
RENEWABILITY II

Szenario für einen
anspruchsvollen
Klimaschutzbeitrag
des Verkehrs

IMPRESSUM

BERLIN, OKTOBER 2012

Herausgeber
ÖKO-INSTITUT E.V.

BÜRO BERLIN

Schicklerstraße 5-7
D-10179 Berlin
Tel. +49 (0) 30 – 40 50 85-0
Fax +49 (0) 30 – 40 50 85-388

BÜRO DARMSTADT

Rheinstraße 95
D-64295 Darmstadt
Tel. +49 (0) 6151 – 81 91-0
Fax +49 (0) 6151 – 81 91-133

GESCHÄFTSSTELLE FREIBURG

Postfach 1771
D-79017 Freiburg
Tel. +49 (0) 761 – 45 295-0
Fax +49 (0) 7 61 – 45 295-288
www.oeko.de

Ansprechpartner
Dr. Wiebke Zimmer, Florian Hacker
Öko-Institut e.V.

Ansprechpartner aller Projektbeteiligten
finden sich im Anhang

Redaktionelle Bearbeitung Christiane Weihe
Grafik-Design Charlotte Driessen

Gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier

www.renewbility.de

INHALTSVERZEICHNIS

ERGEBNISBROSCHÜRE ZUM FORSCHUNGSPROJEKT

Mobilität im Spannungsfeld von Ökologie und Ökonomie: die Herausforderung.....	3
RENEWBILITY II: das Forschungsprojekt	4
Annahmen und Maßnahmen: die Szenarien.....	4
Von 2005 bis 2030: die Ergebnisse.....	13
I Verkehrsnachfrage	13
II Endenergiebedarf und Treibhausgasemissionen....	15
III Ökonomische Effekte	24
Grundlagen und Rahmenbedingungen: der Modellverbund	28
Ein anspruchsvoller Klimaschutzbeitrag: die Zusammenfassung.....	34
Forschungspartner, Stakeholder und Förderer: das Projektteam.....	36

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ASTRA-D	Assessment of Transport Strategies-Deutschland
BBL	Barrel
BEV	batterieelektrischer Pkw (battery-electric vehicle)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
Fzg.-km	Fahrzeugkilometer
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
IT	Informationstechnik
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
KV	Kombinierter Verkehr
MIV	motorisierter Individualverkehr
MJ	Megajoule (10^6 Joule)
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NMIV	nicht-motorisierter Individualverkehr
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PHEV	Plug-In-Hybrid-Pkw (plug-in hybrid electric vehicle)
PJ	Petajoule (10^{15} Joule)
Pkm	Personenkilometer
TAPAS	Travel and Activity Patterns Simulation
THG	Treibhausgas
tkm	Tonnenkilometer
TREMOD	Transport Emission Model
WISEVA	Verkehr in Städten und Regionen – Erzeugung, Verteilung und Aufteilung der Verkehrsnachfrage

MOBILITÄT IM SPANNUNGSFELD VON ÖKOLOGIE UND ÖKONOMIE: DIE HERAUSFORDERUNG

Der Verkehrssektor muss heute zahlreichen Anforderungen gerecht werden – dem individuellen Bedürfnis nach Mobilität ebenso wie den Ansprüchen des Gütertransports, der untrennbar mit der fortschreitenden Globalisierung unseres Wirtschaftens verbunden ist. Zusätzlich müssen die negativen Umweltauswirkungen des Verkehrs deutlich reduziert werden, um unter anderem die langfristigen Klimaschutzziele, die sich Deutschland gesetzt hat, zu erreichen – und das unter schwierigen Voraussetzungen. Die Verkehrsnachfrage hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stetig erhöht: Seit 1960 ist die Verkehrsleistung im Personenverkehr um das Vierfache und im Güterverkehr um mehr als das Dreifache gestiegen. Insbesondere im Individualverkehr mit Pkw gab es in diesem Zeitraum eine starke Erhöhung der Verkehrsleistung. Und auch für die Zukunft wird ein großer Zuwachs im Personen- und Güterverkehr prognostiziert.

Analog zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage ist auch der Energieverbrauch des innerdeutschen Verkehrs deutlich gestiegen: Zwischen 1960 und 2000 hat er sich mehr als verdreifacht, erst seit einigen Jahren ist ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Ein ähnliches Bild ergibt sich mit Blick auf die Treibhausgasemissionen. Zwar konnte ihr kontinuierlicher Anstieg im ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts umgekehrt werden, dennoch hat sich der Verkehr in den vergangenen zwei Jahrzehnten im Vergleich zu den anderen energieverbrauchenden Sektoren ungünstiger entwickelt. Heute gehen nahezu 30% des Endenergiebedarfs und etwa 20% der Treibhausgasemissionen in Deutschland auf den Verkehr zurück. Über 90% der eingesetzten Energie basiert weiterhin auf Erdöl.

Die besondere Herausforderung einer umwelt- und klimaverträglichen Gestaltung des Verkehrs wurde auf nationaler und internationaler Ebene erkannt. Die Bundesregierung hat sich im Rahmen des Energiekonzepts daher das Ziel gesetzt, den Energieverbrauch des Verkehrs bis 2020 um 10% gegenüber 2005 zu verringern. So zeigt sich: Für die Energiewende ist auch das Handlungsfeld Mobilität ein wichtiger Pfeiler der Gesamtstrategie zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Gewährleistung einer Energieversorgung durch überwiegend erneuerbare Energien bis 2050. In ihrem Weißbuch Verkehr kommt auch die Europäische Kommission zu dem Schluss, dass sich der Verkehr nicht wie bisher weiterentwickeln kann und ein nachhaltiger Verkehr in den kommenden Jahrzehnten einen Umbau unseres Verkehrssystems erforderlich macht. Die

damit verbundenen tiefgreifenden Veränderungen können nur in Schritten umgesetzt werden. Die Europäische Kommission verweist daher auf die Notwendigkeit, rechtzeitig zu handeln. Gemäß der im Weißbuch Verkehr dokumentierten Ziele sollen bis 2020 die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union gegenüber dem Jahr 2008 um 20% gesenkt werden – bis 2050 wird eine Minderung um insgesamt 70% angestrebt.

Während auf nationaler und europäischer Ebene damit eine relativ klare Vorstellung über langfristige Ziele in Bezug auf einen umwelt- und klimaschonenderen Verkehr bestehen, sind die konkreten Wege und Maßnahmen, durch die diese Ziele erreicht werden können, bisher weniger klar. Angesichts der ambitionierten Ziele ist jedoch offensichtlich, dass für deutliche Veränderungen im Verkehrssystem eine Anpassung der Rahmenbedingungen notwendig ist. Dabei gilt es, die möglichen Wechselwirkungen zwischen Einzelmaßnahmen zu berücksichtigen sowie das Spannungsfeld zwischen Mobilitätsbedürfnissen bzw. zunehmenden Wirtschaftsverflechtungen einerseits und einer nachhaltigen Gestaltung des Verkehrssystems andererseits auszuloten. Für eine nachhaltige Energie- und Verkehrspolitik ist es daher notwendig, mögliche Maßnahmen zur Erreichung der formulierten Langfristziele zu bewerten und besonders effektive Maßnahmen zu identifizieren.

Im Projekt RENEWBILITY wurde ein Modellverbund entwickelt, der es ermöglicht, im Rahmen von Szenario-betrachtungen die Wirkung von Maßnahmen und veränderten Rahmenbedingungen auf den Verkehr, dessen Treibhausgasemissionen und mögliche volkswirtschaftliche Effekte bis 2030 zu quantifizieren. Mit Blick auf einen langfristig umwelt- und klimaschonenden Verkehr sollen die Projektergebnisse einen Beitrag zur Diskussion über die notwendigen Schritte für eine nachhaltige Energie- und Verkehrspolitik liefern.

RENEWBILITY II: DAS FORSCHUNGSPROJEKT

Das Forschungsprojekt RENEWBILITY II ist eine Weiterentwicklung des Verbundvorhabens »RENEWBILITY – Stoffstromanalyse nachhaltige Mobilität im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030« (RENEWBILITY I). In diesem Vorgängervorhaben wurde im Zeitraum von 2005 bis 2009 ein *integratives Analyseinstrumentarium* entwickelt, das Maßnahmen und Wirkungen einer zukünftigen nachhaltigen Verkehrspolitik abbildet und auf Grundlage unterschiedlicher Entwicklungen den möglichen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs quantifiziert.

Wesentliche Komponenten des integrativen Modellierungsansatzes sind:

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

Analysiert wurden der innerdeutsche Straßen-, Schienen- und Binnenschiffverkehr. Berücksichtigt wurde dabei auch der Transitverkehr. Der innerdeutsche Luftverkehr wurde in den Szenarien zwar mitgeführt, jedoch nicht explizit mit Maßnahmen zur Treibhausgasreduzierung belegt. Der außerdeutsche Luftverkehr sowie die Seeschifffahrt waren nicht Gegenstand der Betrachtung. Hervorzuheben ist: Im Gegensatz zur nationalen und internationalen Klimaberichterstattung wurden schon bei der Emissionsbilanzierung im Rahmen von RENEWBILITY I nicht nur die direkten Treibhausgasemissionen der Verkehrsmittel und Energieträger berücksichtigt, sondern auch jene Emissionen, die bei der Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland sowie bei der Fahrzeugproduktion entstehen.

Aufbauend auf den für RENEWBILITY I entwickelten Analyseinstrumenten sowie in Anknüpfung an die Bilanzierungsmethodik wurde im Zeitraum von 2010 bis 2012 das Folgevorhaben RENEWBILITY II durchgeführt.

Ein wesentliches Ziel dieses vom Umweltbundesamt sowie vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit geförderten Forschungsvorhabens war es, mögliche Entwicklungen aufzuzeigen, durch die ein im Vergleich zu RENEWBILITY I weitergehender Klimaschutzbeitrag des Verkehrs erreicht werden kann. Zusätzlich sollten in der Analyse nachhaltiger Mobilitätsstrategien auch volkswirtschaftliche Effekte berücksichtigt werden.

Die wesentlichen Neuerungen von RENEWBILITY II sind:

- » die Integration des ökonomischen Modells ASTRA-D in den Modellverbund zur Darstellung von volkswirtschaftlichen Effekten einer nachhaltigen Mobilitätsstrategie,
- » die Weiterentwicklung der Verkehrsnachfragemodellierung,
- » die Anpassung der Basisentwicklung bis 2030 an aktualisierte sozio-ökonomische Rahmendaten und Prognosen,
- » die Aktualisierung der Fahrzeugtechnologiedatenbank,
- » die Entwicklung eines über RENEWBILITY I hinausgehenden Klimaschutzszenarios im Rahmen der etablierten Stakeholder-Beteiligung.

Die Mitglieder des Forschungsteams für RENEWBILITY II sind das Öko-Institut (Projektleitung), das Institut für Verkehrsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-IVF) sowie das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer-ISI).

ANNAHMEN UND MASSNAHMEN: DIE SZENARIEN

Ein zentrales Element bei RENEWBILITY ist die Formulierung und Analyse von Szenarien. Die Szenariotechnik stellt eine wissenschaftlich etablierte und ausdifferenzierte Methode dar, um mögliche Entwicklungspfade zu untersuchen. Bei der Ausgestaltung der RENEWBILITY-Szenarien stand die Einbeziehung von Stakeholdern im Vordergrund. Dies ermöglichte eine hohe Transparenz und gesellschaftliche Beteiligung sowie die gemeinsame Beurteilung der Wirkung von definierten Maßnahmen und Annahmen und die Schaffung einer größtmöglichen Akzeptanz für das Analyseinstrumentarium, die Modellierungen und letztlich die Ergebnisse. Die Einbeziehung unterschiedlicher Akteure schuf zudem die Basis für einen Dialog über

die Realisierbarkeit technischer und nicht-technischer Maßnahmen für mehr Klimaschutz und für steigende Anteile von erneuerbaren Energien im Verkehrssektor.

SZENARIOTECHNIK

Im wissenschaftlich anerkannten Szenarioprozess werden mittels Szenarien mögliche Entwicklungspfade unter bestimmten Rahmenbedingungen innerhalb eines gesetzten Modells dargestellt. Dabei werden jedoch keine Aussagen über die Wahrscheinlichkeit oder die Wünschbarkeit eines gewählten Szenarios gemacht. Szenarien sind somit *keine Prognosen* für die Zukunft und enthalten keine Bewertungen der zu Grunde liegenden Annahmen.

DER SZENARIOPROZESS

In Fortführung des Szenarioprozesses aus dem Vorgängervorhaben wurden auch in RENEWBILITY II Vertreter der Automobil-, Bahn-, Energie- und Logistikbranche sowie von Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden in den Prozess der Modellweiterentwicklung und die Szenarioausgestaltung eingebunden. Während der zweijährigen Laufzeit wurden mehrere ganztägige Workshops durchgeführt. Die Mehrheit der beteiligten Stakeholder aus RENEWBILITY I konnte auch für das Folgevorhaben gewonnen werden, wodurch Kontinuität bei der Vorhabenbegleitung sichergestellt war. Darüber hinaus haben sich in RENEWBILITY II auch neue gesellschaftliche Akteure am Szenarioprozess beteiligt.

Die Zielstellung der sogenannten Szenariogruppe aus den genannten Stakeholdern war es, neben einem aktualisierten Basisszenario ein weiteres Klimaschutzszenario zu entwickeln. Dies sollte unter der Maßgabe erfolgen, eine über das Klimaschutzszenario aus RENEWBILITY I hinausgehende Treibhausgasreduzierung im Verkehr bis 2030 zu erzielen. Im Laufe des Szenarioprozesses wurden Maßnahmenvorschläge der Teilnehmer zunächst hinsichtlich ihrer Einzelwirkung untersucht. Im Laufe von fünf Arbeitstreffen konzipierten die Stakeholder schließlich ein Klimaschutzszenario für den Verkehr bis 2030. Dieses kombiniert angebots- und nachfrageseitige Maßnahmen, die in ihrer Bandbreite und Ausgestaltung über das Klimaschutzszenario von RENEWBILITY I hinausgehen.

DAS BASISZENARIO

Im ersten Schritt wurde ein Basisszenario definiert, das diejenigen verkehrspolitischen Maßnahmen berücksichtigt, die bereits geltendes Recht sind bzw. die in den kommenden Jahren geltendes Recht werden.

Die Annahmen im Basisszenario wurden in RENEWBILITY II auf Grundlage aktueller Entwicklungen sowie von Prognosen der sozio-ökonomischen Rahmendaten und der politischen Rahmenbedingungen aktualisiert. Die Entwicklung des Verkehrssektors orientiert sich wie in RENEWBILITY I an der Verkehrsprognose des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung aus dem Jahr 2007 (kurz VP 2025), diese wurde jedoch an aktualisierte Daten und Erkenntnisse angepasst.

Die Grundlage für die sozio-ökonomischen Rahmendaten bildet das Basisszenario aus den »Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung«. Diese berücksichtigen die Auswirkungen der Wirtschafts- und Finanzkrise auf das Wirtschaftswachstum. Ferner geht die aktualisierte Bevölkerungsprognose von einem stärkeren Bevölkerungsrückgang in Deutschland bis zum Jahr 2030 aus. Für die Modellierung des Mobilitätsverhaltens konnten die aktuellen Daten aus der Verkehrserhebung »Mobilität in Deutschland« aus dem Jahr 2008 verwendet und somit Veränderungen im Mobilitätsverhalten seit der letzten Erhebung im Jahr 2002 berücksichtigt werden.

Maßnahmenseitig stellt die Verabschiedung der EU-Pkw-Emissionsstandards die bedeutendste Veränderung gegenüber RENEWBILITY I dar. Da die entsprechende EU-Verordnung mittlerweile geltendes Recht ist, wurde eine entsprechende Effizienzentwicklung von Pkw nun bereits im Basisszenario berücksichtigt. Für die Bereiche Strom und Wärme enthält das Basisszenario die Zielsetzungen des Bundesumweltministeriums zum Ausbau der erneuerbaren Energien bis 2030 (Leitstudie).

Das Basisszenario stellt damit keine klassische Trendprojektion dar, sondern nimmt bereits deutlich spürbare Veränderungen im Mobilitäts- und Energiesektor insgesamt an. Im Folgenden dient es als *Vergleichsbasis*, um die Wirkung neuer, zusätzlicher Maßnahmen und Annahmen auf den Verkehrssektor quantifizieren zu können.

