

Positionen zur Nutzung strombasierter Flüssigkraftstoffe (efuels) im Verkehr

Darstellung von Positionen verschiedener
gesellschaftlicher Akteure zum Einsatz von efuels im
Verkehr

Berlin, 29.07.2019

Erstellt als Teil des Kopernikus Fördervorhabens
Power2X - Erforschung, Validierung und Implementierung von
„Power-to-X“-Konzepten
gefördert durch BMBF
Förderkennzeichen: 03SFK2H0

Autoren

Peter Kasten
Sven Kühnel

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

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

Büro Berlin

Schicklerstraße 5-7
10179 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

info@oeko.de
www.oeko.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Hintergrund und Ziel	5
1.1.	Vorgehen	6
2.	Visionen und Positionen verschiedener Stakeholder	8
2.1.	Einsatz von efuels für den Klimaschutz im Verkehrssektor	8
2.2.	Herstellung von efuels und Aufbau von Erzeugungskapazitäten	12
2.3.	Rahmenbedingungen für den Kapazitätsaufbau der efuel-Produktion und die Nachfrage von efuels im Verkehrssektor	16
2.4.	Ausgestaltungsmöglichkeiten von Nachhaltigkeitskriterien für die Produktion von efuels	21
3.	Schlussfolgerung und Zusammenfassung	26
4.	Anhang	30
	Literaturverzeichnis	32

1. Hintergrund und Ziel

Klimaschutz im Verkehrssektor setzt sich aus verschiedenen Maßnahmentypen zusammen: Neben der Verkehrsvermeidung, durch die sich die zurückgelegte Fahrleistung im Verkehrssektor reduziert, führen die systemische (u. a. Verkehrsverlagerung auf Verkehrsmittel mit einer höheren Transportintensität) und die fahrzeugbezogene Effizienzsteigerung zu einer Verringerung des Energiebedarfs des Verkehrssystems. Als dritte Säule für den Klimaschutz im Verkehr muss dieser Energiebedarf ebenfalls möglichst klimafreundlich zur Verfügung gestellt werden.

Seit Anfang bis Mitte der 2010er Jahre hat sich die Überzeugung in der Wissenschaft durchgesetzt, dass die Verfügbarkeit nachhaltiger Biokraftstoffe begrenzt ist und die für den Verkehrssektor notwendigen Mengen an Biokraftstoffen nicht nachhaltig zur Verfügung gestellt werden können. Gleichzeitig hat sich durch das Pariser Abkommens im Jahr 2015 und den auf dessen Zielen aufsetzenden IPCC-Sonderbericht (IPCC 2018) der Zielrahmen, in dem Klimaschutz stattfindet, geschärft, so dass die Zielgröße für Deutschland eine sektorübergreifende THG-Minderung von 95 % gegenüber dem Niveau des Jahres 1990 darstellt. Auf Basis dieser beiden Entwicklungen und des Produktionsstarts der von Audi in Werlte betriebenen Power-to-Methan-Anlage im Jahr 2013 sind efuels¹ als Klimaschutzoption im Verkehrssektor in Deutschland stärker in den Fokus der Diskussion geraten.

Trotz des kurzen Zeitraums, seitdem efuels als Klimaschutzoption im Verkehr diskutiert werden, werden sie von einigen Akteuren als langfristig relevant und bereits kurzfristig, stark zu fördernde Klimaschutzmaßnahme gesehen. Andere Akteure verweisen stärker auf den geringen Kenntnis- und Regulierungsstand hinsichtlich der efuels und stellen mögliche negative Nachhaltigkeitswirkungen in den Mittelpunkt der Debatte.

Ziel dieses Papiers ist es, eine Übersicht darüber zu geben, welche Akteure bzw. Akteursgruppen bisher Visionen und Positionen zur Nutzung von efuels im Verkehrssektor entwickelt haben und wie sie diese efuels in Bezug auf den Klimaschutz und weitere Themenfelder einordnen. Um den Untersuchungsrahmen einzuschränken, liegt der Schwerpunkt der Betrachtung in diesem Papier auf strombasierten, flüssigen Kohlenwasserstoffen (z. B. eDiesel, eKerosin). Aus diesem Grund sind unter efuels – solange der Begriff nicht spezifisch anders verwendet wird - im Folgenden auch nur solche Kraftstoffe zu verstehen.

Eine thematische Einteilung erfolgt anhand der folgenden Kategorisierungen:

- Einsatz von efuels im Verkehr

Hier wird die Bedeutung von efuels für den Verkehrssektor sowie ein Vergleich mit weiteren Klimaschutzoptionen im Verkehr diskutiert. Weiteres Thema sind Einschätzungen zur Akzeptanz bei den Verbrauchern (siehe Abschnitt 2.1).

- Produktion von efuels für den Verkehrssektor

Hier werden mögliche Herstellungsstandorte sowie mögliche zeitliche Entwicklungen von Produktionskapazitäten diskutiert. Ein weiterer Diskussionspunkt sind Einschätzungen zur Akzeptanz am Produktionsstandort (siehe Abschnitt 2.2).

