



WERKSTATTBERICHT ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE

KLIMAWIRKUNGEN UND WEGE ZUM EINSATZ
ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE

ARBEITSGRUPPE 1
KLIMASCHUTZ IM VERKEHR



NPM

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität



INHALT

EXECUTIVE SUMMARY	4
VORWORT: KLIMASCHUTZMAßNAHMEN IM SEKTOR VERKEHR UND DIE NOTWENDIGKEIT EINER SYSTEMISCHEN BETRACHTUNG	8
1 ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE UND DEREN RELEVANZ FÜR DIE ERREICHUNG DER KLIMASCHUTZZIELE	10
1.1 Darstellung der betrachteten Kraftstoffe	11
1.1.1 Biogene Kraftstoffe (BtX)	11
1.1.2 Wasserstoff	12
1.1.3 Strombasierte synthetische Kraftstoffe (PtX)	13
1.2 Nachhaltigkeitskriterien und Ressourcenverfügbarkeit	15
2 DARSTELLUNG DER GRUNDPOSITIONEN	18
3 BEITRAG ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE	22
3.1 Vergleich der Gutachten des Öko-Instituts im Auftrag des BMU und von Prognos im Auftrag des BMWi	23
3.2 Kostenperspektiven alternativer Kraftstoffe	24
3.3 Darstellung verschiedener Technologieoptionen und notwendiger Schritte zum Markthochlauf – mögliche Fahrpläne für PtL- und BtL-Kraftstoffe zur Erreichung der Ziele des KSPR 2030	26
3.3.1 PtL-Fahrplan (strombasierte flüssige Kraftstoffe)	27
3.3.2 BtL-Fahrplan (fortschrittliche flüssige biogene Kraftstoffe)	30
3.3.3 Betrachtung gasförmiger alternativer Kraftstoffe und Einschätzung der zeitlichen technologischen Potenziale	33
4 ÜBERBLICK ÜBER MÖGLICHE INSTRUMENTE ZUR ANREIZUNG EINES MARKTHOCHLAUFS ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE	36
4.1 Übergreifende Darstellung	36
4.2 Instrumente	37
4.2.1 Markteinführung	37
4.2.2 Regulierungsrahmen	39
5 FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN	44
ANHANG	49
Literaturverzeichnis	56
Abkürzungsverzeichnis	59
Abbildungsverzeichnis	61
Tabellenverzeichnis	61
Mitglieder Ad-hoc-Gruppe Alternative Kraftstoffe	63
Gutachter und Gutachterinnen und externe Experten und Expertinnen	63
Redaktion	63

EXECUTIVE SUMMARY

Die Bundesrepublik Deutschland hat sich verpflichtet, bis 2030 die Treibhausgasemissionen (THG) im Sektor Verkehr um 42 % gegenüber 1990 zu senken. Alternative Kraftstoffe können einen Beitrag zur THG-Emissionsminderung im Verkehrssektor leisten. Im Zuge des Spitzengesprächs der Konzentrierten Aktion Mobilität im September 2020 wurde die AG 1 „Klimaschutz im Verkehr“ gebeten, bis Ende 2020 Vorschläge für den Einsatz und Markthochlauf alternativer Kraftstoffe vorzulegen. Dieser Bitte ist die AG 1 mit dem vorliegenden Werkstattbericht nachgekommen. Die für die Erreichung der gesetzten Klimaziele notwendige integrierende Gesamtschau aller Handlungsfelder Antriebswechsel Personenkraftwagen (Pkw), Antriebswechsel Nutzfahrzeuge (Nfz), Alternative Kraftstoffe, Schienenverkehr und Urbane Mobilität wird durch die AG 1 im kommenden Jahr 2021 vorgenommen.

Einführend werden in Kapitel 1 die **verschiedenen Arten alternativer Kraftstoffe** (biogene und strombasierte Kraftstoffe sowie Wasserstoff) und deren heutige Nutzungsmengen beschrieben sowie zentrale Nachhaltigkeitskriterien aufgezeigt.

Die verschiedenen **Grundpositionen der AG-Mitglieder** zum Themenbereich werden in Kapitel 2 dargestellt. Im Grundsatz existieren sehr unterschiedliche Auffassungen darüber, in welcher Höhe und in welchen Einsatzbereichen alternative Kraftstoffe zur CO₂-Reduktion im Verkehrssektor beitragen können beziehungsweise sollen. Meinungsunterschiede bestehen unter anderem bei der Frage der Entwicklung der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien im globalen Maßstab und besonders bei der Frage, ob strombasierte Kraftstoffe im Straßenverkehr eingesetzt werden sollen oder nicht.

Kapitel 3 zeigt mögliche Wege zum Einsatz und Hochlauf alternativer Kraftstoffe auf. Ausgangsbasis hierfür ist die **Analyse der durch die Bundesregierung beauftragten Gutachten des Öko-Instituts und von Prognos**, die unter aktuellen gesetzlichen Rahmenbedingungen einen nur sehr geringen CO₂-Minderungsbeitrag durch alternative Kraftstoffe im Jahr 2030 sehen. Durch die Entwicklung **zweier Fahrpläne zu biomasse- und strombasierten Kraftstoffen** werden die technologisch möglichen Schritte für den Aufbau industrieller Erzeugungswege nachhaltiger biogener Kraftstoffe, auf erneuerbarem Strom basierender Kraftstoffe und grünen Wasserstoffs auf der Zeitachse visualisiert. **Handlungsbedarfe und Abhängigkeiten werden in technologischer Hinsicht aufgezeigt**: Sowohl bei Einzeltechnologien (zum Beispiel Elektrolyseure, Direct Air Capture) als auch bei der Integration zu einem Gesamtprozess ist die technologische Reife nicht ausreichend. Nach jetziger Einschätzung der technologischen Machbarkeit und der Dauer von Planungsverfahren ist erst in der zweiten Hälfte der Dekade mit einem Hochlauf der Produktion im industriellen Maßstab zu rechnen. Die Produktion und die Nutzung fortschrittlicher biogener Kraftstoffe ist aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit der biogenen Ausgangsstoffe und aufgrund von Nutzungskonkurrenzen nicht beliebig steigerbar. Die Prognosen der Herstellungskosten bei strombasierten Kraftstoffen im Jahr 2030 variieren deutlich und zeigen ein signifikant höheres Kostenniveau als fossile Kraftstoffe.

Anschließend gibt das Kapitel 4 einen ersten **Überblick über die möglichen zur Verfügung stehenden Instrumente**, die einen Markthochlauf alternativer Kraftstoffe anreizen können. Die Produktion von PtX im industriellen Maßstab kann nur realisiert werden, wenn auf nationaler und internationaler Ebene zusätzliche staatliche Instrumente existieren. **Über Förderungen, Quoten, Ausschreibungen und einen CO₂-Preis sowie die Ausgestaltung des Steuer- und Abgabesystems** könnten Investitionsentscheidungen für einen Hochlauf alternativer Kraftstoffe angereizt werden. Um die erforderlichen Investitionen auszulösen, müssen die Instrumente verlässlich und über einen für die Investition angemessenen Zeitraum planbar sein. Die Diskussion über ein geeignetes Instrumentenset wurde in der AG 1 kontrovers geführt, sodass je nach Grundposition verschiedene Instrumentenkombinationen favorisiert werden.

Der Bericht endet in Kapitel 5 mit einem **Fazit**, das die verschiedenen Sichtweisen und die jeweils präferierten Instrumentensets darstellt, und gibt gemeinsame **Handlungsempfehlungen**. Es wird empfohlen, soweit noch nicht oder unzureichend vorhanden, umgehend ambitionierte, langfristige und verbindliche Nachhaltigkeitskriterien

für die Produktion strombasierter und fortschrittlicher biogener Kraftstoffe zu formulieren und umzusetzen. Die Forschung soll gezielt darauf ausgerichtet werden, die Skalierung von Technologien inklusive ihrer kurzfristigen Kostensenkungen zu unterstützen. Auch ein Markteinführungsprogramm für größere Anlagen der 10.000 Tonnen Klasse pro Jahr ist für den Hochlauf strombasierter flüssiger Kraftstoffe (PtL) essenziell. Zudem sollen internationale Kooperationen und Partnerschaften politisch unterstützt und gefördert werden. Der globale Ausbau zusätzlicher erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten ist Voraussetzung für die Klimaschutzwirkung von PtX-Kraftstoffen.

EXECUTIVE SUMMARY

The Federal Republic of Germany has committed to reducing, by 2030, greenhouse gas (GHG) emissions from transport by 42 % compared to 1990. This reduction can be supported by alternative fuels. During the high-level talks as part of the Concerted Action in Mobility (Konzertierte Aktion Mobilität) in September 2020, WG 1 “Transport and climate change” was asked to make proposals by the end of 2020 regarding the use and market launch of alternative fuels. This workshop report is WG 1’s answer to the request. The integrated overview of all areas of activity (alternative drives for cars, alternative drives for commercial vehicles, alternative fuels, rail transport and urban mobility), which is necessary to achieve the climate targets, is planned for 2021.

Chapter 1 provides an introduction to the **different types of alternative fuels** (biogenic fuels and electricity-based fuels such as hydrogen) and the degree to which they are used today as well as key sustainability criteria.

Chapter 2 deals with the varying standpoints of WG members regarding the subject matter. The views on how much and in which applications alternative fuels can and should contribute to reducing CO₂ from transport vary hugely. Two issues are particularly controversial: the development of the availability of renewable energies at a global scale and especially the question of whether or not electricity-based fuels should be used in road traffic.

Chapter 3 shows possible routes towards the use and launch of alternative fuels. These routes are based on the **analysis of the expert opinions commissioned by the German government and prepared by the German Oeko-Institut and Prognos**, which, within the current legal framework, predict only a very minor effect on CO₂ reduction through the use of alternative fuels by 2030. With the design of **two timetables on biogenic and electricity-based fuels**, the technologically feasible steps for the development of industrial production pathways for sustainable biogenic fuels, for fuels based on renewable electricity and for green hydrogen are visualised on a timeline. **Required action and dependencies are shown from a technological point of view:** the technologies are not yet mature enough, both in terms of individual technologies (e.g. electrolyzers, direct air capture) and in terms of their integration into an overall process. Following the current assessment of the technological feasibility and the duration of planning processes, production on an industrial scale cannot be expected to be launched before the second half of the decade. The production and use of advanced biogenic fuels cannot be arbitrarily increased due to the limited availability of biogenic source materials and due to competing uses. The prognoses regarding the production costs of electricity-based fuels in 2030 vary significantly and show a much higher cost level than fossil fuels.

Chapter 4 provides an initial **overview of the possible available instruments** which could incentivise the launch of alternative fuels. The production of Power-to-X technologies (PtX) on an industrial scale can only be realised if additional government instruments are available at the national and international levels. Incentives for investment decisions in favour of launching alternative fuels could be provided **via grants, quotas, tenders, a CO₂ price as well as an adaptation of the tax and contribution system**. In order to attract the necessary investment, the instruments need to be reliable and predictable in a timeframe that is in line with the respective investment. Within WG 1, there was a heated debate on a suitable set of instruments: according to their individual standpoints, different members favoured different combinations of instruments.

In its **conclusion** in Chapter 5, the report presents the different points of view and each of the preferred sets of instruments and provides joint **recommendations for action**. The recommendation is to immediately define and implement ambitious, long-term and binding sustainability criteria for the production of electricity-based and advanced biogenic fuels if current criteria are inadequate or non-existent. Research is to support the up-scaling

of technologies including the reduction of their short-term costs in a targeted way. In addition, a market launch programme for larger facilities of 10,000 tons per year is essential for the uptake of electricity-based liquid fuels (PtL). Moreover, international co-operation and partnerships are to be supported politically and financially. The global expansion of additional capacities for the production of renewable electricity is a pre-requisite for positive climate effects of PtX fuels.

VORWORT

KLIMASCHUTZMAßNAHMEN IM SEKTOR VERKEHR UND DIE NOTWENDIGKEIT EINER SYSTEMISCHEN BETRACHTUNG

Klimaschutz gehört zu den wichtigsten Aufgaben unserer Zeit und ist eine Frage der Verantwortung gegenüber jetzigen und kommenden Generationen. Deutschland hat sich verpflichtet, bis 2030 die Treibhausgasemissionen (THG) im Sektor Verkehr um 42 % gegenüber 1990 zu senken. Insbesondere aufgrund der wachsenden Verkehrsleistung sind die Kohlenstoffdioxid(CO₂)-Emissionen des Verkehrssektors trotz stetig verbesserter Fahrzeugeffizienz seit 1990 nicht zurückgegangen. In den vergangenen Jahren wurden Anstrengungen unternommen, sowohl Fahrzeugemissionen zu senken als auch eine veränderte Verkehrsmittelwahl zu erreichen, so zum Beispiel durch Verbesserung des Schienen- und Radwegenetzes und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Obwohl diese Leistungen nachdrücklich zu würdigen sind, genügen sie nicht, um in Summe die CO₂-Emissionen des Verkehrs zu reduzieren. Hierzu bedarf es einer Trendwende. Aktuell ist auf der Ebene der Europäischen Union (EU) eine Erhöhung der Minderungsziele in der Diskussion, die zu einer denkbaren Verschärfung der Klimaschutzziele im Verkehr im Hinblick auf das Ziel der Klimaneutralität 2050 führen könnte.

Mit dem Klimaschutzgesetz, das am 18.12.2019 in Kraft getreten ist, wurden sektorspezifische Jahresemissionsbudgets festgelegt, deren Einhaltung sichergestellt werden muss. Parallel zum Klimaschutzgesetz hat die Bundesregierung das Klimaschutzprogramm 2030 (KSP 2030) auf den Weg gebracht.

In diesem finden sich für den Sektor Verkehr die von der Arbeitsgruppe 1 (AG 1) der Nationalen Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) im Zwischenbericht 3/2019¹ adressierten Handlungsfelder wieder. Eine zeitweise Einzelbetrachtung von Sektoren und Handlungsfeldern ist für die Operationalisierung von Klimaschutzmaßnahmen notwendig. Letztlich bedarf es aber eines systemischen Blicks, der die wechselseitigen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Sektoren und Handlungsfeldern berücksichtigt. Mit einer sektorübergreifenden Perspektive können Konkurrenzsituationen zwischen einzelnen Sektoren um knappe Ressourcen wie beispielsweise Biomasse oder grünen Wasserstoff besser eingeordnet werden.

Erneuerbare Energien (EE) werden auf absehbare Zeit ein knappes Gut sein. Für die Erreichung der Klimaschutzziele bedarf es deshalb, neben einem ambitionierten Ausbau erneuerbarer Energien, der Steigerung der Energieeffizienz und der Senkung des Energieverbrauchs sowie eines globalen Markts für klimaneutrale Technologien wie zum Beispiel alternative Kraftstoffe.

¹ NPM: Zwischenbericht AG 1 (2019).

Für die Bewertung von (Einzel-)Maßnahmen und Unterzielen bedeutet dies letztlich, auch immer das gesamte Energiesystem in allen seinen Sektoren im Blick zu behalten und dabei alle drei Kriterien des Nachhaltigkeitsdreiecks anzuwenden. Dabei gilt es, ethische Aspekte und Fragen der Resilienz zu berücksichtigen. Es geht darum, das Gesamtziel des Klimaschutzes bestmöglich zu erreichen und dabei entstehende Lasten so gering wie möglich zu halten, eine umweltverträgliche, bezahlbare und Lebensqualität bedeutende Mobilität zu ermöglichen sowie die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland zu verbessern und Beschäftigung zu erhalten.

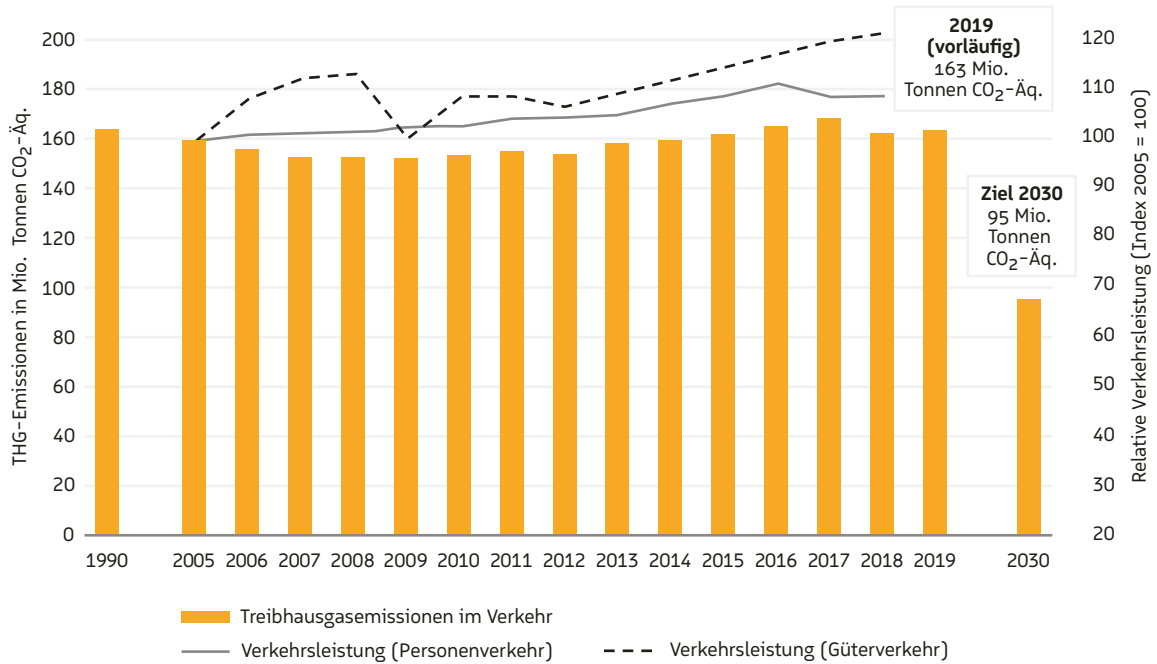


Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor
 (Quelle: Destatis, UBA, Statista)

1 ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE UND DEREN RELEVANZ FÜR DIE ERREICHUNG DER KLIMASCHUTZZIELE

- **Alternative Kraftstoffe** können dazu beitragen, die bis 2030 erforderlichen THG-Emissionsminderungen im Verkehrssektor zu erreichen. Die Erneuerbare-Energie-Richtlinie II (Renewable Energy Directive (RED) II)² regelt eine Reihe von Kraftstoffen, darunter verschiedene Arten von biogenen Kraftstoffen (BtX) (flüssig und gasförmig) sowie strombasierte Energieträger (PtX). Die RED II und ihre nachgeordneten delegierten Rechtsakte geben über Nachhaltigkeitsanforderungen für die Anerkennung als Zielerfüllungsoption den regulatorischen Rahmen für alternative Kraftstoffe vor.
- Die Erstellung des vorliegenden „Werkstattberichts“ beruht auf dem Gesamtauftrag des Bundesverkehrsministers an die AG 1, die Maßnahmen des KSPR 2030 zu evaluieren und bei Bedarf die Beschleunigung und den Ausbau von Maßnahmen oder weitere Instrumente zu empfehlen. Zudem wurde die NPM im Nachgang des dritten Spitzengesprächs der *Konzertierten Aktion Mobilität* gebeten, bis Ende des Jahres 2020 Vorschläge für den Einsatz und Markthochlauf von alternativen Kraftstoffen vorzulegen. Mit dieser Bitte wurde die AG 1 federführend betraut. Mit der Erstellung des vorliegenden **Werkstattberichts zum Handlungsfeld „Alternative Kraftstoffe“, der den aktuellen Diskussionsstand der AG 1 zu diesem Thema abbildet**, ist die AG 1 dieser Bitte nachgekommen. Die für die Erreichung der gesetzten Klimaziele **notwendige integrierende Gesamtschau** aller Handlungsfelder (Antriebswechsel Personenkraftwagen (Pkw), Antriebswechsel Nutzfahrzeuge (Nfz), Alternative Kraftstoffe, Schienenverkehr und Urbane Mobilität) wird durch die AG 1 **im kommenden Jahr 2021 vorgenommen**.
- Der vorliegende Werkstattbericht analysiert – unter anderem auf Basis der von der Bundesregierung beauftragten aktuellen Gutachten des Öko-Instituts für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und von Prognos für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) – welchen Beitrag die Maßnahmen des Klimaschutzpakets leisten können, um durch den Einsatz alternativer Kraftstoffe eine nachhaltige Reduktion der THG-Emissionen zu erzielen.
- Dieser Bericht gibt Einblick in die laufende Arbeit der AG 1 und fokussiert das Handlungsfeld „Alternative Kraftstoffe“. Er ist im übertragenen Sinne als Werkstattbericht zu verstehen, dessen Kernergebnisse in einen handlungsfeldübergreifenden Synthesebericht der AG 1 im kommenden Jahr 2021 einfließen werden.
- **Ziel des Werkstattberichts ist es, ein besseres Verständnis über folgende Aspekte zu geben:**
 - **die zur Verfügung stehenden technologischen Optionen,**
 - **deren Reifegrade sowie**
 - **die notwendigen operativen Schritte für einen möglichen Hochlauf im Zeitablauf und**
 - **mögliche zur Verfügung stehende Instrumente.**
- Um diese Aspekte zu beleuchten, gliedert sich der Werkstattbericht in fünf Kapitel:
 - Nach der Einführung in die verschiedenen Arten alternativer Kraftstoffe und deren Relevanz zur Erreichung der Klimaziele sowie der zentralen Nachhaltigkeitskriterien in diesem Kapitel 1 werden nachfolgend die verschiedenen Grundpositionen der AG-Mitglieder zum Themenbereich dargestellt (Kapitel 2).

² 2018/2001/EU.

- Anschließend wird der Beitrag alternativer Kraftstoffe zur Erreichung der Klimaziele erläutert (Kapitel 3). Ausgangsbasis hierfür ist die Analyse der Gutachten des Öko-Instituts und von Prognos. **Zur Visualisierung** der oben genannten Punkte wurden von der AG 1 zwei **Fahrpläne zu biomasse- und strombasierten Kraftstoffen entwickelt**. Dabei stehen der Aufbau industrieller Erzeugungswege nachhaltiger biogener Kraftstoffe, auf erneuerbarem Strom basierender Kraftstoffe und grünen Wasserstoffs im Fokus. Auch betrachtet werden Einschätzungen möglicher Mengenrestriktionen und Konkurrenznutzungen in anderen Sektoren, da insbesondere die Frage des mengenmäßigen Potenzials alternativer Kraftstoffe sehr kontrovers diskutiert wird. Hierbei sollte eine volkswirtschaftlich sinnvolle Allokation begrenzter Mengen zum Erreichen der Klimaneutralität realisiert werden. Wie weit dabei die Positionen auseinanderliegen, zeigt bereits der Zwischenbericht 3/2019 der AG 1. Hier weisen die Zielkorridore für biogene (30–270 Petajoule (PJ)) und strombasierte Kraftstoffe (35–140 PJ) sehr große Spannweiten auf.
- Anschließend gibt das Kapitel 4 einen ersten Überblick über die möglichen zur Verfügung stehenden Instrumente zur Anreizung des Markthochlaufs alternativer Kraftstoffe. Der Bericht endet mit einem Fazit und Handlungsempfehlungen in Kapitel 5.

1.1 DARSTELLUNG DER BETRACHTETEN KRAFTSTOFFE

1.1.1 BIOGENE KRAFTSTOFFE (BtX)

- Als biogene Kraftstoffe (auch als Biokraftstoffe bezeichnet) werden flüssige und gasförmige Energieträger bezeichnet, die aus Biomasse hergestellt werden. Der energetische Anteil von biogenen Kraftstoffen im Verkehr in Deutschland ist seit 2008 auf ähnlichem Niveau und lag im Jahr 2019 bei 4,48 % des Endenergiebedarfs. Im Jahr 2019 sind nach Angabe der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) etwa drei Viertel der biogenen Kraftstoffe Biodiesel; der Rest ist annähernd vollständig Bioethanol.³ Bei dem überwiegenden Anteil (72 %) handelt es sich um sogenannte „konventionelle biogene Kraftstoffe“ der ersten Generation auf Basis von Nahrungs- und Futtermittelpflanzen (Anbaubiomasse). Rund 27 % der eingesetzten Kraftstoffe werden aus Altspeseölen und -fetten hergestellt.
- Etwa 19 % der biogenen Kraftstoffe (energetischer Anteil) im Jahr 2019 nutzten Ausgangsstoffe aus Deutschland. 43 % der biogenen Kraftstoffe (energetischer Anteil) griffen auf Ausgangsrohstoffe aus dem europäischen Ausland zurück. Die übrigen im Jahr 2019 genutzten biogenen Kraftstoffe nutzten Ausgangsrohstoffe aus dem außereuropäischen Ausland.⁴
- Es wurden 2019/2020 circa 2,2 Millionen Tonnen (Mio. t) von in Deutschland hergestelltem Biodiesel exportiert.⁵ Circa 2,5 Mio. t Biodiesel wurden in Deutschland im Verkehr eingesetzt.⁶
- Alle eingesetzten biogenen Kraftstoffe müssen festgelegte Nachhaltigkeitsanforderungen erfüllen. Ob diese Anforderungen ausreichen, um indirekte Klimawirkungen auszuschließen, ist umstritten. Die Menge in Deutschland verbrannter biogener Kraftstoffe lag 2019 bei 124 PJ.⁷ Nach Angabe der BLE betrug die relative CO₂-Einsparung⁸ biogener Kraftstoffe im Vergleich zum Einsatz fossiler Kraftstoffe im Verkehrssektor im Jahr 2019 9,7 Mio. t.⁹

³ BLE (2019).

