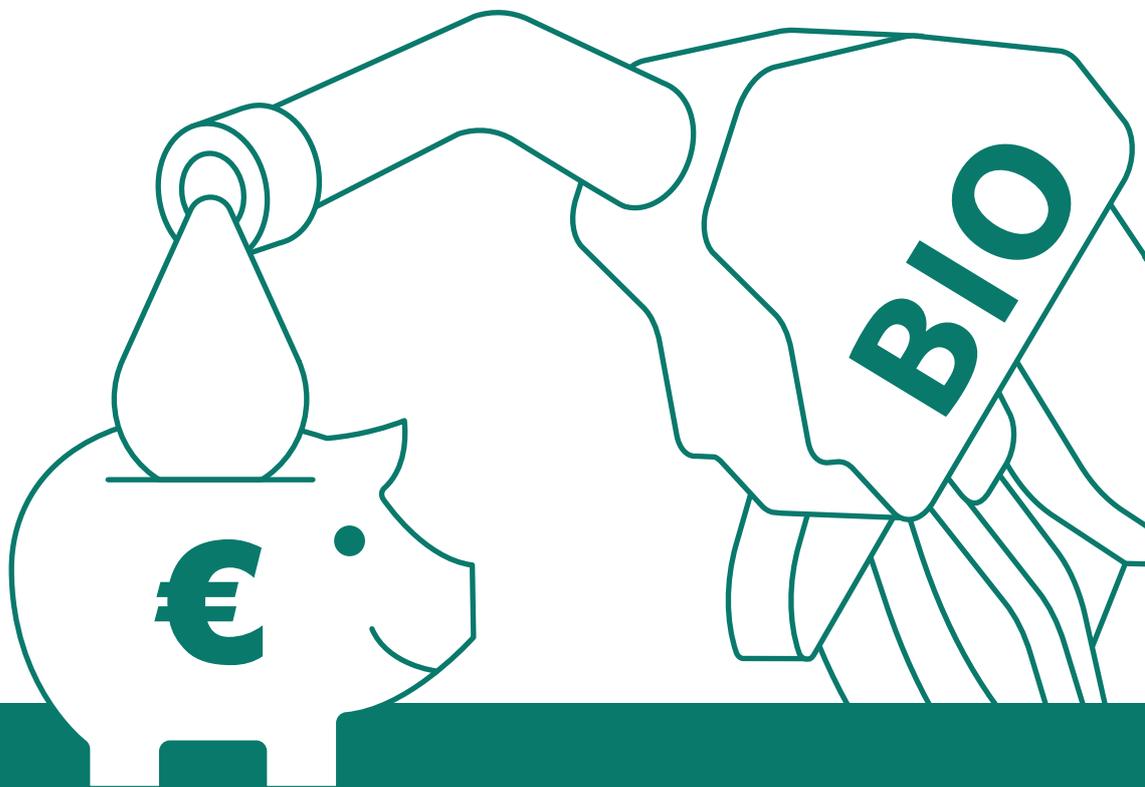


STUDIE



DER BEITRAG VON BIOKRAFTSTOFFEN ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE 2030

Lisa Sophie Becker

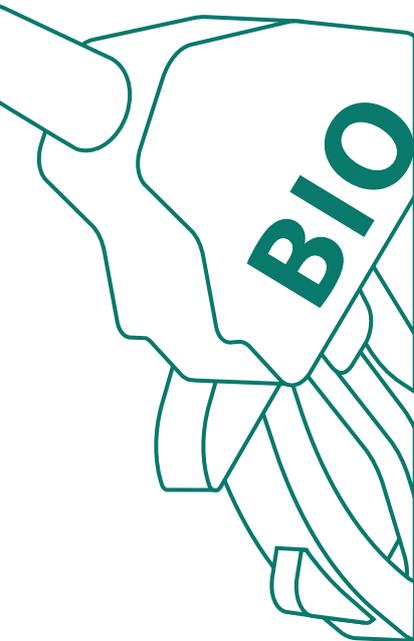
Dr. Yann Girard

Dr. Lars Handrich

Annegret Hoch

Prof. Dr. Claudia Kemfert





JANUAR 2019

DER BEITRAG VON BOKRAFTSTOFFEN ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE 2030

Lisa Sophie Becker
Dr. Yann Girard
Dr. Lars Handrich
Annegret Hoch
Prof. Dr. Claudia Kemfert



VDB

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e. V.
Am Weidendamm 1A
D - 10117 Berlin
www.biokraftstoffverband.de



DIW Econ GmbH

Mohrenstraße 58

10117 Berlin

Kontakt:

Dr. Yann Girard

Tel. +49.30.20 60 972 - 24

Fax +49.30.20 60 972 - 99

ygirard@diw-econ.de

www.diw-econ.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	ii
Tabellenverzeichnis.....	iii
Abkürzungsverzeichnis.....	iv
1. Einleitung.....	4
2. Der aktuelle Beitrag von Biokraftstoffen zur Emissionsminderung	6
2.1 Verbrauch und Rohstoffe.....	6
2.2 Beitrag zum Klimaschutz.....	8
3. Klimaschutz im Verkehr	11
3.1 Die Klimabilanz des Verkehrssektors.....	11
3.2 Klimaschutzziele im Verkehrssektor	12
3.3 Kosten für den Bundeshaushalt bei Nicht-Einhaltung der Klimaziele	14
4. Der Beitrag der Biokraftstoffe zum Klimaschutz bis 2030	16
4.1 Szenarien: Energetische Anteile an Biokraftstoffen 2021 bis 2030.....	16
4.2 Energetische Mengen gemäß Prognose des Endenergiebedarfs	20
4.3 Emissionsminderung im Verkehrssektor	22
4.4 Kostenvermeidung für den Bundeshaushalt	23
5. Fazit.....	28
Literaturverzeichnis.....	29
Anhang	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Verbrauch von Biokraftstoffen im Verkehrssektor in Deutschland im Jahr 2017	6
Abbildung 2-2:	Ausgangsstoffe der in Deutschland in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe im Jahr 2017	7
Abbildung 3-1:	Historische Entwicklung der Emissionen in Mio. Tonnen CO ₂ -Äq im Verkehrssektor und nationales Klimaschutzziel für 2030	11
Abbildung 3-2:	Emissionsquellen im Verkehr im Jahr 2016	12
Abbildung 4-1:	Szenarien zum energetischen Anteil von Biokraftstoffen, 2021 bis 2030	20
Abbildung 4-2:	Prognostizierter Endenergiebedarf des Verkehrssektors, 2020 bis 2030	21
Abbildung 4-3:	Emissionsminderung durch Biokraftstoffe im Verkehrssektor, 2021 bis 2030	23
Abbildung 4-4:	Emissionsminderung durch Biokraftstoffe und Klimaschutzdefizit der Nicht-ETS-Sektoren, 2021 bis 2030	24
Abbildung A-1:	Alternative Entwicklung des Endenergiebedarfs (Sensitivitätsanalyse)	33

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Vermiedene Emissionen durch Biokraftstoffe im mittleren Szenario und Wert dieser Einsparungen, 2021 bis 2030.....	2
Tabelle 2-1:	Bedeutung von Biokraftstoffen nach Ausgangsstoffen im Jahr 2017	8
Tabelle 3-1:	Kosten für den Bundeshaushalt zur Kompensation des Defizits an Nicht-ETS-Emissionsrechten, 2021 bis 2030	15
Tabelle 4-1:	Energetische Anteile an Biokraftstoffen 2021 bis 2030	18
Tabelle 4-2:	Energetische Mengen Biokraftstoffe im Jahr 2030	22
Tabelle 4-3:	Ergebnisse mittleres Szenario.....	25
Tabelle 4-4:	Wert der Emissionsminderung durch Biokraftstoffe.....	26
Tabelle A-1:	Ergebnisse Minimalszenario	31
Tabelle A-2:	Ergebnisse Maximalszenario	32
Tabelle A-3:	Ergebnisse bei Endenergiebedarf im Jahr 2030 von 80 Prozent (1.752 PJ)	34
Tabelle A-4:	Ergebnisse bei Endenergiebedarf im Jahr 2030 von 120 Prozent (2.628 PJ)	34

Abkürzungsverzeichnis

AEA	Annual Emission Allowances
AEAV	Agora Energiewende und Agora Verkehrswende
Äq	Äquivalente
Biokraft-NachV	Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung
BLE	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
EEA	European Environment Agency
EER II	Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RL 2019/2001/EG)
EER	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RL 2009/28/EG)
ESD	Effort Sharing Decision (Lastenteilungsentscheidung)
ESR	Effort Sharing Regulation (Lastenteilungsverordnung)
ETS	Emissionshandel
UBA	Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Der aktuelle Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung. Im Jahr 2017 deckten Biokraftstoffe 4,6 Prozent des Energieverbrauchs des deutschen Verkehrssektors ab und stellten mit 90 Prozent fast alle im Verkehr eingesetzten erneuerbaren Energien. Die 2017 in Deutschland in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe sparten laut Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung über Herstellung und Verbrennung im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen durchschnittlich 81 Prozent der Treibhausgasemissionen ein. Die absolute Einsparung an Emissionen durch Biokraftstoffe belief sich im Jahr 2017 auf 7,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente.

Klimaschutz im Verkehr bis 2030. Klimaschutz im Verkehr hat eine hohe Dringlichkeit. Emissionen im Verkehr machen mit 171 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten 2017 fast ein Fünftel der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands aus. Die bisherigen Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr zeigten sich zudem nahezu wirkungslos. Die Bundesregierung ist nach der Effort Sharing Regulation verpflichtet, die Treibhausgasemissionen in den nicht vom Europäischen Emissionshandel erfassten Sektoren – den sogenannten „Nicht-ETS-Sektoren“ – bis 2030 um 38 Prozent unter das Niveau von 2005 zu senken. Diese Zielvorgaben betreffen auch den Verkehrssektor. Eine aktuelle Studie von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende zeigt, dass Deutschland weit davon entfernt ist, die europarechtlich verbindlichen Klimaschutzverpflichtungen für die Nicht-ETS-Sektoren einzuhalten (AEAV, 2018). Für den Zeitraum 2021 bis 2030 zeichnet sich auch bei einer optimistischen Prognose der Emissionsentwicklung eine erhebliche Zielverfehlung ab, die kumuliert auf rund 600 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente geschätzt wird. Es ist vorgesehen, dass ein EU-Mitgliedstaat im Falle einer Verfehlung der nationalen Ziele bei anderen EU-Mitgliedstaaten überschüssige Nicht-ETS-Emissionsrechte kaufen muss. Die damit verbundenen Aufwendungen belasten den Staatshaushalt des jeweiligen EU-Mitgliedstaats. Wie hoch die Belastung des deutschen Bundeshaushalts ausfällt, hängt insbesondere vom zukünftigen Preis der Zertifikate für den Nicht-ETS-Bereich ab. Wie hoch dieser ausfällt, ist allerdings schwer zu prognostizieren. Den Einschätzungen von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende zufolge wird der Preis aufgrund von voraussehbarer Knappheit im Markt und hohen Emissionsvermeidungskosten in den Nicht-ETS-Sektoren mit 50 bis 100 Euro je Tonne CO₂-Äquivalent deutlich höher ausfallen als der aktuelle Preis für Emissionszertifikate im Europäischen Emissionshandel, der zuletzt (Stand Januar 2019) etwa 24 Euro je Tonne CO₂-Äquivalent betrug.

Der zukünftige Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung der Nicht-ETS-Sektoren. Gemäß der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie werden nachhaltig erzeugte Biokraftstoffe in den Jahren 2021 bis 2030 in allen EU-Mitgliedstaaten in einem begrenzten Umfang fossile Kraftstoffe substituieren. In dieser Studie werden Szenarien zum Einsatz der Biokraftstoffe bis 2030 entwickelt, in

denen der Beitrag der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse unterschiedlich groß ausfällt. In einem mittleren Szenario liegt der Gesamtanteil der Biokraftstoffe am Endenergiebedarf des Verkehrssektors im Jahr 2021 bei 5,3 Prozent und steigt bis 2030 auf 7,0 Prozent an. Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse verbleiben in diesem Szenario 2021 bis 2030 auf dem Niveau von 2017 und tragen über den gesamten Zeitraum konstant 3,5 Prozent zum Energiebedarf bei (hinzu kommen fortschrittliche Biokraftstoffe und Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten).

