

Klimaschutzszenarien 2050: Modellierung, Analyse und Vergleich von Zielszenarien - Sektor Verkehr

Sektor Verkehr

Freiburg, 01.08.2024

Autorinnen und Autoren

Öko-Institut e.V.
Inia Steinbach
Peter Kasten
Dennis Appenfeller

Geschäftsstelle Freiburg
Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse
Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin
Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Fraunhofer ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe
Telefon +49 721 6809-272

Kontakt
info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
1 Einleitung	6
2 Vorgehen und Methode	6
2.1 Referenz	6
3 Ausgestaltung Instrumente	7
4 Folgenabschätzung	10
4.1 THG-Emissionen	10
4.2 Endenergieverbrauch	11
4.3 Strukturelle Entwicklung	12
4.4 Sektorale ökonomische Folgen	17
5 Kernbotschaften	24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Nationale THG-Emissionen im Zeitverlauf	11
Abbildung 2: Endenergieverbrauch im Zeitverlauf	12
Abbildung 3: Pkw Neuzulassungsstruktur im Zeitverlauf	13
Abbildung 4: Pkw Bestand im Zeitverlauf	14
Abbildung 5: Neuzulassungsstruktur von schweren Nutzfahrzeugen > 12 Tonnens im Zeitverlauf	15
Abbildung 6: Personenverkehrsleistung im Zeitverlauf	16
Abbildung 7: Güterverkehrsleistung im Zeitverlauf	17
Abbildung 8: Gesamtinvestitionen im Zeitverlauf	18
Abbildung 9: Nutzungsausgaben im Zeitverlauf	19
Abbildung 10: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen im Vergleich – KS1/KS4 versus REF	20
Abbildung 11: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen im Vergleich – KS2/KS3 versus REF	22
Abbildung 12: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen inkl. Maut im Vergleich– KS1 versus REF	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der zusätzlichen Instrumente im Vergleich zum Projektionsbericht 2023 (MMS)	7
Tabelle 2: Kfz-Steuer im 1. Jahr in Euro (nominal) je g CO ₂ /km (WLTP)	9
Tabelle 3: Übersicht der Instrumente in vier Szenarien KS1 bis KS4	9
Tabelle 4: Nationale THG-Emissionen in den Szenarien in Mio. t CO ₂ -Äq.	11

1 Einleitung

Der Verkehrssektor steht vor der Herausforderung die zukünftige Verkehrs- und Mobilitätswelt so zu gestalten, dass Mobilität für alle gewährleistet werden kann, während das Ziel der Klimaneutralität 2045 sichergestellt wird. Die Sektorbetrachtung in diesem Projekt umfasst die nationalen Verkehre, die über das Klimaschutzgesetz einem gesetzlich festgelegten Emissionszielpfad unterliegen. Wie im Wärmesektor lagen die THG-Emissionen im nationalen Verkehr bereits im Jahr 2022 mit rund 147 Mio. t CO₂-Äq. über dem Jahresziel des Klimaschutzgesetz für das Jahr 2022 (139 Mio. t CO₂-Äq). Die Lücke zu den Emissionszielwerten des Klimaschutzgesetzes stieg im Jahr 2023 noch einmal leicht an, da die THG-Emissionen mit 146 Mio. t CO₂-Äq. knapp 13 Mio. t CO₂-Äq über dem Sektorziel des Verkehrs lagen. Die Höhe der THG-Emissionsminderungslücke und die kontinuierlich steigende Zielverfehlung weist darauf hin, dass strukturelle Anpassungen im Verkehrssektor in der Vergangenheit nicht ausreichend angereizt wurden und die Transformation im Verkehrssektor zukünftig mit umso zielführenderen Maßnahmen stattfinden muss.

2 Vorgehen und Methode

Die Zielsetzung in den Szenarien KS1 – KS4, das im Klimaschutzgesetz ursprünglich festgelegte Sektorziel von 85 Mio. t CO₂-Äq. für das Jahr 2030 zu erreichen, macht es notwendig, anders als in den übrigen Sektoren bereits vor dem Jahr 2030 weitere Klimaschutzinstrumente im Vergleich zur heutigen Politikausgestaltung einzuführen. Wesentlich dabei ist es, den Aufbau eines möglichst effizienten und möglichst emissionsfreien Fahrzeugbestand zu beschleunigen und mit weiteren Politiken auch die Verkehrsverlagerung auf effizientere Verkehrsträger anzureizen. Da es nicht zielführend und nicht plausibel ist, vor dem Jahr 2030 eingeführte Instrumente nach der Zielerreichung im Jahr 2030 wieder abzuschaffen, bleiben die in den Szenarien jeweils vor dem Jahr 2030 eingeführten Instrumente auch danach Teil des jeweiligen Politikmix. Die Ausgestaltung der vier Zielszenarien orientiert sich dabei an dem jeweilig angedachten „Narrativ“ der Szenarien.

Für die Berechnungen in der Folgenabschätzung wurde wie für die Erstellung des Projektionsberichts 2023 das am Öko-Institut entwickelte Modell TEMPS (Transport Emissions and Policy Scenarios) genutzt. Eine Dokumentation des Modells findet sich unter https://oekoinstitut.github.io/TEMPS_documentation/.

2.1 Referenz

Die Modellierung der vier Klimaschutzszenarien (KS1-KS4) setzt modell-, aber auch annahmenseitig auf das Mit-Maßnahmen-Szenario (MMS) des Projektionsberichts 2023 auf. Die Rahmendaten (z.B. Bevölkerungsentwicklung, Wirtschaftsentwicklung, Verkehrsnachfrage), die die Modellierung aufgreift, sind demnach die gleichen wie im Projektionsbericht. Ebenso wurden alle Instrumente, welche bereits im MMS-Szenario enthalten sind, in den vier Klimaschutzszenarien übernommen. Eine ausführliche Beschreibung der Rahmendaten sowie der Instrumente des Projektionsberichts 2023 findet sich in Harthan et al. 2023).

3 Ausgestaltung Instrumente

In Tabelle 1 sind alle Instrumente, welche in den vier Klimaschutzszenarien zusätzlich zur Referenz eingeführt werden, beschrieben. In Tabelle 3 wird für zusätzliche eingeführten Instrumenten dargestellt, welche Instrumente in den jeweiligen Szenarien Berücksichtigung finden.

Die beschleunigte Transformation des Bestands im Straßenverkehr hin zu emissionsfreien Fahrzeugen ist die zentrale Maßnahme, um das Sektorziel für den Verkehr im Jahr 2030 noch zu erreichen. Entsprechend sind drei Instrumente, die den Hochlauf emissionsfreier Neuzulassungsanteile erhöhen, in allen vier Zielszenarien zu finden: Die ambitionierte Ausgestaltung der Lkw-Maut und der CO₂-Flottenzielwerte für schwere Nutzfahrzeuge sind zwei Politikinstrumente, die zum Zeitpunkt der Berichterstellung bereits umgesetzt bzw. auf europäischer Ebene beschlossen wurden. Für die Beschleunigung des Hochlaufs emissionsfreier Pkw ist ein zusätzlicher Anreiz für den Erwerb emissionsfreier Pkw beim Fahrzeugkauf zielführend. In allen Szenarien ist daher eine Klimaabgabe ab dem Jahr 2024 eingeführt, mit der für neu zugelassene Pkw im ersten Jahr nach der Neuzulassung eine von den CO₂-Emissionen des Fahrzeugs abhängige Komponente in der Kfz-Steuer zu bezahlen ist (Tabelle 2). Die Bemessungsgrenze, ab der der sogenannte Malus zu entrichten ist, sinkt im Laufe der Zeit ab; die Höhe der Abgabe steigt im Gegensatz dazu bis zum Jahr 2030 kontinuierlich an.

Die übrigen in Tabelle 1 dargestellten Instrumente verteilen sich je nach „Narrativ“ des jeweiligen Szenarios auf die vier Zielszenarien (Tabelle 3). Der „Policy Mix“ im Szenario KS1 setzt mit der Anpassung der Energiesteuer auf preislöse Anreize für die Zielerfüllung im Jahr 2030, steigert aber beispielsweise auch die Förderung im Bereich des Radverkehrs. Im Szenario KS4 werden diese beiden Instrumente nicht eingeführt; stattdessen kommt mit der Einführung allgemeiner Tempolimits und dem Verbot von Inlandflügen mehr Ordnungsrecht zum Einsatz, um das Klimaschutzziel für den Verkehr im Jahr 2030 einzuhalten.

Tabelle 1: Übersicht der zusätzlichen Instrumente im Vergleich zum Projektionsbericht 2023 (MMS)

Instrumente	Beschreibung
Ambitionierte Ausgestaltung der Lkw-Maut	Ab dem Jahr 2024 wird eine zusätzliche CO ₂ -Komponente in der Lkw-Maut eingeführt. Diese beträgt 200 EUR/t CO ₂ und bleibt konstant, solange sie höher liegt als der CO ₂ -Preis im BEHG. Mautpflichtige Fahrzeuge bekommen den CO ₂ -Preis des BEHG erstattet. ¹ Zudem werden emissionsfreie Lkw ab dem Jahr 2026 zu 75% von der Infrastrukturkomponente der Lkw-Maut befreit. Ab dem Jahr 2030 liegt mit 50% eine geringere Befreiung zugrunde. Die Lkw-Maut ist in dieser Ausgestaltung in allen vier Klimaschutzszenarien implementiert.
Anpassung der CO₂-Flottenzielwerte für Lkw	Die CO ₂ -Flottengrenzwerte (in g CO ₂ /tkm bzw. g CO ₂ /pkm) legen einen Durchschnitt der CO ₂ Emissionen für neu zugelassene schwere Nutzfahrzeuge fest. Die in Europa in einem Jahr zugelassenen Fahrzeuge dürfen diesen Zielwert im Durchschnitt nicht überschreiten. Die Ausgestaltung der Regulierung entspricht dem Vorschlag der EU-Kommission. Bereits von der Regulierung erfasste Lkw müssen ab dem Jahr 2030 einen höheren Zielwert als bisher einhalten (-45 % ggü. Referenz im Jahr 2019). Die übrigen Lkw und Reisebusse werden zukünftig von den CO ₂ -Emissionsstandards erfasst. Deren Emissionen müssen ab dem Jahr 2030 um -45 % gegenüber ihrer

¹ Die seit Dezember 2023 gültige Ausgestaltung der Lkw-Maut sieht keine Rückerstattung der Kosten für das BEHG vor.