AUSWAHL RELEVANTER ANNAHMEN FÜR DAS BASISZENARIO

SOZIO-ÖKONOMISCHE RAHMENBEDINGUNGEN	
Demographische Entwicklung 	Bevölkerung 2030: 79,1 Mio., davon 27% 65 Jahre und älter (regionalisierte Bevölkerungsprognose des Bundesamts für Bauwesen und Raumordnung) RENEWBILITY I: 81 Mio. Einwohner im Jahr 2030, davon 34% über 60 Jahre
Wirtschaftsentwicklung (BIP) 	Durchschnittliche Wachstumsrate von real 1,1% p.a. bis 2030 (Energieszenarien 2011) RENEWBILITY I: Wachstumsrate von real 1,7% p.a. bis 2030
PERSONENVERKEHR	
Motorisierungsgrad	Anteil steigt von 68% (2005) auf 75% der Erwachsenen (2030) ¹
Pkw-Bestand	Anstieg von 46,1 Mio. (2005) auf 51,3 Mio. Pkw (2030)
Mobilitätsbudget	Konstantes Budget von 14% am (steigenden) Haushaltsnettoeinkommen
Mobilitätskosten 	Grundlegender Anstieg um real 1% p.a. für alle Verkehrsarten ¹ , variable Kosten beim Pkw-Verkehr sinken jedoch aufgrund des geringeren Kraftstoffverbrauchs (siehe Effizienz Pkw) RENEWBILITY I: Anstieg um real 1% p.a. für alle Verkehrsarten, jedoch höhere variable Kosten beim Pkw-Verkehr aufgrund einer weniger ambitionierten Effizienzentwicklung
Fahrleistung motorisierter Individualverkehr 	Anstieg um 31% von 2005 bis 2030 RENEWBILITY I: Anstieg um 16% von 2005 bis 2030 (VP 2025)
Modal Split im Personenverkehr 	Anteil des motorisierten Individualverkehrs (MIV) steigt um 3,2%-Punkte, Rückgang beim Öffentlichen Verkehr (ÖV) um 2,3%-Punkte und um 0,9%-Punkte beim nicht-motorisierten Individualverkehr (NMIV) im Zeitraum 2005 bis 2030 RENEWBILITY I: MIV-Anteil steigt um 2,3%-Punkte, ÖV und NMIV sinken um 0,6%-Punkte bzw. um 1,7%-Punkte von 2005 bis 2030
GÜTERVERKEHR	
Güterverkehrsleistung 	Anstieg um 76% von 2005 bis 2030 RENEWBILITY I: Anstieg um 91% von 2005 bis 2030 ¹
Kosten im Güterverkehr	Kostenreduktion durch Produktivitätsfortschritte von 0,4% p.a. beim Straßen- und Schienenverkehr sowie 1,7% p.a. bei der Binnenschifffahrt ¹
Modal Split im Güterverkehr 	Anteil des Straßenverkehrs steigt um 4,4%-Punkte, Rückgang Schienengüterverkehr um 0,8%-Punkte, Rückgang Binnenschifffahrt um 3,6%-Punkte, jeweils bis 2030. RENEWBILITY I: Anteil Straßenverkehr steigt um 4,5%-Punkte, Anteil Schienenverkehr und Binnenschifffahrt sinken um 1%-Punkt bzw. um 3,5%-Punkte von 2005 bis 2030 ¹
INFRASTRUKTUR	
Ausbau Straßennetz	Realisierung aller Projekte des vordringlichen Bedarfs des Bundesverkehrswegeplans 2003 ¹
Ausbau ÖPNV-Netz	Derzeitige Bedienstrukturen bleiben erhalten, Kapazitäten und Bedienstandards werden dem Bedarf angepasst ¹
Ausbau Schienennetz	Ausbau der Schienenwege und Transportzeitverkürzung entsprechen den Projekten der VP 2025

FAHRZEUGEFFIZIENZ	
Effizienz Pkw 	Berücksichtigung des EU-Emissionsstandards für Pkw-Neuzulassungen von EU-weit durchschnittlich 95 g CO ₂ /km (2020) und Fortschreibung auf 80 g CO ₂ /km (2030); Anpassung an deutsche Bestandsstruktur (133 g CO ₂ /km über dem EU-Schnitt) ² Minderung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs von Neuwagen um 45% von 2005 bis 2030 RENEWBILITY I: Minderung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs von Neuwagen um 30% bis 2030 gegenüber 2005
Effizienz Bus 	Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 20% ² RENEWBILITY I: Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 16%
Effizienz Bahn	Minderung des Energieverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um 20% bis 2030 ²
Effizienz leichte Nutzfahrzeuge 	Berücksichtigung des EU-Emissionsstandards für neu zugelassene leichte Nutzfahrzeuge von durchschnittlich 147 g CO ₂ /km (2020) und Fortschreibung auf 140 g CO ₂ /km (2030); Anpassung an deutsche Bestandsstruktur ² Minderung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um 30% von 2005 bis 2030 RENEWBILITY I: Minderung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge um 24% bis 2030
Effizienz Lkw 	Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 20% ² RENEWBILITY I: Minderung des Kraftstoffverbrauchs neu zugelassener Fahrzeuge bis 2030 um 16%
KRAFTSTOFFE	
Biokraftstoffe 	Biokraftstoff-Quoten von 10% (2020) und 20% (2030) im Straßenverkehr zunehmender Einsatz von Biokraftstoffen der zweiten Generation, Berücksichtigung der EU-Nachhaltigkeitsstandards beim Anbau der Biomasse RENEWBILITY I: Quoten von 10% (2020) und 15% (2030) im Straßenverkehr
Preise Kraftstoffe 	Anstieg der Kraftstoffpreise auf real 1,53 Euro ₂₀₁₀ /Liter (Diesel) bzw. 1,66 Euro ₂₀₁₀ /Liter (Benzin) im Jahr 2030 (Rohölpreis von rund 126 US\$ ₂₀₁₀ /bbl in Anlehnung an das Referenzszenario des EIA International Energy Outlook) RENEWBILITY I: Anstieg auf real 1,59 Euro ₂₀₁₀ /Liter (Diesel) bzw. 1,79 Euro ₂₀₁₀ /Liter (Benzin) im Jahr 2030



Faktoren, die sich gegenüber dem Basisszenario aus RENEWBILITY I in der Ausprägung geändert haben

Parameter, die unter Berücksichtigung der veränderten Faktoren (Sozioökonomie, Mobilitätskosten) neu modelliert wurden



Laut Verkehrsprognose 2025 (VP 2025) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

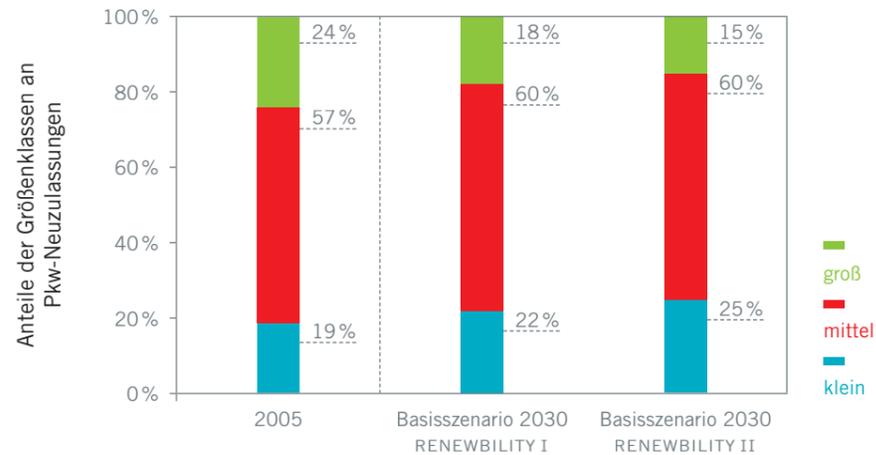


In Anlehnung an TREMOD (Version 5.2, Annahmen aus dem Trendszenario bis 2030)

VERKEHRSNACHFRAGE IM AKTUALISIERTEN BASISZENARIO

Die Anpassung der Rahmendaten an aktuelle Prognosen und die Berücksichtigung neuer rechtlicher Regelungen führen im Basisszenario von RENEWBILITY II zu deutlichen Veränderungen in der Verkehrsnachfrage im Vergleich zum Vorgängerprojekt.

Entwicklung der Pkw-Neuzulassungsstruktur

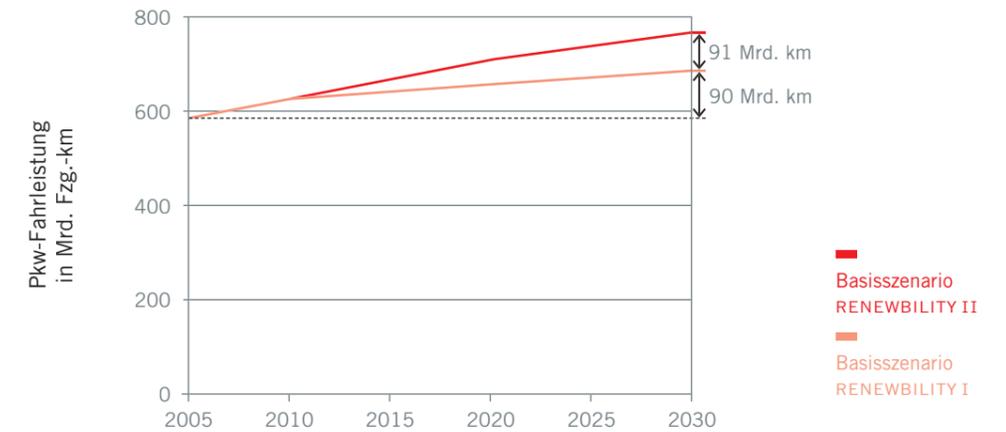


Im Personenverkehr unterscheidet sich die Basisentwicklung in RENEWBILITY II vor allem hinsichtlich der angenommenen Effizienzsteigerung der neu zugelassenen Pkw. Der nun berücksichtigte CO₂-Emissionsstandard für Pkw bewirkt bis 2030 eine deutliche Verschiebung hin zu kleineren Fahrzeugen, um im Flottenmix die Grenzwerte zu erreichen. Ihr Anteil beträgt 2030 über 25% gegenüber knapp 19% im Jahr 2005. Der Anteil großer Pkw geht deutlich zurück und beträgt 2030 noch 15%. Diese Verschiebung der Größensegmente⁸ fällt aufgrund der Berücksichtigung des CO₂-Emissionsstandards stärker aus als in RENEWBILITY I. Gleichzeitig entfallen innerhalb der Segmente größere Anteile auf die effizienteren Varianten. Der Dieselanteil an den Neuzulassungen geht bis 2030 auf 29% zurück, da angenommen wird, dass Effizienzsteigerungen bei Benzinfahrzeugen kostengünstiger erreicht werden können.

Die durch die europäische CO₂-Regulierung induzierte Verbrauchsminderung bei Pkw führt bei nur moderat steigenden Kraftstoffpreisen im Vergleich zum Basisszenario aus RENEWBILITY I in 2030 zu 20% geringeren Wegekosten im motorisierten Individualverkehr. Im Vergleich zum Basisjahr 2005 erhöhen sich die Wegekosten für Pkw bis 2030 um lediglich 3%, während die Kosten für die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln im selben Zeitraum um etwa 20% ansteigen. Die geringeren Kosten führen zu einer Attraktivitätssteigerung des Pkw im Vergleich zu den konkurrierenden Verkehrsmitteln (öffentlicher und nicht-motorisierter Verkehr). In Kombination mit aktualisierten Daten zur Bevölkerungsentwicklung und zum Verkehrsverhalten ergibt sich ein Anstieg der Gesamtfahrleistung im Personenverkehr um insgesamt 13% in 2030 gegenüber dem vorherigen Basisszenario.

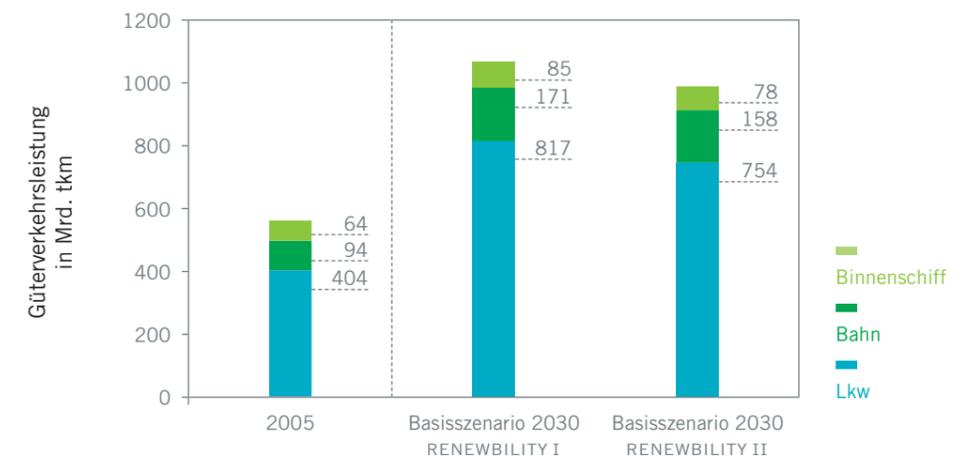
⁸ Die genannten Größensegmente umfassen folgende Fahrzeugsegmente des Kraftfahrt-Bundesamtes: *groß*: obere Mittelklasse, Oberklasse, Vans, Off-Road-Fahrzeuge; *mittel*: Kompaktklasse, Mittelklasse; *klein*: Minis, Kleinwagen

Entwicklung der Pkw-Fahrleistung



Aufgrund der deutlich steigenden Effizienz der Pkw bei sonst gleichbleibenden Bedingungen für die übrigen Verkehrsmittel steigt die Fahrleistung im Basisszenario gegenüber 2005 um sogar 30% (771,2 Mrd. Fahrzeugkilometer in 2030). Eine Dämpfung des dargestellten Anstiegs aufgrund möglicher infrastruktureller Kapazitätsengpässe und eine damit verbundene abnehmende Attraktivität der Pkw-Nutzung wurden nicht analysiert.

Entwicklung der Güterverkehrsleistung



Im Güterverkehr verringert sich die Verkehrsleistung im Basisszenario im Vergleich zu RENEWBILITY I um 8% von 1.074 auf 990 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2030. Hauptursache ist ein prognostiziertes langsames Wirtschaftswachstum infolge der internationalen Wirtschafts- und Finanzkrise. Die aktualisierten Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und zu den Veränderungen in der Wirtschaftsstruktur tragen ebenfalls zur verringerten Verkehrsleistung im Basisszenario bei. Insgesamt steigt die Güterverkehrsleistung gegenüber dem Basisjahr 2005 dennoch auch im Basisszenario von RENEWBILITY II erheblich an: Sie erhöht sich bis 2030 um 76%. Der Modal Split bleibt in der Basisentwicklung gegenüber RENEWBILITY I unverändert und wird weiterhin vom Straßengüterverkehr (76%) dominiert, gefolgt vom Schienenverkehr (16%) und der Binnenschifffahrt (8%).

DAS KLIMASCHUTZSZENARIO IN RENEWABILITY II – MASSNAHMEN UND ANNAHMEN ZUR ENTWICKLUNG DER RAHMENBEDINGUNGEN

Die Entwicklung des Klimaschutzenszenarios in RENEWABILITY II stand unter der Maßgabe, ein konsistentes Maßnahmenbündel zu entwerfen, das einen möglichst hohen Klimaschutzbeitrag des Verkehrssektors bis 2030 ermöglicht und dabei die im Klimaschutzenszenario von RENEWABILITY I erzielte Minderung der Treibhausgasemissionen übertrifft. Das neu entwickelte Klimaschutzenszenario baut auf dem aktualisierten Basisszenario auf und zeigt mögliche Wirkungen von zusätzlichen Maßnahmen bzw. veränderten Rahmenbedingungen im Verkehr.