Tabelle 1-1:
Vermiedene Emissionen durch Biokraftstoffe im mittleren Szenario und Wert dieser Einsparungen, 2021 bis 2030

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021- 2030
Gesamt – alle Biokraftstoffe											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO₂-Äq)	9,1	9,1	9,5	10,0	10,4	10,6	10,7	10,9	11,1	11,2	102,7
Wert der Einsparung bei 50-100 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	456- 911	454- 909	477- 953	499- 997	520- 1.040	529- 1.058	537- 1.075	546- 1.091	554- 1.108	562- 1.124	5.133- 10.266
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO₂-Äq)	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	58,5
Wert der Einsparung bei 50-100 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	302- 604	300- 600	298- 596	296- 591	294- 587	291- 583	289- 579	287- 574	285- 570	283- 566	2.925- 5.851

Quelle: DIW Econ.

Biokraftstoffe ersetzen fossile Kraftstoffe und senken dadurch Treibhausgasemissionen und verbessern die Klimabilanz des Verkehrssektors. Der Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung liegt in dem betrachteten mittleren Szenario im Zeitraum von 2021 bis 2030 bei jährlich zwischen 9 und 11 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten (vgl. Tabelle 1-1). Insgesamt verbessern Biokraftstoffe im Zeitraum 2021 bis 2030 die Klimabilanz des Verkehrssektors und damit die des Nicht-ETS-Bereichs um rund 103 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente. In dem Maße, wie Biokraftstoffe Emissionen im Verkehrssektor vermeiden, wird die Zielverfehlung der Nicht-ETS-Sektoren reduziert und die Bundesrepublik wird in entsprechendem Umfang weniger Emissionsrechte von anderen Mitgliedstaaten kaufen müssen. Das führt zu finanziellen Einsparungen. Bei einem Preis der Nicht-ETS-

Emissionsrechte in Höhe von 50 Euro/Tonne CO₂-Äquivalent können durch den Einsatz von Biokraftstoffen kumuliert im Zeitraum 2021 bis 2030 finanzielle Ausgaben in Höhe von 5,1 Mrd. Euro für den Zukauf dieser Rechte vermieden werden. Bei einem doppelten Preis in Höhe von 100 Euro/Tonne CO₂-Äquivalent können Biokraftstoffe insgesamt Kosten für den Bundeshaushalt in Höhe von rund 10,3 Mrd. Euro einsparen.

Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse kommen in diesem Szenario bis 2030 in eng begrenztem Umfang zum Einsatz, da die nachhaltig erzeugbare Menge dieser Kraftstoffe limitiert ist. Tabelle 1-1 zeigt, dass Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse dennoch wesentlich zur Emissionsminderung im Verkehrssektor und damit auch zur Vermeidung von Kosten für den Bundeshaushalt beitragen können.

1. Einleitung

Verfehlungen der Klimaziele bedeuten nicht nur für die Klimaschutzpolitik Deutschlands einen erheblichen Rückschlag, sie werden auch zunehmend zu einem finanziellen Risiko für den Bundeshaushalt:

„Deutschlands Freirechte sind seit September aufgebraucht, ab Oktober 2018 muss für jede Tonne mehr aus dem Bundeshaushalt zur Kompensation gezahlt werden. Das hat es in Deutschland zuvor noch nicht gegeben. Deutschland beginnt mit der Klima-Schulden-Aufnahme.“¹

Grund für die neuartige Belastung des Bundeshaushalts sind europarechtlich verbindliche Zusagen zur Minderung von klimaschädlichen Emissionen in den nicht vom Emissionshandel (ETS) abgedeckten Bereichen, im Wesentlichen Verkehr, Gebäude, Abfall- und Landwirtschaft (den „Nicht-ETS-Sektoren“); Deutschland kann seine Emissionsminderungsziele für diese Sektoren seit 2016 nicht einhalten und überschüssige Emissionen seit dem Jahr 2018 auch nicht mehr durch Überschüsse aus den Vorjahren ausgleichen (vgl. Öko-Institut, 2018).² Mit Blick auf die Zukunft bis 2030 muss davon ausgegangen werden, dass die Belastungen für den Bundeshaushalt weiter anwachsen. Eine im August 2018 veröffentlichte Studie prognostiziert, dass sich das deutsche Klimaschutzdefizit in den Nicht-ETS-Sektoren bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu den aktuellen Verfehlungen noch deutlich vergrößern wird und ermittelt jährliche Kostenrisiken in Milliardenhöhe für den Bundeshaushalt (Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, kurz: AEAV, 2018).

Ein wichtiger Grund für die Belastung des Bundeshaushalts ist der schleppende Fortschritt von Klimaschutz im Verkehrssektor, der derzeit für 37 Prozent aller Treibhausgasemissionen der Nicht-ETS-Sektoren verantwortlich ist (EEA, 2018; UBA, 2018c). Die Emissionen im Verkehrssektor sind in den vergangenen Jahren angestiegen, anstatt, wie im Klimaschutzplan 2050 der Bundesregierung vorgesehen, zu sinken. Vor allem die hohen Emissionen im Straßenverkehr sind ursächlich für diese Entwicklung. Neben einem Anstieg der Fahrleistung ist auch die mangelnde Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen im Verkehrssektor verantwortlich (SRU, 2017). Der Anteil erneuerbarer Energien ist im Verkehr nach wie vor gering und liegt bei nur 5 Prozent. Von den erneuerbaren Energien im Verkehrssektor stellen Biokraftstoffe aktuell 90 Prozent (vgl. BMWi, 2018a).

¹ Hans-Jochen Luhmann vom Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, zitiert nach „Das dicke Ende für Deutschland kommt noch“, FAZ vom 12.10.2018.

² Treibhausgasinventare liegen mit einem Zeitversatz von zwei Jahren vor. Somit wird sich erst im Jahr 2020 die Notwendigkeit des Zukaufs von Emissionsrechten für überschüssige Emissionen aus dem Jahr 2018 ergeben (Öko-Institut, 2018).

In dieser Studie geht es um die Frage, welchen Beitrag Biokraftstoffe bis zum Jahr 2030 zur Emissionsminderung im Verkehrssektor leisten werden. Die Ausgangsstoffe für die Biokraftstoffherstellung – dies gilt sowohl für Anbaubiomasse als auch für die Ausgangsstoffe abfallbasierter und fortschrittlicher Biokraftstoffe – können nur in begrenzten Mengen nachhaltig bereitgestellt werden. Entsprechend quantifiziert diese Studie, in welcher Höhe ein begrenzter Einsatz nachhaltig erzeugter Biokraftstoffe im Zeitraum 2021 bis 2030 Emissionen im deutschen Verkehrssektor einsparen kann. Darauf aufbauend trifft diese Studie eine Abschätzung, welche finanziellen Kosten für den Kauf von Emissionsrechten mit dem Einsatz von Biokraftstoffen für den Bundeshaushalt vermieden werden. Damit trägt die Studie zur aktuellen Diskussion über die Zukunft der Biokraftstoffe in Deutschland bei. Am 12. Dezember 2018 haben die Mitgliedstaaten im Rat der Europäischen Union der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie zugestimmt und somit die Rahmenbedingungen für die Zukunft der erneuerbaren Energien – darunter Biokraftstoffe – bis zum Jahr 2030 festgelegt.

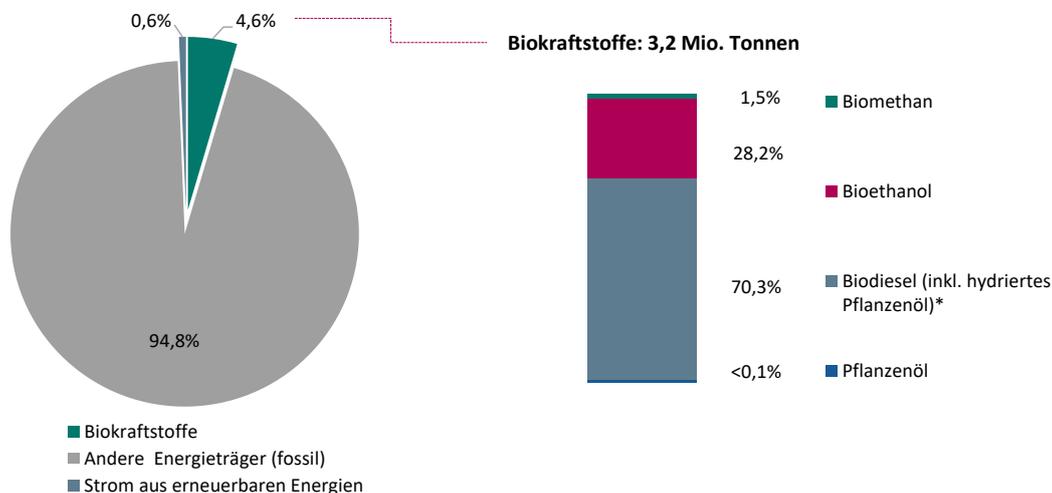
Diese Studie gliedert sich wie folgt: Zunächst wird in Abschnitt 2 die aktuelle Bedeutung von Biokraftstoffen für den Energiebedarf und die Emissionsminderung im Verkehr in Deutschland dargestellt. Abschnitt 3 beschreibt die klimapolitischen Ziele für die nicht vom Emissionshandel erfassten Sektoren und speziell den Verkehrssektor bis zum Jahr 2030. Zudem werden Konsequenzen einer Verfehlung der Klimaziele erläutert. Abschnitt 4 stellt die Analysen und Ergebnisse dieser Studie vor. Es werden zunächst Szenarien entwickelt, in denen in den Jahren 2021 bis 2030 unterschiedlich große Mengen Biokraftstoffe eingesetzt werden (Abschnitt 4.1). Es folgt eine Darstellung der entsprechenden energetischen Mengen Biokraftstoffe (Abschnitt 4.2) und eine Abschätzung der Emissionsminderung im Verkehrssektor, die mit dem Einsatz von Biokraftstoffen in den unterschiedlichen Szenarien bis zum Jahr 2030 verbunden ist (Abschnitt 4.3). Schließlich wird quantifiziert, welche Auswirkung auf den Bundeshaushalt mit dem Einsatz der Biokraftstoffe verbunden ist (Abschnitt 4.4). Abschnitt 5 zieht ein Fazit.

2. Der aktuelle Beitrag von Biokraftstoffen zur Emissionsminderung

2.1 Verbrauch und Rohstoffe

Biokraftstoffe sind flüssige oder gasförmige Kraftstoffe aus Biomasse, die für den Betrieb von Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommen. Sie werden überwiegend im Verkehrssektor eingesetzt und in Reinform oder als Beimischung zu fossilen Kraftstoffen verwendet. Im Jahr 2017 wurden im deutschen Verkehrssektor 3,2 Mio. Tonnen Biokraftstoffe eingesetzt (Abbildung 2-1). Den Großteil der Biokraftstoffe machten Biodiesel (70 Prozent) und Bioethanol (28 Prozent) aus, während Biomethan und Pflanzenöl eine untergeordnete Rolle spielten. Biokraftstoffe trugen insgesamt 4,6 Prozent zum Energieverbrauch des Verkehrssektors bei. Damit machten Biokraftstoffe den wesentlichen Bestandteil aller im Verkehrssektor eingesetzten erneuerbaren Energien aus, der im Jahr 2017 insgesamt bei 5,2 Prozent lag. Neben Biokraftstoffen wurden 0,6 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen eingesetzt (BMW, 2018a).