Instrumente	Beschreibung
	<p>Referenz aus dem Jahr 2025 sinken. Die Zielwerte für die Jahre 2035 und 2040 liegen bei -65 % bzw. -90 % gegenüber der jeweiligen Referenz. Zusätzlich müssen alle neuen Stadtbusse ab dem Jahr 2030 emissionsfrei sein².</p> <p>Die CO₂-Flottenzielwerte finden in allen vier Klimaschutzszenarien Anwendung.</p>
Einführung einer Klimaabgabe	<p>Die Kfz-Steuer im ersten Jahr nach der Erstzulassung wird ab 2024 in Abhängigkeit der CO₂-Emissionen eines Pkw stufenweise erhöht. Die Bemessungsgrenze, ab der die zusätzliche Komponente der Kfz-Steuer zu entrichten ist, sinkt kontinuierlich ab. Im Jahr 2030 sind von der Klimaabgabe alle Fahrzeuge außer Nullemissionsfahrzeugen erfasst. Die CO₂-abhängigen Steuersätze sind in Tabelle 2 dargestellt. Die zusätzliche Kfz-Steuer im ersten Jahr darf maximal 50% des Fahrzeugkaufspreises betragen.</p> <p>Die Klimaabgabe wird in allen vier Klimaschutzszenarien eingeführt.</p>
Energiesteueranpassung	<p>Die Energiesteuer für Diesel, Erdgas und LPG wird im Zeitraum 2023-2027 an das Niveau der Energiesteuer von Benzin (bemessen am Energiegehalt) angeglichen. Ferner wird für alle Kraftstoffe ein Inflationsausgleich ab 2027 eingeführt, sodass die Energiesteuern ab 2027 real gleichbleiben. Die Energiesteueranpassung wird nur im Szenario KS1 eingeführt.</p>
Zusätzliche Radverkehrsförderung	<p>Gemäß der Ziele des Nationalen Radverkehrsplans 3.0, sollen ab 2030 30 € je Einwohner in den Radverkehr investiert werden. Im Szenario KS1 wird die Investitionssumme für die Förderung des Radverkehrs von 30 € je Einwohner auf 2025 vorgezogen. In den übrigen Szenarien verbleibt die Förderung auf dem heutigen Niveau von unter 10 € je Einwohner.</p>
Fortschreibung der THG-Quote / Beimischungsquote EE-Kraftstoffe	<p>Bis zum Jahr 2030 entspricht die THG-Quote der heutigen Ausgestaltung (kontinuierlicher Anstieg der THG-Quote auf bis auf 25 %). Dies entspricht je nach Szenario einem EE-Kraftstoffanteil von 12% bis 13%. Bis zum Jahr 2040 wird die THG-Quote so weiterentwickelt, dass der EE-Anteil in den Kraftstoffen auf rund 45 % ansteigt. Im Jahr 2045 ist eine vollständige Versorgung der nationalen Verkehre mit erneuerbaren Kraftstoffen vorgegeben. Die maximal verfügbare Menge an Biokraftstoffen (siehe Sektorbericht Landwirtschaft) wird in der Versorgung mit EE-Kraftstoffen eingehalten. Die Entwicklung der prozentualen Anteile erneuerbarer Kraftstoffe entwickelt sich in allen Szenarien daher ähnlich.</p>
Einführung eines allgemeinen Tempolimits	<p>Die Einführung allgemeiner Tempolimits ab dem Jahr 2024 für verschiedene Straßenkategorien wird angenommen: 120 km/h auf Autobahnen, 80 km/h außerorts und 30 km/h. Das Tempolimit wird nur im Szenario KS4 eingeführt.</p>
Fortführung CO₂-Preis (BEHG/ETS 2)	<p>Siehe sektorübergreifender Bericht (Repenning et al. 2024, Kapitel 2.2.2)</p>
Anpassung der Dienstwagensteuer	<p>Für die Bestimmung des steuerrelevanten geldwerten Vorteils wird grundsätzlich 1% des Bruttolistenpreis angesetzt. Hinzu kommt ab dem Jahr 2024 eine fahrleistungsabhängige Komponente (0,1%-Punkt je 1.000 km private Fahrleistung / pauschaler Ansatz: Private Fahrleistung entspricht 75% der Jahresfahrleistung). Ab dem Jahr 2024 existiert keine Bevorzugung für Plug-In-Hybride (PHEV) mehr. Für rein elektrische Fahrzeuge (BEV und FCEV) ist der Basissatz für die Berechnung des geldwerten Vorteils 0,25% (bis 2024), 0,5% (bis</p>

² In der beschlossenen Ausgestaltung der CO₂-Flottenzielwerte müssen „nur“ 90% der neu zugelassenen Stadtbusse im Jahr 2030 emissionsfrei sein. Das Ziel eines vollständig emissionsfreien Neufahrzeugbestand gilt ab dem Jahr 2035.

Instrumente	Beschreibung
	2026), 1% (ab 2027) des Bruttolistenpreis. Die Dienstwagensteuer wird in den Szenarien KS1 und KS4 wie beschrieben angepasst.
Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut	Eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut wird ab 2028 für das gesamte Straßennetz eingeführt. Nach dem „Phase-In“ von 1,3 ct/km (in Euro 2022) im Jahr 2028 erreicht sie die volle Wirkung ab dem Jahr 2035 mit 7,4 ct/km (in Euro 2022) für emittierende Pkw; 6,3 ct/km (in Euro 2022) für emissionsfreie Pkw). Externe Kosten für Luftschadstoffe, Lärm, sowie Natur und Landschaft werden im Jahr 2035 vollständig internalisiert. Die Pkw-Maut wird in den Szenarien KS1 und KS4 implementiert.
Verbot von Inlandsflügen	Inlandsflüge werden ab dem Jahr 2026 verboten. Fahrten, die vorher per Flugzeug zurückgelegt wurden, werden auf andere Verkehrsmittel verlagert. Das Verbot von Inlandsflügen wird im Szenario KS4 eingeführt.

Tabelle 2: Kfz-Steuer im 1. Jahr in Euro (nominal) je g CO₂/km (WLTP)

Jahr	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bemessungsgrenze in g CO₂/km	95	80	65	50	35	20	0
Zusatzzahlung in €/(g CO₂/km)	40	60	80	120	160	200	240

In den beiden Szenarien KS2 und KS3 kommen zu den drei zu Beginn des Kapitels genannten Instrumenten keine weiteren Instrumente zum Einsatz. Die ausbleibende THG-Minderungswirkung im Jahr 2030 wird in diesen beiden Szenarien daher über einen höheren CO₂-Preis von 394 Euro 2022/t CO₂ als in den Szenarien KS1 und KS4 mit 105 Euro 2022/t CO₂ erreicht. In den Szenarien KS1 und KS4 wird im Jahr 2028 eine fahrleistungsabhängige Pkw-Maut eingeführt, in den Szenarien KS2 und KS3 dagegen nicht.

Tabelle 3: Übersicht der Instrumente in vier Szenarien KS1 bis KS4

Instrumente	KS1 „Policy Mix“	KS2 „ETS/BEHG-Preis“	KS3 „Einheitlicher THG-Preis“	KS4 „Ordnungsrecht“
Ambitionierte Ausgestaltung der Lkw-Maut	x	x	x	x
Anpassung der CO₂-Flottenzielwerte für Lkw	x	x	x	x
Einführung einer Klimaabbgabe	x	x	x	x

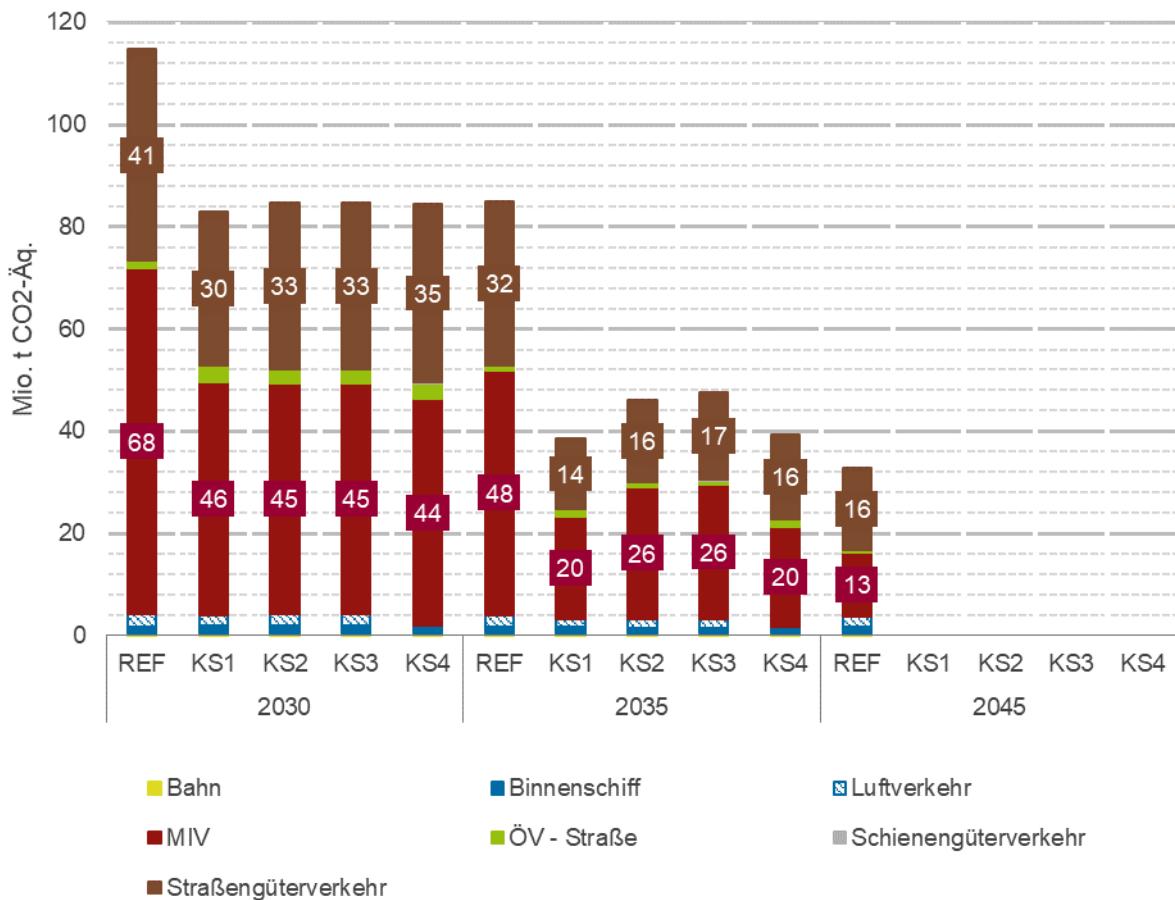
Instrumente	KS1 „Policy Mix“	KS2 „ETS/BEHG-Preis“	KS3 „Einheitlicher THG-Preis“	KS4 „Ordnungsrecht“
Energiesteueranpassung	x			
Zusätzliche Radverkehrsförderung	x			
Fortschreibung der THG-Quote / Beimischungsquote EE-Kraftstoffe	x	x	x	x
Einführung eines allgemeinen Tempolimits				x
Fortführung CO₂-Preis (BEHG/ETS 2)	x	x	x	x
Anpassung der Dienstwagensteuer	x			x
Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut	x			x
Verbot von Inlandsflügen				x

Quelle: Eigene Tabelle, Öko-Institut

4 Folgenabschätzung

4.1 THG-Emissionen

In Abbildung 1 und Tabelle 4 sind die nationalen THG-Emissionen in den Jahren 2030, 2035 und 2045 dargestellt. In allen Klimaschutzszenarien liegen die nationalen CO₂-Emissionen im Jahr 2030 unter dem Klimaschutzziel von 85 Mio. t CO₂-Äq. Das Policy-Mix Szenario KS1 erreicht mit 82,9 Mio. t CO₂-Äq. die höchste Emissionsminderung im Jahr 2030, während die Szenarien KS2 und KS3 das Schlusslicht bilden. Im Jahr 2030 weichen die Szenarien KS2 und KS3 nur rund 1,9 Mio. t CO₂-Äq. vom Szenario KS1 ab, nach 2030 fällt die Emissionsminderung deutlich schwächer aus, sodass im Jahr 2035 bereits 7,7 (KS2) bzw. 9,2 (KS3) Mio. t CO₂-Äq. Differenz zum ambitioniertesten Szenario – dem KS1 Szenario – bestehen. Im Jahr 2045 erreichen alle Klimaschutzszenarien Klimaneutralität im Verkehrssektor. Verbrennerrestbestände werden ab 2045 vollständig über E-Fuels oder Biokraftstoffe betrieben.

Abbildung 1: Nationale THG-Emissionen im Zeitverlauf

Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Oko-Institut

Tabelle 4: Nationale THG-Emissionen in den Szenarien in Mio. t CO₂-Äq.

Szenario	2030	2035	2045
REF	114.7	85.1	32.9
KS1	82.9	38.5	0
KS2	84.8	46.2	0
KS3	84.8	47.7	0
KS4	84.5	39.3	0

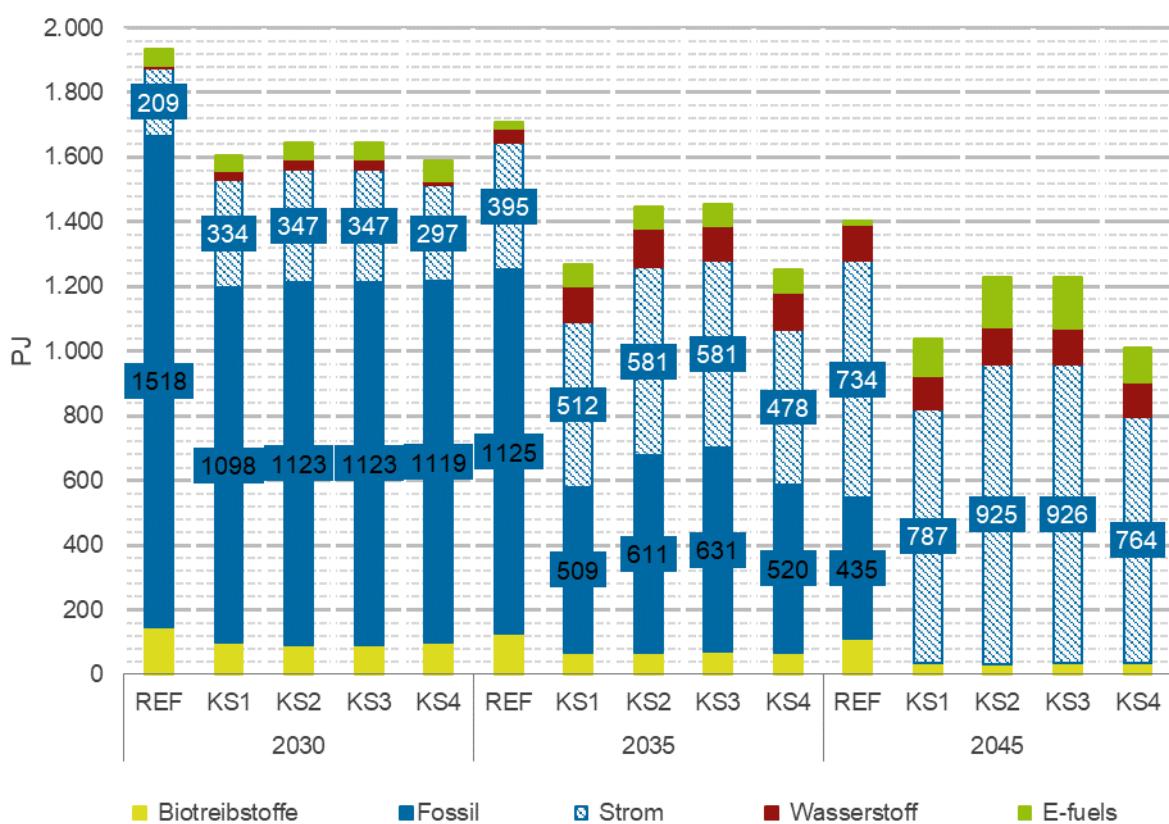
Quelle: eigene Berechnung

4.2 Endenergieverbrauch

Der Endenergieverbrauch fällt im Jahr 2030 in allen Klimaschutzszenarien ähnlich aus. Die Elektrifizierung des Fahrezugbestands führt bereits zu diesem Zeitpunkt zu einem sinkenden

Endenergiebedarf gegenüber heute. Im Szenario KS4 ist der Energieverbrauch im Jahr 2030 durch das Tempolimit als Suffizienzmaßnahme etwas geringer als im Szenario KS1. In den Jahren 2035 und 2045 zeigt sich der im Vergleich zu den beiden Szenarien KS2 und KS3 erhöhte Endenergiebedarf der Szenarien KS2 und KS3 deutlich, besonders an fossilen Kraftstoffen (vor 2045), aber auch an Strom und Wasserstoff. Im Jahr 2045 wird in allen Klimaschutzszenarien ausschließlich mit erneuerbarer Energie getankt/geladen. Während der Wasserstoffbedarf in den vier Szenarien etwa gleich ausfällt, wird in den Szenarien KS2 und KS3 etwa 170 PJ mehr Strom als in den Szenarien KS1 und KS4 benötigt und auch der Bedarf an E-Fuels ist erhöht. Der Grund hierfür ist das höhere Verkehrsaufkommen in den Szenarien KS2/3 insbesondere im MIV, wohingegen die Einführung der Pkw-Maut in den Szenarien KS1/4 zu einer starken Reduzierung der Verkehrsleistung beim Pkw führt.

Abbildung 2: Endenergieverbrauch im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

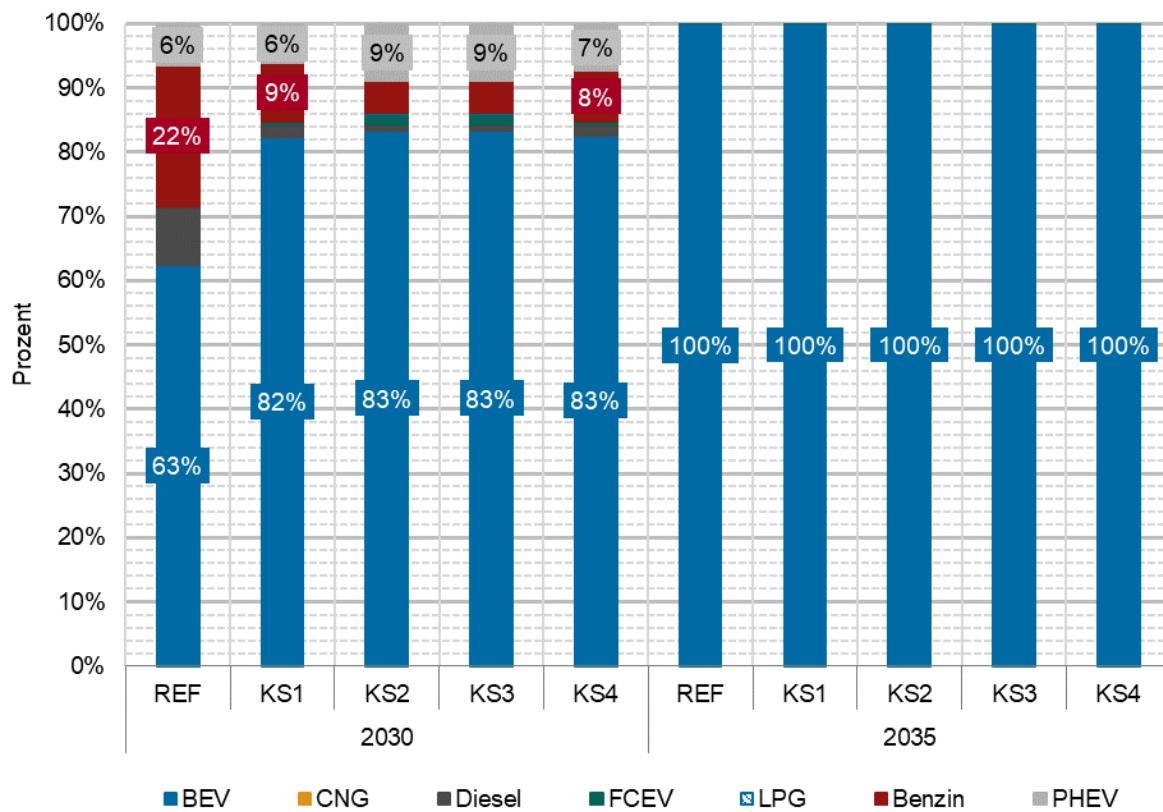
4.3 Strukturelle Entwicklung

In allen Szenarien findet im Bereich der Pkw ein Umstieg auf batterieelektrische Fahrzeuge bis 2035 bei den Neuzulassungen statt (siehe Abbildung 3). Treiber für die schnellere Transformation in den Klimaschutzszenarien ist die Einführung einer Klimaabgabe für Pkw-Neuwagen ab dem Jahr 2024; ab dem Jahr 2035 wirken in allen Szenarien (auch der Referenz) die CO₂-Flottenzielwerte für Neufahrzeuge und der Anteil der batterieelektrischen Fahrzeuge in allen Szenarien steigt auf 100%.

Gegenüber den Szenarien KS1 und KS4, in denen die Bevorteilung von PHEV-Fahrzeugen bei der Dienstwagensteuer im Jahr 2025 ausläuft, zeigen die Szenarien KS2 und KS3 im Jahr 2030 einen höheren Anteil von PHEV-Antrieben von 9% im Jahr 2030. Zusätzlich sind die Energiesteuern für verbrennungsmotorische Fahrzeuge in KS1 höher, was den Anteil der PHEV an den Pkw-Neuzulassungen zusätzlich reduziert. .

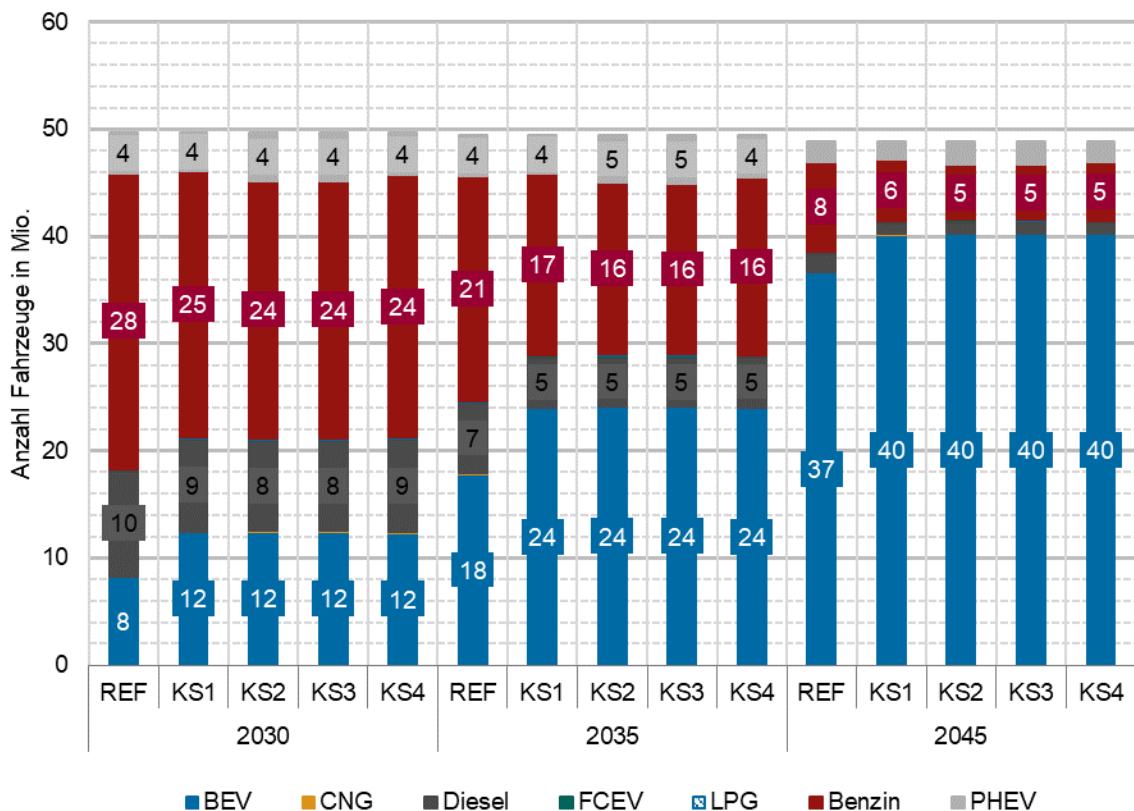
Abbildung 4 zeigt den Pkw-Bestand in den Jahren 2030, 2035 und 2045. Während die Neuzulassungen bereits im Jahr 2035 nur noch Null-Emissionsfahrzeuge aufzeigen, bleiben konventionelle Antriebe durch ihre langen Überlebenskurve von durchschnittlich 18 Jahren auch bis zum Jahr 2045 im Bestand. Die Zahl der reinen Elektrofahrzeuge beläuft sich im Jahr 2030 in allen Klimaschutzszenarien auf rund 12,4 Mio. Stück. Insgesamt sinkt die Anzahl an Pkw bis 2045 leicht.

Abbildung 3: Pkw Neuzulassungsstruktur im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Abbildung 4: Pkw Bestand im Zeitverlauf

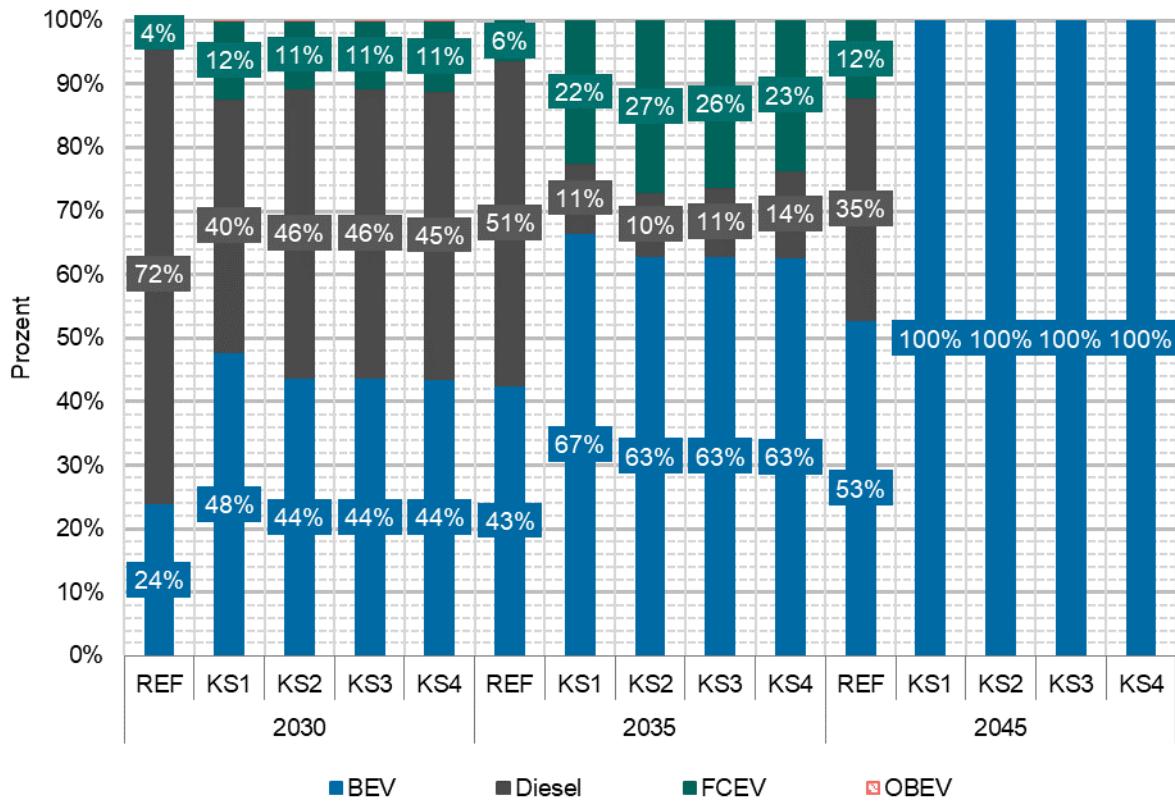


Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Bei den schweren Nutzfahrzeugen mit einem zulässigen Gesamtgewicht über 12 Tonnen Nutzlast zeigt sich in allen Szenarien ein starker Anstieg batterieelektrischer Neuzulassungen im Jahr 2030. Im Szenario KS1 kommt es im Jahr 2030 gegenüber den anderen Szenarien durch die Anpassung der Energiesteuer zu einem Anteil batterieelektrischer Fahrzeuge von 48% und einem leicht erhöhten Anteil von Brennstoffzellenfahrzeugen.

In allen Klimaschutzszenarien ist ein kontinuierlicher Hochlauf der Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge hinterlegt. Dennoch können in den Jahren 2030 und 2035 nicht alle hinterlegten Routen von batterieelektrischen-Fahrzeugen gefahren werden und es kann keine Brennstoffzellenfahrzeuge kommen zum Einsatz, welche sich aufgrund eines hohen CO₂-Preises (siehe auch Lkw-Maut) bzw. einer hohen Energiesteuer gegenüber den Dieselfahrzeugen durchsetzen. Die Ladeinfrastruktur für batterieelektrische Fahrzeuge ist im Jahr 2040 vollständig ausgebaut und BEV-Antriebe setzen sich danach rein ökonomisch gegenüber den Brennstoffzellenfahrzeugen und anderen verbrennungsmotorischen Antriebskonzepten durch.

Abbildung 5: Neuzulassungsstruktur von schweren Nutzfahrzeugen > 12 Tonnen im Zeitverlauf

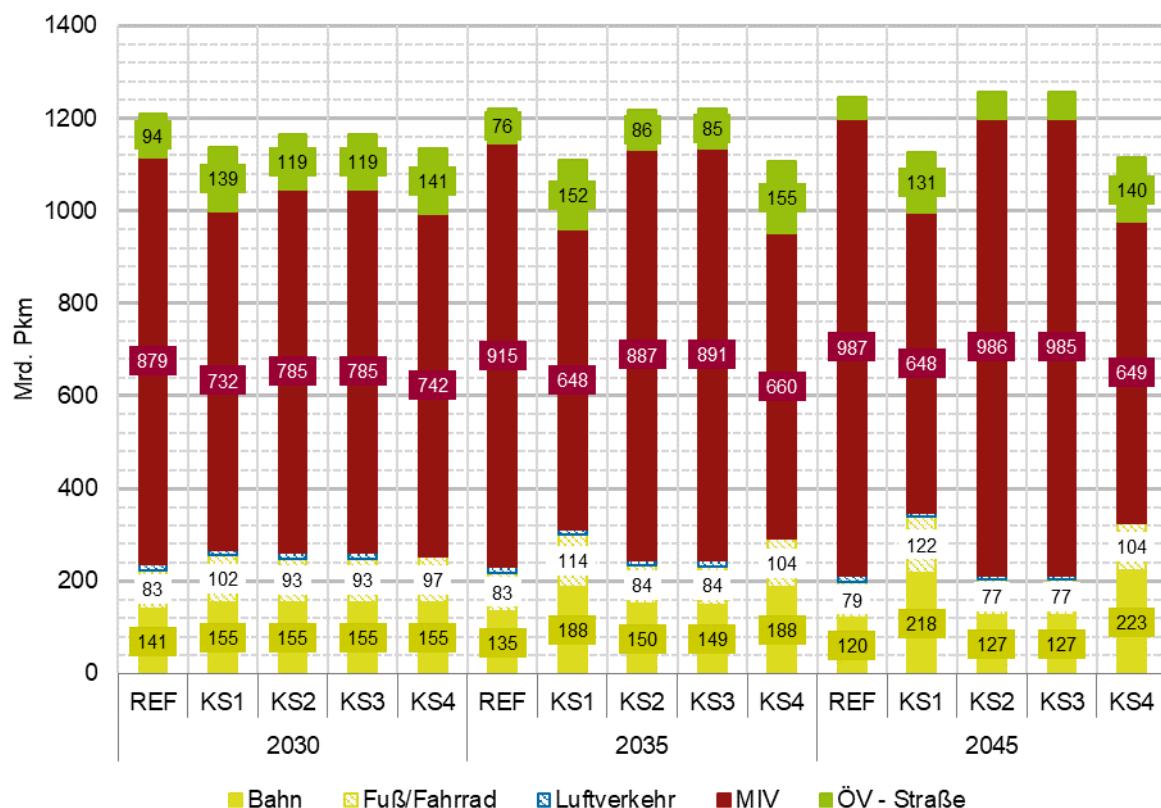


Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Bei der Personenverkehrsleistung (Abbildung 6) sind sehr unterschiedliche Entwicklungen zwischen den Szenarien KS1/ KS4 und KS2/ KS3 zu sehen. Während in KS1 und KS4 insbesondere die Einführung der fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut im Jahr 2029 bereits im Jahr 2030 zu einer starken Reduktion der MIV-Verkehrsleistung führt, wirkt in den Szenarien KS2 und KS3 allein der CO₂-Preis mindernd auf den MIV. Jedoch verliert der CO₂-Preis mit fortschreitender Transformation und sinkenden CO₂-Emissionen seine Wirksamkeit auf die Verkehrsleistung. Durch die vorrangsreitende Elektrifizierung und damit einhergehenden sinkenden Nutzungskosten steigt die MIV-Verkehrsleistung in KS2 und KS3 in Summe nach 2030 weiter an. Die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut ist damit ein entscheidendes Instrument, um langfristig eine kostengetriebene Verlagerung auf den ÖV anzureizen.

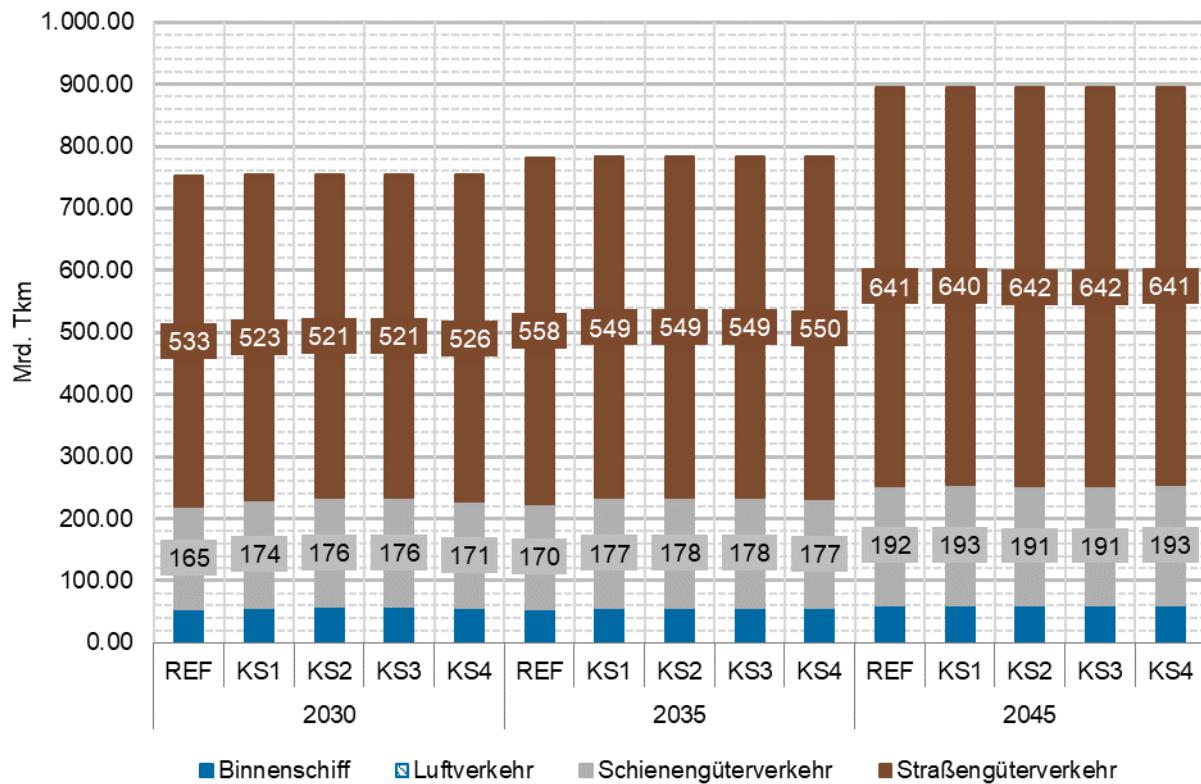
In allen Szenarien wird im Jahr 2030 die hinterlegte maximale Schienenkapazität von 155 Mrd. Pkm erreicht, während die Schienenverkehrsleistung in den Szenarien KS2/KS3 danach rückläufig ist. Im KS4 verteilt sich der Flugverkehr durch das nationalen Flugverbot ab dem Jahr 2026 auf andere Verkehrsträger.

Abbildung 6: Personenverkehrsleistung im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Beim Güterverkehr unterscheiden sich die Szenarien nur marginal voneinander, da die Instrumente im Güterverkehr bis auf die Unterscheidung im CO₂-Preis (KS2 und KS3) und der Energiesteueranpassung (KS1) die gleichen sind. Da die Betriebskosten eine vergleichsweise geringe Wirkung auf Logistikentscheidungen haben und Preise traditionellerweise auf Verbraucher umgelegt werden, findet hier wenig Verlagerung statt. Mit zunehmender Elektrifizierung der Flotte sinken zudem die Wirkungen der genannten Instrumente.

Abbildung 7: Güterverkehrsleistung im Zeitverlauf

Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

4.4 Sektorale ökonomische Folgen

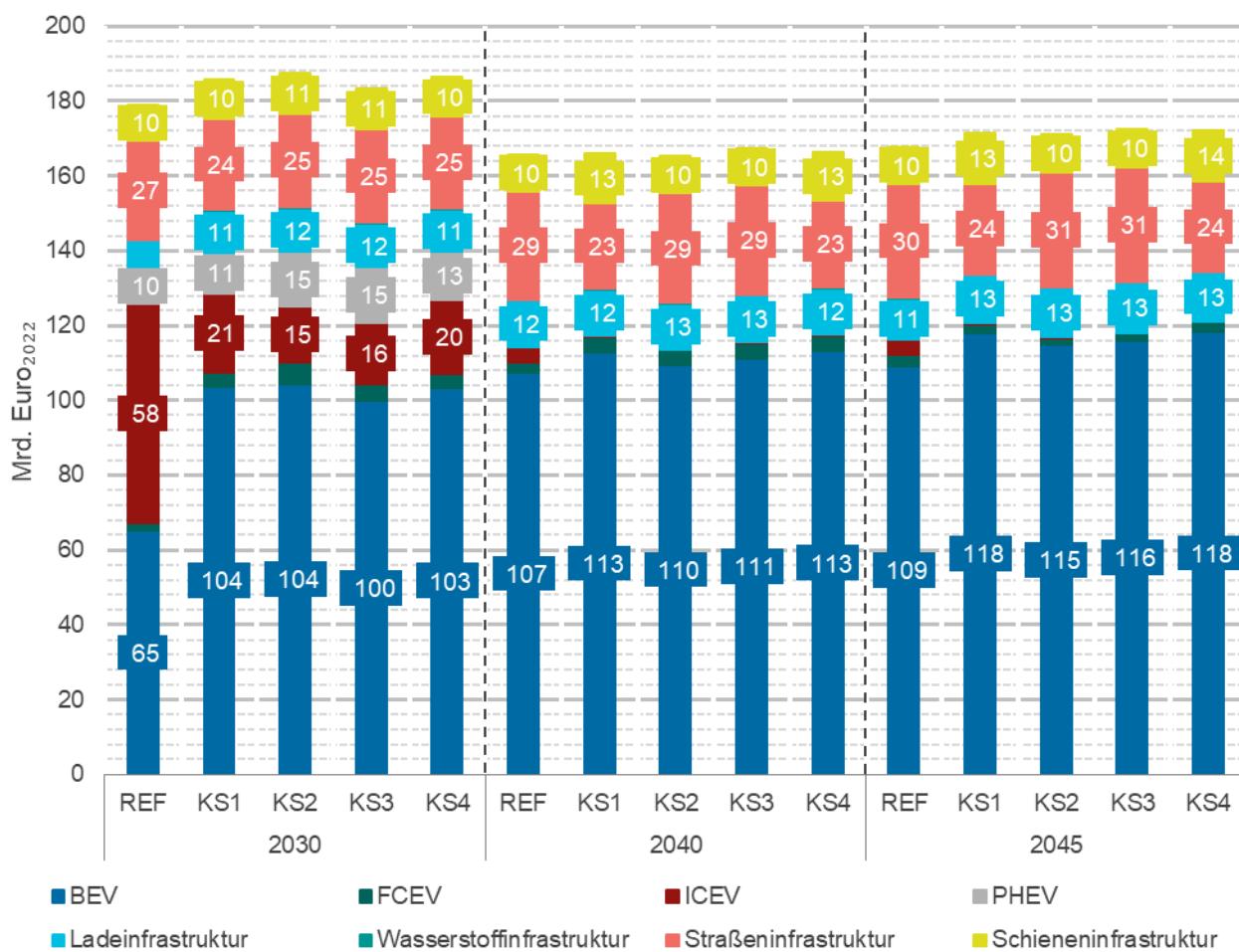
Im Verkehrssektor sind Investitionen vor allem im Straßenverkehr Teil eines vergleichsweise kurzen Erneuerungs- bzw. Ersatzzyklus. Investitionen werden im Rahmen dieses Zyklus in den vier Klimaschutzszenarien in klimafreundlichere Optionen gelenkt. Im Gegensatz zu den anderen Sektoren werden hier die Gesamtinvestitionen ausgewiesen, welche den transformativen Ersatzinvestitionen entsprechen.

Die Gesamtinvestitionen (siehe 8) setzen sich aus den Investitionen in Fahrzeuge und in die Infrastruktur zusammen. Insgesamt unterscheiden sich die Gesamtinvestitionen in den Szenarien nur leicht, da sie wesentlich durch die Straßenfahrzeuge getrieben werden. Im Jahr 2030 fallen die Investitionskosten in allen Klimaschutzszenarien leicht höher aus als in der Referenz. Dies begründet sich in dem schnelleren Antriebswechsel und den höheren Kosten der elektrischen Fahrzeuge. Über die Zeit sinken die Kosten der elektrischen Fahrzeuge. Dies führt wiederum zu allgemein sinkenden Investitionsbedarfen im Vergleich zum Jahr 2030. In KS1 und KS4 zeigt sich eine etwas schnellere Elektrifizierung als in KS2/3, während in KS2/3 mehr in PHEV-Fahrzeuge investiert wird.

Bei erhöhter Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr findet eine Verschiebung der Investitionsbedarfe für Infrastrukturen vom Straßenverkehr auf den Schienenverkehr statt. So fallen die Investitionen in die Straßeninfrastruktur in KS1/4 niedriger aus als in KS2/3, da hier eine starke Minderung der MIV-Fahrleistung durch die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut erfolgt. Gleichzeitig

sind die Investitionen in Schieneninfrastruktur in KS1/4 leicht erhöht, da der Straßenverkehr vorwiegend auf die Schiene verlagert wird.

Abbildung 8: Gesamtinvestitionen im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

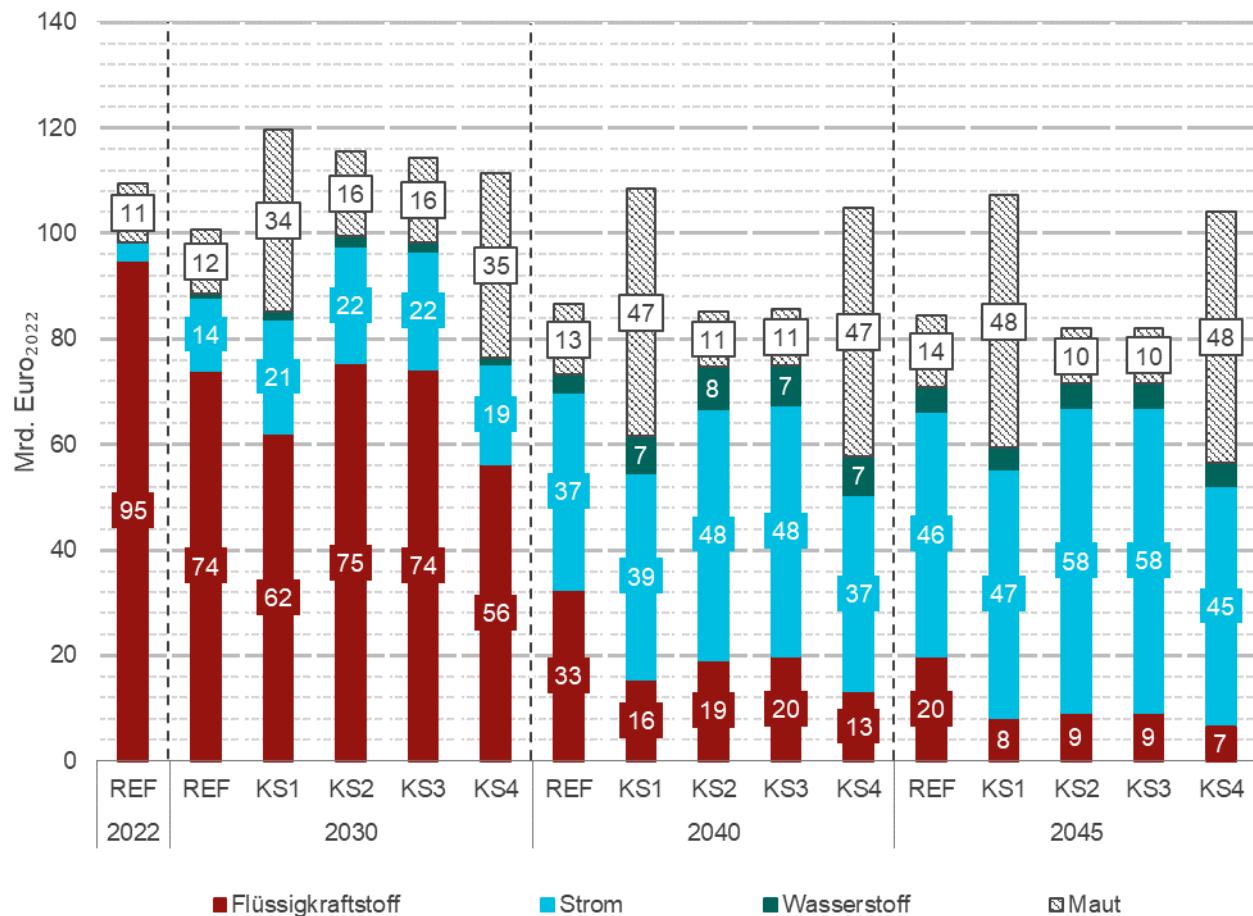
Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt (z. B. enthält 2025 den Durchschnittswert 2023-2027). Gesamtinvestitionen ohne MwSt.

Bei den Nutzungsausgaben (siehe Abbildung 9) weist bereits die Referenz stark zurückgehende Ausgaben für die Energieträger auf. Der voranschreitende Antriebswechsel hin zu batterieelektrischen Fahrzeugen führt vor allem aufgrund der besseren Effizienz der Fahrzeuge sowie der niedrigeren steuerlichen Belastung (Energiesteuer) zu dieser Entwicklung. Gegenüber der Referenz weisen alle Klimaschutzszenarien im Jahr 2030 höhere Energieausgaben auf. Ursache für die erhöhten Ausgaben sind die Einführung der CO₂-Komponente der Lkw-Maut in allen Klimaschutzszenarien, die Anpassung der Energiesteuer in KS1, die Einführung der Pkw-Maut in Szenarien KS1 und KS4 sowie dem höheren CO₂-Preis auf fossile Kraftstoffe in KS2 und KS3. Gegenüber heute steigen die Ausgaben vergleichsweise gering an. KS4 sticht im Jahr 2030 heraus, da der im Vergleich zu den übrigen Szenarien niedrigere Energiebedarf über eine Effizienzsteigerung des bestehenden Verkehrsmittelbestands (z.B. über die eingeführten Tempolimits) erreicht wird.

Strukturelle Unterschiede nach dem Jahr 2030 zwischen den Klimaschutzszenarien gehen auf unterschiedliche Verkehrsleistungen und Instrumentierung zurück. In KS1 und KS4 liegen die

Nutzungsausgaben deutlich über dem Niveau der Referenz. Sie verbleiben im Zeitverlauf in etwa auf dem heutigen Niveau der Nutzungsausgaben. Während in diesen Szenarien aufgrund der geringeren Fahrleistung im individuellen Straßenverkehr weniger Ausgaben für Energieträger anfallen, gibt es höhere Ausgaben für Straßennutzungsgebühren durch die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut. In KS2 und KS3 gehen die Nutzungsausgaben gegenüber heute stark zurück und bleiben nach 2030 in etwa auf Niveau der Referenz. Dabei bestehen höhere Ausgaben für Energieträger als in KS1/KS4; es entfallen jedoch keine Ausgaben auf die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut.

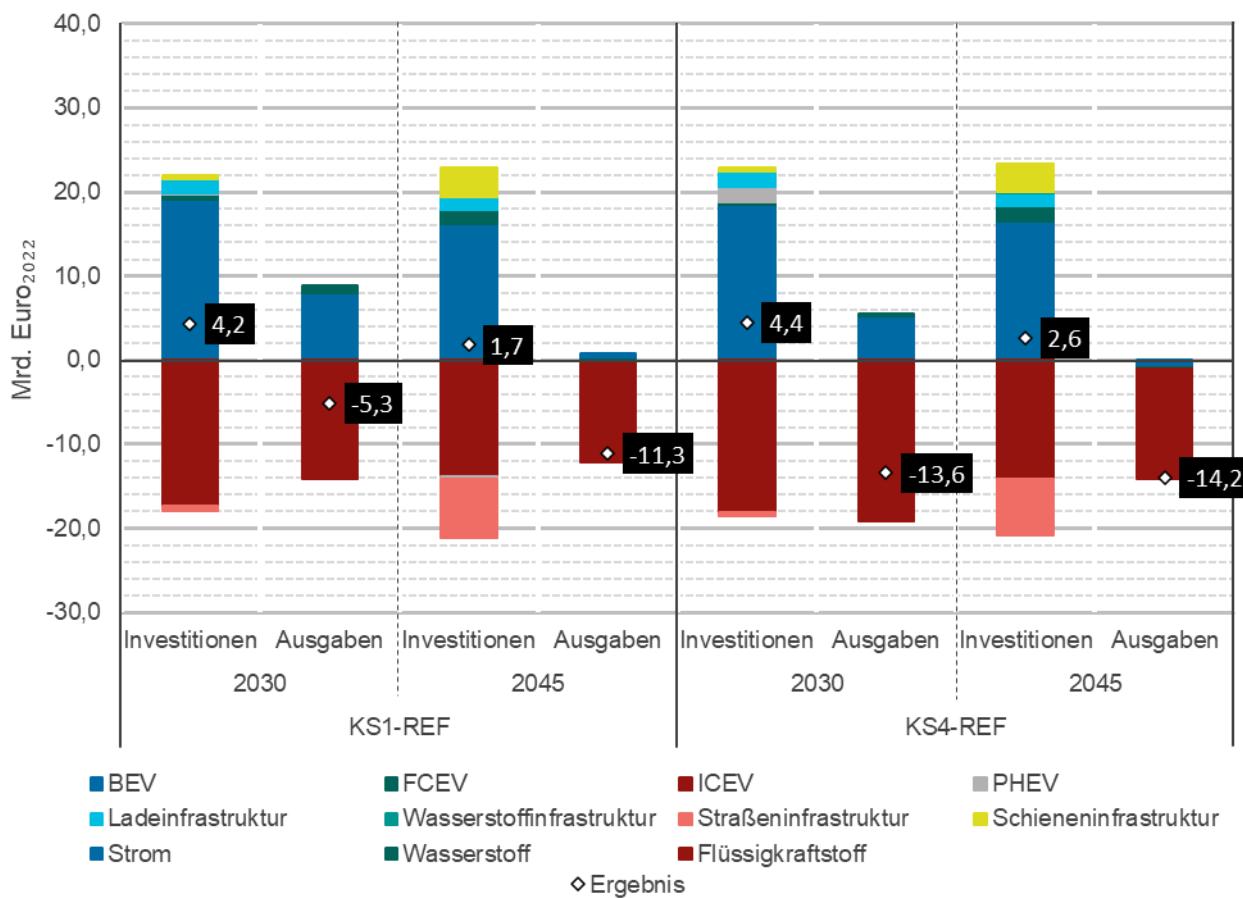
Abbildung 9: Nutzungsausgaben im Zeitverlauf



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt (z. B. enthält 2030 den Durchschnittswert 2028-2032); Nutzungsausgaben inkl. Energiesteuern und CO₂-Kosten, ohne MwSt.

Abbildung 10: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen im Vergleich – KS1/KS4 versus REF



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt (z. B. enthält 2030 den Durchschnittswert 2028-2032); Gesamtinvestitionen ohne MwSt. und über die jeweilige Lebensdauer annuiert mit Prozentsatz von 4 %; Mehrausgaben/Einsparungen inkl. Energiesteuern und CO₂-Kosten, ohne MwSt. und ohne Maut.

In Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. werden die Differenzinvestitionen und -ausgaben der Klimaschutzszenarien KS1 und KS4 gegenübergestellt. Sie beschreiben die zusätzlichen bzw. niedrigeren Investitionen/Ausgaben in den Klimaschutzszenarien im Vergleich zur Referenz. Die Ausgaben umfassen die Nutzungsausgaben (siehe Abbildung 9) exklusive der Maut. Um die Vergleichbarkeit zwischen den Differenzinvestitionen und den Mehrausgaben/Einsparungen zu gewährleisten, werden die Investitionen in jährliche Annuitätenzahlungen umgerechnet. Um die Annuitäten zu erhalten, werden alle Kosten über die Lebensdauer der Fahrzeuge bzw. der Infrastrukturanlagen gleichmäßig verteilt und mit einer Diskontrate von 4% belegt³.

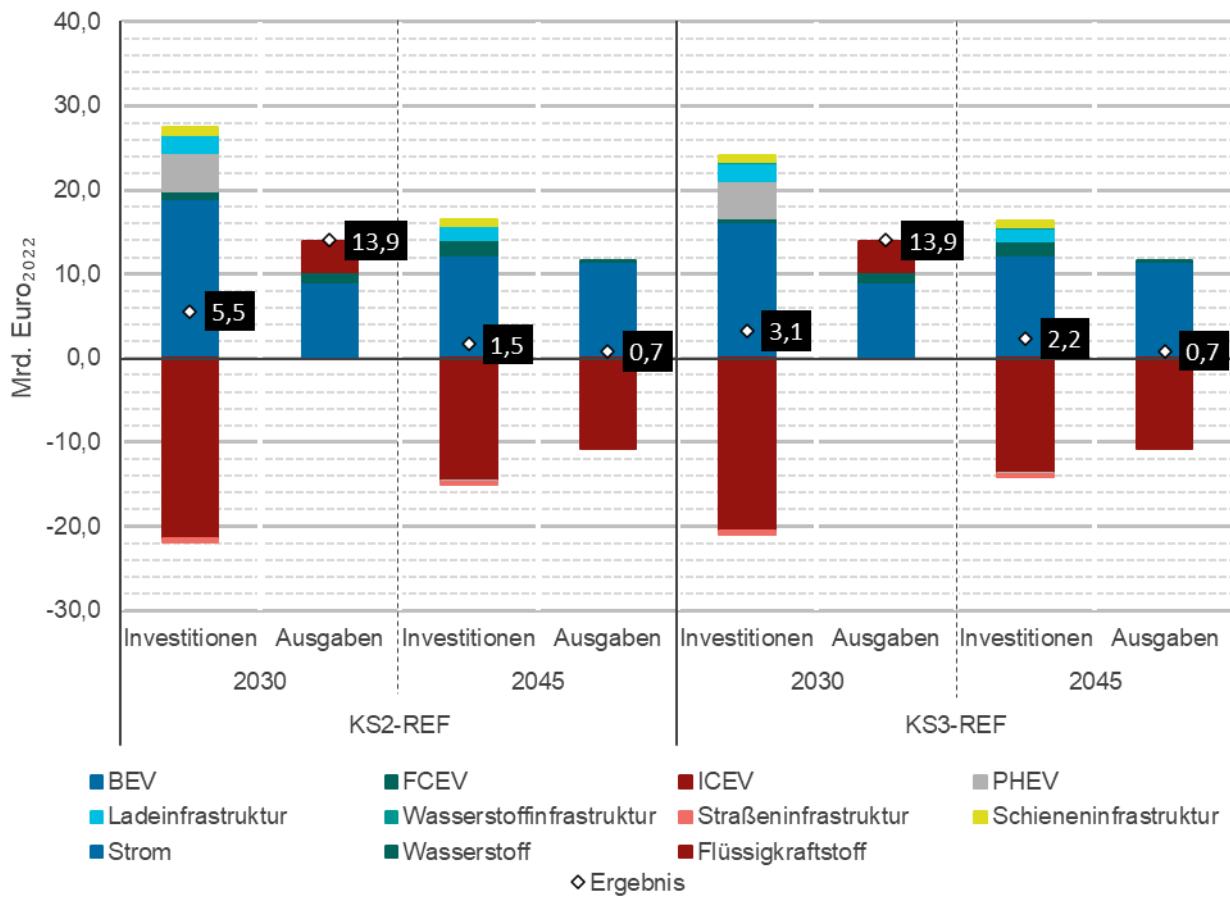
³ Die Diskontrate stellt hier den Zinssatz für die Umrechnung der Investition in jährliche Zahlungsströme dar. In der UBA-Methodenkonvention nach Bünger und Matthey (2020) werden Konventionen zur Diskontrate festgelegt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wird für Investitionsentscheidungen ein Zinssatz in Höhe des Marktzinses empfohlen und aus gesamtwirtschaftlicher Sicht ein Zinssatz von 1 % (für Umweltschäden). Aus der systemischen Investorensicht befinden wir uns dazwischen und orientieren uns am unteren Ende der erwarteten Entwicklung des Marktzinses. Der Basiszinssatz der Deutschen Bundesbank 2024 weist aktuell einen steigenden Verlauf auf. Der Zins stieg 2023 bis auf 3,12 % und liegt seit Januar 2024 bei 3,62 %.

Wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu sehen, zeigen sich sowohl im Jahr 2030 als auch im Jahr 2045 im Vergleich zur Referenz des Projektionsberichts 2023 deutliche Unterschiede in der Struktur der Gesamtinvestitionen. So liegen die annuisierten Investitionen für Elektrofahrzeuge (BEV) in allen Klimaschutzszenarien um rund 20 Mrd. Euro höher als in der Referenz, während die annuisierten Investitionen in Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (ICEV) deutlich niedriger liegen als in der Referenz. Dementsprechend steigen auch die Investitionsbedarfe für die Ladeinfrastruktur, was sich in höheren annuisierten Investitionen widerspiegelt. Eine stärkere Verlagerung auf die Schiene sorgt für zusätzliche Einsparungen bei den Infrastrukturkosten für den Straßenausbau während die Investitionskosten in die Schieneninfrastruktur über dem Niveau der Referenz liegen. Die Niveaus zwischen KS1 und KS4 sind ähnlich. Netto liegen die annuisierten Mehrinvestitionen höher als in der Referenz, gleichen sich im Zeitverlauf aber langsam an. Grund dafür ist die ähnlich verlaufende Elektrifizierung in allen Szenarien nach dem Jahr 2030 sowie fallende Kaufpreise für emissionsfreie Fahrzeuge. Während die annuisierten Investitionen im Jahr 2030 noch mehr als 4 Mrd. Euro über der Referenz liegen, sinken sie bis zum Jahr 2045 auf 1,7 Mrd. Euro (KS1) bzw. 2,6 Mrd. Euro (KS4).

Die schnellere Elektrifizierung in den Klimaschutzszenarien im Vergleich zur Referenz macht sich auch bei den Nutzungskosten bemerkbar. So sind die Ausgaben für Strom im Jahr 2030 in den Klimaschutzszenarien höher als in der Referenz, während die Ausgaben für Flüssigkraftstoffe deutlich niedriger sind. Aufgrund der höheren Effizienz von Elektrofahrzeugen im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren sind die Ausgaben Netto deutlich niedriger in KS1/4 als in der Referenz. Im KS4 bewirkt das Tempolimit zusätzliche Einsparungen, da insgesamt effizienter gefahren wird. Die Ausgaben für Strom als Antriebsenergie weisen im KS1/4 im Vergleich zur Referenz kaum Unterschiede auf. Der geringere batterieelektrische Fahrzeugbestand in der Referenz weist je Fahrzeug eine höhere Fahrleistung auf als in den Szenarien KS1/4, so dass die Ausgaben für Strom in diesen Szenarien in etwa gleich sind. Deutliche Einsparungen zeigen sich in KS1/4 hinsichtlich der Ausgaben für Flüssigkraftstoffe. Die in der Referenz stärker im Bestand verbliebenden verbrennungsmotorischen Fahrzeuge erzeugen einen deutlichen höheren Bedarf an Flüssigkraftstoffen, die als fossile Kraftstoffe zudem mit vergleichsweise hohen CO₂-Preisen belastet werden.

Insgesamt ist die Bilanz aus annuisierten Investitionen und Einsparungen bei den Nutzungsausgaben positiv. Im KS1 sind insgesamt Einsparungen in Höhe von rund 1 Mrd. Euro (2030) bzw. knapp 10 Mrd. Euro (2045) zu erwarten. Im KS4 sind, insbesondere aufgrund des Tempolimits, noch höhere Einsparungen in Höhe von rund 9 Mrd. Euro (2030) bzw. fast 12 Mrd. Euro (2045) zu erwarten.

Abbildung 11: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen im Vergleich – KS2/KS3 versus REF



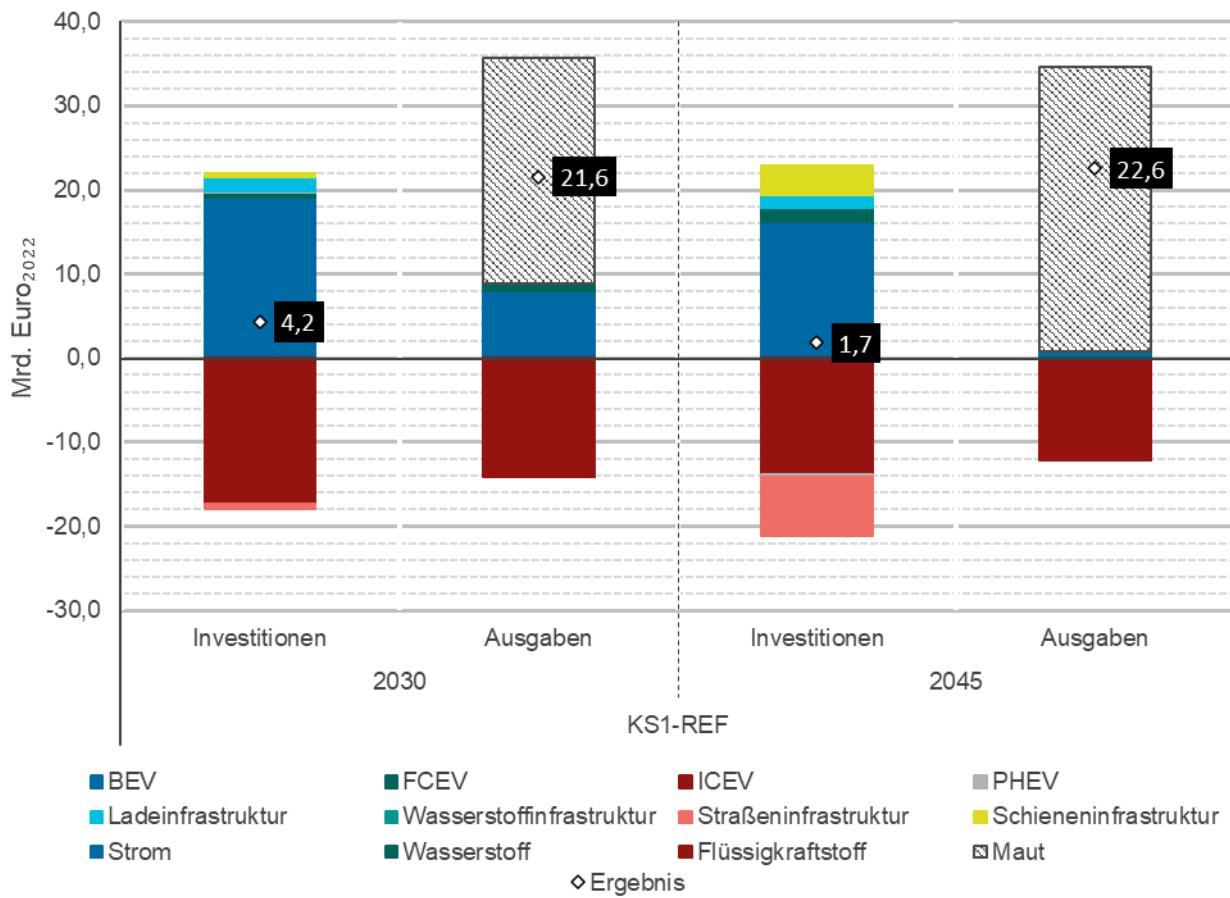
Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt (z. B. enthält 2030 den Durchschnittswert 2028-2032); Gesamtinvestitionen ohne MwSt. und über die jeweilige Lebensdauer annuiert mit Prozentsatz von 4 %; Mehrausgaben/Einsparungen inkl. Energiesteuern und CO₂-Kosten, ohne MwSt.

Abbildung 11 zeigt die Gegenüberstellung der annuierten Gesamtinvestitionen und der Einsparungen/Mehrausgaben in den Szenarien KS2/3. In Bezug auf die Investitionen ergibt sich im Zuge einer beschleunigten Antriebswende ein ähnliches Bild wie in Szenarien KS1/4. Allerdings werden u.a. durch die längere Bevorteilung durch die Dienstwagenbesteuerung bis 2030 höhere Investitionen in Plugin-Hybrid-Fahrzeuge getätigt und es findet langfristig weniger Verlagerung auf die Schiene statt als in KS1/4, wodurch die Investitionseffekte bei den Infrastrukturen geringer ausfallen als in KS1/4. Die höheren CO₂-Preise verursachen im Jahr 2030 trotz beschleunigter Antriebswende höhere Ausgaben für Flüssigkraftstoffe zusätzlich zu den Mehrausgaben für Strom. Im Jahr 2045 sind dagegen durch die beschleunigte Elektrifizierung des Fahrzeugbestands niedrigere Ausgaben bei den Flüssigkraftstoffen in KS2/3 im Vergleich zur Referenz zu erwarten. Die Mehrausgaben für Strom können allerdings nicht kompensiert werden, sodass netto ein leichtes Plus an Ausgaben zu verzeichnen ist.

Insgesamt ist die Bilanz aus annuierten Investitionen und Einsparungen/Mehrausgaben im Vergleich zur Referenz demnach negativ. Im KS2 sind insgesamt Mehrausgaben in Höhe von fast 20 Mrd. Euro (2030) bzw. 2,2 Mrd. Euro (2045) zu erwarten und im KS3 Mehrausgaben von rund 17 Mrd. Euro (2030) bzw. knapp 3 Mrd. Euro (2045).

Abbildung 12: Annuierte Gesamtinvestitionen sowie Mehrausgaben/Einsparungen inkl. Maut im Vergleich – KS1 versus REF



Quelle: Eigene Darstellung; Modellrechnung Öko-Institut

Anmerkungen: Werte sind über 5 Jahre gemittelt (z. B. enthält 2030 den Durchschnittswert 2028-2032); Gesamtinvestitionen ohne MwSt. und über die jeweilige Lebensdauer annuiert mit Prozentsatz von 4 %; Mehrausgaben/Einsparungen inkl. Energiesteuern und CO₂-Kosten, ohne MwSt.

Die Antriebswende führt aufgrund der höheren Effizienz der elektrischen Antriebe und der niedrigeren Besteuerung von Strom zu einer deutlichen Senkung der Energiesteuereinnahmen des Staates (Blanck et al. 2021). Ein erheblicher Teil der über die Zeit stark zurückgehenden Nutzungsausgaben in der Referenz und in den Szenarien KS2/3 (Abbildung 9) sind also auf zurückgehende Staatseinnahmen zurückzuführen, die durch andere Finanzierungsinstrumente zu füllen sind oder über stark zurückgehende Ausgaben (z.B. für Verkehrsinfrastrukturen⁴) auszugleichen wären. Die fahrleistungsabhängige Pkw-Maut sorgt in KS1 und KS4 also nicht nur zu einer Reduktion der THG-Emissionen und zu einer Verlagerung auf klima- und umweltfreundliche Verkehrsträger, sondern schließt unter anderem auch die entstehende Finanzierungslücke des Staatshaushalts. In der Ableitung der Pkw-Maut werden nicht nur Kosten für Verkehrsinfrastrukturen, sondern auch für externe Kosten durch Luftschatzstoffe, Lärm und die Schäden an Natur und Biodiversität internalisiert. Die Einführung einer fahrleistungsabhängigen

⁴ Bei zurückgehenden Investitionen in Verkehrsinfrastrukturen wären weder die Referenz noch die Klimaschutzszenarien KS1 bis KS4 plausibel, da sie die Grundvoraussetzung für ein funktionierendes Verkehrssystem sind.

Pkw-Maut würde über ihre Ausgestaltung also auch andere Politikziele adressieren und Co-Benefits zum Klimaschutz erzielen.

In Abbildung 12 werden für das Szenario KS1 die annuisierten Mehrinvestitionen den Mehrausgaben unter Berücksichtigung der Mautsysteme für Pkw und Lkw gegenübergestellt. Die zusätzlich entstehenden Ausgaben sind größtenteils auf die Einführung der fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut, zum Teil aber auch auf die neu eingeführte CO₂-Komponente in der Lkw-Maut zurückzuführen. Die beiden Mautsysteme führen im KS1 sowohl mittel- als auch langfristig (2030 bzw. 2045) zu Netto-Mehrausgaben in Höhe von über 20 Mrd. Euro gegenüber der Referenz, in der jedoch andere Finanzierungsstrukturen außerhalb des Verkehrssektors für beispielsweise Verkehrsinfrastrukturen entwickelt werden müssten. Abbildung 9 zeigt zudem deutlich, dass sich die Nutzungsausgaben im Verkehrssektor in den Szenarien KS1/4 gegenüber heute nicht wesentlich unterscheiden und unter Berücksichtigung der beiden Mautsysteme keine Mehrausgaben für die Verkehrsmittelnutzung gegenüber heute entstehen.

5 Kernbotschaften

Für die Klimaschutzwirkung und die ökonomischen Effekte der vier Klimaschutzszenarien sowie der Referenz aus dem Projektionsbericht 2023 lassen sich übergeordnet drei zentrale Aussagen festhalten:

- **Die heutige Politikausgestaltung ist weder ausreichend für die Einhaltung der für den Verkehrssektor im Jahr 2030 vorgesehene Jahresemissionsobergrenze im Klimaschutzgesetz Deutschlands noch stellt sie die im Klimaschutzgesetz vorgesehene Klimaneutralität im Jahr 2045 sicher.**

Für die zügige THG-Emissionsreduktion im Verkehrssektor ist die Beschleunigung des Aufbaus emissionsfreier Fahrzeugbestände in Deutschland die zentrale Maßnahme. Die Einführung einer Klimaabbgabe in den Szenarien KS1 bis KS4 zeigt, dass ein Instrument, welches die Nachfrage nach emissionsfreien Pkw unterstützt, sehr relevant ist für die notwendige Beschleunigung des Markthochlaufs für emissionsfreie Pkw. Weitere Instrumente unterstützen die THG-Emissionsreduktion zusätzlich und sind notwendig, wenn im Jahr 2030 die THG-Emissionswerte des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor erreicht werden sollen. Beispielsweise ist die Einführung allgemeiner Tempolimits bzw. die Reduktion der Geschwindigkeitsbegrenzung bei bestehenden Tempolimits, ein Instrumentenset, welches ökonomisch sehr effizient zu THG-Emissionsminderungen und durch Einsparungen der eingesetzten Energie zu niedrigeren Ausgaben in der Nutzungsphase der Fahrzeuge führt. Anpassungen bei der Energiesteuer (Angleichung aller Energiesteuersätze an die Benzinbesteuerung, Inflationsausgleich) sowie höhere CO₂-Preise haben eine ähnliche Lenkungswirkungen und führen zu einer reduzierten Nutzung von (fossilen) Kraftstoffen. Die Szenarien zeigen dabei, dass neben der Klimaabbgabe, unterschiedliche zusätzliche Instrumentensets zum Einsatz kommen können, um die Emissionsvorgaben zu erreichen.

- **Das europäische Ordnungsrecht führt vor allem über die CO₂-Flottenzielwerte zielsicher zu einer klimafreundlichen Transformation des Fahrzeugbestands. Die Erreichung der Klimaneutralität ist damit aber nicht hinreichend sichergestellt.**

Die kürzlich überarbeiteten und angepassten europäischen Verordnungen zu den CO₂-Flottenzielwerten stellen über ihre Ausgestaltung und Zielsetzung sicher, dass mittel- bis

langfristig eine Transformation zu emissionsfreien Straßenfahrzeugen stattfindet. Als alleinige Klimaschutzstrategie sind diese beiden Verordnungen jedoch nicht hinreichend, um die Klimaneutralität des Verkehrssektors im Jahr 2045 zu erreichen. Sollten die beiden Verordnungen in ihrer Ausgestaltung und Zielsetzung bei den anstehenden Reviews abgeschwächt werden, müssen andere Klimaschutzinstrumente an deren Stelle zur verstärkten Emissionsminderung beitragen. Die Folgen wären höhere preisliche Anreizsetzungen (z.B. Verteuerungen von klimawirksamen Emissionen) oder verstärkte andere ordnungsrechtliche Instrumente (z.B. temporäre bzw. räumliche Nutzungseinschränkungen emittierender Fahrzeuge).

- **Die Transformationsphase im Verkehrssektor (ca. bis zum Jahr 2035) ist in Summe mit höheren Investitions- und Nutzungsausgaben verbunden. Langfristig ist das heutige Ausgabenniveau allerdings wieder erreichbar bzw. wird untertroffen.**

Alle Szenarien (auch die Referenz) zeigen für das Jahr 2030 hohe Investitions- und Verkehrsmittelnutzungsausgaben. Dies deutet darauf hin, dass die Transformationsphase zu einem klimafreundlichen Verkehrssektor mit im Vergleich zu heute höheren Kosten für den Staat und die Gesellschaft verbunden ist. Ökonomisch effiziente Instrumente wie die Einführung allgemeiner Tempolimits und soziale Unterstützungs- und Ausgleichmechanismen sind daher zentral für das Gelingen und die gesellschaftliche Unterstützung der Transformation. Mittel- bis langfristig kann die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Pkw-Maut eine relevante Rolle übernehmen, da sie neben der Emissionsminderungswirkung auch die zurückgehenden Staatseinnahmen (v.a. wegen reduzierten Einnahmen aus der Energiesteuer) in der Referenz ausgleichen kann und verursachergerecht die Infrastruktturnutzung und sonstige externe Kosten der Pkw-Nutzung befreist. Höhere Ausgaben als heute entstehen dadurch für Verkehrsmittelnutzenden nicht.

Literaturverzeichnis

Blanck, Ruth; Zimmer, Wiebke; Motschall, Moritz; Göckeler, Katharina; Keimeyer, Friedhelm; Runkel, Matthias et al. (2021): Mobilität in die Zukunft steuern: Gerecht, individuell und nachhaltig. Abschlussbericht zum UBA-Vorhaben „Fiskalische Rahmenbedingungen für eine postfossile Mobilität“. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Öko-Institut; Forum Ökologisch-Soziale Marktwirtschaft (FÖS); Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin (HWR) (Texte, 85/2021).

Bünger, B.; Matthey, A. (2020): Methodenkonvention 3.1 zur Ermittlung von Umweltkosten - Kostensätze. Stand 12/2020. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-12-21_methodenkonvention_3_1_kostensaetze.pdf, zuletzt geprüft am 02.08.2025.

Deutsche Bundesbank (Hg.) (2024): Diskont- und Lombardsatz der Deutschen Bundesbank sowie Sonderzins bei Unterschreitung des Mindestreserve-Solls. Online verfügbar unter <https://www.bundesbank.de/resource/blob/650692/512547a07947f67450367b332477a304/mL/s510tdiskont-data.pdf>, zuletzt geprüft am 12.02.2024.

Harthan, Ralph O.; Förster, Hannah; Borkowski, Kerstin; Böttcher, Hannes; Braungardt, Sibylle; Bürger, Veit et al. (2023): Projektionsbericht 2023 für Deutschland. 2. Auflage. Hg. v. Umweltbundesamt (UBA). Dessau-Roßlau (Climate Change, 39/2023).

Repenning, Julia; Schumacher, Katja; Appenfeller, Dennis; Kreye, Konstantin; Emele, Lukas; Harthan, Ralph O. et al. (2024): Klimaschutzszenarien 2050: Modellierung, Analyse und Vergleich von Zielszenarien. Übergreifender Bericht. Hg. v. Öko-Institut. Online verfügbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Klimaschutzszenarien-2050.pdf>, zuletzt geprüft am 04.02.2026.