

Hintergrundpapier zur

Quote zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen

November 2022

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Str. 116
D-04347 Leipzig

Karin Naumann
+49 (0) 341/2434-711
karin.naumann@dbfz.de

Jörg Schröder
+49 (0) 341/2434-522
joerg.schroeder@dbfz.de

Karl-Friedrich Cyffka
+49 (0) 341/2434-558
karl-friedrich.cyffka@dbfz.de

Franziska Müller-Langer
+49 (0) 341/2434-423
franziska.mueller-langer@dbfz.de

Kathleen Meisel
+49 (0) 341/2434-472
kathleen.meisel@dbfz.de

Zitation:

Naumann K, Müller-Langer F, Schröder J, Meisel, K, Cyffka K-F (2022): Hintergrundpapier zur Quote zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen. Leipzig: DBFZ. 11/2022

Hinweis:

Das Hintergrundpapier wurde in 11/2022 auf Grundlage des Diskussionsstandes zur Anpassung der THG-Minderungsquote erstellt.

Veröffentlichung: 08.11.2022

Veröffentlichung aktualisierte Fassung: 24.11.2022

Inhalt

1	Fazit Ohne integrierte Verkehrs- und Energiewende kein Klimaschutz	4
2	Kontext Handlungsdruck für Klimaschutz im Verkehrssektor	5
3	Wirkung THG-Quote und Erfüllungsoptionen	7
	Quotenverpflichtung	7
	Quotenerfüllung	8
	Quotenanpassung	9
	Erfüllungsoptionen	10
4	Perspektiven Entwicklung der THG-Quote bis 2030 und Beitrag zum Klimaschutz	11
	Systemwechsel und Reduktion Endenergieverbrauch im Verkehr	11
	Erfüllung und Beitrag der THG-Quote im Straßenverkehr	13
5	Literaturverzeichnis	20
6	Abkürzungsverzeichnis	22
	Anhang Methodenbeschreibung	23
	A THG-Vermeidung im Verkehr - Berechnungsmethoden des BImSchG (DE) und der RED III (EU, Vorschlag)	23
	B Beispielrechnungen der THG-Quote ab 2022	25

1 Fazit | Ohne integrierte Verkehrs- und Energiewende kein Klimaschutz

Das Klimaziel braucht sehr ambitionierte Maßnahmen zur Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr und eine ambitionierte THG-Quote. Neben den Neufahrzeugen im Verkehr sind v. a. die Möglichkeiten der THG-Emissionsreduzierung bei Bestandsfahrzeugen viel stärker zu adressieren.

Nach wie vor gelingt es nicht, die Treibhausgasemissionen im Verkehr mit bereits implementierten Maßnahmen merklich zu reduzieren. Bisher erfolgte die Emissionsminderung überwiegend durch den Einsatz von konventionellen Biokraftstoffen. Durch die seit 2015 geltende Treibhausgas (THG)-Quote mit dem Anreiz, insbesondere solche Biokraftstoffe zu nutzen, die zu einer hohen THG-Minderung beitragen, kam es zu einem Anstieg der jährlichen Emissionsvermeidung bei gleichzeitiger Reduzierung der benötigten Biokraftstoffmengen in Relation zur THG-Quote selbst. Für die Entwicklung bis 2030 als wichtiger Zwischenschritt zu klimaneutralem Verkehr bis 2045 lässt sich nach derzeitigem Stand für den Straßenverkehr folgendes konstatieren:

- ≡ **Anspruch ist die größtmögliche Reduzierung des Gesamtreibhausgasbudgets.** Unter den aktuellen Rahmenbedingungen werden in keinem Fall die Reduktionsziele gemäß Klimaschutzgesetz erreicht.
- ≡ **Grundvoraussetzung ist die größtmögliche Reduzierung des Verkehrsaufkommens und des Endenergieverbrauchs.** Je höher der Gesamtendenergieverbrauch im Verkehr, umso höher ist der faktische Mengenbedarf an erneuerbaren Kraftstoffen insgesamt und damit die Vielzahl der erforderlichen Optionen.
- ≡ **Alle verfügbaren technischen Optionen zur Emissionsreduzierung nutzen.** Zwingend sind eine gleichzeitige starke Elektrifizierung (Transformation der Antriebe für Neufahrzeuge) und eine deutlich umfangreichere Nutzung von nachhaltigen erneuerbaren Kraftstoffen (Transformation der Kraftstoffe für Bestandsfahrzeuge und nicht elektrifizierbare Antriebe). Die diskutierte Anpassung der THG-Quote vergrößert die Erfüllungslücke zum Ziel des Klimaschutzgesetzes erheblich.
- ≡ **Technologieentwicklung und Marktetablierung erneuerbarer Kraftstoffe fördern.** Eine umfassende Elektrifizierung aller Verkehrssektoren ist nach derzeitigem Stand der Entwicklung kaum möglich, woraus sich auch langfristig die Notwendigkeit erneuerbarer Kraftstoffe ergibt. Werden diese v. a. fortschrittlichen erneuerbaren Kraftstoffe in Bezug auf technische Reife und damit Mengenverfügbarkeit jetzt nicht unterstützt, stehen diese langfristig nicht zur Verfügung. Erhebliche Emissionsreduktionspotenziale bleiben so ungenutzt. Die diskutierte Anpassung der THG-Quote erhöht die Unsicherheit für Akteure und Investitionen in neue Produktionskapazitäten für erneuerbare Kraftstoffe.
- ≡ **Ergänzende Maßnahmen erforderlich.** Alternativ oder zumindest ergänzend sollten Maßnahmen ergriffen werden, die dies ausgleichen, beispielsweise die deutliche Steigerung einer CO₂-bezogenen Steuerkomponente auf Energieträger. Wichtig ist zudem eine enge Begleitung der Quotenregelung und eine ggf. frühzeitige Anpassung.

Für die Erreichbarkeit des Klimaziels sollte die THG-Quote in eine übergeordnete und ressort-übergreifende Strategie inklusive adäquatem Monitoring zur Marktentwicklung eingebettet werden, um als abgestimmtes Instrument mindestens mittelfristig verlässliche Rahmenbedingungen zu ermöglichen.

2 Kontext | Handlungsdruck für Klimaschutz im Verkehrssektor

Nicht nur das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mahnt zu entschlossenem Handeln im Energiesektor, Verkehr und der Landwirtschaft, um die Pariser Klimaziele von 80 bis 95 % Treibhausgas-minderung bis 2050 gegenüber 2010 zu erreichen.

Der Verkehrssektor steht vor besonderen Herausforderungen, Mobilität nachhaltig und klimaschonend zu ermöglichen. Die Fortschritte der vergangenen Jahre waren jedoch überschaubar (Schröder und Naumann 2022). Um die Klimaneutralität bis 2045 im Verkehrssektor in Deutschland zu erreichen, bedarf es faktisch der Reduzierung des Endenergieverbrauchs auf das Niveau der 1960iger Jahre bei gleichzeitiger Transformation des erforderlichen Energieverbrauchs aus erneuerbaren Energien (Abbildung 1).

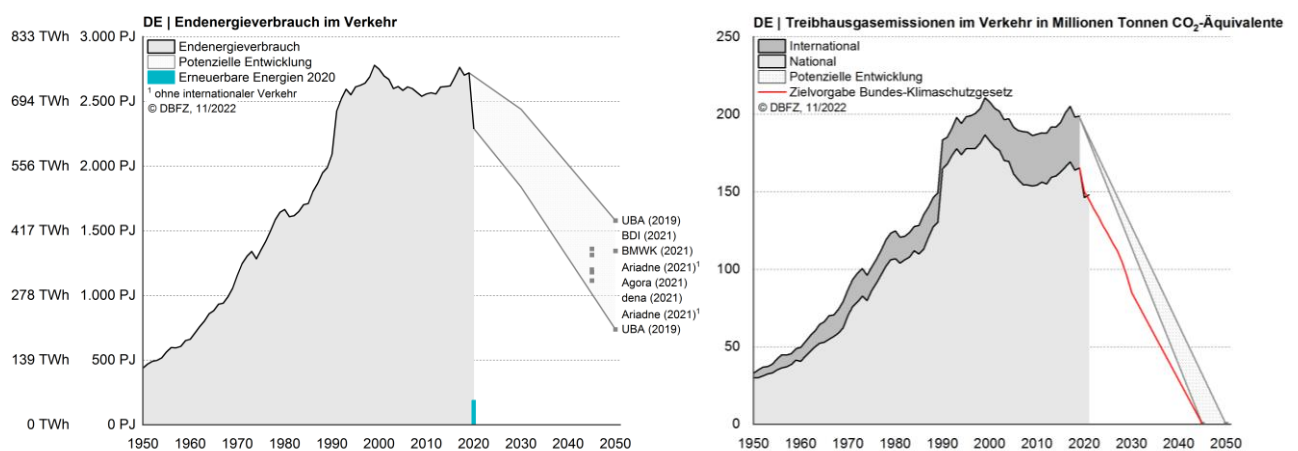


Abbildung 1 Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Verkehr in Deutschland (DE)¹

Das **Klimaschutzgesetz** (KSG, (Bundestag und Bundesrat 2021)) definiert, zunächst für die Jahre 2020 bis 2030, jährliche Höchstmengen der sektorspezifischen Treibhausgasemissionen. Für den Verkehrssektor (nur nationaler Verkehr) bedeutet das eine Reduktion von 164 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2019 auf 85 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2030. Das KSG dient der Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele sowie der Einhaltung der europäischen Zielvorgaben vor dem Hintergrund des Übereinkommens von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen.

Die politischen Beschlüsse und gesetzten Ziele hin zu einer bis 2045 umfassenden Klimaneutralität müssen mit ambitionierten Maßnahmen unteretzt werden. Eine umfassende Strategie im Bereich Verkehr umfasst gemäß (Umweltbundesamt 2020) folgende vier Felder:

- ≡ Vermeidung von Verkehr,
- ≡ Verlagerung auf umweltverträglichere Verkehrsträger (z. B. von der Straße auf Schiene oder Schiff),
- ≡ Erhöhung der Energieeffizienz sowie
- ≡ Nutzung nachhaltiger erneuerbarer Kraftstoffe und Energieträger sowie Antriebe.

¹ Referenzen und weiterführende Informationen in Schröder und Naumann 2022, Annahme zu Treibhausgasemissionen für den Zeitraum 1950 bis 1989, Treibhausgasemissionen 2020/2021 aus Berichterstattung zum Bundes-Klimaschutzgesetz

Regulatorische Maßnahmen zur Vermeidung, Verlagerung und Effizienzsteigerung von Verkehren sind beispielsweise CO₂-Flottengrenzwerte für Straßenfahrzeuge oder Fördermaßnahmen wie der nationale Radverkehrsplan oder das Deutschlandticket im öffentlichen Nahverkehr. Um die Nutzung erneuerbarer Energieträger im Verkehrssektor unmittelbar oder mittelbar zu unterstützen, gibt es neben der sogenannten THG-Quote im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) zahlreiche weitere rechtliche Rahmenbedingungen wie beispielsweise das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG), das Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (SaubFahrzeugBeschG) oder das Elektromobilitätsgesetz (EmoG).

Infolge des durch die Pandemie verursachten massiven Rückgangs der Verkehrsleistung wurde im Jahr 2020 das Ziel erreicht, bei den verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen die 150 Mio. t CO₂-Äq. nicht zu überschreiten (2020: 146,4 Mio. t CO₂-Äq. (Umweltbundesamt 2022)). Für das Jahr 2021 wurde hingegen die zulässige Emissionsmenge von nunmehr noch 145 Mio. t CO₂-Äq. um etwa 3 Mio. t CO₂-Äq. überschritten (Umweltbundesamt 2022). Das innerhalb der definierten dreimonatigen Frist vorgelegte sektorale Sofortprogramm wurde durch den Expertenrat für Klimafragen begutachtet. Dieser kam zu dem Schluss, dass im Verkehrssektor das übergreifende Klimaschutz-Sofortprogramm erheblich über das vorgelegte sektorale Sofortprogramm hinausgehen muss, da andernfalls das sektorale Klimaziel (weiterhin) deutlich verfehlt würde (Expertenrat für Klimafragen 2022). Der aktuelle Koalitionsvertrag (2021-2025) beinhaltet das Bestreben, die Einhaltung der Klimaziele zukünftig anhand einer sektorübergreifenden und analog zum Pariser Klimaabkommen mehrjährigen Gesamtrechnung zu überprüfen (Bundesregierung 2021).