Abbildung 2-1:
Verbrauch von Biokraftstoffen im Verkehrssektor in Deutschland im Jahr 2017



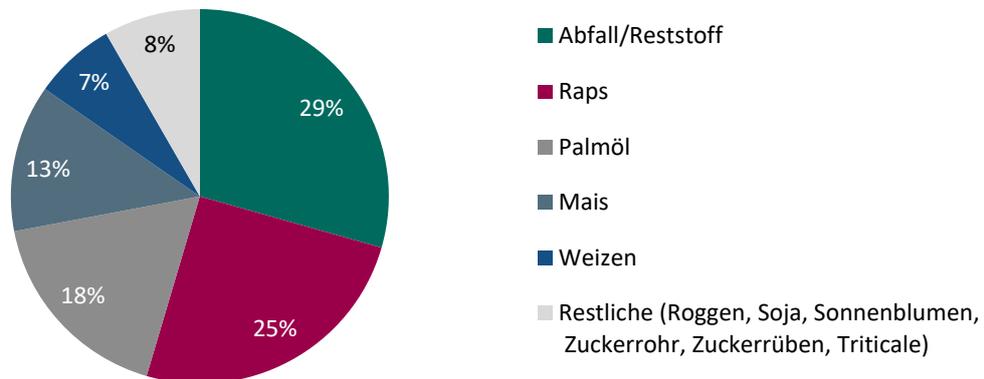
Notiz: *Verbrauch von Biodiesel im Verkehrssektor (ohne Land- und Forstwirtschaft, Baugewerbe und Militär).

Quelle: DIW Econ auf Basis von BMWi (2018a).

Für die Herstellung von Biokraftstoffen werden unterschiedliche Ausgangsstoffe genutzt. Ausgangsstoffe der in Deutschland in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe waren 2017 zu 29 Prozent Abfälle und Reststoffe, gefolgt von Raps (25 Prozent), Palmöl (18 Prozent) und Mais (13 Prozent, vgl. Abbildung 2-2).

Abbildung 2-2:

Ausgangsstoffe der in Deutschland in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe im Jahr 2017



Notiz: Die Abbildung umfasst in Deutschland in Verkehr gebrachte Kraftstoffe, für die eine Anrechnung auf die Treibhausgasemissionsminderungsquote oder Steuerentlastung beantragt wurde.

Quelle: BLE (2018) auf Basis der staatlichen Datenbank Nachhaltige-Biomasse-Systeme (Nabisy).

Die gesetzlichen Vorgaben legen differenzierte Regelungen für Biokraftstoffe aus unterschiedlichen Ausgangsstoffen fest. Mit Blick auf den Beitrag der Biokraftstoffe zum Klimaschutz bis zum Jahr 2030 ist für diese Studie die folgende Unterscheidung relevant:

- Biokraftstoffe aus Getreide und anderen Kulturpflanzen mit hohem Stärkegehalt, Zuckerpflanzen und Ölpflanzen werden in dieser Studie als **Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse** bezeichnet.³
- Biokraftstoffe aus Alt Speiseölen und tierischen Fetten.**
- Fortschrittliche Biokraftstoffe** gemäß der Definition der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie. Zu dieser Gruppe zählt eine große Zahl von unterschiedlichen Ausgangsstoffen, u.a. Algen, Biomasseanteile von bestimmten Abfällen und Reststoffen (nicht: Alt Speiseöle und tierische Fette), Stroh, Gülle und Klärschlamm, leere Palmfruchtbündel, Tallöl (-pech), Nussschalen, Hülsen und entkernte Maiskolben.

Die drei Gruppen bilden trennscharf alle aktuell und aller Voraussicht nach in Zukunft relevanten Arten von Biokraftstoffen ab, d.h. die Gesamtmenge der eingesetzten Biokraftstoffe kann als Summe der Mengen der drei Arten bestimmt werden. 71 Prozent der im Jahr 2017 in Deutschland in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe waren **Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse** (vgl. Abbildung 2-2). Die in

³ Synonym werden für diese Gruppe die Bezeichnungen „konventionelle Biokraftstoffe“ (vgl. z.B. Fortschrittsbericht der Bundesregierung, 2018) oder auch Biokraftstoffe aus „kultivierter Biomasse“ (vgl. z.B. BLE, 2018) verwendet.

Deutschland im Jahr 2016 eingesetzten Biokraftstoffe aus Abfällen und Reststoffen wurden zu 99 Prozent aus **Altspeiseölen- und Fetten** hergestellt (Bundesregierung, 2018). **Fortschrittliche Biokraftstoffe** machten 2016 erst 0,01 Prozent des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors aus (ebd.) und spielen somit aktuell noch keine wichtige Rolle.⁴ Allerdings werden sie in Zukunft an Bedeutung gewinnen, da sie gemäß der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie ab 2021 in den EU-Mitgliedstaaten mit verpflichtenden Mindestanteilen gefördert werden (dies wird in Abschnitt 4 dargestellt). Tabelle 2-1 schätzt auf Basis dieser Angaben die aktuelle Bedeutung von Biokraftstoffen aus den unterschiedlichen Ausgangsstoffen ab und stellt sie als Anteil des gesamten Energiebedarf des Verkehrssektors dar.

Tabelle 2-1:
Bedeutung von Biokraftstoffen nach Ausgangsstoffen im Jahr 2017

	Energetischer Anteil
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse	3,3 Prozent
Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten	1,3 Prozent
Fortschrittliche Biokraftstoffe	0,0 Prozent
Summe	4,6 Prozent

Notiz: Energetischer Anteil Biokraftstoffe am Endenergiebedarf des Verkehrssektors.

Quelle: DIW Econ auf Basis von BMWi (2018a), BLE (2018) und Bundesregierung (2018).

2.2 Beitrag zum Klimaschutz

Bei der energetischen Nutzung von Biokraftstoffen werden deutlich weniger Treibhausgase freigesetzt als bei der Verwendung fossiler Kraftstoffe, da die Verbrennung von Biokraftstoffen CO₂-neutral ist (UBA, 2018a). Das bedeutet, dass bei der Nutzung des Biokraftstoffs nur Kohlendioxid in dem Maße freigesetzt wird, wie es zuvor während des Pflanzenwachstums gebunden wurde. Folglich hat die Nutzung von Biokraftstoffen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen das Potential, Treibhausgasemissionen im Verkehr deutlich zu mindern. Bioethanol und Biodiesel leisten seit Jahren einen Beitrag zum Klimaschutz im deutschen Verkehrssektor (BMW, 2018b).

Aus ökologischer Sicht sind allerdings nicht nur die Emissionen bei der Verbrennung der Biokraftstoffe relevant, sondern auch die während des gesamten Herstellungsprozesses entstehenden Emissionen. So werden etwa in der Landwirtschaft durch das Düngen von Biomassepflanzen Treibhausgase emittiert. Hinzu kommen die Emissionen für Transport und Weiterverarbeitung der Rohstoffe zu dem fertigen Biokraftstoff. Eine Grundvoraussetzung dafür, dass Biokraftstoffe im Vergleich zu fossilen

⁴ Ausgangsstoffe dieser Biokraftstoffe waren in privaten Haushalten gesammelte Bioabfälle und Industrieabfälle.

Kraftstoffen insgesamt – also bei Herstellung und Verwendung – Emissionseinsparungen mit sich bringen, ist vor allem ein umweltverträglicher und klimaschutzorientierter Anbau der Ausgangsstoffe.

Um dies sicherzustellen, hat die Bundesregierung die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV) erlassen. Diese spannt die rechtlichen Rahmenbedingungen in Deutschland für die nachhaltige Produktion vom Anbau über den Transport bis hin zur Konversion der Pflanzen auf und dient der Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien der Erneuerbare-Energien-Richtlinie.

Im Wesentlichen gelten Biokraftstoffe nur dann als nachhaltig hergestellt, wenn

- sie beim gesamten Herstellungsprozess und der Verwendung im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen mindestens 50 Prozent⁵ an Treibhausgasen einsparen,
- sie nicht aus Rohstoffen hergestellt werden, zu deren Gewinnung Flächen mit hohem Wert hinsichtlich der biologischen Vielfalt und des Kohlenstoffgehalts eingesetzt werden. Damit sind Rodung von Wäldern, Trockenlegung von Torfmooren und Grünlandumbruch in Deutschland, der EU und Drittländern verboten.

In Deutschland ist die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) für die Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien beziehungsweise für die Kontrolle der Zertifizierung zuständig. Zudem berechnet die BLE für Deutschland jährlich in ihrem Evaluations- und Erfahrungsbericht (BLE, 2018) biokraftstoffbedingte Emissionseinsparungen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen unter Einbeziehung des gesamten Herstellungsprozesses.⁶ Die Treibhausgasbilanz hängt unter anderem von Art und Herkunft der verwendeten Ausgangsstoffe ab. So gehören beispielsweise bei der Biodieselherstellung Abfälle und Reststoffe zu den Ausgangsstoffen mit den prozentual größten Emissionseinsparungen im Vergleich zur fossilen Referenz. Die mittlere prozentuale Treibhausgaseinsparung aller in Deutschland im Jahr 2017 in Verkehr gebrachten Biokraftstoffe betrug 81 Prozent gegenüber fossilen Kraftstoffen. Laut BLE wurden im Jahr 2017 insgesamt über Herstellung und Verwendung 7,7 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente (Äq) durch den Einsatz von Biokraftstoffen eingespart (ebd.).

Über Biokraftstoffe, vor allem über Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse, wird jedoch auch kontrovers debattiert; denn grundsätzlich konkurriert die Anbaufläche für Biomasse sowie die energetische

⁵ Nach § 8 der Biokraft-NachV gelten die 50 Prozent für Biokraftstoffproduzenten, die ihre Anlage vor Oktober 2015 in Betrieb genommen haben; es sind mindestens 60 Prozent, wenn die Anlage nach Oktober 2015 in Betrieb genommen wurde.

⁶ Zur Berechnung der Emissionseinsparung wurden alle Biokraftstoffe berücksichtigt, für die eine Anrechnung auf die Biokraftstoffquote oder eine Steuerentlastung beantragt wurde. Die Berechnung der Emissionseinsparung erfolgt dabei nach § 8 Abs. 2 der Anlage 1 der Biokraft-NachV. Im Detail ergeben sich die Gesamtemissionen vor allem aus den Emissionen bei der Gewinnung der Rohstoffe (insb. Anbau und Ernte von Biomasse), Emissionen von Kohlenstoffbestandsänderungen infolge von Landnutzungsänderungen, bei der Verarbeitung, Lieferung und der Nutzung des Kraftstoffs.

Nutzung von Biomasse als Biokraftstoff mit anderen Verwendungsmöglichkeiten. Im Wesentlichen spielen bei der Debatte um Biokraftstoffe die Nutzungskonkurrenz zwischen Anbauflächen für Biomasse und für Nahrungs- und Futtermittel („Tank oder Teller“) eine Rolle, aber auch die Konkurrenz verschiedener energetischer Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse (Kraftstoff, Heizwärme in Haushalten, Prozesswärme in der Industrie) und der stofflichen Nutzung von Biomasse (vgl. UBA, 2018b; SRU, 2007). Zudem werden die Ausweitung von Ackerflächen für den Anbau von Biomasse für die Biokraftstoffherstellung und die damit verbundenen indirekten Landnutzungsänderungen diskutiert (Searchinger et al., 2008; Finkbeiner, 2014). Indirekte Landnutzungsänderungen können beispielsweise die Verdrängung von bestehender landwirtschaftlicher Produktion auf neue, zuvor nicht landwirtschaftlich genutzte Flächen (indirekte Landnutzungsänderung) umfassen und die damit verbundene Freisetzung von „indirekten“ Treibhausgasemissionen.

Diskussionen darum machen deutlich, dass Biokraftstoffe in ihrem Mengenpotenzial begrenzt sind, da sie nur in eingeschränktem Umfang nachhaltig erzeugt werden können. Daher werden Biokraftstoffe auch bis 2030 nur eine von mehreren unterschiedlichen Komponenten zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors darstellen. Dies wird in dieser Studie berücksichtigt, indem Biokraftstoffe – sowohl aus Anbaubiomasse als auch abfallbasierte und andere fortschrittliche Biokraftstoffe – nur in eng begrenzten Mengen berücksichtigt werden.

3. Klimaschutz im Verkehr

3.1 Die Klimabilanz des Verkehrssektors

Im Gegensatz zur insgesamt rückläufigen Entwicklung der Treibhausgasemissionen zwischen 1990 und 2017 in Deutschland sind die Emissionen im Verkehrssektor seit 2009 angestiegen. Insgesamt lagen sie im Jahr 2017 mit 171 Mio. Tonnen CO₂-Äq um 3,8 Prozent höher als im Jahr 1990 (vgl. Abbildung 3-1). Der Verkehrssektor, der im Jahr 2016 für 18 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich war, ist damit ein wesentlicher Treiber der gesamten Emissionsentwicklung.

