

HINTERGRUNDPAPIER

Szenarien zur THG-Quote im Kontext des Referentenentwurfs 2025 und des Klimaschutzgesetzes bis 2045

Karin Naumann, Hendrik Etzold, Franziska Müller-Langer

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	II
1 THG-Quote als Klimaschutzinstrument Status quo, Weiterentwicklung und Anforderungen	3
2 Szenarien der THG-Quote bis 2045 Bandbreiten und Entwicklungsperspektiven	7
3 Methodenbeschreibung Szenarien, Datenbasis und Annahmen.....	16
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	24
Literaturverzeichnis	25

Herausgeber: DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH
 Torgauer Straße 116
 04347 Leipzig
 +49 (0)341 2434-112
info@dbfz.de
www.dbfz.de

Stand: 18.07.2025

Zitiervorschlag: Naumann, K.; Etzold, H. Müller-Langer, F. (2025):
 Hintergrundpapier | Szenarien zur THG-Quote im Kontext des Referentenentwurfs 2025 und des Klimaschutzgesetzes bis 2045.
 Leipzig: DBFZ. 07/2025

Hinweis: Weitere Informationen zur THG-Quote sind in vorhergehenden Hintergrundpapieren aus den Jahren 2021 und 2022 (Naumann et al. 2021; Naumann et al. 2022) sowie im Monitoringbericht: Erneuerbare Energien im Verkehr (Schröder und Naumann 2023; Schröder und Görsch 2025b) zu finden.

1 THG-QUOTE ALS KLIMASCHUTZINSTRUMENT STATUS QUO, WEITERENTWICKLUNG UND ANFORDERUNGEN

Die deutsche Treibhausgasminderungsquote (THG-Quote) verpflichtet seit 2015 Unternehmen, die fossilen Otto- und Dieselmotoren in Verkehr bringen, zur schrittweisen Senkung der damit verbundenen Treibhausgasemissionen. Als Instrument für den Verkehrssektor ergänzt sie dabei Strategien wie Verkehrsvermeidung, -verlagerung und Elektrifizierung. Um die Vorgaben zu erfüllen, können die Unternehmen Erfüllungsoptionen wie Elektromobilität, Biokraftstoffe oder erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs (RFNBO) nutzen. Publikationen wie (Schröder und Görsch 2025a) geben einen dezidierten Einblick in die Marktentwicklungen im Kontext der THG-Quote und Rolle der Erfüllungsoptionen. Für das Jahr 2023 wurde die THG-Quote von 8 % deutlich übererfüllt, was auf mehrere, u. a. in Naumann et al. (2024) dargelegte Aspekte zurückzuführen war.

Im Zuge der Implementierung der revidierten RED II (Richtlinie (EU) 2023/2413) muss die THG-Quote angepasst werden. Am 19.06.2025 veröffentlichte das Bundesministerium für Umwelt, Klimaschutz, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMUKN) einen Referentenentwurf zur Weiterentwicklung der THG-Quote (BMUKN 2025a, 2025b). Die Verpflichtung zum Einsatz erneuerbarer Energien soll vom Straßen- und Schienenverkehr auf alle Verkehrsbereiche ausgeweitet werden. Zudem wird eine Festlegung der Quote bis zum Jahr 2040 und deren schrittweise Steigerung vorgeschlagen. Auch Nebenbedingungen wie Unterquoten, Mehrfachanrechnungen, Obergrenzen oder Anrechenbarkeiten ausgewählter Erfüllungsoptionen werden angepasst oder neu aufgenommen. Einige wesentliche Kennzahlen des Referentenentwurfs sind in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt, weitere Details sind dem Abschnitt Methodenbeschreibung zu entnehmen.

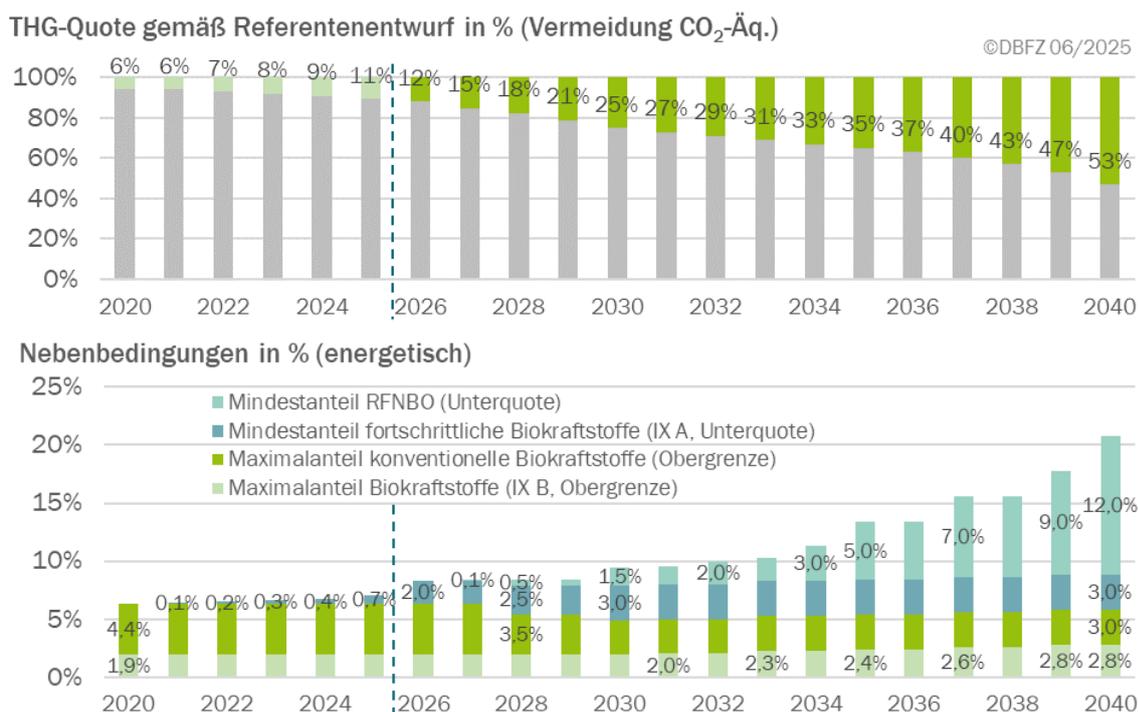


Abbildung 1 THG-Quote und Nebenbedingungen gemäß Referentenentwurf (BMUKN 2025a)

Den für die THG-Quote gesetzten Randbedingungen des Referentenentwurfs folgend wurde anhand mehrerer Szenarien der mögliche Bedarf an Erfüllungsoptionen modelliert und mit den Zielen des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) gespiegelt. Die Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu.

Das Ambitionsniveau der vorgeschlagenen THG-Quote bis 2040 ist nicht geeignet, um das Emissionsziel gemäß KSG für den Verkehrssektor zu erreichen.



Die Fortschreibung der THG-Quote über das Jahr 2030 hinaus und die Steigerung des Ambitionsniveaus sind wichtige Signale. Die Szenarioanalyse in diesem Hintergrundpapier verdeutlicht, dass selbst bei ambitionierten Maßnahmen zur Reduzierung des Endenergiebedarfs im Verkehr der im Referentenentwurf vorgeschlagene Quotenpfad die Lücke zur Zielerreichung des KSG nicht schließen kann. Zudem ist von großer Bedeutung: je höher der Endenergiebedarf im Verkehr und je weniger Elektromobilität realisiert werden kann, desto größere Mengen an erneuerbaren Kraftstoffen werden benötigt. Je nach Szenario wird das kumulierte Emissionsbudget bis 2040 um 247 bzw. 376 Mio. t. CO₂-Äq. überschritten. Für das eigenständige Erreichen des Klimaziels im Verkehrssektor müsste die THG-Quote bis zum Jahr 2035 auf mindestens 50 % und bis zum Jahr 2040 auf deutlich über 60 % steigen (Abbildung 2, Tabelle1).



Damit die THG-Quote und damit implizit das KSG über erneuerbare Kraftstoffe und Strom erfüllt werden können, ist eine flächendeckend verlässlich verfügbare Nutzungsinfrastruktur zwingend erforderlich. Dies gilt insbesondere für Kraftstoffe und Energieträger, die nicht in der vorhandenen der Bestandsflotte eingesetzt werden können, also keine sog. Drop-in-Lösung darstellen. Bereits über Kraftstoffnormen definierte erneuerbare Kraftstoffe (z. B. Biodiesel/FAME, paraffinischer Diesel, Biomethan/LNG, Ethanol, nach ASTM zugelassene Kerosine) können über die bestehende Nutzungsinfrastruktur insbesondere im Straßenverkehr bereits heute als Beimischungen oder Reinkraftstoffe eingesetzt werden. Parallel zur THG-Quote sind jedoch weitere wirksame Instrumente erforderlich, die den Hochlauf für die Elektrifizierung des Verkehrs bzw. die Implementierung für weitere Kraftstoffe wie Wasserstoff, Methanol, synthetisches Methan oder auch Ammoniak ermöglichen.



Bisher stellt die THG-Quote den zentralen Rahmen dar für Unternehmen, die mithilfe innovativer Technologien und in Verbindung mit finanziellen Risiken die Produktion und Bereitstellung fortschrittlicher Kraftstoffe und erneuerbarer Energien für den Verkehr beabsichtigen. Weitere Regularien, die diesen Rahmen beeinflussen, sind das nationale Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG), das im zukünftigen europäischen Emissionshandelssystem für Gebäude und Verkehr (ETS2) aufgehen wird, die EU-Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen (CSRD), die ausstehende Anpassung der europäischen Energiesteuerrichtlinie (ETD) wie auch die CO₂-Flottenregulierungen. Fraglich bleibt jedoch, inwieweit die THG-Quote mit ihren unterschiedlichen Nebenbestimmungen für verschiedene Erfüllungsoptionen (u. a. Mehrfachtanrechnungen, Unterquoten und Ausgleichsabgaben für Fehlmengen) in ausreichendem Maß wirksame Anreize für den erforderlichen Markteintritt respektive

Markthochlauf von Erfüllungsoptionen setzen kann, für die bisher keine oder nur unzureichend Mengen verfügbar sind. Dies gilt vor dem Hintergrund aktueller geopolitischer Entwicklungen, die sich u. a. in teils unvorhersehbaren Marktverschiebungen und gestiegenen Anforderungen an Versorgungssicherheit und Resilienz äußern. In diesem Kontext kommt dem erforderlichen Auf- und Ausbau von Produktionskapazitäten für fortschrittliche Biokraftstoffe und RFNBO in der EU und in Deutschland eine weitere wichtige Bedeutung zu.

Die THG-Quote sollte einen signifikanten Beitrag zur Stärkung der deutschen Wirtschaft sowie zur Sicherstellung der Eigenversorgung mit erneuerbaren Kraftstoffen leisten.