Die Szenarioentwicklung wurde maßgeblich von den beteiligten Stakeholdern gestaltet. Die Auswahl und Ausgestaltung der Maßnahmen für das Klimaschutzenszenario wurde in einem mehrstufigen Prozess vorgenommen. Auf Grundlage einer fachlichen Auseinandersetzung mit der Wirkung von Einzelmaßnahmen überführten die beteiligten Stakeholder schließlich ein konsistentes Bündel an Maßnahmen in ein gemeinsames Klimaschutzenszenario. Dieses erhebt den Anspruch, ein schlüssiges Szenario für den Verkehr und die Energiebereitstellung in Deutschland bis 2030 darzustellen und die Wechselwirkungen unterschiedlicher Maßnahmen zu berücksichtigen. Gegenüber RENEWABILITY I wurden die Handlungsoptionen insbesondere um Maßnahmen zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung ergänzt. Zusätzlich wurden bereits berücksichtigte Maßnahmen teilweise noch ambitionierter ausgestaltet. So wurde im Bereich der technischen Fahrzeugeffizienz eine über das RENEWABILITY I-Klimaschutzenszenario hinausgehende Entwicklung unterstellt. Im Güterverkehr wurden neben der stärkeren Ausprägung bereits etablierter Maßnahmen, wie der Lkw-Maut und einer Optimierung von Logistikprozessen, ergänzend die verstärkte Förderung des Kombinierten Verkehrs sowie der Einsatz von 25-Meter-Lkw und Tempobegrenzern berücksichtigt. Im Personenverkehr wurden in Erweiterung des Klimaschutzenszenarios aus RENEWABILITY I zusätzlich die Förderung des Fahrradverkehrs, die Einführung eines Tempolimits auf Bundesautobahnen sowie der Wegfall der Pendlerpauschale als ergänzende Maßnahmen betrachtet. Darüber hinaus wurde für das Jahr 2030 ein im Vergleich zu RENEWABILITY I leicht erhöhter Biokraftstoffanteil angenommen.

Das neu konzipierte Klimaschutzenszenario ist als konsistentes Bild eines Pfades bis 2030 zu verstehen und nicht als Politikempfehlung der einzelnen Akteure.

Die Annahmen und Maßnahmen, die diesem Klimaschutzenszenario zu Grunde liegen, sind im Einzelnen:

» Ausweitung des Angebots im Öffentlichen Verkehr

Das Angebot im Öffentlichen Verkehr (ÖV) wird durch dichtere Taktung, zusätzliche direkte Linien, verlängerte Betriebszeiten sowie die Beschleunigung von Bussen und Straßenbahnen ausgeweitet. In verdichteten Räumen erfolgt eine maximale Erhöhung der Betriebsleistung um 25%, da hier die höchste Wirkung erzielt wird. In ländlichen Gebieten sowie in urbanen Räumen mit bereits hohem Angebot wird die Angebotsausweitung auf 8% beschränkt. Die Ausweitung des ÖV-Angebots führt zu einer Verringerung der Reisezeiten. Dies steigert die Attraktivität des Öffentlichen Verkehrs, so dass die Nachfrage anwächst. Dadurch werden zusätzliche Einnahmen generiert, die zur Finanzierung der zusätzlichen Aufwendungen der ÖV-Betreiber beitragen.

» Begleitende Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität des Öffentlichen Verkehrs

Neben einer Ausweitung des Angebots wird der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) durch flankierende Maßnahmen unterstützt, die vor allem den Zugang zum ÖPNV und seine Nutzungsbedingungen verbessern sollen. Dazu zählen Maßnahmen zur Überbrückung des »letzten Kilometers« und zur Reduzierung von Nutzungsbarrieren. Das Maßnahmenbündel umfasst Bike-and-Ride, Parkraummanagement, unterstützende Maßnahmen bei der Bereitstellung von Tickets sowie die Förderung von Jobtickets. Darüber hinaus sind Maßnahmen zur Kombination von ÖPNV-Tickets mit anderen, verwandten Dienstleistungen wie etwa Carsharing oder Fahrradverleihsystemen enthalten.

» CO₂-Emissionsstandard für Pkw

Für Pkw-Neuzulassungen wird der CO₂-Emissionsstandard von durchschnittlich 95 g CO₂/km im Jahr 2020 berücksichtigt und mit 60 g CO₂/km bis 2030 fortgeschrieben (Basisszenario: 80 g CO₂/km). Der EU-Emissionsstandard wird an die deutsche Pkw-Struktur angepasst (entspricht 70 g CO₂/km in 2030). Das Erreichen des Emissionsstandards wird neben dem Einsatz effizienterer konventioneller Pkw auch durch die zunehmende Zulassung elektrischer Fahrzeuge sowie die verstärkte Nachfrage nach kleineren Fahrzeugen begünstigt.

» CO₂-Emissionsstandard leichte Nutzfahrzeuge

Für leichte Nutzfahrzeuge wird der CO₂-Emissionsstandard für 2020 von 147 g CO₂/km berücksichtigt und mit 110 g CO₂/km bis 2030 fortgeschrieben (Basisszenario: 140 g CO₂/km). Bezogen auf die deutsche Bestandsstruktur bedeutet dies einen Zielwert von 133 g CO₂/km im Jahr 2030 und eine Effizienzsteigerung gegenüber 2010 von 44%. Neben dem Einsatz von effizienten konventionellen Fahrzeugen trägt auch der verstärkte Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zur Zielerreichung bei.

» Einsatz von Elektrofahrzeugen

Bis zum Jahr 2030 steigt der Bestand an Pkw mit elektrischem Antrieb auf knapp sechs Millionen Fahrzeuge. Den Hauptanteil daran stellen mit 87% Plug-In-Hybrid-Pkw (PHEV). Die übrigen 13% sind batterieelektrische Fahrzeuge (BEV). Diese zeichnen sich durch eine unterdurchschnittliche Jahresfahrleistung aus. PHEV erbringen etwa zwei Drittel ihrer Fahrleistung im elektrischen Fahrmodus. Auch im Bereich der leichten Nutzfahrzeuge kommen bis zum Jahr 2030 verstärkt elektrische Antriebsformen zum Einsatz. Der Strombedarf von Elektrofahrzeugen wird durch den zusätzlichen Ausbau von erneuerbaren Energien sichergestellt.

» Effizienzsteigerung anderer Verkehrsmittel

Der Kraftstoffverbrauch von neu in den Verkehr gebrachten Lkw und Bussen reduziert sich um 15% bis 2020 und um 30% bis 2030 (im Vergleich zu 2005). Neu zugelassene Schienenfahrzeuge verringern ihren Energiebedarf durch die Förderung entsprechender Technologien bis zum Jahr 2020 um 15% und bis 2030 um 35%.

» Anstieg der Kraftstoffpreise und Umstellung der Mineralölsteuer

Für die Jahre 2020 bzw. 2030 wurde ein Anstieg der Preise für konventionellen Ottokraftstoff auf 2,00 bzw. 2,50 Euro₂₀₁₀ je Liter (real, inklusive Steuern, bezogen auf den Wert des Euro im Jahr 2010) unterstellt. Flankierend wurde angenommen, dass sich die Kraftstoffpreise auf internationaler Ebene ähnlich entwickeln und sogenannter »Tanktourismus« vermieden werden kann. Die Berechnung der Mineralölsteuer wird ab 2020 zu je 50% auf die Treibhausgasintensität bzw. den Energiegehalt des Kraftstoffs bezogen, wobei Ottokraftstoff als Referenz dient. Das hat zur Folge, dass sich das Preisverhältnis Ottokraftstoff/Dieselmotorkraftstoff verschiebt und Dieselmotorkraftstoff im Jahr 2030 mit 2,69 Euro₂₀₁₀/Liter um 19 Cent über dem von Benzin liegt. Der Steueranteil am Kraftstoffpreis steigt von aktuell etwa 50% bis zum Jahr 2030 auf 66%. Der Steueranteil des

Fahrstroms steigt zwischen 2020 und 2030 um den Faktor 2,5 an. Der Strompreis für Elektrofahrzeuge erhöht sich dadurch von 0,223 Euro₂₀₁₀/kWh auf 0,358 Euro₂₀₁₀/kWh in diesem Zeitraum.

» Beimischung von Biokraftstoffen

Der Anteil der Beimischung von Biokraftstoffen zum konventionellen Kraftstoff erhöht sich bis 2020 auf 10% (energiebezogen) und bis 2030 weiter auf 20%. Er entspricht damit dem Verlauf im Basisszenario. Ergänzend werden jedoch weitere soziale und ökologische Kriterien vorausgesetzt, z. B. die Nutzung degradierter Anbauflächen, die Verwendung biogener Abfall- und Reststoffe sowie höhere Löhne für Beschäftigte. Bis zum Jahr 2030 werden Biokraftstoffe der ersten Generation überwiegend durch Kraftstoffe der zweiten Generation mit deutlich geringeren Vorkettenemissionen ersetzt.

» Förderung des Kombinierten Verkehrs und von Gleisanschlüssen

Zur verstärkten Förderung des Kombinierten Verkehrs (KV) werden die Fördermittel bis 2020 gegenüber dem bisherigen Förderrahmen auf 230 Mio. Euro p.a. verdoppelt. Als weitere Maßnahme zur Verlagerung von Transporten von der Straße auf die Schiene wird die Gleisanschlussförderung bis 2020 auf 64 Mio. Euro p.a. erhöht. Dies entspricht im Vergleich zu den von der Bundesregierung 2009/2010 bereit gestellten Mitteln einer Verdopplung bei gleichzeitiger Verlängerung des Förderzeitraums.

» Optimierung der Logistik

Durch moderne Dispositions- und Telematiksysteme wird die Bündelung von Warenströmen und eine Optimierung von Logistikstrukturen gefördert (z. B. Zunahme der Kontraktlogistik und von Systemverkehren, Optimierung von Routen, Abnahme von Werkverkehr, Zunahme des Marktanteils von größeren flächendeckenden Netzdienstleistern). Weiterhin wird als Maßnahme eine Logistiknetzwerkübergreifende Koordination von Transporten über Frachtbörsen eingeführt. Dies erhöht die Fahrzeugauslastung und verringert den Leerfahrtenanteil.

» Kraftstoffsparende Fahrweise

Eine zunehmende Verbreitung von verbrauchsarmer Fahrweise wird erreicht 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 Sprit-Spar-Trainings und die Aufnahme entsprechender Richtlinien für den öffentlichen Dienst. Der Kraftstoffverbrauch je Pkw kann dadurch um bis zu 7%, der von Lkw um bis zu 8% verringert werden. Bis 2030 wird eine kraftstoffsparende Fahrweise zusätzlich bei 50% aller Pkw und bei 70% aller Lkw umgesetzt.

» Nutzung moderner Telematik- und IT-Systeme

Der Einsatz von Telematiksystemen und IT-Technologien führt zu einem verbesserten Verkehrsmanagement. Dynamische Ziel- und Routenführungssysteme, welche die aktuelle Verkehrssituation berücksichtigen, verringern die Stauhäufigkeit auf Autobahnen und mindern so den Kraftstoffverbrauch.

» Erhöhung und Ausweitung der Lkw-Maut

Die Autobahn-Maut wird auf alle Lkw-Klassen ab einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 Tonnen ausgedehnt (derzeit: ab 12 Tonnen) und schrittweise von 0,17 Euro₂₀₁₀/km (aktuell) auf 0,5 Euro₂₀₁₀/km (2030) erhöht. Ferner wird die Mauterhebung auf alle Straßenkategorien ausgeweitet.

» 25-Meter-Lkw

Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 Tonnen werden für den Transport von Volumengütern durch 25-Meter-Lkw (Gesamtlänge: 25,25 Meter) bei Beibehaltung des zulässigen Lkw-Gesamtwichtes ersetzt. 25-Meter-Lkw werden mit einem Kostenaufschlag von 20% auf die jeweilige Mautklasse belegt.

» Bahnstrom aus erneuerbaren Energien

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bahnstrommix wird bis zum Jahr 2020 auf 30% erhöht. Der zusätzliche Strombedarf nach 2020, der durch die Verkehrsverlagerung auf die Schiene entsteht, wird durch zusätzliche erneuerbare Energien gedeckt.

» Tempolimit auf Bundesautobahnen

Auf Bundesautobahnen wird ein Tempolimit von 120 km/h eingeführt, welches eine Minderung des mittleren Kraftstoffverbrauchs auf jenen Autobahnabschnitten zur Folge hat, für die bislang keine Geschwindigkeitsbegrenzungen gelten. Der durchschnittliche Kraftstoffverbrauch der Pkw auf Autobahnen reduziert sich dadurch um 6,5%.

» Tempobegrenzer für Lkw

Bis 2020 verfügen 75% aller Lkw über Tempobegrenzer. Deren Einsatz bewirkt eine Reduzierung der mittleren Höchstgeschwindigkeit von 88 auf 82 km/h und führt somit zu einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs von Lkw auf Bundesautobahnen.

» Abschaffung der Pendlerpauschale

Der Wegfall der Kilometerpauschale für berufsbedingte Fahrten führt in Abhängigkeit von Einkommen und Entfernung zum Arbeitsort zu einer Erhöhung der Kosten für Fahrten mit dem Pkw.

» Förderung des Fahrradverkehrs

Der Fahrradverkehr wird durch die deutschlandweite Einführung von Fahrradverleihsystemen in urbanen Räumen, den verstärkten Ausbau der Radwegeinfrastruktur, die Einrichtung von zusätzlichen Fahrradparkplätzen sowie die Ausdehnung verkehrsberuhigter Zonen durch weitere finanzielle Mittel gefördert.

VON 2005 BIS 2030: DIE ERGEBNISSE

Im Zentrum der Szenarioanalysen steht die Betrachtung der Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors. Emissionen entstehen hier nicht nur in der Betriebsphase der Fahrzeuge, sie werden auch durch das für den Verkehr nötige Gesamtsystem verursacht. Berücksichtigt wurden bei der Emissionsbilanzierung im Rahmen von RENEWBILITY I und RENEWBILITY II daher nicht nur die *direkt* von den Verkehrsmitteln emittierten Treibhausgase, sondern ebenso die sogenannten *indirekten* Emissionen, die durch die Herstellung der Kraftstoffe im In- und Ausland sowie durch die Fahrzeugproduktion entstehen. Indirekte Emissionen aus dem Bau und Betrieb der erforderlichen Verkehrsinfrastruktur sind nicht Bestandteil der Betrachtung.

Die Ergebnisse des in RENEWBILITY II entwickelten Klimaschutzszenarios machen deutlich, dass der Verkehrssektor seine Klimabilanz in den kommenden Jahren deutlich verbessern könnte und dass bei entsprechender Maßnahmenausgestaltung bis 2030 auch das Potenzial erschlossen werden kann, das über die Minderungsoptionen von RENEWBILITY I hinausgeht. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen erläutert.

I. VERKEHRSNACHFRAGE

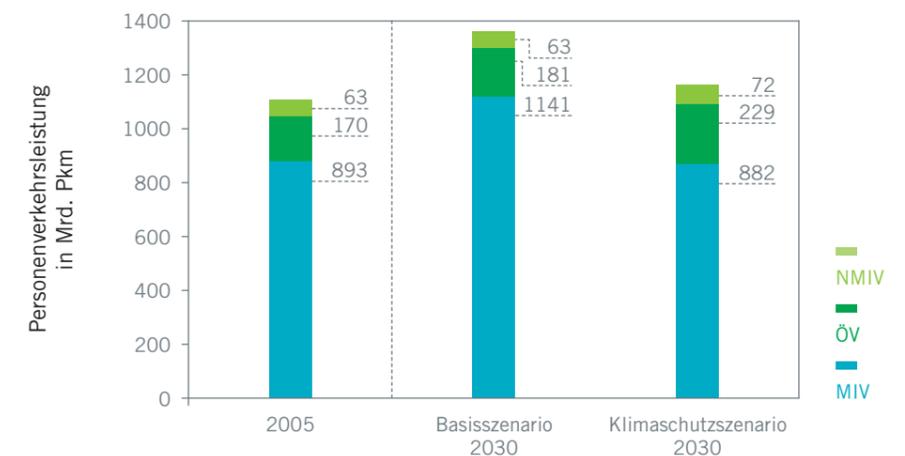
Die Entwicklung der Verkehrsnachfrage beeinflusst die zukünftigen Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors maßgeblich. Neben der absoluten Entwicklung der Verkehrsleistung ist die Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsmittel – der sogenannte Modal Split – aus Umweltsicht besonders relevant.