⁴ BLE (2019).

⁵ UFOP (2020).

⁶ BLE (2019).

⁷ BLE (2019).

⁸ Ohne die Betrachtung von gegenläufigen Effekten des Fahrzeugparks.

⁹ ifeu (2019), S. 12.

- Biogene Kraftstoffe können aus unterschiedlichen Biomasserohstoffen mit verschiedenen Technologien produziert werden und lassen sich in drei Kategorien unterscheiden:
- **Konventionelle biogene Kraftstoffe**, die heute mit rund zwei Dritteln den größten Anteil der biogenen Kraftstoffe stellen, sind in der RED II als Kraftstoffe auf Basis von Futter- und Nahrungsmitteln (zum Beispiel Öl von Raps, Soja, Ölpalme, Mais, Zuckerrohr), also Anbaubiomasse, definiert. Angesichts der stetig wachsenden Weltbevölkerung, der knappen landwirtschaftlich nutzbaren Fläche auf der Erde sowie der Bemühungen zur Schaffung einer Bioökonomie¹⁰ und der gesteigerten Nachfrage kann die verstärkte Nutzung von Anbaubiomasse für biogene Kraftstoffe mit ihren direkten und indirekten Landnutzungsänderungen und den Auswirkungen der Intensivlandwirtschaft auf die Biodiversität zu ethischen Akzeptanzproblemen führen, denen durch Transparenz und ambitionierte Anforderungen an die nachhaltige Produktion zu begegnen ist. Die Produktion von in der EU hergestellten biogenen Kraftstoffen aus Anbaubiomasse unterliegt bereits Cross-Compliance-Vorgaben: Sie wird nicht nur durch kommerzielle Zertifizierungsstellen kontrolliert, sondern auch stichprobenartig von den Zertifizierungssystemen und der BLE plausibilisiert. Die Nachweisführung für die Nachhaltigkeit ist bei Importen außerhalb der EU erfahrungsgemäß schwerer zu kontrollieren.
- **Kraftstoffe aus genutzten Speiseölen und Tierfetten** werden in Anhang IX Teil B der RED II als eine weitere Kategorie der biomassebasierten Kraftstoffe eingeführt.
- Diese oben genannten Kraftstoffe werden bereits global gehandelt. Durch geeignete Regulierungen ist zu vermeiden, dass Falschdeklarationen und bewusste Verunreinigungen die indirekte Nutzung von Anbaubiomasse ermöglichen.
- **Als fortschrittliche biogene Kraftstoffe** werden solche Kraftstoffe definiert, die auf biogene Abfall- und Reststoffe sowie kultivierte Algen als Rohstoffbasis zurückgreifen, die in Anhang IX Teil A der RED II genannt werden (sogenannte Kraftstoffe der zweiten Generation). Bei diesen Kraftstoffen wird davon ausgegangen, dass nachhaltige Ressourcenpotenziale existieren, die für den energetischen Bedarf nutzbar gemacht werden können. Dadurch entfallen die Nachteile der konventionellen biogenen Kraftstoffe, wie die direkten und indirekten Landnutzungsänderungen dieser Kraftstoffe, und die Weiter- und Wiederverwendung („Re-use“ und „Recycle“) von Rohstoffströmen wird im Sinne einer Kreislaufwirtschaft und Bioökonomie umgesetzt.

1.1.2 WASSERSTOFF

- Wasserstoff ist ein vielfältig einsetzbarer Energieträger und Grundstoff, der in Sektoren oder Teilsektoren zur Dekarbonisierung beitragen kann, in denen eine direkte Stromnutzung keine technisch mögliche oder ökonomisch sinnvolle Option ist. Im Verkehrssektor kann er in Brennstoffzellen für eine wasserstoffbasierte Elektromobilität eingesetzt oder in Verbrennungskraftmaschinen (zum Beispiel Schiffsverkehr) unter Inkaufnahme zusätzlicher Wandlungsverluste verbrannt werden. Zudem kann Wasserstoff als Grundstoff für die Herstellung synthetischer Kraft- und Brennstoffe (siehe Abschnitt 1.1.3) Anwendung finden. Bislang wird Wasserstoff im Verkehrssektor nur sehr begrenzt eingesetzt. Perspektivisch könnte sich das ändern, durch die verstärkte Nutzung von Wasserstoff im Kontext alternativer Antriebstechnologien und Kraftstoffe (siehe Werkstattbericht „Wege zur Dekarbonisierung schwerer Lkw mit Fokus der Elektrifizierung“) sowie durch den Markthochlauf einer Wasserstoffwirtschaft in anderen Sektoren (Industrie, Stromerzeugung, Wärme). Heute wird Wasserstoff vor allem in Raffinerien zur Herstellung von Kraft- und Brennstoffen sowie in der chemischen Industrie verwendet, jedoch fast ausschließlich noch auf fossiler Basis hergestellt.
- Da Wasserstoff in der Natur nur in gebundener Form vorkommt (zum Beispiel Wasser, Kohlenwasserstoffe), muss er erst durch den Einsatz von Energie gewonnen werden, um in reiner Form (H₂) verfügbar zu sein. Heute kommt im Wesentlichen sogenannter „grauer Wasserstoff“ zum Einsatz, der durch Dampfreformierung aus Erdgas hergestellt wird. Dabei entsteht das Treibhausgas CO₂. Wenn das entstehende CO₂ abgetrennt und dauerhaft eingelagert wird (Carbon Capture and Storage (CCS)), spricht man von „blauem Wasserstoff“. Als „türkiser

¹⁰ Europäische Kommission (2020).

Wasserstoff¹¹ wird Wasserstoff bezeichnet, wenn er über die thermische Spaltung von Methan (Methanpyrolyse) hergestellt wird. Wasserstoff, der auch im Rahmen der RED II für die Zielerreichung angerechnet werden kann, ist der sogenannte „grüne Wasserstoff“. Dieser wird vor allem durch Elektrolyse von Wasser hergestellt – wobei sich die Elektrolyse durch Strom aus zusätzlichen erneuerbaren Energien speist.

- Die nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung sieht bis 2030 in deutschen Raffinerien den Aufbau von Elektrolyseuren zur Herstellung von grünem Wasserstoff mit einer Leistung von 2 Gigawatt (GW) vor, um den bislang eingesetzten grauen Wasserstoff teilweise zu ersetzen. Das entspricht 40 % der bis 2030 in Deutschland vorgesehenen Elektrolyseleistung.
- Die Wasserstoffstrategie der EU-Kommission sieht einen Einsatz von mindestens 40 GW bis 2030 vor. Hiervon soll die Hälfte innerhalb der EU hergestellt und der Rest importiert werden.
- Mittelfristig kann die begrenzte Ausbaugeschwindigkeit und das dadurch knappe Angebot an Wasserstoff die Nutzungskonkurrenz zwischen den verschiedenen Sektoren verstärken, die jeweils eigene sektorspezifische Klimaziele erreichen müssen: Diese Konkurrenz zum Verkehrssektor betrifft insbesondere die Nutzung von Wasserstoff oder von auf Wasserstoff basierenden Rohstoffen in den folgenden Bereichen:
 - als Reduktionsmittel und Energieträger zur Dekarbonisierung der Stahlindustrie,
 - als Grundstoff und Energieträger zur Defossilisierung der chemischen Industrie,
 - als Einsatzstoff in weiteren Produktionsbereichen (zum Beispiel der Zementherstellung),
 - als chemischer Langzeitspeicher in der Energiewirtschaft und als Energieträger für die Wärmeerzeugung vor allem in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen.

1.1.3 STROMBASIERTE SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE (PtX)

- Strombasierte gasförmige und flüssige Energieträger bieten die Möglichkeit, über verschiedene Prozessschritte Strom in Wasserstoff (siehe Abschnitt 1.1.2) und in einem Folgeschritt in Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin, Methan) umzuwandeln (Power-to-Liquid (PtL) beziehungsweise Power-to-Gas (PtG)). Um eine reale Klimaschutzwirkung zu erreichen, müssen die Kraftstoffe mit zusätzlichem erneuerbarem Strom hergestellt werden.
- Der Wirkungsgrad der beschriebenen Umwandlung beträgt rund 50 %, das heißt, der Energiegehalt der Kraftstoffe beträgt noch rund die Hälfte des eingesetzten Stroms. Verbunden mit weiteren Energieverlusten beim Transport sowie dem Wirkungsgrad des Verbrennungsmotors erreichen strombasierte synthetische Kraftstoffe in einer Well-to-Wheel-Betrachtung eine circa fünffach¹¹ geringere Energieeffizienz als die direkte Nutzung von Strom im batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeug. Daneben gehen einige AG-Mitglieder von einer sieben- bis achtfach geringeren Energieeffizienz aus.¹² Andere Mitglieder stellen auf einen anderen Betrachtungsrahmen ab und bewerten die Wirkungsgradverluste als deutlich geringer.¹³ Sie betonen, dass eine PtX-Produktion an Standorten mit hohen Energieerträgen durchgeführt werden kann, jedoch die dort erzeugten Strommengen nicht für eine Elektromobilität in Deutschland verwendet werden können¹⁴ und dass PtX-Kraftstoffe voraussichtlich zu großen Teilen aus Ländern importiert werden, in denen Wind- und Solaranlagen weit höhere Erträge aufweisen als vergleichbare Anlagen in Deutschland.

¹¹ Agora Energiewende/Agora Verkehrswende/Frontier Economics (2018).

Einige Mitglieder der AG 1 verweisen darauf, dass bei dieser Betrachtung der Energieeffizienz davon ausgegangen wird, dass der gleiche Strom entweder für Elektrofahrzeuge oder für strombasierte Kraftstoffe eingesetzt werden kann.

¹² DECEMA (2017).

¹³ Frontier Economics (2019).

¹⁴ Frontier Economics (2020).

Einige Mitglieder der AG 1 verweisen darauf, dass in der angeführten Studie der Begriff gesamtheitliche Effizienzbetrachtung irreführend verwendet wird, da die Energieeffizienz mit Erträgen erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen vermischt wird. Sie sind der Meinung, dass etablierte Methoden zur Kostenrechnung (siehe Abschnitt 3.2) und zur Bestimmung der Ressourceneffizienz zum Einsatz kommen sollten, um diese Sachverhalte angemessen zu bewerten.

- Die RED II legt fest, dass strombasierte Kraftstoffe gegenüber dem fossilen Referenzwert mindestens eine THG-Reduktion von 70 % erreichen müssen. Derzeit fehlen jedoch Regelungen, wie die Treibhausgasminderung im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen zu ermitteln ist. **Anders als bei den biogenen Kraftstoffen sind bisher keine weitergehenden Anforderungen an die Nachhaltigkeit festgelegt. Auch sind die Wirkungen auf das Stromsystem hinsichtlich der Stromnetzbelastung sowie möglicher verstärkter Netzengpässe sowie die sozialen Auswirkungen der Kraftstoffproduktion weiter zu untersuchen.**
 - Detaillierungen der Berechnungsgrundlagen und der Nachhaltigkeitsanforderungen werden über delegierte Rechtsakte als Teil der RED II im Jahr 2021 festgelegt und stellen aktuell große Planungsunsicherheiten für diese Kraftstoffe dar. Der technologische Stand der Herstellung, bisher nicht vorhandene Produktionsanlagen, hohe projektierte Produktionskosten sowie die fehlende Klarheit über die regulatorischen Rahmenbedingungen zum Einsatz dieser Kraftstoffe verhindern bisher einen Einsatz dieser Kraftstoffe im Verkehrssektor und in anderen Sektoren.
- Derzeit stehen zwei technologische Pfade im Fokus, mit denen sich aus Wasserstoff (hergestellt durch Wasserelektrolyse mit erneuerbarem Strom) und CO₂ flüssige Kraftstoffe aus Strom herstellen lassen:
 - **Fischer-Tropsch-Synthese:** Die Fischer-Tropsch-Synthese (FTS) erzeugt ein Gemisch, welches ähnlich dem fossilen Rohöl aus verschiedenen Kohlenwasserstoffen besteht und sich je nach Prozessdesign und -betrieb unterscheiden kann. Dieses Gemisch wird in nachfolgenden Prozessschritten weiter aufbereitet zu Kraftstoffen (zum Beispiel Diesel, Benzin, Kerosin) oder zu Grundstoffen der chemischen Industrie. Es ist möglich, die Anteile der Ausgangsprodukte leicht zu steuern, es ist technisch jedoch nicht möglich, ausschließlich ein Produkt wie zum Beispiel nur Kerosin herzustellen. Der energetische Anteil von Kerosin am Gesamtprodukt liegt je nach Steuerung absehbar zwischen 40 und 70 %.¹⁵ Der Aufbereitungsprozess kann unter anderem in bestehenden Erdöl-Raffinerien auch gemeinsam mit der Verarbeitung von fossilem Rohöl durchgeführt werden und die erzeugten Kraftstoffe lassen sich über eine existierende Tankinfrastruktur in heutigen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren, Hybridantrieben oder auch als Flugturbinentreibstoff in der Luftfahrt einsetzen.
 - **Methanolsynthese:** Beim Methanol-Pfad wird aus Wasserstoff und Kohlendioxid in einem Syntheseprozess Methanol erzeugt. Methanol kann direkt als Beimischungskomponente in heutigen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Der Einsatz von reinem Methanol als Kraftstoff würde jedoch angepasste Verbrennungsmotoren erfordern. Aus Methanol lassen sich heute eingesetzte Kraftstoffe erzeugen (zum Beispiel Methanol-to-Jet (MtJ) oder Methanol-to-Gasoline (MtG)), jedoch wurde die dafür benötigte Aufbereitung vor allem für Kerosin bisher nicht für alle Kraftstoffe umgesetzt. Auch hier kann eine Weiterverarbeitung des Produkts aus der Methanolverarbeitung in bestehenden Raffinerieprozessen erfolgen, um die benötigten Produkteigenschaften einzustellen. Aus Methanol können auch „Designerkraftstoffe“ (zum Beispiel Oxymethylenether (OME)) erzeugt werden, die auf Anforderungen von Verbrennungsmotoren optimal angepasst sind.
- In aktuellen Studien¹⁶ wird meist davon ausgegangen, dass strombasierte Energieträger in relevanten Mengen nicht in Deutschland, sondern im Ausland hergestellt werden. Gründe sind:
 - dass die Flächenpotenziale zur Erzeugung von erneuerbarem Strom und die Akzeptanz für die Anlagen in Deutschland begrenzt sind und
 - dass die Produktion von strombasierten Stoffen in bestimmten Weltregionen aufgrund besserer Erzeugungsbedingungen von erneuerbaren Energien (höhere Sonneneinstrahlung, höheres Windangebot) deutlich günstiger und quantitativ höher ist als in Deutschland.
- Durch strombasierte Kraftstoffe könnte dieses globale Potenzial erneuerbarer Energien und das existierende Distributionsnetzwerk von Kohlenwasserstoffen genutzt werden. Dabei sind jedoch in einigen Regionen Herausforderungen bei der nachhaltigen Bereitstellung von Wasser, Kohlendioxid, den erforderlichen Flächen und dem Eigenbedarf der jeweiligen Länder zu bewältigen (siehe auch Abschnitt 1.2).

¹⁵ Neuling et al. (2019).

¹⁶ Vgl. Agora Energiewende/ Agora Verkehrswende/ Frontier Economics (2018); Prognos et al. (2018).

- Durch Kooperationen mit potenziellen Lieferländern und in der Folge entsprechenden Investitionen können für beide Seiten positive wirtschaftliche Effekte erreicht werden.¹⁷ Dafür muss darauf abgezielt werden, dass auch die Wertschöpfung der Lieferländer gesteigert wird. Zudem ist davon auszugehen, dass nicht nur aus Deutschland eine globale Nachfrage entsteht. Zu bedenken ist, dass die THG-Vermeidungskosten bei der Erzeugung strombasierter Kraftstoffe für den Export aufgrund der energetischen Wandlungsverluste entlang der Wertschöpfungskette höher sind als bei der Dekarbonisierung des Stromsystems des Erzeugerlandes.

1.2 NACHHALTIGKEITSKRITERIEN UND RESSOURCENVERFÜGBARKEIT

- Nachhaltigkeitskriterien haben eine zentrale Bedeutung, weil sie entscheidungsrelevant dafür sind, ob eine Investition für Produktionsanlagen erneuerbarer Energien getätigt wird. Damit Investoren Planungssicherheit haben, müssen die Nachhaltigkeitskriterien nicht nur so schnell wie möglich entwickelt, sondern auch von Anfang an ambitioniert ausgestaltet werden, um sicherzustellen, dass sie langfristig Bestand haben. Im Fall von Power-to-X-Produktionskapazitäten (PtX) existieren diese Kriterien noch nicht.
- Bei der Betrachtung von Nachhaltigkeitskriterien und der Ressourcenverfügbarkeit alternativer Kraftstoffe sind neben direkten Effekten auch indirekte Effekte (zum Beispiel Auswirkungen auf andere Sektoren und andere Nachhaltigkeitskategorien; Auswirkungen auf andere Regionen und Länder) zu beachten.

BIOGENE KRAFTSTOFFE (BtX)

- Um die Umweltverträglichkeit von biogenen Kraftstoffen zu gewährleisten, hat die Bundesregierung eine Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung erlassen.¹⁸ Danach gelten biogene Kraftstoffe nur dann als nachhaltig hergestellt, wenn sie – unter Einbeziehung der gesamten Herstellungs- und Lieferkette – im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen mindestens 35 % an Treibhausgasen einsparen. Des Weiteren dürfen zum Anbau der Pflanzen für die Herstellung biogener Kraftstoffe keine Flächen mit hohem Kohlenstoffgehalt oder mit hoher biologischer Vielfalt genutzt werden. Biogene Kraftstoffe, die diese Nachhaltigkeitsstandards nicht einhalten, können nicht auf die zu erfüllende Biokraftstoffquote angerechnet werden.
- Eine weitere wesentliche Herausforderung liegt in der Vermeidung negativer Landnutzungsänderungen, die im Zuge des Anbaus von Biomasse für alternative Kraftstoffe erfolgen. Der Anbau von Pflanzen zur Erzeugung von biogenen Kraftstoffen kann zu einer Ausweitung von Ackerflächen zulasten von Grünland oder Wäldern führen. Zudem gilt es, indirekte Landnutzungsänderungen (Indirect Land Usage Change (ILUC)) zu verhindern, die entstehen, wenn in der Folge ungenutzte und/oder ökologisch sensible Flächen für die Nahrungsmittelproduktion erschlossen werden, weil auf herkömmlichen Agrarflächen Biomasseanbau zur Produktion biogener Kraftstoffe betrieben wird. Die Nutzung von biogenen Kraftstoffen mit hoher Landnutzungsänderung ist durch einen delegierten Rechtsakt der EU-Kommission¹⁹ eingeschränkt, sodass ein weiterer Ausbau keine realistische Option in der Umsetzung der RED II ist.²⁰
- Weitere Aspekte, welche die zur Verfügung stehenden Mengen fortschrittlicher biogener Kraftstoffe begrenzen und die bereits bis zu einem gewissen Grad in der RED II Artikel 28 berücksichtigt werden, sind:
 - Schutz der Biodiversität im Zuge naturnaher Waldwirtschaft (geringere Holzentnahme und Verbleib von Restholz im Wald),

¹⁷ Preissler (2020).

¹⁸ Vgl. Verordnung über Anforderungen an eine nachhaltige Herstellung von Biokraftstoffen (Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung (Biokraft-NachV)).

¹⁹ Europäische Kommission (2019).

²⁰ Der BUND setzt sich für eine Reduktion des Einsatzes von Biomasse für konventionelle biogene Kraftstoffe auf null ein.

- Bodenschutz und umweltverträgliche Düngemittelversorgung (Verbleib von Stroh in der landwirtschaftlichen Nutzung),
- Reduktion der Fleischerzeugung und insbesondere der Massentierhaltung (Reduktion der zur Verfügung stehenden Menge tierischer Exkremente und Schlachtabfälle),
- Abfall- und Kreislaufwirtschaftssystematik (Priorität stofflicher Nutzung in der Abfallhierarchie).

STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE (PtX) EINSCHLIEßLICH WASSERSTOFF

- Die Produktion alternativer Kraftstoffe auf der Basis von Strom berührt in vielfacher Hinsicht Aspekte der Nachhaltigkeit.²¹ Sofern die Produktion außerhalb des EU-Rechtsraums stattfindet, bedarf es hierfür auch einer zusätzlichen Setzung von Standards, um Leakage-Effekte²² zu vermeiden. Von besonderer Wichtigkeit ist der Aufbau eines internationalen Zertifizierungssystems, um Fehlentwicklungen, wie sie bei biogenen Kraftstoffen beobachtet wurden, zu verhindern.
- Zentrale Faktoren für die nachhaltige Produktion strombasierter Kraftstoffe sind:

Strombezug:

- Die PtX-Produktion ist nur dann THG-emissionsfrei und damit dauerhaft konform mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens, wenn der eingesetzte Wasserstoff vollständig auf der Grundlage erneuerbarer Energien produziert wird (grüner Wasserstoff). Zusätzlich sollte für eine Produktion in Deutschland der Strom aus nicht staatlich geförderten Anlagen stammen, um zusätzliche EE-Mengen anzureizen. Für die Erzeugung zusätzlicher erneuerbarer Energien bieten sich international insbesondere Gebiete hoher Solareinstrahlung und Windaktivität an, wobei die Eigenbedarfe der Produktionsländer zu beachten sind.

CO₂-Bezug:

- Das für eine PtX-Produktion erforderliche CO₂ kann rein technisch gesehen aus drei Quellen kommen:
 - industrielle Punktquellen,
 - thermische Nutzung von Biomasse oder
 - durch Gewinnung aus der Umgebungsluft (Direct Air Capture).
- Da mittel- und langfristig industrielle CO₂-Quellen auf ein Minimum reduziert werden (kurzfristig auch schon zum Beispiel über den EU-Emissionshandel kompensiert werden müssen) und die Verbrennung von Biomasse je nach Örtlichkeit ebenfalls zum Teil erheblichen Restriktionen unterliegt (Flächenkonkurrenz, indirekte Klimawirkungen, klimatische Rahmenbedingungen in ariden sonnenreichen Regionen), verbleibt in den meisten Fällen die Gewinnung von CO₂ aus der Umgebungsluft als einzige anzustrebende nachhaltige Lösung.

Wasserbezug:

- Da einige der für die Erzeugung grünen Wasserstoffs besonders günstigen Gebiete in sonnenreichen Regionen mit geringem Wasseraufkommen liegen, ist auch die Sicherstellung der Wasserversorgung ohne Beeinträchtigung von Ökosystemen und Trinkwasserversorgung von großer Bedeutung. Meerwasserentsalzungsanlagen auf der Basis von erneuerbaren Energien können hier zum Beispiel eine Lösung darstellen.

²¹ Öko-Institut (2019).

²² Carbon Leakage tritt auf, wenn es einen Anstieg der THG-Emissionen in einem Land als Folge einer Emissionsreduktion durch ein zweites Land mit einer strengen Klimapolitik gibt.

Soziale und ökonomische Aspekte:

- Die aus den Nachhaltigkeitskriterien resultierenden Anforderungen (Direct Air Capture, Wassergewinnungsanlagen, Wind- und Solarparks) sind relevante Faktoren für die Produktionskosten von alternativen Kraftstoffen. Sie sind jedoch gleichzeitig geeignet, durch Spill-over beim Aufbau von Energie- und Wasserversorgungssystemen wichtige Beiträge zur lokalen Wertschöpfung und regionalen Entwicklung in den Produktionsländern zu leisten. Deshalb ist bei der Gestaltung von internationalen Kooperationsmaßnahmen stets darauf zu achten, dass positive Wertschöpfungseffekte für das Produktionsland entstehen.

2. DARSTELLUNG DER GRUNDPOSITIONEN

- Um die Klimaziele von Paris einhalten zu können, werden auf absehbare Zeit alternative Kraftstoffe für einige Bereiche des Verkehrssektors benötigt. Denn beispielsweise im Luft- und Seeverkehr ist es, anders als im Straßen- und Schienenverkehr, unwahrscheinlich, dass durch direkte Elektrifizierung ein wesentlicher Anteil des Transportbedarfs bestritten werden kann. Bei schweren Nutzfahrzeugen und Spezialmaschinen (zum Beispiel Baustellenfahrzeugen) sind strombasierte Kraftstoffe oder Wasserstoff zusätzliche notwendige Energieträgeroptionen, sofern eine direkte Elektrifizierung der Fahrzeuge oder Verlagerung auf die Schiene nicht stattfinden kann. Daher werden alternative Kraftstoffe für die Sicherstellung der Klimaneutralität benötigt, um eine Defossilisierung von Bestandsfahrzeugen und Spezialmaschinen mit Verbrennungsmotoren zu ermöglichen.
- Voraussetzung für die Klimaschutzwirkung, Akzeptanz in der Bevölkerung und Investitionssicherheit sind klare, vorab definierte Nachhaltigkeitskriterien für alle Arten alternativer Kraftstoffe, die gewährleisten, dass sie – auch global gesehen – keine negativen ökologischen und sozialen Folgewirkungen bei der Herstellung hervorrufen.