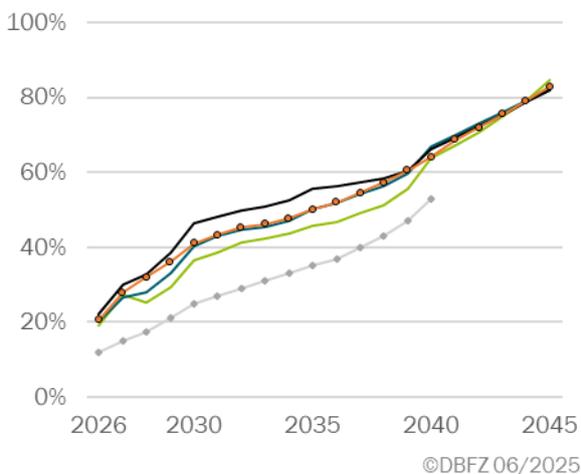


Wirksame Klimaschutzinstrumente müssen daher nicht nur nachhaltig Emissionen senken, sondern auch die heimische Bereitstellung von Energie sowie Lebensmitteln als Teil der sogenannten kritischen Infrastruktur sichern. Die Mobilisierung bislang ungenutzter oder teils besser nutzbarer Ressourcenpotenziale von Biomasse als Kohlenstoffträger in Deutschland und Europa kann die Wertschöpfung in ländlichen Räumen stärken. Gleichzeitig kann auf die bereits sichtbaren Folgen des Klimawandels reagiert werden. Um dies, verknüpft mit dem Aufbau von Produktionskapazitäten für erneuerbare Kraftstoffe und deren wichtige Nebenprodukte im internationalen Wettbewerb, zu ermöglichen, benötigt es einen verlässlichen Rahmen. Grundvoraussetzung hierfür ist eine langfristige Planungssicherheit, um die Finanzierung von Vorhaben zu gewährleisten und Risiken zu minimieren. Es bedarf darüber hinaus weiterer wirksamer Anreizmechanismen für einen erfolgreichen Eintritt und Hochlauf des Marktes für erneuerbare Kraftstoffe.



Die Erfahrungen zeigen, dass auch der Schutz des fairen Wettbewerbs bei der Definition rechtlicher Rahmenbedingungen von zentraler Bedeutung ist. Seit 2023 haben umfangreiche, mutmaßlich betrügerische Biokraftstoffimporte das Marktgeschehen massiv verschoben. Der dadurch entstandene Angebotsüberschuss führte zu einem extremen Absturz der THG-Quotenpreise, wodurch den Akteuren entscheidende Erlöse weggebrochen sind und eine enorme Unsicherheit entstand. Dieser Preisverfall stoppte nicht nur wichtige Investitionen in Produktionskapazitäten fortschrittlicher Biokraftstoffe, sondern reduzierte auch Erlöse für Akteure im Bereich Elektromobilität sowie Ladeinfrastruktur.

**THG-Quote
 im Vergleich der Beispielrechnungen
 gemäß KSG, jährlich**



gemäß KSG-Budget

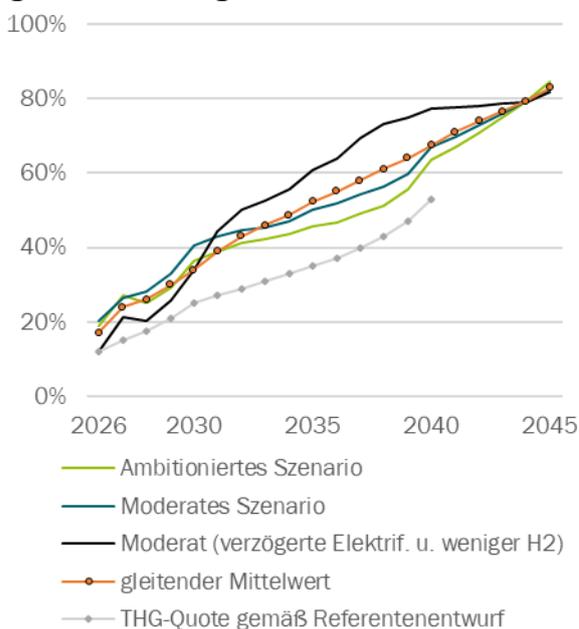


Abbildung 2 THG-Quote 2026-2045, ausgerichtet an den Zielen des KSG im Vergleich zum Referentenentwurf

Tabelle1 THG-Quote 2026-2040 gemäß Referentenentwurf sowie gleitende Mittelwerte der Beispielrechnungen gemäß KSG (jährliche Vorgaben versus kumuliertes Emissionsbudget bis 2045)

THG-Quote in %	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Entwurf	12	15	18	21	25	27	29	31	33	35	37	40	43	47	53					
KSG, jährlich	20	28	32	36	41	43	45	46	48	50	52	55	57	61	64	69	72	76	79	83
KSG-Budget	17	24	26	30	34	39	43	46	49	52	55	58	61	64	68	71	74	77	79	83

2 SZENARIEN DER THG-QUOTE BIS 2045 BANDBREITEN UND ENTWICKLUNGSPERSPEKTIVEN

ENDENERGIEBEDARF IM VERKEHRSSSEKTOR

Zur Evaluation der klimapolitischen Wirksamkeit des Referentenentwurfs (BMUKN 2025a) werden die vorgeschlagenen Regelungen anhand zweier Entwicklungsszenarien für den Verkehrssektor analysiert (Abbildung 3). Diese Szenarien dienen dazu, die Robustheit der vorgeschlagenen Instrumente unter verschiedenen Randbedingungen zu prüfen.

- Das ambitionierte Szenario beschreibt einen beschleunigten Hochlauf der Elektromobilität, der mit einer signifikanten Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr einhergeht.
- Das moderate Szenario legt hingegen eine verlangsamte Elektrifizierung und eine geringere Absenkung des Endenergiebedarfs zugrunde.

Durch den Vergleich wird die Wirksamkeit der Regelungen unter vermeintlich optimistischen und pessimistischen Annahmen bewertet.

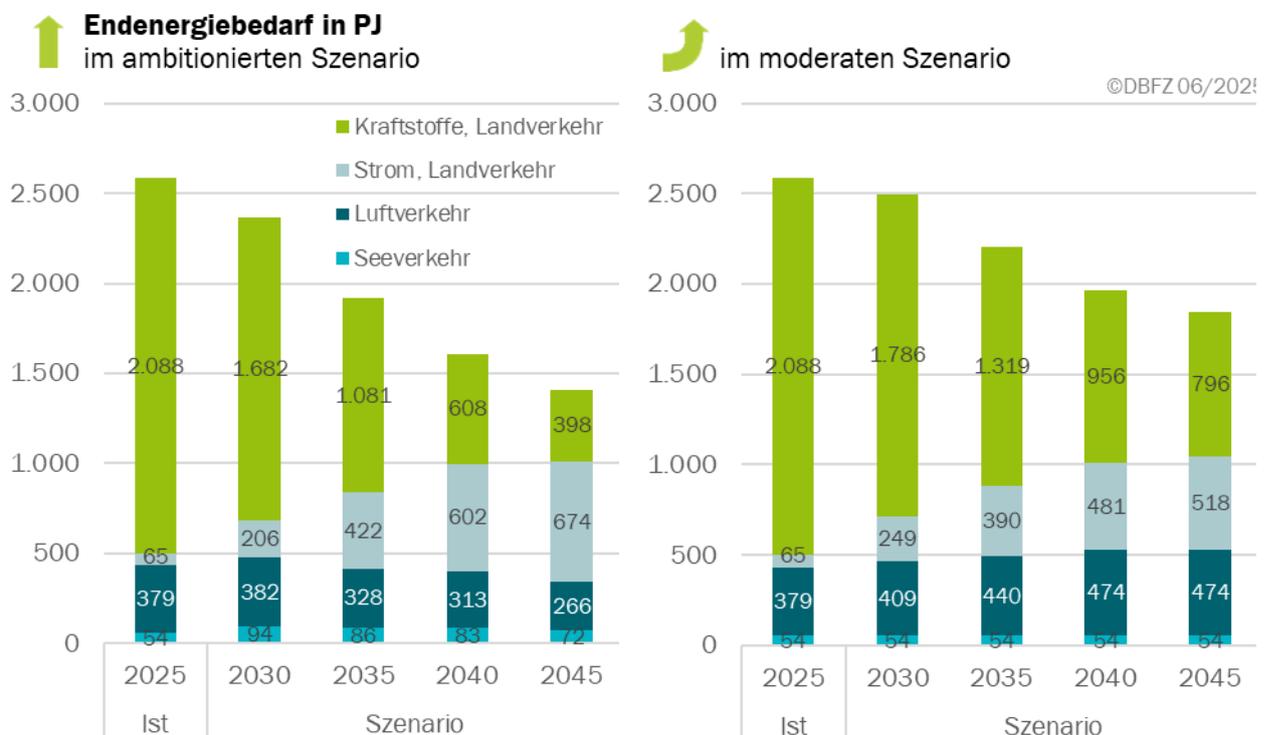


Abbildung 3 Endenergiebedarf im Landverkehr (Kraftstoffe und Strom) sowie im Luft- und Seeverkehr gemäß ambitioniertem (links) und moderatem Szenario (rechts)

ERNEUERBARE KRAFTSTOFFE FÜR DEN LANDVERKEHR¹

Der Referentenentwurf stellt ein wesentliches Instrument zur Konkretisierung und Umsetzung der im Bundes-Klimaschutzgesetz verankerten Ziele dar. Aus diesem Grund wird die Wirksamkeit des Entwurfs im Folgenden anhand eines zentralen Bewertungsmaßstabs beurteilt: seinem Beitrag zur Erreichung des gesetzlich vorgegebenen Emissionsminderungspfades für den Verkehrssektor. Das KSG setzt auf Basis der EU- Klimaschutzverordnung bis 2030 sektorale Ziele und für 2040 die Vorgabe von 88 % Reduktion sowie bis 2045 von 100 % gegenüber den Emissionen im Jahr 1990. Das Umweltbundesamt (UBA) geht bereits jetzt von einer erheblichen Verfehlung dieser Ziele aus: bis 2030 im Umfang von 224 Mio. t CO₂-Äq. in allen Sektoren. Die langfristigen Zielsetzungen sind für alle Sektoren und EU- Mitgliedstaaten sehr ambitioniert. Davon ausgehend, dass der Sektor Verkehr die langfristigen Vorgaben des KSG eigenständig erreicht, kann die THG-Quote ein wichtiges unterstützendes Instrument sein. Dafür müsste die THG-Quote, in Verbindung mit den Nebenbedingungen des Referentenentwurfs, bis zum Jahr 2035 jedoch auf 46 % bis 58 % und bis zum Jahr 2040 auf 64 % bis 77 % steigen. Für die jährlichen Zielwerte in den nachfolgenden Beispielrechnungen sind die Jahre zwischen dem sektoralen Ziel von maximal 85 Mio. t CO₂-Äq. im Verkehr für das Jahr 2030 und der allgemeinen Vorgabe von 88 % Reduktion (entspricht 20 Mio. t CO₂-Äq. im Verkehrssektor) für das Jahr 2040 sowie 100 % für das Jahr 2045 zugrunde gelegt (Anlagen 2a und 3 des KSG); die Zwischenjahre wurden linear interpoliert.