Im *Basisszenario* ergibt sich ein weiterer Anstieg der Verkehrsleistung bis 2030. Besonders stark fällt dieser im Güterverkehr aus. Welchen Einfluss die Maßnahmen des *Klimaschutzszenarios* auf die Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr haben, zeigen die folgenden Ergebnisse.



Entwicklung der Personenverkehrsleistung

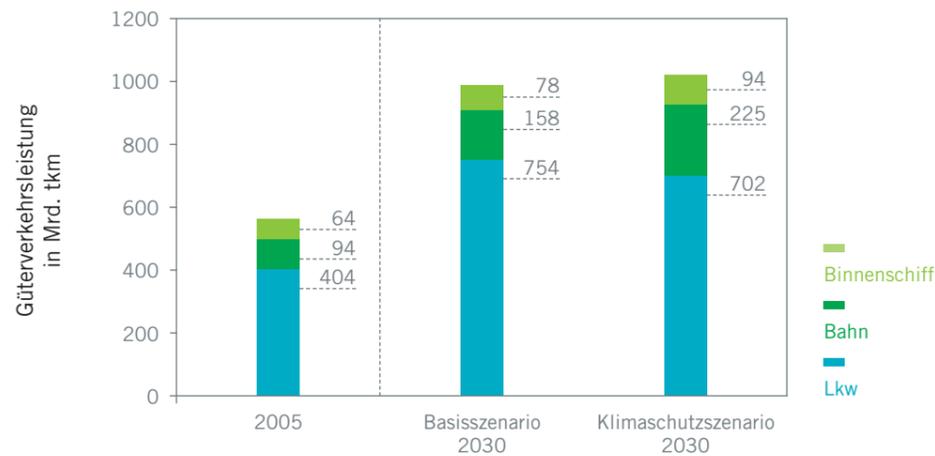
Im Personenverkehr sinkt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs bis 2030 zu Gunsten von Öffentlichem, Rad- und Fußverkehr.



Während die Verkehrsleistung im Personenverkehr im *Basisszenario* von RENEWABILITY II bis 2030 auf 1.385 Mrd. Personenkilometer ansteigt, fällt der Anstieg im *Klimaschutzszenario* deutlich niedriger aus. Hauptursachen sind die Minderung der Pkw-Verkehrsleistung (bzw. des MIV) aufgrund von höheren Wegekosten und die Förderung des Öffentlichen Verkehrs (ÖV). Im Jahr 2030 bedeutet dies einen Rückgang der Pkw-Verkehrsleistung um 23% gegenüber dem *Basisszenario*. Gleichzeitig verzeichnet der Öffentliche Verkehr einen Zuwachs von 26%. Weniger stark profitiert der nicht-motorisierte Verkehr (NMIV) mit einem Zuwachs der Verkehrsleistung von 15%. In der Summe wird die Verkehrsleistung im *Klimaschutzszenario* um etwa 200 Mrd. Personenkilometer reduziert. Folglich sind im *Klimaschutzszenario* neben verkehrsverlagernden Effekten (vom Pkw zum ÖV und NMIV) auch verkehrsvermeidende Effekte zu beobachten. In Hinsicht auf den daraus resultierenden Modal Split profitiert vor allem der Öffentliche Verkehr. Bezogen auf die Verkehrsleistung in Personenkilometern steigt sein Anteil im *Klimaschutzszenario* um 6,3%-Punkte auf 19,3% an. Dieser beinhaltet auch eine annähernde Verdopplung des innerdeutschen Luftverkehrs bis zum Jahr 2030. Die nicht-motorisierten Verkehre verzeichnen im Modal Split einen Zuwachs von 1,6%-Punkten auf 6,1% im Jahr 2030.

Entwicklung der Güterverkehrsleistung

Der prognostizierte Anstieg des Straßengüterverkehrs kann bis 2030 gedämpft werden. Gleichzeitig kann eine spürbare Verlagerung von der Straße auf die Bahn und Binnenschiffe erzielt werden.



Vergleicht man die Entwicklung der Güterverkehrsleistung zwischen Basis- und Klimaschutzszenario, so sind deutliche Veränderungen im Modal Split festzustellen. Der Straßengüterverkehr verliert im Jahr 2030 gegenüber dem *Basisszenario* mehr als 7%-Punkte, wohingegen der Schienengüterverkehr etwa 6%-Punkte und die Binnenschifffahrt etwa 1%-Punkt hinzugewinnen.

Im *Klimaschutzszenario* gelingt es vor allem durch die gezielte Förderung des Kombinierten Verkehrs und von Gleisanschlüssen, die Attraktivität der Einbindung von Schiene und Wasserstraße in die Transportketten zu erhöhen und Verkehre von der Straße auf die Schiene bzw. Binnenschiffe zu verlagern. Durch die Verbesserung der Schnittstellen zwischen den drei Verkehrsmitteln kann folglich das Wachstum der Verkehrsleistung beim Straßengüterverkehr reduziert werden.

Vor dem Hintergrund eines von 2005 bis 2030 um 73% wachsenden Güterverkehrsmarktes steigt auch im *Klimaschutzszenario* die Verkehrsleistung im Straßengüterverkehr (von 404 Mrd. auf über 700 Mrd. Tonnenkilometer) weiter deutlich an. Der Schienengüterverkehr erhöht sich bis 2030 auf 225 Mrd. Tonnenkilometer, also um 138% gegenüber dem Basisjahr 2005; die Verkehrsleistung der Binnenschifffahrt steigt im *Klimaschutzszenario* im selben Zeitraum um 46% (30 Mrd. Tonnenkilometer).

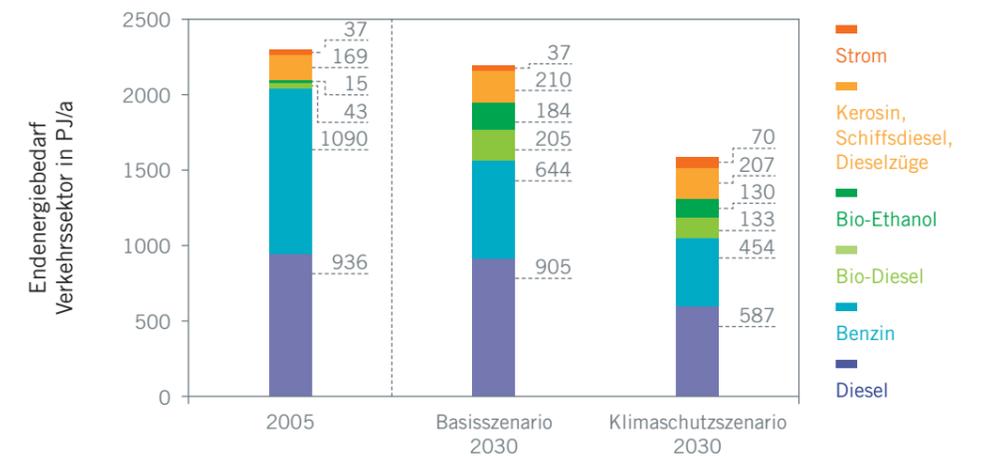
Der Straßengüterverkehr bleibt mit knapp 69% Anteil am Güterverkehrsmarkt weiterhin dominant, kann jedoch durch die Einführung des 25-Meter-Lkw und die Logistikoptimierung deutlich effizienter abgewickelt werden. Das beeinflusst neben dem veränderten Anteil der Verkehrsmittel auch die Fahrleistungen im Straßengüterverkehr insgesamt.

Ursachen für die im Vergleich zum *Basisszenario* geringfügig höhere Gesamtverkehrsleistung im *Klimaschutzszenario* 2030 sind die deutliche Verlagerung auf Binnenschiffe und Schiene sowie die damit verbundene Verlängerung der Transportstrecken, die durch notwendige Umwege verursacht wird. Kapazitätsengpässe insbesondere bezüglich der Schieneninfrastruktur könnten eine Restriktion für die dargestellte erhebliche Verlagerung auf den Schienenverkehr darstellen. Eine entsprechende Betrachtung der notwendigen Netzkapazitäten war jedoch nicht Bestandteil der durchgeführten Szenarioanalysen.

II. ENDENERGIEBEDARF UND TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Entwicklung des Endenergiebedarfs des Verkehrs

Der Endenergiebedarf kann bis 2030 um 31% gegenüber 2005 reduziert werden. Der Anteil fossiler Kraftstoffe sinkt deutlich, die Bedeutung erneuerbarer Energieträger nimmt zu.

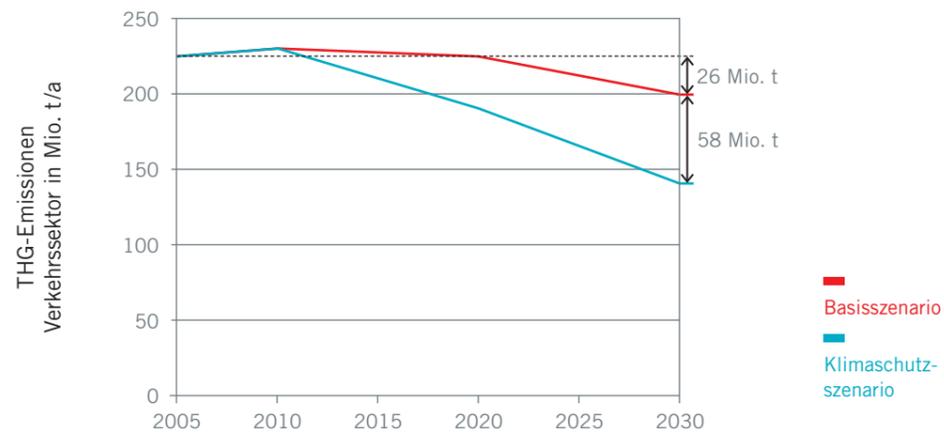


Im *Basisszenario* wird trotz eines weiteren Anstiegs der Verkehrsleistung eine Reduzierung des Endenergiebedarfs um etwa 4,5% bis 2030 erreicht. Dies ist insbesondere auf die fortschreitende Effizienzentwicklung zurückzuführen. Erst durch das Maßnahmenbündel des *Klimaschutzszenarios* sowie die damit verbundene Verringerung der Verkehrsleistung und Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel kann jedoch eine substantielle Minderung des Energiebedarfs gegenüber 2005 um 31% bis 2030 (um 14% bis 2020) erzielt werden. Dies bedeutet eine Verringerung des Endenergieeinsatzes im Verkehr

um etwa 710 Petajoule, was rechnerisch einer Einsparung von etwa 20 Mio. Liter Dieselmotorkraftstoff entsprechen würde. Gegenüber dem Ausgangsjahr 2005 reduziert sich der Anteil konventioneller mineralölbasierter Flüssigkraftstoffe im *Klimaschutzszenario* von 96% auf etwa 79%. Gleichzeitig verdreifacht sich der Stromanteil von 1,5% auf 4,5%. Die Biokraftstoff-Quote von 20% im Straßenverkehr im Jahr 2030 hat zur Folge, dass – bezogen auf den gesamten Verkehr – der Einsatz von Biokraftstoffen ausgehend von 2,6% im Jahr 2005 einen Anteil von fast 17% im Jahr 2030 erreicht.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Verkehrs

Bis 2030 können die Treibhausgasemissionen um mehr als 37% gegenüber 2005 verringert werden, wenn alle Maßnahmen umgesetzt werden.



Bereits im *Basisszenario* zeigt sich zwischen 2005 und 2030 trotz weiter ansteigender Verkehrsleistung eine deutliche Minderung der Treibhausgasemissionen um rund 12% (26 Mio. t). Hauptursachen sind die deutliche Effizienzverbesserung der Fahrzeuge sowie der steigende Anteil an Biokraftstoffen mit vorteilhafter Klimabilanz.

Im *Klimaschutzszenario* können mittels des Maßnahmenbündels die Treibhausgasemissionen des Verkehrs von 226 Mio. Tonnen im Jahr 2005 auf 142 Mio. Tonnen gesenkt werden. Die Reduzierung um 84 Mio. Tonnen bedeutet, dass der Verkehrssektor auf Grundlage der definierten Annahmen und Rahmenbedingungen bis 2030 durch die Absenkung der Treibhausgasemissionen um mehr als 37% gegenüber dem Basisjahr 2005 einen deutlichen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann.

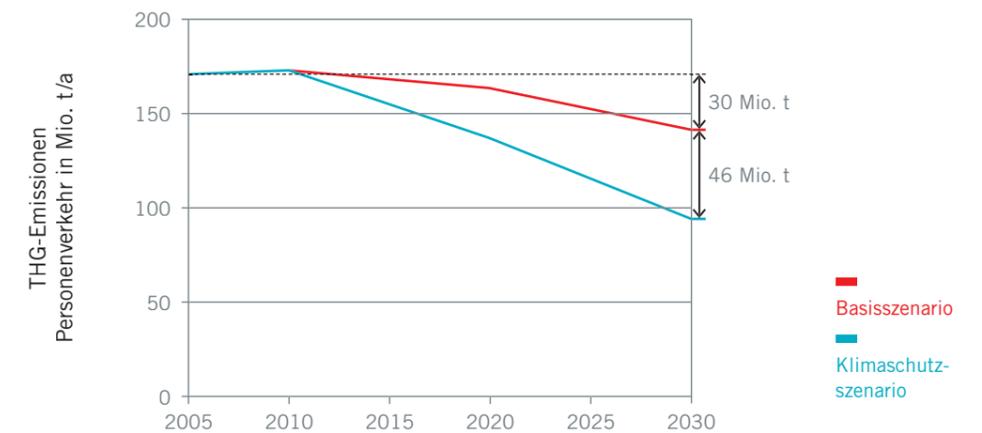
DIE SZENARIOERGEBNISSE IM KONTEXT DER KLIMASCHUTZBERICHTERSTATTUNG

Anders als im Projekt RENEWBILITY werden in der nationalen und internationalen Klimaschutzberichterstattung gemäß den Vereinbarungen im Kyoto-Protokoll *nur die direkten* Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors betrachtet. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Treibhausgasemissionen nicht auf das Jahr 2005, sondern auf die Ausgangssituation im Jahr 1990 bezogen. 1990 betrug die direkten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors 169 Mio. Tonnen. Sie erreichten 1999 mit 187 Mio. Tonnen ihren Höhepunkt. Bis 2005 sanken die Emissionen um etwa 14% auf 161 Mio. Tonnen – die Emissionen des Straßenverkehrs nahmen in diesem Zeitraum ab, die des Flugverkehrs zu.

Um eine Einordnung der Ergebnisse aus RENEWBILITY II in den Kontext der Klimaschutzberichterstattung zu ermöglichen, müssen von den bisher angegebenen gesamten Emissionen die indirekten Emissionen (Vorkettenemissionen und Materialvorleistungen) abgezogen werden. Für das *Klimaschutzszenario* in RENEWBILITY II ergeben sich direkte Treibhausgasemissionen in Höhe von rund 139 Mio. Tonnen im Jahr 2020 und von rund 103 Mio. Tonnen im Jahr 2030. Die Annahmen und Maßnahmen für den Verkehrsbereich, die von der Szenariogruppe zusammengestellt wurden, könnten damit bis 2020 wesentlich zu den nationalen Klimaschutzziele beitragen: Eine Minderung der direkten Treibhausgasemissionen des Verkehrs um etwa 18% ist möglich (im Vergleich zu 1990). Bis 2030 können sie um 39% gegenüber 1990 sinken. Dabei ist zu beachten, dass der internationale Luft- und Seeverkehr nicht Gegenstand der Betrachtung waren. Diese Bilanzgrenze passt zur Berichterstattung unter dem Kyoto-Protokoll, da der internationale Luft- und Seeverkehr dort nur »nachrichtlich« gemeldet wird und nicht Bestandteil der nationalen Gesamtinventare ist. Nach dem nationalen Inventarbericht Deutschlands machten die Emissionen des internationalen Luft- und Seeverkehrs im Jahr 2010 rund 18% der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs aus, während ihr Anteil zwanzig Jahre zuvor noch bei 11% lag. Im Kontext einer langfristigen Klimaschutzstrategie für den Verkehrssektor ist es daher wesentlich, auch diese stark wachsenden Bereiche in zukünftige Betrachtungen einzubeziehen und Maßnahmen zur Treibhausgasminderung zu formulieren.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs

Im Personenverkehr kann bis 2030 eine Minderung der Treibhausgasemissionen um 44% gegenüber 2005 erreicht werden.