HINSICHTLICH DER FOLGENDEN THEMEN VERTRETEN DIE MITGLIEDER DER AG 1 ÜBEREINSTIMMENDE POSITIONEN:

- Grundsätzliche Einigkeit besteht in der AG 1 über die Notwendigkeit der Beschränkung des Einsatzes konventioneller biogener Kraftstoffe auf der Basis von Nahrungs- und Futtermitteln (Anbaubiomasse) und biogener Kraftstoffe auf Basis von gebrauchten Speiseölen und Tierfetten. Wie stark von den Beschränkungen der RED II Gebrauch gemacht werden sollte,²³ ist dagegen strittig.
- Einigkeit besteht auch über die schnelle Reduktion von Kraftstoffen aus Biomasse mit hoher Landnutzungsänderung wie zum Beispiel Palmöl.
- Die AG 1 ist sich daher darüber einig, dass die **Notwendigkeit eines Hochlaufs an PtL- und PtG-Kraftstoffen** besteht, um zumindest langfristige **Energiebedarfe des Flug- und Seeverkehrs** über 2030 hinaus möglichst klimafreundlich decken zu können.
- Weitgehende Einigkeit besteht in der AG 1 auch über die Notwendigkeit eines **Aufbaus eines globalen Markts für nachhaltig produzierte alternative Kraftstoffe**, einer **Steigerung der Energieeffizienz und einer Senkung des Energieverbrauchs**.²⁴ Aktuell stehen nur 4 % des Endenergiebedarfs aus Wasserkraft sowie Solar- und Windenergie zur Verfügung (siehe Abbildung 2).

²³ Diese erlauben eine Beschränkung bis auf null.

²⁴ BMWi (2019), S. 1.

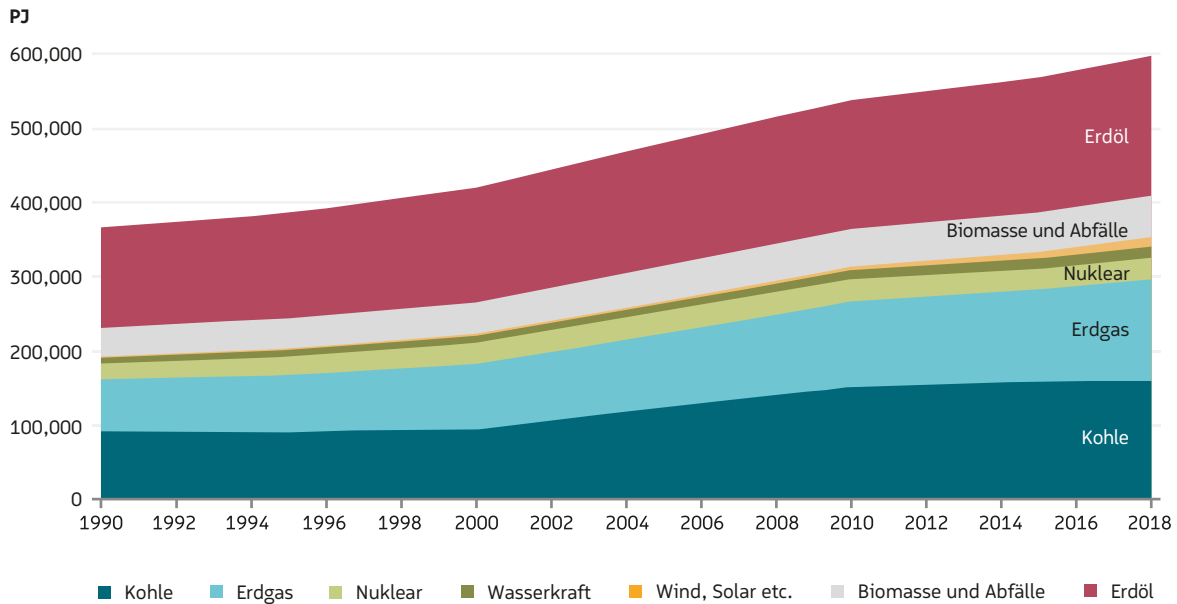


Abbildung 2: Energieversorgung weltweit im Zeitraum 1990 bis 2018 (Quelle: IEA 2020)

HINSICHTLICH DER FOLGENDEN THEMEN VERTRETEN DIE MITGLIEDER DER AG 1 DEUTLICH UNTERSCHIEDLICHE POSITIONEN:

VERFÜGBARKEIT ERNEUERBARER ENERGIEN IM GLOBALEM MAßSTAB

Ein Teil der Mitglieder geht davon aus, dass mittel- und langfristig durch die technische und wirtschaftliche Erschließung der vorhandenen physikalischen Potenziale erneuerbarer Energien weltweit (insbesondere in sonnen- und windreichen Regionen) sich die Frage der Knappheit erneuerbarer Energien nicht mehr stellt. Somit existiert für Energieimporte – mit Ausnahme der Importe aus direkten Nachbarländern beziehungsweise über vergleichsweise moderate Entfernungen – nicht die Effizienzfrage mit der gleichen Intensität, da die Alternative des direkten Transports des erneuerbaren Stroms aus den Weltregionen mit hohen physikalischen Potenzialen in der Praxis nicht gegeben ist.

Ein anderer Teil der Mitglieder ist der gegenteiligen Ansicht, dass die technisch-ökonomische Verfügbarkeit erneuerbarer Energien sowohl in Deutschland als auch weltweit mittel- und langfristig ein knappes Gut bleiben wird und damit die effizientere direkte Stromnutzung im Verkehrssektor und sektorübergreifend die prioritäre technische Klimaschutzoption ist. Sie begründen diese Position mit der Herausforderung, das vorhandene physikalische Potenzial aufgrund der hohen Gestehungskosten der alternativen Kraftstoffe, der steigenden Nachfrage nach alternativen Kraftstoffen anderer Länder sowie der eigenen Bedarfe möglicher Produktionsländer nachhaltig und klimafreundlich nutzbar zu machen.

INVESTITIONSBEREITSCHAFT IN UND ZAHLUNGSBEREITSCHAFT FÜR ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE SOWIE DIE BERÜCKSICHTIGUNG VON THG-VERMEIDUNGSKOSTEN IN DER POLITIKENTSCHEIDUNG

Ein Teil der Mitglieder ist der Ansicht, dass die Zahlungsbereitschaft für die Nutzung alternativer Kraftstoffe kurz- bis mittelfristig vor allem im Straßenpersonenverkehr vorhanden ist. Auch weisen diese Mitglieder darauf, dass die Investitionsbereitschaft in alternative Kraftstoffe nur dann existieren wird, wenn eine langfristige Perspektive für die Nutzung von Kraftstoffen im Straßenverkehr besteht.

Ein anderer Teil der Mitglieder legt einen höheren Stellenwert auf die THG-Vermeidungskosten und sieht Energieeffizienzverbesserungen, die direkte Nutzung von erneuerbarem Strom sowie die Vermeidung und Verlagerung von Verkehren als kosteneffizientere und daher prioritäre Klimaschutzoptionen im Straßenverkehr. Sie sind auch der Ansicht, dass sich dadurch der Kraftstoffmarkt in seiner Gesamtheit reduziert und sich für den verbleibenden Kraftstoffmarkt eine ausreichend hohe Investitionssicherheit bei vertretbaren Mehrkosten für die Marktakteure (zum Beispiel Mengenaus-schreibungen, PtL-Quote für den Flugverkehr) einstellen kann.

NUTZUNGSKONKURRENZ UM ALTERNATIVE ENERGIETRÄGER UND GRUNDSTOFFE ZWISCHEN ANWENDUNGSSEKTOREN

Ein Teil der Mitglieder argumentiert, dass in einem volkswirtschaftlich optimierten Szenario zur Erreichung der Klimaneutralität bis 2050 Maßnahmen je nach Höhe der Vermeidungskosten in den Bereichen ergriffen werden sollten, in denen sie kosteneffizient einen hohen Wirkungsgrad erzielen. Dementsprechend ist einer sektorübergreifenden Zielerreichung der Vorzug gegenüber sektorspezifischen Zielvorgaben zu geben, um eventuelle Nutzungskonkurrenzen auszuschließen. Soll nun im Verkehrssektor das THG-Emissionsreduktionsziel von 40 bis 42 % trennscharf in 2030 erreicht werden, so ist zwangsläufig eine Nutzungskonkurrenz bei der Biomasse und grünem Wasserstoff gegenüber dem Industrie- und Gebäudesektor gegeben. Bei strombasierten Kraftstoffen ist langfristig ein hoher und voraussichtlich nicht substituierbarer Bedarf im Verkehrssektor (zum Beispiel Luft- und Seeverkehr) gegeben. Zusätzlich wird auch im Pkw-Bereich Bedarf gesehen, da die durchschnittliche Lebensdauer von Pkw derzeit fast 20 Jahre beträgt und der Verbrennungsmotor noch lange den Bestand prägen wird.

Ein anderer Teil der Mitglieder verweist darauf, dass andere Anwendungssektoren als der Verkehrssektor einen Bedarf an nachhaltiger Biomasse und klimaneutralem Wasserstoff für die Erreichung der Klimaschutzziele anmelden und niedrigere THG-Vermeidungskosten mit einer sektorübergreifenden Verteilung der limitierten Rohstoffe möglich sind. Da in anderen Sektoren wie beispielsweise dem Industriesektor mit technischen Lebensdauern der Anlagen von 50 Jahren und mehr in den nächsten 10 Jahren erhebliche Investitionen anstehen, entsteht kurzfristig ein Bedarf an alternativen Energieträgern und Grundstoffen vor allem in Bereichen außerhalb des Verkehrssektors. Dementsprechend ergibt sich unabhängig von sektoralen Klimaschutzziele eine Nutzungskonkurrenz um die technisch und ökonomisch verfügbar gemachten Mengen an nachhaltiger Biomasse und nachhaltigem Wasserstoff. Es ist davon auszugehen, dass relevante Mengen alternativer Kraftstoffe erst dann zur Verfügung stünden, wenn im Straßenverkehr die Transformation zu elektrischen Antrieben bereits sehr weit fortgeschritten ist.

Tabelle 1: Positionen der AG-Mitglieder hinsichtlich der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien im globalen Maßstab, der Investitionsbereitschaft in und Zahlungsbereitschaft für alternative Kraftstoffe sowie die Berücksichtigung von THG-Vermeidungskosten in der Politikentscheidung
(Quelle: eigene Darstellung)



AUF BASIS DIESER UNTERSCHIEDLICHEN POSITIONEN ERGEBEN SICH UNTERSCHIEDLICHE ZIELBILDER FÜR DEN KLIMASCHUTZ IM VERKEHR UND DIE ROLLE ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE:

ZIELBILD 1	ZIELBILD 2
<p>Ein Teil der Mitglieder ist der Ansicht, dass es zunächst einmal darum gehen sollte, über eine große Nachfrage auch international Investitionen auszulösen, damit Lernkurven schneller durchlaufen werden können und ein substanzielles Angebot alternativer Kraftstoffe entwickelt werden kann. Dafür ist besonders der Straßenverkehr geeignet, da er zum einen im Vergleich zu anderen Sektoren nur ein geringes Carbon-Leakage-Risiko²⁵ aufweist und zum anderen zahlreiche Regulierungen dieses Sektors bereits implizit hohe CO₂-Preise enthalten, die bei entsprechender Ausgestaltung wirkungsvoll den Markthochlauf anreizen können. Auch verweisen diese Mitglieder darauf, dass eine große Investitionsbereitschaft in alternative Kraftstoffe nur dann existieren wird, wenn die Regulierung insgesamt technologieneutral an der Reduzierung der THG-Emissionen ausgerichtet wird. In anderen Sektoren des Verkehrs und auch der Industrie, die klimaneutralen Wasserstoff und nachhaltige Biomasse benötigen, ist dagegen so lange eine substanzielle Subventionierung erforderlich, bis durch internationale Abkommen ein Level Playing Field erreicht ist.</p>	<p>Ein anderer Teil der Mitglieder sieht die Nutzung alternativer Kraftstoffe nur in Verkehrsanwendungen, in denen keine direkte Elektrifizierung möglich ist (zum Beispiel Luftfahrt und Schiffsverkehr). Der umfangreiche Einsatz alternativer Kraftstoffe insbesondere im Pkw, aber auch im Lastkraftwagen (Lkw), würde im Vergleich zur Elektrifizierung zu einer deutlichen Verteuerung der Mobilität führen und eine Verstetigung des Einsatzes des ineffizienten Verbrennungsmotors bewirken. Auch wird darauf hingewiesen, dass die Menge nachhaltiger Biomasse und klimafreundlichen Wasserstoffs begrenzt ist und vorrangig für den Einsatz zur stofflichen Nutzung (zum Beispiel als Grundstoff in der chemischen Industrie) oder als Energieträger (zum Beispiel als chemische Langzeitspeicher und zur Wärmeversorgung) vorgesehen werden muss, da anderenfalls das Ziel der Klimaneutralität in diesen Sektoren verfehlt würde.</p>

Tabelle 2: Unterschiedliche Zielbilder der AG-Mitglieder für den Klimaschutz im Verkehr und zur Rolle alternativer Kraftstoffe
(Quelle: eigene Darstellung)

DARAUS RESULTIEREN UNTERSCHIEDLICHE EINSCHÄTZUNGEN IN DER GRUPPE BEZÜGLICH:

- der Verteilung des Klimaschutzbeitrags alternativer Kraftstoffe und anderer Klimaschutzoptionen bis zum Jahr 2030,
- der notwendigen politischen Instrumente zur Förderung alternativer Kraftstoffe und für andere Klimaschutzoptionen bis zum Jahr 2030 sowie
- der langfristigen Bedeutung verbrennungsmotorischer und elektrischer Antriebe für den Klimaschutz im Verkehrssektor.

²⁵ Risiko der Verlagerung von CO₂-Emissionen in Drittstaaten.

3. BEITRAG ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE ZUR ERREICHUNG DER KLIMAZIELE

- Um den Einsatz und die Produktion alternativer Kraftstoffe zu fördern und CO₂ einzusparen, **hat das Klimaschutzprogramm 2030 (KSPr 2030) eine Reihe von Maßnahmen genannt**. Die Maßnahmen befinden sich teilweise noch in unterschiedlichen Ständen der Umsetzung und Konkretisierung.²⁶ Diese sind im Folgenden tabellarisch dargestellt.

UNTERSTÜTZUNG FORTSCHRITTLICHER BIOGENER KRAFTSTOFFE	ENTWICKLUNG STROMBASIERTER KRAFTSTOFFE
Unterstützung der Entwicklung und Erzeugung von flüssigen und gasförmigen alternativen Kraftstoffen aus Biomasse	Forschungs- und Entwicklungslücken bei strombasierten klimaneutralen Gasen und Kraftstoffen schließen und Erzeugungsanlagen fördern durch Schaffung entsprechender Rahmenbedingungen
Einführung einer Unterquote im Rahmen der Umsetzung der RED II	Industriepolitische Initiative der EU zum Aufbau einer leistungsfähigen Versorgung mit strombasierten Kraftstoffen
Anwendung der Nachhaltigkeitskriterien der RED II	Förderung von alternativen Antrieben auf Bahnstrecken, bei denen die Elektrifizierung nicht wirtschaftlich ist

Tabelle 3: Kategorisierung der im KSPr 2030 genannten Maßnahmen
(Quelle: eigene Darstellung)

- Um die Gesamtminderungswirkung des Programms inklusive der Wechselwirkungen zwischen einzelnen Maßnahmen und dem Effekt der CO₂-Bepreisung bewerten zu lassen, hat die Bundesregierung nach Beschluss des KSPr 2030 die Gutachterinnen und Gutachter des BMU und des BMWi mit Untersuchungen beauftragt.
- Die seit Frühjahr 2020 vorliegenden Gutachten von Öko-Institut et al. im Auftrag des BMU und des UBA²⁷ und Prognos et al.²⁸ im Auftrag des BMWi sind keine Zielszenarien, sondern sie bewerten die aktuelle THG-Minderungswirkung des KSPr 2030 unter der Berücksichtigung der beschlossenen beziehungsweise konkret absehbaren politischen Rahmenbedingungen. **Beide Gutachten kommen zu dem Ergebnis, dass unter den derzeit gültigen Rahmenbedingungen und unter Berücksichtigung der im KSPr 2030 geplanten Maßnahmen die CO₂-Lücke im Verkehr bei weitem nicht geschlossen werden kann.**
- Auf Bitte des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) hin hat die AG 1 beide Gutachten hinsichtlich der Methodik und Parametrisierung näher analysiert und festgestellt, dass sich die beiden Gutachten hinsichtlich der Annahmen zu dem Einsatz CO₂-armer Kraftstoffe leicht unterscheiden.

²⁶ Indirekt kann die CO₂-Bepreisung durch das BEHG auf das Handlungsfeld „Alternative Kraftstoffe“ wirken.

²⁷ UBA (2020).

²⁸ Prognos et al. (2020).

3.1 VERGLEICH DER GUTACHTEN DES ÖKO-INSTITUTS IM AUFTRAG DES BMU UND VON PROGNOSES IM AUFTRAG DES BMWI

- Für **biogene Kraftstoffe**²⁹ orientiert sich die Bewertung der im Verkehr genutzten Mengen in 2030 im Wesentlichen an den Maximal- und Mindestmengen aus der RED II, das heißt, vorgegebene Maximalmengen werden ausgeschöpft und Mindestmengen knapp erreicht. Eine ambitionierte nationale Umsetzung, die höhere Mindestmengen für fortschrittliche biogene Kraftstoffe vorsehen würde, wurde nicht unterstellt.
- Für **strombasierte Kraftstoffe** orientiert sich das Öko-Institut an Drittstudien, die einen staatlich geförderten Aufbau (Förderungs- und Entwicklungsmittel (F&E), Investitionsunterstützung) von PtL-Produktionsanlagen in Deutschland beschreiben. Hierbei wird unterstellt, dass die bis 2023 im KSPR 2030 bereitgestellten staatlichen Fördermittel auch ab 2024 ausreichend bereitgestellt werden. Damit wird die Verfügbarkeit und Nutzung von 8 PJ PtL in 2030 erwartet. Prognos erwartet auch in 2030 noch relativ hohe Kosten für die PtL-Erzeugung, sodass aufgrund mangelnder Wettbewerbsfähigkeit keine Anlagen gebaut werden und somit auch kein PtL dem Verkehr zur Verfügung steht.
- Im Bereich der alternativen Kraftstoffe liegt die Nutzung beim Öko-Institut um 42 PJ höher als bei Prognos.

INSTRUMENT/KRAFTSTOFFART	ÖKO-INSTITUT	PROGNOS
Biogene Kraftstoffe auf Basis von Nahrungs- und Futtermitteln sowie Altspeiseölen/-fetten	113 PJ	75 PJ
Fortschrittliche biogene Kraftstoffe	30 PJ	34 PJ
Strombasierte Kraftstoffe	8 PJ	0 PJ
Summe alternativer Kraftstoffe im Verkehr	151 PJ	109 PJ
THG-Minderung durch alternative Kraftstoffe	2,7 Mio. t CO ₂ -Äq.	0 Mio. t CO ₂ -Äq.
Wasserstoff	0 PJ	28 PJ ³⁰

Tabelle 4: Vergleichende Gegenüberstellung Öko-Institut/Prognos: Bewertung der Instrumente

(Quelle: eigene Darstellung)

²⁹ Die Menge biogener Kraftstoffe in Deutschland lag 2019 bei 124 PJ, vgl. BLE (2019).

³⁰ Einsatz vorwiegend in Raffinerien bei der Kraftstoffherstellung.

- Die **THG-Einsparung durch alternative Kraftstoffe** zur Erfüllung des Klimaschutzziels im Jahr 2030 unterscheidet sich in den beiden Gutachten.
 - **Prognos** erwartet heute eine unveränderte Menge an alternativen biogenen Kraftstoffen (wenn auch aus einem veränderten Erzeugungsmix). Auch werden keine zusätzlichen PtX-Kraftstoffe im Markt erwartet, sodass sich durch alternative Kraftstoffe **0 Mio. t CO₂-Äquivalente gegenüber der Referenz 2030 Einsparung ergibt**.
 - **Das Öko-Institut** geht dagegen davon aus, dass durch Zuwachs bei fortschrittlichen biogenen Kraftstoffen 2,14 Mio. t CO₂-Äquivalente und durch erste PtL-Anlagen etwa 0,6 Mio. t CO₂-Äquivalente eingespart werden, was in Summe eine **Reduktion von rund 2,7 Mio. t CO₂-Äquivalenten durch alternative Kraftstoffe gegenüber der Referenz 2030** ergibt.
- Beide Gutachten konstatieren für die Erzeugung von PtL ungelöste Technikfragen bei der Skalierung von heutigen Prototypanlagen auf Großanlagen zur Erzeugung mehrerer PJ an PtL pro Jahr. Die technischen Barrieren beziehen sich teilweise auf einzelne Technologieschritte in der Prozesskette zur PtL-Erzeugung. Diese Barrieren lassen sich nur durch **verstärkte F&E-Anstrengungen** und die **Hochskalierung von Anlagen für den Realbetrieb** lösen.
- Für die **Hochskalierung auf Großanlagen fehlt ohne Bereitstellung umfangreicher Finanztransfers durch staatliche Förderung oder erhöhte Zahlungsbereitschaft der Kundinnen und Kunden eine ausreichende Investitionssicherheit**. Die bisher im KSPR 2030 genutzten Instrumente schaffen keine ausreichenden Investitionsanreize und es bedarf einer Verbesserung der Investitionssicherheit. Dies gilt sowohl für PtL als auch für fortschrittliche biogene Kraftstoffe.
- Die in den Gutachten von Prognos und Öko-Institut berechneten THG-Minderungen durch zusätzliche alternative Kraftstoffe liegen mit einer Bandbreite von 0 bis 3 Mio. t CO₂-Äquivalente bis 2030 unter den im KSPR 2030 gesetzten Reduktionszielen von 9 bis 10 Mio. t CO₂-Äquivalenten. Das im KSPR 2030 genannte Minderungsziel entspräche einer Steigerung des Einsatzes alternativer Kraftstoffe (strombasierte Kraftstoffe und fortschrittliche biogene Kraftstoffe) um circa 115 bis 130 PJ.
- Nach Einschätzung von M-Five und dem Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE) der Technischen Universität Hamburg (TUHH) können die in den Gutachten von Prognos und des Öko-Instituts erzielten THG-Minderungen durch alternative Kraftstoffe durch eine Nachschärfung der Instrumente des KSPR 2030 begrenzt gesteigert werden. Sie haben Regulierungs- und Anreizinstrumente für einen gesteigerten Einsatz von alternativen Kraftstoffen in die Diskussion der AG 1 eingebracht.

3.2 KOSTENPERSPEKTIVEN ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE

- Die Einschätzung der Kostendimensionen soll dazu beitragen, die Wirksamkeit und Ausgestaltung von Instrumenten in Bezug zu alternativen Kraftstoffen einzuschätzen.

BIOGENE KRAFTSTOFFE (BtX)

- Die Kosten für fortschrittliche biogene Kraftstoffe weisen hohe Spannbreiten auf. Die Kosten sind insbesondere abhängig von den Kosten des biogenen Ausgangsstoffs. Darüber hinaus wirken sich auch der Anlagenbetrieb und die standortspezifischen Anlagenkonzepte auf die Kosten aus. Bisher ist die Produktion von Biomethan (Teil A der RED II) zum Beispiel aus Stroh oder Gülle die einzige kommerziell eingesetzte Option zur Erzeugung von fortschrittlichen biogenen Kraftstoffen, wobei in heutiger Praxis besonders bei Gülle oft Maissilage zugesetzt wird, sodass es sich in diesen Fällen auch um konventionelle biogene Kraftstoffe aus Anbaubiomasse handelt. Die

Kostenspannbreiten für Biomass-to-Liquid(BtL)-Kraftstoffe liegen bei derzeitigen Rohstoffpreisen oberhalb des Preisniveaus fossiler Kraftstoffe.³¹ Sie liegen auch über den Kosten der bisher eingesetzten konventionellen biogenen Kraftstoffe.

STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE (PtX)

- Bisher werden PtL-Kraftstoffe nur in Forschungs- beziehungsweise Demonstrationsanlagen produziert und es bestehen deutliche Unsicherheiten für die sich ergebenden Kosten.
- Folgende Faktoren sind hierfür maßgeblich:
 - Die Entwicklung der Kosten für die Strombereitstellung ist mit großen Unsicherheiten verbunden. Dies liegt auch daran, dass die Strombezugskriterien (das heißt die Vorgaben zur Nachhaltigkeit) von der EU-Kommission erst bis Dezember 2021 in einem delegierten Rechtsakt entwickelt werden. Weitere Ursachen sind unterschiedliche Annahmen für die dynamische Entwicklung der Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien (insbesondere Photovoltaik- und Windstrom) sowie Unsicherheiten über die Verfügbarkeit von Standorten mit vorteilhaften Ressourcen zur kostengünstigen Bereitstellung von Strom aus erneuerbaren Energien.
 - Die Kosten für Elektrolyseure sind bislang hoch. Es ist zu erwarten, dass sich die Kosten perspektivisch durch eine Industrialisierung reduzieren lassen. Elektrolyseure werden bisher nur in geringen Mengen produziert. Das Ausmaß der Kostenreduktion durch Industrialisierung hängt auch von der Kapazität an Elektrolyseuren ab, die in den kommenden Jahren produziert und installiert werden.
 - PtL-Erzeugungsanlagen und die zugehörige Stromproduktion sind gekennzeichnet durch hohe Investitionen und relativ geringe laufende Kosten. Somit haben die Investitionsbedingungen, zum Beispiel Kapitalkosten, einen großen Einfluss auf die Kosten. Investitionen für erste PtL-Anlagen in einem Maßstab von 10.000 t/a (Tonne pro Jahr) liegen in der Größenordnung von circa 100 Mio. Euro (ohne EE-Stromerzeugung Windkraft/Photovoltaik, deren Kosten höher liegen als die der Umwandlungsanlage).
 - Darüber hinaus hat die zu erwartende steigende Nachfrage auf einem globalen Markt für alternative Kraftstoffe Auswirkungen auf ein zukünftig zu erwartendes Preisniveau.
- Abbildung 3 zeigt Prognosen der Herstellkosten von PtL-Kraftstoffen im Jahr 2030, wie sie in verschiedenen wissenschaftlichen Veröffentlichungen angenommen werden. Unterschiede in den Kosten entstehen insbesondere durch divergierende Annahmen über Kostenentwicklungen. Es ergeben sich große Kostenspannbreiten sowohl innerhalb der einzelnen Veröffentlichungen, aber auch insbesondere zwischen den verschiedenen Veröffentlichungen. Die Kostenspannbreite der dargestellten Studien liegt zwischen circa 0,70 und circa 4,75 Euro pro Liter Diesel. Strombasierte Kraftstoffe bleiben langfristig teurer im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen.

³¹ DBFZ (2019).

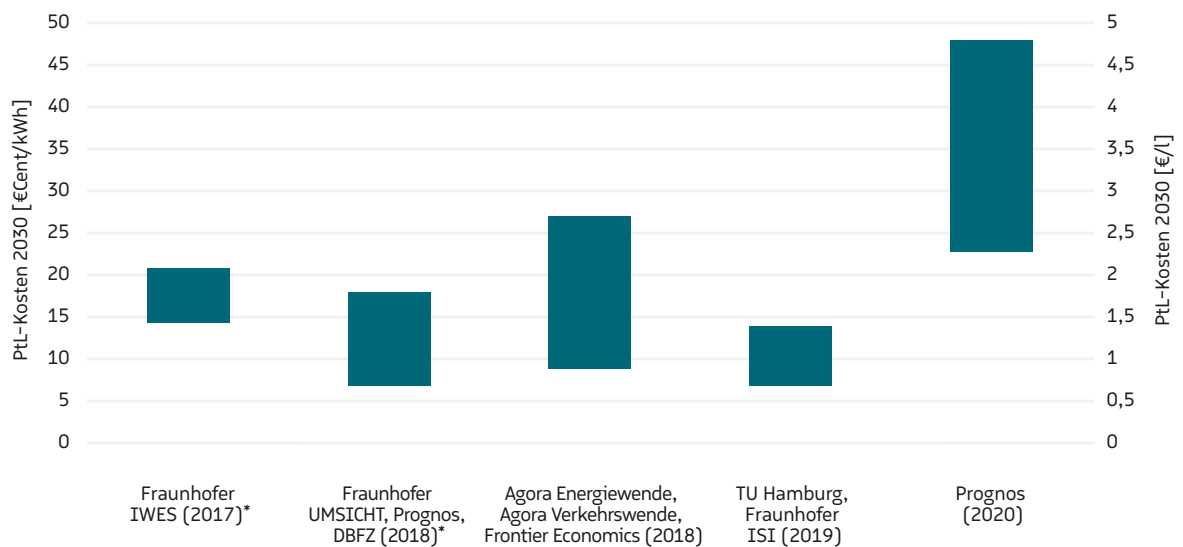


Abbildung 3: Kosten für PtL-Kraftstoffe im Jahr 2030 (Quelle: eigene Darstellung; Die Kostenspannbreite berücksichtigen nur PtL-Produktion ohne Transport und Aufbereitung zum Endprodukt; Steuern und Abgaben werden hier nicht berücksichtigt.)

3.3 DARSTELLUNG VERSCHIEDENER TECHNOLOGIE-OPTIONEN UND NOTWENDIGER SCHRITTE ZUM MARKTHOCHLAUF – MÖGLICHE FAHRPLÄNE FÜR PtL- UND BtL-KRAFTSTOFFE ZUR ERREICHUNG DER ZIELE DES KSPr 2030

- Da Einigkeit besteht, dass alternative Kraftstoffe in flüssiger Form über das Jahr 2030 hinaus auf jeden Fall im Flug- und Seeverkehr zur Defossilisierung benötigt werden, hat die AG 1 zunächst Fahrpläne zur Visualisierung der notwendigen Schritte zum Markthochlauf fortschrittlicher flüssiger biogener Kraftstoffe (BtL) und strombasierter flüssiger Kraftstoffe (PtL) entwickelt. Am Ende des Kapitels wird die aktuelle Kontroverse um den Einsatz gasförmiger alternativer Kraftstoffe betrachtet.
- Die Fahrpläne PtL und BtL zeigen die Forschungsbedarfe sowie einen möglichen Entwicklungspfad der Technologien auf. Diese ergeben sich aus technischen Restriktionen sowie den Zeiträumen, die für den Aufbau von Produktionsanlagen notwendig sind.
- Ferner machen die Fahrpläne deutlich, zu welchem Zeitpunkt welche Herstellungspfade von alternativen Kraftstoffen in welcher Skalierung verfügbar sein können. Die Entwicklung der produzierten Menge an Kraftstoffen steht im Verhältnis zur Anzahl entsprechender Anlagen, das heißt ihrer tatsächlichen Realisierung.
- Der Bau von PtX-Anlagen sowie die mögliche Umsetzung der Fahrpläne hängt unter anderem von der politischen Rahmensetzung und den daraus resultierenden Investitionsentscheidungen von Unternehmen, der Akzeptanz durch die Nutzerinnen und Nutzer sowie der Verfügbarkeit der Rohstoffe ab.
- Gesellschaftliche Akzeptanz und verlässliche Rahmenbedingungen sind Grundstock eines globalen Marktes für alternative Kraftstoffe und schaffen damit die **Voraussetzung für eine wirtschaftlich günstigste Produktion von PtL.**

3.3.1 PtL-FAHRPLAN (STROMBASIERTE FLÜSSIGE KRAFTSTOFFE)

- Für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe gibt es zwei generelle Produktionspfade:
 - a) über die **Fischer-Tropsch-Synthese** + Raffination/Aufbereitung zu Kraftstoffen
 - b) über die **Methanolsynthese** + Raffination/Aufbereitung zu Kraftstoffen
- Wie der PtL-Fahrplan (S. 29) zeigt, ist die PtL-Produktion **heute noch nicht** in industrieller Skala technologisch verfügbar. Kleinindustrielle PtL-Anlagen der Größenklasse 10.000 t/a (0,4 PJ/a an Kraftstoff) können perspektivisch in den Jahren **2023 bis 2025** in Betrieb gehen.
- Im Zeitraum **2025 bis 2027** können **erste in das Energiesystem integrierte kleinindustrielle PtL-Systeme** dieser Größenklasse in Betrieb gehen. Solche Anlagen führen alle Einzelbestandteile einer PtL-Anlage zusammen (CO₂-Bereitstellung, EE-Stromerzeugung, H₂-Speicher etc.). **Mit diesen Anlagen könnte grundsätzlich die Markteinführung von PtL-Kraftstoffen beginnen.**
- **2028 bis 2030** wäre es auf dieser Grundlage möglich, **erste in das Energiesystem integrierte großindustrielle PtL-Systeme** der Größenklasse 100.000 t/a (4 PJ/a) in Betrieb zu nehmen. Mit dieser Größenklasse wäre der Übergang zur PtL-Produktion an internationalen Vorzugsstandorten wahrscheinlich. Hierfür wäre aber der Aufbau zum Teil auch internationaler Transportketten notwendig. Solche großindustriellen PtL-Anlagen könnten durch die Skalierung die Produktion größerer PtL-Mengen erlauben.
- Eine kurzfristige Klimaschutzwirkung kann auch durch den Ersatz von fossilem Wasserstoff, der heute in Industrieanlagen zum Einsatz kommt, durch grünen Wasserstoff erreicht werden. **Grüner Wasserstoff** aus Elektrolyseanlagen kann kurzfristig für die Emissionsreduktion in Raffinerien zur Verfügung stehen. Erste Elektrolyseanlagen an Industrieanlagen und in Raffinerien können so auch zur Kostendegression der Elektrolyseure beitragen.
- Für den direkten Einsatz von grünem Wasserstoff aus Elektrolyseanlagen in Fahrzeugen müssten aber zunächst die Verteil- und Betankungsinfrastruktur und eine entsprechende Fahrzeugflotte aufgebaut sowie eine Nachfrage im Verkehrssektor generiert werden (siehe hierzu auch Werkstattbericht „Wege zur Dekarbonisierung schwerer Lkw mit Fokus der Elektrifizierung“).

HERAUSFORDERUNG BEI DER HERSTELLUNG FLÜSSIGER STROMBASIERTER KRAFTSTOFFE

- **Herausforderungen bestehen im Aufbau einer industriellen Elektrolyseurproduktion.** Aktuell fehlt es noch an standardisierten und automatisierten Prozessen. Der Bau solcher Anlagen wäre aber notwendig, um den Hochlauf dieser Technologie zu beschleunigen und die Kosten für die Elektrolyseurherstellung zu reduzieren. Eine langfristig planbare Nachfrage nach Elektrolyseuren würde diesen Prozess unterstützen.
- Zudem bedarf es einer kontinuierlichen Verbesserung der Performance und Ressourcenbedarfe von Elektrolyseuren sowie einer Skalierung neuer Technologien (unter anderem der Hochtemperatur-Elektrolyse und der Co-Elektrolyse). Zur Weiterentwicklung der Technologien bedarf es weiterer Forschung und des Aufbaus solcher Anlagen in der Praxis mit den daraus entstehenden Lerneffekten.
- Durch die Verbrennung der synthetischen Kraftstoffe entsteht in den Verkehrsmitteln dieselbe Menge an THG-Emissionen wie bei der Nutzung fossiler Kraftstoffe. Klimaneutrale strombasierte Kraftstoffe benötigen eine CO₂-Quelle, die eine klimaneutrale Zweitnutzung von CO₂ ermöglicht, indem das CO₂ zuvor aus der Luft entnommen wird oder nicht erst in diese emittiert wird. Da konzentrierte CO₂-Quellen perspektivisch in geringerem Umfang zur Verfügung stehen werden, **hat die direkte CO₂-Abscheidung (Direct Air Capture) aus der Luft mittel- bis langfristig eine zentrale Bedeutung.** Erste Kleinanlagen sind bereits in Betrieb und größere Anlagen sind in Planung.³² Es bedarf aber zusätzlicher Forschung und einer Weiterentwicklung der Technologie in der Praxis, um die Effizienz der Anlagen zu steigern und Kosten zu reduzieren.

³² Siehe hierzu z. B. Climeworks oder Carbon Engineering.

- Die Weiterverarbeitung von Methanol in Diesel und Kerosin beruht auf bekannten Prozessen. Der Aufbau von Demonstrationsanlagen wird für eine Skalierung benötigt. Eine Zulassung von Kerosin im Flugverkehr, das über diesen Pfad erzeugt wurde, besteht bisher nicht.
- Für die Herstellung von Benzin aus Methanol ist eine erste großtechnische Anlage (circa 700.000 t/a)³³ in Betrieb gegangen. In kleineren Mengen könnte Methanol auch dem Benzin beigemischt werden.
- Die Fischer-Tropsch-Synthese kann Kohlendioxid und Wasserstoff nicht direkt als Ausgangsstoffe verwenden. Zur Erzeugung des für die Fischer-Tropsch-Synthese benötigten Synthesegases bedarf es der **Reverse-Wassergas-Shift-Reaktion (RWGS)**. Die RWGS befindet sich heute im Demonstrationsstadium in Kleinanlagen. Eine Skalierung auf Industriegröße und ein beherrschbarer Prozessbetrieb sind Herausforderungen für diese Art der Produktion strombasierter Kraftstoffe.
- Die Voraussetzung für die Klimaschutzwirkung von PtL-Kraftstoffen ist der **Ausbau zusätzlicher erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten**. Wird diese Voraussetzung nicht erfüllt, besteht das Risiko, sogar eine schlechtere Klimabilanz mit strombasierten Kraftstoffen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen zu erreichen. Für 1 PJ werden circa 560 Gigawattstunden (GWh) an zusätzlichem erneuerbarem Strom benötigt (siehe PtL-Fahrplan S. 29).
- Auch bedarf es der **Anpassung politischer Rahmenbedingungen** (zum Beispiel hinsichtlich möglicher Förderinstrumente, verpflichtender Einhaltung von Nachhaltigkeitskriterien etc.) sowie eines Aufbaus internationaler Partnerschaften, um einen Markthochlauf zu ermöglichen. **Mögliche Förderinstrumente werden in Kapitel 4 dargestellt.**
- Notwendig für die Nutzung aller Optionen auf mögliche Förderinstrumente wie zum Beispiel die THG-Quote und das Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) ist darüber hinaus die Festlegung verschiedener Durchführungsbestimmungen wie beispielsweise für das Co-Processing.
- Für die **Sicherstellung der Nachhaltigkeit** sind soziale und ökologische Anforderungen einzuhalten. Voraussetzung dafür ist die Einbindung von Stakeholdern und Zivilgesellschaft auf lokaler Ebene an den möglichen Produktionsstandorten (im In- und Ausland) in die Planungs- und Nutzungsprozesse vor Ort. Wichtig ist, dass die lokale Wirtschaft und Gesellschaft von der neuen Wertschöpfung profitieren und mögliche negative Auswirkungen (beispielsweise durch die Wasser- und Flächeninanspruchnahme) verhindert werden.
- Gesellschaftliche Akzeptanz und verlässliche Rahmenbedingungen sind Grundstock eines globalen Marktes für alternative Kraftstoffe und schaffen damit die Voraussetzung für eine wirtschaftlich günstige Produktion von PtL.

³³ Oil and Gas Journal (2020).



FAHRPLAN STROMBASIERTE FLÜSSIGE KRAFTSTOFFE (PtL)

Für 1 PJ Kraftstoff werden ca. 560 GWh zusätzlicher EE-Strom benötigt

- F&E Einzeltechnologie
- Aufbau Anlagen
- Betrieb Anlagen
- (Politik-) Analyse

möglicher Start Aufbau von Großanlagen (vorausgehend: Erkenntnissynthese und Entscheidung zu Anlagenaufbau)

▼ Meilenstein Inbetriebnahme

Zeitfenster für Inbetriebnahme

RWGS = Reverse Wassergas-Shift-Reaktion
 MeOH = Methanol
 LOHC = Liquid Organic Hydrogen Carrier
 F&E = Forschung und Entwicklung

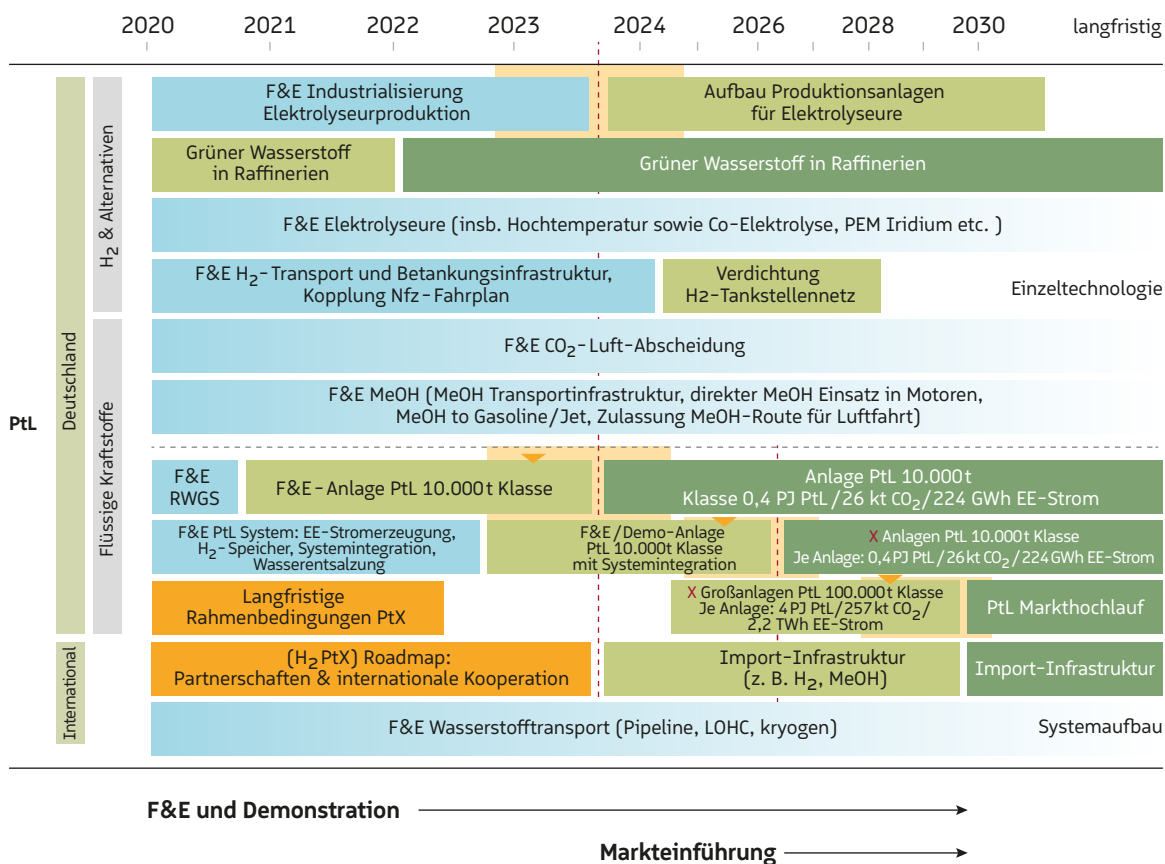


Abbildung 4: PtL-Fahrplan zur Erreichung des KSPr 2030-Ziels: Schritte zum Markthochlauf strombasierter Kraftstoffe
 (Quelle: eigene Darstellung)

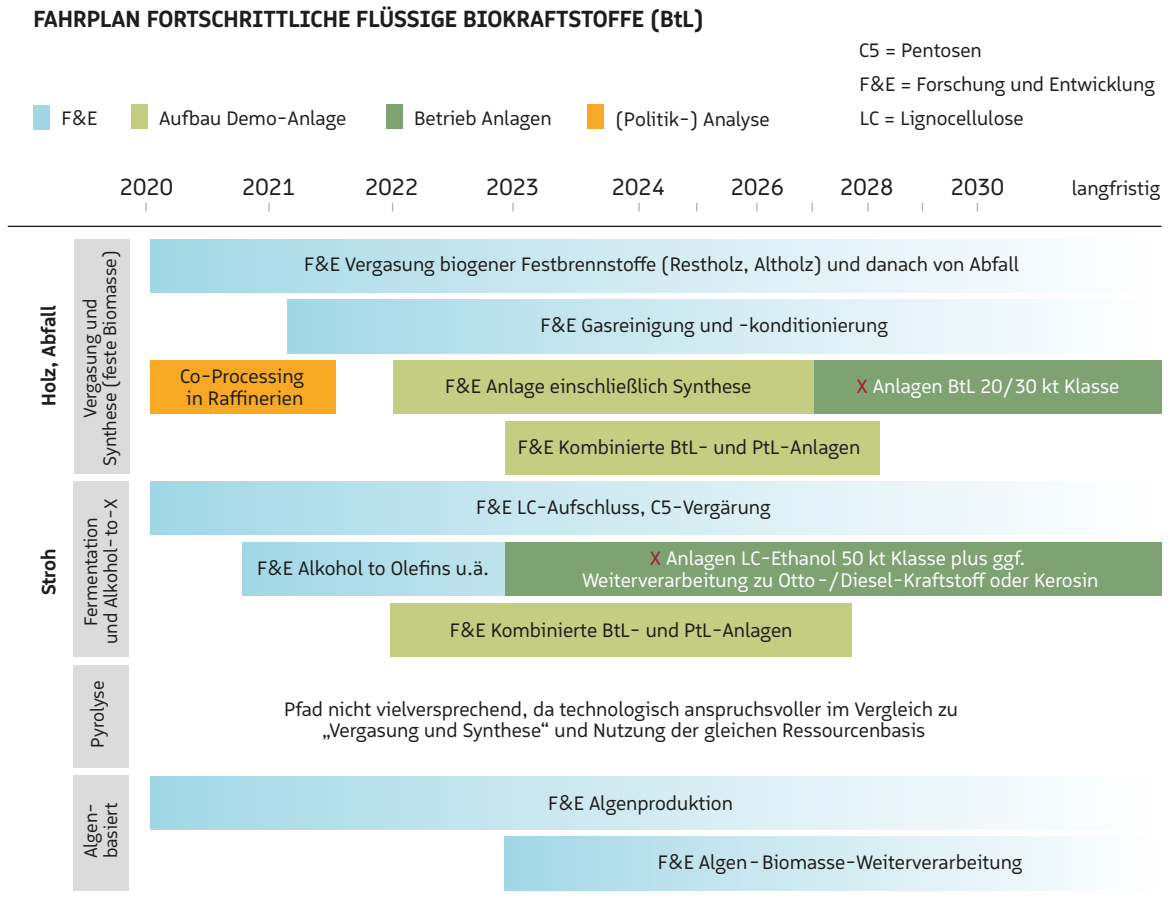


Abbildung 5: BtL-Fahrplan zur Erreichung des KSPR 2030-Ziels: Schritte zum Markthochlauf biogener Kraftstoffe (Quelle: eigene Darstellung)

3.3.2 BtL-FAHRPLAN (FORTSCHRITTLICHE FLÜSSIGE BIOGENE KRAFTSTOFFE)

- **Umwandlungsprozesse für die Herstellung von biogenen Kraftstoffen können grundsätzlich auf unterschiedlicher biogener Rohstoffbasis aufsetzen.** So kann über verschiedene Routen Biomasse in unterschiedliche Grundstoffe und Kraftstoffe umgewandelt werden. Eine Unterteilung findet über die RED II auf Basis der eingesetzten Rohstoffe statt.
- Die **Produktion biogener Kraftstoffe auf Basis von Futter- und Nahrungsmitteln und auf Basis von Abfall- und Reststoffen** (Anhang IX Teil B der RED II) ist technischer Standard in einem durch die RED II und die THG-Quote in Deutschland determinierten Markt.
- **Fortschrittliche flüssige Biokraftstoffe** (Anhang IX Teil A der RED II) sind heute **eingeschränkt verfügbar**.
- Hier existieren **unterschiedliche Produktionspfade**, die über einen **unterschiedlichen technischen Reifegrad** verfügen. Diese finden sich auch im BtL-Fahrplan und werden im Folgenden ausführlich beschrieben (siehe folgende Tabelle).



VERFAHRENSTECHNISCHE ROUTE	TECHNISCHE REIFE		KOMBINATION MIT PtL
	GERING	HOCH	
Vergasung fester Biomasse (Synthesegas) & Kraftstoff-Synthese	Synthesegas Kraftstoffsynthese Fischer-Tropsch		X (Kombination auch mit Biogas)
Erzeugung Lignocellulose-Alkohol (Ethanol, ggf. Butanol, gemischte Alkohole)	Ethanol Butanol, gem. Alkoh.		X (Kombination mit Methanol-Route)
Pyrolyse und Aufarbeitung	Pyrolyse Aufarbeitung		
Algenbasierte Kraftstoffe			(X)

Tabelle 5: Zentrale verfahrenstechnische Routen: Flüssigkraftstoffproduktion (Quelle: eigene Darstellung)

- **Der Pfad von Lignocellulose (vor allem Stroh) zu Alkoholen** (vor allem Ethanol) wird seit längerem entwickelt. Die Planung und der Bau einer industriellen Anlage (50.000 t/a Ethanol aus Stroh/1,5 PJ) sind im Gange (möglicher Betriebsbeginn um das Jahr 2023).³⁴ Bisherige Anlagenkonzepte konnten nicht kommerzialisiert werden. Eine Weiterverarbeitung von Alkohol zu Diesel/Kerosin ist möglich. Die Kombination mit dem Methanolfpfad im Rahmen der PtL-Produktion wird als prinzipiell möglich eingeschätzt.
- **Der Pfad Lignocellulose (vor allem Holz) zu BtL** (über Synthesegas und Fischer-Tropsch-Synthese) könnte ab dem Zeitraum um 2027 industriell zur Verfügung stehen (~30.000 t/a/1,2 PJ). Bisherige Anlagenkonzepte, wie beispielsweise von der Firma Choren vorangetrieben, konnten nicht kommerzialisiert werden. Eine zentrale Herausforderung besteht im Vergasungsprozess zur Produktion eines definierten Synthesegases bei wechselnden und weniger optimalen Ausgangsrohstoffen, welches in der Fischer-Tropsch-Synthese genutzt werden kann. Eine Kombination mit dem Fischer-Tropsch-Pfad im Rahmen der PtL-Produktion ist möglich.
- **Der Pyrolysepfad und die BtL-Produktion aus Algen** sind noch weiter entfernt von einer Produktion in industrieller Größenordnung. Der Pyrolysepfad würde auf dieselbe Rohstoffbasis zugreifen wie der zuvor genannte Pfad „Vergasung und Synthese“.
- Technisch ist **Co-Processing** von biogenen Produkten in Raffinerien möglich. Der delegierte Rechtsakt der RED II zu Nachweisverfahren der Anteile biogener Kraftstoffe des Co-Processings muss bis Ende 2021 vorliegen. Mitglieder der AG 1 weisen darauf hin, dass für 2021 eine Lücke hinsichtlich der Anrechnungsmöglichkeit entstehen kann.