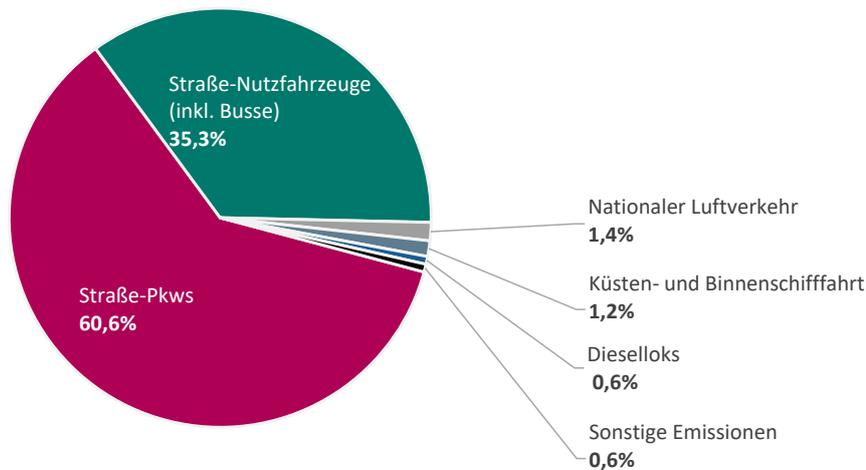
Abbildung 3-1:
Historische Entwicklung der Emissionen in Mio. Tonnen CO₂-Äq im Verkehrssektor und nationales Klimaschutzziel für 2030



Quelle: DIW Econ auf Basis von UBA (2018c) und Nahzeitprognose für 2017 UBA (2018d).

Die Emissionen im Verkehrssektor sind wiederum fast ausschließlich auf die Emissionen im Straßenverkehr zurückzuführen. Insgesamt ist der Straßenverkehr (Pkw und Nutzfahrzeuge) für rund 96 Prozent der Emissionen im Verkehr verantwortlich (vgl. Abbildung 3-2). Zwar ist insgesamt ein rückläufiger Trend bei den Treibhausgasemissionen pro Verkehrsleistung erkennbar, diese Verbesserung geht jedoch mit einem Mehr an Verkehr einher, sodass die Emissionen insgesamt steigen, anstatt zu sinken (vgl. BMVI, 2018; UBA, 2018e).

Abbildung 3-2:
Emissionsquellen im Verkehr im Jahr 2016



Quelle: BMU (2018).

Vor welchen Herausforderungen der Klimaschutz im Verkehr in Zukunft steht, unterstreicht die amtliche Vorausschau auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen, zu der die Bundesregierung (wie die Regierung jedes anderen EU-Mitgliedstaates) laut EU-Verordnung 525/2013 (Artikel 13) alle zwei Jahre verpflichtet ist. Der jüngste „Projektionsbericht 2017“ wurde im April 2017 an die EU-Kommission übermittelt. Gemäß der Aktualisierung dieses Berichts durch das Öko-Institut (Agora Verkehrswende, 2018)⁷ ist davon auszugehen, dass die Emissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 im Vergleich zu 1990 lediglich um knapp 18 Millionen Tonnen sinken, wenn keine weiteren politischen Maßnahmen über die bereits beschlossenen Maßnahmen hinaus ergriffen werden („Mit-Maßnahmen-Szenario, MMS“, vgl. Abbildung 3-1, Agora Verkehrswende, 2018). Angesichts des derzeitigen Emissionstrends im Verkehrssektor scheint diese Prognose optimistisch – aktuell ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass die Emissionen deutlich höher ausfallen (AEAV, 2018).

3.2 Klimaschutzziele im Verkehrssektor

Deutschland hat grundsätzlich zwei Arten von Klimaschutzzielen, die den Verkehrssektor betreffen.

Dies sind einerseits nationale Ziele, die von Bundesregierung und Bundestag formuliert und festgelegt wurden. So hat die Bundesregierung beschlossen, gemäß ihrem Klimaschutzplan 2050 über alle Sektoren hinweg bis zum Jahr 2030 eine Treibhausgaseinsparung von 55 Prozent gegenüber 1990 zu

⁷ Das Öko-Institut hat im Auftrag von Agora Verkehrswende untersucht, wie sich die Fortschreibung der Pkw-CO₂-Regulierung auf das Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr auswirkt, vgl. Agora Verkehrswende (2018b).

erreichen. Für den Verkehrssektor wird eine Treibhausgasminderung von 40 bis 42 Prozent (gegenüber 1990) bis zum Jahr 2030 angestrebt, das entspräche einer Restemission des Verkehrs von höchstens 98 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2030 (vgl. Abbildung 3-1, UBA, 2018c).⁸ Die nationalen Ziele sind bislang nicht rechtlich bindend.

Andererseits ist die Europäische Union wichtiger Impulsgeber bei den internationalen Klimaverhandlungen und verpflichtet ihre Mitgliedstaaten zu europarechtlich verbindlichen Zielen, die auch die Emissionen und den Klimaschutz im Verkehrssektor betreffen.

Zum einen werden explizit für den Verkehrssektor Vorgaben durch die **Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RL 2009/28/EG) (kurz: EER) beziehungsweise durch deren Neufassung (RL 2018/2001/EG) (kurz EER II)** gemacht. Die EER und EER II legen für alle Mitgliedstaaten geltende Mindestanteile des Endenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen im Verkehrssektor fest. Nach EER müssen im Jahr 2020 mindestens zehn Prozent und nach der Neufassung der EER für die Zeit 2021 bis 2030 mindestens 14 Prozent des Energieverbrauchs im Verkehrssektor aus erneuerbaren Energiequellen gewonnen werden. Zur Zielerreichung sind Mehrfachanrechnungen für Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten, fortschrittliche Biokraftstoffe sowie E-Mobilität Straße und Schiene vorgesehen (vgl. Box 4-1).

Zum anderen ist der Verkehrssektor indirekt durch EU-Vorgaben zur Emissionsminderung betroffen. So ist Deutschland dazu verpflichtet, Treibhausgasemissionen in den Sektoren, die nicht vom EU-Emissionshandel abgedeckt sind (sog. Nicht-ETS-Sektoren), zu reduzieren. Zu den Nicht-ETS-Sektoren zählen im Wesentlichen Gebäude, Abfall- und Landwirtschaft sowie der Verkehrssektor. Die Emissionsreduktionsziele für die deutschen Nicht-ETS-Sektoren sind nach der **EU Effort Sharing Decision (kurz: ESD, deutsch: Lastenteilungsentscheidung)** bis 2020 auf 14 Prozent und nach der **EU Effort Sharing Regulation (kurz: ESR, deutsch: Lastenteilungsverordnung)** bis 2030 auf 38 Prozent gegenüber 2005 festgelegt. Im Gegensatz zu den Zielwerten der EER II sind bei den Reduktionszielen der Emissionen keine Mehrfachanrechnungen möglich. Die Minderungsziele werden für jeden EU-Mitgliedstaat in jährliche Emissionszuweisungen⁹ übersetzt, wobei die Summe aller Emissionszuweisungen unter dem Minderungspfad das gesamte Emissionsbudget 2021 bis 2030 ergibt. Die Zuweisung der Emissionen für die Jahre 2021 bis 2030 erfolgt im Jahr 2020; der Startwert ist vom Mittelwert der ESD-Emissionen der Jahre 2016 bis 2018 abhängig (Öko-Institut, 2018). Auf Basis der vorliegenden Daten der Emissionen in den Jahren 2016 und 2017 ist es jedoch möglich, eine relativ

⁸ Der Zielwert für das Jahr 2030 ergibt sich durch eine Minderung der Emissionen von mindestens 40 Prozent gegenüber den Emissionen im Verkehrssektor im Jahr 1990, die 164 Mio. CO₂-Äq betragen.

⁹ „Annual Emission Allowances“, AEA; eine AEA entspricht einer Tonne CO₂-Äq.

genaue Abschätzung des Emissionsbudgets für Deutschland für den Zeitraum von 2021 bis 2030 zu treffen.

Die bisherige Entwicklung der Treibhausgasemissionen in den Nicht-ETS-Sektoren in Deutschland zeigt eine geringfügige Treibhausgasminderung von 1,5 Prozent zwischen 2005 und 2017 auf (EEA, 2018). Dabei verursacht der Verkehrssektor im Jahr 2016 37 Prozent der Treibhausgasemissionen des Nicht-ETS-Sektors und ist damit ein wesentlicher Treiber der Gesamtentwicklung in den Nicht-ETS-Sektoren. Der aktuelle Emissionstrend macht angesichts der knappen verbleibenden Zeit deutlich, dass sowohl die Erreichung der nationalen Ziele für den Verkehrssektor als auch die Erreichung der durch die EU vorgegebenen Mindestverpflichtungen in den Nicht-ETS-Sektoren wesentliche klimapolitische Herausforderungen darstellen. Projektionen weisen darauf hin, dass Deutschland auf eine deutliche Verfehlung der europarechtlichen Klimaschutzverpflichtungen aus dem Effort Sharing für den Zeitraum 2021 bis 2030 zusteuert (AEAV, 2018 und Öko-Institut, 2018).

3.3 Kosten für den Bundeshaushalt bei Nicht-Einhaltung der Klimaziele

Es ist vorgesehen, dass ein EU-Mitgliedstaat im Falle einer Verfehlung der Ziele entsprechend der EU-Effort Sharing Regulation bei anderen EU-Mitgliedstaaten überschüssige Nicht-ETS-Emissionsrechte kaufen muss, um seine Unterdeckung auszugleichen. Für die Durchführung und Überwachung ist eine jährliche Berichterstattung der Treibhausgasemissionen durch die Mitgliedstaaten vorgesehen. Ob die Berichterstattung der Mitgliedstaaten den tatsächlichen Emissionen entspricht und ob die Verpflichtungen erfüllt wurden, wird von der Europäischen Kommission alle 5 Jahre überprüft. Eine Kontrolle ist im Jahr 2027 (für die Jahre 2021 bis 2025) und eine im Jahr 2032 (für die Jahre 2026 bis 2030) vorgesehen. Stellt sich heraus, dass ein Mitgliedstaat seine jährlichen Emissionszuweisungen für ein beliebiges Jahr des Zeitraums trotz Inanspruchnahme der Flexibilitätsmöglichkeiten (z.B. Zukauf von Emissionszuweisungen von anderen Mitgliedstaaten) überschreitet, wird das Defizit mit einem Faktor von 1,08 multipliziert und der Verpflichtung für das Folgejahr zugeschlagen.

Die Studie „Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt“ hat eine Abschätzung getroffen, welche Zielverfehlung für die Nicht-ETS-Sektoren für die Periode 2021 bis 2030 zu erwarten ist und wie hoch die Kosten sind, die für den Bundeshaushalt in diesem Zusammenhang entstehen (AEAV, 2018). Tabelle 3-1 zeigt, dass mit erheblichen Zielverfehlungen zu rechnen ist: Das erwartete Defizit im Nicht-ETS-Bereich steigt von mehr als 10 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2021 auf über 50 Mio. Tonnen im Jahr 2025 und über 100 Mio. Tonnen im Jahr 2030 an. Kumuliert über den Zeitraum von 2021 bis 2030 errechnet die Studie ein Defizit von über 600 Mio. Tonnen CO₂-Äq. Die Berechnung dieses Defizits beruht auf einer optimistischen Prognose der Entwicklung der Emissionen im Nicht-ETS-

Bereich, die eine jährliche Minderung von -1 Prozent ab dem Jahr 2018 zugrunde legt. Es handelt sich folglich um eine konservative Abschätzung der Klimaschutzlücke (AEAV, 2018).