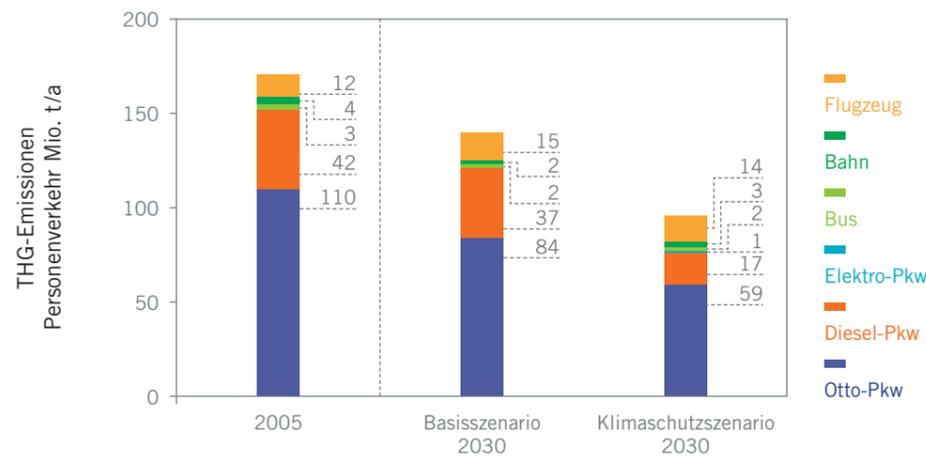
Im Personenverkehr werden bereits im *Basisszenario* ohne weitere emissionsmindernde Maßnahmen bis 2030 Reduktionen von 30 Mio. Tonnen gegenüber 2005 erreicht, obwohl die Verkehrsleistungen bis dahin weiter steigen. Die Minderungen bei gleichzeitig steigender Verkehrsleistung sind auf effizientere Pkw sowie auf den wachsenden Anteil an Biokraftstoffen zurückzuführen.

Die von der Szenariogruppe erarbeiteten Annahmen und Maßnahmen können darüber hinaus noch deutlich höhere Minderungspotenziale im Personenverkehr ausschöpfen: Die Reduktion der Treibhausgase summiert sich im *Klimaschutzszenario* auf 76 Mio. Tonnen bzw. 44 % bezogen auf das Jahr 2005. Wesentliche Ursachen sind der Rückgang der Verkehrsleistung, eine stärkere Verlagerung vom Pkw auf öffentliche und nicht-motorisierte Verkehrsmittel sowie ein höherer Marktanteil hocheffizienter Pkw – darunter eine deutlich zunehmende Anzahl an Fahrzeugen mit elektrischem Antrieb.

Die spezifischen Treibhausgasemissionen pro Personenkilometer können bis 2030 sogar um 47 % gegenüber 2005 verringert werden. Würde die Verkehrsleistung nicht wie prognostiziert bis 2030 weiter ansteigen, wäre im Personenverkehr entsprechend eine noch deutlichere Reduzierung der Treibhausgasemissionen realisierbar.

Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs differenziert nach Verkehrsmitteln

Bis 2030 kann der Anteil des Pkw-Verkehrs an den Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs gesenkt werden – er bleibt dennoch die dominierende Größe.

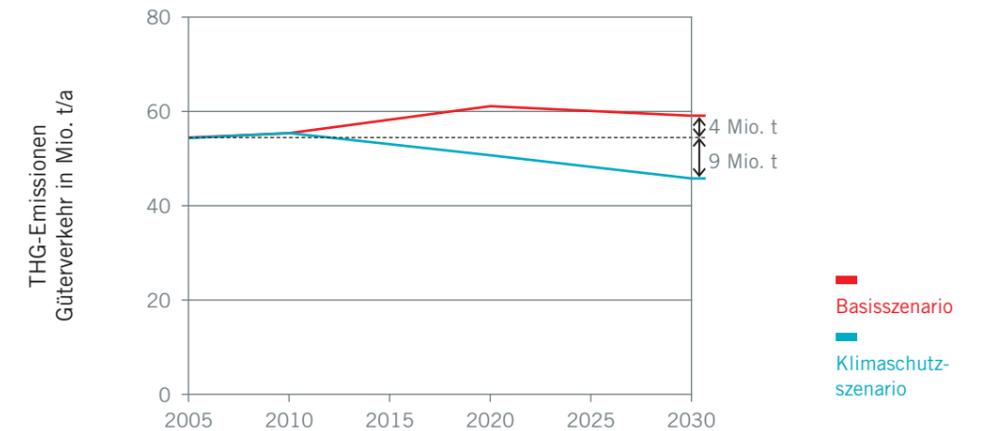


Der motorisierte Individualverkehr (Pkw und motorisierte Zweiräder) ist der größte Emittent von Treibhausgasen im Personenverkehr, leistet jedoch auch den größten Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen. Bereits im *Basisszenario* können die Emissionen von 152 Mio. Tonnen (2005) auf 121 Mio. Tonnen (2030) reduziert werden – dies bedeutet eine Verringerung um 20%.

Im *Klimaschutzszenario* kann bis 2030 insbesondere durch den Einsatz effizienterer Fahrzeuge und eine geringere Pkw-Fahrleistung eine Halbierung der Emissionen auf 77 Mio. Tonnen erzielt werden. Der Anteil des motorisierten Individualverkehrs an den Gesamtemissionen des Personenverkehrs sinkt damit von 90% im Jahr 2005 auf 80% im Jahr 2030. Der Anteil von Bus und Bahn an den Gesamtemissionen steigt angesichts der Verlagerung von Pkw-Fahrten auf öffentliche Verkehrsmittel leicht an, wenngleich auch für diese Verkehrsmittel die absoluten Treibhausgasemissionen durch den Einsatz effizienterer Fahrzeuge sinken. Der Anteil des nationalen Luftverkehrs an den Gesamtemissionen verdoppelt sich von 7% im Jahr 2005 auf über 14% im Jahr 2030. Die Ursache für diese Entwicklung liegt in der deutlichen Zunahme der Verkehrsleistung im innerdeutschen Luftverkehr begründet. Im *Klimaschutzszenario* wird die Annahme einer Minderung des Kraftstoffverbrauchs von neu zugelassenen Flugzeugen von über 35% bis 2030 berücksichtigt.

Entwicklung der Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs

Im Güterverkehr kann eine Trendumkehr erreicht und bis 2030 eine Minderung der Treibhausgasemissionen um knapp 17% gegenüber 2005 erzielt werden.



Im *Basisszenario* steigen die Treibhausgasemissionen des Güterverkehrs zunächst bis 2020 weiter an. Zwar erhöht sich der Energiebedarf auch im Zeitraum von 2020 bis 2030 angesichts einer weiter zunehmenden Güterverkehrsleistung, ein weiterer Anstieg der Treibhausgasemissionen kann jedoch durch den höheren Anteil von Biokraftstoffen mit günstiger Klimabilanz vermieden werden. So liegen 2030 die Emissionen des Güterverkehrs im *Basisszenario* nur noch rund 4 Mio. Tonnen über den Emissionen des Jahres 2005.

Mit den Maßnahmen des *Klimaschutzszenarios* können hingegen zwischen 2005 und 2030 die Treibhausgasemissionen um 9 Mio. Tonnen und damit um knapp 17% gemindert werden. Wesentliche Treiber für diese Entwicklung sind die Verlagerung von Transporten von der Straße auf die Bahn und Binnenschiffe sowie die Optimierung von Transporten und eine weitere Steigerung der Fahrzeugeffizienz.

Die Verringerung der spezifischen Treibhausgasemissionen pro Tonnenkilometer im *Klimaschutzszenario* um 54% bis zum Jahr 2030 zeigt die große Bedeutung des Güterverkehrswachstums. Aufgrund des deutlichen Anstiegs der Güterverkehrsleistung bis 2030 hat die Halbierung der spezifischen Transportemissionen nur eine Minderung der absoluten Treibhausgasemissionen um knapp 17% zur Folge. Im Umkehrschluss bedeutet dies jedoch auch: Könnte die Güterverkehrsleistung auf dem Niveau von 2005 stabilisiert werden, wäre eine Halbierung der Treibhausgasemissionen bis 2030 möglich.

Treibhausgas-emissionen des Güterverkehrs differenziert nach Verkehrsmitteln

Die Treibhausgasemissionen im Güterverkehr werden auch im Jahr 2030 vom Straßenverkehr dominiert.



Der Straßengüterverkehr (inklusive Transitverkehr) bleibt 2030 sowohl im *Basis-* als auch im *Klimaschutzszenario* der dominierende Treibhausgasemittent im Güterverkehr (90 bzw. 84%). Im *Klimaschutzszenario* kann der Straßengüterverkehr durch die technische Effizienzsteigerung der Fahrzeuge sowie die Verlagerung von Transporten auf Binnenschiff und Schiene mit 11 Mio. Tonnen den größten Minderungsbeitrag im Güterverkehr erzielen. Im Schienen- und Binnenschiffverkehr steigen die Emissionen hingegen bis 2030 gegenüber 2005 um 45% (1,1 Mio. t) bzw. 38,5% (1,0 Mio. t) an. Zurückzuführen ist dies auf die Steigerung der Verkehrsleistung um 131 Mrd. Tonnenkilometer (+138%) im Schienengüterverkehr und um 30 Mrd. Tonnenkilometer (+46%) bei Binnenschiffen. Der Anteil an den Gesamtemissionen des Güterverkehrs steigt für die Bahn von 4% auf 7% und für Binnenschiffe von 5% auf 9%.

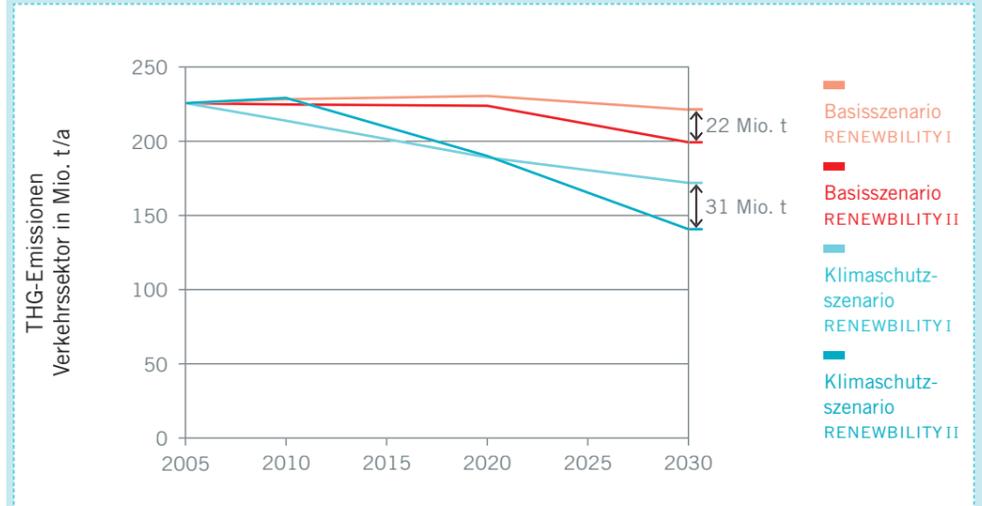
RENEWBILITY I & II: DIE SZENARIOERGEBNISSE IM JEWEILIGEN KONTEXT

Das im Rahmen des Projekts RENEWBILITY II entwickelte Klimaschutzszenario geht mit einer Minderung der Treibhausgasemissionen um mehr als 37% gegenüber dem Basisjahr 2005 deutlich über die im Klimaschutzszenario des Vorgängerprojekts RENEWBILITY I erzielte Reduzierung der Treibhausgasemissionen von 23% hinaus. Verantwortlich für diese im Vergleich höhere Treibhausgas-minderung sind aber nicht alleine die ambitionierteren Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr. Auch die gegenüber RENEWBILITY I deutlich veränderten Rahmenbedingungen haben einen großen Einfluss. Eine direkte Gegenüberstellung der Ergebnisse der beiden Klimaschutzszenarien ist daher nur bedingt möglich und sollte für eine sinnvolle Interpretation der Ergebnisse im Kontext des jeweiligen Basisszenarios erfolgen.

Das Basisszenario in RENEWBILITY II unterscheidet sich von RENEWBILITY I vor allem in Bezug auf die Berücksichtigung der durch die Wirtschafts- und Finanzkrise veränderten sozio-ökonomischen Rahmendaten sowie der aktuellen EU-Emissionsstandards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge. So führt ein geringeres Wirtschaftswachstum im Basisszenario zu einem geringeren Anstieg des Güterverkehrsaufkommens. Während dieses in RENEWBILITY I bis 2030 noch um über

Treibhausgas-emissionen im Verkehr – Vergleich der Szenarioergebnisse aus RENEWBILITY I und RENEWBILITY II

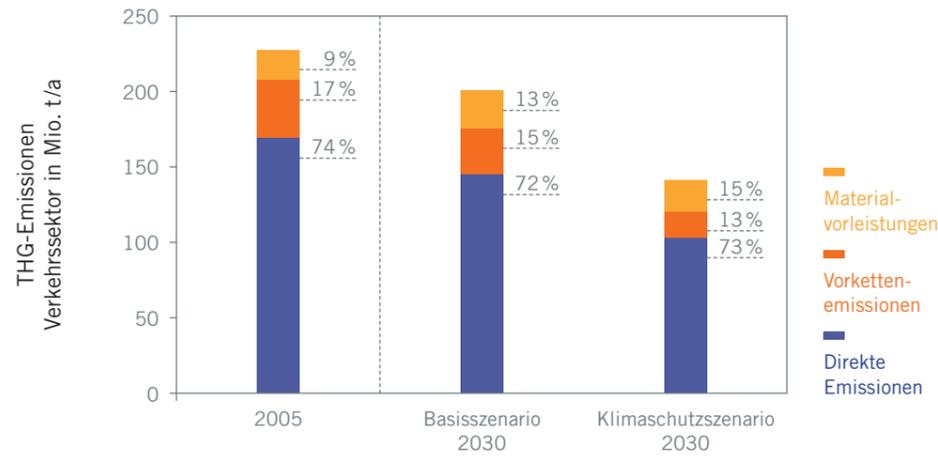
90% ansteigt (im Vergleich zu 2005), fällt das Wachstum in RENEWBILITY II im selben Zeitraum mit etwa 75% deutlich geringer aus. In RENEWBILITY II kann daher der Güterverkehr anders als im Vorgängerprojekt bereits im Basisszenario den Trend ansteigender Treibhausgasemissionen nach 2020 umkehren. Zusätzlich fällt die Minderung der Treibhausgasemissionen des Personenverkehrs im Basis-szenario von RENEWBILITY II höher aus als im Vorgängerprojekt. Ursache ist die Berücksichtigung ambitionierterer CO₂-Emissionsstandards bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen.



Bei der Bewertung der Ergebnisse ist daher zu beachten, dass das RENEWBILITY II-Klimaschutzszenario auf einem deutlich geringeren Emissionsniveau im Basisszenario aufbaut: 2030 werden im RENEWBILITY II-Basisszenario 22 Mio. Tonnen Treibhausgase weniger emittiert als im Basisszenario des Vorgängerprojekts. Darüber hinaus führt die ambitioniertere Ausgestaltung der Maßnahmen in RENEWBILITY II zu einer gegenüber RENEWBILITY I zusätzlichen Treibhausgas-minderung in Höhe von 9 Mio. Tonnen. Im RENEWBILITY II-Klimaschutzszenario werden daher 2030 insgesamt 31 Mio. Tonnen Treibhausgase weniger emittiert als im Klimaschutz-szenario von RENEWBILITY I.

Direkte und indirekte Treibhausgasemissionen

Der Einsatz effizienterer Fahrzeuge und alternativer Kraftstoffe führt zu geringeren direkten und indirekten Emissionen – der Anteil der Emissionen aus der Fahrzeugproduktion steigt leicht an.