Unter der Annahme, dass der nationale Verkehr seine Klimaziele nach KSG bis 2045 eigenständig erreicht, verbleiben in Verbindung mit den EU-Vorgaben (ReFuelEU Aviation Regulation (EU) 2023/2405 und FuelEU Maritime Regulation (EU) 2023/1805) lediglich im Luft- und Seeverkehr fossile Kraftstoffe. Dies hätte für das Jahr 2045 eine THG-Quote von 82 % bzw. 85 % zur Folge. Tabelle 2 zeigt für die Jahre 2026 bis 2045 die THG-Quote im Entwurf nebst angenommener Fortschreibung bis 2045 sowie für beide betrachteten Szenarien die zur Erreichung der Klimaschutzziele erforderliche THG-Quote mit Bezug auf die jährlichen Ziele (KSG, jährlich) und mit Bezug auf das kumulierte Emissionsbudget (KSG-Budget).

Tabelle 2 THG-Quote 2026-2040 gemäß Referentenentwurf sowie gemäß KSG für das ambitionierte sowie das moderate Szenario (jährliche sektorale Vorgaben versus kumuliertes Emissionsbudget bis 2045)

THG-Quote in %	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045
Entwurf	12	15	18	21	25	27	29	31	33	35	37	40	43	47	53	55	59	63	66	71
↑ Ambitioniertes Szenario																				
KSG, jährlich	19	27	25	29	36	39	41	42	44	46	47	49	51	56	64	67	71	75	79	85
KSG-Budget	12	20	19	22	29	34	39	40	44	49	52	57	60	66	75	78	80	81	82	85
↘ Moderates Szenario																				
KSG, jährlich	20	26	28	33	40	43	45	45	47	50	52	54	56	60	67	70	73	76	79	82
KSG-Budget	12	22	20	24	31	36	41	46	53	58	59	63	64	69	77	78	79	79	80	82

¹ Landverkehr umfasst in dieser Analyse vereinfacht die Verkehrsträger Straße, Schiene und die Binnenschifffahrt.

Der Referentenentwurf definiert erstmals eine Unterquote für Erneuerbare Kraftstoffe nicht-biogenen Ursprungs (RFNBO) und deren mehrfache Anrechnung. Je nach betrachtetem Szenario ergeben sich daraus Bedarfe von etwa 40 PJ im Jahr 2030 (entspricht etwa 350 Tsd. t Wasserstoff bzw. 1 Mio. t Dieseläquivalenten) bzw. 200 PJ und mehr ab 2040. Diesem Bedarf stehen weltweit bisher mit Ausnahme weniger kleiner Anlagen mit Demonstrationscharakter keine kommerziellen Produktionskapazitäten gegenüber (Wasserstoff-Kompass 2025; Schröder et al. 2025). Der Aufbau erforderlicher Produktionskapazitäten ist neben den regulativen Randbedingungen stark von regionalen Gegebenheiten und verfügbaren Infrastrukturen abhängig: u. a. zur Bereitstellung von erneuerbarem Strom und Wasser für die Elektrolyse zur Herstellung von Wasserstoff und von CO₂ für die Herstellung der erneuerbaren nicht biobasierten Kraftstoffe (E-Fuels) wie Methan, Methanol und Folgeprodukte, Fischer-Tropsch oder Ammoniak. Die erwarteten Gestehungskosten sind nicht zuletzt aufgrund hoher Investitionen und Betriebskosten vergleichsweise höher als für Biokraftstoffe bei vergleichbaren spezifischen THG-Minderungen (Dögnitz und Etzold 2025)). Wie ein Ranking der E-Fuels untereinander und im Vergleich zum direkten Einsatz von Wasserstoff in Verkehrsträgern mit Brennstoffzellen ausfallen wird, ist von vielerlei Aspekten abhängig u. a. Standards und Verfügbarkeit der Infrastruktur zur Verteilung bis zum Endnutzer, Verfügbarkeit der Verkehrsträger selbst.

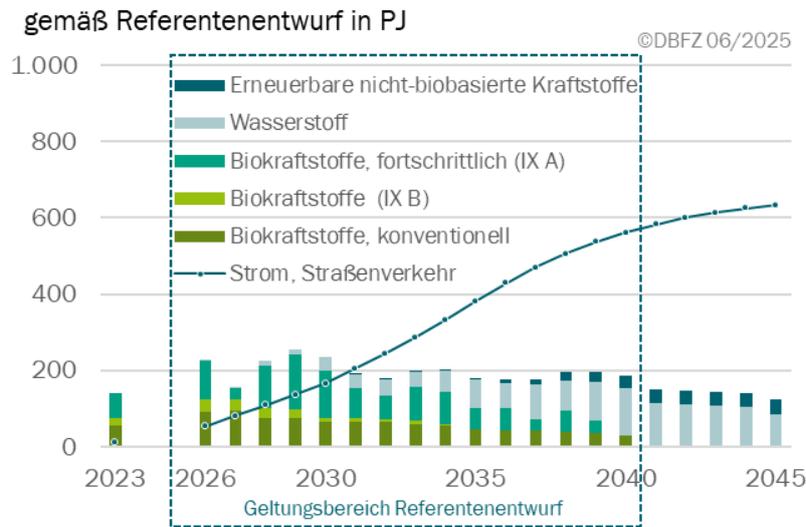
Fortschrittliche Biokraftstoffe (aus Rohstoffen gemäß Anhang IX A der RED) decken aufgrund der Nebenbedingungen der THG-Quote und den getroffenen Annahmen (siehe Methodenbeschreibung) in den Beispielrechnungen perspektivisch einen Großteil des erneuerbaren Kraftstoffbedarfs. Eine Kontextualisierung hinsichtlich Ressourcen- und Produktionskapazitäten ermöglicht u. a. (Schröder und Görsch 2025a). Der Beitrag von Biokraftstoffen aus Rohstoffen gemäß Anhang IX B der RED sowie aus Pflanzen, die grundlegend auch für Nahrungs- und Futtermittel geeignet sind, ist durch energetische Obergrenzen limitiert.

Die dargestellten Ergebnisse ermöglichen grundsätzliche Rückschlüsse. Der Vergleich beider Szenarien verdeutlicht, dass in Abhängigkeit vom Umsetzungstempo der Energie- und Antriebswende im Verkehr der erreichbare Beitrag der THG-Quote sehr stark variieren kann. Grundsätzlich gilt:

- Kommen mehrfach anrechenbare Erfüllungsoptionen stärker zum Einsatz, müsste das Quotenziel für den Kontext Klimazielerreichung entsprechend nach oben angepasst werden.
- Weichen die durchschnittlichen spezifischen Emissionsfaktoren der Erfüllungsoptionen von den hier gesetzten Annahmen ab, dann:
 - steigt bei höheren Emissionsfaktoren der Bedarf an erneuerbaren Kraftstoffen für die Quote zugunsten der Erreichung des nationalen Klimaziels bzw.
 - sinkt bei niedrigeren Emissionsfaktoren der Bedarf an erneuerbaren Kraftstoffen für die Quote zulasten der Erreichung des nationalen Klimaziels

Die hier aufgeführten Ergebnisse basieren auf den in der Methodenbeschreibung dargestellten Szenarien und Annahmen sowie den Nebenbestimmungen des Referentenentwurfs, abgesehen von der THG-Quote selbst für die beiden auf das KSG bezogenen Auswertungen. In diesen finden demzufolge auch alle Begrenzungen, Multiplikatoren usw. entsprechend des Referentenentwurfs Anwendung.

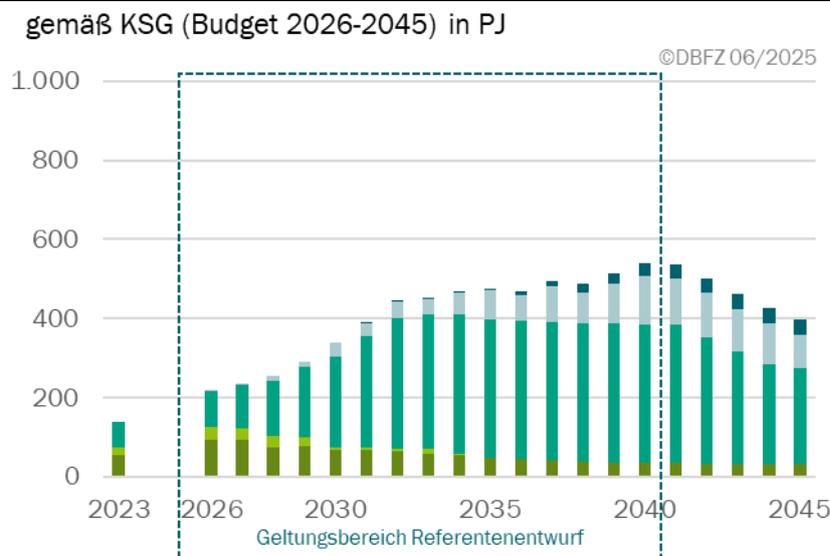
Erneuerbarer Kraftstoffbedarf (Landverkehr) im ambitionierten Szenario



Ein hohes Ambitionsniveau bei der Elektrifizierung und der Reduktion des Kraftstoffbedarfs ergibt noch bis 2030 einen steigenden Bedarf sowie im Anschluss bis 2040 einen Absatz von **jährlich etwa 200 PJ** erneuerbaren Kraftstoffen insgesamt. Das Klimaziel im Verkehrssektor würde bis 2040 um 253 Mio. t CO₂-Äq. verfehlt.