Tabelle 3-1:
Kosten für den Bundeshaushalt zur Kompensation des Defizits an Nicht-ETS-Emissionsrechten, 2021 bis 2030

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021- 2030
Erwartete Klimaschutz- lücke (Mio. t CO₂-Äq)	-12	-23	-34	-45	-56	-67	-78	-89	-101	-112	-616
Kosten für den Bundeshaushalt (Mrd. Euro)	0,6- 1,2	1,1- 2,3	1,7- 3,4	2,2- 4,5	2,8- 5,6	3,3- 6,7	3,9- 7,8	4,5- 8,9	5,0- 10,1	5,6- 11,2	31- 62

Notiz: Kosten für den Bundeshaushalt bei Preisen der Nicht-ETS-Emissionsrechte von 50 bis 100 Euro/Tonne CO₂-Äq.

Quelle: AEAU (2018).

Wie teuer der Ausgleich des Nicht-ETS-Defizits für Deutschland durch Zukauf von Emissionsrechten anderer Länder werden könnte, ist schwer zu prognostizieren. Die Preise von Nicht-ETS-Emissionsrechten in den Jahren von 2021 bis 2030 werden von der Angebots- und Nachfragesituation in Europa bestimmt. Der aktuelle Preis für Emissionszertifikate im Europäischen Emissionshandel lag im Januar 2019 bei etwa 24 Euro je Tonne CO₂-Äq. Da der Markt für Nicht-ETS-Zertifikate („Annual Emission Allowances“) von Knappheit geprägt sein wird und die Emissionsvermeidungskosten in den Nicht-ETS-Sektoren hoch sind, setzt die Studie „Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt“ für den Zeitraum von 2021 bis 2030 für die Kosten der Emissionsrechte im Nicht-ETS-Bereich einen deutlich höheren Preis in Höhe von 50 bis 100 Euro je Tonne CO₂ an (AEAV, 2018).¹⁰

Im Ergebnis kommt die Studie zu dem Schluss, dass für den Zeitraum 2021 bis 2030 erhebliche Kostenrisiken für den Bundeshaushalt entstehen. Kumuliert ist gemäß AEAU (2018) im Zeitraum von 2021 bis 2030 von einem Kostenrisiko für den Steuerzahler in Höhe von 30 bis 60 Milliarden Euro auszugehen.

¹⁰ Die Studie „Die Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt“ von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018) stellt dar, dass es für Deutschland nicht möglich sein wird, zur Erfüllung der Verpflichtungen aus der ESR ungenutzte Emissionsrechte aus der Zeit vor 2020 anzurechnen. Im Falle Deutschlands ist auch kein Ausgleich der Überschüsse im Nicht-ETS-Bereich mithilfe des ETS-Sektors zulässig.

4. Der Beitrag der Biokraftstoffe zum Klimaschutz bis 2030

Angesichts der großen Herausforderungen, denen der Klimaschutz im Verkehr gegenübersteht, ist eine Kombination verschiedener Klimaschutzinstrumente erfolgsversprechend (SRU, 2017). Notwendig wird eine Kombination von Vermeidung, Verlagerung, Effizienz und neuen Antrieben sein. Eine Dekarbonisierung von Kraftstoffen wird als Ergänzung zu neuen Antrieben ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Zu den dekarbonisierten Kraftstoffen gehören strombasierte Kraftstoffe und Biokraftstoffe.

In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass Biokraftstoffe bis zum Jahr 2030 zusätzlich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen im Verkehr in begrenztem Umfang fossile Kraftstoffe ersetzen. Im Folgenden wird abgeschätzt, welche Emissionsminderung mit dem Einsatz von Biokraftstoffen in den Jahren 2021 bis 2030 verbunden ist und welche Kostenrisiken damit für den Bundeshaushalt vermieden werden können.

Abschnitt 4 gliedert sich wie folgt:

- **Abschnitt 4.1:** Entwicklung von Szenarien für den energetischen Anteil der Biokraftstoffe am Endenergiebedarf des Verkehrssektors in den Jahren 2021 bis 2030.
- **Abschnitt 4.2:** Ermittlung der entsprechenden energetischen Mengen an Biokraftstoffen.
- **Abschnitt 4.3:** Berechnung des Emissionsminderungsbeitrags der Biokraftstoffe für jedes Szenario.
- **Abschnitt 4.4:** Abschätzung der damit verbundenen Einsparungen von Kosten für Emissionsrechte für den Bundeshaushalt.

4.1 Szenarien: Energetische Anteile an Biokraftstoffen 2021 bis 2030

Mit Blick auf den zukünftigen Einsatz von Biokraftstoffen in Deutschland sind europarechtliche Vorgaben von wesentlicher Bedeutung. Die Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (EER II) spezifiziert Zielwerte und Nachhaltigkeitskriterien für den Einsatz von Biokraftstoffen (vgl. Box 4-1).

Box 4-1: Europarechtliche Vorgaben zu erneuerbaren Energien bis 2030

Die Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RL 2018/2001/EG) formuliert als Ziel für das Jahr 2030 einen Anteil von 14 Prozent erneuerbarer Energien im Verkehrssektor (Art. 25 Abs. 1). Für Biokraftstoffe trifft die Richtlinie differenzierte Regelungen in Abhängigkeit vom verwendeten Ausgangsstoff. Die im Folgenden genannten Prozentwerte beziehen sich auf den Endenergiebedarf des Verkehrssektors.

Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse: *Rohstoffe zur Produktion dieser Biokraftstoffe sind ölhaltige und stärke-/zuckerhaltige Kulturpflanzen.*

- Sie können bis maximal 7 Prozent auf das 14-Prozent-Ziel angerechnet werden (oder den Wert des Jahres 2020 um maximal 1 Prozentpunkt überschreiten, um auf das Ziel angerechnet zu werden). Mitgliedstaaten können die Nutzung auf nationaler Ebene weiter beschränken. Das 14-Prozent-Ziel kann in diesem Fall entsprechend abgesenkt werden.
- Sie werden mit dem Einfachen ihres Energiegehalts auf das 14-Prozent-Ziel angerechnet.
- Die Verwendung von Biokraftstoffen, mit denen hohe Risiken für indirekte Landnutzungsveränderungen (iLUC) einhergehen, ist zeitlich begrenzt (Artikel 26, Abs. 2). Sie werden bis 2030 schrittweise auf 0 Prozent reduziert. Welche Rohstoffe genau von dieser Regelung betroffen sind, muss die Europäische Kommission bis Anfang Februar 2019 definieren.

Biokraftstoffe aus tierischen Fetten und Altspeseölen (gemäß Anhang IX, Teil B): *Zur Produktion werden beispielsweise Fette aus Schlachtabfällen oder gebrauchtes Frittieröl eingesetzt.*

- Ihr physischer Anteil ist auf 1,7 Prozent begrenzt (Artikel 27 Abs. 1).
- Sie können mit dem Doppelten ihres Energiegehalts auf das 14-Prozent-Ziel angerechnet werden, um die Nutzung dieser Kraftstoffe zu fördern (Artikel 27 Abs. 2). Der physische Maximalanteil von 1,7 Prozent entspricht somit einem rechnerischen Anteil von 3,4 Prozent.

Fortschrittliche Biokraftstoffe (gemäß Anhang IX, Teil A): *Rohstoffe zur Produktion dieser Biokraftstoffe sind u.a. Algen, Biomasseanteile von bestimmten Abfällen und Reststoffen, Stroh, Gülle und Klärschlamm, leere Palmfruchtbündel, Tallöl(-pech), Nussschalen, Hülsen und entkernte Maiskolben.*

- Ihre Nutzung wird durch folgende Zielwerte gefördert:
 - Es gilt ein physischer Mindestanteil von 1,75 Prozent im Jahr 2030 (Artikel 25 Abs. 1).
 - Darüber hinaus sind Zwischenziele für das Jahr 2022 (0,1 Prozent) und 2025 (0,5 Prozent) definiert.
- Sie können mit dem Doppelten ihres Energiegehalts auf das 14-Prozent-Ziel angerechnet werden, um die Nutzung dieser Kraftstoffe zu fördern (Artikel 27 Abs. 2). Das bedeutet, dass mit physischen Anteilen von 1,75 Prozent im Jahr 2030 (bzw. 2022: 0,1 und 2025: 0,5 Prozent) rechnerische Anteile von 3,5 Prozent (bzw. 2022: 0,2 und 2025: 1,0 Prozent) erreicht werden.

Das 14-Prozent-Ziel kann nicht nur durch den Einsatz von Biokraftstoffen, sondern auch durch den Einsatz von **Elektromobilität** erreicht werden. Um die Elektromobilität zu fördern, kann ihr energetischer Anteil im Straßenverkehr 4-fach und im Schienenverkehr 1,5-fach auf das 14-Prozent Ziel angerechnet werden (Artikel 27 Abs. 2).

Quelle: DIW Econ.

Es gilt, dass die Mitgliedstaaten für ihre nationalen Ziele über die Zielwerte der EER II hinausgehen dürfen, diese dann jedoch nicht auf die europarechtlichen Vorgaben zu erneuerbaren Energien anrechnen lassen können. Basierend auf den Zielwerten der EER II werden in dieser Studie drei Szenarien zum Einsatz von Biokraftstoffen in Deutschland für die Jahre 2021 bis 2030 entwickelt. Tabelle 4-1 stellt dar, welche Werte für Biokraftstoffe aus den verschiedenen Ausgangsstoffen in den drei Szenarien angenommen werden. Die Tabelle bildet auch ab, wie sich diese Werte im Vergleich zum Jahr 2017, dem Status Quo, verhalten.¹¹

Tabelle 4-1:
Energetische Anteile an Biokraftstoffen 2021 bis 2030

Status Quo (2017)		Entwicklung 2021 bis 2030	
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse	3,3 Prozent	Minimalszenario	0,0 Prozent (konstant)
		Mittleres Szenario	3,5 Prozent (konstant)
		Maximalszenario	7,0 Prozent (konstant)
Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten	1,3 Prozent	in allen Szenarien	1,7 Prozent (konstant)
Fortschrittliche Biokraftstoffe	0,0 Prozent	in allen Szenarien	2022: 0,1 Prozent 2025: 0,5 Prozent 2030: 1,75 Prozent (linear interpoliert)

Notiz: Energetischer Anteil an Biokraftstoffen am Endenergiebedarf des Verkehrssektors.

Quelle: DIW Econ.

Die Szenarien unterscheiden sich allein in Bezug auf den unterstellten Anteil der **Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse**. Die in den Szenarien angenommenen Anteile der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse orientieren sich an den Zielwerten der EER II. Im hier betrachteten Maximalszenario beträgt der Anteil Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse in den Jahren 2021 bis 2030 7 Prozent. Im Minimalszenario hingegen werden ab 2021 keine Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse mehr eingesetzt. Im mittleren Szenario wird von einem Anteil von 3,5 Prozent Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse ausgegangen. Der

¹¹ Die in dieser Studie betrachteten energetischen Anteile der Biokraftstoffe sind tatsächliche (physische) Anteile, die zum Teil mehrfach auf das 14-Prozent-Ziel angerechnet werden können. Das Konzept von Mehrfachanrechnungen bedeutet, dass der Zielwert von 14 Prozent erneuerbare Energien im Verkehr im Jahr 2030 mit einem deutlich geringeren *tatsächlichen* Anteil erneuerbare Energien erreicht werden kann.

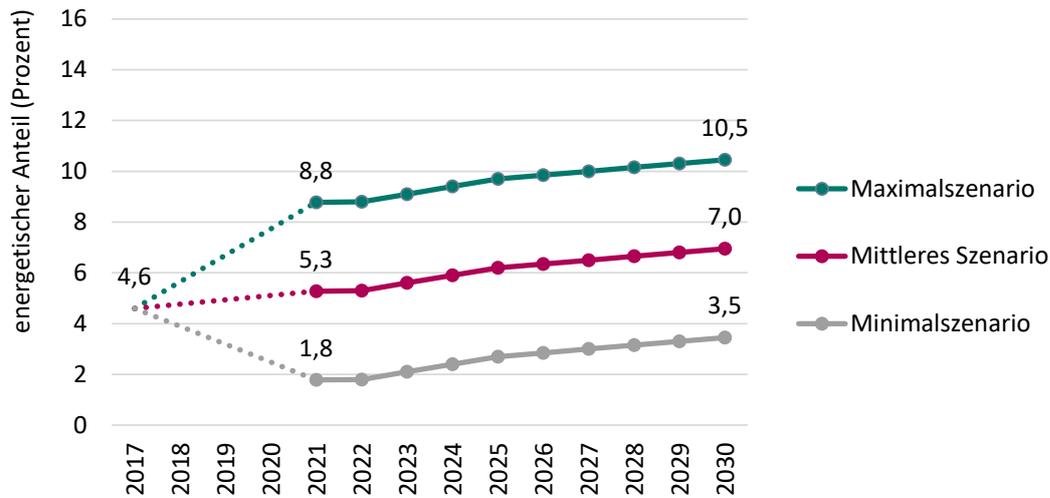
Wert von 3,5 Prozent liegt in der Mitte zwischen Minimal- und Maximalwert und entspricht etwa einer Fortschreibung des Status Quo (3,3 Prozent im Jahr 2017).

