Fahrradwegeinfrastruktur könnte perspektivisch insbesondere in Städten und Ballungszentren der Anteil des motorisierten Verkehrs reduziert werden. Eine Minderung der Verkehrsleistung würde einen deutlichen Effekt auf die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors haben, was die folgende Sensitivitätsbetrachtung zeigt: Eine zusätzliche Minderung der Personenverkehrsleistung im Jahr 2030 um 10 % auf 1069 Mrd Pkm würde unter den getroffenen Annahmen und Maßnahmen des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ zu weiteren Treibhausgasemissionsminderungen in Höhe von 11 Mio. t führen, also weitere 7 % gegenüber 2005.

Ähnliches gilt für den Güterverkehr. Da in der Szenarienbetrachtung keine Veränderung der wirtschaftlichen Rahmendaten angenommen wird, orientieren sich Güterverkehrsaufkommen und die Transportleistung an den Angaben der Verkehrsprognose 2025 des Bundesverkehrsministeriums. Vor dem Hintergrund der aktuellen Wirtschaftskrise stellt sich aber durchaus die Frage, ob nicht zukünftig auch andere, als die im Szenario „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ angenommenen Entwicklungspfade, realistisch sind; Entwicklungen also, die mit einem geringeren Anstieg der Transportleistung einhergehen oder zumindest dessen zeitliche Verzögerung zur Folge haben. Auch sind weiterführende Maßnahmen denkbar, die einen Einfluss auf die Transportleistung und damit in Konsequenz auch auf die Treibhausgasemissionen im Güterverkehr haben. Denn würde sich beispielsweise die Transportleistung des Güterverkehrs im Jahr 2030 durch veränderte Rahmenbedingungen oder weitere Maßnahmen auf dem Niveau des Jahres 2005 stabilisieren, läge die Minderung der Treibhausgasemissionen bei den im Szenario

„Klimaschutz im Verkehr“ betrachteten Annahmen und Maßnahmen bei 35 %. Würde die Transportleistung von 2005 bis 2030 nicht – wie in der Verkehrsprognose 2025 angenommen – um 91 % steigen, sondern nur um 50 %, könnten die Emissionen des Güterverkehrs auf dem heutigen Niveau stabilisiert werden.

Auch im Flugverkehr – für den hohe Wachstumsraten erwartet werden – sind Maßnahmen wie die Einführung einer Kerosinsteuer oder die Einbeziehung des Flugverkehrs in den Emissionshandel denkbar bzw. bereits beschlossen, so dass weitere Minderungspotenziale im Verkehrssektor erschlossen werden könnten. Im Rahmen des Szenarios „Klimaschutz im Verkehr: Perspektiven bis 2030“ wurden der grenzüberschreitende Flugverkehr und die Auswirkungen dieser Maßnahmen jedoch nicht betrachtet.

Die im Szenario „Klimaschutz im Verkehr“ aufgezeigten Potenziale für den Klimaschutz und die Steigerung des Einsatzes erneuerbarer Energien im Verkehrssektor sind mit verkehrspolitisch ambitionierten Maßnahmen und Annahmen verbunden. Vor dem Hintergrund der Erfordernisse des Klimaschutzes sollte aber auch die Frage gestellt werden, ob weitere bzw. weitergehende Maßnahmen nicht zusätzlich notwendig sind, um dem Ziel der Bundesregierung, die Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 % zu senken, gerecht zu werden. Dies bedeutet dann aber auch deutliche strukturelle Veränderungen in Mobilitätsangebot, -strukturen und –verhalten, die nur mit frühzeitig eingeleiteten Maßnahmen zur gesellschaftlichen Akzeptanz einhergehen können.