Herausforderung bei der Herstellung fortschrittlicher biogener Kraftstoffe

- Fortschrittliche biogene Kraftstoffe sind Kraftstoffe, die nicht aus Nahrungsmittelpflanzen, sondern primär aus organischen Nebenprodukten, Rückständen und Abfällen hergestellt werden. Infolge der großen Inhomogenität derartigen Ausgangsmaterials (siehe RED II Anhang IX Teil A) ist eine Vielzahl unterschiedlicher Bereitstellungspfade in der Diskussion, die durch jeweils spezifische Herausforderungen gekennzeichnet sind.

³⁴ Siehe z. B. eine Anlage von Clariant in Rumänien.

ROHSTOFFBASIS	POTENZIALE/NUTZUNGS-KONKURRENZ (RESSOURCE)	KRAFTSTOFFOPTIIONEN (FLÜSSIG) TECHNISCHE REIFE
Abfälle (Siedlungsabfälle, Haushaltsabfälle, Industrieabfälle, ...)	Potenziale begrenzt Nutzungskonkurrenz mit Strom- und Wärmesektor (u. a. Müllverbrennung & Fernwärmebereitstellung)	Biogas/Biomethan+GtL, TC Vergasung+ FT/MeOH(MtO), Pyrolyse+Aufarbeitung Technische Herausforderungen nehmen im Verlauf der genannten Optionen zu
Holz (Altholz, Gebrauchtholz, Restholz)	Potenziale begrenzt Nutzungskonkurrenz mit Strom- (und Wärme)sektor (bisher: EEG)	Vergasung+FT/MeOH(MtO), Pyrolyse+ Aufarbeitung Technische Herausforderungen nehmen im Verlauf der genannten Optionen zu
Mist/Gülle und Klärschlamm	Potenziale begrenzt Klärschlamm weitgehend genutzt Mist/Gülle freie Potenziale, aber Erschließung anspruchsvoll	Biogas/Biomethan+GtL Technische Herausforderungen gegeben, aber überschaubar
Stroh	Hohes ungenutztes und teilweise leicht erschließbares Potenzial Nutzungskonkurrenz mit stofflicher Verwendung (z. B. in der Wärmedämmung)	Biogas/Biomethan+GtL, Lignocellulose-Ethanol, Vergasung+FT/MeOH(MtO), Pyrolyse+Aufarbeitung Technische Herausforderungen nehmen im Verlauf der genannten Optionen zu
Algen	Potenziell hohes Potenzial mit potenziell anspruchsvoller Erschließung	Kraftstofferzeugung abhängig von Algeneigenschaften Grundlagenforschungsstadium

Abkürzungen:
 TC Vergasung: Thermochemische Vergasung
 GtL: Gas-to-Liquid
 MtO: Methanol-to-Olefins
 FT: Fischer-Tropsch(-Synthese)

Tabelle 6: Rohstoffbasis definiert in RED II Anhang IX Teil A (Quelle: eigene Darstellung)

- Im Folgenden werden kurz die Optionen adressiert, die das originäre Ziel haben, einen flüssigen Energieträger zu erzeugen. Für diese Pfade kommen primär nur weitgehend trockene Lignocellulosen (vor allem Holz und Stroh) als biogenes Ausgangsmaterial zum Einsatz.
- **Vergasung und Kraftstoffsynthese:** Feste lignocellulosehaltige Biomasse kann mit vorhandener Technik in ein Synthesegas überführt werden. Dieser Prozess ist weitgehend Stand der Technik. Für die Verwendung als Kraftstoff muss das Synthesegas jedoch einen hohen Reinheitsgrad aufweisen. Die dafür benötigten Gasreinigungs- und Produktionsaufbereitungsprozesse sind derzeit wenig erprobt sowie aufwändig und kostenintensiv. Das benötigte Gesamtsystem hat bisher den Pilotmaßstab erreicht.
- **Erzeugung Lignocellulose-Alkohol (Ethanol, gegebenenfalls Butanol, gemischte Alkohole):** Die primäre Herausforderung in der Herstellung von Lignocellulose-Alkohol stellt derzeit die möglichst weitgehende Umwandlung fester Lignocellulose (zum Beispiel aus Holz oder Stroh) in vergärbaren Zucker dar. Die verfügbaren Prozesse zur Aufspaltung der stabilen Makromoleküle der Lignocellulose sind bislang technisch sehr aufwändig und vergleichsweise ineffizient. Liegt die Biomasse in Form einer Zuckerlösung vor, kann sie mit vielfach erprobter Verfahrenstechnik zum Beispiel in Ethanol umgewandelt werden. Weitere alkoholische Fermentationen (zum Beispiel Aceton-Butanol-Ethanol(ABE)-Fermentation) sind möglich, diese weisen jedoch verglichen mit der Ethanolerzeugung eine geringere technologische Reife und Umwandlungseffizienz auf. Alkohol kann in weitere Kraftstoffe umgewandelt werden (Alcohol-to-Gasoline, Alcohol-to-Jet). Derartige Katalysator-gestützte Prozesse wurden vielfach untersucht, sind aber bisher nicht Stand der Technik. Derzeit gibt es keine Zulassung für die Verfahrensrouten Alcohol-to-Jet.

- **Pyrolyse und Aufarbeitung:** Die thermochemische Aufspaltung fester Biomasse ist technisch möglich. Jedoch muss das durch dieses Verfahren gewonnene Pyrolyseöl zur Umwandlung in einen normenkonformen Kraftstoff in verschiedenen Prozessschritten aufwändig aufbereitet werden. Trotz mehrerer Jahrzehnte intensiver Forschungsarbeiten kamen derartige Prozesse bisher nicht über das Labor- und zum Teil Pilotstadium hinaus. Auch ist der Umwandlungswirkungsgrad im Hinblick auf die Kraftstoffausbeute gering und der technische Aufwand sehr hoch.
- **Algenbasierte Kraftstoffe:** Aus Algenbiomasse lässt sich ähnlich wie bei der „klassischen“ pflanzlichen Biomasse Kraftstoff herstellen. Die Herausforderung liegt hierbei allerdings darin, die benötigte große Menge an Algenbiomasse technisch wie auch kostenmäßig effizient herzustellen. Dazu müsste die Algenproduktion auf den Winter ausgedehnt, Algenwachstum forciert und ein Nährstoffrecycling realisiert, eine effiziente Abtrennung der Algenbiomasse aus dem Wasser umgesetzt und eine energieeffiziente Trocknung der Biomasse ermöglicht werden. Dazu nötige und unter technischen wie ökonomischen Gesichtspunkten zufriedenstellende Verfahrensweisen sind bisher nicht verfügbar.

3.3.3 BETRACHTUNG GASFÖRMIGER ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE UND EINSCHÄTZUNG DER ZEITLICHEN TECHNOLOGISCHEN POTENZIALE

- **Aktuell wird in Gasfahrzeugen überwiegend Erdgas³⁵ als Kraftstoff eingesetzt. Dabei handelt es sich um einen fossilen nicht alternativen Kraftstoff**, der als komprimiertes Gas (Compressed Natural Gas (CNG)) oder als tiefkalte Flüssigkeit (Liquefied Natural Gas (LNG)) in Fahrzeugen genutzt wird.
 - Derzeit gibt es eine sehr begrenzte Flotte von circa 100.000 zugelassenen Fahrzeugen (Pkw, Nfz, Lkw und Busse) in Deutschland, die zu einem großen Teil komprimiertes Methan einsetzen.³⁶ Circa 2.000 Lkw tanken LNG.
- Die Frage der **Nutzung alternativer gasförmiger Kraftstoffe** im Verbrennungsmotor von Kraftfahrzeugen wird **sehr kontrovers diskutiert**:
 - Einige Mitglieder der AG 1 vertreten die Position, dass der Einsatz methanbasierter Kraftstoffe kurz- und mittelfristig in begrenztem **Umfang bereits in der ersten Hälfte des Jahrzehnts CO₂-reduzierend wirken** und daher als Teil einer Lösungsstrategie zur THG-Reduktion dienen könnte, insbesondere dann, wenn biogenes/strombasiertes Methan zum Einsatz kommt.
 - Andere Mitglieder der AG 1 sehen in dem Einsatz gasförmiger Kraftstoffe keinen Beitrag zur Reduzierung der THG-Emissionen, da die Methanverluste entlang der Nutzungskette (Methanemissionen beziehungsweise „Methanschlupf“), die etwas geringeren spezifischen CO₂-Emissionen gegenüber flüssigen fossilen Treibstoffen konterkarieren. Darüber hinaus wird die Gefahr gesehen, dass der Aufbau einer Flotte von Gasfahrzeugen zu neuen klimaschädlichen **Lock-in-Effekten** führt.
- Abbildung 6 zeigt, dass die THG-Emissionen von Lkw, die fossiles Methan (Erdgas) einsetzen, vergleichbar hoch sind wie von dieselbetriebenen Lkw (Differenz circa 10 %).³⁷ Wird strombasiertes Methan (PtG) oder Biomethan (BtG) eingesetzt, liegen die Emissionen um 60 bis 80 % niedriger. Die Emissionen von unverbranntem Methan von Lkw hängen unter anderem von der eingesetzten Technologie ab. Der Methanschlupf in Lkw bewegt sich in einer Größenordnung von 0,5 %. Wird ein Lkw mit THG-armem Methan betrieben, macht der Methanschlupf 10 bis 15 % der THG-Emissionen aus.

³⁵ Dem Verkehr wurde ein Einsatz von 2,4 PJ Biomethan zugerechnet, vgl. Lenz et al. (2020). Der Anteil Biomethan für CNG-Fahrzeuge liegt bilanziell zwischen 20 und 50 %, vgl. Energiate Messenger 05/2020. Der physische Anteil Biomethan im Erdgasnetz liegt bei ca. 1 %, vgl. Müller-Lohse (2019).

³⁶ Zukunft Erdgas (2020).

³⁷ Öko-Institut und ICCT (2020).

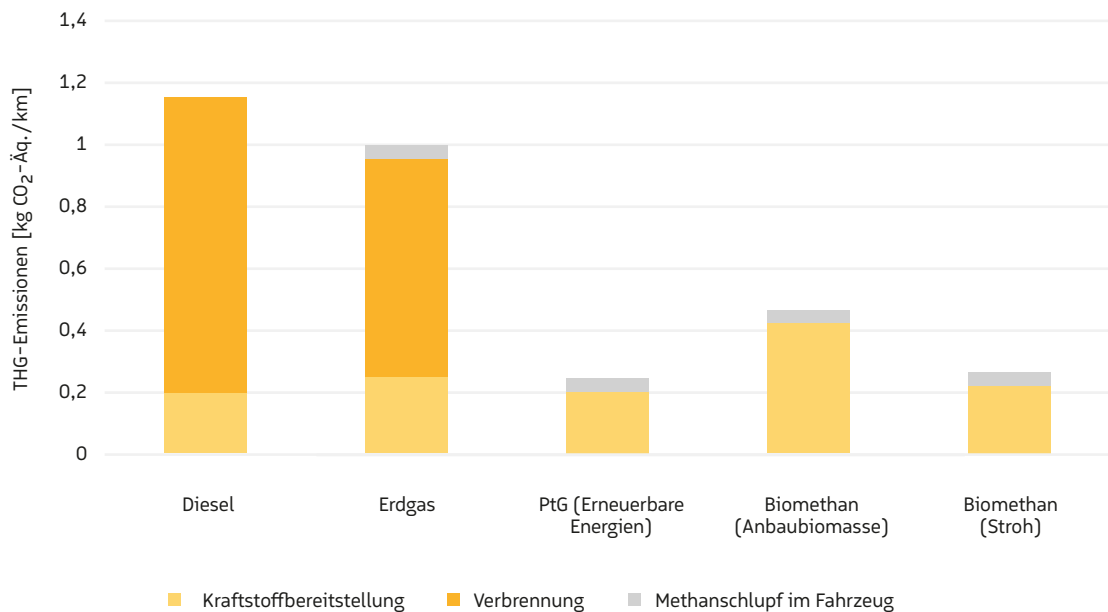


Abbildung 6: : THG-Emissionen von Lkw (SZM) im Vergleich (Kraftstoffverbrauch s. Werkstattbericht „Wege zur Dekarbonisierung schwerer Lkw mit Fokus der Elektrifizierung“, Methanemissionen im Fahrzeug 0,5% in Anlehnung an ICCT/ Öko-Institut 2020, Diesel- und Erdgas-Emissionswerte aus JRC 2014, PtG- und Biomethan-Emissionswerte aus Wietschel und Timmerberg 2019)³⁸

- Methan mit geringen THG-Emissionen kann auf Basis von Biomasse und/oder aus Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt werden:
 - Biomethan ist aufgereinigtes Biogas und kann aus einer Vielzahl an biogenen Quellen erzeugt werden.
 - Zur Herstellung von **strombasiertem Methan** wird zunächst Wasserstoff über Elektrolyse aus erneuerbarem Strom erzeugt. Zur Methanisierung wird darüber hinaus eine klimaneutrale Kohlenstoffdioxidquelle benötigt.
- Um die Kontroverse über gasförmige Kraftstoffe darzustellen, listet die folgende Tabelle die Argumente der Befürworterinnen und Befürworter sowie Kritikerinnen und Kritiker des Einsatzes von THG-armem Methan im Straßenverkehr auf.

³⁸ Das Öko-Institut (2020) geht davon aus, dass mit Erdgas betriebene Lkw nur mit HPDI-Motoren eine geringe Klimaschutzwirkung aufweisen.

ARGUMENTE DER BEFÜRWORDERINNIEN UND BEFÜRWORDER DES EINSATZES VON BtG/PtG IM STRASSENVERKEHR	ARGUMENTE DER KRITIKERINNIEN UND KRITIKER DES EINSATZES VON BtG/PtG IM STRASSENVERKEHR
<ul style="list-style-type: none"> • Seit einigen Jahren leisten CNG- und LNG-betriebene Fahrzeuge einen Beitrag zur Dekarbonisierung im Bereich der Pkw und schwerer Nutzfahrzeuge, da sie selbst mit fossilem Erdgas im Vergleich zu konventionellen Dieselfahrzeugen weniger THG ausstoßen. • In Ergänzung zur Einspeisung von Biomethan ins Erdgasnetz wurde 2019 bereits an 190 (von 838) Gastankstellen bilanziell 100-prozentiges Biomethan vermarktet und verkauft.³⁹ • Grundlage ist, dass die genutzten gasförmigen Kraftstoffe nicht mehr – wie heute größtenteils noch – aus fossilen Quellen erzeugt werden, sondern anteilig oder vollständig regenerativ aus Biomasse oder erneuerbarem Strom. Dann könnten auch diese Technologien die CO₂-Emissionen bei einer ganzheitlichen Betrachtung deutlich reduzieren. • Zentral sind das Monitoring und die weitere Reduktion des Methanschlupfs in der Prozesskette und am Fahrzeug. Hierbei sind neben technologisch verfügbaren Verbesserungen bei der Gasförderung und Verteilung auch neue Motorentwicklungen der Hersteller und die neuen Euro-6-Standards für Methanemissionen bei schweren Nutzfahrzeugen und Bussen zu beachten. • Eine bereits moderat ausgebaute Infrastruktur kann weiterhin genutzt werden. Damit steht in Ergänzung zur Elektromobilität eine gewohnte Mobilität mit hohen Freiheitsgraden zur Verfügung. • Da erneuerbare Gase langfristig in der Schifffahrt, der chemischen Industrie und für Rückverstromung genutzt werden können, handelt es sich um eine „No-regret“-Maßnahme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Der Einsatz von CNG- und LNG-betriebenen Fahrzeugen auf der Basis fossilen Gases leistet keinen Beitrag zum Klimaschutz. Hierfür ist vor allem verantwortlich, dass Methan selbst treibhausgaswirksamer als CO₂ ist. Durch den Methanschlupf in der Lieferkette (Förderung und Transport) entstehen bei Erdgas und in noch höherem Maße bei Fracking-Gas erhebliche klimaschädliche Effekte. • Für die Bewertung der Klimaemissionen am Methan-betriebenen Fahrzeug selbst ist ebenfalls neben dem Ausstoß von CO₂ aus der Verbrennung die Emission von Methan (CH₄) aus dem Motor und aus Verlusten entlang der Nutzungskette relevant. Dies gilt auch für Biogas und PtG. Dabei ist CH₄ 28- bis 30-mal⁴⁰ treibhauswirksamer als CO₂. Somit würde ein 3,5 -prozentiger Verlust an CH₄ („Methanschlupf“) in die Atmosphäre selbst eine 100-prozentige CO₂-Einsparung vollständig konterkarieren. • Auch bei der Verbrennung von Biogas und PtG entstehen Luftschadstoffe (zum Beispiel Stickstoffoxide), die eine teure Abgasnachbehandlung erforderlich machen. • Biogenes/strombasiertes Methan wird auch in anderen Sektoren wie dem Strom- und Wärmesektor für Klimaschutzmaßnahmen benötigt und kann dort effizienter und weniger klimaschädlich eingesetzt werden. • Im Hinblick auf die geringe bestehende Flotte von Gasfahrzeugen und die begrenzte zur Verfügung stehende Menge von biogenem oder strombasiertem Methan wird eine Strategie, die auf den verstärkten Einsatz von biogenem oder strombasiertem Methan im Verkehr setzt, als klimaschädlich eingestuft, da sie Anreize zum verstärkten Absatz von fossilem Gas im Verkehrssektor und damit neue Pfadabhängigkeiten (Lock-in-Effekte) zur Nutzung von fossilen Treibstoffen schafft.

Tabelle 7: Argumente der Befürworderinnen und Befürworder sowie der Kritikerinnen und Kritiker zum Einsatz von BtG/PtG im Straßenverkehr
(Quelle: eigene Darstellung)

³⁹ Energate Messenger (03/2020).

⁴⁰ IPCC (2015); Der Faktor 28 bis 30 drückt das THG-Potenzial bezogen auf den Zeitraum von 100 Jahren aus. Bei kürzeren Betrachtungszeiträumen fällt der Faktor höher aus.

4. ÜBERBLICK ÜBER MÖGLICHE INSTRUMENTE ZUR ANREIZUNG EINES MARKT-HOCHLAUFS ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE

- Das folgende Kapitel gibt **einen ersten Überblick über mögliche Instrumente**, die zur Anreizung des Markthochlaufs alternativer Kraftstoffe grundsätzlich geeignet sind.
- Die Diskussion über **ein geeignetes Instrumentenset wird in der AG 1 teilweise sehr kontrovers** geführt, sodass zu den teilweise sehr detaillierten Vorschlägen kein konsensuales Meinungsbild herbeigeführt werden konnte.
- **Je nachdem, welches Zielbild (siehe Kapitel 2) zugrunde liegt, werden verschiedene Kombinationen von Instrumenten und unterschiedliche Ausgestaltungsvarianten präferiert.** Daher listet das nachfolgende Kapitel mögliche Instrumente auf und gibt Basisinformationen zu grundsätzlichen Ausgestaltungsmöglichkeiten.

4.1 ÜBERGREIFENDE DARSTELLUNG

- Folgende Instrumente wurden in der AG 1 betrachtet, sind Gegenstand der laufenden Diskussion und lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

MARKT-EINFÜHRUNG	<ul style="list-style-type: none"> • Markteinführungsprogramme • F&E Förderung • etc
REGULIERUNGS-RAHMEN	<ul style="list-style-type: none"> • Mengenausschreibungen • Mengen- und THG-Minderungsquoten • CO₂-abhängige Ausgestaltung der Energiesteuer • Emissionshandelssysteme • etc.

Abbildung 7: Kategorien der von der AG 1 betrachteten Instrumente
(Quelle: eigene Darstellung)

- Als weiteres Instrument wurde von einigen Mitgliedern der AG 1 auch das Instrument der Berücksichtigung alternativer Kraftstoffe in der EU-Flottenregulierung genannt. Zu diesem gibt es grundsätzlich unterschiedliche Einschätzungen, die dem Anhang S. 64 f. zu entnehmen sind.

AUS DEN BISHERIGEN DISKUSSIONEN LASSEN SICH BEREITS SECHS ERKENNTNISSE FÜR DIE WEITERE DISKUSSION FESTHALTEN:

1. Es werden **Instrumente der Markteinführung** benötigt. Dies können **Markteinführungsprogramme** zur Deckung der Investitionskosten (CAPEX) sein, die das unternehmerische Risiko reduzieren, sowie **Forschung und Entwicklung** zu Einzeltechnologien und Förderanlagen. Ziel ist es, erste technische, organisatorische und gegebenenfalls regulatorische Hürden zu überwinden, sodass ein Markthochlauf möglich ist.
2. Zum anderen **braucht es auch einen für alle Akteure verbindlichen Regulierungsrahmen**, der Mengenausweisungen, Mengen- und THG-Minderungsquoten, eine CO₂-abhängige Ausgestaltung der Energiesteuer oder ein Emissionshandelssystem umfassen kann.
3. Aufgrund der hohen Kosten für den Aufbau von Produktionskapazitäten für alternative Kraftstoffe **benötigen Investoren Perspektiven und Planungssicherheit, sodass auch langfristig eine Nachfrage (OPEX) bezüglich ihrer Produkte besteht**. Zu dieser Planungssicherheit gehört auch, dass langfristige Nachfrageimpulse erhalten bleiben.
4. Wesentlich ist hierbei, dass für alle Instrumente **ambitionierte, definierte und langfristige Nachhaltigkeitsstandards** (siehe Abschnitt 1.2) gesetzt und eingehalten werden.
5. **Instrumente der Markteinführung und des Regulierungsrahmens sollten so schnell wie möglich und in einem engen zeitlichen Zusammenhang angegangen werden**. Die beiden Instrumentenkategorien wirken komplementär. Deswegen ist eine zeitnahe Implementierung angeraten, um eine schnelle Markteinführung zu ermöglichen und gleichzeitig den entsprechenden Regulierungsrahmen zu schaffen.
6. **Das Zusammenspiel der Instrumente muss berücksichtigt werden**. Es ist davon auszugehen, dass mehrere Instrumente gleichzeitig für den Hochlauf alternativer Kraftstoffe benötigt werden. Hier gilt es, die Instrumente für sich und ihre Wechselwirkungen richtig zu verstehen und zu berücksichtigen.

4.2 INSTRUMENTE

4.2.1 MARKTEINFÜHRUNG

MARKTEINFÜHRUNGSPROGRAMM

- In der AG 1 besteht Konsens darüber, dass für einen erfolgreichen Hochlauf von alternativen Kraftstoffen ein gezieltes **Markteinführungsprogramm** vor allem im Bereich der strombasierten Kraftstoffe (PtL) notwendig ist.
- Die Bundesregierung stellt bis 2023 1,3 Milliarden Euro für strombasierte und 683 Millionen Euro für fortschrittliche biogene Kraftstoffe zur Verfügung.^{41 42}
- **Notwendige Förderschwerpunkte im Bereich der Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte sind:**
 - Projektförderung innovativer Herstellungsverfahren im Bereich fortschrittlicher biogener Kraftstoffe sowie erneuerbarer strombasierter Kraftstoffe
 - Optimierung von Technologiepfaden (Zuverlässigkeit, Effizienz)
 - Entwicklung nachhaltiger Rohstoffketten (zum Beispiel Direct Air Capture)

⁴¹ Vgl. EKf-Haushaltstitel für Erneuerbare Kraftstoffe (HH 2020): 683 06, 686 24 und 686 25.

⁴² Zudem plant das BMVI den Aufbau eines Forschungs- und Demonstrationszentrums (im Sinne eines Technikums) für PtL-Kraftstoffe unter dem Dach einer vorhandenen (Bundes-)Forschungsorganisation mit dem Ziel des Scale-ups/der Marktvorbereitung von PtL-Kraftstoffen.