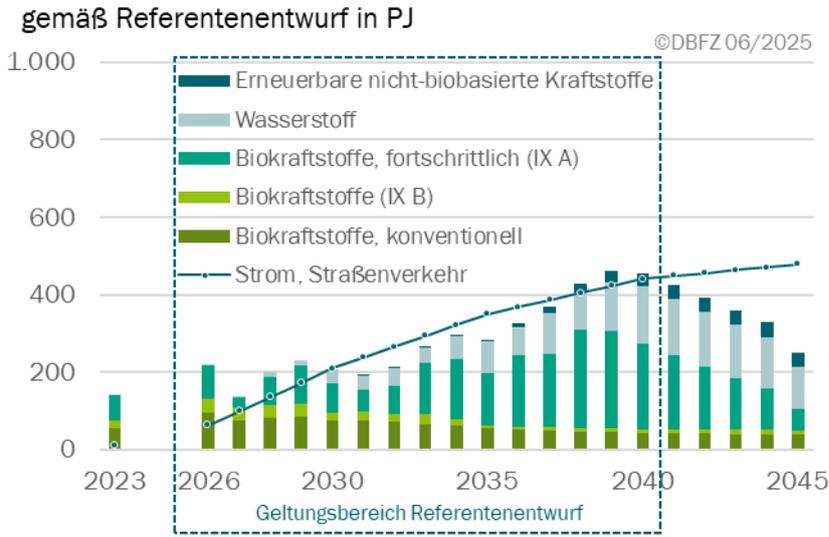
Das Szenario in Verbindung mit den Vorgaben des Klimaschutzgesetzes ergibt trotz ehrgeiziger Elektrifizierung und insgesamt deutlich reduziertem Endenergiebedarf einen deutlich höheren Bedarf an erneuerbaren Kraftstoffen – am Peak im Jahr 2030 etwa **460 PJ** fortschrittliche Biokraftstoffe.



Steigen die eingesetzten Mengen erneuerbarer Kraftstoffe verzögert an, würde zunächst weiterhin eine Schuld im Emissionsbudget aufgebaut werden. Für deren Abbau wären anschließend deutlich höhere Jahresmengen erforderlich, in diesem Szenario beispielsweise **350 PJ ab 2034**.

Abbildung 4 Erneuerbare Kraftstoffe im Landverkehr, ambitioniertes Szenario

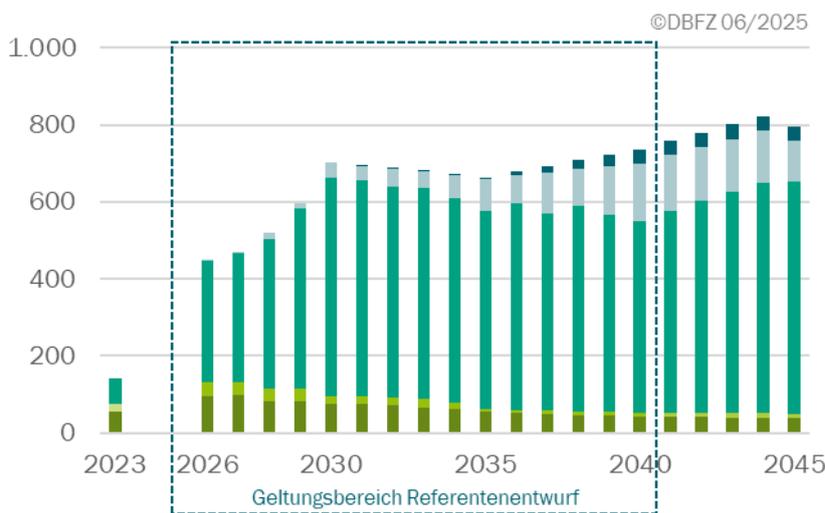
Erneuerbarer Kraftstoffbedarf (Landverkehr) im moderaten Szenario



Ein moderaterer Hochlauf der Elektrifizierung erhöht den Bedarf an erneuerbaren Kraftstoffen zur Erfüllung der THG-Quote. Ab 2030 entsteht zunächst eine Delle. In der Spitze ergibt sich im Jahr 2038 ein Bedarf von **240 PJ fortschrittlichen Biokraftstoffen**.

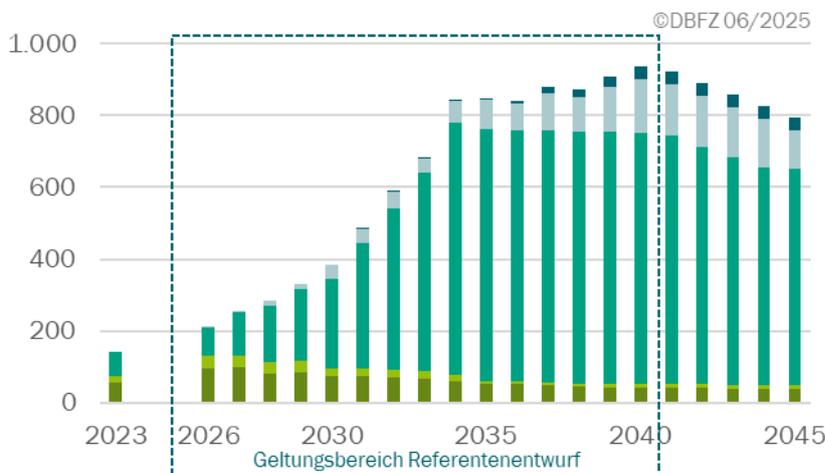
Das Klimaziel im Verkehrssektor würde bis 2040 um 392 Mio. t CO₂-Äq. verfehlt.

gemäß KSG (jährlich) in PJ



Das Erreichen der jährlichen Emissionsziele für den Verkehrssektor gemäß Klimaschutzgesetz erfordert trotz ambitionierter Elektrifizierung einen massiven Anstieg alternativer Kraftstoffe – hier auf deutlich **über 500 PJ fortschrittliche Biokraftstoffe ab 2030**.

gemäß KSG (Budget 2026-2045) in PJ



Ein verzögerter Anstieg der Mengen erneuerbarer Kraftstoffe und die resultierende Schuld im Emissionsbudget würden wiederum deutlich höhere Jahresmengen erfordern, in diesem Szenario beispielsweise **700 PJ ab 2034**.

Abbildung 5 Erneuerbare Kraftstoffe im Landverkehr, moderates Szenario

ERNEUERBARE KRAFTSTOFFE FÜR DEN LUFT- UND SEEVERKEHR

Für die Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien und die Reduktion der Treibhausgasemissionen des Luft- und Seeverkehrs legen die EU-Verordnungen ReFuelEU Aviation und FuelEU Maritime bereits verbindliche rechtliche Anforderungen fest. Ermittelt wurden die Mengen an erneuerbarem Kerosin (Sustainable aviation fuel, SAF) und erneuerbaren Schiffskraftstoffen, die sich aus einer kombinierten Berechnung aus den EU-Vorgaben und den ambitionierteren Zielen des deutschen Referentenentwurfs zur THG-Quote ergeben.

Die Vorgaben für den Seeverkehr sind in der vorgeschlagenen THG-Quote deutlich ambitionierter als die der FuelEU Maritime: in der Beispielrechnung liegt die zur Erfüllung der THG-Quote erforderliche Kraftstoffmenge bei dem 6fachen im Jahr 2026 bzw. dem 10fachen im Jahr 2029. Dieser Faktor sinkt dann schrittweise: ab 2030 liegt er bei etwa 5, ab 2035 bei rund 3, ab 2040 bei unter 2 und erst ab 2045 bei weniger als 1. Die Erfüllung der THG-Quote für den Seeverkehr wird im Referentenentwurf de facto bei der Quotenerfüllung von den übrigen Verkehrssektoren getrennt betrachtet, wobei die Erfüllung der Quote im Schiffsverkehr grundsätzlich auch durch das Inverkehrbringen von Kraftstoffen im Land- und Luftverkehr möglich sein soll (BMUKN 2025b).

In Abhängigkeit von der Entwicklung des Endenergiebedarfs im Luft- und Seeverkehr ergeben sich die in Abbildung 6 dargestellten Bedarfe an erneuerbaren Kraftstoffen.

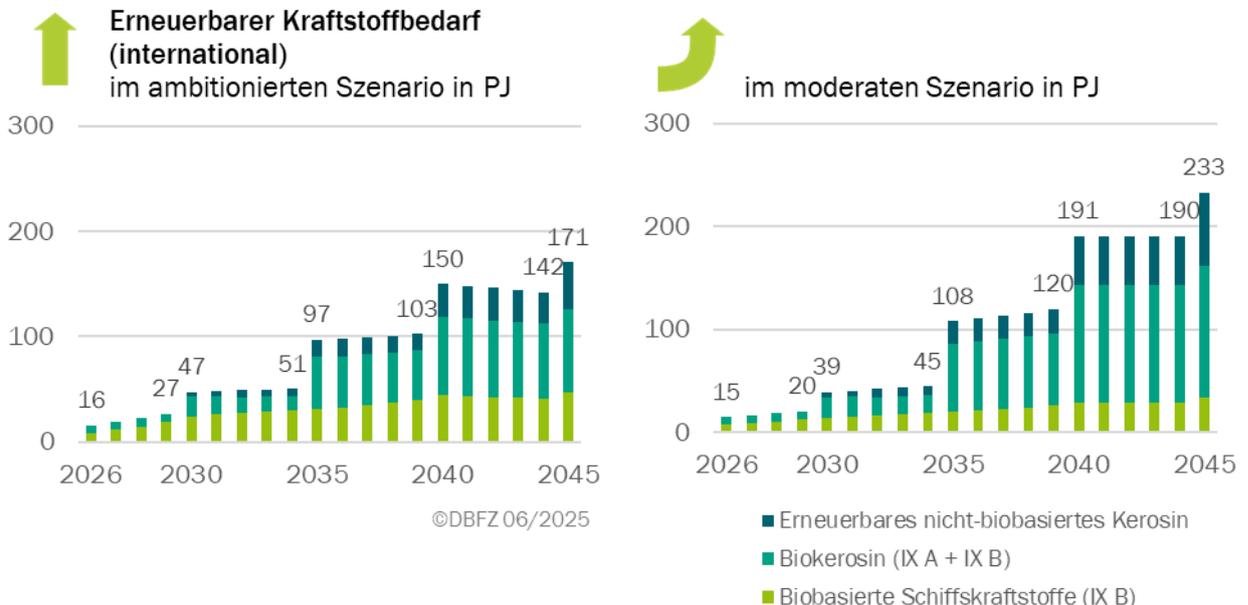


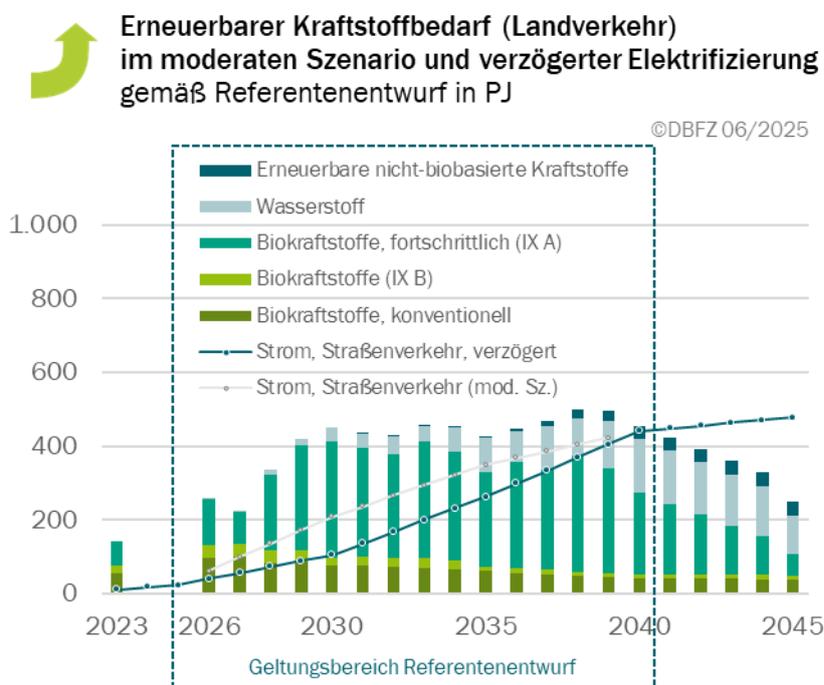
Abbildung 6 Erneuerbarer Kraftstoffbedarf im Luft- und Seeverkehr gemäß ambitioniertem (links) und moderatem Szenario (rechts), Zielerreichung gemäß FuelEU Maritime, ReFuelEU Aviation und Referentenentwurf zur THG-Quote

SENSITIVITÄTEN IM MODERATEN SZENARIO

Nachfolgend dargestellte Sensitivitäten wurden beispielhaft für das moderate Szenario für den Landverkehr durchgeführt. Dabei wird möglichen Veränderungen im Ausbau der Elektromobilität (Abbildung 7) und der Wasserstoffwirtschaft (Abbildung 8) bzw. beider gleichzeitig (Abbildung 9) Rechnung getragen. Für beide wird unterstellt, dass der Ausbau nicht in der Geschwindigkeit und der Höhe gelingt.

Eine verzögerte Umstellung auf Elektromobilität

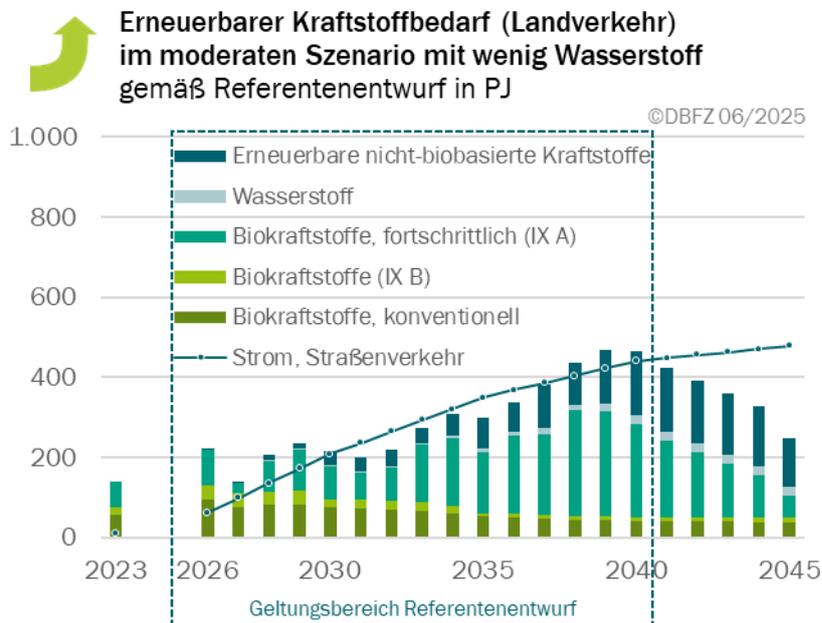
zieht sehr schnell einen erheblichen Mehrbedarf an anderen Erfüllungsoptionen nach sich.



Eine weitere **Verzögerung der Elektrifizierung** erhöht den Bedarf an Kraftstoffen zur Erfüllung der THG-Quote erheblich (im Vergleich zu Abbildung 5), in dieser Beispielrechnung auf **über 300 PJ** fortschrittliche Biokraftstoffe (IX A) im Jahr 2030.

Abbildung 7 Sensitivität mit verzögerter Elektrifizierung

Eine deutlich reduzierte Nutzbarkeit von Wasserstoff zieht einen erheblichen Mehrbedarf an erneuerbaren Drop-in-Kraftstoffen nicht-biogenen Ursprungs nach sich.

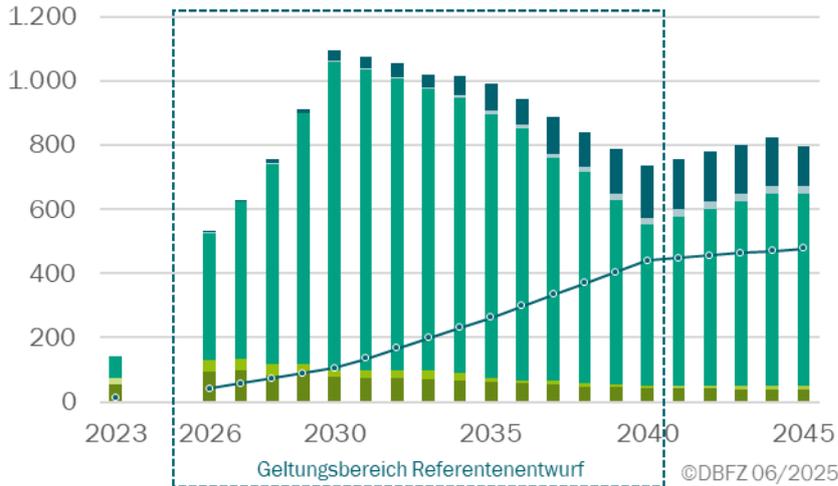


Ist die **Verfügbarkeit von Wasserstoffinfrastruktur** (Produktion, Tankstellen) und Fahrzeugen nicht ab 2030 in dem erforderlichen und steigenden Umfang gegeben, müssen andere RFNBO die ambitionierte Unterquote erfüllen - in dieser Beispielrechnung 160 PJ im Jahr 2040, bei einer Wasserstoffmenge von etwa 23 PJ.

Abbildung 8 Sensitivität mit weniger Wasserstoff im Verkehr

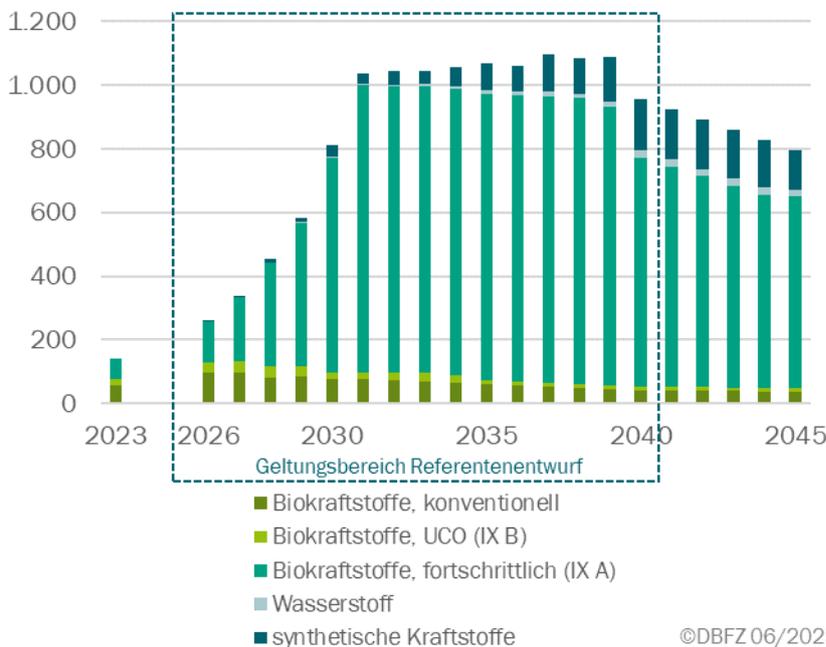
Eine verzögerte Umstellung auf Elektromobilität und eine deutlich reduzierte Nutzbarkeit von Wasserstoff resultieren für die Klimazielerreichung in erheblichen Nachfragersteigerungen v. a. für fortschrittliche Biokraftstoffe und E-Fuels.

Erneuerbarer Kraftstoffbedarf (Landverkehr) im moderaten Szenario mit verzögerter Elektrifizierung und wenig Wasserstoff gemäß KSG (jährlich) in PJ



Eine verzögerte Elektrifizierung in Verbindung mit einem geringen nutzbaren Wasserstoff-Potenzial ermöglicht die Erfüllung des Klimaschutzgesetzes nur unter Einsatz immenser Mengen fortschrittlicher Biokraftstoffe – mit einem Peak von **mehr als 900 PJ** im Jahr 2030.

gemäß KSG (Budget 2026-2045) in PJ



Selbst unter Berücksichtigung des Emissionsbudgets ist ab 2031/32 eine Menge von **900 PJ** fortschrittlicher Biokraftstoffe erforderlich.

Abbildung 9 Sensitivität mit verzögerter Elektrifizierung und weniger Wasserstoff im Verkehr

3 **METHODENBESCHREIBUNG**

SZENARIEN, DATENBASIS UND ANNAHMEN

ENDENERGIEBEDARF IM VERKEHR

Die Abschätzung des **Status quo** für den Endenergiebedarf im Verkehrssektor für das Jahr 2025 basiert auf der folgenden methodischen Vorgehensweise und den nachstehenden Annahmen, gegliedert nach Verkehrsträgern. Unter dem Landverkehr werden in dieser Analyse die Verkehrsträger Straße, Schiene und die Binnenschifffahrt zusammengefasst.

Landverkehr

- Der Kraftstoffbedarf im Straßenverkehr ist aus Verkehr-in-Zahlen (BMDV 2024a) für das Jahr 2023 anhand der relativen Entwicklungen nach BAFA für 2024 und AGEB für 2025 extrapoliert.
- Der elektrische Strombedarf im Straßenverkehr basiert aus der Fortschreibung der Statistik von 2023 (Zoll 2025) anhand der Bestandsdaten des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA 2025). Für den Zeitraum von Ende 2023 bis Ende 2025 wird eine Verdopplung des Bestandes an reinen Elektro- und Hybridfahrzeugen angenommen.
- In der Binnenschifffahrt wird der seit 2020 beobachtete stabile Energiebedarf (BMDV 2024a) für das Jahr 2025 fortgeschrieben.
- Der elektrische Strombedarf des Schienenverkehrs wird im Kontext der THG-Quote nicht berücksichtigt.

Seeverkehr

- Die Abschätzung basiert auf den Daten zu den Kraftstoffverkäufen (internationale Bunkerungen) bis 2024 (BAFA 2024). Für das Jahr 2025 wird dieser Wert als konstant angenommen.

Luftverkehr

- Der Kraftstoffbedarf wird aus dem Wert für 2023 der ViZ-Statistik (BMDV 2024a) anhand der relativen Entwicklungen von BAFA für 2024 und AGEB für 2025 extrapoliert.

Abgrenzung und nicht berücksichtigte Verbräuche

- Kraftstoffverbräuche mobiler Maschinen und Fahrzeuge in der Bau-, Land- und Forstwirtschaft (sog. Non-Road-Sektor) werden in dieser Abschätzung nicht separat ausgewiesen, obwohl sie grundsätzlich auch Teil der Quotenverpflichtung sind.

Folgend werden die zentralen Annahmen und Datenquellen zum Endenergiebedarf der **Szenarien** (2026-2045) dargestellt:



Ambitioniertes Szenario

Landverkehr

- Die jährliche Entwicklung des Endenergiebedarfs basiert ab 2030 auf den Projektionsdaten des UBA (2025), im Szenario mit weiteren Maßnahmen (MWMS)
- Die Werte für die Jahre 2026 bis 2029 werden linear zwischen dem Status-quo-Wert 2025 und dem Szenario-Wert für 2030 interpoliert.
- Die UBA-Projektionsdaten für elektrischen Strom umfassen auch den Stromverbrauch der Schiene. Da der Schienenverkehr jedoch nicht in den Anwendungsbereich der THG-Quote fällt und für die Quotenerfüllung irrelevant ist, werden die UBA-Gesamtdaten für diese Analyse bereinigt. Hierfür wird der Strombedarf des Schienenverkehrs – angenommen mit einem konstanten Wert von 40 PJ (basierend auf ViZ-Daten für 2023 (BMDV 2024a)) – herausgerechnet.

Luft- und Seeverkehr

- Der Endenergiebedarf für die Jahre 2030, 2035, 2040 und 2045 wird der Studie „Klimaneutrales Deutschland 2045“ von Agora Energiewende (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021) entnommen. Werte für die Zwischenjahre werden linear interpoliert.



Moderates Szenario

Landverkehr

- Die jährliche Entwicklung des Endenergiebedarfs basiert auf dem „ReMod-Mix“-Szenario des Kopernikus-Projekts Ariadne (Ariadne 2022).
- Analog zum ambitionierten Szenario wird auch hier der für die THG-Quote irrelevante Strombedarf des Schienenverkehrs (angenommen mit 40 PJ) aus den Gesamtdaten des Szenarios herausgerechnet.

Luftverkehr

- Der Endenergiebedarf wird vom Status-quo-Wert 2025 an jährlich um 1,5 % erhöht. Dieser Zuwachs korrespondiert mit der Entwicklung der Passagierzahlen laut der „Basisprognose 2040“ des damaligen Bundesverkehrsministeriums (BMDV 2024b).

Seeverkehr

- Der Endenergiebedarf wird auf Basis des Status-quo-Wertes von 2025 für den gesamten Prognosezeitraum bis 2045 konstant gehalten.

Der Kraftstoffbedarf im Land-, Luft- und Seeverkehr entstammt in beiden Szenarien den oben genannten Quellen. Die Aufteilung in fossile, biogene und nicht-biogene Anteile wurde jedoch nicht

aus diesen Quellen übernommen. Stattdessen ergibt sich diese Verteilung aus Berechnungen, die auf der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Methodik und den zugrunde liegenden Annahmen basieren. In Abbildung 3 sind die Endenergiebedarfe für Kraftstoffe und elektrischen Strom im Verkehr beider Szenarien zusammenfassend dargestellt.

Um das Ziel der Klimaneutralität bis 2045 gemäß KSG adäquat berücksichtigen zu können, werden grundsätzlich alle Analyseergebnisse bis 2045 fortgeschrieben. Die für 2040 definierten Quoten, Unterquoten, Faktoren und Maximalanteile werden unverändert fortgeführt.

ANRECHENBARE ERFÜLLUNGSOPTIONEN

Bei der Zielerreichung liegt den Berechnungen für beide Szenarien folgendes Nutzungsranking der Erfüllungsoptionen zugrunde. Diese Reihenfolge orientiert sich an den Treibhausgasvermeidungskosten (Dögnitz und Etzold 2025) bzw. Unterquoten der Erfüllungsoptionen:

1. **Elektrischer Strom**, Menge fix gemäß Szenarien
2. **Unterquoten**, für fortschrittliche Biokraftstoffe (IX A) und RFNBO (hier zudem Unterquote gemäß ReFuelEU Aviation)
3. **Biokraftstoffe (IX B)** bis zur Obergrenze, priorisiert im Seeverkehr
4. **Biokraftstoffe, konventionell**, bis zur Obergrenze
5. **Biokraftstoffe, fortschrittlich (IX A)**

Nachdem der Beitrag von elektrischem Strom feststeht und die gesetzlichen Unter- und Obergrenzen ausgeschöpft sind, verbleibt eine Restmenge zur Erfüllung der THG-Quote. Diese Lücke wird durch einen Wettbewerb zwischen den verbleibenden Erfüllungsoptionen gefüllt, vornehmlich fortschrittliche Biokraftstoffe und RFNBO. Für diese Analyse wird die Annahme getroffen, dass fortschrittliche Biokraftstoffe im betrachteten Zeitraum wettbewerbsfähiger sind als RFNBO (Dögnitz und Etzold 2025). Als flexible Option werden sie bis zur Erreichung der Quotenerfüllung eingesetzt. Sonstige Biokraftstoffe wurden nicht gesondert betrachtet, wären aber wie fortschrittliche zu behandeln. Verfügbarkeiten von Ressourcen, Produktionskapazitäten und geeigneten Fahrzeugflotten werden vereinfacht als gegeben unterstellt. Beimischungsgrenzen oder sonstige Vorgaben zu Kraftstoffqualitäten werden nicht betrachtet.

Für das Jahr 2027 wird in den Beispielrechnungen eine **Quotenübertragung** in Höhe von 8 Mio. t CO₂-Äq. sowie 27 PJ Unterquote für fortschrittliche Biokraftstoffe aus den Jahren 2024 bis 2026 angenommen. Dies entspricht dem Umfang der Übertragungsmenge aus dem Jahr 2023. Darüber hinaus werden in den Beispielrechnungen keine Quotenübertragungen oder potenziell daraus resultierende Quotenanpassungen abgebildet (Referentenentwurf BImSchG § 37h).

In dieser Analyse wird innerhalb der RFNBOs die Nutzung von erneuerbaren, nichtbiobasierten Kraftstoffen (E-Fuels) und Wasserstoff getrennt voneinander betrachtet. Ausgehend vom Nutzungsranking wird die Annahme getroffen, dass beide Optionen ausschließlich zur Erfüllung der gesetzlichen Unterquote zum Einsatz kommen. Die Aufteilung innerhalb dieser Quote orientiert sich an einer Kombination von gesetzlichen Pflichten, Marktverfügbarkeit und technologischem Fortschritt.

Zunächst wird die verbindliche Mindestquote für RFNBO, die durch die ReFuelEU Aviation-Verordnung vorgeschrieben ist, mit E-Kerosin erfüllt. Anschließend wird ein Basis-Anteil von E-Fuels für den Straßenverkehr angenommen. Die Höhe dieses angenommenen Markthochlaufs basiert auf den Szenario-Daten von (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021). Die danach verbleibende Lücke zur Erfüllung der nationalen RFNBO-Unterquote wird vollständig durch den Einsatz von Wasserstoff geschlossen. Es wird angenommen, dass dieser in Brennstoffzellenfahrzeugen (mit Antriebseffizienzfaktor 0,4) zum Einsatz kommt.

Für den Seeverkehr wird keine gesonderte RFNBO-Menge angenommen, da die FuelEU Maritime keine verbindliche Unterquote vorschreibt. Wasserstoffnutzung in Raffinerien ist in den Beispielrechnungen nicht berücksichtigt. Beim Einsatz in Raffinerien anstelle von Brennstoffzellenfahrzeugen würde der Faktor für die Antriebseffizienz entfallen und der Beitrag zur Quotenerfüllung entsprechend sinken. In deutschen Mineralölraffinerien wurden 658 kt Wasserstoff im Jahr 2023 eingesetzt (European Hydrogen Observatory 2023), was etwa 79 PJ entspricht.

Low-carbon-fuels sind nicht berücksichtigt.

Sensitivitäten im moderaten Szenario

Die Annahmen für den Landverkehr entstammen im moderaten Szenario einer Quelle für Klimaneutralitätsszenarien bis 2045 (Ariadne 2022) und enthalten somit auch eine relativ ambitionierte Elektrifizierung. Für eine Sensitivitätsbetrachtung „**verzögerte Elektrifizierung**“ wird daher der elektrische Strombedarf für 2030 um 50 % sowie für 2035 um 25 % reduziert und der Endenergiebedarf entsprechend angehoben (Faktor 2,5). Für die dazwischenliegenden Jahre werden die Werte linear interpoliert, zwischen dem Status-quo-Wert 2025 und dem neuen reduzierten Wert für 2030, zwischen dem neuen Wert für 2030 und dem neuen Wert für 2035, sowie zwischen 2035 und dem ursprünglichen Szenario-Wert für 2040.

Für eine weitere Sensitivität „**weniger Wasserstoff**“ wird angenommen, dass lediglich 10 % der RFNBO-Quote über Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen realisiert werden können. Die restliche Unterquote muss dann über den Einsatz von E-Fuels erfolgen.

EMISSIONSFAKTOREN

Zur Berechnung der Emissionsminderung werden Emissionsfaktoren für die betrachteten Kraftstoffe auf Basis von Literaturwerten angenommen. Über den untersuchten Zeitraum hinweg werden auch die Entwicklungen dieser Faktoren berücksichtigt. Dabei fallen die auch zukünftig relativ stabilen Emissionsfaktoren für RFNBO im Vergleich zur relativen Emissionsreduktion der Biokraftstoffe auf. Dies ist vor allem auf die zunehmende Defossilisierung des Gesamtsystems zurückzuführen, die sich bei den Biokraftstoffen stärker auswirkt. Neben den spezifischen Werten in Tabelle 3 bestätigen auch internationale Veröffentlichungen – beispielsweise von der Internationalen Energieagentur (IEA 2024) – dieses Technologieentwicklungspotenzial.

Für alle fossilen Kraftstoffe wird ein einheitlicher Emissionsfaktor von 94 kg CO₂-Äq./GJ gemäß FAQ zum Referentenentwurf (BMUKN 2025b) angenommen.