## 7 Literatur

### 7.1 Basisszenario

- BBR (2006): Raumordnungsprognose 2020/2050. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung [Hrsg.]. Bonn. Datenstand entsprechend E-Mail des BBR im März 2007 teilweise aktualisiert.
- BMU (2008): Weiterentwicklung der „Ausbaustrategie Erneuerbare Energien“ vor dem Hintergrund der aktuellen Klimaschutzziele Deutschlands und Europas, „Leitstudie 2008“, Dr. Joachim Nitsch, Untersuchung im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Oktober 2008
- BVU, Intraplan Consult (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. München, Freiburg. Gutachten im Auftrag des BMVBS.
- EWI/Prognos (2006): Lindenberger, F., Bartels, M., A. Seeliger, R. Wissen, P. Hofer, M. Schlesinger: Auswirkungen höherer Ölpreise auf Energieangebot und –nachfrage, Ölpreisvariante der Energiewirtschaftlichen Referenzprognose 2030. EWI, prognos im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Arbeit. Köln, Basel August 2006.
- HBEFA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1. im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin und Wien und des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft Berlin. Bern/Berlin/Wien 2004
- infas, DIW (2003): Mobilität in Deutschland 2002 – Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten. Projekt-Nr. 70.0681/2001, Forschungsprogramm Stadtverkehr des Bundesministeriums Verkehr, Bau- und Wohnungswesen. Endbericht.
- infas, DIW (2004): Mobilität in Deutschland: Ergebnisbericht. Projekt-Nr. 70.0736/2003. Bundesministerium Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.
- Institut für Wirtschaftsforschung Halle (2006): Regionalisierte Wirtschafts- und Außenhandelsprognose für die Verkehrsprognose 2025, Halle.
- Knoerr, W. et al. (2006): Fortschreibung Daten- und Rechenmodell: Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1960–2030. TREMOD (Transport Emission Modell). Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Dessau-Heidelberg.
- Öko-Institut, DLR-IVF (2007): „Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ (Renewability, FZK 0327546). 1. Zwischenbericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Berlin, Darmstadt.
- Öko-Institut, DLR-IVF (2009): „Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030“ (Renewability, FZK 0327546). Endbericht an das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) – Teil 1: Methodik und Datenbasis. Berlin, Darmstadt.
- Oeltze, S., Wauer, S., Schwarzlose, I., Bracher, T., Eichmann, V., Ludwig, U., Dreger, C., Lohse, D., Zimmermann, F., Heller, J. (2006): Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. TRAMP, DIFU, IWH, TU Dresden, omniphon im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Schlussbericht Magdeburg Juni 2006.

## 7.2 Szenario „Klimaschutz im Verkehr - Perspektiven bis 2030“

- ABERN (2006): Alliance Bernstein; Raskin, A. et al.: The emergence of hybrid vehicles. New York 2006
- ACEA (2009a): European Automobile Manufacturers' Association (ACEA): Overview of CO<sub>2</sub>-based motor vehicle taxes in the EU
- ACEA (2009b): European Automobile Manufacturers' Association (ACEA): Tax Guide 09
- ADAC (2005): ADAC: Study on the effectiveness of Directive 1999/94/EC relating to the availability of consumer information on fuel economy and CO<sub>2</sub> emissions in respect of the marketing of new passenger cars. März 2005
- ADEM (2009): Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), France: Review of biofuel implementation agenda – France
- ADEM (2009a): Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), France: Strategic Orientation for Research and Development 2007-2010
- ADEM (2009b): Carballes, S. ; Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), France: Les véhicules particuliers en France. Valbonne 2009
- AVER (2007): The European Association for Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicles (AVERE); The AVERE and Citelec joint secretariat newsletter: EV Focus – electric and hybrid vehicle Focus – Europe. Brüssel 2007
- BERR (2008): Department for Business Enterprise Regulatory Reform (UK): Investigation into the Scope for the Transport Sector to Switch to Electric Vehicles and Plugin Hybrid Vehicles.
- BLUW (2007): Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Österreich: Anpassung der Klimastrategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels 2008-2012. Wien 2007
- BMF (2003): Bundesministerium der Finanzen; Kunert, U. et al.: Europäischer Vergleich der Steuer- und Abgabensysteme für den Erwerb, das Inverkehrbringen und die Nutzung von Kraftfahrzeugen. Forschungsgutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung. Berlin 2003
- BMFÖ (2009): Bundesministerium für Finanzen (BMF), Österreich: Normverbrauchsabgabe (NOVA)
- BMU (2008): BMU: Deutschland soll Leitmarkt für Elektromobilität werden – Nationale Strategiekonferenz Elektromobilität (Pressemitteilung)
- BUGR (2008): Business Green.com: Spain aims for a million electric vehicles by 2014. Juli 2008
- BUND (2008): Die deutsche Bundesregierung: Sachstand und Eckpunkte zum Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität. Berlin 2008
- Bundesamt für Güterverkehr (2007): Statistische Mitteilungen des BAG und des KBA, Reihe 8, 2007.
- Bundesamt für Güterverkehr (2001): Statistische Mitteilungen, Güterverkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge, Reihe 8: Methodenband Sonderheft 1, Stuttgart
- BVU, Intraplan Consult (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. München, Freiburg. Gutachten im Auftrag des BMVBS.