- gegebenenfalls Errichtung und Betrieb von Demonstrationsvorhaben zur großtechnischen Erprobung (Beitrag zur Skalierung vielversprechender Technologiepfade)
- **Darüber hinaus können in die Vorbereitung eines Markthochlaufs für PtL-Erzeugungsanlagen folgende Punkte einfließen:**
 - Förderung großer PtL-Erzeugungsanlagen über Ausschreibungen. Hierbei ist zu klären, ob eine Ausschreibung auch für Anlagenstandorte im Ausland möglich wäre.
 - (Anteilige) Investitionsförderung von Anlagen zur Erzeugung fortschrittlicher biogener Kraftstoffe sowie strombasierter Kraftstoffe
 - Förderung der Investitions- und gegebenenfalls Betriebskosten als Voraussetzung für den Aufbau erster großer Erzeugungsanlagen in Deutschland
 - Mittelfristig: Anlagenaufbau international (an „Gunststandorten“), im Rahmen internationaler Zusammenarbeit

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- Aufgrund des in Teilaspekten noch im Aufbau befindlichen technischen Entwicklungsstandes **strombasierter Kraftstoffe** stellen Investitionen in Forschung und Entwicklung aus Sicht der AG 1 einen wichtigen Baustein für einen Markthochlauf dar.
- Insbesondere sind Forschungsanstrengungen im Bereich der Gesamt-Produktionssysteme (das heißt Zusammenspiel von Einzelkomponenten sowie Integration von Anlagen in das Energiesystem) sowie im Bereich der Wasserstoffversorgung notwendig.
- Das Augenmerk der Forschung muss auf eine Produktion in quasi-industriellem Maßstab gelegt werden, um hier eine effektive Integration von Einzelkomponenten zu einem Gesamtsystem für strombasierte Kraftstoffe zu erreichen. Darüber hinaus ist ein Forschungsschwerpunkt auf die Wasserstoffversorgung zu legen.

FORSCHUNG IM BEREICH DER ERZEUGUNG STROMBASIERTER KRAFTSTOFFE/ SYNTHESGASERZEUGUNG	FORSCHUNG IM BEREICH DER WASSERSTOFF- VERSORUNG/SYNTHESGASERZEUGUNG
Demonstrationsanlage PtL 10.000 t pro Jahr-Klasse (Ausrichtung auf unterschiedliche Verfahrenskonfigurationen z. B. inkl. Hochtemperaturelektrolyse)	Industrialisierung Elektrolyseurproduktion
Systemintegrierte Demonstrationsanlage PtL 10.000 t pro Jahr-Klasse (Ausrichtung auf eine Integration in das Energie- und in das Raffineriesystem)	Elektrolyseure (insb. Hochtemperatur, CO-Elektrolyse, PEM Iridium, etc.)
PtL-Systemkomponenten: RWGS, H ₂ -Speicherung, Wasserentsalzung, CO ₂ -Luft-Abscheidung	Wasserstofftransport- und Distributionswege (Pipeline, LOHC, Kryogen)
Methanol als Kraftstoff (Transportinfrastruktur, direkter Einsatz in Motoren, Methanol-to-Gasoline/ Jet, Zulassung Methanol-Route für Luftfahrt)	
CO ₂ -Abscheidung aus der Luft (DAC)	

Tabelle 8: Empfohlene Forschungsschwerpunkte zur Förderung strombasierter Kraftstoffe

(Quelle: eigene Darstellung)



- Forschungs- und Entwicklungsmaßnahmen gestalten sich hinsichtlich **fortschrittlicher biogener Kraftstoffe** diverser, da eine Vielzahl an Biomasseressourcen verwendet werden kann, die wiederum über unterschiedliche technische Verfahrensrouten zur Kraftstoffproduktion eingesetzt werden können (siehe Abschnitt 3.3.2). Hierbei sollten auch **Synergien zwischen biogenen und strombasierten Kraftstoffen** berücksichtigt werden. Zum Beispiel entsteht bei der BtL-Produktion biogenes CO₂, das wiederum für die PtL-Produktion verwendet werden kann.⁴³
- Die Maßnahmen zur Förderung sollten sich nach Ansicht der AG 1 auf die Herstellung von biogenen Kraftstoffen aus unterschiedlichen Ausgangsressourcen und ihre anschließende Weiterverarbeitung zu Kraftstoffen konzentrieren, wie die folgende Tabelle veranschaulicht:

FORSCHUNG IM BEREICH DER BEREITSTELLUNG VON BIOMASSE	FORSCHUNG IM BEREICH DER WEITERVERARBEITUNG ZU KRAFTSTOFFEN
Vergasung biogener Festbrennstoffe (Restholz, Altholz) und von Abfall, etc.	Alkohol-to-Olefins
Gasreinigung und -konditionierung	Demonstrationsanlage kombiniert BtL- und PtL-Anlagen (inkl. Kombination mit Methanol-Route)
Algenproduktion und Weiterverarbeitung	Kombinierte Aufbereitung von BtL und PtL (Co-Processing)
Aufschluss Lignocellulose, C5-Zucker-Vergärung, Vergärung zu Butanol und weiteren Alkoholen	

Tabelle 9: Empfohlene Forschungsschwerpunkte zur Förderung fortschrittlicher biogener Kraftstoffe
(Quelle: eigene Darstellung)

4.2.2 REGULIERUNGSRAHMEN

MENGENAUSSCHREIBUNGEN

- Ein Anreiz für die Produktion alternativer Kraftstoffe kann **durch Mengenausschreibungen** erreicht werden. Mit diesem Instrument können von der öffentlichen Hand wettbewerbliche Ausschreibungen für Kraftstoffmengen durchgeführt werden. Für diese jährlichen Kraftstoffmengen werden feste Vergütungen für einen definierten Zeitraum gezahlt. Diese Vergütung für in den Verkehr gebrachte Kraftstoffe erhält der Gewinner der Ausschreibung, das heißt der Produzent mit den besten Konditionen (zum Beispiel niedrigsten Kosten). Durch die Anzahl der Ausschreibungen und die Höhe der Ausschreibungen kann die zu produzierende Kraftstoffmenge gesteuert werden.
- Durch **ein solches Ausschreibungsverfahren wird sichergestellt**, dass sich im Wettbewerb unter verschiedenen Produzenten (auch aus dem Ausland) **das kostengünstigste Angebot herauskristallisiert**. Damit soll über die Zeit eine Kostendegression erreicht werden. Die CO₂-Vermeidungskosten pro Tonne errechnen sich aus Ausschreibungen und flankierenden Rahmenbedingungen, während die angereizte CO₂-Reduktion abhängig von der festgelegten Ausschreibungsmenge ist.
- Verschiedene Ausgestaltungen von Mengenausschreibungen werden von der AG 1 diskutiert. **Ausgestaltungen unterscheiden** sich unter anderem nach:

⁴³ Für eine ausführlichere Darstellung der genannten Synergien vgl. DBFZ (2019).

- Kraftstoff beziehungsweise Einsatzsektor (zum Beispiel Flugverkehr und/oder Straßenverkehr)
- Rückfinanzierung der Vergütung für die Mehrpreise alternativer Kraftstoffe (zum Beispiel zusätzliche Abgabe oder Umlage auf alle Kraftstoffe, teilweise Verwendung von Einnahmen durch BEHG und Luftverkehrssteuer)
- Gegebenenfalls können sich die Ausschreibungen auf Produktionskapazitäten, produzierte Mengen Kraftstoff, CO₂-Reduktionen gegenüber fossilen Kraftstoffen, PtL- und/oder BtL-Anlagen sowie auf Kombinationen daraus beziehen.
- Ausschreibungen ermöglichen es auch, Technologien unterschiedlicher Entwicklungsstufen zielgenau anzureizen (zum Beispiel Kraftstoffe für spezielle Verkehrsanwendungen oder Einsatzstoffe für spezielle Industrieprozesse).

MENGEN- UND THG-MINDERUNGSQUOTEN

- Ein wesentliches Instrument stellt hierbei die Umsetzung der **Renewable Energy Directive (RED)** dar:
- Ausgangslage: Stand der nationalen Umsetzung in Deutschland heute:
 - Mit der EU-Richtlinie für erneuerbare Energien (Renewable Energy Directive (2009/28/EC)) (RED) wurden 2019 verbindliche Ziele für alle EU-Mitgliedsstaaten gesetzt. **Ziel ist ein 10-prozentiger erneuerbarer Energieanteil** im Verkehrssektor (Straßen- und Schienenverkehr) im Jahr 2020.
 - Dabei wird für einige Energieträger eine Mehrfachanrechnung des Energiegehalts genutzt, um das Ziel zu erreichen. Der zu erreichende reale Anteil an erneuerbaren Energien ist daher geringer als 10 %.
 - Die Umsetzung erfolgt in den Mitgliedsstaaten im Wesentlichen über **unterschiedlich ausgestaltete Quotenregeln für die Kraftstoff-Inverkehrbringer**.
 - Die für den Verkehrssektor wichtigste Novelle der Richtlinie ist die im Jahr 2015 beschlossene **ILUC-Richtlinie** (EU/2015/1513). Sie legt unter anderem fest, dass konventionelle biogene Kraftstoffe maximal bis zu 7 % (energetischer Anteil) auf die Zielerfüllung der Mitgliedsstaaten angerechnet werden dürfen.
 - In der RED wird eine Methodik zur Bestimmung der THG-Emissionen der Kraftstoffe eingesetzt, in der die **Emissionen der Vorkette** der Kraftstoffherstellung mit eingehen. Die Kraftstoffe müssen gewisse Mindestminderungen bezüglich der THG-Minderung erreichen und Nachhaltigkeitskriterien einhalten, um als erneuerbarer Kraftstoff auf die Ziele der RED anrechenbar zu sein.
 - Seit 2015 ist die RED in Deutschland im Verkehrssektor als **THG-Minderungsquote** (kurz: THG-Quote) im Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) (§37a – §37f) umgesetzt. Zur Einhaltung dieser THG-Quote verpflichtet sind die Inverkehrbringer von Kraftstoffen. Ab 2020 müssen sie gegenüber einem fest definierten fossilen Vergleichswert (94,1 g CO₂e/Megajoule (MJ)) im Durchschnitt eine THG-Minderung von 6 % für den in einem Jahr in den Verkehr gebrachten Kraftstoff nachweisen. **Weitere Durchführungsdetails** sind in den folgenden Durchführungsverordnungen festgehalten:
 - Durchführungsdetails für die Anrechnung strombasierter Kraftstoffe und das Co-Processing von fossilen und biogenen Rohstoffen in Raffinerien (37. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV)),
 - Durchführungsdetails für die Anrechnung des erneuerbaren Stroms im Straßenverkehr (38. BImSchV). Dort ist zudem die Gruppe der „fortschrittlichen Kraftstoffe“ definiert, für die eine steigende energetische Mindestquote (0,5 % im Jahr 2025) festgelegt wird.
 - Umsetzung der ILUC-Richtlinie in Deutschland: Die Inverkehrbringer können zur Zielerfüllung der THG-Quote maximal 6,5 % (energetischer Anteil) aus konventionellen biogenen Kraftstoffen zur Anrechnung bringen (38. BImSchV).

- Durchführungsdetails der Anrechnung von THG-Emissionsminderungen in der Vorkette der Kraftstoffproduktion sind durch die Upstream-Emissionsminderungs-Verordnung (UERV) definiert. Diese THG-Minderungen können bis zu einem Anteil von 1,2 Prozentpunkten auf die THG-Quote angerechnet werden.⁴⁵
- Die RED wurde 2018 umfassend novelliert: Die **RED II** (EU/2018/2001) sieht vor, dass die Mitgliedsstaaten die Inverkehrbringer von Kraftstoffen dazu verpflichten, für den Verkehrssektor erneuerbare Energien in den Markt zu bringen, damit in den Mitgliedsstaaten im Jahr 2030 rechnerisch mindestens ein 14-prozentiger Anteil der im Verkehr eingesetzten Energie aus erneuerbaren Energien stammt.
 - Dieses Ziel kann reduziert werden, wenn der anrechenbare Anteil der konventionellen Biokraftstoffe auf weniger als 7 % (energetischer Kraftstoffanteil) begrenzt ist,⁴⁶ **woraus sich de facto die zentrale Anforderung ergibt, dass im Jahr 2030 mindestens ein 7-prozentiger erneuerbarer Energieanteil vorliegen muss, der nicht aus konventionellen Biokraftstoffen stammt.** Wie bisher werden für bestimmte erneuerbare Energieträger Multiplikatoren genutzt, sodass der reale erneuerbare Anteil bei weniger als 14 % insgesamt beziehungsweise bei weniger als 7 % für Erfüllungsoptionen, die nicht aus konventionellen Biokraftstoffen stammen, liegen kann.
 - Der **Zähler** wird bestimmt über den Energiegehalt der erneuerbaren Energieträger **in allen Bereichen** des Verkehrssektors.
 - Der **Nenner** wird bestimmt über den Energiegehalt von Benzin, Diesel, Erdgas, biogenen Kraftstoffen, Biogas, strombasierten Kraftstoffen, Recycled Carbon Fuels und Strom, der im **Straßen- und Schienenverkehr** eingesetzt wird.
- Bei der nationalen Umsetzung der RED II stehen einzelne Freiheitsgrade verschiedener Ausgestaltungselemente (zum Beispiel Mindest- und Maximalquote, Mehrfachanrechnung) zur Verfügung. Die nationale Umsetzung muss jedoch von der EU-Kommission notifiziert werden.

⁴⁵ Die THG-Quote ist auch die Umsetzung der Anforderungen der Kraftstoffqualitätsrichtlinie, in der eine THG-Emissionsminderung im Kraftstoffmix gefordert wird. Die THG-Emissionsminderungen aus Verbesserungen im Upstream-Bereich der Kraftstoffherstellung stammen aus der Kraftstoffqualitätsrichtlinie.

⁴⁶ Das Ziel reduziert sich um die Differenz zwischen den maximal 7 % der konventionellen biogenen Kraftstoffe und der national festgelegten Obergrenze für die konventionellen Biokraftstoffe. Liegt der maximal anrechenbare Anteil der konventionellen Biokraftstoffe beispielsweise bei 2,7 %, dann ist das Ziel erfüllt, wenn mindestens ein erneuerbarer Anteil von 9,7 % (14 % - [7 % - 2,7 %] = 9,7 %) erreicht wird.

ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER	ZIELERFÜLLUNG DER MITGLIEDSSTAATEN NACH RED II	
	ANRECHNUNGSGRENZE (ENERGETISCHER ANTEIL)/MINDESTANTEIL (ANRECHNUNG)	MEHRFACHANRECHNUNG
KONVENTIONELLE BIOKRAFTSTOFFE	Maximal: Anteil in 2020 + 1 % (max. 7 %)	nein
BIOKRAFTSTOFFE NACH ANHANG IX, TEIL A (ABFÄLLE, RESTSTOFFE UND ALGEN)	Mindestens 3,5 % (entspricht real 1,75 %)	2
BIOKRAFTSTOFFE NACH ANHANG IX, TEIL B (ALTSPEISEÖLE UND -FETTE)	Maximal 1,7 %	2
STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE	nein	nein
ERNEUERBARER STROM	nein	4 (Straßenverkehr)/ 1,5 (Schienenverkehr)
RECYCLED CARBON FUELS	nein	nein
EE-KRAFTSTOFFE IM FLUG- UND SCHIFFSVERKEHR	nein	1,2

Tabelle 10: Übersicht über Zielerfüllung der Mitgliedsstaaten nach RED II
(Quelle: eigene Darstellung)

- **Aktuell ist ein Referentenentwurf zur nationalen Umsetzung der RED II in Diskussion. Eine kurze Darstellung des Entwurfs sowie eine tabellarische Übersicht der Kommentierungen aus dem Kreis der Mitglieder der AG 1 befindet sich im Anhang (S. 51 ff).**

CO₂-ABHÄNGIGE AUSGESTALTUNG DER ENERGIESTEUER

- Ein ökonomischer Anreiz für den Einsatz alternativer Kraftstoffe kann durch eine teilweise oder vollständige Orientierung der Energiesteuer an den CO₂-Emissionen erreicht werden.
- In Deutschland wird die **Energiesteuer aufgrund der europarechtlichen Vorgaben bisher unabhängig von den CO₂-Emissionen eines Kraftstoffs erhoben**. Die Besteuerung erfolgt somit unabhängig davon, ob es sich um fossile oder alternative Kraftstoffe handelt. Die EU-Energiesteuerrichtlinie legt die Mindeststeuersätze pro Liter zum Beispiel für Benzin und Diesel fest, allerdings auf einem Niveau, das deutlich unter den aktuellen Steuersätzen in Deutschland und auch in vielen anderen Mitgliedsstaaten liegt. Im Rahmen des Green Deal wird eine Überarbeitung der Richtlinie von der EU-Kommission bis Juni 2021 vorgeschlagen (teilweise oder vollständige Umstellung auf eine an den fossilen CO₂-Emissionen orientierte Besteuerung sind Teil der Konsultation).
- Unterschiedliche **Ausgestaltungen** einer CO₂-orientierten Energiebesteuerung werden in der AG 1 diskutiert. Die Ausgestaltungen unterscheiden sich in **Höhe und Anteil der Energiebesteuerung**, die auf CO₂-Emissionen der Kraftstoffe ausgerichtet wird. Darüber hinaus wird diskutiert, **ob ein CO₂-unabhängiger Anteil an der Energiebesteuerung der Kraftstoffe bestehen bleiben soll** (zum Beispiel in Höhe der in der EU-Energiesteuerrichtlinie festgelegten Mindeststeuersätze), der die nicht klimabezogenen externen Kosten des Verkehrs adressiert und auch für erneuerbare Kraftstoffe entrichtet werden müsste.

EMISSIONSHANDELSSYSTEME

- Ein ökonomischer Anreiz für den Einsatz alternativer Kraftstoffe kann durch ein CO₂-Emissionshandelssystem geschaffen werden. Für jede Tonne CO₂, die durch die Verbrennung eines Kraftstoffs entsteht, müsste bei einer begrenzten Menge an Zertifikaten ein gültiges Zertifikat vorlegt werden.
- Mit dem BEHG wird in Deutschland ein hybrides Emissionshandelssystem unter anderem für Kraftstoffe im Straßenverkehr eingeführt, das zu einer Bepreisung von THG-Emissionen außerhalb des EU-Emissions Trading System (ETS) führt.⁴⁷ Es müssen für das Inverkehrbringen von fossilen Brenn- und Kraftstoffen ab 2021 CO₂-Zertifikate gekauft werden. Deren Preise sind bis 2025 festgeschrieben. Bis 2026 gibt es einen engen Preiskorridor. Ab 2027 soll die Preisbildung marktbasierend stattfinden. **Die AG 1 ist sich darüber einig, dass schnellstmöglich Klarheit über die Mechanismen der CO₂-Preisbildung nach 2025 zu schaffen ist.** Einigkeit herrscht auch darüber, dass die bis 2026 im Gesetz festgelegten Preise alleine nicht ausreichen, um Investitionen in strombasierte alternative Kraftstoffe auszulösen.
- **Unterschiedliche Ausgestaltungen** eines zukünftigen Emissionshandelssystems für den Verkehr werden in der AG 1 diskutiert. **Unterschiede** ergeben sich:
 - unter anderem über getrennte oder gemeinsame Emissionshandelssysteme für unterschiedliche Sektoren (Straßenverkehr, Wärme, kleinere Industrieanlagen und/oder die im EU-ETS befindlichen Sektoren Industrie, Energie sowie Luftverkehr) und
 - über den geografischen Rahmen, das heißt, ob auf eine Einführung in Deutschland oder auf europäischer Ebene gezielt wird.
- Darüber hinaus steht das Zusammenspiel mit dem EU-ETS und dem BEHG zur Diskussion.

⁴⁷ Das BEHG sieht als Gesamtzweck grundsätzlich die Bepreisung von fossilen CO₂-Emissionen vor. Nachhaltige biogene Kraftstoffe sind von der Bepreisung ausgenommen und die Behandlung von strombasierten Kraftstoffen ist noch nicht geregelt (Hintergrund: Nachhaltigkeitsanforderungen sind noch unbestimmt).

5. FAZIT UND HANDLUNGS-EMPFEHLUNGEN

Das Handlungsfeld „Alternative Kraftstoffe“ hat die AG 1 bereits in ihrem **Zwischenbericht 3/2019** identifiziert und seinen möglichen Beitrag zur Erreichung des Klimaziels im Verkehr aufgezeigt. Der vorliegende Werkstattbericht beruht auf dem Gesamtauftrag des Bundesverkehrsministers an die AG 1, die **Maßnahmen des Klimaschutzprogramms 2030 im Hinblick auf ihren Beitrag zur Erreichung der Klimaziele im Verkehr zu evaluieren und bei Bedarf die Beschleunigung und den Ausbau von Maßnahmen oder weitere Instrumente zu empfehlen**. Zudem wurde die NPM im Nachgang des dritten Spitzengesprächs der *Konzertierten Aktion Mobilität* gebeten, **Vorschläge für den Einsatz und Markthochlauf von alternativen Kraftstoffen** vorzulegen. Mit dieser Bitte wurde die AG 1 federführend betraut.

- Im Fokus des Berichts stehen folgende alternative Kraftstoffe:
 - **Biogene Kraftstoffe (BtX)** (auch Biokraftstoffe genannt): Flüssige und gasförmige Energieträger, die aus Biomasse hergestellt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den fortschrittlichen biogenen Kraftstoffen, die aus Abfall- und Reststoffen gewonnen werden, da die Verwendung von Anbaubiomasse Limitierungen unterliegt.
 - **Wasserstoff**: Wasserstoff spielt als Kraftstoff, als Ausgangsstoff für strombasierte Kraftstoffe und auch als Grundstoff in der Industrie eine wesentliche Rolle. Es wird auf die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung verwiesen. Unter Klimagesichtspunkten soll im Verkehrssektor nur auf der Basis Erneuerbarer-Energien-Anlagen gewonnener Wasserstoff (grüner Wasserstoff) Anwendung finden.
 - **Strombasierte Kraftstoffe (PtX)**: Flüssige und gasförmige Energieträger, bei denen über verschiedene Prozessschritte Strom in **Wasserstoff** und in einem Folgeschritt in Kraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin, Methan) gewandelt wird.
- Die Herstellung von alternativen Kraftstoffen auf Basis regenerativer Energien muss weitreichenden **Nachhaltigkeitskriterien** genügen. Neben der angestrebten Treibhausgasneutralität gilt es, die Rohstoffkette (zum Beispiel Verfügbarkeit von Wasser, nachhaltig produzierter Biomasse sowie von CO₂ aus der Luft) klima- und umweltverträglich zu gestalten.
- Ambitionierte Nachhaltigkeitskriterien für PtX müssen aufgrund ihrer hohen Prozess- und Kostenrelevanz so schnell wie möglich entwickelt werden, um potenziellen **Investoren langfristige Planungssicherheit** und **gesellschaftliche Akzeptanz** zu sichern.
- Die **Auswertung der von der Bundesregierung beauftragten Gutachten** des Öko-Instituts und von Prognos zur Bewertung des KSPR 2030 in Kapitel 3 hat gezeigt, dass mit den vorhandenen und im Klimaschutzprogramm enthaltenen Instrumenten⁴⁸ die im Klimaschutzprogramm angestrebten zusätzlichen Minderungsbeiträge von 9 bis 10 Mio. t CO₂-Äquivalenten durch eine Steigerung des Einsatzes alternativer Kraftstoffe (strombasierte Kraftstoffe und fortschrittliche biogene Kraftstoffe) um circa 115 bis 130 PJ **nicht erreicht** werden können. Aktuell kommen im Verkehrssektor circa 124 PJ konventionelle biogene Kraftstoffe aus Anbaubiomasse, darunter 18 PJ Palmöl, zum Einsatz.
- Dabei bestehen bei den Mitgliedern der AG 1 im Grundsatz unterschiedliche Auffassungen darüber, wie weit die ausgewiesene Minderungslücke durch Mengenerhöhung in dieser Größenordnung durch alternative Kraftstoffe oder durch noch stärkere Beiträge anderer Handlungsfelder, wie der Elektrifizierung der Antriebe, der Vermeidung und der Verlagerung von Verkehr sowie der Effizienzsteigerung, geschlossen werden könnte.

⁴⁸ Stand: Januar 2020.