Das zentrale europäische Instrument für die Förderung der Nutzung erneuerbarer Energieträger im Verkehr ist die 2009 verabschiedete **Erneuerbare-Energien-Richtlinie** (2009/28/EC, Renewable Energies Directive kurz RED) und deren Überarbeitung 2018 (2018/2001/EC, kurz RED II). Kern beider Richtlinien sind die durch die EU-Mitgliedsstaaten zu erreichenden Mindestanteile alternativer und erneuerbarer Energieträger im Verkehr: 10 % bis 2020 (RED) sowie 14% bis 2030 (RED II). Zudem werden Kriterien zum Nachweis der Nachhaltigkeit und Mindesttreibhausgasminderung dieser Energieträger sowie weitere Randbedingungen definiert. (Europäische Union 23.04.2009, 11.12.2018) Ein am 14.07.2021 durch die Europäische Kommission vorgelegter Änderungsentwurf stellt das Ziel von einem energetischen Anteil erneuerbarer Energien im Verkehrssektor auf einen relativen Anteil vermiedener Treibhausgasemissionen um. Dabei sollen alle Technologieoptionen gleichwertig angerechnet werden, das heißt Deckelungen bleiben bestehen, Multiplikatoren sollen jedoch nicht mehr zur Anwendung kommen. Eine Einigung zwischen Europäischem Parlament und Rat kann für 2023 erwartet werden. Bei der letzten Änderung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie vergingen etwa zwei Jahre von der Veröffentlichung des ersten Entwurfes durch die Kommission bis zur Konsensfindung und Beschlussfassung durch den Europäischen Rat. Im Anschluss an das Inkrafttreten der Richtlinie im Jahr 2018 erfolgte im Jahr 2021 die nationale Umsetzung der europäischen Vorgaben und damit die Weiterentwicklung der **Treibhausgasminderungsquote** bis 2030 in Deutschland. Sie ist zum 01.01.2022 in Kraft getreten.

Weiterführende
Informationen:



3 Wirkung | THG-Quote und Erfüllungsoptionen

Das Instrument der Quote wurde in Deutschland erstmals 2006 als energetische Biokraftstoffquote verankert, welche die Inverkehrbringer von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen verpflichtete, einen definierten energetischen Mindestanteil von Biokraftstoffen einzusetzen. Die energetische Quote wurde ab 2015 abgelöst durch Vorgaben zur Treibhausgasemissionen bei Kraftstoffen, der sogenannten THG-Quote.

Quotenverpflichtung

Quotenverpflichtete, d. h. die Inverkehrbringer von Otto- und Dieselmotorkraftstoffen müssen sicherstellen, dass die Treibhausgasemissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten fossilen Kraftstoffe zuzüglich der Treibhausgasemissionen der von ihnen in Verkehr gebrachten alternativen Energieträger und Biokraftstoffe gegenüber einem definierten Referenzwert anteilig reduziert werden. Im Jahr 2022 muss die Treibhausgasemissionen bei Kraftstoffen 7 % betragen. Bei Nichterfüllung sind Abgaben für die Fehlmengen zu bezahlen. Es besteht die Möglichkeit, die eigene Verpflichtung im Rahmen einer vertraglichen Vereinbarung an Dritte zu übertragen (§ 37 a BImSchG Absatz 6). Im Rahmen dieses etablierten Quotenhandels kamen bisher vor allem Biomethan, biogene Reinkraftstoffe und zunehmend Strom für Elektromobilität zum Einsatz. Für die Berechnung und Überwachung der Treibhausgasquote ist das Hauptzollamt Frankfurt/Oder zuständig. Die auf die Quote angerechneten Biokraftstoffmengen müssen ein entsprechendes Nachhaltigkeitszertifikat vorweisen, welches auch die spezifische Treibhausgasvermeidung ausweist.

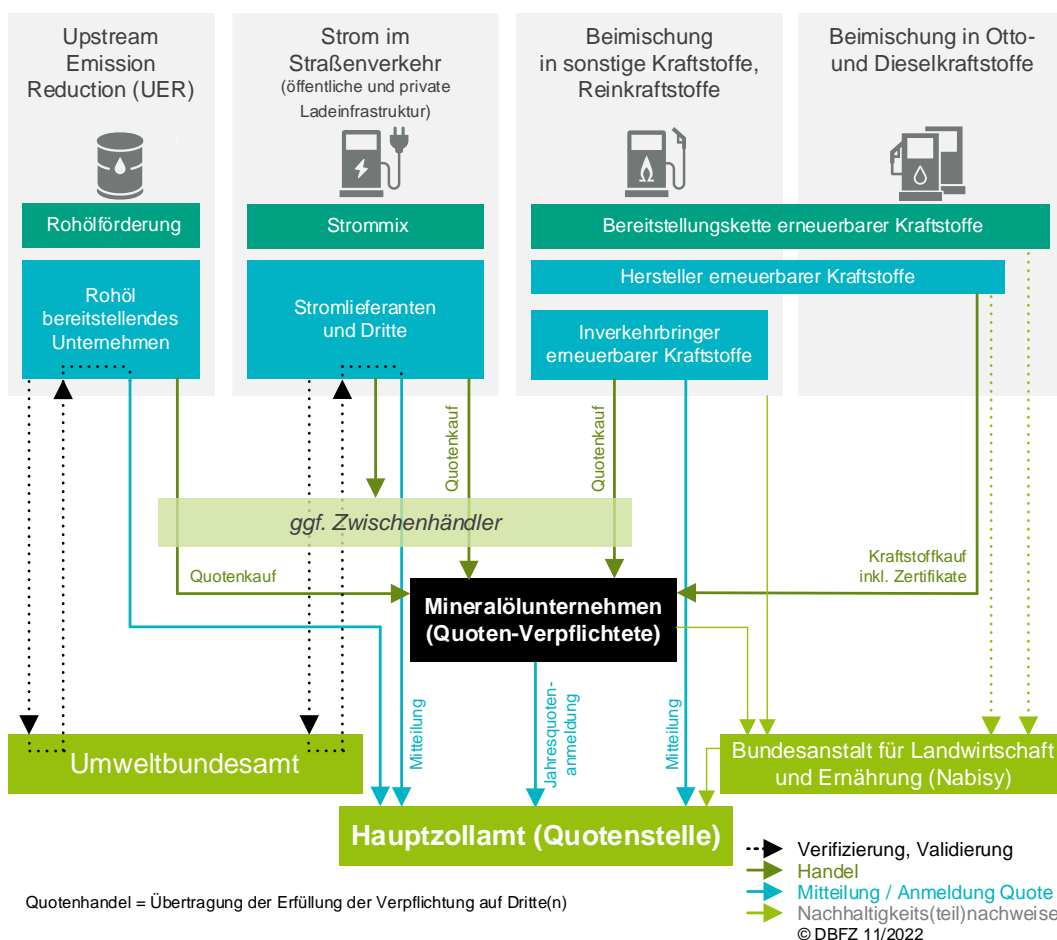


Abbildung 2 Quotennachweis und -handel in Deutschland (Schröder und Naumann 2022)

Quotenerfüllung

In Deutschland ist mit dem Anstieg der THG-Quote von vormals 4 % auf 6 % im Jahr 2020 auch die eingesetzte Biokraftstoffmenge deutlich gestiegen. Von etwa 2.210 PJ in der THG-Quote berücksichtigten Energieträgern waren im Jahr 2020 etwa 167 PJ aus erneuerbaren Quellen, was einem Anteil von 7,5 % entspricht. Die 138 PJ im Jahr 2021 entsprechen etwa 6,4 % der Gesamtenergiemenge innerhalb der THG-Quote. FAME als Dieselsubstitut und Ethanol als Benzinsubstitut bewegen sich aufgrund der Beimischungsgrenzen von B7 (7 Volumenprozent FAME in Diesel) und E5 bzw. E10 (5 bzw. 10 Volumenprozent Ethanol in Benzin) auf vergleichsweise konstantem Niveau mit ca. 90 PJ bzw. ca. 30 PJ (entspricht ca. 2,1 bzw. 0,7 Mio. t Dieseläquivalenten). HVO kann als Dieselsubstitut unabhängig der FAME-Beimischungsgrenze in größeren Mengen zugemischt werden. Nachdem in den Jahren 2017 bis 2019 HVO kaum relevant war, kamen im Jahr 2020 schließlich 44 PJ und im Jahr 2021 ca. 13 PJ zur Anrechnung. Der Absatz von Biomethan als Erdgassubstitut ist im Jahr 2021 um 38 % gegenüber dem Vorjahr gestiegen, bleibt jedoch mit 3,5 PJ auf vergleichsweise niedrigem Niveau. Gleiches gilt für die 199 GWh elektrischen Strom (entspricht 0,7 PJ) sowie 182 t Wasserstoff (0,02 PJ). Nach einer Menge von 7 PJ an fortschrittlichen Biokraftstoffen im Jahr 2020 kamen im Jahr 2021 weitere 9 PJ auf die entsprechende Unterquote zur Anrechnung. Abzüglich der Verpflichtungen von ca. 1 PJ für 2020 bzw. 2 PJ für 2021 stehen für die Jahre ab 2022 übertragene Mengen in Höhe von fast 13 PJ zur Verfügung, welche die Unterquoten für 2022 und 2023 bereits vollständig abdecken können. (Zoll 2022a, 2022b, 2022c, 2022d; BLE 2021)

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der in Deutschland eingesetzten Biokraftstoffe seit dem Jahr 1998 sowie die gemäß ihrer Zertifizierung erfolgte THG-Minderung seit dem Jahr 2009. Aufgrund des durch die THG-Quote initiierten Marktanzweizes, insbesondere Biokraftstoffe mit einer hohen spezifischen THG-Minderung einzusetzen, ist die jährliche Gesamt-THG-Minderung bis 2020 stetig gestiegen, selbst bei gleichzeitig stagnierender oder sinkender Biokraftstoffmenge.

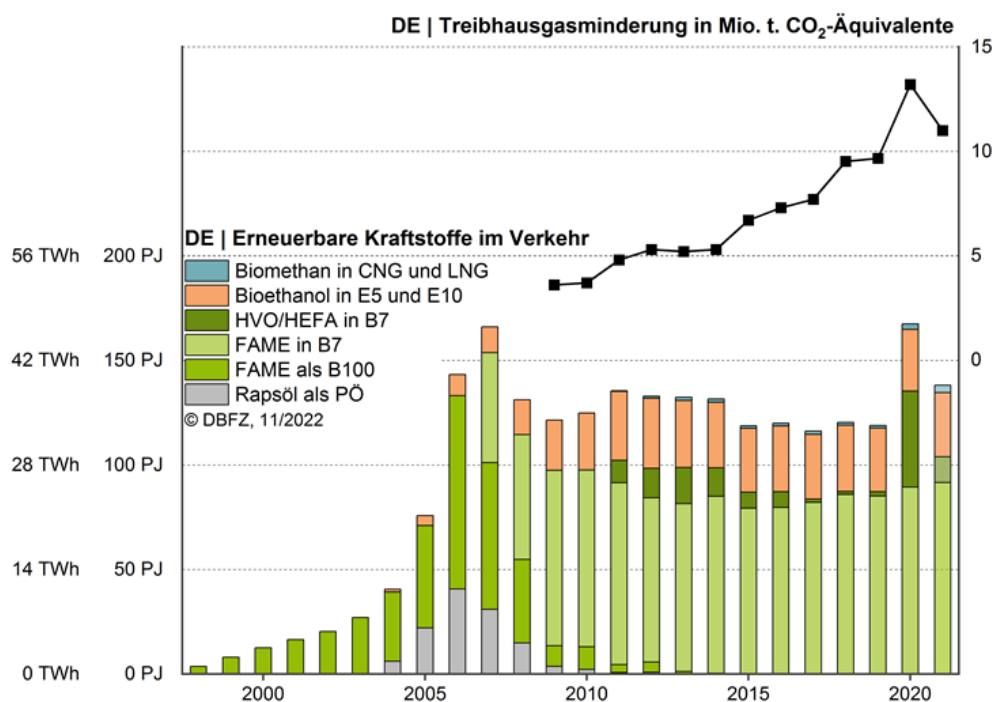


Abbildung 3 Entwicklung Biokraftstoffmenge und korrespondierende Treibhausgasvermeidung im Verkehr 1998 bis 2021 (Datenbasis bis 2020: (BLE 2021, 2019, 2013, 2016), 2021: eigene Berechnung auf Basis (Zoll 2022d))