Auch für Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten und für fortschrittliche Biokraftstoffe macht die EER II Zielvorgaben (vgl. Anhang IX Teil B und A). Die in der Studie unterstellten Anteile erfüllen diese vollumfänglich und sind in allen Szenarien gleich groß: Der Anteil der **Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten** liegt bei 1,7 Prozent in den Jahren 2021 bis 2030. Dieser Wert entspricht der Obergrenze, die in der EER II für diese Art von Biokraftstoffen vorgesehen ist. Der Anteil dieser Biokraftstoffe betrug im Jahr 2017 bereits 1,3 Prozent; es ist davon auszugehen, dass es sich um eine bevorzugte Erfüllungsoption zur Erreichung des Ziels von 14 Prozent erneuerbare Energien im Verkehrssektor handelt. Für **fortschrittliche Biokraftstoffe**, die aktuell noch kaum im Markt vertreten sind, wird unterstellt, dass sich ihr Beitrag nach den Mindestvorgaben der EER II entwickeln wird. In allen Szenarien steigt der Anteil fortschrittlicher Biokraftstoffe von 0,1 Prozent im Jahr 2022 auf 1,75 Prozent im Jahr 2030 an.¹²

Das mittlere Szenario wird aus heutiger Sicht als realistischstes Szenario betrachtet. Aus diesem Grund liegt der Fokus der Studie auf diesem Szenario. Das Maximalszenario bildet ab, welches Potential insgesamt besteht.

¹² Es handelt sich um physische Anteile. In den Jahren, für die es keine Vorgaben aus der EER II gibt, wird ein linearer Anstieg angenommen.

Abbildung 4-1:
Szenarien zum energetischen Anteil von Biokraftstoffen, 2021 bis 2030



Notiz: Energetischer Anteil Biokraftstoffe am Endenergiebedarf des Verkehrssektors. Gerundete Werte.

Quelle: DIW Econ.

Die energetischen Anteile, die Biokraftstoffe insgesamt am Endenergiebedarf des Verkehrssektors beitragen, sind in Abbildung 4-1 dargestellt. In allen Szenarien führt der graduelle Anstieg der fortschrittlichen Biokraftstoffe zu steigenden Werten der gesamten energetischen Anteile der Biokraftstoffe ab dem Jahr 2022. Allerdings unterscheiden sich die gesamten energetischen Anteile der Biokraftstoffe aus den unterschiedlichen Rohstoffen je nachdem, welcher Beitrag der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse unterstellt wird: Im **Minimalszenario** – ohne Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse – fällt der energetische Anteil der Biokraftstoffe im Vergleich zum Status Quo (2017) auf 1,8 Prozent im Jahr 2021 zunächst ab und steigt dann wieder langsam auf 3,5 Prozent im Jahr 2030 an. Im **mittleren Szenario** – Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse verbleiben auf ähnlichem Niveau wie 2017 – steigt der Anteil der Biokraftstoffe von 5,3 Prozent im Jahr 2021 auf 7,0 Prozent im Jahr 2030 an. Im **Maximalszenario** – der Anteil der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse liegt ab dem Jahr 2021 konstant bei 7 Prozent – steigt der Biokraftstoffanteil von 8,8 Prozent im Jahr 2021 auf 10,5 Prozent im Jahr 2030 an.

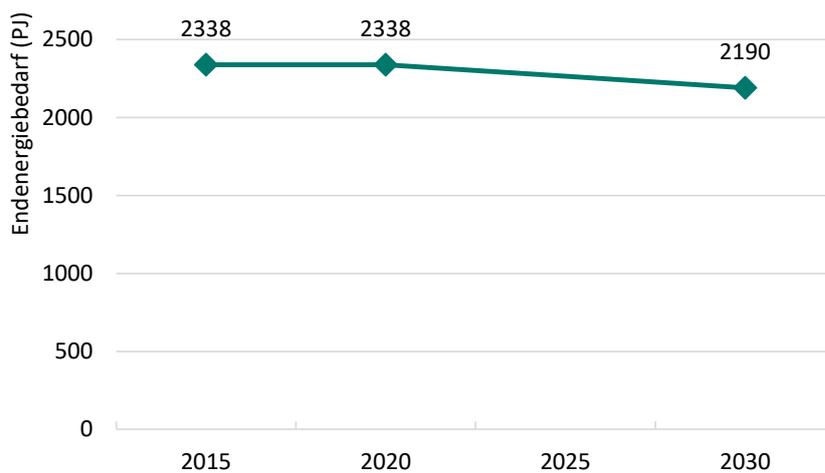
4.2 Energetische Mengen gemäß Prognose des Endenergiebedarfs

Um aus den energetischen Anteilen die eingesetzten und zu produzierenden Mengen Biokraftstoffe zu ermitteln, wird ein prognostizierter Endenergiebedarf des Verkehrssektors für den Zeitraum 2021 bis 2030 zugrunde gelegt. Die Berechnungen in dieser Studie basieren auf einer Aktualisierung des

Projektionsberichts 2017 der Bundesregierung durch das Öko-Institut und International Council on Clean Transportation (ICCT) (Referenzszenario aus Agora Verkehrswende, 2018a).¹³

Es wird ein Endenergiebedarf des Verkehrssektors von 2.338 Petajoule (PJ) im Jahr 2020 angenommen, der bis zum Jahr 2030 auf 2.190 PJ sinkt. Dies entspricht einer Reduktion von 6 Prozent seit 2015 (Abbildung 4-2).

Abbildung 4-2:
Prognostizierter Endenergiebedarf des Verkehrssektors, 2020 bis 2030



Quelle: DIW Econ auf Basis von Referenzszenario aus Agora Verkehrswende (2018a).

Bei der Auswahl der Prognose wurde konservativ vorgegangen. Die tatsächliche Entwicklung des Energieverbrauchs des Verkehrs in den letzten Jahren legt nahe, dass der Endenergiebedarf im Jahr 2020 eher höher als prognostiziert ausfällt (Öko-Institut, 2017). Insofern ist davon auszugehen, dass auch das Emissionsminderungspotential von Biokraftstoffen insgesamt eher größer ausfällt als in dieser Studie berechnet. Dies gilt, da die Zielwerte für die eingesetzten Mengen Biokraftstoffe gemäß der EER II als Anteile des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors definiert sind und somit umso höher ausfallen, je höher der gesamte Endenergiebedarf des Verkehrssektors ist.

Tabelle 4-2 zeigt die energetischen Mengen Biokraftstoffe, die mit den jeweiligen energetischen Anteilen in den untersuchten Szenarien am Ende des modellierten Zeitraums, im Jahr 2030, verbunden

¹³ Der Projektionsbericht der Bundesregierung bildet ab, wie sich die Emissionen im Verkehrssektor entwickeln, wenn alle aktuell beschlossenen Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden („Mit-Maßnahmen-Szenario“, MMS) und die Verkehrsnachfrage sich gemäß der Verkehrsprognose des BMVI entwickelt. Der jüngste Projektionsbericht wurde im April 2017 an die EU-Kommission übermittelt. Er ist die „amtliche Vorausschau“ auf die Entwicklung der Treibhausgasemissionen. Öko-Institut und ICCT haben im Auftrag der Agora Verkehrswende im Jahr 2018 eine Aktualisierung des Projektionsberichts vorgenommen und die Auswirkungen der neuesten Beschlüsse zum Klimaschutz erfasst (Agora Verkehrswende, 2018a).

sind. Den nachfolgenden Berechnungen liegt die Annahme zugrunde, dass entsprechende Mengen Biokraftstoffe gemäß den Vorgaben der Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung erzeugt werden können.

Tabelle 4-2:
Energetische Mengen Biokraftstoffe im Jahr 2030

	Energetischer Anteil (Prozent)	Menge Biokraftstoffe (PJ)
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse		
Minimalszenario	0	0
Mittleres Szenario	3,5	77
Maximalszenario	7	153
Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten		
	1,7	37
Fortschrittliche Biokraftstoffe	1,75	38

Notiz: Energetischer Anteil Biokraftstoffe am Endenergiebedarf des Verkehrssektors.

Quelle: DIW Econ.

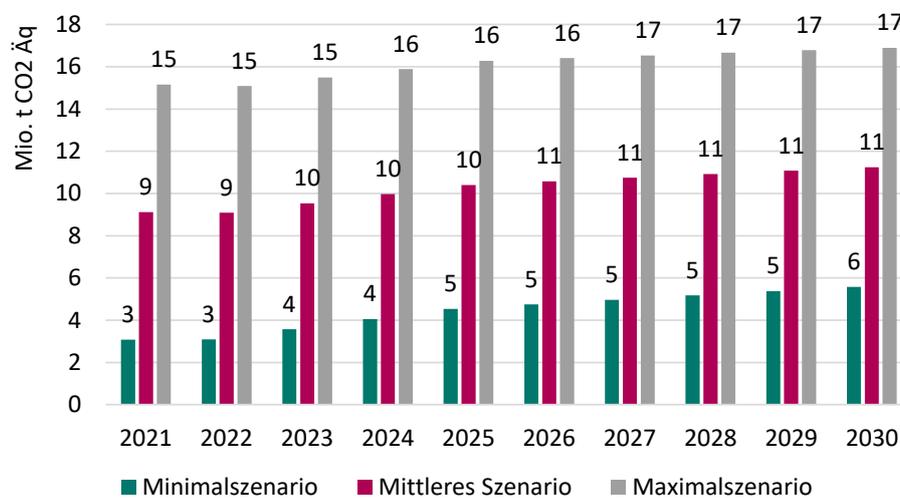
4.3 Emissionsminderung im Verkehrssektor

Die Verbrennung von fester, flüssiger oder gasförmiger Biomasse wird gemäß internationalen Bilanzierungsvorgaben als CO₂-neutral bewertet (vgl. UBA, 2018a). Bei der Berechnung der Emissionen im Verkehrssektor sparen Biokraftstoffe somit gerade die Treibhausgasemission ein, die bei der Verbrennung des fossilen Referenzkraftstoffs entstehen würde. Die Emissionsminderung, die durch den Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor erreicht wird, wird in dieser Studie als Produkt der eingesetzten Energiemenge Biokraftstoffe und der mittleren Treibhausgasemission des fossilen Referenzkraftstoffs berechnet. Der mittlere Wert, den Öko-Institut und ICCT für die Verbrennung von fossilen Kraftstoffen im Jahr 2030 zugrunde legen, beträgt 74 g CO₂-Äq pro MJ (Agora Verkehrswende, 2018a).

Abbildung 4-3 zeigt, welche Emissionsminderung von 2021 bis 2030 erzielt wird, wenn die unterstellten energetischen Mengen Biokraftstoffe fossile Kraftstoffe gleicher Menge ersetzen. Entsprechend den in den Szenarien unterstellten steigenden energetischen Mengen an Biokraftstoffen ergibt sich in allen Szenarien ein zwischen 2021 und 2030 steigender Beitrag von Biokraftstoffen zur Emissionsminderung im Verkehrssektor: Im **Minimalszenario** – ohne Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse – liegt der Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung im Verkehrssektor im Jahr 2021 bei rund 3 Mio. Tonnen CO₂-Äq und steigt bis 2030 auf 6 Mio. Tonnen CO₂-Äq an. Dies bildet die Emissionsminderung durch fortschrittliche Biokraftstoffe sowie Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten ab, wenn ab 2021 die Zielvorgaben aus der Neufassung der Erneuerbare-

Energien-Richtlinie umgesetzt werden. Darüber hinaus wird komplett auf Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse verzichtet. Werden zusätzlich zu Biokraftstoffen aus dem Minimalszenario Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse in einem Umfang von 3,5 Prozent des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors eingesetzt (**mittleres Szenario**), liegt der Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung bei 9 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2021 und steigt auf 11 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2030 an. Der maximale Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung (**Maximalszenario – der Anteil der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse beträgt ab dem Jahr 2021 7 Prozent**) liegt bei 15 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2021 und steigt auf 17 Mio. Tonnen CO₂-Äq im Jahr 2030 an.