ANHAND DER ANALYSE ZUM MARKTHOCHLAUF ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE LASSEN SICH FÜNF ZENTRALE ERKENNTNISSE ABLEITEN:

- 1. Technologie:** Sowohl bei betrachteten flüssigen und gasförmigen strombasierten als auch biogenen fortschrittlichen Kraftstoffen gibt es derzeit **technologisch noch einige Hürden, die für einen Markthochlauf und eine Produktion im industriellen Maßstab** genommen werden müssen. Dies betrifft vor allem die Einzeltechnologien und die Integration der einzelnen Prozesse (zum Beispiel Elektrolyseure und Direct Air Capture). Aufgrund der teilweisen noch nicht gegebenen technologischen Reife einzelner Prozessschritte sind Lernkurveneffekte heute mit Unsicherheiten verbunden.
- 2. Kosten:** Die **Prognosen der Herstellkosten** 2030 bei strombasierten Kraftstoffen variieren deutlich zwischen 1,00 und 4,50 Euro pro Liter (ohne Steuern und Abgaben). Die **Kosten alternativer Kraftstoffe werden signifikant höher ausfallen als die der fossilen Kraftstoffe**.
- 3. Verfügbarkeit:** Die **Analyse der entwickelten möglichen Fahrpläne** hat gezeigt, dass nach **jetziger Einschätzung der technologischen Machbarkeit** und der Dauer von Planungsverfahren **erst ab der zweiten Hälfte der Dekade** mit einem industriellen Hochlauf zu rechnen sein wird. Auch die Produktion und die Nutzung **fortschrittlicher biogener Kraftstoffe** sind aufgrund der Begrenzung und von Nutzungskonkurrenzen der Grundstoffe **nicht beliebig steigerbar**.
- 4. Investitionen:** Um die erforderlichen Investitionen in zweistelliger Milliardenhöhe auszulösen, müssen die Instrumente **verlässlich** und über einen für die Investition angemessenen Zeitraum **planbar** sein.
- 5. Instrumente:** Die Produktion von PtX im industriellen Maßstab kann nur realisiert werden, wenn auf nationaler und internationaler Ebene zusätzliche staatliche Instrumente existieren. Über Förderungen, Quoten, Ausschreibungen und einen CO₂-Preis sowie die Ausgestaltung des Steuer- und Abgabesystems können Investitionsentscheidungen für einen Hochlauf alternativer Kraftstoffe angereizt werden. Denn: **Ohne entsprechende Instrumente wird es keine relevante Nachfrage nach und in der Folge kein relevantes Angebot an alternativen Kraftstoffen geben**.

DARÜBER HINAUS GIBT ES UNTERSCHIEDLICHE EINSCHÄTZUNGEN ÜBER DIE WEITERE AUSGESTALTUNG DER NUTZUNG ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE UND DER ZUSAMMENSTELLUNG VON INSTRUMENTENSETS. SIE ERGEBEN SICH AUS UNTERSCHIEDLICHEN SICHTWEISEN:

- zur Entwicklung globaler Verfügbarkeit kostengünstiger erneuerbarer Energien,
- zur Verwendung alternativer Kraftstoffe im Flug-, Schiffs- oder auch im Straßenverkehr,
- zur Höhe der THG-Minderungskosten alternativer Kraftstoffe im Vergleich zu anderen Klimaschutzmaßnahmen
- und schließlich zur Rolle von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren im zukünftigen Straßenverkehr.
- Ausgehend von diesen Sichtweisen gibt es unterschiedliche Einschätzungen zu den Einsatzorten und dem Klimaschutzbeitrag alternativer Kraftstoffe.

SPEKTRUM DER UNTERSCHIEDLICHEN SICHTWEISEN:

SICHTWEISE A	SICHTWEISE B
<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund des noch offenen Technologiewettbewerbs zum aktuellen Zeitpunkt: Regulierungsrahmen technologieoffen für Elektromobilität und alternative Kraftstoffe ausgestalten. • Strombasierte Kraftstoffe eröffnen die Möglichkeit, internationale Gunststandorte mit hohen Stromerträgen aus erneuerbaren Energien zu nutzen und damit die technischen Effizienz Nachteile weitgehend zu kompensieren. • Gesamten Verkehrssektor inklusive des Straßenverkehrs als Einsatzort adressieren, da hier eigener Bedarf gesehen wird und weniger wettbewerbliche Nachteile als im internationalen See- und Luftverkehr zu befürchten sind. • Elektrische Antriebe weisen nicht in allen Anwendungsbereichen geringere THG-Vermeidungskosten auf. • Investitionen im In- und Ausland anreizen und große Produktionsmengen auslösen, sodass die Kosten schnell gesenkt werden können, H₂ seine Funktion als Speicher rasch erfüllen kann und mittel- und langfristig auch in preissensiblen und wettbewerbsintensiven Segmenten (u. a. Stahl-, Chemie-, Zementbranche, Wärme, Luft- und Seeverkehr) Verfügbarkeit entsteht. • Mittelfristig kann die begrenzte Ausbaugeschwindigkeit und das dadurch knappe Angebot an Wasserstoff die Nutzungskonkurrenz zwischen den verschiedenen Sektoren verstärken, die jeweils eigene sektorspezifische Klimaziele erreichen müssen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Den straßengeführten Verkehr fokussiert elektrifizieren, da auch langfristig eine begrenzte Verfügbarkeit erneuerbarer Energien besteht und elektrische Antriebe eine deutlich höhere Energieeffizienz aufweisen. • Auch international bleiben erneuerbare Energien, grüner Wasserstoff und PtX ein knappes Gut, das nicht nur aus Deutschland und Europa nachgefragt wird und deshalb nachhaltig erzeugt und effizient verwandt werden muss. • Eine Nutzung des Straßenverkehrs zur Finanzierung des Produktionshochlaufs von alternativen Kraftstoffen würde Pfadabhängigkeiten schaffen und dadurch deren kostenintensive Nutzung im Straßenverkehr verstetigen. • Bevorzugt den Flug-, See- und in Teilen Schwerlastverkehr mit alternativen Kraftstoffen versorgen, da hier keine Alternativen wie z. B. batterieelektrische Antriebe zur Dekarbonisierung bestehen. • Elektrische Antriebe weisen bis auf wenige Ausnahmen geringere THG- Vermeidungskosten auf. • Die Potenziale erneuerbarer Energien, grünen Wasserstoffs und von PtX-Kraftstoffen zur Erreichung der Klimaneutralität werden zwingend in der Industrie (u. a. Stahl-, Chemie-, Zementbranche) sowie für Speicher und Teile der Wärmeversorgung gebraucht. Die Nutzungskonkurrenz ergibt sich daher vor allem aus der begrenzten Verfügbarkeit der alternativen Energieträger und Grundstoffe sowie dem Bedarf der Anwendungen außerhalb des Verkehrssektors.

Tabelle 11: Unterschiedliche Einschätzungen zu den Einsatzorten und dem Klimaschutzbeitrag alternativer Kraftstoffe
 (Quelle: eigene Darstellung)



FOLGENDE GEMEINSAME HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN KÖNNEN TROTZ DER UNTERSCHIEDLICHEN ANSÄTZE GEGEBEN WERDEN:

1. Formulierung und schnelle Umsetzung **ambitionierter, langfristiger und verbindlicher Nachhaltigkeitskriterien**.
2. Die Forschung sollte gezielt darauf ausgerichtet werden, die **Skalierung von Technologien inklusive ihrer kurzfristigen Kostensenkungen** zu unterstützen. Nur dann können Mitte des Jahrzehnts PtL-Anlagen in einer Größenordnung von 10.000 t (0,4 PJ) Kraftstoff/Jahr beziehungsweise Ende des Jahrzehnts in der Größenordnung von 100.000 t (4 PJ) Kraftstoff/Jahr in Betrieb gehen.
3. Für einen Hochlauf alternativer Kraftstoffe ist ein **Markteinführungsprogramm** (für 10.000 t/a Anlagen PtL) im Bereich der PtX notwendig. Zudem sollen **internationale Kooperationen und Partnerschaften** auf der Grundlage von Nachhaltigkeitskriterien politisch unterstützt und gefördert werden.
4. **Der globale Ausbau zusätzlicher erneuerbarer Stromerzeugungskapazitäten** ist Voraussetzung für die Klimaschutzwirkung von PtX-Kraftstoffen.
5. Die **schnelle nationale Umsetzung und Forcierung der noch ausstehenden Rechtsakte zu den Strombezugs-kriterien** und der **THG-Berechnungsmethodik** für alternative Kraftstoffe im Rahmen der RED II ist notwendig für die Investitionssicherheit in PtL-Anlagen.
6. Es wird empfohlen, **eine über den Sektor Verkehr hinausgehende Diskussion** zum Angebot, zu Bedarfen und zur Bereitstellung der limitiert verfügbaren alternativen Kraftstoffe zur Erreichung der sektoralen Klimaziele – auch im Hinblick auf die EU-Diskussion über Klimaneutralität – zu führen.

BEZÜGLICH DER WEITERGEHENDEN INSTRUMENTE WIRD AUF WIRD AUF DAS KAPITEL 4 VERWIESEN UND AUF DIE FOLGENDE TABELLE, DIE DAS SPEKTRUM DER UNTERSCHIEDLICHEN SICHTWEISEN DARSTELLT.

BEISPIELHAFTE INSTRUMENTE ZUR SICHTWEISE A	BEISPIELHAFTE INSTRUMENTE ZUR SICHTWEISE B
<ul style="list-style-type: none"> • Umbau der Energiesteuer zu einer Besteuerung des fossilen Kohlenstoffs in Kraftstoffen („CO₂-Steuer“) • Festlegung einer deutlich ambitionierten THG-Quote für Kraftstoffe mindestens bis 2030 mit Doppelanrechnung für Wasserstoff und PtX sowie fortschrittliche biogene Kraftstoffe • Zeitlich begrenzte Mehrfachanrechnung für Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe im BEHG • Investitionen des Bundes in Höhe der Einnahmen der Luftverkehrssteuer für den Hochlauf von PtL-Kerosin • Berücksichtigung von alternativen Kraftstoffen in der CO₂-Flottenregulierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche CO₂-Komponente in der Energiesteuer, um weiterhin auch andere externe Effekte des Verkehrs zu adressieren • Verschärfung der THG-Quote nach dem European Green Deal • Kraftstoffspezifische Mengenausschreibungen für strombasierte Kraftstoffe • Keine Mehrfachanrechnung für Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe im BEHG • PtL-Quote im Luftverkehr • Keine Berücksichtigung von alternativen Kraftstoffen in der CO₂-Flottenregulierung

Tabelle 12: Unterschiedliche Einschätzungen von Industrieverbänden und Umweltschutzorganisationen über oben genannte Instrumente (Quelle: eigene Darstellung)

- Das **Zusammenspiel der Instrumente** ist dabei **komplex**. Es ist davon auszugehen, dass mehrere Instrumente gleichzeitig für den Hochlauf alternativer Kraftstoffe benötigt werden. Hier gilt es, die Instrumente für sich und ihre **Wechselwirkungen** richtig zu verstehen und zu berücksichtigen.
- Die Defossilisierung im Verkehrssektor stellt für alle Akteure in Deutschland eine große Herausforderung dar und bietet bei einer überzeugenden Realisierung erhebliche ökonomische Exportchancen sowohl für den Fahrzeug- als auch für den Maschinen- und Anlagenbau. Dies gilt auch für den Bereich der alternativen Kraftstoffe. Die in diesem Bericht aufgeführte Zusammenstellung bietet eine erste Orientierung.
- Die AG 1 wird im folgenden Jahr weiterarbeiten und zudem eine Einordnung in das Gesamtsystem und die Summe aller Handlungsfelder vornehmen. Allen Mitgliedern und Unterstützerinnen und Unterstützern der AG 1 gebührt ein großer Dank.

ANHANG

UNTERSCHIEDLICHE SICHTWEISEN DER AG1-MITGLIEDER ZUM INSTRUMENT DER BERÜCKSICHTIGUNG ALTERNATIVER KRAFTSTOFFE IN DER EU-FLOTTENREGULIERUNG

SICHTWEISE A	SICHTWEISE B
<p>Die Anrechnung alternativer Kraftstoffe auf die CO₂-Flottengrenzwerte ist für den Hochlauf alternativer Kraftstoffe und den Klimaschutz von Bedeutung.</p> <ul style="list-style-type: none"> Die EU-Flottenregulierung für die Fahrzeughersteller berücksichtigt bislang keine Unterschiede bei den Kraftstoffen. Der Verbrennungsmotor wird in der Regulierung immer so behandelt, als wären die Kraftstoffe zu 100 % fossil. Ohne eine Änderung dieses nicht technologieneutralen Regulierungsansatzes bewirken immer schärfere Grenzwerte in der Praxis ein schrittweises Verbot von Verbrennungsmotoren. Damit entfällt perspektivisch ein wichtiger Markt mit hoher Zahlungsbereitschaft für alternative Kraftstoffe. Das reduziert die Investitionsbereitschaft signifikant und hat damit erheblichen negativen Einfluss auf die Wirkung der anderen in diesem Bericht diskutierten Instrumente. Jede Umsetzung einer Anrechnung von erneuerbaren Kraftstoffen auf die CO₂-Ziele der Automobilhersteller muss vorsehen, dass zusätzliche Mengen erneuerbarer Kraftstoffe zu den Verpflichtungen der Mineralölwirtschaft in den Markt kommen. Diese Mengen ersetzen fossilen Kraftstoff und führen so immer zu direkten Emissionsminderungen im Verkehrssektor und zusätzlicher Flexibilität. Eine mögliche Ausgestaltung einer solchen Regulierung hat Frontier Economics im Auftrag des BMWi erarbeitet.⁴⁹ Hier sind viele Ausgestaltungsoptionen denkbar, zum Beispiel die Beschränkung auf bestimmte fortschrittliche Kraftstoffarten. 	<p>Die Anrechnung alternativer Kraftstoffe auf die CO₂-Flottengrenzwerte ist für effektiven Klimaschutz ungeeignet.</p> <ul style="list-style-type: none"> Unterminierung der Klimaschutzziele: Die bestehende Flottengrenzwertregulierung ist das bisher effektivste Instrument der EU, um Klimagasemissionen von Straßenfahrzeugen zu reduzieren. Die Androhung hoher Strafzahlungen motiviert die Fahrzeughersteller, die CO₂-Emissionen ihrer Fahrzeuge zu verringern und diese Fahrzeuge in den Markt zu bringen. Eine Anrechnung von Kraftstoffen würde diese Anreize unterminieren und damit weitere, fahrzeugseitige Effizienzsteigerungen über Jahre zum Erliegen bringen. Es ist davon auszugehen, dass auch die Zulassungszahlen von Elektroautos empfindlich zurückgehen würden, da diese maßgeblich zur Erfüllung der Flottengrenzwerte eingesetzt werden. Dies führt in der Gesamtbilanz zu einer negativen Klimawirkung gegenüber der bisherigen Regulierung. Zudem würde die Vermeidung von Strafzahlungen aus Kostengründen vor allem durch die Anrechnung von besonders umweltschädlichen biogenen Treibstoffen aus Anbaubiomasse erfolgen. Vermengung unterschiedlicher Regelungsbereiche: Eine Vermengung der auf den Verkaufszeitpunkt bezogenen Fahrzeugeffizienz und der auf eine längere Nutzungszeit bezogenen Kraftstoffqualität erhöht die Anfälligkeit des Gesamtsystems für Missbrauch und eröffnet vielfältige bilanzielle Verschiebungsmöglichkeiten – sowohl zwischen den Regulierungen als auch zwischen den EU-Mitgliedsländern. Dies würde eine Erfüllung der nationalen Klimaschutzziele gefährden.

⁴⁹ Frontier Economics/Flick Gocke Schaumburg (2020).

SICHTWEISE A	SICHTWEISE B
<ul style="list-style-type: none"> Für die Automobilindustrie sind erneuerbare Kraftstoffe unverzichtbar, um das Ziel eines klimaneutralen Verkehrs bis 2050 zu erreichen. Erneuerbare Kraftstoffe leisten einen wichtigen Beitrag zu kosteneffizientem Klimaschutz im Verkehr. Da die erneuerbaren Kraftstoffe langfristig teurer als ihre fossilen Pendanten bleiben werden, steigt das Interesse, die Effizienz der Verbrennungsmotoren zu steigern. Die zusätzliche Nachfrage nach fortschrittlichen Kraftstoffen aus einem Sektor, in dem keine zusätzlichen staatlichen Förderanreize wie in anderen Sektoren notwendig sind, kann den Hochlauf beschleunigen und damit eine schnellere Kostensenkung von grünem Wasserstoff und E-Fuels bewirken, von der dann perspektivisch auch andere Sektoren wie Luftfahrt und Schifffahrt profitieren. 	<ul style="list-style-type: none"> Erhöhte Kosten statt Einsparungen: Die aktuelle CO₂-Flottenregulierung hat mit ihren negativen THG-Vermeidungskosten aufgrund von Kraftstoffeinsparungen insgesamt positive Effekte für die Volkswirtschaft und Verbraucherinnen und Verbraucher. Die Anrechnung teurer synthetischer Kraftstoffe hingegen würde die Kosten für beide erheblich erhöhen. Greenwashing: Die Glaubwürdigkeit der Fahrzeugregulierung hat in der Vergangenheit schon mehrfach gelitten, sowohl durch den Dieselskandal als auch durch die immer stärker angewachsene Abweichung der realen Kraftstoffverbräuche und CO₂-Emissionen von den Laborwerten. Die Anrechnung von Kraftstoffen in der Flottenregulierung würde mit konventionellen Kraftstoffen betankte Fahrzeuge per Zertifikat zu Nullemissionsfahrzeugen erklären und damit die Möglichkeit des Greenwashing und der Täuschung der Öffentlichkeit fördern.

Tabelle 13: Einschätzung der Mitglieder zum Instrument der Berücksichtigung alternativer Kraftstoffe in der EU-Flottenregulierung
(Quelle: eigene Darstellung)

DARSTELLUNG DES IM SEPTEMBER 2020 VORGELEGTEN REFERENTENENTWURFS FÜR DIE UMSETZUNG DER RED II UND TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER ENTSPRECHENDEN KOMMENTIERUNG DURCH VERSCHIEDENE MITGLIEDER DER AG 1

- Der **Referentenentwurf (veröffentlicht am 24.09.2020) für die Umsetzung der RED II⁵⁰** in Deutschland sieht vor, dass die **THG-Quote das zentrale Element für die Umsetzung der RED II bleibt und die erforderliche THG-Reduktion gegenüber dem fossilen Komparator ab dem Jahr 2026 auf 7,25 % steigt**. In einer Novelle soll in der ersten Hälfte der 2020er-Jahre ein höherer Zielwert für das Jahr 2030 vorgegeben werden – in Abhängigkeit neuer regulatorischer Vorgaben der EU, der Technik- und Marktentwicklung erneuerbarer Kraftstoffe und der Elektromobilität.
- Bis zum Jahr 2026 sinkt die Anrechenbarkeit konventioneller Biokraftstoffe kontinuierlich bis auf maximal 2,7 % (energetischer Anteil) ab**. Das vorgegebene Ziel der RED II liegt für die im Referentenentwurf gegebene Limitierung für konventionelle Biokraftstoffe bei einem energetischen EE-Anteil von mindestens 9,7 % im Jahr 2030. Die THG-Quote von 7,25 % bezieht sich wie bisher auf die vom Verpflichteten in Verkehr gebrachten Energiemengen. Eine Ausnahme bilden die Strommengen im Schienenverkehr, die in der THG-Quote nicht berücksichtigt werden.
- Neu hinzu kommt im Referentenentwurf ein **zu erreichender Mindestanteil (energetischer Anteil) strombasierter Kraftstoffe im Flugverkehr von 0,5 % im Jahr 2026, der in zwei Schritten bis zum Jahr 2030 auf 2 % ansteigt. Diese Verpflichtung gilt für die Inverkehrbringer von Flugtreibstoffen**, sodass sie nicht Teil der THG-Quote für die Inverkehrbringer von Kraftstoffen im Straßen- und Schienenverkehr ist.

⁵⁰ Anpassung des BImSchG und der 38. BImSchV. Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses war ein aktualisierter Entwurf der deutschen Umsetzung der RED II angekündigt.

ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER	ANRECHNUNGSGRENZE (ENERGETISCHER ANTEIL)/MINDESTANTEIL (ENERGETISCHER ANTEIL)	MEHRFACHANRECHNUNG	KOMMENTAR
THG-QUOTE FÜR INVERKEHRBRINGER VON KRAFTSTOFFEN IM STRASSEN- UND SCHIENENVERKEHR			
KONVENTIONELLE BIOKRAFTSTOFFE	Maximalanteil kontinuierlich absinkend; ab 2026 maximal: 2,7 %	nein	Maximalanteil von Kraftstoffen auf Palmölbasis kontinuierlich absinkend; ab 2026 keine Anrechnung mehr möglich
BIOKRAFTSTOFFE NACH ANHANG IX, TEIL B	Mindestanteil kontinuierlich ansteigend; ab 2026 mind. 0,65 %, ab 2030 mind. 1,75 %	nein (Mindestanteil)/ 2 (für Mengen über Mindestanteil)	Mehrfachanrechnung ist möglich bis zu einem energetischen Anteil, der 1,75 % über dem Mindestanteil liegt.
BIOKRAFTSTOFFE NACH ANHANG IX, TEIL B	Maximal 1,9 %	nein	Das Anheben des Mindestanteils auf 1,9 % muss von der EU-Kommission genehmigt werden.
STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE	nein	nein/Mehrfachanrechnung für Wasserstoff in Raffinerien angekündigt	Mehrfachanrechnung nur für den Einsatz von Wasserstoff in Raffinerien (angekündigt bei Überarbeitung der 37. BImSchV).
ERNEUERBARER STROM	nein	4	Anpassungsfaktor für Effizienzvorteil von elektrischen Fahrzeugen: 0,4
UPSTREAM EMISSION REDUCTION (UER)	Maximalanteil 1,2%	nein	
PtL-QUOTE FÜR INVERKEHRBRINGER VON FLUGTREIBSTOFFEN			
PTL IM FLUGVERKEHR	Mindestanteil kontinuierlich ansteigend; ab 2026 mind. 0,5 %, ab 2030 mind. 2 %	nein	

Tabelle 14: Übersicht über Zielerfüllung der Inverkehrbringer nach Referentenentwurf (24.09.2020) zur RED II (Quelle: eigene Darstellung)



TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER STELLUNGNAHMEN UND POSITIONEN DER AG1-MITGLIEDER ZUM IM SEPTEMBER 2020 VORGELEGTE REFERENTENENTWURF ZUR NATIONALEN UMSETZUNG DER RED II

	THG-Minderungsquote	Konventionelle Biokraftstoffe	Kraftstoffe aus Speiseöl und Tierfetten	Fortschrittliche Biokraftstoffe	Strombasierte Kraftstoffe/Wasserstoff	Strom in Straßenfahrzeugen
ADAC	Forderung nach schrittweiser Anhebung der bisherigen Quote bis 2030 um einen zweistelligen Prozentwert ohne Mehrfachanrechnung und ohne die Einbeziehung von Strom in Straßenfahrzeugen.	Unterstützung der Begrenzung konventioneller Biokraftstoffe auf den Status quo.		Forderung von Beimischungsquote fortschrittlicher Biokraftstoffe unter Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards und strombasierter Kraftstoffe im Straßenverkehr.	Forderung von Beimischungsquote fortschrittlicher Biokraftstoffe unter Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards und strombasierter Kraftstoffe im Straßenverkehr.	
AGORA VERKEHRSWENDE	Unterstützung des Ziels von 7,25 % im Jahr 2026 unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Mengenpotenziale der Anrechnungsoptionen und der Anrechnungsgrenzen der konventionellen Biokraftstoffe.	Unterstützung des Vorgehens im Referentenentwurf.	Mehrfachanrechnung ist möglich bis zu einem energetischen Anteil, der 1,75 % über dem Mindestanteil liegt.		Unterstützung für die Einführung der Beimischungsquote für strombasierte Kraftstoffe im Flugverkehr (stellt notwendige Lenkungswirkung sicher). Notwendigkeit der Einführung von Nachhaltigkeitskriterien (z. B. Zusätzlichkeit von Strom) für die Herstellung dieser Kraftstoffe.	Unterstützung der Vierfachanrechnung von Strom im Straßenverkehr (bis zu Revision der RED II). Unterstützung der Neudefinition von „Dritten“ für die Anrechnung von THG-Minderungen für genutzten Strom.
BDEW	Vorschlag, die THG-Quote auf 7 % (2021) bzw. 8 % (2022) und darauffolgend jährlich um mindestens 1,5 Prozentpunkte auf mindestens 20 % im Jahr 2030 zu erhöhen.			Forderung nach höherer Mindestquote für fortschrittliche Kraftstoffe: 0,3% ab 2021, 0,5% ab 2022, 1,5% ab 2025 und 5,0% ab 2030. Bei einer solchen Anhebung wäre keine zusätzliche Mehrfachanrechnung für fortschrittliche Kraftstoffe im Quotenhandel mehr nötig.	Forderung für die Beibehaltung der Definition von fortschrittlichen Kraftstoffen in der 38. BImSchV. Forderung nach Überarbeitung der Mechanismen für Übertragung und Vermarktung gasförmiger Energieträger.	Unterstützung der Vierfachanrechnung von Strom im Straßenverkehr im Einklang mit der RED II nur für den EE-Anteil des Fahrstroms. Vorschlag, die Abrechnung der tatsächlich verwendeten energetischen Mengen an Fahrstrom im Quotenhandel nicht nur für öffentlich zugängliche Ladepunkte, sondern auch für nicht-öffentliche Ladepunkte zu ermöglichen. Keine Unterstützung dafür, den Begriff „Dritte“ bei der nicht mengenbasierten Abrechnung an nicht öffentlichen Ladepunkten über Zulassungsbescheinigungen um weitere Akteure als Stromanbieter zu erweitern