Im Jahr 2020 erzielten in Deutschland genutzte Biokraftstoffe eine durchschnittliche THG-Vermeidung von 83 % gegenüber dem definierten fossilen Referenzwert und konnten insgesamt 13,0 Mio. t CO₂-Äq. vermeiden. Im Jahr 2021 lag die Vermeidung durch Biokraftstoffe bei etwa 11,0 Mio. t CO₂-Äq. Neben erneuerbaren Energieträgern konnten noch bis zum Jahr 2021 auch fossile Kraftstoffe mit einem Treibhausgasvorteil auf die Quote angerechnet werden. Im Jahr 2021 waren das 15,6 PJ LPG sowie 6,7 PJ Erdgas als CNG bzw. LNG. Zusätzlich dieser fossilen Minderungsoptionen sowie UER-Maßnahmen betrug die Emissionsreduktion gemäß THG-Quote in Summe 14,2 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2020 bzw. 13,3 Mio. t CO₂-Äq. im Jahr 2021. Aufgrund der Übererfüllung der THG-Quote um jeweils etwa 1 Mio. t CO₂-Äq. in den Jahren 2019 und 2020 konnten diese Mengen in das Jahr 2021 übertragen werden. Zudem stiegen die zur Anrechnung gekommenen UER-Maßnahmen von 0,8 Mio. t CO₂-Äq. in 2020 auf 1,8 Mio. t CO₂-Äq. in 2021. Beides sind die wesentlichen Treiber für die reduzierte Biokraftstoffmenge im Jahr 2021 gegenüber dem Vorjahr. (Zoll 2022a, 2022b, 2022c, 2022d; BLE 2021)

Während das Klimaschutzgesetz Emissionen sektoral nach ihrer Entstehung zuordnet (d. h. direkte Emissionen bspw. im Verkehrssektor), adressiert die THG-Quote das gewerbsmäßige Inverkehrbringen von zu versteuernden Otto- oder Dieselmotorkraftstoffen. Beide Grundmengen überschneiden sich zwar stark, sind jedoch nicht vollständig deckungsgleich. Nach einem pandemiebedingt deutlichen Rückgang des Energiebedarfs im Straßenverkehr von 2.224 PJ im Jahr 2019 auf 2.033 PJ im Jahr 2020 (BMVI 2022) blieb der Verbrauch von Otto- und Dieselmotorkraftstoff auch in 2021 auf vergleichbarem Niveau (2.152 PJ in 2020, 2.155 PJ in 2021), steigt jedoch im Jahr 2022 voraussichtlich wieder leicht an (Datenbasis Jan-Aug 2022 (BAFA 2022)).

Quotenanpassung

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz hat vor dem Hintergrund der aktuellen Situation eine Änderung der seit dem 01.01.2022 geltenden Vorgaben zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen zur Diskussion gestellt. Dieser Änderungsvorschlag (BMUV 2022a, 2022b) beinhaltet im Wesentlichen:

- ≡ Reduktion des maximalen Beitrags konventioneller Biokraftstoffe bis auf 0 % im Jahr 2030,
- ≡ Erhöhung des maximalen Beitrags von Biokraftstoffen aus Abfallfetten von 1,9 % auf 2,2 % sowie
- ≡ Erhöhung der (bilanziellen) Mehrfachanrechnung von Strom (Elektromobilität) und dessen Folgeprodukten (strombasierte Kraftstoffe wie grüner Wasserstoff und sogenannte PTX; Power-to-x).

In Tabelle 1 sind die Punkte im Einzelnen dargestellt und der Status quo der gesetzlichen Regelungen den jeweils diskutierten Änderungen gegenübergestellt.

Tabelle 1 Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen gemäß BImSchG, Status quo (grün) und diskutierter Anpassungsvorschlag (blau)

Gesamtquote & Option	Erläuterung	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<i>Vorgaben zur THG-Minderung</i>										
THG-Quote für Flüssigkraftstoffe	Mindestanteil THG-Minderung	7,0%	8,0%	9,25%	10,5%	12,0%	14,5%	17,5%	21,0%	25,0%
			Anpassung nach unten							

Gesamtquote & Option	Erläuterung	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Fortschrittliche Biokraftstoffe ²	Mindestanteil energetisch	0,2%	0,3%	0,4%	0,7%	1,0%	1,0%	1,7%	1,7%	2,6%	
Flugturbinenkraftstoff nicht-biogenen Ursprungs	Mindestanteil am Kerosin, energetisch					0,5%	0,5%	1,0%	1,0%	2,0%	
Erfüllungsoptionen											
Fortschrittliche Biokraftstoffe	Mengen oberhalb des Mindestanteils, ausgenommen POME	2fache Anrechnung für Mengen oberhalb des energetischen Mindestanteils									
Abfallbasierte Biokraftstoffe ³	Anteil energetisch	maximal 1,9%									
		maximal 2,2%									
Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen ⁴	Anteil energetisch	maximal 4,4%									
		4,4%	2,5%	2,3%	2,1%	1,9%	1,9%	1,2%	1,2%	0,0%	
		Ausschluss von Palmöl									
Strombasierte Kraftstoffe	Grüner Wasserstoff zum Einsatz in Raffinerien und Anwendung PTX im Straßenverkehr	2fache Anrechnung									
		3fache Anrechnung									
Elektrischer Strom	Strom für Elektrofahrzeuge ⁵	3fache Anrechnung; Anpassungsmechanismus									
		4fache Anrechnung									
UER	THG-Vermeidung durch Upstream Emission Reduction	maximal 1,2%					0%				
		maximal 1,2%								0%	

Erfüllungsoptionen

Grundsätzlich stehen zahlreiche Kraftstoffoptionen zur Verfügung, die sich v. a. hinsichtlich ihrer technischen Entwicklungsreife (Technology Readiness Level TRL) und ihrer Eignung für die Verarbeitung bestimmter Ressourcen und Ressourcengruppen unterscheiden, aber auch mit Blick auf Synergien, Wertschöpfung und Nachhaltigkeit.

Weiterführende Informationen:



Die Nachhaltigkeitszertifizierung und die damit einhergehende Treibhausgasbilanzierung für die Bereitstellung von Biokraftstoffen ist bereits weitgehend etabliert. Demgegenüber hat die methodische Definition und Validierung der Treibhausgasbilanzierung von strombasierten Kraftstoffen (PTX-fuels bzw. e-fuels), d. h. *Recycled carbon fuels* (RCF) und *Renewable fuels of non-biologic origin* (RFNBO) im Zuge einer vergleichbaren Nachhaltigkeitszertifizierung gerade erst begonnen. Im Mai 2022 hat die Europäische Kommission drei Entwürfe zu entsprechenden delegierten Verordnungen veröffentlicht.

² Diese werden hergestellt aus Rohstoffen gemäß 38. BImSchV, Anlage 1, diese entsprechen denen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie 2018/2001 Anhang IX Teil A zuzüglich Klärschlamm.

³ Diese werden hergestellt aus gebrauchten Speiseölen und tierischen Fetten der Kategorien 1 und 2 gemäß 38. BImSchV, Anlage 4 bzw. Erneuerbaren-Energien-Richtlinie 2018/2001 Anhang IX Teil B.

⁴ Diese werden hergestellt aus Biomasse aus der Land- und Forstwirtschaft, bei derzeit am Markt befindlichen Biokraftstoffen insbesondere solche aus Kulturpflanzen mit hohem Stärkegehalt, aus Öl- und Zuckerpflanzen sowie aus Pflanzen, die als Hauptkulturen vorrangig für die Energiegewinnung auf landwirtschaftlichen Flächen angebaut werden (<https://www.zoll.de>).

⁵ Strom aus öffentlichen Ladepunkten, private Elektrofahrzeuge, Fahrzeugflotten

Neben der direkten Nutzung von grünem Wasserstoff als Kraftstoff kann auch solcher direkt auf die Quote angerechnet werden, der in fossilen Mineralölraffinerien zum Einsatz kommt. Diese Regelung findet keine Anwendung auf vergleichbare Einsatzfelder in Bioraffinerien.

	TRL	Kapazität ^a EU	Kraftstoffnorm DE	10. BlmschV DE	Fahrzeuge DE	Tankstellen ^g DE	Etabliert als Reinkraftstoff DE	Handling (Umgang mit Energieträger)
Ethanol	8 - 11	254 PJ	DIN EN 15293 (E85)	Ja	Nein	Bestehende Infrastruktur mit Anpassungen nutzbar	Nein	Gewohntes Handling für Anwender
Biodiesel (FAME)	4 - 11	759 PJ	DIN EN 14214	Ja	Nein Ja ^c 	Bestehende Infrastruktur mit Anpassungen nutzbar	Nein	Gewohntes Handling für Anwender
Paraffinischer Diesel	HVO: 4 - 11 BTL: 3 - 7 PTL: 3 - 7	289 PJ < 1 PJ < 1 PJ	DIN EN 15940	Nein	Ja ^c	Bestehende Infrastruktur nutzbar	Nein	Gewohntes Handling für Anwender
EE-Methan (CNG/LNG)	Biogas: 9 - 11 SNG: 6 PTG: 6	68 PJ < 1 PJ < 1 PJ	DIN EN 16723-2	Ja	Ja ^{d,e}	CNG (Pkw): 928 CNG (Lkw): 337 LNG (Lkw): 145	CNG: Ja LNG: Nein	Neues, ungewohntes Handling für Anwender (Art der Betankung, Reichweite)
EE-Wasserstoff	Biogas: 4 - 8 PTG: 6 - 11	< 1 PJ < 1 PJ	DIN EN 17124	Ja	Ja ^f Nein ^g 	700 bar (Pkw): 102 350 bar (Lkw): 19	Nein	Neues, ungewohntes Handling für Anwender (Art der Betankung, Reichweite)
EE-Strom	11	5.344 PJ ^b	Nicht notwendig	Ja	Ja Ja ^{h,i} 	AC: ca. 65.000 DC: ca. 13.500	Nein	Neues, ungewohntes Handling für Anwender (Ladezeit, Ladeintervalle, Reichweite)
Benzin und Diesel inkl. EE-Blends	11		DIN EN 228 und DIN EN 590	Ja	Ja	Bestehende Infrastruktur nutzbar	Ja	Gewohntes Handling für Anwender

NICHT ERFÜLLT

TEILWEISE ERFÜLLT

VOLLSTÄNDIG ERFÜLLT

EE-Erneuerbare Energien, TRL - Technology Readiness Level, ^a Kapazität inkl. geplante Kapazitäten in 2021; ^b Produktionsmenge gesamt in 2021; ^c diverse Hersteller-freigaben vorhanden; ^d wenige CNG-Modelle für Pkw, Lkw und Off-Road verfügbar; ^e wenige LNG-Modelle für Lkw verfügbar; ^f wenige Modelle verfügbar; ^g wenige Prototypen verfügbar; ^h leichte bis mittelschwere Lkw-Modelle in Kleinserie verfügbar; ⁱ wenige Modelle für Hofanwendungen verfügbar; ^g öffentlich zugängliche Tankstellen und Ladepunkte (AC: Wechselstrom-Normalladepunkte, DC: Gleichstrom-Schnellladepunkte)

Abbildung 4 Erneuerbare Kraftstoffe und Energieträger für den Verkehrssektor im Vergleich (Datenbasis (Schröder und Naumann 2022))

Darüber hinaus kommen im Rahmen der THG-Quote seit dem Jahr 2020 auch Maßnahmen zur Reduktion von Emissionen bei der Erdölförderung zur Anrechnung. Die sogenannten Upstream Emission Reductions können gemäß UERV seit 2020 mit einem Anteil von bis zu 1,2 % zur jährlichen THG-Minderung beitragen. Hierdurch kann ein Effekt für die globalen Klimaziele gemäß dem Pariser Abkommen erzielt werden. Für die nationalen Ziele gemäß Klimaschutzgesetz haben sie keine Wirksamkeit. Im Quotenjahr 2020 kamen beispielsweise Projekte in China und dem Oman zur Anrechnung.