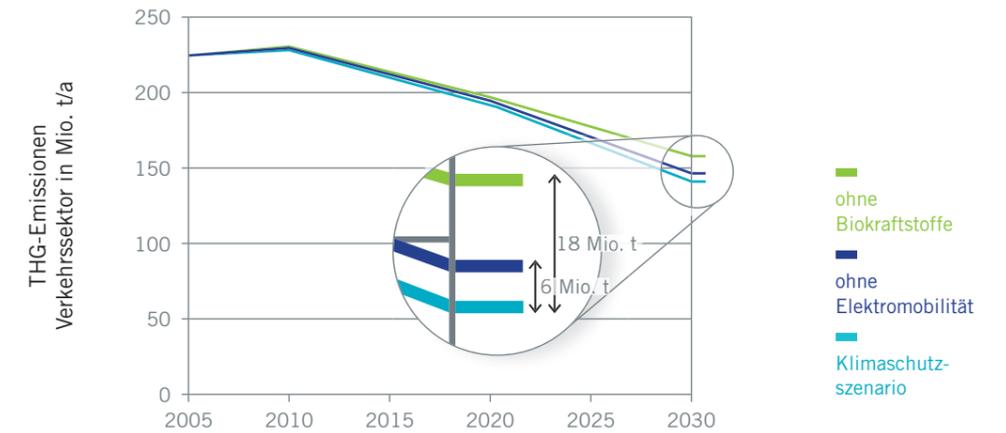


Effizientere Fahrzeuge zeichnen sich durch geringere Emissionen im Fahrbetrieb aus. Durch den zunehmenden Einsatz von alternativen Kraftstoffen wie Fahrstrom aus erneuerbaren Energien und Biokraftstoffen aus nachhaltiger Erzeugung können auch die Vorkettenemissionen der Kraftstoffe – also Emissionen, die bei der Kraftstoffbereitstellung entstehen – im Laufe der Zeit verringert werden. Bereits im *Basisszenario* sinken die Vorkettenemissionen bis 2030 durch den zunehmenden Einsatz nachhaltig erzeugter Biokraftstoffe. Im *Klimaschutzszenario* können die Emissionen der Kraftstoffvorketten durch den Einsatz von Strom aus ausschließlich erneuerbaren Energien für Elektromobilität weiter gesenkt werden.

Allerdings erhöhen sich die Emissionen bei der Herstellung der Fahrzeuge durch die energieintensivere Produktion und Verarbeitung von neuen Werkstoffen, wie beispielsweise bei der Hybridisierung des Fahrzeugantriebs. Im *Klimaschutzszenario* steigt der Anteil der Materialvorleistungen an den Gesamtemissionen deutlich an, da zunehmend effizientere Fahrzeuge – darunter etwa sechs Millionen Elektrofahrzeuge – zum Einsatz kommen, die sich von herkömmlichen Pkw durch höhere Energieaufwendungen in der Produktion unterscheiden. Im Kontext einer Verringerung der Treibhausgasemissionen im *Klimaschutzszenario* um insgesamt mehr als 37% bis zum Jahr 2030 sind diese Veränderungen jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Treibhausgasreduzierung durch den Einsatz von Biokraftstoffen und Elektrofahrzeugen

Der Einsatz von nachhaltig erzeugten Biokraftstoffen und erneuerbaren Energien für Elektrofahrzeuge kann die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 24 Mio. Tonnen reduzieren.



Im *Klimaschutzszenario* kommen im Bereich der Pkw und leichten Nutzfahrzeuge bis 2030 mehr als sechs Millionen Plug-In-Hybrid- und batterieelektrische Fahrzeuge zum Einsatz und substituieren damit konventionelle verbrennungsmotorische Fahrzeuge. Der Strombedarf der Fahrzeuge wird durch den zusätzlichen Ausbau von erneuerbaren Energien gedeckt. Unter diesen Rahmenbedingungen tragen Elektrofahrzeuge 2030 zu einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 6 Mio. Tonnen bei – dies entspricht 4% der Gesamtemissionen.

Der Einsatz von Biokraftstoffen steigt im *Klimaschutzszenario* im Zeitraum von 2005 bis 2030 von 59 auf 227 Petajoule und vervierfacht sich damit nahezu. Gleichzeitig verbessert sich die Klimabilanz der Biokraftstoffe gegenüber dem *Basisszenario* deutlich. Die zusätzlichen Nachhaltigkeitsanforderungen an die Biomasse-Importe beinhalten den Anbau mehrjähriger Pflanzen auf degradierten Flächen, wodurch sich der Bodenkohlenstoff erhöht. Insgesamt hat der im *Klimaschutzszenario* verwendete Biokraftstoff-Mix aus heimischer und importierter Biomasse dadurch im Jahr 2030 einen negativen Emissionsfaktor von -5 g CO₂/MJ Kraftstoff, d.h. bei der Betrachtung der gesamten Kette vom Anbau bis zur Verbrennung kommt es durch den Einsatz der Biokraftstoffe absolut gesehen zu einer CO₂-Reduktion. Zum Vergleich: Die spezifischen Emissionen von konventionellen Kraftstoffen einschließlich der Vorketten betragen 90 bzw. 86 g CO₂/MJ (für Otto- bzw. Dieselmotor).

Im Jahr 2030 mindert der Einsatz nachhaltig erzeugter Biokraftstoffe im *Klimaschutzszenario* die Treibhausgasemissionen im Verkehr unter den getroffenen Annahmen um 12% bzw. 18 Mio. Tonnen.

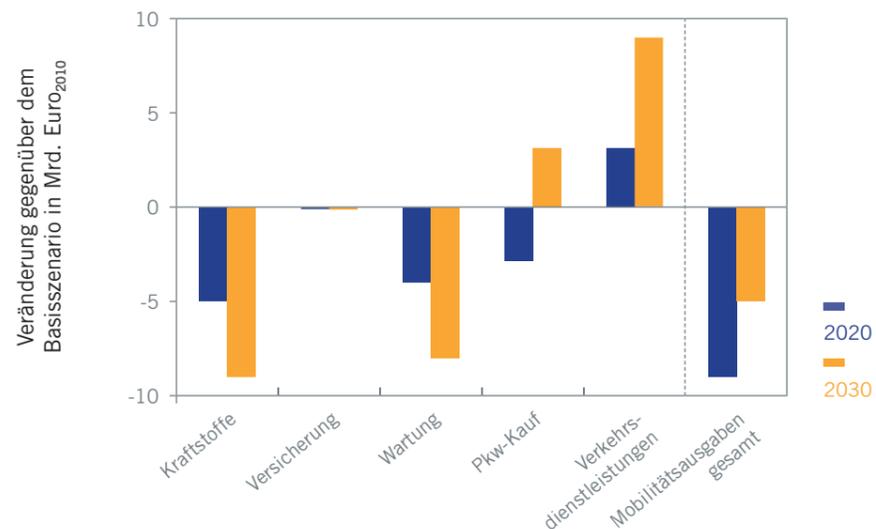
III. ÖKONOMISCHE EFFEKTE

Das Ziel im Klimaschutzscenario – die Senkung von Treibhausgasemissionen – wird durch die Einführung verschiedener Maßnahmen erreicht. Diese beeinflussen direkt die Verkehrsnachfrage und indirekt andere Teile der Wirtschaft, die im Zusammenhang mit dem Verkehrssektor stehen. Um diese Effekte im Projekt RENEWBILITY II aufzuzeigen und bei der gesellschaftlichen Bewertung der Ergebnisse zu berücksichtigen, wurde das ökonomische Modell ASTRA-D in die Modellkette integriert.

Die ermittelten ökonomischen Effekte des Klimaschutzscenario sind in den folgenden Darstellungen jeweils als Veränderung gegenüber dem Basisszenario dargestellt.

Veränderung der Mobilitätsausgaben für Haushalte

Ambitionierter Klimaschutz im Verkehr kann die Mobilitätsausgaben von Haushalten verringern. Für die Pkw-Nutzung stehen höheren Investitionskosten bei der Neuanschaffung geringere Kilometerkosten gegenüber.

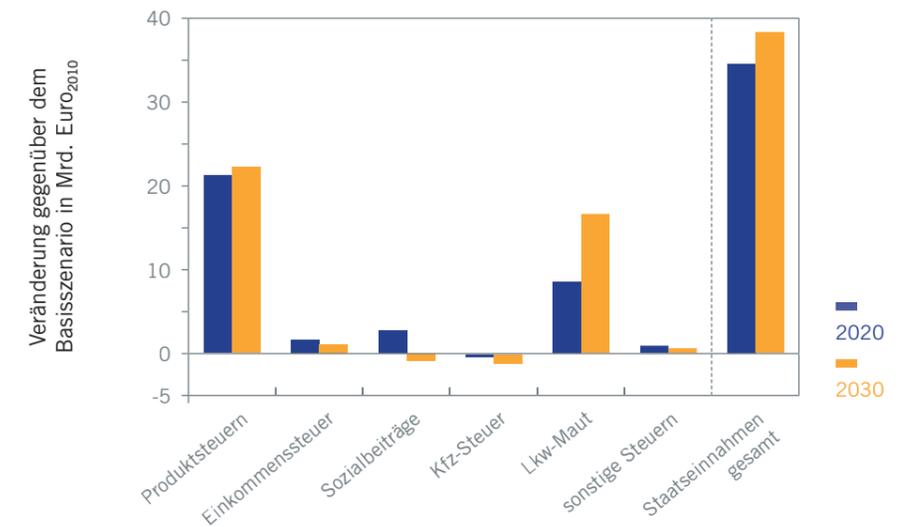


Die ambitioniertere Effizienzsteigerung von Neuwagen führt im Klimaschutzscenario trotz höherer Kraftstoffpreise bis 2030 zu niedrigeren Kraftstoffausgaben als im Basisszenario. Die reduzierte Fahrleistung hat darüber hinaus sinkende Wartungskosten zur Folge. Im Jahr 2020 verringern sich die Ausgaben für den Pkw-Kauf, da die Zusatzkosten für effizientere Fahrzeuge zunächst durch den Trend hin zu kleineren Benzin-Pkw überkompensiert werden. In den Folgejahren führt jedoch insbesondere die verstärkte Nachfrage nach Pkw mit elektrischem Antrieb zu höheren Investitionskosten als im Basisszenario.

Gleichzeitig haben Haushalte durch die geänderte Verkehrsmittelwahl – also die geringere Nutzung des eigenen Pkw – höhere Ausgaben für öffentliche Verkehrsdienstleistungen. Durch die erzielten Einsparungen im Pkw-Bereich werden die Mehrausgaben für öffentliche Verkehrsdienstleistungen im Klimaschutzscenario jedoch überkompensiert, so dass die Haushalte insgesamt weniger für Mobilität ausgeben als dies im Basisszenario 2030 der Fall ist.

Veränderung der Staatseinnahmen

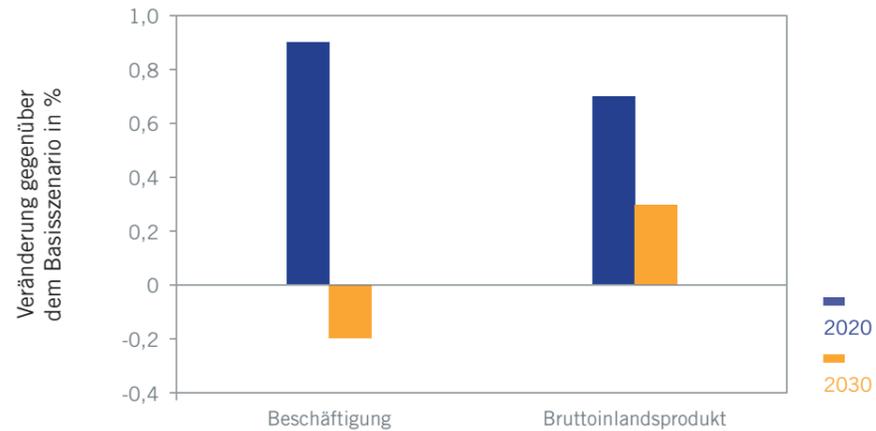
Höhere Steuern und die Ausweitung der Lkw-Maut tragen maßgeblich zur Erhöhung der Staatseinnahmen bei.



Auch aus Sicht des Staates sind die Maßnahmen des Klimaschutzscenario positiv: Hauptsächlich durch die deutliche Erhöhung der Kraftstoffsteuer – welche den überwiegenden Anteil der Produktsteuern darstellt – und die Ausweitung der Lkw-Maut steigen seine Gesamteinnahmen spürbar an. Die übrigen Indikatoren bleiben aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nahezu unverändert.

 Veränderung von
 Bruttoinlandsprodukt
 und Beschäftigungs-
 quote

Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor können einen zusätzlichen Wachstumsimpuls auf die Volkswirtschaft auslösen.



Zu den wichtigsten Rahmendaten einer Volkswirtschaft zählen das Bruttoinlandsprodukt (BIP) und die Zahl der Beschäftigten. In der Gegenüberstellung der Szenarien sind die Ergebnisse uneinheitlich: Während das Bruttoinlandsprodukt im *Klimaschutzszenario* sowohl 2020 als auch 2030 höher ist als im *Basisszenario*, liegt die Gesamtzahl der Beschäftigten im *Klimaschutzszenario* 2030 leicht unter den Werten der Beschäftigung im *Basisszenario*.

Die Wirkungen fallen insgesamt jedoch relativ moderat aus. In obiger Abbildung sind die Veränderungen der Indikatoren BIP und Beschäftigung in Prozent gegenüber dem *Basisszenario* im jeweiligen Betrachtungsjahr dargestellt. Sie bewegen sich in einem Schwankungsbereich von unter einem Prozent.

Der positive Impuls auf das Wirtschaftswachstum bei gleichzeitig sinkender Beschäftigung erklärt sich bei einer differenzierteren Betrachtung der Sektoren. Im *Klimaschutzszenario* gewinnen Sektoren mit hoher Arbeitsproduktivität an Bedeutung. Im Ergebnis führt dies dazu, dass die Beschäftigung trotz steigender Wirtschaftsleistung unter dem Niveau des *Basisszenarios* im Jahr 2030 bleibt.

Generell wurde bei der ökonomischen Modellierung Wert darauf gelegt, konservative Annahmen zu treffen: So werden zum Beispiel sämtliche Mehreinnahmen, die durch die Erhöhung der Mineralölsteuer entstehen, zum Schuldenabbau verwendet. Alternative Annahmen, wie beispielsweise die Senkung der Einkommenssteuer durch die Mehreinnahmen, können das wirtschaftliche Gesamtergebnis zusätzlich positiv beeinflussen. Die Definition eines solchen Maßnahmenprogramms lag aber außerhalb der Systemgrenze des Projektes RENEWABILITY II und wurde daher nur im Rahmen von Sensitivitätsanalysen geprüft.

GRUNDLAGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN: DER MODELLVERBUND

Die fundierte Betrachtung von Szenarien für einen nachhaltigen und klimaschonenden Verkehr bis zum Jahr 2030 erfordert ein Analyseinstrumentarium, welches die Wirkung von Maßnahmen und veränderten Rahmenbedingungen auf den Verkehrssektor quantifiziert.

Der RENEWBILITY-Modellverbund wurde über die Vorhabenlaufzeit kontinuierlich weiterentwickelt und setzt sich aus fünf Hauptmodulen zusammen: der Technologiedatenbasis, dem Fahrzeugbestandsmodul, der Verkehrsnachfragemodellierung, der Stoffstromanalyse sowie dem ökonomischen Modell. Diese stehen über zahlreiche Schnittstellen miteinander in Beziehung und bilden jeweils zentrale Dimensionen des Verkehrs modellhaft ab. Der Modellverbund ermöglicht es, Maßnahmenbündel integriert und unter Berücksichtigung möglicher Wechselwirkungen zu betrachten und Wirkungen auf die Entwicklung des Fahrzeugbestands und der Verkehrsnachfrage sowie die Veränderung des Energiebedarfs und der Emissionssituation des Verkehrs zu quantifizieren. Durch die Integration des ökonomischen Modells ASTRA-D können außerdem Aussagen zu den volkswirtschaftlichen Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr getroffen werden, die Rückwirkung einer veränderten

Wirtschaftsentwicklung auf die Verkehrsnachfrage kann abgebildet werden.

Die Entwicklung des Analyseinstrumentariums wurde im Rahmen des Szenarioprozesses durch die beteiligten Stakeholder begleitet und fand in enger Kopplung zur Szenarioentwicklung statt.