Tabelle 3 Emissionsfaktoren der Erfüllungsoptionen in den Szenarien in kg CO₂-Äq./GJ

	2020	2023	2025	2030	2045	2050
Fossile Kraftstoffe				94,0 ^a	94,0 ^a	
Biokraftstoff, fortschrittlich (IX A)		7,1 ^c		6,8 ^d	1,2 ^d	
Biokraftstoff (IX B)		11,3 ^c		5,9 ^d	0,1 ^d	
Biokraftstoff, konventionell		14,7 ^c	14,7 ^a	12,1 ^b	4,3 ^d	
Elektrischer Strom (Strommix)	153,0 ^e	128,1 ^e	124,0 ^e	75,0 ^a	0,0 ^a	
Wasserstoff		9,1 ^f	9,1 ^f	8,0 ^b	4,6 ^g	
E-Kerosin	12,4 ^h		12,3 ^b	12,2 ^h	12,7 ^b	12,9 ^h
E-Fuels	11,4 ⁱ		11,2 ⁱ	11,0 ⁱ	10,7 ⁱ	
<i>E-Methan</i>	11,9 ^h		11,4 ^b	10,9 ^h	11,1 ^b	11,1 ^h
<i>E-Ammoniak</i>	11,6 ^h		11,5 ^b	11,4 ^h	9,8 ^b	9,3 ^h
<i>E-Methanol</i>	10,8 ^h		10,7 ^b	10,6 ^h	11,4 ^b	11,6 ^h

^a Annahme, ^b interpoliert, ^c Mittelwert gemäß BLE, ^d Annahme aufgrund zunehmend defossilisierter Bereitstellungsnetze, ^e Schätzwert gemäß UBA, ^f Standardwert, ^g Annahme basierend auf (Kleijne et al. 2024), ^h (European Commission 2024) bzw. (Concawe 2022); die bis 2050 zunehmenden Emissionswerte werden damit begründet, dass im Vergleich zu CO₂ aus Punktquellen zunehmend Direct Air Capture (DAC) zur Anwendung kommt, was mit einem höheren Energieverbrauch einhergeht, ⁱ Mittelwert der E-Fuels

BERECHNUNG DER THG-QUOTE

Die THG-Quote berechnet sich grundsätzlich aus dem Verhältnis von (realen) Emissionen im Verkehr (in der Formel als Zähler) gegenüber einem Referenzwert (in der Formel als Nenner), wie vereinfacht nachfolgend dargestellt. Dabei müssen neben den wesentlichen Bestandteilen Energiemenge und Emissionsfaktor auch verschiedene Faktoren (Tabelle 4) sowie Unterquoten und Obergrenzen (Tabelle 5) beachtet werden.

$$\text{THG-Quote} \leq 100\% \cdot \frac{\sum (\text{eingesetzte Energiemenge der Kraftstoffart [GJ]} \times \text{Emissionsfaktor [kg CO}_2\text{-eq/GJ]} \times \text{Antriebsfaktor [-]} \times \text{Faktor für Mehrfachanrechnung [-]})}{\sum (\text{eingesetzte Energiemenge der Kraftstoffart [GJ]} \times \text{Faktor für Mehrfachanrechnung [-]} \times \text{Basiswert [kg CO}_2\text{-eq/GJ])}$$

Tabelle 4 Anrechnungsfaktoren im Referentenentwurf

Anrechnungsfaktoren	2026-2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038-2040
Elektrischer Strom	3	2,5	2	1,5	1			
RFNBO	3			2,5	2	1,5	1	
RFNBO (zus. See-/Luftverkehr)	1,5							

Während die Berechnung der THG-Quote für alle Verkehrsbereiche größtenteils gleich ist, wird beim Einsatz von RFNBOs im Luft- und Seeverkehr ein zusätzlicher Faktor von 1,5 berücksichtigt.

Tabelle 5 Unterquoten und Obergrenzen (Anteil energetisch) im Referentenentwurf

Unterquoten und Obergrenzen	2026-2027	2028-2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035-2036	2037-2038	2039	2040	
Unterquote RFNBO	0,1 %	0,5 %	1,5 %		2 %		3 %	5 %	7 %	9 %	12 %	
Unterquote fortschrittlich (IX A)	2,0 %	2,5 %	3,0 %									
Obergrenze konventionell ^a	4,4 %	3,5 %	3,0 %									
Obergrenze (IX B)	1,9 %			2,0 %		2,3 %		2,4 %		2,6 %		2,8 %

^a Bezugsmenge: Endenergiebedarf im Landverkehr

Sogenannte **konventionelle Biokraftstoffe** aus Rohstoffen, die auch als Nahrungs- und Futtermittel geeignet sind, sollen nur einen begrenzten Beitrag zur Erfüllung der THG-Quote leisten können. Die in der 38. BImSchV § 13 definierte Obergrenze wurde von zuvor 6,5 % auf 4,4 % ab dem Jahr 2022 gesenkt und wird im Referentenentwurf wiederum auf 3,5 % ab 2028 bzw. 3,0 % ab dem Jahr 2030 reduziert. Die Bezugsgröße stellt weiterhin die in Landfahrzeugen eingesetzte Menge an Otto- und Dieselmotorkraftstoffen zuzüglich der genutzten Erfüllungsoptionen und deren Mehrfachanrechnung dar. Die Maximalmenge würde sich je nach Szenario auf 93 bzw. 95 PJ in 2026, 76 bzw. 81 PJ in 2028 sowie 67 bzw. 75 PJ im Jahr 2030 belaufen und bis 2045 auf 31 bzw. 38 PJ sinken. Die im Jahr 2023 zur Anrechnung in der deutschen THG-Quote gelangte Menge beträgt 56 PJ und ist seit 2020 (122 PJ) kontinuierlich rückläufig.

Die Unterquoten und die Obergrenze (IX B) beziehen sich jeweils auf alle quotenverpflichteten Energiemengen (nach § 37a Absatz 4 Satz 3 BImSchG) zuzüglich der eingesetzten Erfüllungsoptionen und möglicher Mehrfachanrechnungen. Durch die Erweiterung der Verkehrssektoren und die Anrechnung von Erdgas ist diese Bezugsgröße gestiegen.

Für **Biokraftstoffe aus Rohstoffen gemäß Anhang IX B** der RED steigt die Obergrenze im Referentenentwurf von derzeit 1,9 % auf 2,8 % ab dem Jahr 2039 an. Die resultierende Energiemenge beläuft sich derzeit auf etwa 40 PJ, würde mit dem Entwurf im Jahr 2026 etwa 49 PJ betragen, steigt zwischenzeitlich auf bis zu 60 PJ und nimmt dann wieder auf 40-50 PJ im Jahr 2045 ab. Je nachdem, in welchem Umfang Mehrfachanrechnungen in der Referenzmenge zum Tragen kommen, können diese Mengen auch noch abweichen. Die im Jahr 2023 zur Anrechnung in der deutschen THG-Quote gelangte Menge beträgt 15 PJ und hat sich gegenüber dem Vorjahr halbiert.

Während der Straßen- und Luftverkehr einen Quotenmarkt bilden und untereinander Emissionsminderung auf die Gesamtquote anrechnen können, ist ein Übertrag vom Seeverkehr in andere Verkehrsbereiche gemäß (BMUKN 2025b) nicht gestattet.

Im Folgenden wird das ermittelte Delta zwischen „THG-Emissionen ohne EE“ (erneuerbare Energien) und „THG-Emissionen, Ziel KSG“ durch Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen ausgefüllt. Dabei kommen zunächst die nachfolgend genannten Nebenbedingungen für das Jahr 2030 zum Tragen, um schließlich auf Basis einer definierten Reihenfolge die erforderliche Kraftstoffmenge durch solche aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen.

WECHSELWIRKUNG MIT EU-VERORDNUNGEN FÜR LUFT- UND SEEVERKEHR

Mit der Erweiterung des Anwendungsbereichs der THG-Quote auf den Luft- und Seeverkehr müssen auch Inverkehrbringer von Kerosin oder Schiffskraftstoffen in Deutschland die prozentuale Emissionsvermeidung gemäß THG-Quote nachweisen. Für diese Verkehrsbereiche gibt es mit der ReFuelEU Aviation und der FuelEU Maritime bereits EU-Verordnungen, welche die Defossilisierung adressieren und direkte Rechtsverbindlichkeit in allen EU-Mitgliedstaaten bewirken. Darüber gibt es auf internationale Ebene CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) und die Strategie der Internationalen Schifffahrtsorganisation (IMO) zur Reduktion von THG-Emissionen durch Schiffe, die ihrerseits über marktbasierende Instrumente Anreize für den Einsatz von erneuerbaren Kraftstoffen schaffen (Dögnitz et al. 2024a, 2024c).

Die **ReFuelEU Aviation** gilt ab 2025 für alle Flüge, die von einem europäischen Flughafen starten (Dögnitz et al. 2024d). Sie beinhaltet eine verbindliche Beimischungsquote für Sustainable Aviation Fuel (SAF) im Kerosin. Zudem gibt es eine spezifische Unterquote für RFNBO, welche innerhalb der SAF-Quote als gesonderte Zielvorgabe wirkt. Diese Unterquote beginnt 2030 mit 1,2 % und steigt bis 2050 auf 35 % (Tabelle 6).

Tabelle 6 Beimischungsquoten im Luftverkehr gemäß ReFuelEU Aviation

	2025	2030	2032	2035	2040	2045	2050
Beimischungsquote SAF	2 %	6 %	6 %	20 %	34 %	42 %	70 %
RFNBO	0 %	1,2 %	2 %	5 %	10 %	15 %	35 %

Die **FuelEU Maritime** tritt 2025 schrittweise in Kraft und hat das Ziel, die Treibhausgasemissionen der Seefahrt zu senken (Dögnitz et al. 2024b). Im Unterschied zur Luftfahrt gibt es hier keine feste Beimischungsquote. Die Verordnung setzt einen maximal erlaubten Grenzwert für die Treibhausgasintensität der an Bord genutzten Energie. Dieser Grenzwert wird im Vergleich zu einem Referenzwert (91,16 kg CO₂-Äq./GJ) aus dem Jahr 2020 schrittweise verschärft (Tabelle 7). Zudem gilt ab dem Jahr 2030, dass Container- und Passagierschiffe in den großen EU-Häfen elektrischen Landstrom oder emissionsfreie Technologien nutzen müssen. Es gibt das freiwillige Ziel, dass bis 2031 mindestens 1 % der verbrauchten Kraftstoffe RFNBOs sein sollen. Wird dieses Ziel verfehlt, greift ab 2034 eine verbindliche Quote von 2 %. Zudem soll die Nutzung von RFNBO bis Ende des Jahres 2033 durch eine Doppelanrechnung auf die Erfüllung der THG-Reduktion gefördert werden. Da es sich hierbei um eine freiwillige Regelung handelt, wird sie in der vorliegenden Analyse nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 7 Emissionsminderung im Seeverkehr gemäß FuelEU Maritime

	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Emissionsminderung	-2 %	-6 %	-14,5 %	-31 %	-62 %	-80 %

Um eine Doppelbelastung aufgrund von Wechselwirkungen der Instrumente zu vermeiden, wird im Referentenentwurf vorgeschlagen, dass die Mengen an SAF, nachhaltigen Schiffskraftstoffen und insbesondere an E-Fuels, die zur Erfüllung der Vorgaben in Luft- und Seeverkehr genutzt werden, auch auf die deutsche THG-Quote angerechnet werden können. Zudem sollen die im deutschen Recht vorgesehenen Multiplikatoren zur Berechnung der THG-Minderung angewendet werden.

ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

Abbildung 1	THG-Quote und Nebenbedingungen gemäß Referentenentwurf (BMUKN 2025a)	3
Abbildung 2	THG-Quote 2026-2045, ausgerichtet an den Zielen des KSG im Vergleich zum Referentenentwurf.....	6
Abbildung 3	Endenergiebedarf im Landverkehr (Kraftstoffe und Strom) sowie im Luft- und Seeverkehr gemäß ambitioniertem (links) und moderatem Szenario (rechts)	7
Abbildung 4	Erneuerbare Kraftstoffe im Landverkehr, ambitioniertes Szenario	10
Abbildung 5	Erneuerbare Kraftstoffe im Landverkehr, moderates Szenario	11
Abbildung 6	Erneuerbarer Kraftstoffbedarf im Luft- und Seeverkehr gemäß ambitioniertem (links) und moderatem Szenario (rechts), Zielerreichung gemäß FuelEU Maritime, ReFuelEU Aviation und Referentenentwurf zur THG-Quote	12
Abbildung 7	Sensitivität mit verzögerter Elektrifizierung	13
Abbildung 8	Sensitivität mit weniger Wasserstoff im Verkehr	14
Abbildung 9	Sensitivität mit verzögerter Elektrifizierung und weniger Wasserstoff im Verkehr	15
Tabelle 1	THG-Quote 2026-2040 gemäß Referentenentwurf sowie gleitende Mittelwerte der Beispielrechnungen gemäß KSG (jährliche Vorgaben versus kumuliertes Emissionsbudget bis 2045)	6
Tabelle 2	THG-Quote 2026-2040 gemäß Referentenentwurf sowie gemäß KSG für das ambitionierte sowie das moderate Szenario (jährliche sektorale Vorgaben versus kumuliertes Emissionsbudget bis 2045)	8
Tabelle 3	Emissionsfaktoren der Erfüllungsoptionen in den Szenarien in kg CO ₂ -Äq./GJ	20
Tabelle 4	Anrechnungsfaktoren im Referentenentwurf	20
Tabelle 5	Unterquoten und Obergrenzen (Anteil energetisch) im Referentenentwurf	21
Tabelle 6	Beimischungsquoten im Luftverkehr gemäß ReFuelEU Aviation	22
Tabelle 7	Emissionsminderung im Seeverkehr gemäß FuelEU Maritime	22

LITERATURVERZEICHNIS

AGEB (Hg.) (2025): Energieverbrauch in Deutschland. Daten für das 1. Quartal 2025.

Ariadne (2022): Szenarien zur Klimaneutralität: Vergleich der „Big 5“-Studien | Ariadne. Online verfügbar unter https://ariadneprojekt.de/media/2022/03/2022-03-16-Datentemplate_Indikatoren_final.xlsx, zuletzt aktualisiert am 16.08.2023, zuletzt geprüft am 17.07.2025.

BAFA (Hg.) (2024): Amtliche Mineralöl Daten für die Bundesrepublik Deutschland. Online verfügbar unter https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Infothek/Infothek_Formular.html?jsessionid=89D020494A7CD788077F5429F423CF87.2_cid387?nn=8064038&submit=Senden&resultsPerPage=100&documentType_=type_statistic&templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral%C3%B6l+daten&sortOrder=dateOfIssue_dt+desc, zuletzt geprüft am 14.07.2025.

BMDV (Hg.) (2024a): Verkehr in Zahlen 2024/2025. 53. Aufl. Online verfügbar unter <https://bmdv.bund.de/viz>.

BMDV (Hg.) (2024b): Verkehrsprognose 2040. Band 5.1 E: Luftverkehrsprognose Prognosefall 1 "Basisprognose 2040" (Ergebnisse).

BMUKN (2025a): Referentenentwurf eines zweiten Gesetzes zur Weiterentwicklung der Treibhausgas-minderungs-Quote. Online verfügbar unter <https://www.bundesumweltministerium.de/gesetz/referentenentwurf-eines-zweiten-gesetzes-zur-weiterentwicklung-der-treibhausgas-minderungs-quote>, zuletzt geprüft am 17.07.2025.

BMUKN (2025b): Referentenentwurf für ein 2. Gesetz zur Weiterentwicklung der THG-Quote. FAQ. Online verfügbar unter <https://www.bundesumweltministerium.de/faqs/referentenentwurf-fuer-ein-2-gesetz-zur-weiterentwicklung-der-thg-quote>, zuletzt aktualisiert am 19.06.2025, zuletzt geprüft am 16.07.2025.

Concawe (2022): E-Fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050. (Concawe Report 17/22) - Concawe. Online verfügbar unter <https://www.concawe.eu/publication/e-fuels-a-techno-economic-assessment-of-european-domestic-production-and-imports-towards-2050/>, zuletzt aktualisiert am 01.06.2023, zuletzt geprüft am 25.09.2024.

Dögnitz, Niels; Etzold, Hendrik (2025): Ökonomische Evaluierung und Bewertung. In: Jörg Schröder und Kati Görsch (Hg.): Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. 1. Aufl., S. 144–148. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Monitoring_Verkehr_DBFZ_2025.pdf, zuletzt geprüft am 19.03.2025.

H2.live (2025): H2 tanken. Wasserstoffmobilität beginnt jetzt. Online verfügbar unter <https://h2.live/>, zuletzt geprüft am 17.07.2025.

IEA (2024): Towards Common Criteria for Sustainable Fuels. Hg. v. International Energy Agency. Online verfügbar unter <https://iea.blob.core.windows.net/assets/f8077e18-cabe-49e3-824b-04a98eaff6d8/TowardsCommonCriteriaforSustainableFuels.pdf>.

KBA (Hg.) (2025): Pressemitteilungen - Der Fahrzeugbestand am 1. Januar 2025. Online verfügbar unter https://www.kba.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/Fahrzeugbestand/2025/pm10_fz_bestand_pm_komplett.html, zuletzt geprüft am 14.07.2025.

Kleijne, Kiane de; Huijbregts, Mark A. J.; Knobloch, Florian; van Zelm, Rosalie; Hilbers, Jelle P.; Coninck, Heleen de; Hanssen, Steef V. (2024): Worldwide greenhouse gas emissions of green hydrogen production and transport. In: *Nat Energy* 9 (9), S. 1139–1152. DOI: 10.1038/s41560-024-01563-1.

Naumann, Karin; Costa de Paiva, Gabriel; Neuling, Ulf; Zitscher, Tjerk; Nieß, Selina; Cyffka, Karl-Friedrich (2023): Ressourcen und ihre Mobilisierung. In: Jörg Schröder und Karin Naumann (Hg.): *Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr*. DBFZ Report Nr. 44. 1. korrigierte Auflage. Leipzig, S. 104–145.

Naumann, Karin; Cyffka, Karl-Friedrich; Müller-Langer, Franziska (2024): Hintergrundpapier. THG-Quote | Quotenerfüllung 2023. Hg. v. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Statements/Hintergrundpapier_Quote_2023.pdf, zuletzt geprüft am 10.01.2025.

Naumann, Karin; Müller-Langer, Franziska; Meisel, Kathleen; Majer, Stefan; Schröder, Jörg; Schmieder, Uta (2021): Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungsquote. Hintergrundpapier. Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ). Leipzig. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin//user_upload/Referenzen/Statements/Hintergrundpapier_Weiterentwicklung_THG-Quote.pdf, zuletzt geprüft am 13.10.2021.

Naumann, Karin; Müller-Langer, Franziska; Schröder, Jörg; Meisel, Kathleen; Cyffka, Karl-Friedrich (2022): Hintergrundpapier zur Quote zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen. Hg. v. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin//user_upload/Referenzen/Statements/Hintergrundpapier_THG-Quote_DE_Nov2022.pdf, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045. Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann. Studie im Auftrag von Stiftung Klimaneutralität, Agora Energiewende, Agora Verkehrswende. Online verfügbar unter https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2021/2021_01_DE_KNDE2045/KNDE2045_Langfassung.pdf.

Schröder, Jörg; Görsch, Kati (Hg.) (2025a): Erneuerbare Energien im Verkehr. Monitoringbericht. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. 1. Aufl. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Monitoring_Verkehr_DBFZ_2025.pdf, zuletzt geprüft am 19.03.2025.

Schröder, Jörg; Görsch, Kati (2025b): Verkehr und seine Infrastruktur. In: Jörg Schröder und Kati Görsch (Hg.): *Erneuerbare Energien im Verkehr*. Monitoringbericht. 1. Aufl., S. 22–32. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Monitoring_Verkehr_DBFZ_2025.pdf, zuletzt geprüft am 19.03.2025.

Schröder, Jörg; Görsch, Kati; Naumann, Karin; Costa de Paiva, Gabriel (2025): Marktkennzahlen. In: Jörg Schröder und Kati Görsch (Hg.): *Erneuerbare Energien im Verkehr*. Monitoringbericht. 1. Aufl., S. 101–112. Online verfügbar unter

https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Studien/Monitoring_Verkehr_DBFZ_2025.pdf, zuletzt geprüft am 19.03.2025.

Schröder, Jörg; Naumann, Karin (Hg.) (2023): Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr. DBFZ Report Nr. 44. DBFZ. 1. korrigierte Auflage. Leipzig. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_44_DE.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2023.

UBA (2025): Datentabelle zu den Treibhausgas-Projektionen 2025 (ehemals Kernindikatoren). Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/dokument/datentabelle-zu-den-treibhausgas-projektionen-2025>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2025, zuletzt geprüft am 17.07.2025.

Wasserstoff-Kompass (2025): Elektrolyse-Monitor. Unter Mitarbeit von Jens Artz. Hg. v. acatech und Dechema. Online verfügbar unter <https://www.wasserstoff-kompass.de/elektrolyse-monitor>, zuletzt aktualisiert am 17.07.2025, zuletzt geprüft am 17.07.2025.

Zoll (Hg.) (2025): Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2023. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/quotenerfuellung_2023.pdf.