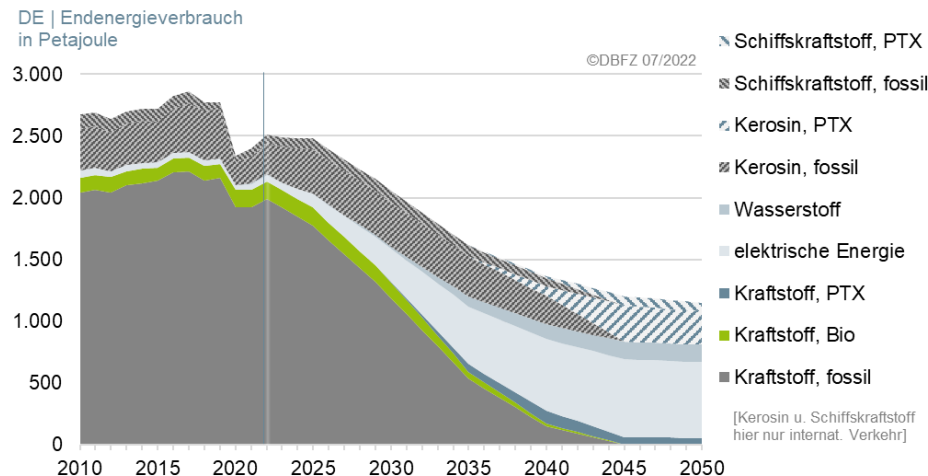
4 Perspektiven | Entwicklung der THG-Quote bis 2030 und Beitrag zum Klimaschutz

Systemwechsel und Reduktion Endenergieverbrauch im Verkehr

Zahlreiche aktuelle Studien analysieren die Erreichbarkeit der sektoralen Klimaziele bis 2045 (Kopernikus Projekt Ariadne 2022). Sie unterscheiden sich neben den methodischen Ansätzen vor allem hinsichtlich des Ambitionsniveaus der Maßnahmen beispielsweise zur Verkehrsverlagerung und -vermeidung und der daraus resultierenden Reduktion des Endenergiebedarfs oder dem Wechsel der Antriebssysteme und Energieträger.

Um die Leitplanken einer möglichen Entwicklung aufzuzeigen, werden für die nachfolgenden Berechnungen zwei Szenarien beispielhaft zugrunde gelegt:

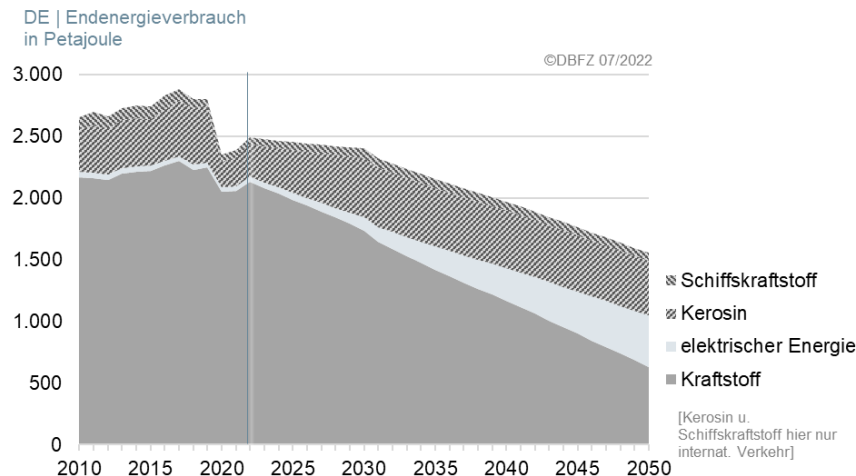
Ambitionierte Entwicklung



Hohes Ambitionsniveau bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen:

- ⇒ Annahmen: gleichbleibende Personenverkehrsleistung, steigende Güterverkehrsleistung | bis 2030 14 Mio. E-Pkw, Lkw fahren zu 30 % elektrisch, mehr ÖPNV sowie Rad-, Fuß- und Schienenverkehr | nach 2030 vollständige Elektrifizierung Pkw-Verkehr, CO₂-freier Güterverkehr, weiterer Ausbau öffentlicher Verkehr
- ⇒ Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor (national) gegenüber 1990:
45 % bis 2030, 93 % bis 2040 und 100 % bis 2045

Weniger ambitionierte Entwicklung



Verzögerter Anstieg des Ambitionsniveaus bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen

- ⇒ Annahmen: geringe Elektrifizierung und verspätetes Handeln bei Innovationen und Umsetzung, v. a. hinsichtlich Energie- und Materialeffizienz sowie Reduktion des Endenergieverbrauchs
- ⇒ Reduktion der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor (national) gegenüber 1990:
22 % bis 2030, 47 % bis 2040 und 100 % bis 2050

Abbildung 5 Beispielszenarien für die Entwicklung des Endenergieverbrauchs im Verkehrssektor, ambitioniert (links, Datenbasis (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021)) und weniger ambitioniert (rechts, Datenbasis GreenLate Szenario (Umweltbundesamt 2019))

Erfüllung und Beitrag der THG-Quote im Straßenverkehr

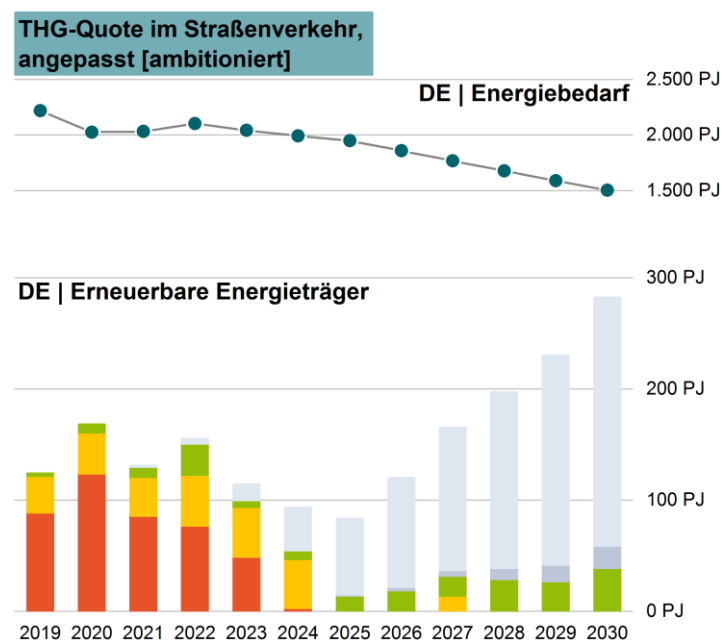
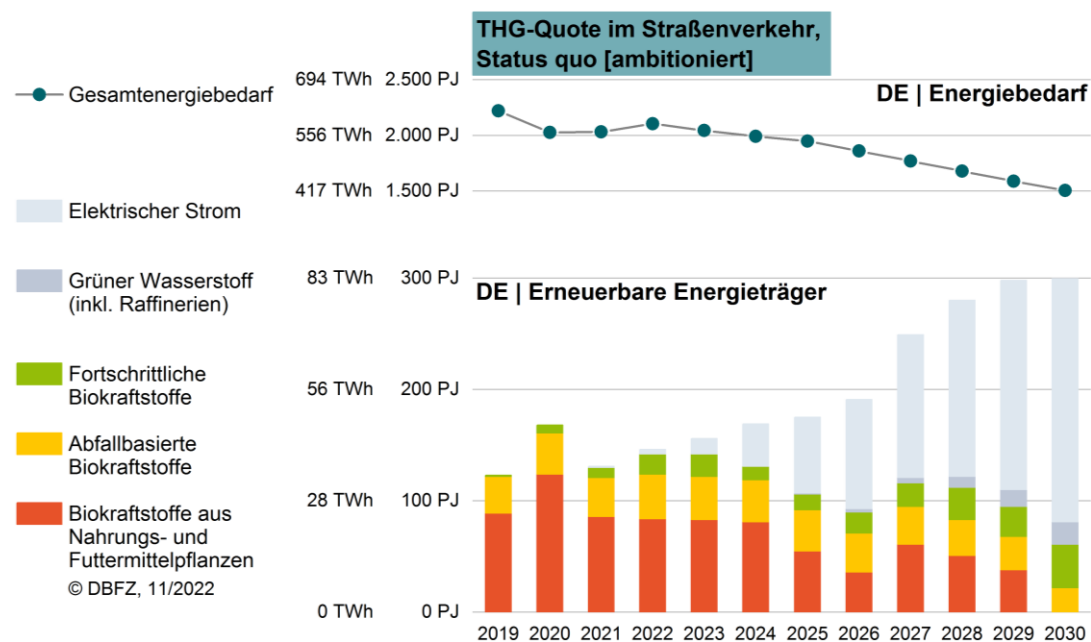
Erneuerbare Kraftstoffe positionieren sich in einem begrenzten Markt und innerhalb einer THG-Quote bei ansonsten möglichst vergleichbaren Rahmenbedingungen zunächst maßgeblich entsprechend ihrer THG-Vermeidungskosten (bspw. (Meisel et al. 2020)). Die Mehrfachanrechnung der Emissionseinsparung für ausgewählte Erfüllungsoptionen auf die THG-Quote fördert besonders erwünschte Technologie- und Kraftstoffoptionen. Dieses Förderinstrument führt faktisch zu einer wettbewerblichen Besserstellung und erhöht dadurch die Unsicherheit für alle übrigen Erfüllungsoptionen. Gleichzeitig tragen diese mehrfach angerechneten Optionen nur zur Hälfte (bei 2fach), einem Drittel (bei 3fach) oder gar nur zu einem Viertel (bei 4fach) zur realen THG-Minderung im Verkehr bei. Zusätzlich kommen sogenannte Antriebsfaktoren bei der Anwendung von Wasserstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen und elektrischem Strom in Elektrofahrzeugen (jeweils Faktor 0,4) zum Tragen.

Die nachfolgenden Darstellungen beziehen sich ausschließlich auf den im Straßenverkehr genutzten Anteil der zur THG-Quote verpflichteten Kraftstoffe und Energieträger. Für das Jahr 2019 sind das beispielsweise 2.260 PJ (BMVI 2022) bzw. 2.247 PJ (UBA 2022) im Straßenverkehr genutzte Otto-, Diesel- und Gaskraftstoffe gegenüber 2.457 PJ (Zoll 2020; BAFA 2022) insgesamt in Deutschland genutzten Otto-, Diesel- und Gaskraftstoffen.

Neben dem Status quo, d. h. der aktuell im BImSchG und zugehörigen BImSchV implementierten Regelungen werden auch die Auswirkungen der aktuell zur Diskussion stehenden Anpassungen der THG-Quote betrachtet. Diese betreffen, wie bereits in Tabelle 1 dargestellt, vor allem die Ausweitung der bilanziellen Mehrfachanrechnung ausgewählter Erfüllungsoptionen (elektrischer Strom und strombasierte Kraftstoffe) sowie die Begrenzung von abfallbasierten Biokraftstoffen und solchen aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen.

Im Folgenden werden anhand der oben in Abbildung 5 ausgewählten zwei Beispielszenarien zur Entwicklung des Endenergieverbrauchs und der genutzten Energieträger (Art der Energieträger Szenarien basiert, Herkunft biobasiert/strombasiert/fossil jedoch nicht) im Straßenverkehr bis 2030 die möglichen Konsequenzen der aktuell diskutierten Änderungen sowie deren Einordnung in Bezug auf die Klimaschutzziele gemäß KSG aufgezeigt.