Abbildung 4-3:
Emissionsminderung durch Biokraftstoffe im Verkehrssektor, 2021 bis 2030



Quelle: DIW Econ.

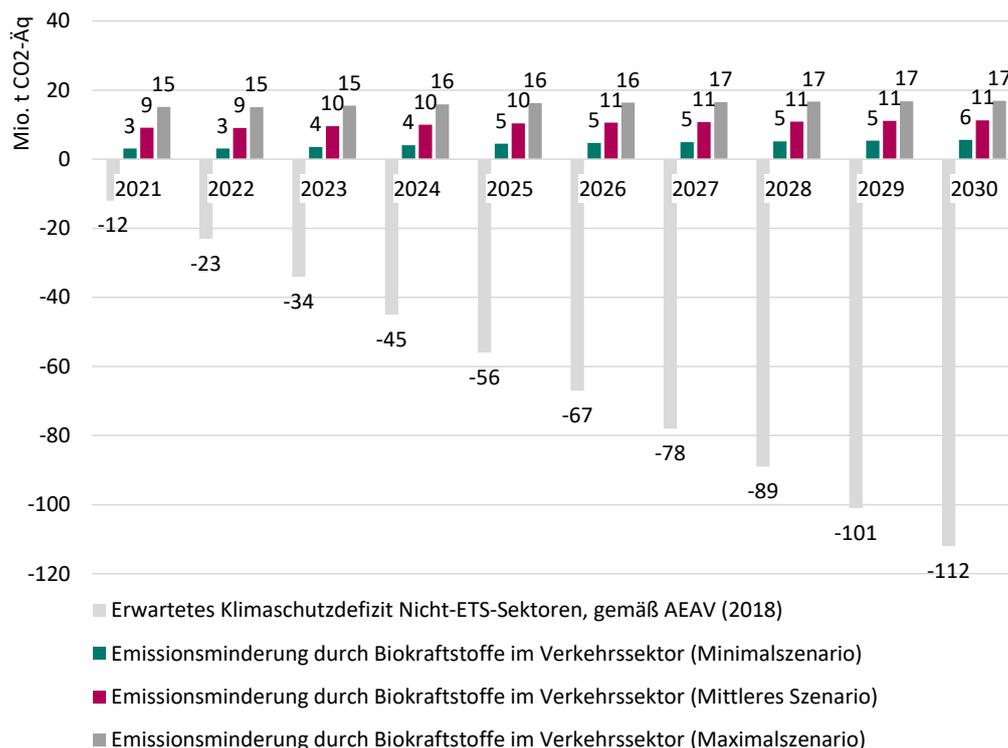
4.4 Kostenvermeidung für den Bundeshaushalt

Sollte Deutschland aufgrund unzureichender Klimaschutzmaßnahmen die Emissionen in den Nicht-ETS-Sektoren nicht wie vereinbart senken, wird es notwendig sein, die Zielverfehlung durch den Zukauf von Nicht-ETS-Emissionsrechten auszugleichen. Die Studie von Agora Energiewende und Agora Verkehrswende geht davon aus, dass für jedes der Jahre 2021 bis 2030 mit einer deutlichen Verfehlung der Ziele für Nicht-ETS-Sektoren zu rechnen ist. Den Berechnungen des Defizits haben Agora Energiewende und Agora Verkehrswende (AEAV, 2018) eine optimistische Prognose für die Entwicklung der Emissionen im Nicht-ETS-Bereich von -1 Prozent pro Jahr ab 2018 zugrunde gelegt.

Abbildung 4-4 stellt die Größenordnung des zu erwartenden Defizits der Nicht-ETS-Sektoren gemäß AEAU (2018) dar. Demgegenüber stehen die Emissionsminderungen, die in den drei Szenarien durch Biokraftstoffe erzielt werden können. In dem Maße, in dem die Verwendung von Biokraftstoffen in den Jahren 2021 bis 2030 den Einsatz von fossilen Kraftstoffen ersetzt und damit zu Emissionsminderungen

beiträgt, wird die Bilanz des Verkehrssektors verbessert. In der Folge verbessert sich auch die Emissionsbilanz der Nicht-ETS-Sektoren, sodass schlussendlich auch die Emissionsmenge, die das vorgegebene Emissionsziel überschreitet, reduziert wird. Somit gilt, dass für jede eingesparte Tonne CO₂-Äq weniger Emissionsrechte für den Nicht-ETS-Bereich zu kaufen sein werden. Das bedeutet, dass die durch Biokraftstoffe vermiedenen Emissionen Haushaltsmittel einsparen.

Abbildung 4-4:
Emissionsminderung durch Biokraftstoffe und Klimaschutzdefizit der Nicht-ETS-Sektoren, 2021 bis 2030



Quelle: DIW Econ.

Der Beitrag der Biokraftstoffe zur Vermeidung von finanziellen Kosten wird maßgeblich von dem zukünftigen Preis der Emissionsrechte im Nicht-ETS-Bereich bestimmt. Tabelle 4-3 zeigt die erwarteten Kosteneinsparungen für den Bundeshaushalt, die durch Biokraftstoffe im mittleren Szenario erreicht werden können. Dieses Szenario, in dem die Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse bis 2030 auf dem Niveau von 2017 verbleiben, ist das aus aktueller Perspektive realistischste und daher hauptsächlich in dieser Studie berichtete Szenario.

Bei einem Preis in Höhe von 50 Euro/t CO₂-Äq sind mit Biokraftstoffen im mittleren Szenario Einsparungen in Höhe von 460 Mio. Euro im Jahr 2021 bis 560 Mio. Euro im Jahr 2030 für den Zukauf von Emissionsrechten verbunden. Die kumulierten Einsparungen im Zeitraum von 2021 bis 2030 betragen 5,1 Mrd. Euro (vgl. Tabelle 4-3). Bei einem Preis in Höhe von 100 Euro/t CO₂-Äq haben

Biokraftstoffe das Potential, Kosten in doppelter Höhe einzusparen. Das entspricht für den gesamten Zeitraum 2021 bis 2030 Einsparungen für den Bundeshaushalt in Höhe von 10,3 Mrd. Euro.

Tabelle 4-3:
Ergebnisse mittleres Szenario

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021- 2030
Gesamt – alle Biokraftstoffen											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO₂-Äq)	9,1	9,1	9,5	10,0	10,4	10,6	10,7	10,9	11,1	11,2	102,7
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	456	454	477	499	520	529	537	546	554	562	5.133
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	911	909	953	997	1.040	1.058	1.075	1.091	1.108	1.124	10.266
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO₂-Äq)	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	5,8	5,8	5,7	5,7	5,7	58,5
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	302	300	298	296	294	291	289	287	285	283	2.925
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	604	600	596	591	587	583	579	574	570	566	5.851
Biokraftstoffe aus Altspeseölen und tierischen Fetten, fortschrittliche Biokraftstoffe											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO₂-Äq)	3,1	3,1	3,6	4,1	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	44,2
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	154	154	179	203	226	237	248	259	269	279	2.208
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO₂-Äq (Mio. Euro)	307	309	357	406	453	475	496	517	538	558	4.415

Quelle: DIW Econ.

Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse tragen im mittleren Szenario wesentlich zur Gesamtemissionsminderung und Minderung der Kosten für den Zukauf von Emissionszertifikaten bei. Im Zeitraum von 2021 bis 2030 können durch Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse zwischen 2,9 Mrd.

Euro (bei einem Nicht-ETS-Zertifikatpreis von 50 Euro/t CO₂-Äq) und 5,9 Mrd. Euro (bei einem Preis von 100 Euro/t CO₂-Äq) eingespart werden.

Tabelle 4-4 fasst zusammen, welche kumulierten Einsparungen für den Bundeshaushalt durch Biokraftstoffe im Minimal- und Maximalszenario erreicht werden können (die vollständigen Ergebnistabellen finden sich in Tabelle A-1 und Tabelle A-2 im Anhang).

Tabelle 4-4:
Wert der Emissionsminderung durch Biokraftstoffe

Summe 2021-2030, Millionen Euro		
	Bei 50 Euro/ t CO ₂ -Äq	Bei 100 Euro/ t CO ₂ -Äq
Minimalszenario	2.208	4.415
Mittleres Szenario	5.133	10.266
Maximalszenario	8.058	16.117
Differenz: Maximal-Minimalszenario	5.851	11.702

Quelle: DIW Econ.

Im **Minimalszenario**, das abbildet, welche Kosten für den Kauf von Emissionsrechten durch fortschrittliche Biokraftstoffe und Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten für den Bundeshaushalt gespart werden können, bewegen sich die Einsparungen je nach Preis der Emissionsrechte kumuliert über 2021 bis 2030 zwischen 2,2 und 4,4 Mrd. Euro. Maximal, wenn zusätzlich Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse bis zu dem in der EER II vorgesehenen Höchstwert von 7 Prozent des Energiebedarfs eingesetzt würden, könnten durch Biokraftstoffe zwischen 8,1 und 16,1 Mrd. Euro finanzielle Kosten vermieden werden (**Maximalszenario**).

Das maximale Kostensparpotential der *Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse* ergibt sich aus der **Differenz zwischen Maximal- und Minimalszenario**: Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse haben das Potential, im Zeitraum 2021 bis 2030 kumuliert 5,8-11,7 Mrd. Euro Kosten für den Kauf von Emissionsrechten zu vermeiden. Um dieses Potential zu realisieren, müsste der energetische Anteil der Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse von 3,3 Prozent im Jahr 2017 auf 7 Prozent im Jahr 2021 ansteigen und dann bis 2030 bei 7 Prozent verbleiben. Es müssten folglich entsprechend große Mengen Biokraftstoffe aus nachhaltig produzierter Anbaubiomasse (vgl. Tabelle 4-2) zur Verfügung stehen, und es müssten Anreize für die Kraftstoffanbietenden bestehen, die entsprechenden energetischen Mengen Biokraftstoffe in Verkehr zu bringen.

Im Ergebnis dieser Studie zeigt sich, dass Biokraftstoffe in bedeutendem Umfang zur Vermeidung von Kosten für den Bundeshaushalt beitragen können. Wie groß die tatsächlichen vermiedenen Kosten in

Zukunft ausfallen, ist mit Unsicherheit verbunden und hängt, wie dargestellt, wesentlich von der eingesetzten energetischen Menge der Biokraftstoffe und dem Preis der Emissionsrechte für den Nicht-ETS-Bereich ab. Diese Studie arbeitet heraus, in welchen Grenzen sich der Beitrag der Biokraftstoffe bis zum Jahr 2030 bewegen wird und welches maximale Potential ein Einsatz von Biokraftstoffen für Klimaschutz und Kostenvermeidung für den Bundeshaushalt hat. Ein weiterer Faktor, der Einfluss auf die Höhe der durch Biokraftstoffe erzielbaren Kostenvermeidung hat, ist der Endenergiebedarf des Verkehrssektors. Dies gilt, da die Zielwerte für Biokraftstoffe in der EER II anteilig am Endenergiebedarf des Verkehrssektors definiert sind. Die hier berichteten Ergebnisse basieren auf einer optimistischen Prognose des Endenergiebedarfs des Verkehrssektors und stellen somit einen unteren Grenzwert des erwartbaren Beitrags der Biokraftstoffe zur Kostenvermeidung für den Bundeshaushalt dar. Die Sensitivität der Ergebnisse mit Blick auf den Endenergiebedarf des Verkehrssektors wird im Anhang dargestellt.