- CHAT (2009): Chatel, L. & Jouanno, C.: Lancement de la stratégie nationale de deployment des infrastructures de recharge pour les véhicules électriques et hybrides (Pressemitteilung). 2009
- CMMN (2009): CMMN: Action plan for electric transport – en route to one million electric cars in 2020! Utrecht 2009
- COIN (2009a): CO2-Steuer.info: Emissionsbasierte Kfz-Steuer tritt zum 01. Juli 2009 offiziell in Kraft – Start der CO2 Steuer
- COIN (2009b): CO2-Steuer.info: Kfz-Steuer Reform – Fragen und Antworten zur CO2 Steuer
- COM (2008): Commission of the European Communities: A European Economic Recovery Plan. Brussels 2008
- DFT (2008): Department of Transport: New jobs on the horizon as Britain leads green motoring revolution (Pressemitteilung). London 2008
- DFT (2009): Department for Transport (UK): Low Carbon Transport – A Greener Future. A Carbon Reduction Strategy for Transport.
- ECCP (2006): European Commission: The European Climate Change Programme – EU Action against Climate Change. 2006
- ECEN (2009): European Commission – Energy: Market observatory, oil bulletin – duties and taxes. Mai 2009
- ECEU (2009): Europäische Kommission: EU energy in figures 2009 – Greenhouse Gas Emissions from Transport by Mode
- ECI (2009): Eco International: Förderungen in Ungarn
- ECO (2009): Ecoinstitut Barcelona; Schaefer, B.: Persönliche Auskunft. September 2009
- EUBG (2008): EU-Background: Das EU-Klimapaket
- EURA (2009): Euractiv.com: Straßengebühren (Eurovignette). Januar 2009
- EURO (2009): EUROPA: Greening road transport – EU-funded research supports EU's environmental objectives. Brussels 2009
- FT (2009): Financial Times; Pignal, S.: Motor lobby attacks planned emission rules. 2009
- Halbritter et al. (2005): Nationale Innovationsstrategien für neue Techniken und Dienste zur Erreichung einer „nachhaltigen Entwicklung“ im Verkehr. Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin), Abschlussbericht zum Vorhaben „Vergleichende Analyse von Innovationsstrategien für neue Techniken und Dienste zur Erreichung einer ‚nachhaltigen Entwicklung‘ im Verkehr – Auswertung internationaler Erfahrungen und Interpretation für deutsche Umsetzungsbedingungen“.
- HMGV (2009): HM Government (UK): The UK Low Carbon Industrial Strategy. March 2009.
- ICO (2008) : Instituto de Crédito Oficial (ICO) : Línea ICO-Plan VIVE 2008-2010 – El Ministerio de Industria y el ICO ponen en marcha el Plan VIVE para incentivar la sustitución de vehículos antiguos (Pressemitteilung). 2008