TECHNOLOGIEDATENBASIS

Um zu simulieren, wie sich das Angebot an Fahrzeugen und Kraftstoffen entwickeln wird, ist eine umfangreiche Datenbasis mit technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien notwendig, die auch vorgelagerte Prozessketten (Produktion von Kraftstoffen und Fahrzeugen) einbezieht. Die Technologiedatenbasis bei RENEWBILITY enthält Daten zu den Antriebstechnologien aller relevanten Verkehrsmittel sowie zur Bereitstellung der Kraftstoffe, wobei systematisch auch alternative Antriebs- und Kraftstofftechnologien berücksichtigt wurden. Im Rahmen von RENEWBILITY wurde eine umfassende *Technologiedatenbasis* für alle relevanten *Verkehrsträger* – Straße, Schiene, Wasser, Luft – und Antriebstechnologien jeweils für die Zeithorizonte 2010, 2020 und 2030 entwickelt. Dabei wurden für Pkw und schwere Nutzfahrzeuge bis zu vier

Effizienzvarianten definiert. Die wesentlichen Daten, die in die Technologiedatenbank aufgenommen wurden, sind Kraftstoffverbrauch, Schadstoffemissionen (basierend auf dem Modell TREMOD), Investitionskosten und die Materialzusammensetzung der Fahrzeuge. Der jeweils dokumentierte fahrzeugspezifische Energiebedarf stellt einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch unter Realbedingungen dar. Für Pkw liegt der Wert deutlich über dem im Normzyklus (NEFZ) ermittelten Kraftstoffverbrauch.

Im Rahmen von RENEWBILITY II wurden die Fahrzeugtechnologiedaten an aktuelle Entwicklungen angepasst und insbesondere die Annahmen zur Entwicklung von Elektrofahrzeugen aktualisiert.

Zusätzlich wurde eine stoffstrombezogene *Technologiedatenbasis* für die Bereitstellung von fossilen Energieträgern und für *Kraftstoffe* aus erneuerbaren Energien, insbesondere Biokraftstoffe, erstellt. Diese erfasst die Angebotsseite, also die Potenziale, Treibhausgasemissionen und Kosten für den Betrachtungszeitraum bis 2030.

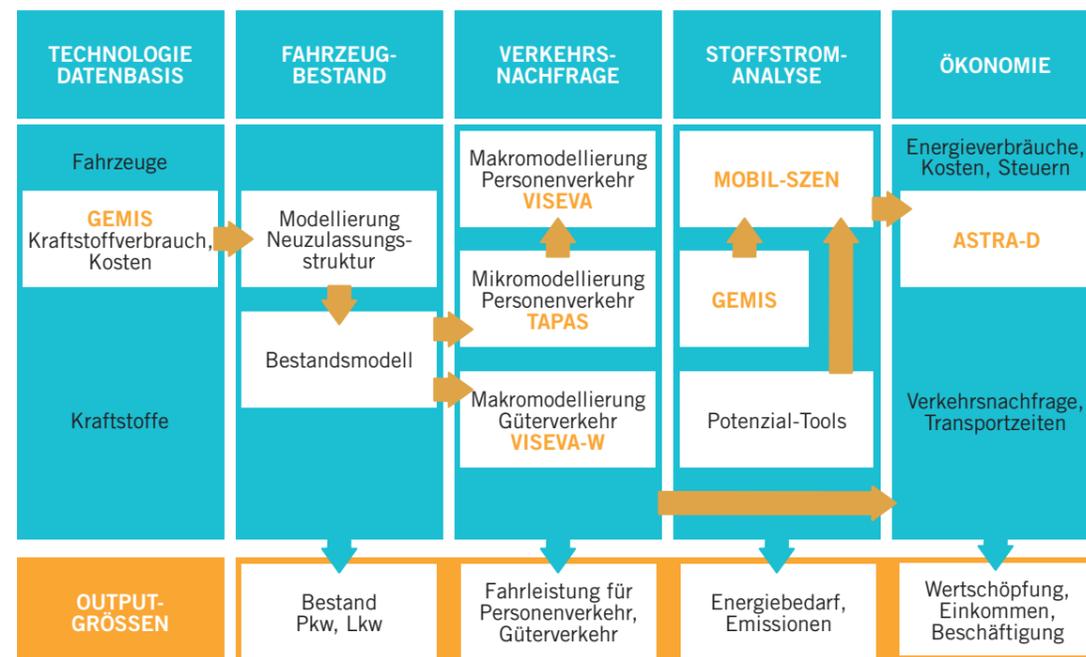
Die Daten wurden im Stoffstrom-Werkzeug GEMIS (Globales Emissions-Modell integrierter Systeme, www.gemis.de) gespeichert. GEMIS ist ein so genanntes Prozesskettenmodell, das die Bilanzierung von kompletten Produktlebenszyklen erlaubt.

MODELLIERUNG DES FAHRZEUGBESTANDS

Die Technologiedatenbasis bildet die Grundlage für die Simulation des Fahrzeugbestands bis 2030. Das Bestandsmodell simuliert für den Betrachtungszeitraum die Entwicklung des Fahrzeugbestands für alle Verkehrsmittel und berücksichtigt sowohl die jährlichen Neuzulassungen als auch die Fahrzeuge, die abgemeldet werden und damit aus dem Bestand ausscheiden. Die Fahrzeuge im Bestand werden differenziert nach Antriebsart, eingesetztem Kraftstoff und Größenklasse betrachtet und können mit unterschiedlichen Effizienzvarianten aus der Technologiedatenbank verknüpft werden. In Abhängigkeit von der Maßnahmenausgestaltung im Szenario ergibt sich so eine jeweils spezifische Neuzulassungsstruktur, welche die weitere Entwicklung des Bestands beeinflusst. Der EU-CO₂-Emissionsstandard für Pkw führt beispielsweise im Modell zum Kauf besonders effizienter Fahrzeugvarianten und bewirkt in den Folgejahren einen deutlichen Rückgang des Kraftstoffverbrauchs im Flottenmix.

Der für das jeweilige Szenario simulierte Fahrzeugbestand stellt in Bezug auf den ermittelten spezifischen Energiebedarf und die damit verbundenen Kilometerkosten des jeweiligen Fahrzeugtyps eine maßgebliche Eingangsgröße für die Modellierung der Verkehrsnachfrage dar.

Der RENEWBILITY-Modellverbund und die Interaktion der verschiedenen Module



Es liefert Ergebnisse zu:

- » den Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen,
- » der Verfügbarkeit von Rohstoffen bzw. Reststoffen für die Biokraftstoff-Produktion,
- » dem Ressourcenbedarf und der Flächeninanspruchnahme sowie
- » den Kosten.



DIE MODELLIERUNG DER VERKEHRSNACHFRAGE

Die in RENEWABILITY II eingesetzten Verkehrsmodelle ermöglichen es, die Wirkung von Maßnahmen und veränderten Rahmenbedingungen auf die Verkehrsnachfrage im Personen- und Güterverkehr zu quantifizieren.

In RENEWABILITY II wurde als zusätzlicher Modellschritt gegenüber RENEWABILITY I eine Rückkopplung der Verkehrsmodelle für den Personen- und Güterverkehr mit dem ökonomischen Modell ASTRA-D vorgenommen. So konnten Veränderungen von wichtigen ökonomischen Kenngrößen mit der Simulation des Verkehrs verbunden werden. Relevante Parameter waren hier die Tonnage, die Beschäftigtenzahl und die Einwohnerzahl. Diese haben eine große Bedeutung für die Verkehrsnachfrage, so dass ihre Veränderung die Modellergebnisse stark beeinflusst. Die Daten wurden, nach Raumregionen in Deutschland unterschieden und nach den inhaltlichen Ansprüchen der Verkehrsmodellierung ausdifferenziert, im ökonomischen Modell ASTRA-D berechnet und in den Verkehrsmodellen genutzt.

Der Personenverkehr

Um künftige Veränderungen bei der Nachfrage im Personenverkehr möglichst realitätsnah abzubilden, wurde ein Modellansatz gewählt, der das unterschiedliche Verkehrsverhalten einzelner Bevölkerungsgruppen dezidiert

berücksichtigt. Dies gelingt durch die so genannte *mikroskopische Modellierung*, die das Verhalten von typisierten Einzelpersonen und Haushalten simuliert. Damit können nicht nur Verhaltensunterschiede zwischen Personengruppen, sondern auch unterschiedliche Reaktionen der Verkehrsteilnehmer auf bestimmte Rahmenbedingungen abgebildet werden. Da das Mobilitätsverhalten von Menschen stets auch von räumlichen Gegebenheiten abhängt, werden neben den individuellen Eigenschaften der betrachteten Personentypen auch drei Raumtypen (ländlich, verstädtert, hoch verdichtet) berücksichtigt, in denen diese Personen leben und arbeiten.

Das eingesetzte Modell simuliert und interpretiert das Verkehrsverhalten als Ergebnis von Aktivitätsmustern. Es modelliert das gesamte Verkehrsaufkommen, indem quasi für jeden Einwohner einer Stadt oder Region die Mobilitätsnachfrage bestimmt wird. Diese »synthetische Bevölkerung« wird aus unterschiedlichen Datenquellen zu sozio-ökonomischen Personenmerkmalen erstellt, um der Realität möglichst nahe zu kommen. Durch die Abbildung der Örtlichkeiten, die für die Mobilität entscheidend sind, und mit Hilfe eines Moduls zur Verkehrsmittelwahl werden die Ortsveränderungen (Wege) der einzelnen Personentypen modelliert.

DAS MIKROMODELL: EIN TAG IM LEBEN EINER MOBILEN EINZELPERSON

Im Mikromodell wird zum Beispiel für einen berufstätigen Autofahrer im Alter zwischen 25 und 44 Jahren ein empirischer Tagesplan festgelegt. Für alle mobilitätsrelevanten Aktivitäten, beispielsweise den Einkauf, wird bestimmt, welche Ziele in Frage kommen und wie die Person dorthin gelangt. Vorausgesetzt wird bei der Zielwahl etwa, dass die Person nahe gelegene Einkaufszentren mit großem Angebot eher auswählt als schlechter erreichbare mit kleinem Angebot.

Die simulierte Person nutzt je nach zeitlichem und finanziellem Aufwand – der im Modell nach Einkommen und Haushaltsgröße variiert wird – für ihren Einkauf dann zum Beispiel den ÖPNV, wenn er einen wesentlichen Zeitvorteil bietet, oder das Fahrrad für kurze Strecken. Das Auto steht der Person nicht immer zur Verfügung, da es auch von anderen Haushaltsmitgliedern genutzt wird.

Ziele und Verkehrsmittel für alle anderen Aktivitäten des Tages wählt die Person nach dem gleichen Muster aus. Am Abend – nach Beendigung aller Aktivitäten – überprüft das Simulationsmodell, ob die notwendige Mobilität zeitlich und finanziell umsetzbar ist. Ist das nicht der Fall, wird die Person ein weiteres Mal mit anderen Zielen und Verkehrsmitteln auf die virtuelle Reise geschickt.

Die Ergebnisse, die mit dem Mikromodell exemplarisch für die drei Raumtypen erzielt werden, wurden für die Verwendung in einem makroskopischen Nachfragemodell so aggregiert, dass eine Bewertung der Maßnahmen mit Bezug auf die gesamte Verkehrsleistung in Deutschland möglich wird.

Mobil zu sein ist für viele Menschen gleichbedeutend damit, ein eigenes Auto zu besitzen. Gleichzeitig bestimmt der motorisierte Individualverkehr wesentlich den Einfluss des Personenverkehrs auf das Klima und auch auf die Mobilitätskosten des Einzelnen. Die Entscheidungsprozesse beim Kauf eines Autos nehmen daher einen hohen Stellenwert ein, da das erworbene Pkw-Modell Kosten und Emissionen über einen langen Zeitraum wesentlich beeinflusst. Zur Bestimmung der künftigen Struktur der Neuzulassungen wird bei RENEWABILITY deshalb ein ökonomisches Modell verwendet. Es handelt sich hierbei nicht um eine Prognose des Kundenverhaltens. Vielmehr wird die Möglichkeit geschaffen, wahrscheinliche Auswirkungen technischer und preislicher Veränderungen im Automarkt auf die Nachfrage abzuschätzen.

Der Güterverkehr

Um die Wirkung von Maßnahmen auf den Güterverkehr zu modellieren, wird ein Modul zur Simulation der Entwicklung des Fahrzeugbestands im Straßengüterverkehr mit einem Modell zur Darstellung der Güterverkehrsnachfrage kombiniert.

Das Nachfragemodell überführt die räumlich unterschiedlich ausgeprägte Branchenstruktur und deren wirtschaftliches Handeln in Verkehrsaktivitäten. Das jeweilige Maßnahmenpaket wirkt auf unterschiedliche Entscheidungsparameter im Güterverkehrssystem, welche im Modell entsprechend eingebunden werden. Bei der Modellierung besteht eine zentrale Anforderung darin, die Wirkungen der Einzelmaßnahmen durch passende Indikatoren wie Verkehrsmittelauslastung, Kostenstruktur, Routenwahl oder Transportaufkommen adäquat abzubilden. Maßnahmen, die etwa Auswirkungen auf die unmittelbaren Transportkosten (z. B. Wegekosten) haben, können im Modell sowohl eine Änderung der Verkehrsmittelwahl als auch die Wahl anderer Transportrouten bewirken. Demgegenüber werden Maßnahmen mit Wirkung auf den gesamten Logistikprozess durch eine Veränderung von Tourenmustern und des Leerfahrtenanteils sowie eine Anpassung der Fahrzeugauslastung simuliert.

Die Wirkungen von Maßnahmen in RENEWABILITY werden in Bezug auf unterschiedliche Rahmenbedingungen untersucht. Verschiedene Wirtschaftsbranchen sowie wechselnde Siedlungsstrukturen in Bezug auf die Bevölkerung und ansässige Unternehmen werden ebenso berücksichtigt wie Fahrzeugklassen, der Verkehrsmiteinsatz sowie die Transportweiten.

Die Emissionen des Güterverkehrs werden in erster Linie von der eingesetzten Fahrzeugflotte im Straßengüterverkehr beeinflusst. Deshalb wird die Entwicklung der künftigen Lkw-Neuzulassungen für verschiedene Gewichtsklassen und Antriebsarten mit Hilfe eines vergleichenden Wirtschaftlichkeitsmodells anhand der variablen und fixen Fahrzeugkosten simuliert.

Je nach Maßnahmenausgestaltung setzt sich der Bestand an Nutzfahrzeugen aus unterschiedlich effizienten Fahrzeugvarianten zusammen. Diese haben auf Grund unterschiedlicher Kilometerkosten – je nach Kraftstoffverbrauch – wiederum eine unmittelbare Rückwirkung auf die Entwicklung der Güterverkehrsnachfrage.

STOFFSTROMANALYSE

Das Projekt RENEWBILITY nutzt das Konzept der Stoffstromanalyse, um die Effekte auf Energiebedarf und Emissionen des Verkehrssektors für unterschiedliche Szenarien 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 Ressourcengewinnung und -nutzung integriert werden; auch Effekte beispielsweise durch Rohstoff- oder Energieimporte sind abbildbar.

Während die realen Energie- und Stoffströme ausgehend von der Rohstoffgewinnung bis hin zur Kraftstoffbereitstellung beim Verbraucher fließen, beginnt die Modellierung in RENEWBILITY beim Mobilitätsbedarf, also am Ende der Kette. Die sich ergebenden Kraftstoff- und Stromverbräuche werden für den Güter- und Personenverkehr getrennt betrachtet. In die Stoffstromanalyse fließen Transporte wie etwa die Distribution von Kraftstoffen im

Tankstellennetz, Umwandlungsprozesse (beispielsweise in Raffinerien) sowie die Gewinnung der Rohstoffe ein. Beim Erdöl wird im Wesentlichen die Förderung berücksichtigt, bei Biokraftstoffen etwa der Anbau der Biomasse im In- und Ausland.

Die Kombination der Ergebnisse aus der Bestandsmodellierung mit den Simulationen zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage im Modul MOBIL-SZEN ermöglicht es schließlich, Aussagen zur Entwicklung des Endenergiebedarfs differenziert nach Energieträger und Verkehrsmittel zu treffen. Durch die Kopplung mit den zur Verfügung stehenden Bereitstellungspfaden der Kraftstoffe lassen sich anschließend Aussagen zur Emissionsentwicklung im Verkehr für das jeweilige Szenario treffen.