5. Fazit

Biokraftstoffe werden in Deutschland auch zukünftig in begrenztem Umfang fossile Kraftstoffe ersetzen. Die europarechtlichen Rahmenbedingungen dafür wurden im Dezember 2018 mit der Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie bestimmt. Es steht somit bereits fest, dass Biokraftstoffe einen Beitrag zur Emissionsminderung des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 leisten werden.

Gegenstand dieser Studie ist die Frage, welchen Beitrag Biokraftstoffe zur Emissionsminderung des Verkehrssektors leisten können und wie sich diese Emissionsminderung auf die finanziellen Risiken für den Bundeshaushalt auswirken können. Bei der Verfehlung der Klimaschutzziele im Verkehrssektor entstehen Kostenrisiken, die durch den europarechtlich verpflichtenden Zukauf von Emissionsrechten für überschüssige Emissionen der Nicht-ETS-Sektoren entsprechend der EU Effort Sharing Regulation entstehen. Eine aktuelle Studie zu den „Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt“ zeigt, dass im Jahr 2030 mit einem Klimaschutzdefizit der Nicht-ETS-Sektoren von über 100 Mio. Tonnen CO₂-Äq und Kostenrisiken für den Bundeshaushalt von 31 bis zu 62 Mrd. Euro zu rechnen ist (AEAV, 2018).

Biokraftstoffe mindern wirksam Emissionen im Verkehrssektor und können dadurch die zukünftige Emissionsbilanz im Verkehrssektor und den Nicht-ETS-Sektoren insgesamt verbessern. Die Berechnungen dieser Studie zeigen, dass der Beitrag der Biokraftstoffe zur Emissionsminderung wichtigen Einfluss auf den Bundeshaushalt haben kann. Unter der Voraussetzung, dass für jede Tonne CO₂-Äq, die die vorgegebenen Emissionsmengen überschreitet, Zertifikate von anderen Mitgliedstaaten zugekauft werden, können den Berechnungen des mittleren Szenarios zufolge insgesamt über den Zeitraum von 2021 bis 2030 5,1 Mrd. bis 10,3 Mrd. Euro für den Bundeshaushalt eingespart werden.

Dieses Potential der Biokraftstoffe, zukünftig Kosten für den Zukauf von Emissionsrechten zu sparen, kann unter zwei Bedingungen realisiert werden. Zum einen müssen die entsprechenden Mengen Biokraftstoffe nachhaltig erzeugt werden. Zum anderen müssen die regulatorischen Rahmenbedingungen in Deutschland so ausgestaltet sein, dass Anreize für Kraftstoffanbietende oder -nachfragende bestehen, entsprechende Mengen fossile Kraftstoffe durch Biokraftstoffe zu ersetzen.

Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende, Agora Verkehrswende (kurz: AEA) (2018). Die Kosten von unterlassenem Klimaschutz für den Bundeshaushalt, August 2018.
- Agora Verkehrswende (2018a). Klimaschutz im Verkehr: Maßnahmen zur Erreichung des Sektorziels 2030, Studie erstellt von Öko-Institut und ICCT, August 2018.
- Agora Verkehrswende (2018b). Die Fortschreibung der Pkw-CO₂-Regulierung und ihre Bedeutung für das Erreichen der Klimaschutzziele im Verkehr, Studie des Öko-Instituts, 14.02.2018.
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (kurz BLE) (2018). Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2017.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (kurz: BMU) (2018). Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik, Ausgabe 2018.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (kurz: BMVI) (2018), Verkehr in Zahlen 2017/2018.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (kurz: BMVI) (2016). Bundesverkehrswegeplan 2030. Entwurf März 2016.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (kurz: BMWi) (2018a). Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2017.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (kurz: BMWi) (2018b). Biokraftstoffe und alternative Kraftstoffe, online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/mineraloel-biokraftstoffe-und-alternative-kraftstoffe.html>, zuletzt abgerufen am 20.12.2018.
- Bundesregierung (2018). Fortschrittsbericht nach Artikel 22 der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.
- European Environment Agency (kurz: EEA) (2018), all greenhouse gases for the time period 2005-2017 under the ESD, abrufbar unter: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/esd-1>
- Finkbeiner, M. (2014). Indirect land use change – Help beyond the hype?, Biomass and Bioenergy, Vol. 62, pp. 218-221.
- Öko-Institut (2017). Überprüfung der Emissionsminderung 2020 im Projektionsbericht 2017, 6.10.2017.

- Öko-Institut (2018). Abschätzung des erforderlichen Zukaufs an Annual Emission Allowances bis 2030, 21.08.2018, abrufbar unter <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Abschaetzung-des-Zukaufs-von-AEA-bis-2030.pdf>
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (kurz: SRU) (2007). Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten, Juli 2007.
- Sachverständigenrat für Umweltfragen (kurz: SRU) (2017). Umsteuern erforderlich: Klimaschutz im Verkehrssektor, November 2017.
- Searchinger, T., R. Heimlich, R. A. Houghton, F. Dong, A. Elobeid, J. Fabiosa, S. Tokgoz, D. Hayes, T.-H. Yu (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change, Science 319, Vol, 319, Issue 5867, pp. 1238-1240.
- Umweltbundesamt (kurz: UBA) (2018a). Energiebedingte Emissionen, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#textpart-1>
- Umweltbundesamt (kurz: UBA) (2018b). „Teller oder Tank“-Debatte, abrufbar unter <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#textpart-1>
- Umweltbundesamt (kurz: UBA) (2018c). Nationale Inventarberichte zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990 bis 2016 (Stand 01/2018)
- Umweltbundesamt (kurz: UBA) (2018d). Pressemitteilung 08/2018, Klimabilanz 2017: Emissionen gehen leicht zurück, abrufbar unter: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/klimabilanz-2017-emissionen-gehen-leicht-zurueck>
- Umweltbundesamt (kurz: UBA) (2018e). Daten und Rechenmodell TREMOD - Transport Emission Modell (Stand 08/2018).

Anhang

Vollständige Ergebnisse im Minimal- und Maximalszenario

Tabelle A-1:
Ergebnisse Minimalszenario

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021- 2030
Gesamt											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)	3,1	3,1	3,6	4,1	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	44,2
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	154	154	179	203	226	237	248	259	269	279	2.208
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	307	309	357	406	453	475	496	517	538	558	4.415
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)						0					
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)						0					
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)						0					
Biokraftstoffe aus Altspeiseölen und tierischen Fetten und fortschrittliche Biokraftstoffe											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)	3,1	3,1	3,6	4,1	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	44,2
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	154	154	179	203	226	237	248	259	269	279	2.208
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	307	309	357	406	453	475	496	517	538	558	4.415

Quelle: DIW Econ.

Tabelle A-2:
Ergebnisse Maximalszenario

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Summe 2021-2030
Gesamt											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)	15,2	15,1	15,5	15,9	16,3	16,4	16,5	16,7	16,8	16,9	161,2
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	758	754	774	794	814	820	827	833	839	845	8.058
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	1.516	1.508	1.549	1.588	1.627	1.641	1.653	1.666	1.678	1.690	16.117
Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)	12,1	12,0	11,9	11,8	11,7	11,7	11,6	11,5	11,4	11,3	117,0
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	604	600	596	591	587	583	579	574	570	566	5.851
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	1.208	1.200	1.191	1.183	1.174	1.166	1.157	1.149	1.140	1.132	11.702
Biokraftstoffe aus Altspeseölen und tierischen Fetten und fortschrittliche Biokraftstoffe											
Vermiedene Emissionen (Mio. t CO ₂ -Äq)	3,1	3,1	3,6	4,1	4,5	4,7	5,0	5,2	5,4	5,6	44,2
Wert der Einsparung bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	154	154	179	203	226	237	248	259	269	279	2.208
Wert der Einsparung bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq (Mio. Euro)	307	309	357	406	453	475	496	517	538	558	4.415

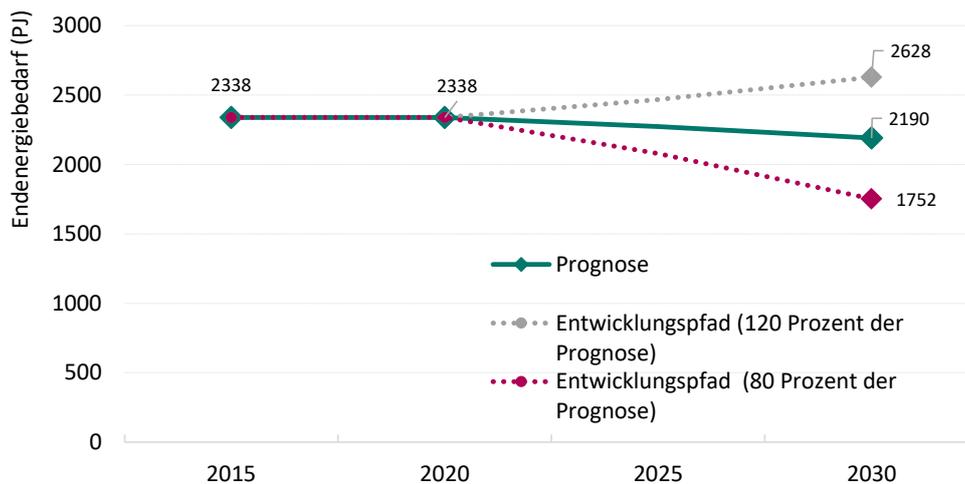
Quelle: DIW Econ.

Sensitivität der Ergebnisse

Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie definiert Mindest- und Höchstmengen für Biokraftstoffe als Anteil des gesamten Endenergiebedarfs (d.h. Kraftstoffbedarf und Strombedarf) des Verkehrssektors. Daher ist der prognostizierte Energiebedarf des Verkehrssektors definitionsgemäß eine wesentliche Einflussgröße auf die eingesetzte Menge Biokraftstoffe und damit auch auf die mit Biokraftstoffen insgesamt verbundene Emissionsminderung.

Im Folgenden wird die Sensitivität der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Entwicklung des Endenergiebedarfs dargestellt. Abbildung A-1 zeigt zwei weitere Entwicklungspfade des Energiebedarfs des Verkehrssektors. Diese bilden eine Abweichung des Endenergiebedarfs im Jahr 2030 um 20 Prozent nach oben und nach unten ab, ausgehend von dem in dieser Studie zugrunde gelegten Prognosewert.

Abbildung A-1:
Alternative Entwicklung des Endenergiebedarfs (Sensitivitätsanalyse)



Quelle: DIW Econ.

Fällt der Endenergiebedarf im Jahr 2030 deutlich niedriger aus und liegt mit 1.752 PJ bei 80 Prozent des Werts im Referenzszenario aus Agora Verkehrswende (2018a), so ergeben sich die Ergebnisse in Tabelle A-3. Dies entspräche einem sinkenden Endenergiebedarf zwischen 2021 und 2030 von durchschnittlich 3,2 Prozent pro Jahr.

Tabelle A-3:
Ergebnisse bei Endenergiebedarf im Jahr 2030 von 80 Prozent (1.752 PJ)

Insgesamt für den Zeitraum 2021-2030	Emissionsminderung, in Mio. t CO ₂ -Äq	Vermiedene Kosten, in Mio. Euro	
		Bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq	Bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq
Minimalszenario	39	1.964	3.927
Mittleres Szenario	92	4.606	9.212
Maximalszenario	145	7.249	14.497

Quelle: DIW Econ.

Fällt der Energiebedarf im Jahr 2030 deutlich höher aus und liegt mit 2.628 PJ bei 120 Prozent des Werts im Referenzszenario aus Agora Verkehrswende (2018a), so ergeben sich Resultate in Tabelle A-4. Das entspräche einem Anstieg des Energiebedarfs zwischen 2021 und 2030 von durchschnittlich 1,3 Prozent pro Jahr.

Tabelle A-4:
Ergebnisse bei Endenergiebedarf im Jahr 2030 von 120 Prozent (2.628 PJ)

Insgesamt für den Zeitraum 2021-2030	Emissionsminderung, in Mio. t CO ₂ -Äq	Vermiedene Kosten, in Mio. Euro	
		Bei 50 Euro/t CO ₂ -Äq	Bei 100 Euro/t CO ₂ -Äq
Minimalszenario	49	2.451	4.903
Mittleres Szenario	113	5.660	11.320
Maximalszenario	177	8.868	17.736

Quelle: DIW Econ.