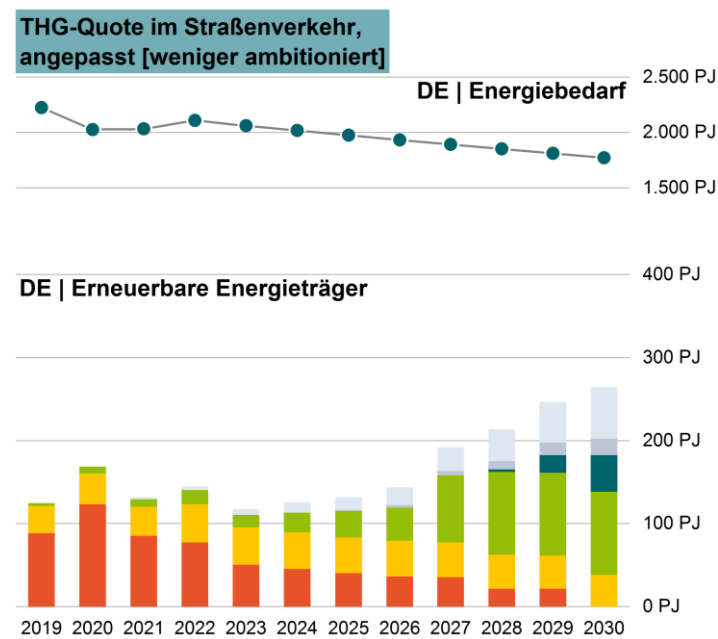
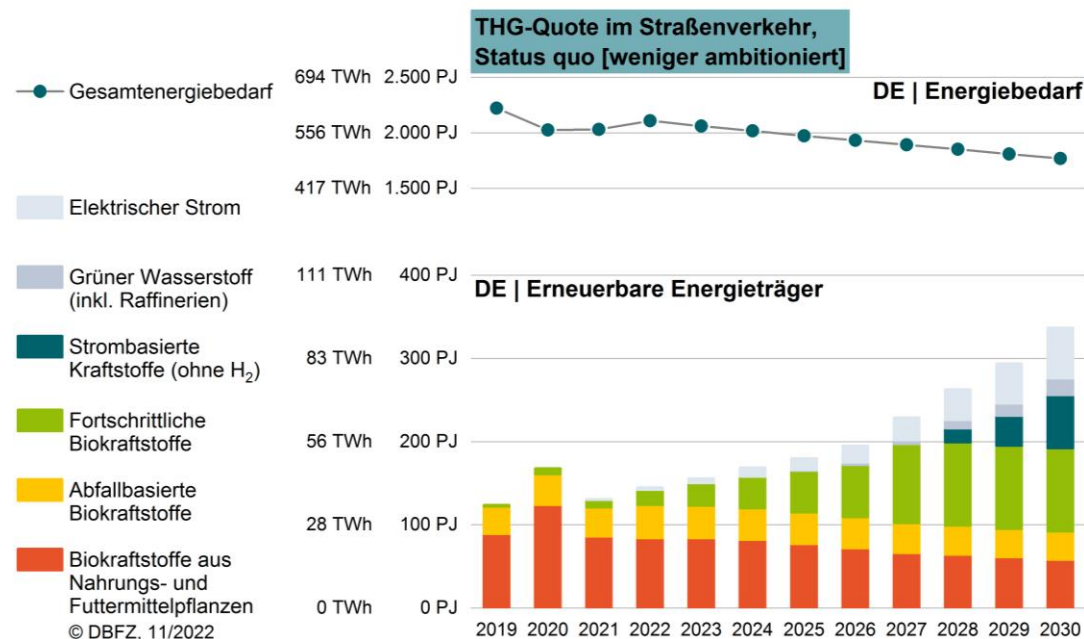
Die den Berechnungen zugrunde liegende Methode sowie zugrunde liegende Annahmen und Quellen sind im Anhang | Methodenbeschreibung dargelegt.



Straßenverkehr	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Erneuerbare Energien									
Anteil real	7%	7%	8%	7%	8%	11%	14%	15%	17%
Anteil gemäß RED II	10%	11%	13%	16%	21%	29%	37%	46%	57%
Emissionsbudget gemäß KSG in Mio. Tonnen CO₂-Äqu.									
Abgleich Zielpfad 2030	+11	+11	+12	+13	+11	+6	+4	+5	+9
Kumulierte Überschreitung Emissionsbudget	+11	+22	+34	+47	+59	+64	+68	+73	+81

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	7%	5%	4%	3%	4%	7%	9%	11%	15%
	11%	9%	9%	10%	15%	23%	30%	40%	54%
	+10	+14	+17	+20	+16	+11	+10	+9	+10
	+10	+24	+41	+61	+77	+88	+98	+108	+118

Abbildung 6 Beispielrechnungen für die mögliche Quotenerfüllung 2022-2030 gemäß THG-Quote Stand 2022 (links) und unter Berücksichtigung aktuell diskutierter Anpassungen (rechts), ambitionierte Annahmen zum Antriebs- und Mobilitätswechsel auf Basis (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021)



Straßenverkehr	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Erneuerbare Energien									
Anteil real	7%	7%	8%	9%	9%	11%	13%	15%	17%
Anteil gemäß RED II	10%	11%	13%	15%	17%	21%	25%	28%	33%
Emissionsbudget gemäß KSG in Mio. Tonnen CO₂-Äqu.									
Abgleich Zielpfad 2030	+12	+12	+14	+15	+17	+17	+19	+22	+28
Kumulierte Überschreitung Emissionsbudget	+12	+24	+38	+53	+70	+87	+105	+128	+155

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
	7%	6%	6%	6%	7%	9%	10%	12%	13%
	10%	9%	10%	11%	13%	19%	22%	26%	29%
	+11	+15	+17	+18	+21	+19	+22	+26	+33
	+11	+26	+43	+61	+82	+101	+123	+149	+182

Abbildung 7 Beispielrechnungen für die mögliche Quotenerfüllung 2022-2030 gemäß THG-Quote Stand 2022 (links) und unter Berücksichtigung aktuell diskutierter Anpassungen (rechts), weniger ambitionierte Annahmen zum Antriebs- und Mobilitätswechsel auf Basis GreenLate Szenario (Purr et al. 2019)

Das im Klimaschutzgesetz für den (nationalen) Verkehr definierte Ziel für 2030 stellt einerseits einen wichtigen Zwischenschritt auf dem Weg zu einem **klimateutralen Verkehr im Jahr 2045** dar. Andererseits muss auch der Weg zu diesem Ziel dem Anspruch einer größtmöglichen THG-Minderung genügen, um die Gesamtbelastung des **Emissionsbudgets** kontinuierlich größtmöglich zu reduzieren. Die jährlichen Emissionsgrenzen bis 2030 sind sehr ambitioniert. Es wird damit aber auch deutlich gemacht, dass nicht nur eine massive Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen im Jahr 2030 wichtig ist, sondern bereits in jedem Jahr zuvor.

Die Berechnungen zeigen, dass in keinem Fall die Emissionsreduktionsziele gemäß Klimaschutzgesetz für den Straßenverkehr im Jahr 2030 erreicht werden. Besonders deutlich wird dabei, dass:

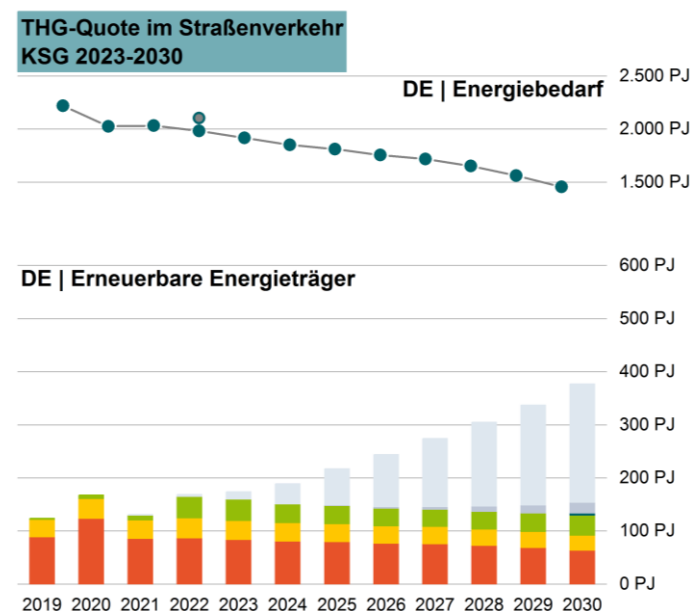
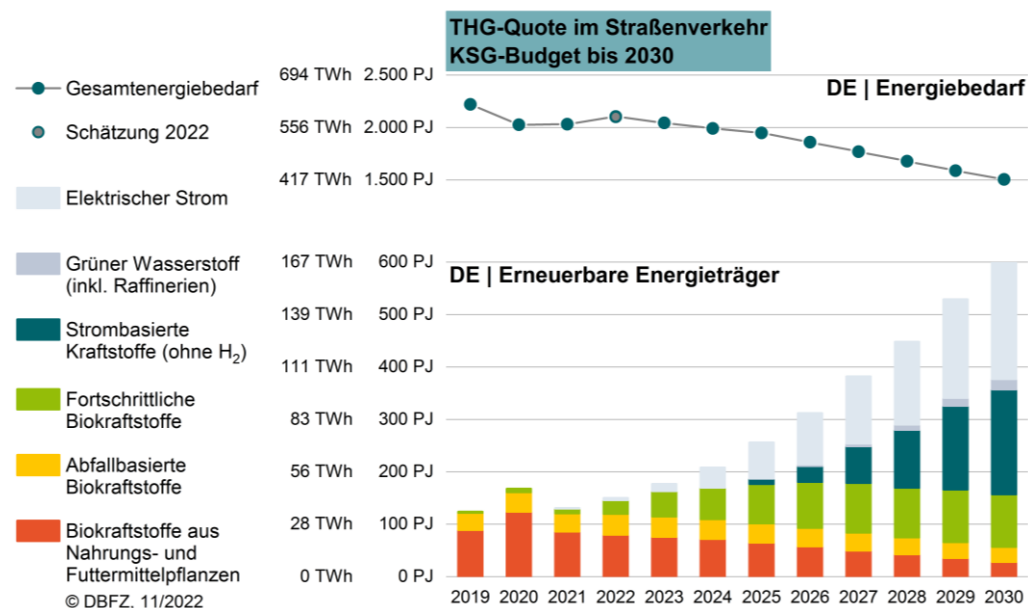
- ≡ weder eine starke Elektrifizierung noch die verstärkte Nutzung von Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen allein ausreichen, beides muss in erheblichem Umfang stattfinden, und
- ≡ die geplante Anpassung der THG-Quote in beiden Beispielen die Erfüllungslücke zum Ziel des Klimaschutzgesetzes für den Verkehrssektor erheblich vergrößert. Bei ansonsten gleichen Annahmen würden bis 2030 in der ambitionierten Beispielrechnung 37 Mio. t CO₂-Äq. und in der weniger ambitionierten Beispielrechnung 27 Mio. t CO₂-Äq. mehr emittiert.

Neben der Implementierung und zunehmenden Etablierung **alternativer Antriebe** ist die Dekade bis 2030 auch entscheidend für die Initiierung von Technologieentwicklung und die Marktetablierung fortschrittlicher Kraftstoffe und Energieträger. Eine umfassende Elektrifizierung aller Verkehrssektoren ist nach derzeitigem Stand der Entwicklung kaum möglich, woraus sich auch langfristig die **Notwendigkeit nachhaltiger Kraftstoffe** ergibt.

- ≡ Im Falle einer enorm beschleunigten Elektrifizierung
 - reduzieren sich parallel die erneuerbaren Kraftstoffmengen erheblich, infolge der diskutierten Quotenanpassung noch umfangreicher; ab 2025 wäre dann die Wahrscheinlichkeit höher, dass noch ausschließlich die für die Unterquote erforderliche Menge fortschrittlicher Biokraftstoffe zum Einsatz kommt,
 - blieben somit erhebliche Emissionsreduktionspotenziale ungenutzt,
 - verringert die angepasste THG-Quote, v. a. die Anpassung der Multiplikatoren, die Planungssicherheit für Investoren in neue Technologien und zur Errichtung entsprechender Produktionskapazitäten, auch da infolge der RED Revision zeitnah mit einer neuerlichen Anpassung zu rechnen ist.
- ≡ Alternativ oder zumindest ergänzend sollten Maßnahmen ergriffen werden, die dies ausgleichen, beispielsweise die deutliche Steigerung einer CO₂-bezogenen Steuerkomponente auf Energieträger.
- ≡ Zudem ist eine enge Begleitung der Quotenregelung und eine ggf. frühzeitige Anpassung wichtig; ein transparentes Monitoringsystem ist notwendig.

In den Tabellen zu Abbildung 7 wird deutlich, dass das Ziel der RED II (EU Richtlinie 2018/2001) von 14 % Erneuerbaren Energien im Verkehr in 2030 in jedem Fall erfüllt wird.

Bleibt die Frage zu beantworten, wie das Klimaziel auch mit dem Instrument der THG-Quote erreichbar wäre. In den nachfolgenden zwei Grafiken sind hierzu wiederum zwei Beispielrechnungen dargestellt (Abbildung 8).



Straßenverkehr	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Endenergieverbrauch in PJ ^a	2.105	2.044	1.993	1.950	1.860	1.769	1.679	1.589	1.504
Theoretische THG-Quote ^b	7,5%	9,3%	11,7%	15,6%	20,7%	26,8%	33,5%	41,9%	49,3%
Erneuerbare Energien ^b									
Anteil real	7%	8%	10%	12%	15%	19%	24%	30%	37%
Emissionsbudget gemäß KSG in Mio. Tonnen CO₂-Äqu.									
Abgleich Zielpfad 2030	+10	+9	+9	+7	+3	-4	-9	-12	-13
Kumulierte Überschreitung Emissionsbudget	+10	+20	+29	+36	+39	+34	+26	+13	0

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Endenergieverbrauch in PJ ^a	1.918	1.852	1.811	1.757	1.718	1.652	1.561	1.457
Theoretische THG-Quote ^b	9,9%	11,7%	14,2%	17,1%	19,3%	23,0%	27,8%	33,8%
Erneuerbare Energien ^b								
Anteil real	9%	9%	10%	12%	13%	15%	18%	22%
Emissionsbudget gemäß KSG in Mio. Tonnen CO₂-Äqu.								
Abgleich Zielpfad 2030	0	0	0	0	0	0	0	0
Kumulierte Überschreitung Emissionsbudget	0	0	0	0	0	0	0	0

^a Menge für elektrischen Strom und Wasserstoff als Kraftstoff (links und rechts) sowie Biokraftstoffe und PTL in 2025 und 2030 (nur rechts) und Gesamtenergiebedarf Straßenverkehr (nur links) analog (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021) | ^b Quotenerfüllung nach rechtl. Rahmenbedingungen 2022, nach Anpassungsmechanismus

Abbildung 8 Beispielrechnungen für das Einhalten des Emissionsbudgets 2022-2030 (links) sowie das Einhalten der jährlichen Klimaziele bis 2030 (rechts) im Straßenverkehr

Das Erreichen der Emissionsgrenzen gemäß Klimaschutzgesetz ist im Verkehrssektor vor allem in den kommenden Jahren bis 2025 mit besonderen Herausforderungen verbunden. Ein massiver Ausbau der Produktionskapazitäten für fortschrittliche Biokraftstoffe und strombasierte Kraftstoffe ist zwingend erforderlich. Wie die Beispielrechnung in Abbildung 8 (links) zeigt, kann selbst bei ambitionierter Elektrifizierung und Reduktion des Gesamtenergieverbrauchs das Gesamtbudget nur mit großen Mengen alternativer Kraftstoffe gehalten werden. Könnten die 223 PJ elektrischer Strom und 20 PJ Wasserstoff im Verkehrssektor bis 2030 nicht umgesetzt werden (analoge Annahme zur Beispielrechnung aus Abbildung 6), würde der Bedarf an erneuerbaren biobasierten und strombasierten Kraftstoffen nochmal deutlich steigen. Bereits die Realisierung der hier abgeleiteten 327 PJ an erneuerbaren Energieträgern (91 TWh bzw. 7,6 Mio. t Dieseläquivalente) dürfte bis 2030 mehr als herausfordernd sein.

Um nicht nur das Gesamtbudget bis zum Jahr 2030, sondern auch die jährlichen Ziele gemäß Klimaschutzgesetz einzuhalten, ist jedoch eine sehr schnelle und massive Reduktion des Endenergiebedarfs im Straßenverkehr erforderlich. Wie die Beispielrechnung in Abbildung 8 (rechts) zeigt, wäre nur dann neben der sehr ambitionierten Elektrifizierung dennoch eine moderate Menge bio- und strombasierter Kraftstoffe erforderlich.

In beiden Fällen müsste die THG-Quote trotz erheblich sinkendem Endenergieverbrauch mit 49 % bzw. 34 % im Jahr 2030 deutlich über dem heute definierten Niveau liegen.

Das Klimaziel braucht sehr ambitionierte Maßnahmen zur Reduktion des Endenergieverbrauchs im Verkehr und eine ambitionierte THG-Quote. Neben den Neufahrzeugen im Verkehr sind v. a. die Möglichkeiten der THG-Emissionsreduzierung bei Bestandsfahrzeugen viel stärker zu adressieren.

Grundsätzlich zeigen die Berechnungen:

- ≡ **Konventionelle und abfallbasierte Biokraftstoffe** sind die relevantesten derzeit verfügbaren Erfüllungsoptionen. Sie sind auch weiterhin auf vertretbarem Niveau ein unverzichtbarer Baustein für Klimaschutz im Verkehr. Durch die relative Begrenzung konventioneller Biokraftstoffe (4,4 %, energetisch) und solcher aus Altspeisefetten und tierischen Fetten (1,9 %, energetisch) nimmt auch deren zulässige absolute Menge in der Quote mit sinkendem Energieverbrauch im Straßenverkehr ab.
- ≡ **Fortschrittliche Biokraftstoffe** können in Form ausgewählter flüssiger Optionen importiert werden. International befinden sich umfangreiche Kapazitäten im Aufbau, etwa 6 Mio. m³/a allein an Lignocelluloseethanol (entspricht 125 PJ) sowie ein (fortschrittlicher) Teil der perspektivisch bis zu 26 Mio. t/a HVO/HEFA (entspricht 1.135 PJ inkl. konventionellem und abfallbasiertem), in Deutschland sind Neuanlagen für fortschrittliche Biokraftstoffe bislang nicht in der Umsetzung; vereinzelt werden in bestehenden Anlagen fortschrittliche Kraftstoffe ergänzend produziert. Zudem kann in bereits bestehenden Anlagen fortschrittlicher gasförmiger Biokraftstoff in Form von Biomethan bereitgestellt werden, wodurch bislang ungenutzte regionale Abfall- und Reststoffe effizient genutzt werden. Die Nutzbarkeit von Biomethan als Kraftstoff ist wiederum von der CNG- und LNG-Fahrzeugflotte abhängig. Erneuerbare Erdgassubstitute werden mittel- und langfristig auch in anderen Sektoren, v. a. der Industrie, eine wichtige Ressource darstellen, für die es nur wenige Alternativen gibt.
- ≡ **Erneuerbarer Strom, grüner Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe** sind stark davon abhängig, wie schnell signifikante Mengen an Nutzungsinfrastruktur (v. a. Neufahrzeuge zur Substitution von Bestandsfahrzeugen) und Bereitstellungskapazitäten der Energieträger (v. a.

Wind- und Solarenergie, Elektrolyse und weiterführend v. a. Kraftstoffsynthesen) aufgebaut werden können. Die Anrechenbarkeit von grünem Wasserstoff als Hilfsmittel in der Produktion fossiler Kraftstoffe auf die THG-Quote soll den Aufbau dieser Kapazität unterstützen. Grundsätzlich sollte bei der Anrechenbarkeit von grünem Wasserstoff mindestens eine faire Gleichstellung von Bioraffinerien gegenüber Mineralölraffinerien geschaffen werden, die andernfalls gegenüber erneuerbaren Konzepten bevorzugt würden.

- ≡ **Integrierte Konzepte zur Bereitstellung** von konventionellen und fortschrittlichen, biobasierten und strombasierten Energieträgern müssen in der Bewertung adäquat ebenso die Produktvielfalt (d. h. auch stofflich nutzbare Produkte in verschiedenen teils etablierten Wertschöpfungsketten der Chemie oder Nahrungs- und Futtermittel) berücksichtigen und damit über die Kategorisierung der derzeitigen Rahmenbedingungen hinausgehen. Sie werden im Kontext von Energiewende und biobasierter Wirtschaft als Teil der Bioökonomie, die den Aspekt der Resilienz deutlich stärker adressieren muss, eine zunehmend wichtige Rolle spielen. Eine Weiterentwicklung der Rahmenbedingungen sollten diesen Entwicklungen entsprechend Rechnung tragen und die Mobilisierung von Synergien zugunsten nachhaltiger Technologieoptionen und einer höchstmöglichen Ressourceneffizienz unterstützen und fördern.

5 Literaturverzeichnis

AGEE-Stat (2022): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. unter Verwendung von daten der AGEE-Stat (Stand: Februar 2022). Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. Online verfügbar unter https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihen-zur-entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-1990-2021-excel.xlsx?sessionId=61621A5E78881D8626F51432D1239E5C?__blob=publicationFile&v=31, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

BAFA (2022): Amtliche Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland. 2012-2022. Hg. v. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. Online verfügbar unter https://www.bafa.de/SiteGlobals/Forms/Suche/Expertensuche/Servicesuche_Formular.html?templateQueryString=Amtliche+Daten+Mineral+%C3%B6l-daten&sortOrder=dateOfIssue_dt+desc, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

BLE (2013): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2012. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung. Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. 2. überarbeitete Auflage. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2012_2_Auflage.pdf;jsessionid=F83723B2944228AD3C163782F8AEBF89.2_cid335?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 15.10.2021.

BLE (2016): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2015. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung. Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2015.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 15.10.2021.

BLE (2019): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2018. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Hg. v. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2018.pdf, zuletzt geprüft am 21.10.2021.

BLE (2021): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2020. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung, Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. Hg. v. Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung. Bonn. Online verfügbar unter https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2020.pdf;jsessionid=E4B37F25CA48344B01D7917DC1A922C3.2_cid335?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 04.01.2022.

BMU (2021): Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgas-minderung bei Kraftstoffen. 38. BImSchV, vom 12.11.2021. In: *BGBI* (Heft I Nr. 79), S. 4932.

BMUV (2022a): Arbeitspapier: Maßnahme zur Verringerung des Anteils von Biokraftstoffen aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen in Folge des Ukraine-Krieges. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.

BMUV (2022b): Pressehintergrund: Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermitteln. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.

BMVI (2022): Verkehr in Zahlen 2021/2022. 50. Jahrgang. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Flensburg. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/verkehr-in-zahlen-2021-2022-pdf.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 01.09.2022.

BMW (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.html>.

Bundesregierung (Hg.) (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025 zwischen der Sozialdemokratischen Partei Deutschlands (SPD), BÜNDNIS 90 / DIE GRÜNEN und den Freien Demokraten (FDP). Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1990812/04221173eef9a6720059cc353d759a2b/2021-12-10-koav2021-data.pdf?download=1>.

Bundestag und Bundesrat (2021): Bundes-Klimaschutzgesetz. KSG, vom 18.08.2021. Online verfügbar unter <https://www.gesetze-im-internet.de/ksg/KSG.pdf>, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

DBFZ (2021): Ressourcendatenbank. DBFZ. Online verfügbar unter <https://webapp.dbfz.de/resource-database/?lang=de>, zuletzt geprüft am 25.10.2021.