MODELLIERUNG DER VOLKSWIRTSCHAFTLICHEN EFFEKTE

In RENEWBILITY II wurden die Modelle zur Darstellung von Verkehrsnachfrage, Bestandsentwicklung sowie Energie- und Emissionsbilanz durch das ökonomische Modell ASTRA-D ergänzt. Dieses ermöglicht eine gesamtwirtschaftliche Bewertung der Effekte, welche sich aus dem Zusammenspiel der verschiedenen Maßnahmen im Szenario ergeben. Dazu gehören etwa Veränderungen im Konsumverhalten, sektorale Verschiebungen der Nachfrage, veränderte Investitionen oder Veränderungen in der Handelsbilanz.

Durch den gewählten Modellierungsansatz können damit auch die sektoralen Verflechtungen einer Volkswirtschaft und deren mittelbare Veränderungen simuliert werden.

Die Abbildung gibt einen Überblick über die Verflechtungen des ökonomischen Modells ASTRA-D mit dem Verkehrssektor und skizziert, wie diese Beziehungen modelliert sind: Die Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen haben einen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage sowie die Fahrzeugbestände. Diese interagieren wiederum mit dem ökonomischen System – dargestellt durch das Modell ASTRA-D – und verändern damit den verkehrsbezogenen Konsum und die Investitionen im jeweiligen Szenario.

Der dargestellte Kreislauf des ökonomischen Systems wird durch die Impulse der Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen im Verkehr beeinflusst.

Unter anderem verändern sich durch die im jeweiligen Szenario implementierten Maßnahmen wichtige Größen wie beispielsweise:

- » Energieausgaben für den Verkehr,
- » Steuern für den Verkehr,
- » Mauteinnahmen,
- » Kosten pro gefahrenem Kilometer sowie
- » Absatzzahlen von verkauften Fahrzeugen.

Diese Impulse können sich sowohl auf die Nachfrage- als auch auf die Angebotsseite auswirken. Sie verändern den Konsum sowie die Investitionen im Verkehr und lösen dadurch Verschiebungen im Konsum- und Investitionsverhalten der anderen volkswirtschaftlichen Sektoren aus.

Zugleich treten aber auch andere ökonomische Effekte auf: Einige Maßnahmen wie z. B. die Förderung des Radverkehrs benötigen Investitionen in die Infrastruktur und betreffen neben dem Verkehrssektor zusätzlich den Bausektor. Darüber hinaus kann eine Förderung alternativer Antriebe die Wettbewerbsposition Deutschlands verbessern und so eine Erhöhung der Exportquote bewirken. Diese Investitions- und Handelsimpulse entfalten positive Wirkungen auf die Wirtschaft.

Innerhalb des ökonomischen Systems kommt es dann zu Zweitundeneffekten: die Maßnahmenimpulse werden im Zeitverlauf verstärkt. So sorgen Veränderungen im Konsum- und Investitionsverhalten direkt und indirekt für eine veränderte Beschäftigungsstruktur sowie Kapitalbildung. Diese beiden Faktoren beeinflussen das Wirtschaftswachstum, was sich wiederum auf das verfügbare Einkommen und damit den Konsum auswirkt.

Sensitivitätsanalysen zur Einordnung der Modellergebnisse

In der ökonomischen Betrachtung sind alternative Parameterwerte und Szenarioannahmen möglich. Die Variation dieser Werte und Annahmen in Sensitivitätsanalysen kann das Spektrum möglicher ökonomischer Auswirkungen verdeutlichen. In der Modelllogik wird durch Investitionen einerseits ein kurzfristiger Impuls auf der Nachfrageseite ausgelöst und andererseits ein mittelfristiger Impuls auf der Angebotsseite. Gleichzeitig können durch die Klimapolitik auch geplante klimaschädliche Investitionen entfallen. Hier besteht bei der Maßnahmenabschätzung eine Unsicherheit bezüglich der Höhe des Saldos der zusätzlichen Investitionen. Ähnliches zeigt sich bei den Exporten. Klimapolitik regt die Innovationstätigkeit an. Dadurch können Leitmarktvorteile generiert und die Exporte gegenüber dem Basisszenario gesteigert werden. Auch in dieser Hinsicht existiert eine Bandbreite realistischer Annahmen. Deshalb wurden für beide Größen (zusätzliche Investitionen und zusätzliche Exporte) Sensitivitätsanalysen durchgeführt.

Die Modellierung der ökonomischen Effekte von Maßnahmen im Verkehrssektor



EIN ANSPRUCHSVOLLER KLIMASCHUTZBEITRAG: DIE ZUSAMMENFASSUNG

Wie kann der Personen- und Güterverkehr in Zukunft klimaschonender gestaltet werden? Diese Frage will das Forschungsprojekt RENEWBILITY II beantworten – und untersucht dabei anhand konsistenter Szenarien, wie die Treibhausgasemissionen des Verkehrs bis 2030 deutlich gesenkt werden können. Dabei soll der Klimaschutzbeitrag der definierten Maßnahmen klar quantifiziert werden.

In Anknüpfung an das Forschungsprojekt »RENEWBILITY – Stoffstromanalyse im Kontext erneuerbarer Energien bis 2030« haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Öko-Instituts, des Instituts für Verkehrsforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR-IVF) und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (Fraunhofer-ISI) den bestehenden Modellverbund gemeinsam weiterentwickelt. Dieser ermöglicht es, die gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrs – sowohl die direkt von den Verkehrsmitteln emittierten Treibhausgase als auch die Emissionen, die bei der Kraftstoff- und Fahrzeugproduktion entstehen – für unterschiedliche Szenarien bis 2030 zu quantifizieren. Dabei wird die Wirkung von Maßnahmen auf die Verkehrsnachfrage, den Energiebedarf sowie den Kraftstoffeinsatz betrachtet. Darüber hinaus liefert RENEWBILITY II erstmalig auch fundierte Aussagen zu den ökonomischen Effekten der Klimaschutzmaßnahmen und kann mögliche Rückwirkungen auf die Verkehrsnachfrage darstellen.

Die Szenarioentwicklung in RENEWBILITY II folgt diesen Leitgedanken:

- » Das *Basisszenario* soll aktualisierte Prognosen in Bezug auf die sozialen und ökonomischen Rahmenbedingungen sowie bestehende rechtliche Regelungen berücksichtigen.
- » Die Ausgestaltung des *Klimaschutzszenarios* soll unter der Maßgabe eines möglichst hohen, aber auch realisierbaren Klimaschutzbeitrags des Verkehrs bis 2030 erfolgen und über die Treibhausgasminderung im Klimaschutzszenario von RENEWBILITY I hinausgehen.

BEGLEITUNG DURCH STAKEHOLDER

Wie auch das Vorgängervorhaben wurde das Forschungsprojekt RENEWBILITY II durch Stakeholder aus der Automobil-, Bahn-, Energie- und Logistikbranche sowie von Nicht-Regierungs-Organisationen aus dem Umwelt- und Verbraucherbereich kontinuierlich begleitet. Diese sogenannte Szenariogruppe wurde in den Prozess der Modellentwicklung eingebunden und diskutierte gemeinsam mögliche Maßnahmen zur Treibhausgaseminderung im Verkehr. Zentrales Ergebnis der Szenariogruppe war die gemeinsame Konzeption und Ausgestaltung eines Klimaschutzszenarios, welches einen anspruchsvollen Entwicklungspfad für Klimaschutz im Verkehr aufzeigt. Dieses ist als konsistentes Bild für 2030 zu verstehen, nicht jedoch als Politikempfehlung einzelner Akteure.

POTENZIALE ZUR EMISSIONSMINDERUNG

Die Ergebnisse des Klimaschutzszenarios in RENEWBILITY II zeigen, dass bei einer ambitionierten Maßnahmenausgestaltung der Verkehrssektor seine Treibhausgasemissionen (inklusive der Emissionen der Kraftstoffherstellung und der Fahrzeugproduktion) bis zum Jahr 2030 um 37 % gegenüber 2005 mindern kann. Die Treibhausgaseminderung wird unter anderem durch den Einsatz effizienterer Fahrzeuge, die Verlagerung auf energieeffizientere Verkehrsmittel, die Optimierung von Transportketten und den zunehmenden Einsatz von nachhaltig erzeugten Biokraftstoffen erreicht.

Im Klimaschutzszenario zeigen der Personen- und der Güterverkehr eine sehr unterschiedliche Dynamik: Während im Personenverkehr die Treibhausgasemissionen bis 2030 nahezu halbiert werden können, erreicht der Güterverkehr im selben Zeitraum lediglich eine Minderung um 17 %, obwohl die spezifischen Emissionen pro Tonnenkilometer gleichzeitig um mehr als die Hälfte reduziert werden. Die Hauptursache für diese Diskrepanz ist die gegensätzliche Entwicklung der Verkehrsleistung: Während diese im Personenverkehr bis 2030 wieder nahezu auf das Niveau von 2005 sinkt, steigt die Verkehrsleistung im Güterverkehr auch im Klimaschutzszenario bis 2030 noch weiter drastisch an (+ 80 %). Dass es dennoch im Güterverkehr zu einem Rückgang der Treibhausgasemissionen kommt, ist insbesondere auf zusätzliche Maßnahmen zur Verlagerung von Transporten von der Straße auf Binnenschiffe und die Bahn, eine weitere Effizienzsteigerung beim Gütertransport sowie auf den verstärkten Einsatz nachhaltig erzeugter Biokraftstoffe zurückzuführen.

Sowohl in Bezug auf den Güterverkehr als auch in Hinsicht auf den Personenverkehr zeigen die Analysen, dass eine Verkehrsverlagerung zwar kostengetrieben erfol-

gen kann. Gleichzeitig müssen aber auch attraktive Alternativen zur Verfügung stehen. Im Klimaschutzszenario werden diese im Güterverkehr durch die Förderung des Kombinierten Verkehrs und von Gleisanschlüssen, den 25-Meter-Lkw und optimierende Maßnahmen gewährleistet, im Personenverkehr durch ein besseres Angebot an Öffentlichem Verkehr und die Förderung von nicht-motorisiertem Verkehr. Der zunehmende Einsatz von nachhaltig erzeugten Biokraftstoffen sowie die wachsende Bedeutung von Elektrofahrzeugen führen in Kombination mit einer deutlichen Effizienzsteigerung bei konventionellen Fahrzeugantrieben zu einem deutlich höheren Anteil an alternativen Kraftstoffen im Verkehr. Bis zum Jahr 2030 steigt der Anteil von Strom und Biokraftstoffen von weniger als 4 % im Jahr 2005 auf insgesamt über 21 %. Allein durch die Biokraftstoffbeimischung und den zunehmenden Einsatz von Elektrofahrzeugen im Straßenverkehr werden die Treibhausgasemissionen im Klimaschutzszenario um 24 Mio. Tonnen bis 2030 reduziert. Allerdings würde auch die Beschränkung auf alle anderen Maßnahmen des Szenarios noch zu einer Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 60 Mio. Tonnen gegenüber 2005 führen.

DIE ÖKONOMISCHEN EFFEKTE

Die ökonomischen Analysen zeigen darüber hinaus, dass ambitionierter Klimaschutz im Verkehr und positive ökonomische Effekte keinen Widerspruch darstellen. Auf Konsumentenebene führen die Effizienzsteigerungen bei Pkw und die verstärkte Nutzung des öffentlichen Verkehrs anstelle des eigenen Pkw im Klimaschutzszenario zu insgesamt geringeren Mobilitätsausgaben. Die Privatwirtschaft und insbesondere der Automobilsektor können durch Leitmarkteffekte von ambitionierten Klimaschutzzielen profitieren und somit zu einer Steigerung des Bruttoinlandsprodukts beitragen. Die Staatseinnahmen profitieren insbesondere von höheren Energiesteuern und der Ausweitung der Lkw-Maut.

EIN BEITRAG ZUM KLIMASCHUTZ

Insgesamt zeigt das im Rahmen von RENEWBILITY II entwickelte Klimaschutzszenario, dass auch der Verkehrssektor bis 2030 eine deutliche Verringerung der Treibhausgasemissionen erzielen und somit maßgeblich zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung beitragen kann. Eine entsprechende Entwicklung setzt allerdings eine ambitionierte Maßnahmenausgestaltung voraus, die sich nicht auf technische Effizienzsteigerungen beschränkt, sondern auch die Verkehrsverlagerung im Güter- und Personenverkehr fördert. Dies bedeutet aber auch, dass alle Verkehrsträger gleichermaßen und frühzeitig in die Infrastrukturplanung einbezogen sowie alternative Mobilitäts- und Transportkonzepte entwickelt und gefördert werden müssen.

Die Ergebnisse von RENEWBILITY II zeigen: Sollen die CO₂-Emissionen des Verkehrs erheblich reduziert werden, muss ein ganzheitlicher Ansatz verfolgt werden, der die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Maßnahmen und Rahmenbedingungen berücksichtigt. Das Projekt RENEWBILITY II versteht sich in diesem Kontext als fachlicher Beitrag zur weiteren Diskussion über mögliche Entwicklungspfade hin zu einem klimaschonenderen Verkehr in Deutschland.

FORSCHUNGSPARTNER, STAKEHOLDER UND FÖRDERER: DAS PROJEKTTEAM

FORSCHUNGSPARTNER



ÖKO-INSTITUT E.V.

Berlin / Darmstadt / Freiburg

Das Öko-Institut war für die Gesamtprojektleitung sowie für den Aufbau der angebotsseitigen Technologiedatenbasis, die Stoffstromanalyse und die Szenarienbetrachtungen verantwortlich.

Ansprechpartner

Dr. Wiebke Zimmer
w.zimmer@oeko.de

Florian Hacker
f.hacker@oeko.de



DLR – INSTITUT FÜR VERKEHRSFORSCHUNG

Berlin

Das DLR-IVF war im Rahmen von RENEWBILITY mit der Modellierung der Verkehrsnachfrage und den Szenarienbetrachtungen betraut.

Ansprechpartner

Markus Mehlin
markus.mehlin@dlr.de

Prof. Dr. Barbara Lenz
barbara.lenz@dlr.de



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SYSTEM- UND INNOVATIONSFORSCHUNG

Karlsruhe

Das Fraunhofer-ISI war im Projekt für die Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Effekte von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr und deren Rückwirkung auf die Verkehrsnachfrage verantwortlich.

Ansprechpartner

Dr. Wolfgang Schade
wolfgang.schade@isi.fraunhofer.de

DIE SZENARIOGRUPPE

Der Szenarioprozess wurde von einer festen Szenariogruppe begleitet, die sich im Verlauf des Forschungsvorhabens RENEWBILITY II zu fünf ganztägigen Sitzungen traf, die Modellentwicklung begleitete und gemeinsam die Ausgestaltung des Klimaschutzenszenarios formulierte.

Die am Szenarioprozess beteiligten Institutionen und Personen sind:

- » ADAC e.V.
Michael Niedermeier
- » BP Europa
Enno Harks
- » Dachser GmbH & Co. KG
Dr. Andreas Froschmayer
- » Deutsche Bahn AG
Ulrich Ostermayer
- » Deutsche Post DHL
Michael Jansen, Michael Lohmeier
- » E.ON AG
Dr. Stefan Becker
- » Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU)
Dietmar Oeliger
- » Shell Deutschland
Dr. Jörg Adolf
- » Verband der deutschen Biokraftstoffindustrie
Johannes Daum
- » Verband der Automobilindustrie (VDA)
Dr. Stefan Wöhl
- » Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)
Dr. Till Ackermann / Uta Pfeiffer
- » Verkehrsclub Deutschland e.V. (VCD)
Gerd Lottsiepen

DER FÖRDERER

Das Forschungsvorhaben wurde gemeinsam vom Umweltbundesamt und dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gefördert. Die fachliche Begleitung erfolgte durch das Referat IG 1 5 »Umwelt und Verkehr, Elektromobilität« des Ministeriums und das Fachgebiet I 3.1 »Umwelt und Verkehr« am Umweltbundesamt.

FORSCHUNGSPARTNER



Öko-Institut e.V.
Institut für angewandte Ökologie
Institute for Applied Ecology



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Fraunhofer

ISI

GEFÖRDERT VOM

**Umwelt
Bundes
Amt**
Für Mensch und Umwelt



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit