



Verkehrswende als Mehrwert

Warum es sich volkswirtschaftlich lohnt, schnell in die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in Deutschlands Verkehrssektor zu investieren

ERGEBNISBERICHT



Impressum

Verkehrswende als Mehrwert

Warum es sich volkswirtschaftlich lohnt, schnell in die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in Deutschlands Verkehrssektor zu investieren

ERGEBNISBERICHT

ERSTELLT IM AUFTRAG VON

Agora Verkehrswende

Agora Transport Transformation gGmbH
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlin
T +49 (0)30 700 14 35-000
F +49 (0)30 700 14 35-129
www.agora-verkehrswende.de
info@agora-verkehrswende.de

PROJEKTLEITUNG

Projektleitung

Dr. Carl-Friedrich Elmer
carl-friedrich.elmer@agora-verkehrswende.de

Johanna Wietschel
johanna.wietschel@agora-verkehrswende.de

DURCHFÜHRUNG

Prognos AG

St. Alban-Vorstadt 24 | 4052 Basel
T +41 (0)61 3273-310
F +41 (0)61 3273-300
www.prognos.com
info@prognos.com

Satz: Marica Gehlfuß

Lektorat: Infotext

Titelbild: Jirsak / iStock

Veröffentlichung: Mai 2024

110-2024-DE

DANKSAGUNG

Im Rahmen des Projekts wurden Interviews und Workshops mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Verkehrsbänden und Beratungen durchgeführt. Wir bedanken uns ausdrücklich für die Zeit und die wertvollen Informationen, die uns zur Verfügung gestellt wurden.

GUTACHTERBERICHT

Der Gutachterbericht von Prognos ist erschienen unter dem Titel *Szenarienanalyse zur Berechnung der Kosten und Investitionsbedarfe für die Verkehrswende in Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Verkehrswende.*

Bitte zitieren als:

Agora Verkehrswende (2024): *Verkehrswende als Mehrwert. Warum es sich volkswirtschaftlich lohnt, schnell in die Reduzierung von Treibhausgasemissionen in Deutschlands Verkehrssektor zu investieren.*

www.agora-verkehrswende.de

Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

ob Tanken, Parken oder Autokauf, ob Deutschlandticket oder der Transport von Gütern – Kosten und Preise spielen eine wichtige Rolle, wenn über Mobilität berichtet und diskutiert wird. Auch die Ausgaben für größere Investitionsprojekte machen immer wieder Schlagzeilen – etwa für eine neue Bahnstrecke oder für die Instandsetzung einer Autobahnbrücke.

Geht es jedoch um den Verkehrssektor in seiner Gesamtheit, ist der Finanzaspekt bisher schwer greifbar. Oft kursieren Ängste über steigende Kosten, insbesondere bei der Frage, wie der Verkehrssektor auf Kurs in Richtung Klimaneutralität zu bringen ist. Eine Verkehrswende, die die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors in Deutschland zügig mindert und bis 2045 auf null senkt, werde viel Geld kosten, so heißt es. Geld, das in Zeiten knapper öffentlicher Kassen und gestiegener Lebenshaltungskosten nicht zur Verfügung stehe.

Gewiss, es geht um viel Geld. Allein im Jahr 2019 flossen rund 356 Milliarden Euro in den deutschen Verkehrssektor – in den Kauf von Pkw, Lkw und Bussen sowie für deren Kraftstoff und Wartung, in Straßen, Schienen und Züge, in Personal im öffentlichen und im Güterverkehr. Wenn ohnehin schon so viel Geld im Spiel ist, warum nicht gleich auf Klimaverträglichkeit setzen und externe Kosten reduzieren? Bis 2045, dem Zieljahr für Klimaneutralität in Deutschland, müsste sich damit viel erreichen lassen. Bisher wird jedoch nur vereinzelt darauf geachtet, mit den Ausgaben möglichst wenig gesellschaftliche Kosten zu verursachen, etwa durch die Vermeidung von Wetterextremen im Zuge der Erderhitzung, von Luftverschmutzung und daraus resultierenden Krankheiten, von Flächenversiegelung oder Unfällen.

In der vorliegenden Studie haben wir, gemeinsam mit dem Wirtschaftsforschungsunternehmen Prognos, untersucht, wie sich Deutschlands volkswirtschaftliche Kosten und Investitionsbedarfe im Verkehrssektor in den nächsten zwanzig Jahren entwickeln könnten – vor allem mit Blick auf die Transformation zur Klimaneutralität. Die wichtigsten Erkenntnisse haben wir in diesem Ergebnisbericht zusammengefasst; die wissenschaftliche Herleitung lässt sich im Gutachterbericht von Prognos nachvollziehen.

Das Ergebnis ist vielversprechend: Deutschlands Verkehrssektor kann bereits in den nächsten Jahren einen angemessenen Beitrag zum Klimaschutz leisten – ohne Einbußen in der Mobilität und ohne Mehrkosten im Vergleich zu einem Szenario, in dem keine zusätzlichen Klimaschutzmaßnahmen ergriffen werden. Nach höheren Anfangsinvestitionen kann eine ambitionierte Klimaschutzpolitik in der Gesamtbilanz schon nach wenigen Jahren zu volkswirtschaftlichen Einsparungen führen, selbst wenn man unter den verschiedenen externen Kostenfaktoren nur die Klimaschadenskosten berücksichtigt. Um diesen Mehrwert zu erwirtschaften, muss die Politik jedoch schnell und entschlossen handeln. Politisches Zögern hat einen Preis. Der Preis bemisst sich entweder in Geld oder in Treibhausgasen, mit all den damit verbundenen Risiken. Es braucht anfangs höhere Investitionen in die Zukunft, in Summe aber nicht mehr Geld. Vor allem braucht es mehr politischen Willen.

Entschlossenes politisches Handeln heißt mit Blick auf die vorliegende Studie vor allem, ein Finanzierungskonzept für die Verkehrswende zu entwickeln. Die Bundesregierung muss eine Lösung finden, wie die öffentliche Hand schnell, langfristig verlässlich und im erforderlichen Umfang in Klimaschutz investieren kann. Zudem hat die Bundesregierung es in der Hand, durch geeignete Rahmenbedingungen private Klimaschutzinvestitionen anzureizen – etwa durch eine am CO₂-Ausstoß orientierte Reform der Steuern, Abgaben und Subventionen rund um den Pkw.

Unser Ziel ist es, der Diskussion über die finanziellen Konsequenzen der Verkehrswende eine wissenschaftliche Grundlage zu geben und volkswirtschaftlich zukunftsfeste politische Entscheidungen zu ermöglichen. In diesem Sinne wünschen wir Ihnen eine anregende Lektüre und freuen uns auf die weitere Debatte.

Dr. Wiebke Zimmer

Stellvertretende Direktorin
für das Team von Agora Verkehrswende
Berlin, im Mai 2024

Ergebnisse und Empfehlungen

1

Schnelles Handeln zahlt sich aus: Deutschland kann mit schnellem und entschlossenem Handeln bis spätestens 2045 im Verkehrssektor klimaneutral werden und im Vergleich zur Fortsetzung der aktuellen Politik ohne weitere Maßnahmen (Referenzszenario) kumuliert rund 590 Millionen Tonnen CO₂ einsparen. Dies gelingt ohne volkswirtschaftliche Mehrkosten und bei vollständiger Wahrung der Mobilität (Zielszenario Wende 2025).

2

Politisches Zögern hat einen Preis: Verzögerungen bei der Verkehrswende führen entweder zum Verfehlen der Klimaziele oder sind, soll Klimaneutralität trotzdem noch bis 2045 erreicht werden, mit höheren Kosten verbunden. Strukturbrüche und Entwertung von Investitionen sind dann nahezu unvermeidlich. Beginnt das Umsteuern der Klimapolitik im Verkehr erst 2030 (Zielszenario Wende 2030), drohen bis 2045 Mehrkosten von rund fünf Prozent beziehungsweise 500 Milliarden Euro im Vergleich zum Zielszenario Wende 2025 sowie auch zum Referenzszenario.

3

Durch frühe Investitionen langfristig profitieren: Im Vergleich zum Referenzszenario, das keine weiteren Maßnahmen vorsieht und nicht zum Erreichen von Klimaneutralität bis 2045 führt, geht das Szenario eines frühzeitigen Handelns im Sinne der Verkehrswende (Zielszenario Wende 2025) zunächst mit höheren Investitionen einher. Diese fließen insbesondere in den Ausbau der Kapazitäten im öffentlichen Verkehr, die Anschaffung von klimaverträglicheren Verkehrsmitteln und den Aufbau der Ladeinfrastruktur. In späteren Jahren werden dann Einsparungen erzielt – vor allem infolge eines effizienteren und geringeren Pkw-Verkehrs. Langfristig sind die Einsparungen sogar höher als die anfänglichen Mehrinvestitionen.

4

Finanzierung dauerhaft sichern: Um den Aufbau der benötigten Kapazitäten an Infrastrukturen und Verkehrsmitteln im öffentlichen Verkehr zu ermöglichen, bedarf es einer langfristig hinreichenden Finanzierung öffentlicher Investitionen. Für private Investitionen – vor allem in klimaverträglichere Fahrzeuge und deren Energieversorgung – benötigen Bürger:innen und Unternehmen am Klimaschutz orientierte Rahmenbedingungen, die Planungssicherheit gewährleisten.

5

Mehrwert durch Vermeidung von Schäden schaffen: Über die direkten finanziellen Ausgaben und Einsparungen im Verkehrssystem hinaus gilt: Je früher und konsequenter gehandelt wird, desto geringer sind die Kosten für die Gesellschaft durch Schäden an Klima, Umwelt und Gesundheit. Zudem lassen sich so Kosten in Milliardenhöhe für Ausgleichszahlungen im Rahmen der europäischen Klimagesetzgebung vermeiden.

Was kostet die Verkehrswende? Wer dieser Frage nachgeht, sollte im Blick behalten, worum es politisch geht. Investitionen und Ausgaben für ein klimaneutrales Verkehrssystem sind kein Selbstzweck. Die Verkehrswende ist Teil der nationalen Klimapolitik. Diese wiederum ist eingebettet in Klimaschutzprozesse der Europäischen Union sowie der Vereinten Nationen. Sie dient dazu, gemäß Grundgesetz die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen – und die damit verbundenen Freiheitsrechte.

Nach der in Deutschland geltenden Rechtslage sind die Emissionen von Treibhausgasen bis zum Jahr 2045 so weit zu mindern, dass Netto-Treibhausgasneutralität erreicht wird. Das Bundes-Klimaschutzgesetz sieht überdies vor, dass die Treibhausgasemissionen Deutschlands bis zum Jahr 2030 um mindestens 65 Prozent und bis zum Jahr 2040 um mindestens 88 Prozent im Vergleich zum Jahr 1990 gesenkt werden.

Den gesetzlichen Auftrag erfüllen

Bis einschließlich des Jahres 2023 sanken die Treibhausgasemissionen Deutschlands im Vergleich zu 1990 um 46 Prozent. Aktuell liegt die Emissionsmenge bei 674 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, der Verkehrssektor steuert dazu rund 146 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente bei.¹ Zwar sind die Emissionen aus dem Verkehrssektor zwischen 1990 und 2023 um etwas mehr als 18 Millionen Tonnen gesunken, andere Sektoren haben ihre Emissionen allerdings deutlich stärker reduziert. Der Anteil des Verkehrssektors an der Summe aller Treibhausgasemissionen ist deshalb merklich gestiegen. Er beträgt inzwischen fast 22 Prozent. Abgesehen von den Emissionen der Energiewirtschaft, maßgeblich der fossilen Kraftwerke, ist der Verkehrssektor der bedeutendste Emittent von Treibhausgasen. Diese Emissionen sind bis spätestens 2045 auf oder nahezu auf null zu reduzieren. Dabei ist Deutschland, so die OECD, „nicht auf Kurs“.²

1 <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimaemissionen-sinken-2023-um-101-prozent> und <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#nationale-und-europaische-klimaziele>

2 <https://read.oecd.org/10.1787/9a336992-de>

Das Bundes-Klimaschutzgesetz in der Fassung vom 18. August 2021 sieht für jeden der Emissionssektoren bis 2030 jährliche Minderungsziele vor. Der Verkehrssektor hat demnach seine Emissionen bis zum Jahr 2030 auf 85 Millionen Tonnen zu begrenzen. Mit der am 26. April 2024 beschlossenen Novelle des Klimaschutzgesetzes entfallen die Sektorziele nunmehr in ihrer verbindlichen Form, obgleich sie als „Orientierungsgrundlage“ im Gesetz enthalten bleiben. Maßgeblich für die Verpflichtung zur klimapolitischen Nachsteuerung ist in Zukunft, ob die Emissionsziele in einer sektorübergreifenden Betrachtung für Deutschland insgesamt eingehalten werden, wobei dafür künftig die projizierten Emissionen und nicht mehr die zurückliegenden Emissionsdaten herangezogen werden. Die Klimaziele insgesamt für 2030, 2040 und 2045 bleiben unverändert.

Volkswirtschaftliche Kosten in den Blick nehmen

Bestimmt das Gesetz nur noch sektorübergreifende Ziele, stellt sich die Frage, auf welchem Minderungspfad sich die einzelnen Sektoren dem übergreifenden Nullemissionsziels sowie den Zwischenzielen nähern sollen. Dies gilt in besonderem Maße für den Verkehrssektor, der seine Emissionen bisher kaum gesenkt hat. Denkbar sind verschiedene Minderungspfade, beispielsweise kontinuierliche, gleichmäßige Emissionsminderungen über die Jahre. Denkbar ist aber auch ein diskontinuierlicher Minderungspfad, der zunächst nur geringe Emissionsminderungen vorsieht, anschließend aber umso ambitionierter zu gestalten wäre, damit das Ziel der Klimaneutralität erreicht und das zulässige Gesamtbudget an kumulierten Treibhausgasemissionen nicht überschritten wird.

Auch ohne verbindliche Sektorziele steht die Politik in der Verantwortung, über die Ausgestaltung des klimapolitischen Instrumentariums zu entscheiden und damit letztlich ebenfalls darüber, bis wann wie viele Emissionen gemindert werden. Das Bundesverfassungsgericht hat dem Gesetzgeber aufgetragen, „dass frühzeitig transparente Maßgaben für die weitere Ausgestaltung der Treibhausgasreduktion formuliert werden, die für die erforderlichen Entwicklungs- und Umsetzungsprozesse Orientierung bieten und diesen ein hinreichendes Maß an Entwicklungsdruck und Planungssicherheit vermitteln“.³

3 https://www.bverfg.de/e/rs20210324_1bvr265618.html

Dabei werden für Parlament und Regierung verschiedene Aspekte eine Rolle spielen, unter anderem die gesellschaftliche Unterstützung für politische Vorhaben. Angesichts knapper Ressourcen ist es geboten, ökonomischen Erwägungen einen herausgehobenen Stellenwert bei den notwendigen Entscheidungen einzuräumen. Erforderlich ist daher ein besseres Verständnis davon, welcher Treibhausgasinderungspfad im Verkehrssektor das günstigste Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweist, also volkswirtschaftlich vorteilhaft ist.

Für Effizienz und Effektivität sorgen

Jedes Verkehrssystem verursacht Kosten, das gegenwärtige ebenso wie das zukünftige, das nach geltendem Recht spätestens in rund 20 Jahren klimaneutral zu sein hat. Ein klimaverträgliches Verkehrssystem weist allerdings wahrscheinlich ein anderes Kostenniveau und eine andere Kostenstruktur auf. Ursächlich dafür können spezifische Herausforderungen sowohl der Mobilitätswende (Verlagerung auf klimaverträglichere Verkehrsträger) als auch der Antriebswende (Umstellung auf emissionsfreie Antriebstechnologien) sein.

Um die Mobilität von Personen und Gütern klimaneutral zu gewährleisten, sollte zum Beispiel das öffentliche Verkehrssystem ausgebaut werden. Das erfordert zusätzliche Investitionen in entsprechende Infrastrukturen sowie Fahrzeuge und verursacht womöglich in erheblichem Umfang Aufwendungen für Fahrpersonal. Gleichzeitig muss der Umstieg auf emissionsfreie Antriebstechnologien erfolgen. Dafür ist unter anderem die Errichtung von Ladeinfrastrukturen sowie die Beschaffung von klimaverträglichen Fahrzeugen unumgänglich. Diesen zusätzlichen Kosten stünden wiederum Einsparungen durch die Verkehrswende gegenüber, beispielsweise durch geringere Kosten für Privatfahrzeuge (aufgrund der verringerten Anzahl) und für Energieträger oder für die Straßeninfrastruktur.

Um ökonomisch begründete Entscheidungen zum Umbau des Verkehrssystems treffen zu können, braucht die Politik Erkenntnisse darüber, welcher Pfad zur Klimaneutralität aus Kosten-Nutzen-Perspektive Vorteile verspricht: ein eher beschleunigter oder einer, der nach verzögertem Start umso größere Emissionsminderungsschritte vorsieht. Mit einer klaren Strategie für die zeitliche Taktung des Klimaschutzes sowie für die

Gewichtung von Antriebs- und Mobilitätswende kann die Politik Vertrauen gewinnen und öffentliche wie private Investitionsmittel effektiv und effizient lenken – so, dass sie wirksam werden, ohne knappe Ressourcen zu vergeuden.

Vermiedene Klimaschäden berücksichtigen

Der Nutzen der Emissionsminderung schlägt sich in Form vermiedener Klimaschäden nieder. Soweit, wie gegenwärtig der Fall, die CO₂-Bepreisung die Klimaschadenskosten nicht in voller Höhe erfasst, handelt es sich dabei aus Sicht jeder und jedes Einzelnen in erheblichem Maße um externe Kosten. Externe Kosten zeichnen sich dadurch aus, dass sie nicht beziehungsweise nicht vollständig von ihren Verursacher:innen getragen und entsprechend auch nicht angemessen in deren Entscheidungskalkül berücksichtigt werden. Das nährt den Eindruck, diese Kosten wären nicht vorhanden. Dabei hat der Klimawandel in Deutschland in den Jahren zwischen 2000 und 2021 tatsächlich bereits Schäden in Höhe von mindestens 145 Milliarden Euro verursacht.⁴

Wegen der langen Lebensdauer von Treibhausgasmolekülen in der Atmosphäre gilt: Je größer die Gesamtmenge der emittierten Treibhausgase über einen bestimmten Zeitraum ist, desto größer sind die Klimaschadenskosten. Zielorientierte Politik versucht deshalb, die Summe der über die Jahre ausgestoßenen Treibhausgase (kumulierte Emissionen) möglichst gering zu halten. Das ist noch wichtiger, als eine zugewiesene Emissionsmenge in einem bestimmten Zieljahr exakt zu treffen.

Nach altem Klimaschutzgesetz, das jedem Sektor für jedes Jahr bis 2030 eine bestimmte zulässige Emissionsmenge zuwies, war dadurch für jeden Sektor auch die kumulierte Emissionsmenge bis dahin definiert, also der hinzunehmende Klimaschaden. Entfallen die gesetzlich definierten sektoralen Jahresemissionsmengen, ist es gleichwohl Aufgabe der Politik, den Umbau des Verkehrssystems so zu gestalten, dass die volkswirtschaftlichen Kosten, also die Summe aus internen und externen Kosten, möglichst gering bleiben. Dieser Herausforderung gerecht zu werden, ist inzwischen drängender denn je.

4 <https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz/kosten-klimawandel-2170246>

Erkennen, dass Umsteuern notwendig ist

Auf der Grundlage europäischen und deutschen Rechts veröffentlicht die Bundesregierung regelmäßig einen Bericht, aus dem die projizierte langjährige Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland hervorgeht. Dabei handelt es sich nicht um Prognosen, sondern um Projektionen, die eine plausible Emissionsentwicklung unter bestimmten Modellannahmen widerspiegeln.

Der letzte vollständige Projektionsbericht stammt aus dem Jahr 2023. Darin werden zwei Szenarien beschrieben: Das so genannte Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) modelliert und analysiert die Wirkung bereits implementierter sowie beschlossener Klimaschutzmaßnahmen. Ein weiteres Szenario, das so genannte Mit-Weiteren-Maßnahmen-Szenario (MWMS), berücksichtigt darüber hinaus zusätzliche, von der Bundesregierung geplante, aber noch nicht beschlossene Maßnahmen.⁵ Dieses weitergehende Szenario dient in der vorliegenden Untersuchung als Referenzszenario.⁶

In diesem Referenzszenario sinken die Treibhausgasemissionen des Verkehrs bis 2030 auf 111 Millionen Tonnen und bis 2045 auf rund 15 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Damit würde sowohl das – vormals verbindliche und nunmehr indikative – Sektorziel 2030 des Klimaschutzgesetzes als auch das Nullemissionsziel für 2045 verfehlt. Hinzu kommt, dass die Summe der jährlichen Zielverfehlungen mit 180 Millionen Tonnen allein bis 2030 deutlich größer ist als die vergleichsweise moderat erscheinenden Lücken für einzelne Jahre.⁷

5 <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/projektionsbericht-2023-fuer-deutschland>

6 Das MWMS aus dem Projektionsbericht 2023 entspricht weitestgehend dem MMS des Projektionsberichts 2024. Dieser ist zwar noch nicht veröffentlicht, zentrale Ergebnisse der Projektion hingegen schon. Die wirkmächtigste Veränderung des MMS 2024 gegenüber dem MMS 2023 sind die bereits im MWMS 2023 berücksichtigten weitergehenden Mautregeln für Lkw, insbesondere die Einführung einer CO₂-Komponente.

7 Damit fällt die Lücke bezüglich der kumulierten Emissionen im Referenzszenario etwas kleiner aus als im MWMS 2023, in welchem sie bei 187 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente liegt. Auch im MMS 2024 verkleinert sich die Emissionslücke bis 2030 geringfügig auf 180 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Dies liegt an niedrigeren Emissi-

Es ist jedoch die Summe der Treibhausgasemissionen über die Jahre, die den Klimaschaden definiert. Damit ist offenkundig, dass eine klimapolitische Kurskorrektur im Verkehrssektor unumgänglich ist.

Zwischen „Wende 2025“ und „Wende 2030“ entscheiden

Handlungsbedarf entsteht nicht nur aus der massiven Verfehlung der sektoralen Emissionsziele für den Verkehr bis 2030, sondern gerade auch mit Blick auf den notwendigen Minderungsbeitrag des Verkehrssektors nach 2030. In den Jahren nach 2030 werden andere Sektoren, wie beispielsweise die Energiewirtschaft, Versäumnisse im Verkehr nicht mehr kompensieren können. Denn je mehr die anderen Sektoren ihre Emissionen senken, desto weniger Spielraum bleibt, um mit zusätzlichen Minderungen die Defizite bei der Verkehrswende auszugleichen. Folglich sind auch mit Blick auf die sektorübergreifenden Treibhausgasziele nach 2030 erhebliche und schnelle Emissionseinsparungen im Verkehr unumgänglich. Je eher mit ambitioniertem Klimaschutz im Verkehr begonnen wird, desto langsamer wird das Restbudget an Gesamtemissionen aufgebraucht und desto weniger einschneidend müssen die späteren Minderungsmaßnahmen ausfallen.

Vor diesem Hintergrund werden in der vorliegenden Studie – neben dem Referenzszenario mit den bis heute beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen – zwei Zielszenarien betrachtet. Bei Gewährleistung gleicher Mobilität erreichen beide das Nullemissionsziel bis spätestens 2045; beide führen auch zu nahezu identischen kumulierten Treibhausgasemissionen im Zeitraum von 2021 bis 2045 (rund 1.650 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente, gegenüber 2.240 Millionen Tonnen im Referenzszenario).⁸

Im kurzfristig ambitionierteren Zielszenario (Wende 2025) werden bereits ab 2025 weitergehende, unver-

onen in den letzten zwei Jahren, maßgeblich bedingt durch die aktuelle wirtschaftliche Schwächephase.

8 Das Gesamtemissionsbudget für den Verkehrssektor von 1.650 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente im Zeitraum von 2021 bis 2045 wurde dabei folgendermaßen berechnet: Bis 2030 wurden die Sektorziele des Bundesklimaschutzgesetzes zugrunde gelegt; für die weiteren Jahre bis 2045 wurde

zügig umgesetzte Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr wirksam, während im kurzfristig weniger ambitionierten Zielszenario (Wende 2030) erst ab 2030 umgesteuert wird (Abbildung 1). Aus ökonomischer Perspektive stellt sich nun die Frage, welches der beiden Zielszenarien geringere Kosten verursacht, also volkswirtschaftlich günstiger ist. Die Kosten der beiden Zielszenarien werden überdies mit den Kosten des Referenzszenarios verglichen – auch wenn das Verharren auf einem "Weiter so"- Pfad mit hoher Wahrscheinlichkeit den Bruch von verfassungs- und völkerrechtlichen Emissionsminderungsverpflichtungen bedeuten würde.

Obwohl beide Zielszenarien zur gleichen Menge an kumulierten Emissionen führen, weisen sie erhebliche Unterschiede im Verlauf ihrer jeweiligen Emissionspfade auf. Durch das frühzeitigere Handeln kann im Wende-2025-Zielszenario das indikative Sektorziel für den Verkehr im Jahr 2030 in Höhe von 85 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalenten erreicht werden, obgleich in kumu-

lierter Betrachtung eine Zielverfehlung von 80 Millionen Tonnen verbleibt.⁹ Im Referenzszenario und im Wende-2030-Zielszenario werden hingegen sowohl das Jahressektorziel 2030 – um 26 Millionen Tonnen – als auch das kumulative Emissionsziel bis 2030 – um 180 Millionen Tonnen – verfehlt. Damit die kumulierten Emissionen bis 2045 im Wende-2030-Zielszenario nicht höher ausfallen als im Wende-2025-Zielszenario, müssen die Maßnahmen ab 2030 entsprechend konsequenter ausfallen. Was am Anfang versäumt wird, muss am Ende aufgeholt werden.

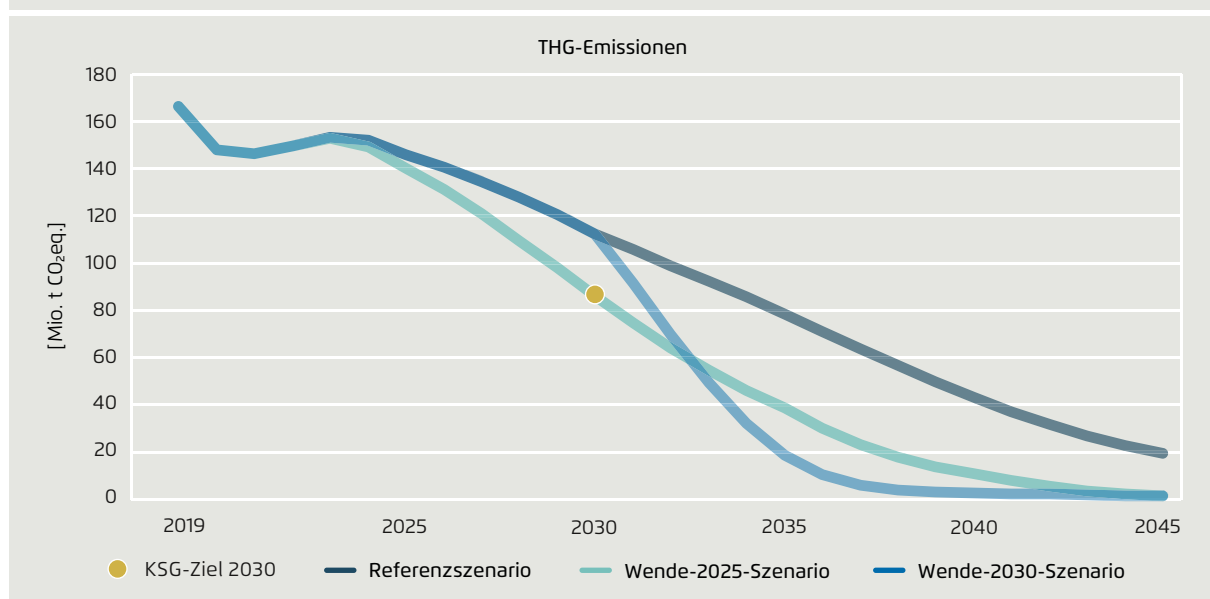
Die Mobilität, gemessen in Personen- beziehungsweise Tonnenkilometer, ist in beiden Zielszenarien identisch und weicht nicht von den Werten des Referenzszenarios ab, in dem allerdings das Klimaziel deutlich verfehlt wird. Ein Mobilitätsverzicht ist nicht erforderlich. Sowohl im Personen- wie auch im Gütertransport steigt die Verkehrsleistung in den Zielszenarien im Vergleich zu 2019, im Güterverkehr mit einem Plus von gut 25 Prozent sogar beachtlich.

angenommen, dass die zulässigen Emissionen im Verkehr proportional zu den sektorübergreifenden Emissionszielen weiter absinken.

9 Die kumulierte Emissionsmenge der Sektorziele für den Verkehr von 2021 bis 2030 dem Klimaschutzgesetz zufolge beträgt 1.184 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente.

Entwicklung der Emissionen im Verkehrssektor in den Szenarien

Abbildung 1



Agora Verkehrswende (2024) | Quelle: Prognos 2024.

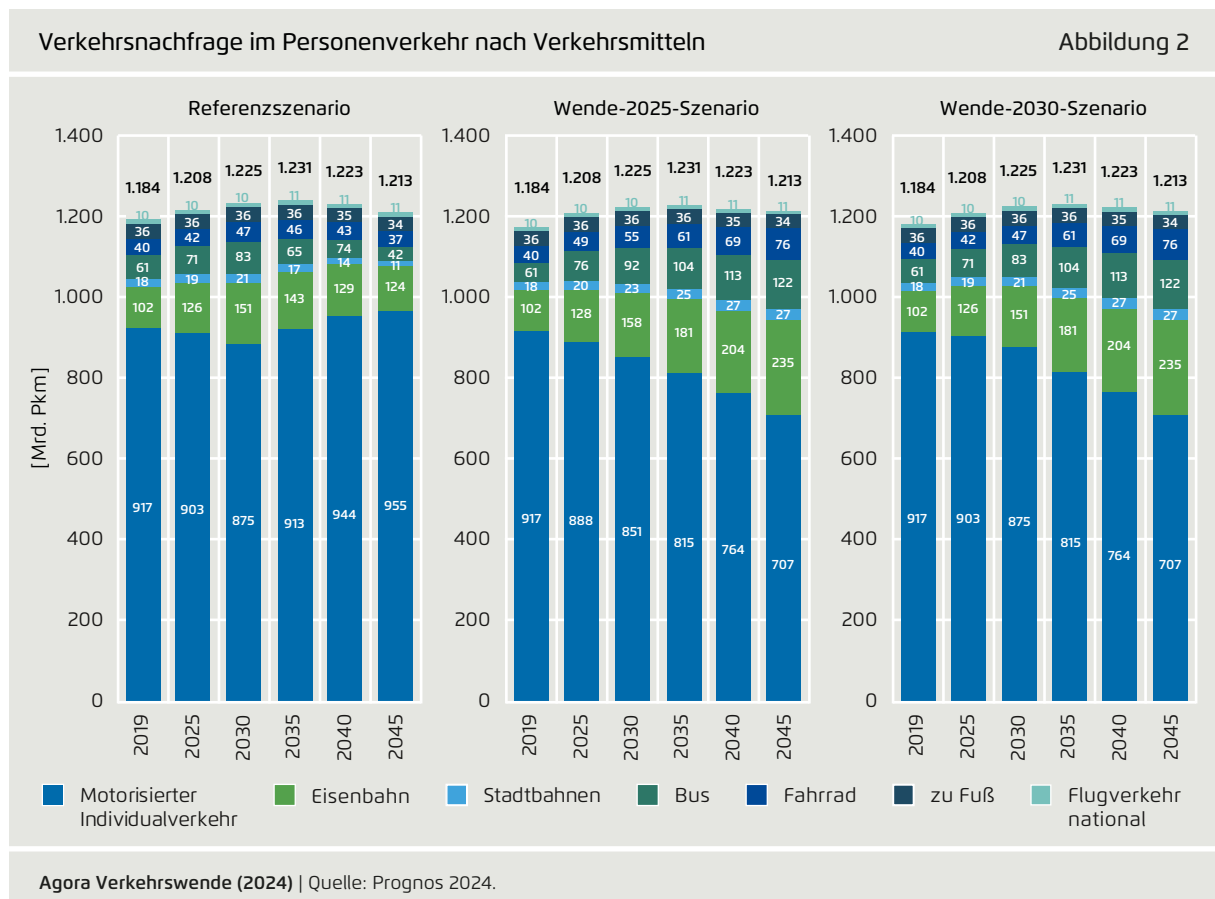
Den Unterschieden in den Emissionspfaden liegen abweichende Entwicklungen sowohl bei den Antriebstechnologien als auch bei der Verkehrsmittelwahl zugrunde. So gehen zwar sämtliche Szenarien von einer Elektrifizierung des Straßenverkehrs aus, die jedoch mit unterschiedlicher Geschwindigkeit erfolgt. Nur im Wende-2025-Zielszenario wird das Ziel der Bundesregierung von 15 Millionen batterieelektrischen Pkw im Bestand bis 2030 erreicht; in den anderen beiden Szenarien sind es lediglich 8,5 Millionen. Mit Blick auf die Mobilitätswende zeigen sich ebenfalls größere Differenzen zwischen den Szenarien, insbesondere nach 2030. Dies offenbart sich in Form unterschiedlicher Trends bei den Anteilen der Verkehrsmittelnutzung (Modal Split) und bei der Entwicklung des Pkw-Bestands.

Mobilität erhalten, elektrifizieren und verlagern

Im Zielszenario Wende 2025 schrumpft der Anteil des motorisierten Individualverkehrs bereits von 2025 bis

2030 leicht zugunsten von Bahnen und Bussen sowie Fuß- und Radverkehr (Abbildung 2). Das führt gemeinsam mit der anfänglich schnelleren Pkw-Elektrifizierung zu frühzeitigen Emissionsminderungen, die im Wende-2030-Zielszenario insbesondere in der ersten Hälfte der 2030er Jahre nachgeholt werden müssen. Dies gelingt nur mit einem beschleunigten Umstieg von Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel sowie durch die vorzeitige Stilllegung von Verbrennerfahrzeugen und den erhöhten Einsatz synthetischer Kraftstoffe.

Ab 2035 verläuft die Entwicklung des Modal Splits in beiden Zielszenarien parallel. Im Zieljahr 2045 beträgt der Anteil des motorisierten Individualverkehrs an der Verkehrsleistung nur noch 58 Prozent (2019: 77 Prozent), während der Anteil von Bahnen und Bussen auf fast ein Drittel steigt. Die Verkehrsleistung der Eisenbahnen ist dann fast doppelt so hoch wie im Referenzszenario, die von Bussen ist sogar dreimal so hoch.



Der Pkw-Bestand entwickelt sich entsprechend dem schrumpfenden Pkw-Anteil am Modal Split: Er sinkt in beiden Klimazielszenarien von 47 Millionen auf rund 38 Millionen Fahrzeuge, während er im Referenzszenario auf 54 Millionen steigt (Abbildung 3). Bemerkenswert ist, dass im Jahr 2045 von diesen 54 Millionen Fahrzeugen 45 Millionen einen batterieelektrischen Antrieb haben. Absolut sind das deutlich mehr E-Fahrzeuge als in den beiden Klimazielszenarien. Die Treibhausgasemissionen sind trotzdem höher, weil noch viele Verbrenner unterwegs sind.

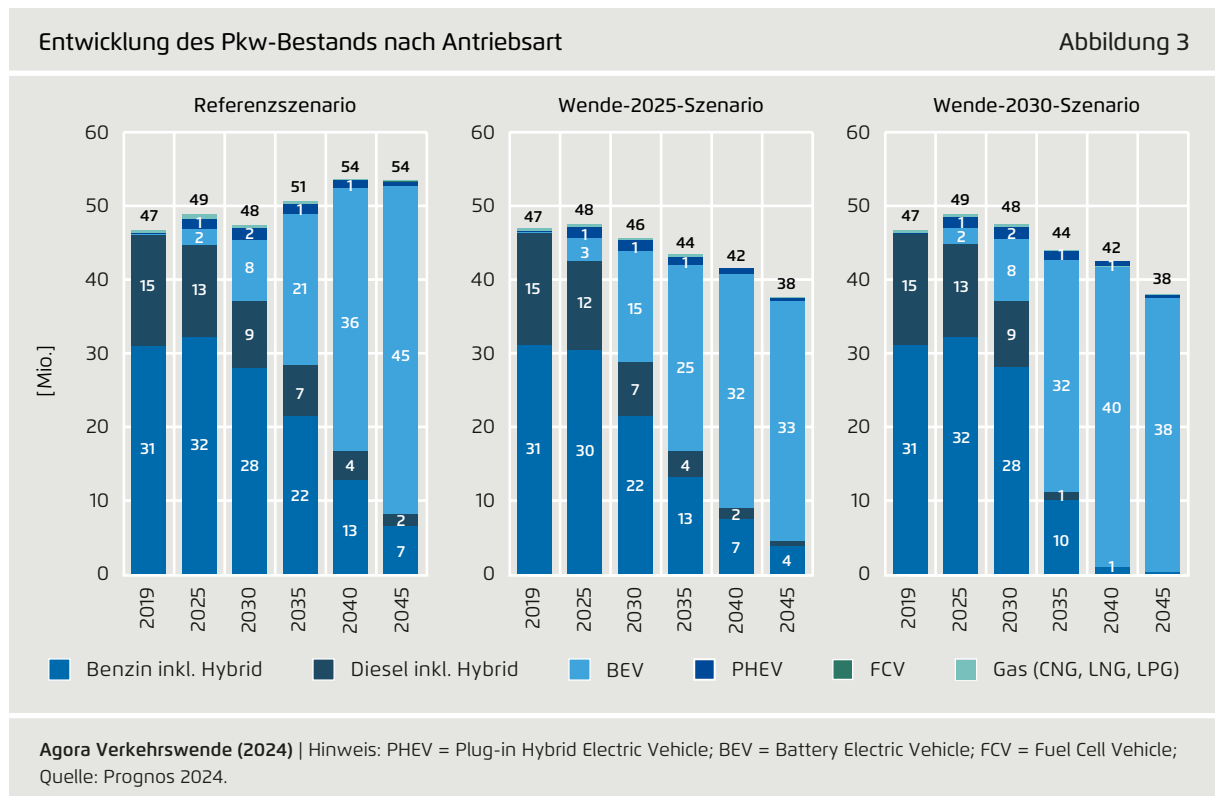
Bemerkenswert ist auch, dass im Wende-2030-Zielszenario im Jahr 2045 fast sämtliche Pkw batterieelektrisch angetrieben werden, was am Ende nur durch das vorzeitige Stilllegen von Verbrennern zu erreichen ist. Diese „Durchelektrifizierung“ ist notwendig, um die vermehrten Emissionen aus den Vorjahren zu kompensieren. Im Wende-2025-Zielszenario ist das nicht nötig, deshalb können selbst 2045 noch einige Pkw mit Verbrennungsmotor im Bestand verbleiben, die dann mit emissionsfreien Kraftstoffen betrieben werden.

Auch den zunehmenden Güterverkehr elektrifizieren und verlagern

Im Güterverkehr sind die Unterschiede zwischen den Szenarien weniger deutlich ausgeprägt als im Personenverkehr. In den Klimazielszenarien sinkt der Lkw-Anteil bei sehr ähnlichem Verlauf bis 2045 auf 67 Prozent (575 von 853 Milliarden Tonnenkilometern), während er im Referenzszenario bei 72 Prozent (612 von 853 Milliarden Tonnenkilometern) verharrt (Abbildung 4). Trotzdem sind in allen Szenarien dann mehr Lkw auf den Straßen unterwegs als heute. Noch stärker wächst allerdings die Verkehrsleistung der Bahn.

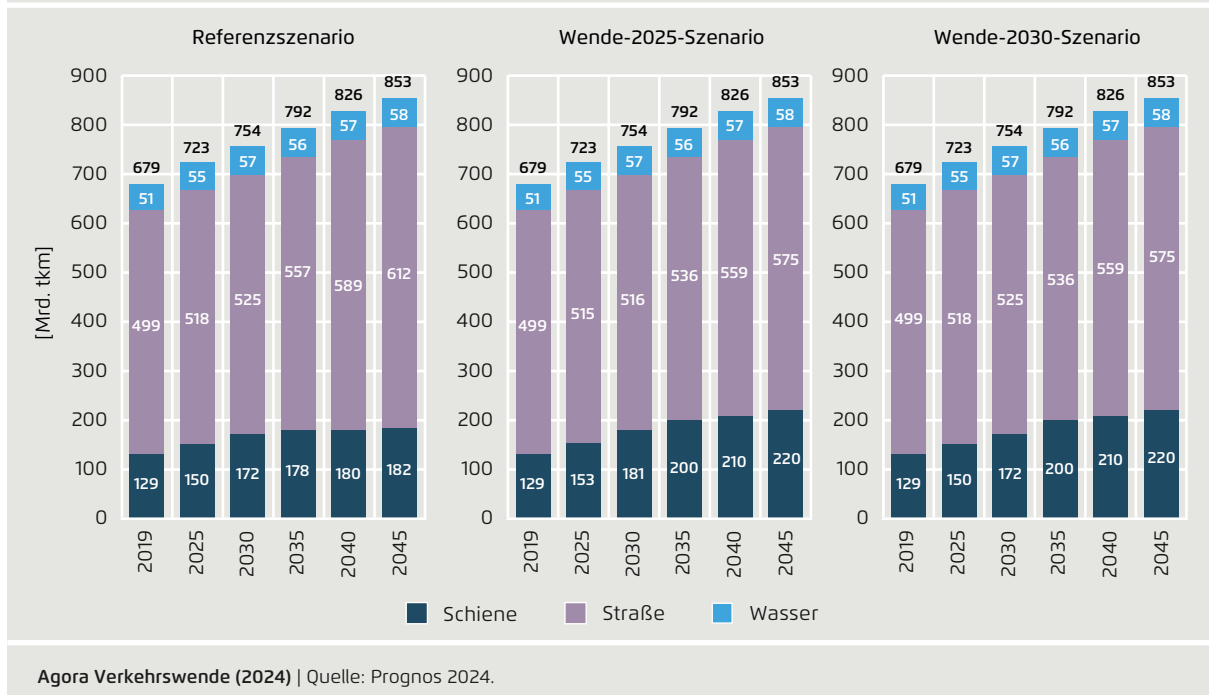
Das Wachstum der Güterverkehrsleistung insgesamt geht in den beiden Zielszenarien sogar zu mehr als der Hälfte auf das Konto der Schiene – und wird damit elektrisch erbracht, denn im Güterverkehr werden schon heute „annähernd 90 Prozent aller Zugkilometer elektrisch zurückgelegt“¹⁰, also lokal emissionsfrei.

10 https://www.deutschebahn.com/de/presse/suche_Medi-empakete/Nachhaltigkeit/Alternative-Antriebe-und-Kraftstoffe



Verkehrsnachfrage im Güterverkehr nach Verkehrsmitteln

Abbildung 4



Agora Verkehrswende (2024) | Quelle: Prognos 2024.

Demgegenüber steht die Elektrifizierung der Nutzfahrzeug-Flotte erst noch bevor. Allerdings fährt selbst im Referenzszenario schon 2030 knapp ein Viertel aller leichten Nutzfahrzeuge, deren Bestand stark wachsen wird, batterieelektrisch, ebenso wie im Wende-2030-Zielszenario. Im Wende-2025-Szenario ist es dann schon mehr als ein Drittel, womit fast die Hälfte der gesamten Fahrleistung leichter Nutzfahrzeuge elektrisch erbracht wird. 2045 fahren dann in allen Szenarien rund 90 Prozent aller leichten Nutzfahrzeuge batterieelektrisch, der Anteil der elektrischen Fahrleistung liegt jeweils bei mehr als 90 Prozent.

Auch bei den schweren Nutzfahrzeugen setzt sich der batterieelektrische Antrieb durch, allerdings weniger schnell als bei den leichten Nutzfahrzeugen. Im Zielszenario Wende 2025 liegt die batterieelektrische Fahrleistung im Jahr 2030 bei etwa einem Drittel, steigt bis 2035 auf 70 Prozent und bis 2045 auf mehr als 90 Prozent. Bei den Neuzulassungen schwerer Nutzfahrzeuge liegt der Anteil batterieelektrischer Lkw 2030 bereits bei über 70 Prozent und erreicht fünf Jahre später etwa 95 Prozent (Abbildung 5). Im Referenzszenario findet die Elektrifizierung über den gesamten Zeitraum verzögert

statt: bei den Neuzulassungen dominieren batterieelektrisch angetriebene schwere Nutzfahrzeuge erst ab der ersten Hälfte der 2030er Jahre, bei der Fahrleistung erst in der zweiten Hälfte. Im Zielszenario Wende 2030 werden ab 2030 gleich hohe Zulassungszahlen batterieelektrischer Lkw erreicht wie im Wende-25-Szenario, sodass sich bis Anfang der 2040er Jahre auch die batterieelektrische Fahrleistung weitgehend angleicht. Lastwagen mit Wasserstoffantrieb besetzen in allen Szenarien lediglich eine Nische.

Die Kosten systematisch erfassen

Kostenvergleichsrechnungen dienen grundsätzlich dazu, bei Investitionsentscheidungen die kostengünstigste Option zu ermitteln. In den Vergleich fließen möglichst sämtliche Kosten ein, die einer Investition zuzurechnen sind, auch die Betriebskosten, die durch eine Investition entstehen. Investitionen dienen der Erzielung zukünftiger Erträge, die nicht notwendigerweise unmittelbar finanzieller Natur sind. Eine Investitionsentscheidung ist also nur gut zu begründen, wenn neben den Kosten die Erträge betrachtet werden. Ein Fokus auf die Kostenseite ist dann angemessen, wenn die Investitionsalternativen

zu gleichen Erträgen (Outputs) hinsichtlich Quantitäten beziehungsweise Qualitäten führen.

Im Rahmen dieser Studie werden Szenarien verglichen, die jeweils eine gleiche Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr – und damit ein vergleichbares Mobilitätsniveau – erreichen. Daher liegt der Fokus der durchgeführten Wirtschaftlichkeitsanalysen auf den volkswirtschaftlichen Kosten zur Erbringung dieser Verkehrsleistung.

Die hier zunächst betrachteten direkten Ausgaben des Verkehrssektors bestehen aus Aufwendungen für Investitionen (Capital Expenditures, CapEx) und aus Betriebsausgaben (Operating Expenditures, OpEx) zur Erbringung dieses Mobilitätsniveaus. Letztere setzen sich vor allem aus Aufwendungen für Energie, Personal und Wartung zusammen. Bei Fahrzeugen (Züge, Busse, Pkw und Lkw) und bei der Infrastruktur (Ladesäulen und Wasserstofftankstellen sowie Straßen- und Schienenwege) handelt es sich um Investitionen in Sachanlagen; sie werden über einen längeren Zeitraum genutzt.

Während beim Aufwand für den laufenden Betrieb, also den OpEx, die jährlichen Ausgaben auch den Kosten entsprechen, ist dies bei Investitionen aufgrund der

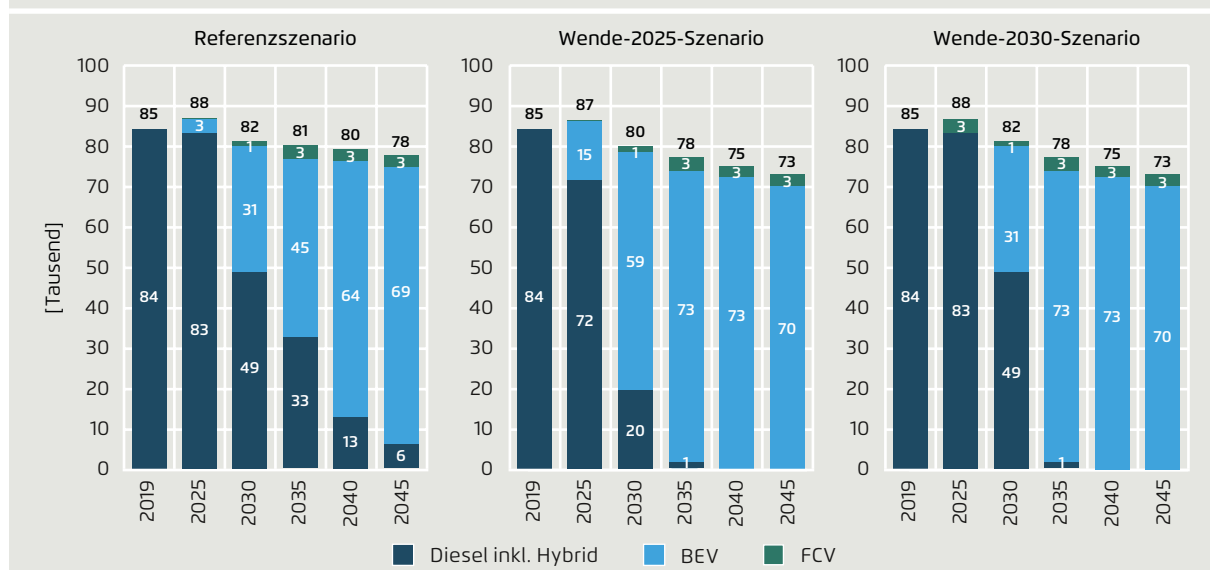
mehrjährigen Nutzung nicht der Fall. Die Ausgaben für Investitionsgüter, also die CapEx, fallen direkt bei der Anschaffung an, die Bilanzierung der durch sie entstehenden Kosten sollte jedoch über ihre Nutzungsdauer erfolgen. Dazu werden die anfänglichen Ausgaben annuiert, also gleichmäßig auf die Jahre der Lebensdauer der Investitionsgüter verteilt.

Die in dieser Studie ausgewiesenen jährlichen Kosten für die Infrastrukturen und Fahrzeuge entsprechen somit dem Realwert dieser Annuität.¹¹ Zur Berechnung der Annuität für die Kostenbetrachtung wird ein nominaler Zinssatz von drei Prozent angenommen; das entspricht in etwa der Rendite deutscher Staatsanleihen mit fünfzehnjähriger Laufzeit. Die realen Kosten der Investition werden durch Diskontierung der Annuitäten bestimmt, wofür in der Studie für sämtliche Zahlungen eine jährliche Diskontrate von zwei Prozent angesetzt wird.

11 Die hier angenommene Lebensdauer beträgt für Ladesäulen 10 Jahre, für Pkw 16 Jahre, für Nutzfahrzeuge durchschnittlich 10 Jahre und für Autobusse 19 Jahre. Für die Straßen- und Schieneninfrastruktur beträgt die angenommene Lebensdauer jeweils 35 Jahre, für das rollende Material 30 Jahre.

Entwicklung der Neuzulassungen im Güterverkehr (schwere Nutzfahrzeuge)

Abbildung 5



Agora Verkehrswende (2024) | Hinweis: Zu schweren Nutzfahrzeugen zählen Sattelzugmaschinen und Lkw über 3,5 t exkl. sonstige Zugmaschinen und übrige Kfz. Quelle: Prognos 2024.

Zur Bestimmung der Ausgaben und Kosten wurden zunächst die in den jeweiligen Szenarien benötigten Mengengerüste von Anlagegütern, Energie, Dienstleistungen beziehungsweise Personalaufwand quantifiziert. Anschließend wurden sie jeweils mit deren Nettopreisen (ohne Steuern) verknüpft, um die volkswirtschaftliche Perspektive abzubilden (s. Kasten Seite 21).

Die Mechanik des Kostengetriebes verstehen

Im Jahr 2019 betragen die jährlichen Ausgaben im Verkehrssektor etwa 356 Milliarden Euro¹² (Abbildung 6). Über ein Drittel davon, 127 Milliarden Euro, wird in Straßenfahrzeuge (Pkw, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse) investiert, das Gros davon in Pkw (110 Milliarden Euro); hinzu kommen 45 Milliarden Euro für deren Wartung. Es folgen Personalausgaben mit insgesamt 73 Milliarden, von denen 54 Milliarden auf den Güter-

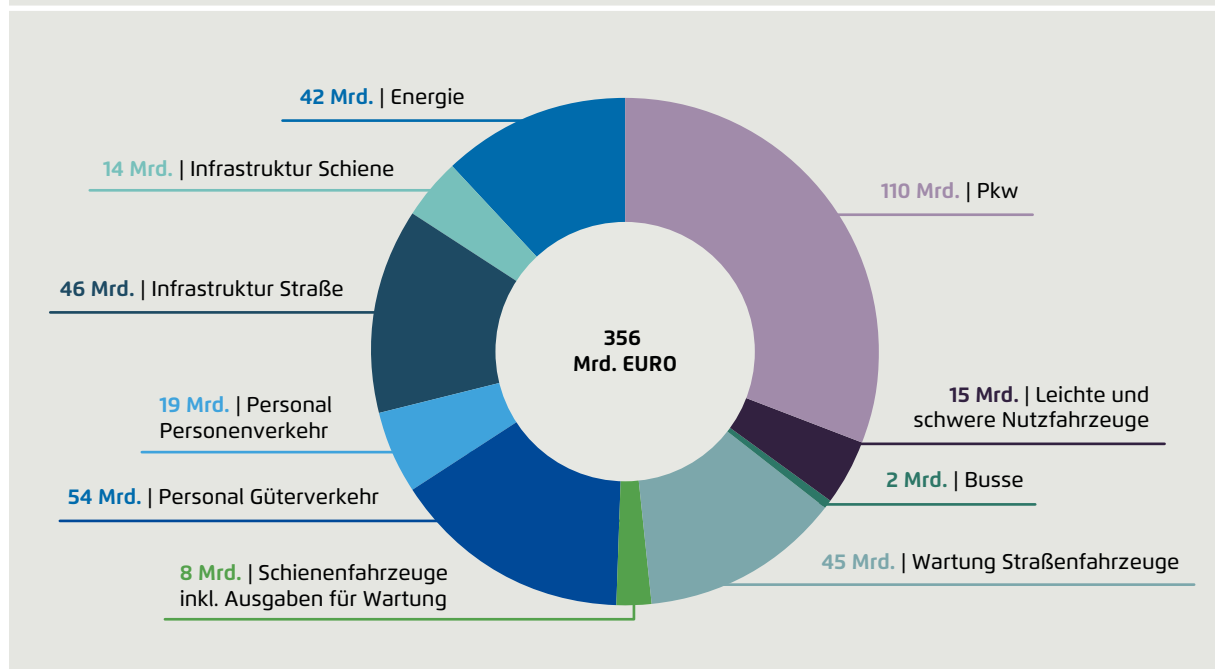
verkehr entfallen, wobei hierbei der Straßengüterverkehr mit 53 Milliarden absolut dominant ist; der Rest teilt sich auf den Personenverkehr auf der Straße (12 Milliarden) und Schiene inkl. Stadtbahnen (7 Milliarden) auf. Weitere wesentliche Ausgabenblöcke bilden die Investitionen in die Straßeninfrastruktur (46 Milliarden), die Schieneninfrastruktur (14 Milliarden) und die Schienenfahrzeuge (8 Milliarden) sowie 42 Milliarden für Energie. Hinzu kommen größere Ausgaben für Wartung (45 Milliarden) und Energie (42 Milliarden). Ausgaben für Ladesäulen und Wasserstofftankstellen spielten im Jahr 2019 noch eine zu vernachlässigende Rolle. Klimaschäden sind in dieser Aufstellung nicht enthalten, da die Emission von Treibhausgasen keine unmittelbaren finanziellen Ausgaben nach sich zieht; dennoch sind sie von hoher, mittelbar auch finanzieller Relevanz. Die Klimaschadenskosten für die Emissionen des Jahres 2019 lassen sich auf etwa 30 Milliarden Euro beziffern.

12 Bei den in diesem Bericht genannten Ausgaben und Kosten handelt es sich, soweit nicht anderweitig angegeben, um inflationsbereinigte Beträge auf dem Preisniveau des Jahres 2022 [EUR2022].

Der Verkehrssektor gehört mit diesen Ausgaben zu den kapitalintensiven Wirtschaftsbereichen Deutschlands. Deutlich mehr als die Hälfte aller hier erfassten direkten Ausgaben entfallen auf Sachkapitalgüter (CapEx). Bis

Ausgaben im Verkehrssektor 2019 in Euro

Abbildung 6



Agora Verkehrswende (2024) | Quelle: Prognos 2024.

2045 bleibt es dabei, dass die mit Abstand höchsten Investitionsausgaben auf Straßenfahrzeuge entfallen (Abbildung 7.1), sie bilden auch in jedem Jahr und jedem Szenario den größten einzelnen Kostenblock (Abbildung 7.2). Das stärkste (absolute) Wachstum bis 2045, gerade in den Zielszenarien, weisen hingegen die Personalkosten auf.

Im Referenzszenario verharren die Investitionen in Pkw und Lkw bis 2045 auf ähnlichem Niveau wie heute, während sie im Wende-2025-Zielszenario aufgrund der Anschaffung zunächst noch etwas teurerer emissionsfreier Fahrzeuge erst leicht ansteigen, anschließend aber deutlich unter das Niveau des Referenzszenarios sinken. Der Grund dafür ist der Rückgang des Pkw-Bestands und die Verlagerung auf andere Verkehrsmittel.

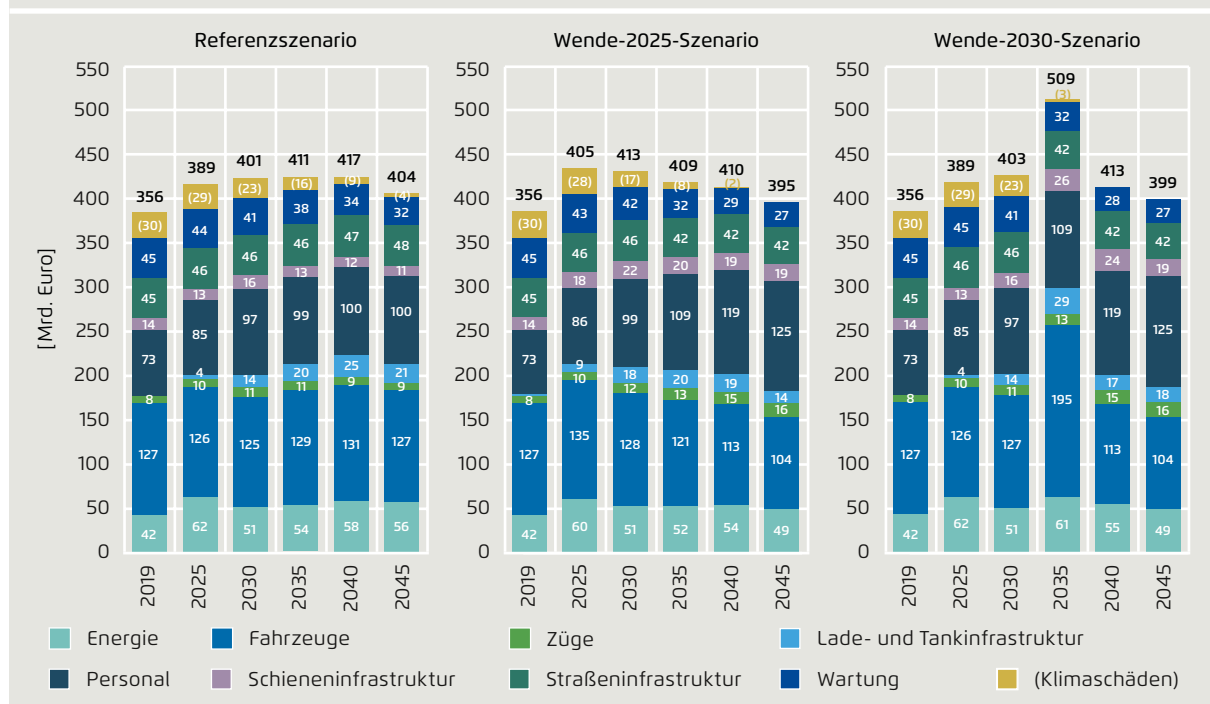
Beim Wende-2030-Zielszenario haben die Ausgaben für Straßenfahrzeuge in den 2030er Jahren einen Ausreißer nach oben. In diesem Zeitraum muss die bis dahin versäumte Elektrifizierung des Fahrzeugbestands

nachgeholt werden, damit das Emissionsbudget eingehalten werden kann. Das erfordert die Ausmusterung von Verbrenner-Pkw vor Erreichen ihrer üblichen Lebensdauer. Der Austausch eines erheblichen Teils der Pkw-Flotte und die dafür nötigen erhöhten Zulassungszahlen batterieelektrischer Pkw erhöhen die Ausgaben massiv; der mit der vorzeitigen Stilllegung verbundene Kapitalverlust schlägt sich merklich in den volkswirtschaftlichen Kosten nieder.

Ein massiver Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge wird in allen Szenarien erforderlich, ebenso wie ein gewisser Bestand an Wasserstofftankstellen. Die hiermit verbundenen Ausgaben und Kosten spiegeln die unterschiedlichen Elektrifizierungsgeschwindigkeiten wider. Während im Wende-2025-Zielszenario bereits bis in die frühen 2030er Jahre hohe Investitionen in die Energieversorgungsinfrastruktur notwendig sind, erfolgen diese – dem E-Pkw- und E-Lkw-Bestand folgend – in den anderen Szenarien vor allem ab Mitte der

Jährliche Ausgaben im Verkehrssektor nach Szenario

Abbildung 7.1



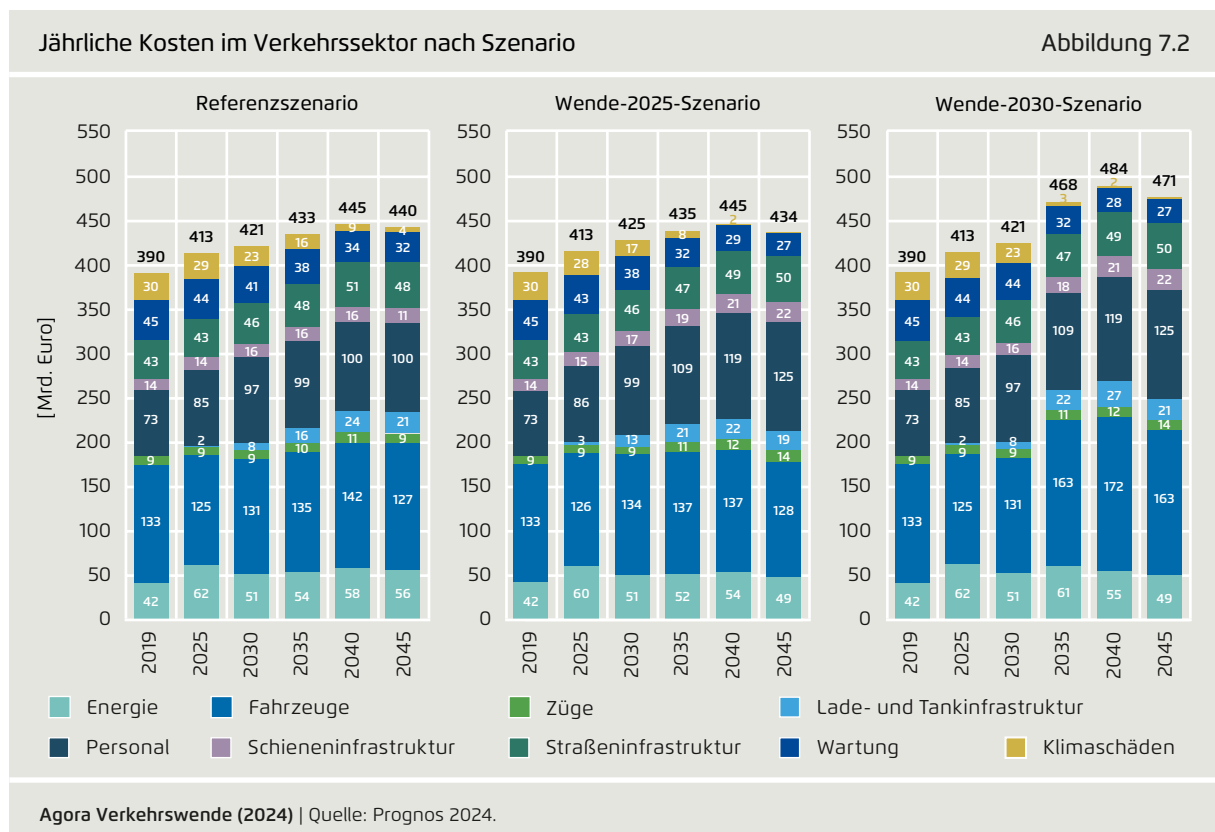
Agora Verkehrswende (2024) | Hinweis: Die Klimaschadenskosten sind aufgrund ihrer hohen Relevanz in der Grafik abgebildet, in der ausgewiesenen Summe der Ausgaben hingegen nicht berücksichtigt. So liegt die Kostenverursachung im Jahr der Emission, die durch Klimaschäden entstehenden Ausgaben treten jedoch größtenteils in späteren Jahren auf; eine zeitliche Zuordnung der Ausgaben kann in dieser Studie allerdings nicht erfolgen. Quelle: Prognos 2024.

2030er. Insbesondere im Wende-2030-Szenario fallen dann im Einklang mit dem rapiden E-Pkw-Aufwuchs sehr hohe Ausgaben für die Ladeinfrastruktur an.

Die Ausgaben für Straßeninfrastruktur unterscheiden sich in den Szenarien nur relativ wenig voneinander – anders als die Ausgaben für Schieneninfrastruktur. Um mehr Transporte auf der Schiene abwickeln zu können, muss das Netz erheblich ausgebaut werden. Über den Zeitraum von 2023 bis 2045 summieren sich die Mehrausgaben in den beiden Zielszenarien auf etwa 150 Milliarden Euro, wobei diese Summe auch Investitionen in Höhe von etwa 60 Milliarden Euro für die Infrastruktur von Stadtbahnen einschließt (Tabelle 1 und 2). Bei der Straßeninfrastruktur wurde zwischen den Szenarien nur insoweit unterschieden, dass in den Klimazielszenarien kein weiterer Ausbau des Netzes der Bundesstraßen nach 2030 erfolgt. Tendenziell könnten dadurch die relativen Kosten der Klimazielszenarien in dieser Kategorie überschätzt werden, da mit dem verringerten Straßenverkehr auch geringere Kosten für Ausbau und Erhalt des nachgeordneten Straßennetzes möglich sind.

Busse und Bahnen sind deutlich energieeffizienter unterwegs als Pkw und Lkw. Deshalb sinken die Energiekosten, je mehr Transportleistung von ihnen statt von Pkw und Lkw abgewickelt wird. Ebenso sind elektrisch angetriebene Fahrzeuge energieeffizienter als solche mit Verbrennungsmotor. Per Saldo werden im Wende-2025-Zielszenario dadurch 61 Milliarden Euro an Energiekosten gegenüber dem Referenzszenario eingespart.

Anders als Pkw, die von Privatpersonen unentgeltlich gefahren werden, benötigen Busse und Bahnen Fahrpersonal und damit mehr Mittel für Personalkosten. Die zusätzlichen Personalkosten im Personenverkehr belaufen sich – kumuliert bis 2045 – beim Wende-2025-Zielszenario auf 245 Milliarden Euro, davon werden 169 Milliarden Euro allein für den Betrieb von Bussen fällig. Im Güterverkehr verhält es sich umgekehrt: Hier ergeben sich im Wende-2025-Szenario durch die Verlagerung auf die Schiene bis 2045 kumulierte Personalkosteneinsparungen in Höhe von 6 Milliarden Euro im Vergleich zur Referenz. Der Transport mit Lkw auf der Straße ist personalintensiver je Tonnenkilometer



Ausgaben (kumuliert 2023–45)				Tabelle 1		
				Abweichung der Zielszenarien vom Referenzszenario		
Mrd. Euro (real, 2022)			Referenzszenario	Wende-2025-Szenario	Wende-2030-Szenario	
Investitionen Fahrzeuge / Züge			3.177	-85	397	
Straße	Personenverkehr		2.378	-171	333	
		Güterverkehr	568	21	3	
	Schiene	Personenverkehr	185	60	57	
		Güterverkehr	46	5	4	
Wartung			889	-101	-79	
Straße	Personenverkehr		669	-88	-74	
	Güterverkehr		220	-13	-5	
Personal			2.197	239	222	
Straße	Personenverkehr		286	169	156	
		Güterverkehr	1665	-9	-8	
	Schiene	Personenverkehr	218	76	72	
		Güterverkehr	28	3	3	
Energie			1.298	-61	9	
Straße	Personenverkehr		781	-70	-45	
		Güterverkehr	441	-11	35	
	Schiene	Personenverkehr	53	18	17	
		Güterverkehr	23	3	2	
Infrastruktur Verkehrswege			1.391	83	83	
Straße	Personenverkehr		527	-34	-34	
		Güterverkehr	541	-35	-35	
	Schiene	Personenverkehr	273	147	146	
		Güterverkehr	49	6	6	
Ladeinfrastruktur (inkl. Wasserstofftankstellen)			378	-4	14	
Straße	Personenverkehr		269	-28	6	
	Güterverkehr		109	25	7	
Gesamtsumme Ausgaben			9.329	71	645	
Klimaschäden			401	-131	-128	
Straße	Personenverkehr		248	-77	-81	
		Güterverkehr	150	-53	-47	
	Schiene	Personenverkehr	2	0	0	
		Güterverkehr	1	0	0	
Gesamtausgaben plus Klimaschäden			9.731	-60	518	

Agora Verkehrswende (2024) | Quelle: Prognos 2024.

Kosten (kumuliert 2023 – 45)				Tabelle 2		
				Abweichung der Zielszenarien vom Referenzszenario		
Mrd. Euro (real, 2022)			Referenzszenario	Wende-2025-Szenario	Wende-2030-Szenario	
Investitionen Fahrzeuge / Züge			3.325	-10	395	
Straße	Personenverkehr		2.575	-52	375	
		Güterverkehr	521	22	3	
	Schiene	Personenverkehr	184	18	16	
		Güterverkehr	44	2	1	
Wartung			889	-101	-79	
Straße	Personenverkehr		669	-88	-74	
	Güterverkehr		220	-13	-5	
Personal			2.197	239	222	
Straße	Personenverkehr		286	169	156	
		Güterverkehr	1665	-9	-8	
	Schiene	Personenverkehr	218	76	72	
		Güterverkehr	28	3	3	
Energie			1.298	-61	9	
Straße	Personenverkehr		781	-70	-45	
		Güterverkehr	441	-11	35	
	Schiene	Personenverkehr	53	18	17	
		Güterverkehr	23	3	2	
Infrastruktur Verkehrswege			1.455	46	32	
Straße	Personenverkehr		541	-11	-11	
		Güterverkehr	555	-11	-11	
	Schiene	Personenverkehr	308	67	52	
		Güterverkehr	51	3	3	
Ladeinfrastruktur (inkl. Wasserstofftankstellen)			328	24	35	
Straße	Personenverkehr		236	-4	27	
	Güterverkehr		92	28	8	
Zwischenergebnis			9.492	138	615	
Klimaschäden			401	-131	-128	
Straße	Personenverkehr		248	-77	-81	
		Güterverkehr	150	-53	-47	
	Schiene	Personenverkehr	2	0	0	
		Güterverkehr	1	0	0	
Gesamtergebnis			9.894	8	487	

Agora Verkehrswende (2024) | Quelle: Prognos 2024.

als der Bahntransport, aufgrund des wesentlich geringeren Transportgewichts- und -volumens je Fahrzeugführendem.

Ausgaben und Kosten minimieren

Blickt man über die gesamte Zeitspanne bis 2045 auf den vorläufigen Saldo aus Mehr- und Minderausgaben, die unmittelbar für die Erbringung der Mobilität von Menschen und Gütern anfallen, liegen beide Zielszenarien ausgabenseitig noch über dem Referenzszenario: das Wende-2025-Zielszenario nur geringfügig, das Wende-2030-Zielszenario substantiell (Abbildung 8). Allerdings ist dieses Bild unvollständig.

Werden darüber hinaus auch die eingesparten Kosten durch vermiedene Klimaschäden berücksichtigt, erweist sich das Wende-25-Zielszenario im Vergleich zum Referenzszenario als ökonomisch vorteilhafter. Der Zeitpunkt, von dem ab die jährlichen Minderausgaben größer als die Mehrausgaben im Vergleich zum Referenzszenario sind, wird bereits 2031 erreicht. Betrachtet man die kumulierten Ausgaben,

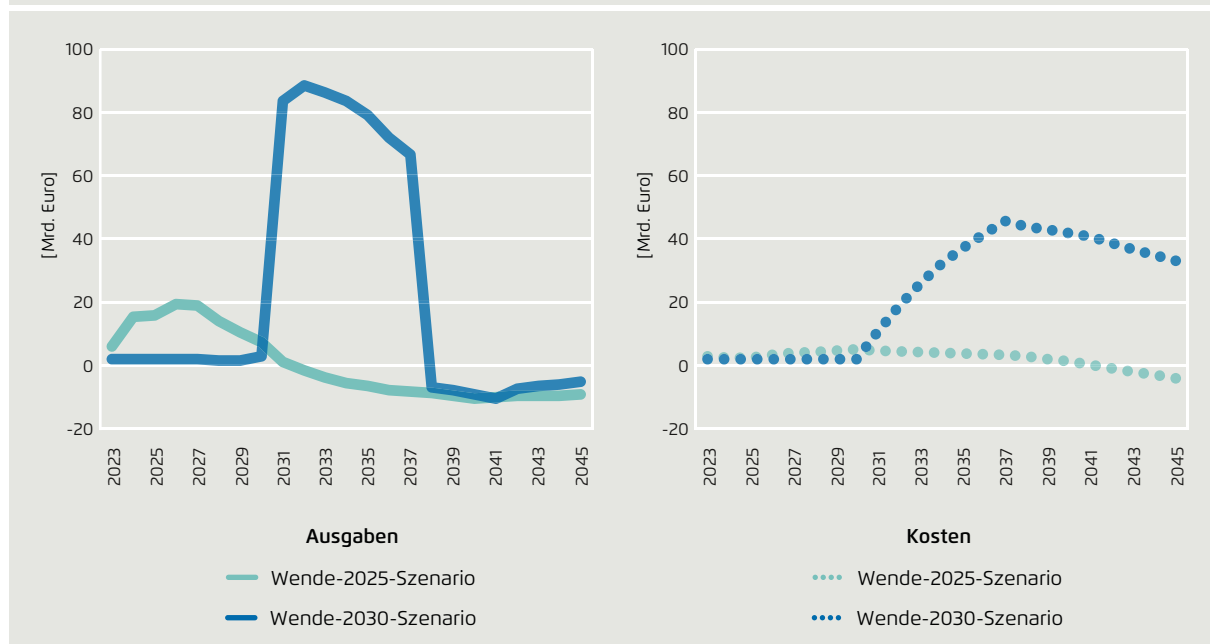
tritt der Break-even-Punkt, ab dem die Gesamtausgaben bei Hinzurechnung der Klimaschadenskosten unterhalb des Referenzszenarios liegen, um das Jahr 2040 ein.

Das Wende-30-Zielszenario bleibt im Vergleich dazu insbesondere wegen des sehr teuren Abwrackens von Pkw im Nachteil, auch unter Berücksichtigung der Gutschrift für vermiedene Klimaschadenskosten. Nach einigen Jahren mit – zum Teil sehr deutlichen – Mehrausgaben sinken zwar auch hier die jährlichen Lasten im Vergleich zum Referenzszenario: der Wendepunkt hinsichtlich der jährlichen Ausgaben wird beim Wende-30-Zielszenario um das Jahr 2038 erreicht, nach dem Ende des Pkw-Stillegeprogramms. In der kumulativen Betrachtung kann diese finanzielle Bürde allerdings auf lange Zeit nicht ausgeglichen werden.

Wechselt man von der Ausgaben- zur volkswirtschaftlichen Kostenperspektive, tritt für das Wende-2025-Szenario der rechnerische Break-even-Punkt hinsichtlich der kumulierten Kosten (inklusive der Klimaschadenskosten) ein paar Jahre später ein. Dies liegt daran, dass die

Jährliche Abweichung der Ausgaben und Kosten in den Klimazielszenarien vom Referenzszenario

Abbildung 8



Agora Verkehrswende (2024) | Hinweis: Die Grafik zu den Ausgabenunterschieden berücksichtigt zudem die abweichenden Klimaschadenskosten. Quelle: Prognos 2024.

höheren Ausgaben des Referenzszenarios in den 2030er und 2040er Jahren – insbesondere für Privat-Pkw – durch die Annuisierung auf deren gesamte Nutzungsdauer umgelegt werden. Doch auch in dieser Kostenbetrachtung "überholt" das Wende-25-Zielszenario noch vor dem Jahr 2050 das Referenzszenario. Das bedeutet, dass die bis zur Mitte des Jahrhunderts anfallenden Kosten mit einer zügigen Verkehrswende geringer sind als im Fall eines Weiter-so. Für das Wende-2030-Zielszenario gilt auch mit Blick auf die Kosten: Der Kostenrucksack des Pkw-Stillegeprogramms wiegt zu schwer, um kostenseitig zu den anderen Szenarien aufzuschließen.

Wird die Verkehrswende also schnell und konsequent vorangetrieben, verursacht sie in den Jahren bis 2030 zwar Mehrausgaben, verspricht aber schon ab 2031 wachsende Erträge in Form jährlicher Minderausgaben im Vergleich zum Referenzszenario. Diese Einsparungen übersteigen in kumulativer Betrachtung schon ab etwa 2040 die anfänglichen Mehrausgaben. Die Option Wende 2025 nicht zu nutzen, führt entweder zum Verfehlen des Klimaziels wie im Referenzszenario oder zu Strukturbrüchen und zur Entwertung von Investitionen wie im Zielszenario Wende 2030.¹³

Für die anzustoßenden Entwicklungen bedeutet das: Die Antriebswende kommt ohnehin, aber sie muss beschleunigt werden. Das wird nur mit deutlich mehr politischer Unterstützung und angepassten Rahmenbedingungen gelingen. Den markantesten Unterschied macht im Szenario Wende 2025 die zügig eingeleitete Mobilitätswende, also die Verlagerung von Transportleistungen auf die Schiene, auf den öffentlichen Personennahverkehr und zum Rad- und Fußverkehr. Sie würde nicht nur Investitionen in Fahrzeuge sowie Ausgaben für Energie und Wartung ersparen, sondern auch für sinkende Klimaschadenskosten sorgen und weiteren gesellschaftlichen Nutzen mit sich bringen.

Weitere Zusatzeffekte und Potenziale mitdenken

Darüber hinausgehende volkswirtschaftliche Vorteile der Zielszenarien, neben der Vermeidung von Klimaschäden, etwa durch Einsparung von Schadenskosten für Luftverschmutzung, Lärm oder Flächenverbrauch, wurden in der

vorliegenden Studie nicht einkalkuliert. Gleichmaßen blieben weitere volkswirtschaftliche Kosten-Nutzen-Faktoren wie Zeitkosten und Komfort unberücksichtigt. Eine Berücksichtigung all dieser Faktoren in Euro und Cent wäre sehr komplex und letztlich auch nicht vollständig möglich. Dennoch sind sie relevant für die Bewertung verschiedener Verkehrssysteme. In einer umfassenderen volkswirtschaftlichen Bilanzierung würden die Zielszenarien voraussichtlich noch besser abschneiden.

Eine Herausforderung für die Mobilitätswende ist der Personalaufwand für den vermehrten Betrieb von Bussen und Bahnen. Dies gilt nicht allein mit Blick auf die damit verbundenen Kosten, sondern noch vielmehr hinsichtlich der Verfügbarkeit des Fahrpersonals. Digitalisierungstechnologien und selbstfahrende Fahrzeuge bieten jedoch eine Perspektive, das Angebot im öffentlichen Verkehr dennoch weiter auszubauen – sei es bei U- und S-Bahnen, Linienbussen oder autonomen Shuttles. Vor allem letztere können auch eine wichtige Rolle übernehmen, um den öffentlichen Verkehr in der Fläche zu stärken und als Zubringer zum schienengebundenen Verkehr zu dienen.

Gelingt es, diese Automatisierungspotenziale zu erschließen, wären die volkswirtschaftlichen Vorteile einer konsequenten Verkehrswendepolitik noch größer – in Form eines verbesserten Mobilitätsangebots, geringerer externer Kosten und möglicherweise auch sinkender Kosten des öffentlichen Verkehrs. Diese Aussicht sollte die Verantwortlichen von Bund bis zu den kommunalen Verkehrsbetrieben bestärken, digitalisierte Angebote voranzutreiben. Mit Blick auf politische und technologische Unsicherheiten wurde in der vorliegenden Studie jedoch eine eher konservative Annahme getroffen. Demnach werden die realen Personalkosten je Personenkilometer im öffentlichen Verkehr bis 2030 weiterhin leicht ansteigen und danach konstant bleiben.

Naheliegender ist überdies ein weiterer Zusatzeffekt, der mit konsequenterer Verkehrswendepolitik verbunden wäre: die Erhöhung der Lebensqualität in urbanen Räumen. Das Auto bliebe zwar das Verkehrsmittel Nummer eins, doch während die im motorisierten Individualverkehr absolvierte Verkehrsleistung im Referenzszenario sogar noch ein wenig stiege, ließe sie sich in den Zielszenarien ohne Mobilitätseinschränkung bis 2045 um mehr als 20 Prozent senken. Es würden dann nicht nur weniger Autos unterwegs sein, sie würden auch beim

13 Es drohen darüber hinaus Strafzahlungen im Rahmen der Europäischen Klimaschutzverordnung.

Parken weniger öffentlichen Raum beanspruchen, der anderweitig genutzt werden könnte: als Freiraum für die Entwicklung der Stadt von morgen.

Verkehrswende jetzt – eine gute Investition mit Mehrwert für die ganze Gesellschaft

Der Verkehrssektor ist das „Sorgenkind“ der Klimapolitik. Ein politisches Umsteuern ist noch immer nicht erkennbar. In keinem Sektor sind die Defizite – gemessen an den eigenen Zielen der Bundesregierung – so groß wie im Verkehr. Doch das muss nicht so bleiben. Auch der Verkehr kann auf Kurs Richtung Klimaneutralität gebracht werden und seinen angemessenen Beitrag zu den Treibhausgasminderungsverpflichtungen Deutschlands leisten. Zwar lassen sich die im Jahr 2021 im Bundes-Klimaschutzgesetz formulierten Emissionsziele für den Verkehrssektor bis zum Jahr 2030 – insbesondere in einer kumulativen Betrachtung – kaum mehr erreichen, doch diese Zielverfehlungen können in den folgenden Jahren wieder aufgeholt werden.

Voraussetzung hierfür ist, dass sich die Politik einer ambitionierten Verkehrswende verpflichtet. Dabei sollte das Umsteuern, nicht zuletzt aus einer ökonomischen Perspektive, ohne weitere Verzögerungen erfolgen. Ein Verharren auf einem Pfad des Weiter-so in den nächsten Jahren würde mit Strukturbrüchen und der Entwertung von Investitionen einhergehen. Zwar ließen sich auch dann mittels eines drastischen Umsteuerns ähnliche kumulierte Emissionen bis zur Klimaneutralität erreichen, doch wären die Kosten dafür substanziell höher.

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Klimaziele bis zur Klimaneutralität spätestens 2045 auch im Verkehrssektor – bei vollständiger Wahrung der Mobilität und zu vergleichbaren Kosten gegenüber einem Referenzszenario – erreicht werden können. Obwohl die Gesamtkosten bis 2045 im Referenzszenario und im Zielszenario Wende 2025 sehr ähnlich sind, unterscheiden sich beide Szenarien signifikant in ihrer Kostenstruktur.

Im Zielszenario Wende 2025 fallen in den kommenden Jahren höhere Ausgaben für Investitionen in den Kapazitätsaufbau für den öffentlichen Verkehr, in elektrisch betriebene Fahrzeuge und deren Ladeinfrastruktur an. In der kurzen Frist erfordert ein unverzügliches Verkehrswende-Szenario somit zwar höhere Investitionen.

Doch schon ab Anfang der 2030er Jahre machen sich diese Investitionen bezahlt, sodass geringere jährliche Ausgaben als im Referenzszenario anfallen. So holt das Wende-2025-Zielszenario mit jedem weiteren Jahr auf. Bei Berücksichtigung der vermiedenen Klimaschadenskosten durch die Verkehrswende wird der Break-even für die kumulativen Ausgaben – also der Zeitpunkt, ab dem das Wende-25-Szenario geringere Gesamtausgaben als das Referenzszenario aufweist – Anfang der 2040er Jahre erreicht. Und selbst bei vollständiger Vernachlässigung der Klimaschäden wird dieser Zeitpunkt nur wenig später, gegen Mitte des Jahrhunderts erreicht. Die Politik braucht deshalb nicht nur einen Maßnahmenplan für die Verkehrswende, sondern auch eine Strategie für deren Finanzierung, vor allem für die höheren Ausgaben in der Anfangsphase.

Der Einbezug weiterer, in dieser Studie nicht quantifizierter externer Kosten und Nutzen – wie weitere Umweltkosten, Gesundheitskosten oder Verbesserungen der städtischen Lebensqualität – könnte das Erreichen des volkswirtschaftlichen Break-even noch beschleunigen und die Gesamtbilanz der Verkehrswende weiter verbessern. Nicht berücksichtigt wurden in der vorliegenden Studie die milliardenschweren Risiken für den deutschen Bundeshaushalt, die sich aus der Europäischen Klimaschutzverordnung ergeben: Ohne ambitionierten Klimaschutz im Verkehr drohen teure Zukäufe von Emissionsrechten anderer Länder beziehungsweise Strafzahlungen im Rahmen eines Vertragsverletzungsverfahrens. Die Mittel würden aus der Volkswirtschaft abfließen, anstatt die nachhaltige Modernisierung der Volkswirtschaft zu finanzieren.

Eine zügige und ambitionierte Verkehrswende ermöglicht es Deutschland also nicht nur, seinen verfassungs- und völkerrechtlichen Klimaschutz-Verpflichtungen nachzukommen, sondern sie schafft auch einen volkswirtschaftlichen Mehrwert für die Gesellschaft. Sie ist mit Blick auf die finanziellen Aufwendungen langfristig günstiger, verhindert vielfache Schadenskosten – verursacht etwa durch Wetterextreme, Flächenverbrauch, Lärm, Luft- und Umweltverschmutzung einschließlich der damit verbundenen Krankheiten – und kann darüber hinaus durch einen leistungsfähigen und gut zugänglichen öffentlichen Verkehr sowie durch eine am Menschen orientierte Gestaltung des öffentlichen Raums in Stadt und Land gegen Mobilitätsarmut vorbeugen und so für mehr soziale Teilhabe sorgen.

Annahmen zu den Ausgaben

Die Kalkulation der spezifischen Ausgaben in der Studie basiert auf Interviews und Workshops mit Expert:innen, auf Datenbanken der Prognos AG sowie Daten und Berechnungen auf der Grundlage folgender Quellen:

- **Pkw:** Prognos (2024). Interne Fahrzeugdatenbank (basierend u.a. auf [ADAC \(2024\). Autokatalog](#); [BloombergNEF \(2023\). Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \\$139/kWh](#)).
- **Busse:** Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (n. v.). Begleitforschung.
- **Fahrzeuge Straßengüterverkehr:** Prognos (2024). Kaufentscheidungsmodell (basierend u. a. auf [ICCT \(2023\). A total cost of ownership comparison of truck decarbonization pathways in Europe](#); [BloombergNEF \(2023\). Lithium-Ion Battery Pack Prices Hit Record Low of \\$139/kWh](#)).
- **Fahrzeuge Schienengüterverkehr:** [Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Roland Berger \(2021\). Gutachten zum Schienengüterverkehr in Deutschland bis 2030.](#)
- **Fahrzeuge Schienenpersonenverkehr und Stadtbahnen:** [Ramboll \(2023\). Ermittlung des Finanzbedarfs für den ÖPNV bis 2031 – Kurzbericht.](#)
- **Fahrzeuge Schienenpersonenverkehr:** [Deutsche Bahn \(2023\). Integrierter Bericht 2022.](#)
- **Ladeinfrastruktur:** [Agora Verkehrswende \(2022\). Schnellladen fördern, Wettbewerb stärken.](#)
- **Infrastruktur Bundesfernstraßen:** [Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur \(2016\). Bundesverkehrswegeplan 2030](#); [Bundesministerium für Digitales und Verkehr \(2021\). Berechnung der Wegekosten für das Bundesfernstraßennetz sowie der externen Kosten nach Maßgabe der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2023 bis 2027.](#)
- **Infrastruktur Landes- und Kreisstraßen:** [Böttger \(2021\). Abschätzung der Kosten der Verkehrsträger im Vergleich - Explorative Studie im Auftrag von Netzwerk Europäischer Eisenbahnen \(NEE\).](#)
- **Infrastruktur kommunale Straßen:** [Deutsches Institut für Urbanistik \(2023\). Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem – Schwerpunkt kommunale Netze.](#)
- **Infrastruktur Schiene:** [Bundesministerium für Finanzen \(2024\). Bundeshaushaltsplan 2023–2024](#); [Deutsche Bahn \(2023\). Integrierter Bericht 2022](#); [Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Roland Berger \(2021\). Gutachten zum Schienengüterverkehr in Deutschland bis 2030.](#)
- **Infrastruktur Stadtbahnen:** [Deutsches Institut für Urbanistik \(2023\). Investitionsbedarfe für ein nachhaltiges Verkehrssystem – Schwerpunkt kommunale Netze.](#)
- **Personal Schienenpersonenverkehr:** [Jährliche Preisfortschreibungssätze basierend auf Ramboll \(2023\). Ermittlung des Finanzbedarfs für den ÖPNV bis 2031 – Kurzbericht](#); [Deutsche Bahn \(2023\). Integrierter Bericht 2022](#); eigene Berechnungen von Prognos.
- **Personal Straßenpersonenverkehr:** [Jährliche Preisfortschreibungssätze basierend auf Ramboll \(2023\). Ermittlung des Finanzbedarfs für den ÖPNV bis 2031 – Kurzbericht.](#)
- **Personal Schienengüterverkehr:** [Deutsche Bahn \(2023\). Integrierter Bericht 2022.](#)
- **Personal Straßengüterverkehr:** [Bünger et al. \(2023\). Was verdienen Berufskraftfahrer/innen im Güterverkehr? Eine Analyse auf Basis der WSI-Lohnspiegel-Datenbank. Lohnspiegel.de-Arbeitspapier Nr. 61, Düsseldorf.](#)
- **Energie:** [Prognos \(2020\). Energiewirtschaftliche Projektionen 2030/2050.](#)
- **Klimaschäden:** [Umweltbundesamt \(2020\). Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten.](#) (Anmerkung: Es wurde der niedrigere Satz mit höherer Zeitpräferenzrate verwendet.)

Agora Verkehrswende ist ein Thinktank für klimaneutrale Mobilität mit Sitz in Berlin. Im Dialog mit Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft setzt sich die überparteiliche und gemeinnützige Organisation dafür ein, die Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor auf null zu senken. Dafür entwickelt das Team wissenschaftlich fundierte Analysen, Strategien und Lösungsvorschläge.

Agora Verkehrswende

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2 | 10178 Berlin

T +49 (0)30 700 14 35-000

F +49 (0)30 700 14 35-129

www.agora-verkehrswende.de

info@agora-verkehrswende.de