Die Bundesregierung (Hg.) (2022): Wir verdreifachen die Geschwindigkeit beim Ausbau der erneuerbaren Energien. Osterpaket für Energiewende vom Bundesrat gebilligt. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/novellierung-des-eeg-gesetzes-2023972>, zuletzt aktualisiert am 08.07.2022, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

Europäische Union (23.04.2009): Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG. RED. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028&qid=1611328079991>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.

Europäische Union (11.12.2018): Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. 2018/2001 (RED II). Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001&qid=1611328254590>, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Expertenrat für Klimafragen (2022): Prüfbericht zu den Sofortprogrammen 2022 für den Gebäude- und Verkehrssektor. Prüfung der den Maßnahmen zugrundeliegenden Annahmen gemäß § 12 Abs. 2 Bundes-Klimaschutzgesetz. Online verfügbar unter https://expertenrat-klima.de/content/uploads/2022/08/ERK2022_Pruefbericht-Sofortprogramme-Gebaeude-Verkehr.pdf.

Kopernikus Projekt Ariadne (2022): Vergleich der „Big 5“ Klimaneutralitätsszenarien. Hg. v. Kopernikus Projekt Ariadne. Online verfügbar unter https://ariadneprojekt.de/media/2022/03/2022-03-16-Big5-Szenarienvergleich_final.pdf, zuletzt geprüft am 03.11.2022.

LBST (2016): Renewables in Transport 2050. Empowering a sustainable mobility future with zero emission fuels from renewable electricity Kraftstoffstudie II. Unter Mitarbeit von Patrick Schmidt, Werner Zittel, Werner Weindorf und Tetyana Raksha. Hg. v. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (LBST).

Meisel, Kathleen; Millinger, Markus; Naumann, Karin; Müller-Langer, Franziska; Majer, Stefan; Thrän, Daniela (2020): Future Renewable Fuel Mixes in Transport in Germany under RED II and Climate Protection Targets. In: *Energies* 13 (7), S. 1712. DOI: 10.3390/en13071712.

Naumann, Karin; Müller-Langer, Franziska; Meisel, Kathleen; Majer, Stefan; Schröder, Jörg; Schmieder, Uta (2021): Weiterentwicklung der deutschen Treibhausgasminderungsquote. Hintergrundpapier. Hg. v. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH. Leipzig. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin//user_upload/Referenzen/Statements/Hintergrundpapier_Weiterentwicklung_THG-Quote.pdf, zuletzt geprüft am 24.06.2021.

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.

Purr, Katja; Günther, Jens; Lehmann, Harry; Nuss, Philip (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE -Studie. Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau (CLIMATE CHANGE, 36/2019). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf, zuletzt geprüft am 06.10.2021.

Richtlinie (EU) 2018/2001: Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. DOPPLUNG Richtlinie (EU) 2018/2001, vom 11.12.2018. In: *Amtsblatt der Europäischen Union* 61 (L328), S. 82–109. Online verfügbar unter <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001&qid=1611328254590>, zuletzt geprüft am 06.12.2021.

Schröder, Jörg; Naumann, Karin (Hg.) (2022): Monitoring erneuerbarer Energien im Verkehr. DBFZ Report Nr. 44. DBFZ. 1. Auflage. Leipzig. Online verfügbar unter https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_44_DE.pdf, zuletzt geprüft am 16.02.2022.

UBA (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE -Studie (36), zuletzt geprüft am 07.12.2020.

UBA (2022): National Inventory Report (NIR). Germany. Online verfügbar unter <https://unfccc.int/documents/461930>, zuletzt geprüft am 28.09.2022.

Umweltbundesamt (Hg.) (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität. RESCUE -Studie. Unter Mitarbeit von Katja Purr, Jens Günther, Harry Lehmann und Philip Nuss. Dessau-Roßlau (CLIMATE CHANGE, 36/2019). Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_studie_cc_36-2019_wege_in_eine_ressourcenschonende_treibhausgasneutralitaet.pdf, zuletzt geprüft am 06.10.2021.

Umweltbundesamt (01.10.2019): Bekanntmachung nach § 5 Absatz 3 der Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen. Fundstelle: BAnz AT 30.10.2019 B3. In: *Bundesanzeiger*, zuletzt geprüft am 03.11.2022.

Umweltbundesamt (2020): Nachhaltige Mobilität. Online verfügbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet>, zuletzt aktualisiert am 11.09.2020.

Umweltbundesamt (04.10.2021): Bekanntmachung nach § 5 Absatz 3 der Verordnung zur Festlegung weiterer Bestimmungen zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen. Fundstelle: BAnz AT 28.10.2021 B10. In: *Bundesanzeiger*, zuletzt geprüft am 03.11.2022.

Umweltbundesamt (Hg.) (2022): Trendtabellen THG nach Sektoren. Umweltbundesamt. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx.

37. BImSchV (21.12.2020): Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote. In: *BGBl*.

Zoll (2020): Vorläufige Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2019. Hg. v. Generalzolldirektion. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/quotenerfuellung_2019.pdf, zuletzt aktualisiert am 01.11.2020, zuletzt geprüft am 20.01.2021.

Zoll (2022a): Statistische Angaben über die Erfüllung der fortschrittlichen Quote - Quotenjahr 2020. Hg. v. Generalzolldirektion. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/fortschrittliche_quote_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

Zoll (2022b): Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2020. Hg. v. Generalzolldirektion. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/quotenerfuellung_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

Zoll (2022c): Vorläufige Statistische Angaben über die Erfüllung der fortschrittlichen Quote - Quotenjahr 2021. Hg. v. Generalzolldirektion. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/fortschrittliche_quote_2021_vorlaeufig.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Zoll (2022d): Vorläufige Statistische Angaben über die Erfüllung der Treibhausgasquote - Quotenjahr 2021. Hg. v. Generalzolldirektion. Online verfügbar unter https://www.zoll.de/SharedDocs/Downloads/DE/Links-fuer-Inhaltseiten/Fachthemen/Verbrauchssteuern/quotenerfuellung_2021_vorlaeufig.pdf?__blob=publicationFile&v=3, zuletzt geprüft am 23.11.2022.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEHG	Brennstoffemissions-handelsgesetz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BioKraft-NachV	Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
BLE	Bundesanstalt für Ernährung und Landwirtschaft
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BTL	Biomass-to-liquid
CNG	Compressed Natural Gas, komprimiertes Erdgas
CO ₂ -Äqu.	CO ₂ Äquivalente
DE	Deutschland
EmoG	Elektromobilitätsgesetz
FAME	Fatty acid methyl ester, Fettsäuremethylester
GJ	Gigajoule
GW	Gigawatt
HEFA	Hydrotreated Esters and Fatty Acids
HVO	Hydrotreated Vegetable Oils
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KSG	Deutsches Klimaschutzgesetz
Lkw	Lastkraftwagen
LNG	Liquefied Natural Gas, verflüssigtes Erdgas
LPG	Liquefied Petroleum Gas, verflüssigtes Gas, welches bei Verarbeitung von Rohöl entsteht
NIR	National inventory report, dt. Nationaler Inventarbericht
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ	Petajoule
Pkw	Personenkraftwagen
PTG	Power-to-gas, strombasierte gasförmige Kraftstoffe
PTL	Power-to-liquid, strombasierte flüssige Kraftstoffe
PTX	Power-to-X, Oberbegriff für strombasierte Produkte und Kraftstoffe (flüssig u. gasförmig)
RCF	Recycled carbon fuels
RED	Renewable Energies Directive 2009, dt. Erneuerbare Energien Richtlinie 2009
RED II	Renewable Energies Directive 2018, dt. Erneuerbare Energien Richtlinie 2018
RFNBO	Renewable fuels of non-biologic origin
SaubFahrzeugBeschG	SaubereFahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz
THG	Treibhausgas
TWh	Terrawattstunde; 1 TWh = 3,6 PJ
UERV	Upstream Emission Reduction Verordnung

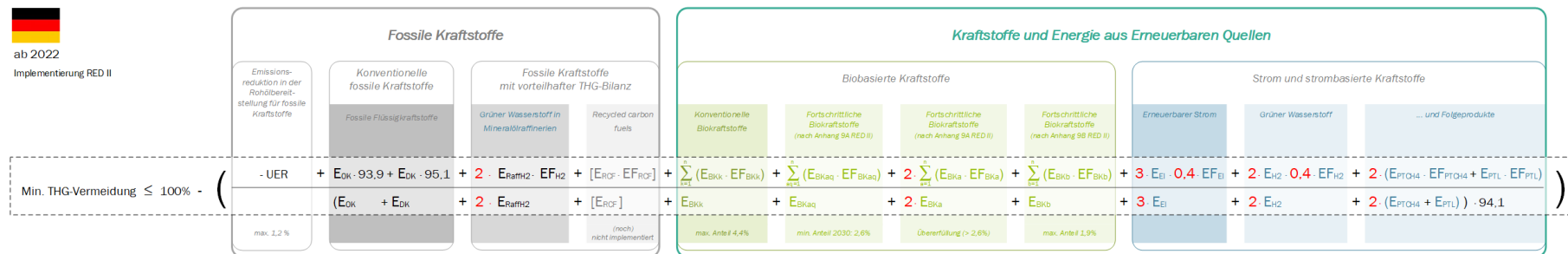
Anhang | Methodenbeschreibung

A | THG-Vermeidung im Verkehr - Berechnungsmethoden des BImSchG (DE) und der RED III (EU, Vorschlag)

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.

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

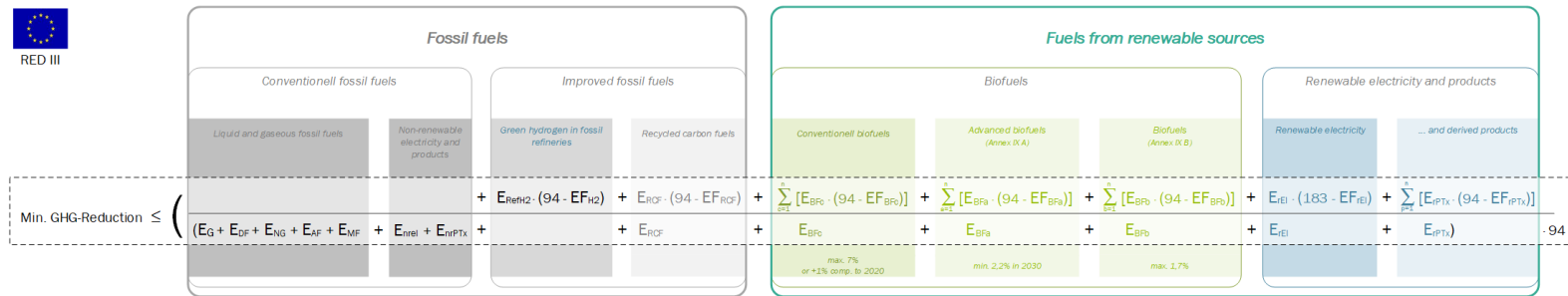
Dabei müssen neben den wesentlichen Bestandteilen Energiemenge (eines Kraftstoffes inkl. Strom) und Emissionsfaktor (eines Kraftstoffes inkl. Strom) auch verschiedene Faktoren (in rot) sowie Randbedingungen (Minimal- und Maximalmengen) zu den einzelnen Erfüllungsoptionen beachtet werden.



Min. THG-Vermeidung (THG-Quote) = 7 % (2022) ... 25 % (2030), vorbehaltlich etwaiger Änderungen bspw. durch den Anpassungsmechanismus infolge sehr hoher Strommengen in der Quote zur THG-Vermeidung

Abbildung 9 Berechnung der Treibhausgasvermeidung bei Kraftstoffen gemäß BImSchG und zugehörigen Verordnungen

Inverkehrbringer fossiler Gaskraftstoffe (LPG, CNG und LNG) sind nicht verpflichtet, für diese Kraftstoffe die THG-Quote zu erfüllen. Zudem sind sie seit 2022 keine Option mehr zur Erfüllung der Quote für andere Verpflichtete (durch Übertragung). Daher finden sie keine Berücksichtigung mehr bei der Quote zur Treibhausgasvermeidung von Kraftstoffen.