- IDAE (2009a): Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE): MOVELE. Proyecto Piloto de Movilidad Electrica
- IKVÖ (2009): Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Österreich: Innovationsförderprogramm Kombiniertes Güterverkehr-IKV. Wien 2009
- IKVÖ (2009a): Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Österreich: Sonderrichtlinien IKV. Wien 2008
- ITF (2007): Workshop on Ecodriving, Findings and Messages for Policy Makers, International Transport Forum, 23.-27.November 2007
- KFBO (2007): Kfz-betrieb ONLINE: Die ältesten Autos Europas – Spanien
- KING (2008): King, J.: The King Review of low-carbon cars. Part 2: recommendations for action. London 2008
- KLFO (2009): Klima- & Energiefonds: Jahresprogramm 2009 des Klima- und Energiefonds. Mai 2009
- KLIB (2009): Klimabündnis: Autofreier Tag in Österreich
- KLIM (2006): klima:aktiv mobil: spritsparen: vier Wege – ein Ziel
- KLIM (2009): klima:aktiv mobil: „Spritspar-Initiative“ und „Mobilitätsmanagement für Betriebe“
- Leonardi, J., Baumgartner, M. (2004): CO2 efficiency in road freight transportation: Status quo, measures and potential. In: Transportation Research Part D 9, Elsevier, S. 451–464.
- Liedtke, G. (2005): An Actor-based Approach to Commodity Transport Modelling. Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der Universität Fridericiana Karlsruhe (Technische Hochschule) Karlsruhe, im Dezember 2005 S.72–76.
- MEAT (2004): Ministry of Economic Affairs and Transport, Hungary: Hungarian transport policy 2003-2015. Budapest 2004
- MICH (2003): Michaelis, P.: Tanktourismus – eine Szenario-Analyse. In: Volkswirtschaftliche Diskussionsreihe. Beitrag Nr. 249, September 2003
- MIS (2005): Ministry of Infrastructure, Poland: National Transport Policy for 2006-2025
- MIT (2006): Massachusetts Institute of Technology – Laboratory for Energy and the Environment; Kromer, M.A. & Heywood, J.B.: Electric Powertrains – Opportunities and Challenges in the U.S. Light-Duty Vehicle Fleet. Cambridge 2007
- MITC (2009): Ministerio de Industria, Turismo y Comercio: Plan 2000 E. Madrid 2009
- MOT (2005): Ministry of Transport, Czech Republic: Transport policy of the Czech Republic for 2005-2013
- NAIGT (2009): An Independent Report on the Future of the Automotive Industry in the UK: New Automotive Innovation and Growth Team (NAIGT)
- ÖKO (2009): Öko-Institut e.V.: European Climate Change Programme (ECCP) – Database on Policies and Measures in Europe. Link: <http://www.oeko.de/service/pam/index.php>
- PBL (2009): Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL); Hoen, A. et al.: CO2 emission reduction in transport. Confronting medium-term and long-term options for achieving climate targets in the Netherlands (Policy studies). Juli 2009

- PEIT (2004): Strategieplan zur Infrastruktur und zum Verkehr (PEIT) in Spanien
- SAZ (2009): SAZ-aktuell: Abwrackprämie jetzt auch in Spanien: 2.000 Euro pro Neuwagen
- SRA (2009): Swedish Road Administration (Vägverket): Eco cars (Miljöbilar). 2009
- SRA (2009a): Swedish Road Administration (Vägverket): Eco car subsidy (Miljöbilspremie). 2009
- SRA (2009b): Swedish Road Administration (Vägverket): Mobility management for sustainable transports. 2009
- SSP (2009): Sprintspar.at: Sprintsparwettbewerb
- STEU (2004): Steuernetz.de: Studie – Steuerausfälle durch Tanktourismus massiver als angenommen. Hamburg 2004
- T&E (2009): European Federation for Transport & Environment (T&E): French lorry charge scheme welcomed. Juli 2009
- T&E (2009a): European Federation for Transport & Environment (T&E): Briefing – Comparison of Eurovignette toll schemes in Europe. Juli 2009
- TAGS (2009): Der Tagesspiegel; Lutz Steinbrück: Einmal aufladen, bitte! März 2009
- TollCollect (2008): Vier Jahre Lkw-Maut in Deutschland. Presseerklärung vom 19.12.2008, Berlin, [www.toll-collect.de](http://www.toll-collect.de). (letzter Zugriff 01/2009).
- UBA (2003): CO<sub>2</sub>-Minderung im Verkehr, Ein Sachstandsbericht des Umweltbundesamtes- Beschreibung von Maßnahmen und Aktualisierung von Potenzialen -, Berlin 2003
- WELT (2009): Die Welt, David Schraven: Verbindung mit der Zukunft. April 2009
- WWF (2009): WWF: Auswirkungen von Elektroautos auf den Kraftwerkspark und die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland. Kurzstudie

### 7.3 Szenarettten

- Distelkamp, M. ;Lutz, C. ;Meyer, B. ;Wolter, M. I. (2004): Schätzungen der Wirkung umweltpolitische Maßnahmen im Verkehrssektor unter Nutzung der Datenbasis der Gesamtrechnung des Statistischen Bundesamtes. GWS Discussion Paper 2004/5, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung, Osnabrück.
- DVZ (2006): Hans-Jügen Wildhage. Schnellfahren leert die Fuhrparkkasse,
- Fraunhofer ISI (2009): Long-Term Climate Impacts of the Introduction of Mega-Trucks, Study for the Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER). Karlsruhe.
- Her Majesty's Revenue & Customs (HMRC) (2006): Report on the evaluation of the company car tax reform: Stage 2. 22.03.2006.
- Keuchel, S., Ernst H., Richter C., Mühlhause M. (2006): Auswirkungen auf die Straßeninfrastruktur infolge einer Erhöhung der Abmessungen und zulässigen Gesamtgewichte von Lkw. Schlussbericht: FE 03.400/2005/ARB, Bundesanstalt für Straßenwesen.

- Kloas, J., Kuhfeld, H. (2003): Entfernungspauschale: Bezieher hoher Einkommen begünstigt. Aktuelle Ergebnisse zum Verkehrsverhalten privater Haushalte. Wochenbericht des DIW Berlin 42/03, Berlin.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2007): Statistische Mitteilungen: Fahrzeugzulassungen, Neuzulassungen, Halter, 2006, Flensburg.
- SMMT (2007): The Society of Motor Manufacturers and Traders: Annual CO<sub>2</sub> report, 2006 market.
- Statistisches Bundesamt (2003): Klassifikation der Wirtschaftszweige (Ausgabe 2003), Wiesbaden.
- Transport Mobility Leuven (TML) (2008): FINAL REPORT Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC, Studie im Auftrag der DG TREN/G3/318/2007, Brüssel.
- Umwelt Bundesamt (1999): Umweltauswirkungen von Geschwindigkeitsbeschränkungen, Texte Nr. 40/1999, Berlin
- Umwelt Bundesamt (2004): Hintergrund zu Umwelt und Verkehr – Mobilität nachhaltig gestalten. Berlin, November 2004.
- Winzen, U. (2005): The passenger car market in Germany. EuroCar Seminar, Frühjahr 2005, Düsseldorf.

## 8 Anhang

Branchenbezeichnung gemäß der Klassifikation der Wirtschaftszweige (Ausgabe 2003) des Statistischen Bundesamtes:

- Abschnitt A – Land- und Forstwirtschaft
- Abschnitt B – Fischerei und Fischzucht
- Abschnitt C – Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
- Abschnitt D – Verarbeitendes Gewerbe
- Abschnitt E – Energie- und Wasserversorgung
- Abschnitt F – Baugewerbe
- Abschnitt G – Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen und Gebrauchsgütern
- Abschnitt H – Gastgewerbe
- Abschnitt I – Verkehr und Nachrichtenübermittlung
- Abschnitt J – Kredit- und Versicherungsgewerbe
- Abschnitt K – Grundstücks- und Wohnungswesen, Vermietung beweglicher Sachen, Erbringung von wirtschaftlichen Dienstleistungen, anderweitig nicht bekannt
- Abschnitt L – Öffentliche Verwaltung, Verteidigung, Sozialversicherung
- Abschnitt M – Erziehung und Unterricht
- Abschnitt N – Gesundheit-, Veterinär- und Sozialwesen
- Abschnitt O – Erbringung von sonstigen öffentlichen und privaten Dienstleistungen
- Abschnitt P – Private Haushalte mit Hauspersonal
- Abschnitt Q – Exterritoriale Organisationen und Körperschaften