	THG-Minderungsquote	Konventionelle Biokraftstoffe	Kraftstoffe aus Speiseöl und Tierfetten	Fortschrittliche Biokraftstoffe	Strombasierte Kraftstoffe/Wasserstoff	Strom in Straßenfahrzeugen
BDI	Forderung nach einer ambitionierten THG-Minderungsquote im Jahr 2030, die mindestens einen Wert von 14 % ohne Mehrfachanrechnung und ohne die Einbeziehung von Strom in Straßenfahrzeugen erreicht.	Unterstützung der Begrenzung konventioneller Biokraftstoffe auf den Status quo. Unterstützung des Phase-out von Palmöl-basierten Biokraftstoffen bis 2026.		Forderung nach durchgängiger Doppeltanrechnung über die Mindestquote hinaus für fortschrittliche Biokraftstoffe.	Festlegung der Treibhausgasminderungsquote bis 2026 behindert die Investitionssicherheit in Wasserstoff und strombasierte Kraftstoffe. Forderung nach Mehrfachanrechnung für alle Wasserstoffbasierten Erfüllungsoptionen bis 2030. Forderung nach Ausgleich der Mehrkosten der nationalen Beimischungsquote für Flugverkehrswirtschaft durch zweckgebundene Investitionen des Bundes in Höhe der Luftverkehrssteuer.	Vierfache Anrechenbarkeit des Energiegehalts des Fahrstroms kann in der Hochlaufphase der Elektromobilität ein probates Mittel sein, sollte aber bis zum Jahr 2030 v. a. den Mitgliedsstaaten vorbehalten sein, um THG-Minderungsziele sicher zu erreichen. Zielgenauer als ein Quotenhandel würden insbesondere eine Mehrfachanrechnung für grünen Wasserstoff sowie strombasierte Kraftstoffe zur Erreichung der THG-Quote bis 2030 beitragen.
BUND	Revision der THG-Minderungsquote im Jahr 2024/25 muss den Zielwert deutlich erhöhen.	Grundsätzliche Ablehnung der Nutzung konventioneller Biokraftstoffe. Forderung nach einem vollständigen Ausphasen der konventionellen Biokraftstoffe. Forderung nach der sofortigen Beendigung der Nutzung von Palmöl-basierten biogenen Kraftstoffen und Ausweitung der Forderung des Ausstiegs auf Kraftstoffe mit hohem ILUC-Risiko (u. a. Soja- und Zucker-basierte Kraftstoffe).	Kritische Haltung für die Anrechenbarkeit von biogenen Kraftstoffen aus tierischen Fetten, um keine zusätzlichen Anreize für die klimaschädliche und mit vielen Umweltproblemen verbundene intensive Tierhaltung zu setzen. Akzeptanz der Maximalgrenze für die Anrechenbarkeit von 1,9 %.	Ablehnung einer stärkeren Förderung fortschrittlicher Biokraftstoffe, um Nachhaltigkeitsgrenzen nicht zu überschreiten. Bei der Nutzung von landwirtschaftlichen Resten sollten zudem mögliche Auswirkungen auf die Bodenqualität berücksichtigt werden.	Unterstützung dafür, dass der Referentenentwurf keine spezifische Förderung von strombasierten Kraftstoffen im Straßenverkehr insgesamt vorsieht. Unterstützung der Einführung der Beimischungsquote für strombasierte Kraftstoffe im Flugverkehr. Unterstützung der Förderung von grünem Wasserstoff in Raffinerien, generelle Ablehnung jeglicher Verwendung von grauem Wasserstoff.	Unterstützung des Anreizes, die Ladeinfrastruktur für die Elektromobilität zu verbessern.
e-mobilität BW/Land BW	Forderung eines Zielwerts von 25 bis 30 % im Jahr 2030 zur Sicherstellung der Investitionssicherheit und des Klimaschutzbeitrags			Forderung nach unbegrenzter Doppeltanrechnung der fortschrittlichen Biokraftstoffe. Forderung der Anerkennung der fortschrittlichen Biokraftstoffe im Rahmen der Mindestverpflichtung an alternativen Kraftstoffen im Luftverkehr, da für synthetische Kraftstoffe keine Anlagen im Industriemaßstab existieren.	Forderung nach einer Mindestquote für synthetische Kraftstoffe im Straßenverkehr. Forderung nach Änderung der 37. BImSchV für die Zulassung des Co-Processings von strombasierten Energieträgern in Raffinerien.	



	THG-Minderungsquote	Konventionelle Biokraftstoffe	Kraftstoffe aus Speiseöl und Tierfetten	Fortschrittliche Biokraftstoffe	Strombasierte Kraftstoffe/Wasserstoff	Strom in Straßenfahrzeugen
MWV	<p>Zielwert für das Jahr 2030 als Investitionssicherheit benötigt.</p> <p>Vorschlag eines moderaten Anstiegs des Ziels bis zum Jahr 2025 und auf die Größenordnung von 14 % im Jahr 2030.</p>	<p>Ablehnung des Absenkens der Anrechnungsgrenze von konventionellen Biokraftstoffen.</p>	<p>Ablehnung der Begrenzung der abfallbasierten Biokraftstoffen.</p>	<p>Forderung nach durchgängiger Doppeltanrechnung über der Mindestquote für fortschrittliche Biokraftstoffe.</p>	<p>Forderung nach Mehrfachanrechnung für alle Wasserstoff-basierten Erfüllungsoptionen vergleichbar der Anrechnung von Strom, mindestens mit dem Faktor 2 wie fortschrittliche Biokraftstoffe.</p> <p>Forderung nach Nutzung von Experimentierklausel in der 37. BImSchV, um Strombezugs-kriterien und Regeln für die Bilanzierung bei der Mitverarbeitung in Raffinerien kurzfristig festzulegen, bis delegierte Rechtsakte der EU-Kommission dazu umgesetzt werden.</p>	<p>Durch die Vierfach-Anrechnung (große Hebelwirkung) von Strom für E-Fahrzeuge auf die THG-Quote wird gegen Ende der Dekade ein großer Beitrag zur Erfüllung der THG-Quotenverpflichtung der Kraftstofflieferanten erbracht werden können. Dieser Anteil kann durchschnittlich abhängig vom Hochlauf der E-Mobilität und der Entwicklung des CO₂-Emissionswerts des Stroms in Deutschland dann durchaus in der Größenordnung von 8 Prozentpunkten der Quotenverpflichtung liegen. Damit hängt der Bedarf an alternativen Kraftstoffen zur Erfüllung der THG-Quote entscheidend von Parametern ab, die nicht in der Hand der verpflichteten Unternehmen liegen. Dies bringt eine zusätzliche Unsicherheit für Investitionen in alternative Kraftstoffe.</p>
NABU	<p>Unterstützung des Zielwerts von 7,25 % im Jahr 2026 und für die spätere Überarbeitung des Zielwerts für das Jahr 2030.</p>	<p>Unterstützung des Vorgehens im Referentenentwurf, aber langfristig ist ein komplettes Ausphasen des konventionellen Biokraftstoffe notwendig.</p> <p>Erweiterung der Kraftstoffe mit hohem ILUC-Risiko auf Soja-basierte Kraftstoffe notwendig.</p>	<p>Begrenzung auf heute verfügbare Mengen wird als notwendig erachtet, um mögliche negative Nachhaltigkeitseffekte zu vermeiden.</p>	<p>Mindestquote wird wegen möglicher negativer Nachhaltigkeitswirkungen kritisch gesehen; Doppeltanrechnung wird kritisch gesehen, weil diese möglicherweise Anreiz zur verstärkten Nutzung über den Nachhaltigkeitsgrenzen liefert.</p>	<p>Unterstützung für die Einführung der Beimischungsquote für strombasierte Kraftstoffe im Flugverkehr (stellt notwendige Lenkungs-wirkung sicher).</p> <p>Forderung nach Beimischungsquote auch für die Schifffahrt (Binnen- und Seeschifffahrt) von 0,5 % im Jahr 2030.</p>	<p>Unterstützung für die Vierfach-anrechnung des Stromeinsatzes in Straßenfahrzeugen, langfristig ist ein Absenken der Mehrfachanrechnung notwendig.</p>

50 Anpassung des BImSchG und der 38. BImSchV. Zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses war ein aktualisierter Entwurf der deutschen Umsetzung der RED II angekündigt.

	THG-Minderungsquote	Konventionelle Biokraftstoffe	Kraftstoffe aus Speiseöl und Tierfetten	Fortschrittliche Biokraftstoffe	Strombasierte Kraftstoffe/Wasserstoff	Strom in Straßenfahrzeugen
VDA	Forderung nach kontinuierlicher, linearer Erhöhung des Zielwerts, um Klimaschutzbeitrag zu erhöhen und Investitionssicherheit zu schaffen: 2026: 15 %; 2030: 30 %	Unterstützung des Phase-out von Palmöl-basierten Biokraftstoffen bis 2026. Reduzierung der Anrechnungsgrenze unter die heutigen Mengen nicht gerechtfertigt.	Unterstützung, die Maximalgrenze für die Anrechenbarkeit über 1,7 % zu erhöhen; eine Maximalgrenze von 2,75 % wäre gerechtfertigt, wie es beispielsweise in Italien oder den Niederlanden der Fall ist.	Unterschätzung der verfügbaren Menge an fortschrittlichen Biokraftstoffen. Es steht ein großes Potenzial von gasförmigen erneuerbaren Kraftstoffen zur Verfügung, welches auch genutzt werden sollte.	Forderung einer Mindestquote für strombasierte Kraftstoffe und Wasserstoff (bezogen auf den gesamten Kraftstoffmarkt) von 5 % im Jahr 2030. Forderung für die Schaffung von Ausnahmeregelung in der 37. BImSchV (Nachhaltigkeitskriterien) für die Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und Wasserstoff. Forderung nach Doppeltanrechnung von Wasserstoff und strombasierten Energieträgern.	
VDV				Unterstützung der Förderung von fortschrittlichen Biokraftstoffen.	Unterstützung, dass strombasierte Kraftstoffe als Erfüllungsoption aufgenommen wurden.	Aufforderung der Etablierung eines eigenen Schätzwerts für die Lademengen an nicht öffentlichen Ladepunkten für Linienbusse.

Tabelle 15: Stellungnahmen und Positionen der AG 1-Mitglieder zum Referentenentwurf zur nationalen Umsetzung der RED II (Quelle: eigene Darstellung)

LITERATURVERZEICHNIS

Agora Verkehrswende/Agora Energiewende /Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. URL: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2017/SynKost_2050/Agora_SynCost-Studie_WEB.pdf [Aufgerufen: 01.12.2020]

Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) (2019): Evaluations- und Erfahrungsbericht für das Jahr 2019. Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung/Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung. URL: https://www.ble.de/SharedDocs/Downloads/DE/Klima-Energie/Nachhaltige-Biomasseherstellung/Evaluationsbericht_2019.pdf;jsessionid=2AA4F3C4BA57CEB22B81C4D9A0C18CC6.1_cid325?_blob=publicationFile&v=4 [Aufgerufen: 13.11.2020]

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2019): Effizienzstrategie 2050. URL: https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/energieeffizienzstrategie-2050.pdf?_blob=publicationFile&v=12 [Aufgerufen: 24.11.2020]

Carbon Engineering (2020): Carbon Air Direct Capture. URL: <https://carbonengineering.com/> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Clariant (2020): Kommerzielle Produktionsanlage zur Herstellung von Zellulose-Ethanol. URL: <https://www.clariant.com/de/Company/Contacts-and-Locations/Key-Sites/Romania> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Climeworks (2020): Remove CO₂. URL: <https://www.climeworks.com/> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Deutsche Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (DECHEMA) (2017): White Paper: E-Fuels – Mehr als eine Option. URL: https://dechema.de/dechema_media/Downloads/Positionspapiere/WhitePaper_E_Fuels-p-20002780.pdf [Aufgerufen: 24.11.2020]

Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) (2019): Monitoring Biokraftstoffsektor. URL: https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/DBFZ_Reports/DBFZ_Report_11_4.pdf [Aufgerufen: 13.11.2020]

Energate Messenger (03/2020): Biomethan-Anteil an Tankstellen verdoppelt. URL: <https://www.energate-messenger.de/news/200767/biomethan-anteil-an-tankstellen-verdoppelt> [Aufgerufen: 24.11.2020]

Energate Messenger (05/2020): Anteil von Biomethan im CNG-Kraftstoff gestiegen. URL: <https://www.energate-messenger.de/news/202386/anteil-von-biomethan-im-cng-kraftstoff-gestiegen> [Aufgerufen: 24.11.2020]

Europäische Kommission (2019): Commission Delegated Regulation (EU). URL: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2_en_act_part1_v3.pdf [Aufgerufen: 13.11.2020]

Europäische Kommission (2020): Bioeconomy. URL: <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm> [Aufgerufen: 12.11.2020]

Frontier Economics (2019): Die CO₂-Gesamtbilanz für Antriebstechnologien im Individualverkehr heute und in Zukunft. URL: <https://www.uniti.de/images/PDF/veroeffentlichungen/RPT-Frontier-Uniti-LCA-26-11-2019.pdf> [Aufgerufen: 24.11.2020]

Frontier Economics (2020): Der Effizienzbegriff in der klimapolitischen Debatte zum Straßenverkehr. Ein gesamtgesellschaftlicher Ansatz für die Effizienzbewertung von Technologien. URL: https://www.mwv.de/wp-content/uploads/2020/10/201026-Frontier-UNITI_MWV_Effizienz-Antriebssysteme_.pdf [Aufgerufen: 24.11.2020]

Frontier Economics/Flick Gocke Schaumburg (2020): Crediting System for Renewable Fuels in EU Emission Standards für Road Transport. URL: https://www.fvv-net.de/fileadmin/user_upload/medien/aktuelles/BMWi_Crediting_Systems_for_Renewable_Fuels_in_EU_Emission_Standards_2020-06.pdf [Aufgerufen: 24.11.2020]

ICCT (2020): International Council on Clean Transportation (ICCT) (2020): LNG trucks: A bridge to nowhere. URL: <https://theicct.org/blog/staff/lng-trucks-bridge-nowhere> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (ifeu) (2019): Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor bis 2030. Kurzstudie zu den Potenzialen an Kraftstoffen auf Basis von Anbaubiomasse sowie biogenen Abfällen und Reststoffen, Heidelberg.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2015): Climate Change 2014 Synthesis Report. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf [Aufgerufen: 13.11.2020]

International Energy Agency (IEA) (2020): Data and Statistics. URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Lenz/Naumann/ Denysenko/Daniel-Gromke/Rensberg/Schröder/Janczik/Maslaton/Hilgedieck/Christ/Kaltschmitt (2020): Erneuerbare Energien in Deutschland, In: BWK Das Energie Fachmagazin, BD 72 Jahr 2020 Nr. 8-9, S. 62-93.

Müller-Lohse (2019): Memo zu Biogas in Deutschland und Frankreich – ein Vergleich. URL: <https://energie-fr-de.eu/de/bioenergien/nachrichten/leser/memo-zu-biogas-in-deutschland-und-frankreich-ein-vergleich.html> [Aufgerufen: 24.11.2020]

Neuling (2019): Biokraftstoffherstellung. Verfahrensidentifikation, Simulation und Bewertung. Hamburg.

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) (2019): Zwischenbericht AG 1 – Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor. URL: <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2020/03/NPM-AG-1-Wege-zur-Erreichung-der-Klimaziele-2030-im-Verkehrssektor.pdf> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Oil and Gas Journal (2020): Turkmenistan commissions new methanol plant. URL: <https://www.ogj.com/refining-processing/article/14074727/turkmenistan-commissions-new-methanol-plant> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Öko-Institut (2019): Kein Selbstläufer: Klimaschutz und Nachhaltigkeit durch PtX. URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Impulspapier-soz-oeK-Kriterien-e-fuels.pdf> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Öko-Institut (2020): Decarbonisation of on-road freight transport and the role of LNG from a German perspective. URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/LNG-in-trucks.pdf> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Preissler (2020): Renewable Energy Carrier Generation in Developing Countries – Analyzing the Social Impact of Power-to-X Gigaplants in Morocco.

Prognos AG/Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)/Deutschen Biomasseforschungszentrums (DBFZ) (2018): Status und Perspektiven Flüssiger Energieträger in der Energiewende. URL: https://www.zukunftsheizen.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Prognos-Endbericht_Fluessige_Energietraeger_Web-final.pdf [Aufgerufen: 01.12.2020]

Prognos/Fraunhofer ISI/GWS/iinas (2020): Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050 (im Auftrag des BMWi). URL.: <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.html> [Aufgerufen: 09.11.2020]

Richtlinie 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates (2018): Zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN> [Aufgerufen: 24.11.2020]

Statista Research Department: Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland bis 2019. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1251/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-seit-dem-jahr-1991/> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Statistisches Bundesamt (Destatis): Mobilität – Mobilität sichern – Umwelt schonen. URL: <https://sustainabledevelopment-deutschland.github.io/11-2-a/> [Aufgerufen: 20.11.2020]

Umweltbundesamt (UBA) (2020): Abschätzung der Treibhausgasminderungswirkung des Klimaschutzprogramms 2030 der Bundesregierung. Teilbericht des Projektes „THG-Projektion: Weiterentwicklung der Methoden und Umsetzung der EU-Effort Sharing Decision im Projektionsbericht 2019 („Politikszenerien IX“)" (erstellt durch Öko-Institut, Fraunhofer ISI, IREES und Thünen-Institut im Auftrag von BMU und UBA).

Umweltbundesamt (UBA)/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2020): „Treibhausgasemissionen gingen 2019 um 6,3 Prozent zurück“ (Gemeinsame Pressemitteilung vom 16.03.2020). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/presse/pressemitteilungen/treibhausgasemissionen-gingen-2019-um-63-prozent> [Aufgerufen: 13.11.2020]

Umweltbundesamt (UBA): Nationale Trendtabellen für die Treibhausgas-Emissionen. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/dokumente/2020-03-11_trendtabellen_sektoren_und_vorjahresschaetzung_out.xlsx [Aufgerufen: 13.11.2020]

Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) (2020): UFOP – Marktinformation Ölsaaten und Biokraftstoffe. URL: https://www.ufop.de/files/1416/0163/5205/RZ_MI_1020.pdf [Aufgerufen: 12.11.2020]

Zukunft Erdgas (2020): Statistiken zu Erdgasfahrzeugen. URL: <https://zukunft.erdgas.info/gas-statistik/kenndaten-mobilitaet> [Aufgerufen: 13.11.2020]

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

/a	pro Jahr
ABE	Aceton-Butanol-Ethanol
AG	Arbeitsgruppe
BEHG	Brennstoffemissionshandelsgesetz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
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
BtL	Biomass-to-Liquid
BtX	Biomass-to-X
C5	Pentosen (Fünffachzucker)
CAPEX	Investitionsausgaben (Capital Expenditure)
CCS	Carbon Capture and Storage
CH ₄	Methan
CNG	Compressed Natural Gas
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq.	Kohlenstoffdioxid-Äquivalent
DAC	CO ₂ -Abscheidung aus der Luft
EE	Erneuerbare Energien
ETS	Emissions Trading System
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
FT/FTS	Fischer-Tropsch-Synthese
GtL	Gas-to-Liquids
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde
H ₂	Wasserstoff



ILUC	Indirect Land Usage Change
IUE	Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft – Technische Universität Hamburg
KSPr 2030	Klimaschutzprogramm 2030
kt	Kilotonne
kWh	Kilowattstunde
Lkw	Lastkraftwagen
LNG	Liquified Natural Gas
LOHC	Flüssige organische Wasserstoffträger
MeOH	Methanol
Mio.	Million
MJ	Megajoule
MtG	Methanol-to-Gasoline
MtJ	Methanol-to-Jet
MTO	Methanol-to-Olefins
Nfz	Nutzfahrzeug
NPM	Nationale Plattform Zukunft der Mobilität
OME	Oxymethylenether
OPEX	Betriebskosten (Operational Expenditure)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PJ	Petajoule
Pkw	Personenkraftwagen
PtG	Power-to-Gas
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X
RED	Renewable Energy Directive (Deutsch: Erneuerbare-Energien-Richtlinie)
RWGS	Reverse-Wassergas-Shift-Reaktion
t	Tonne
TC	Thermochemisch
THG	Treibhausgasemissionen
UERV	Upstream-Emissionsminderungs-Verordnung

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Entwicklung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor	S. 9
Abbildung 2	Energieversorgung weltweit im Zeitraum 1990 bis 2018	S. 19
Abbildung 3	Kosten für PtL-Kraftstoffe im Jahr 2030	S. 26
Abbildung 4	PtL-Fahrplan zur Erreichung des KSPr 2030-Ziels: Schritte zum Markthochlauf strombasierter Kraftstoffe	S. 29
Abbildung 5	BtL-Fahrplan zur Erreichung des KSPr 2030-Ziels: Schritte zum Markthochlauf biogener Kraftstoffe	S. 30
Abbildung 6	THG-Emissionen von Lkw (SZM) im Vergleich	S. 34
Abbildung 7	Kategorien der von AG 1 betrachteten Instrumente	S. 36

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Positionen der AG-Mitglieder hinsichtlich der Verfügbarkeit erneuerbarer Energien im globalen Maßstab, der Investitionsbereitschaft in und Zahlungsbereitschaft für alternative Kraftstoffe sowie die Berücksichtigung von THG-Vermeidungskosten in der Politikentscheidung	S. 19f.
Tabelle 2	Unterschiedliche Zielbilder der AG-Mitglieder für den Klimaschutz im Verkehr und zur Rolle alternativer Kraftstoffe	S. 21
Tabelle 3	Kategorisierung der im KSPr 2030 genannten Maßnahmen	S. 22
Tabelle 4	Vergleichende Gegenüberstellung Öko-Institut/Prognos: Bewertung der Instrumente	S. 23
Tabelle 5	Zentrale verfahrenstechnische Routen: Flüssigkraftstoffproduktion	S. 31
Tabelle 6	Rohstoffbasis definiert in RED II Anhang IX Teil A	S. 32
Tabelle 7	Argumente der Befürworterinnen und Befürworter sowie der Kritikerinnen und Kritiker zum Einsatz von BtG/PtG im Straßenverkehr	S. 35
Tabelle 8	Empfohlene Forschungsschwerpunkte zur Förderung strombasierter Kraftstoffe	S. 38
Tabelle 9	Empfohlene Forschungsschwerpunkte zur Förderung fortschrittlicher biogener Kraftstoffe	S. 39
Tabelle 10	Übersicht über Zielerfüllung der Mitgliedsstaaten nach RED II	S. 42
Tabelle 11	Unterschiedliche Einschätzungen zu den Einsatzorten und dem Klimaschutzbeitrag alternativer Kraftstoffe	S. 46



Tabelle 12	Unterschiedliche Einschätzungen von Industrieverbänden und Umweltschutzorganisationen über o. g. Instrumente	S. 47
Tabelle 13	Einschätzung der Mitglieder zum Instrument der Berücksichtigung alternativer Kraftstoffe in der EU-Flottenregulierung (Anhang)	S. 49f.
Tabelle 14	Übersicht über Zielerfüllung der Inverkehrbringer nach Referentenentwurf (24.09.2020) zur RED II (Anhang)	S. 51
Tabelle 15	Stellungnahmen und Positionen der AG 1-Mitglieder zum Referentenentwurf zur nationalen Umsetzung der RED II (Anhang)	S. 52ff.



MITGLIEDER AD-HOC-GRUPPE ALTERNATIVE KRAFTSTOFFE

- **Agora Verkehrswende:** Dr. Günter Hörmandinger
- **Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC):** Stefan Gerwens
- **Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND):** Ernst-Christoph Stolper
- **Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI):** Jürgen Hasler
- **Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW):** Philipp Riedel
- **e-mobil BW – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg:** Franz Loogen
– Leitung der Arbeitsgruppe 1
- **Mineralölwirtschaftsverband (MWV):** Prof. Dr.-Ing. Christian Küchen – Leitung der Ad-hoc-Gruppe Alternative Kraftstoffe
- **Verband der Automobilindustrie (VDA):** Tobias Block

GUTACHTERINNEN UND GUTACHTER UND EXTERNE EXPERTINNEN UND EXPERTEN

- **M-Five:** Dr. Wolfgang Schade
- **Technische Universität Hamburg (TUHH):** Dr. Sebastian Timmerberg
- **Technische Universität Hamburg (TUHH):** Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt
- **Öko-Institut:** Peter Kasten
- **Öko-Institut:** Dr. Wiebke Zimmer

REDAKTION

- **acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften:** Simona Wieser
- **e-mobil BW – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg:** Stephan Braun
- **e-mobil BW – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg:** Isabell Knüttgen
- **ifok:** Lea Dabbert



IMPRESSUM

Verfasser

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität,
Arbeitsgruppe 1 „Klimaschutz im Verkehr“,

Berlin, Dezember 2020

Herausgeber

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Redaktionelle Unterstützung

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
e-mobil BW GmbH – Landesagentur für neue Mobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg
ifok GmbH

Satz und Gestaltung

ifok GmbH

Lektorat

Nikola Klein e-squid text konzept lektorat

Die Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (NPM) ist per Kabinettsbeschluss von der Bundesregierung eingesetzt und wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur federführend koordiniert.

Sie arbeitet unabhängig, überparteilich und neutral. Alle Berichte spiegeln ausschließlich die Meinungen der in der NPM beteiligten Expertinnen und Experten wider.



NPM

**Nationale Plattform
Zukunft der Mobilität**