E = Energiemenge
 EF = Emissionsfaktor

OK/G = Gasoline / Ottokraftstoff
 DK/DF = Diesel fuel/Dieselmotorkraftstoff
 GK/NG = Gaskraftstoffe / Natural gas and petroleum gas (LNG, CNG, LPG)

AF = Aviation fuel (Flugkraftstoff)
 MF = Maritime Fuel (Schiffsdiesel und Schweröl)

BK/BF = Biokraftstoffe / biofuels
 EI = Elektrischer Strom / electricity
 PTx = derived products from electricity (e.g. H₂, PTOH₄, PTL)

r/nr = renewable/non-renewable
 UER = Upstream Emission Reduction

Min. GHG-Reduction = ... 13 % (2030)

Abbildung 10 Berechnung der Treibhausgasvermeidung bei Kraftstoffen gemäß Vorschlag zur Revision der RED (Richtlinie 2018/2001 der EU)

Hinweis: Die Formeln basieren auf dem Verständnis des DBFZ in Bezug auf die Kalkulationsmethodik und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit respektive Richtigkeit.

B | Beispielrechnungen der THG-Quote ab 2022

Die Berechnungen zielen nur auf die im Straßenverkehr zum Einsatz kommenden Energieträger ab. Die Quote zur Treibhausgasminderung bei Kraftstoffen bezieht sich jedoch auf alle Otto- und Dieselmotoren. Ein Teil dieser Kraftstoffe wird im Schienen- und Schiffsverkehr sowie im nicht straßengebundenen Verkehr eingesetzt. Letzterer zählt gemäß Klimaschutzgesetz nicht zum Sektor Verkehr, sondern beispielsweise zur Industrie bei Werksverkehren oder zur Land- und Forstwirtschaft bei Nutzfahrzeugen und Maschinen, die Kraftstoff verbrauchen.

Tabelle 2 Ausgewählte Daten, Annahmen und Interpolationen der Beispielrechnungen

	2020 ^a	2021 ^a	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Zulässige Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq. im Verkehr ^b	150	145	139	134	128	123	117	112	105	96	85
davon im Straßenverkehr ^b			135,7	130,3	124,3	119,3	113,3	108,3	101,3	92,3	81,3
Wasserstoff, gesamt			0	0	0	1	3	5	10	15	20 ^c
Anteil erneuerbare Quellen im Strommix	45%	41%	45%	50%	54%	58%	63%	67%	71%	76%	80% ^d
Emissionsfaktor elektr. Strom in g CO ₂ -Äq./MJ	153	147	119	112	104	97	89	82	74	67	59 ^e
Ambitioniertes Szenario											
Endenergiebedarf im Straßenverkehr in PJ	2.027	2.033	2.105	2.044	1.993	1.950 ^f	1.860	1.769	1.679	1.589	1.504 ^f
Elektrischer Strom im Straßenverkehr in PJ			4	16	38	68 ^f	98	128	158	188	223 ^f
Wasserstoff als Kraftstoff						0 ^f	0	1	3	6	14 ^f
(Status quo) Quote infolge Anpassungsmechanismus			7,0%	8,0%	9,25%	10,9%	13,6%	17,4%	21,5%	25,6%	29,9%
(neue) Quote infolge Anpassungsmechanismus			7,0%	6,1%	7,2%	8,7%	11,6%	18,2%	22,6%	26,8%	31,1%
Weniger ambitioniertes Szenario											
Endenergiebedarf im Straßenverkehr in PJ	2.027	2.033	2.109	2.080	2.053	2.025	1.998	1.974	1.952	1.931	1.771
Elektrischer Strom im Straßenverkehr in PJ			4	7	11	14	20	27	37	48	61 ^g
(Status quo) Quote			7,0%	8,0%	9,3%	10,5%	12,0%	14,5%	17,5%	21,0%	25,0%
(neue) Quote			7,0%	6,1%	7,2%	8,2%	9,5%	14,5%	17,5%	21,0%	25,0%

^a Statistik und Schätzungen auf Basis (BMVI 2022; UBA 2022; BLE 2021; AGEE-Stat 2022); ^b (Bundestag und Bundesrat 2021), Annahme: konstanter (fossiler) Kraftstoffverbrauch von 50 PJ im nationalen Schienen-, Binnenschiff- und Flugverkehr (entspricht 3,7 Mio. t CO₂-Äq.); ^c 2 GW Elektrolyseleistung für den Verkehr gemäß (BMW 2020); ^d (Die Bundesregierung 2022); ^e Reduktion 2030 gegenüber 2020 gemäß Energiesektor im (Bundestag und Bundesrat 2021); ^f (Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut 2021); ^g (UBA 2019)

Bei der Anwendung des **Anpassungsmechanismus** wurde in der vorliegenden Berechnung davon ausgegangen, dass sich dieser auf die bilanziell der Quote zugrunde liegende Gesamtmenge bezieht. Gemäß §37a Absatz 3 Satz 3 berechnet sich der Referenzwert, gegenüber dem die Treibhausgasminderung zu erfolgen hat, durch Multiplikation des Basiswertes mit der vom Verpflichteten in Verkehr gebrachten energetischen Menge an fossilen Otto- und Dieselmotoren zuzüglich der energetischen Menge an

eingesetzten Erfüllungsoptionen. Gemäß 38. BImSchV werden mehrfach angerechnete Erfüllungsoptionen auch bei der Berechnung des Referenzwertes entsprechend mehrfach berücksichtigt (Klammerwert im Nenner, Abbildung 9).

Gemäß BImSchG §37h Absatz 2 Satz 4 entspricht die Erhöhung beim Anpassungsmechanismus der Treibhausgas-minderung durch die Menge an elektrischem Strom, die eine definierte Menge (nach Satz 1) übersteigt, wobei für diese relative Treibhausgas-minderung die Summe der Referenzwerte aller Verpflichteten zugrunde gelegt wird. In Anlehnung an die Handhabung bei der Berechnung der Treibhausgas-minderung werden bei den Berechnungen für den Anpassungsmechanismus ebenfalls Multiplikatoren und Antriebsfaktoren berücksichtigt. Die Anpassung der Multiplikatoren wirkt sich somit auch auf Anhebungen der Gesamtquote infolge des Anpassungsmechanismus aus (Tabelle 2). In den vorliegenden Berechnungen erfolgt die direkte Anpassung ohne weitere Faktorisierung, davon ausgehend, dass die Faktorisierung (von 0,5 bis 1,5 gemäß BImSchG §37h) lediglich zur Glättung, nicht jedoch zur signifikanten Verschiebung der Quotenentwicklung dient.

Eine detaillierte Methodenbeschreibung ist im Hintergrundpapier zur THG-Quote aus 2021 enthalten (Naumann et al. 2021). Darüber hinaus wurden folgende Anpassungen an der Methode bzw. zugrunde liegenden Annahmen vorgenommen:

- ⇒ Für fortschrittliche Biokraftstoffe (flüssig und Methan) ist in den Berechnungen eine Begrenzung bei 100 PJ hinterlegt. Auf Basis von Potenzialuntersuchungen für Deutschland erscheint diese Annahme als plausibel (DBFZ 2021), wobei ein Großteil des Potenzials nur über die anaerobe Vergärung verwertet und damit als Kraftstoff in Form von Methan (erneuerbares CNG oder LNG) genutzt werden kann. Nicht berücksichtigt ist die Realisierbarkeit eines kurzfristigen Aufbaus von Produktionskapazitäten, die mit deutlichen Anstrengungen einhergingen.
- ⇒ Mit strombasierten Kraftstoffen (flüssig und Methan) werden verbleibende Erfüllungslücken geschlossen. Auch hier bleibt die Realisierbarkeit eines kurzfristigen Aufbaus von (ggf. internationalen) Produktionskapazitäten unberücksichtigt, die mit erheblichen Anstrengungen einherginge.
- ⇒ Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) im Bestand werden vollständig für die Anrechnung auf die Quote berücksichtigt.
- ⇒ In der Zeitreihe sind ab 2024 keine Gaskraftstoffe (LPG und Methan) explizit hinterlegt – ein signifikanter Anteil würde sich hingegen förderlich auf die Zielerreichung der Quote und des Klimaschutzgesetzes auswirken und die Implementierung fortschrittlicher Biokraftstoffe aus nationalen Ressourcen und nationalen Produktionskapazitäten deutlich vereinfachen.
- ⇒ Der Emissionsfaktor für elektrischen Strom in der Quotenerfüllung wurde wie folgt angenommen: Reduktion um 61 % gegenüber 2020 (153 g CO₂-Äqu./MJ gemäß (Umweltbundesamt 01.10.2019)), 2022 mit 119 g CO₂-Äqu./MJ gemäß (Umweltbundesamt 04.10.2021), 2023-2029 linear interpoliert.
- ⇒ Die Emissionsfaktoren, die den spezifischen Beitrag der Energieträger aus erneuerbaren Quellen zur THG-Quote quantifizieren, wurden ausgehend vom Basisjahr 2020 auch für das Jahr 2030 ermittelt. Dabei wurden die Emissionen der Vorkette (Bereitstellung) den Sektoren Landwirtschaft (ggf. Anbau), Energie (Prozessenergie), Industrie (sonstige Prozessaufwendungen) sowie Verkehr (Distribution) zugeordnet und entsprechend der Emissionsreduktionsziele des Klimaschutzgesetzes bis 2030 sektorspezifisch reduziert. Die Jahre 2021 bis 2029 sind linear interpoliert.

Tabelle 3 Verwendete Emissionsfaktoren für 2020 und 2030 in kg CO₂-Äqu./GJ

Energieträger	Emissionsfaktor 2020	Referenz	Emissionsfaktor 2030
Fortschrittliche Biokraftstoffe			
Biomethan	8,8	BLE für 2020 (Mittelwert Abfälle und Reststoffe)	3,4
HVO Hydrotreated oil aus Altspeiseöl	12,8	BLE für 2020 (Mittelwert POME, auch möglich: Tallöl/PFAD)	7,0
Bioethanol	13,7	Typischer Wert der EU-RED 2018/2001 (Stroh)	7,8
BTL Fischer-Tropsch Diesel und Benzin	16,7	Typische Werte der EU-RED 2018/2001 (Holz aus Kurzumtriebsplantagen)	9,1
Abfallbasierte Biokraftstoffe			
Biodiesel UCOME/TME aus Altspeiseöl und tierischen Fetten	11,1	BLE für 2020 (Mittelwert, Altspeiseöl und tierische Fette)	3,6
Biodiesel HVO/HEFA Hydrotreated oil aus Altspeiseöl und tierischen Fetten	14,0	Typische Werte der EU-RED 2018/2001 (Mittelwert, Altspeiseöl und tierische Fette)	7,0
Biokraftstoffe aus Nahrungs- und Futtermittelpflanzen			
Biodiesel FAME	33,0	BLE für 2020 (Mittelwert, Raps und Soja)	20,5
Biodiesel HVO/HEFA Hydrotreated vegetable oils	45,8	BLE für 2020 (Mittelwert Raps)	30,9
Biomethan	11,8	BLE für 2020 (Mittelwert Mais)	6,2
Strom und strombasierte Kraftstoffe			
Elektrischer Strom	153	Bekanntmachung zur 37. BImSchV	59
PTG (Wasserstoff, komprimiert)	9,1	37. BImSchV	3,5
PTG (Methan, komprimiert)	3,3	37. BImSchV	1,3
PTL Diesel und Benzin	6,4	LBST	3,3
Fossile Kraftstoffe			
Diesel, fossil	95,1	38. BImSchV	95,1
Benzin, fossil	93,3	38. BImSchV	93,3
Erdgas, fossil	71,9	38. BImSchV (Mittelwert, CNG und LNG)	71,9

Quellen für Emissionsfaktoren 2020: BLE für 2020 (BLE 2021), 2021, (LBST 2016), (Richtlinie (EU) 2018/2001), 38. BImSchV (BMU 2021), (37. BImSchV), Bekanntmachung zur 37. BImSchV (Umweltbundesamt 01.10.2019), Berechnung der Emissionsfaktoren 2030 auf Basis Reduktionsziele im KSG für 2030 gegenüber 2020 und sektoralen Anteilen in der Vorkette der Energieträger