¹ efuels: Auf Basis von Strom hergestellte Energieträger

- Notwendige Rahmenbedingungen und Förderung des Technologiehochlaufs für die Nutzung von efuels im Verkehrssektor

In diesem Themenblock werden verschiedene Einschätzungen zu notwendigen Rahmenbedingungen und Förderinstrumenten diskutiert und einander gegenüber gestellt (siehe Abschnitt 2.3).

- Nachhaltigkeitsanforderungen an die Herstellung von efuels im Verkehrssektor

An dieser Stelle wird der Umfang und die mögliche Ausgestaltung von Nachhaltigkeitsanforderungen für efuels diskutiert (siehe Abschnitt 2.4).

1.1. Vorgehen

Um die Einschätzungen der unterschiedlichen Akteure mit Bezug zum Thema efuels einordnen zu können, wurde eine Analyse vorhandener Positionspapiere und Studien zu den zuvor genannten Themenfeldern durchgeführt. Im zweiten Arbeitsschritt fanden leitfadengestützte Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern einer Auswahl von Akteuren statt, um das Portfolio der Akteure zu erweitern oder vertiefende Informationen zur Einschätzung der jeweiligen Organisation zu erhalten. Diese Interviews wurden im Zeitraum von Oktober 2018 bis Januar 2019 durchgeführt. Das Zusammenfassen von Einschätzungen und Positionen in Meinungscluster und die Darstellung der Einschätzungen ist der finale Arbeitsschritt, an dem zwei Personen beteiligt waren, um das subjektive Empfinden des Einzelnen in der Auswertung zu reflektieren (Prinzip der Intercoderreliabilität).

Bei den Analysen zum Thema efuels ging es nicht darum, eine möglichst große Anzahl von Studien und Positionspapieren zu analysieren. Häufig unterscheiden sich Positionen ähnlicher Akteure nur geringfügig und beziehen sich auf dieselben Studien, so dass im Fall sehr ähnlicher Positionierungen auf tiefergehende Analysen verzichtet wurde. Zudem wurden Einschätzungen vor allem von Interessenverbänden analysiert, da diese für Ihre Mitglieder bereits eine Abstimmung unterschiedlicher Einschätzungen durchgeführt haben. Tabelle 1-1 zeigt eine Übersicht über die Organisationen, deren Einschätzungen mit in die Inhaltanalyse eingeflossen sind.

Tabelle 1-1: Übersicht über Organisationen mit analysierten Einschätzungen und Positionen

Organisation	Kategorie	Studie / Positionspapier	Interview
Agora Verkehrswende	Think Tank	x	x
Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany (aireg)	Thematische Initiative (Unternehmen und Wissenschaften)	x	
Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND)	Umweltverband		x
Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI)	Dachverband (Industrie)	x	
Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (BDL)	Dachverband (Luftverkehrswirtschaft)	x	x
Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW)	Dachverband (Energie- und Wasserwirtschaft)	x	x

Organisation	Kategorie	Studie / Positionspapier	Interview
Bundesverband Erneuerbare Energie (BEE)	Dachverband (Erneuerbare Energien)	x	
Deutsche Energie-Agentur (dena)	Think Tank	x	
FuelsEurope	Dachverband (Kraftstoffindustrie)	x	
Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA)	Fachgesellschaft der chemischen Industrie	x	x
Mineralölwirtschaftsverband Deutschland (MWV)	Kraftstoffindustrie	x	x
Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland (MEW)	Kraftstoffindustrie	x	x
Naturschutzbund Deutschland (NABU)	Umweltverband		x
Prognos AG	Think Tank	x	
PtX-Allianz	Thematische Initiative (Verbände und Unternehmen)	x	
Sunfire GmbH	Kraftstoffindustrie		x
Transport & Environment (T&E)	Umweltverband	x	x
Umweltbundesamt (UBA)	Behörde	x	
Verband der Automobilindustrie (VDA)	Dachverband (Automobilwirtschaft)	x	x
Verband Deutscher Reeder (VDR)	Dachverband (Seeschifffahrt)	x	x
World Wide Fund For Nature (WWF)	Umweltverband	x	x

Quelle: Eigene Tabelle

In der Zusammenstellung der unterschiedlichen Einschätzungen wurde – wie Tabelle 1-1 zeigt – deutlich, dass sich bisher vor allem die Industrie (Anwendungssektor und Kraftstoffhersteller) und deren Interessenverbände zum Thema efuels öffentlich positioniert haben. Zusätzlich gibt es Studien einiger Think Tanks, die sich zur Thematik geäußert haben. Positionierungen umweltorientierter NGOs sind erst kürzlich mit Zeitverzug zu den Publikationen der Industrieverbände veröffentlicht worden, so dass für die Analyse mit Transport & Environment (T&E) auch eine Organisation auf europäischer Ebene einbezogen wurde. Typische Akteure wie der Verbraucherschutz haben bisher keine öffentliche Positionierung zu efuels, so dass diese nicht mit in die Meinungsclustering aufgenommen werden konnten. Eigene Perspektiven und Positionen des Öko-Instituts auf die Nutzung von efuels im Verkehrssektor fließen nicht mit in dieses Papier ein.

2. Visionen und Positionen verschiedener Stakeholder

2.1. Einsatz von efuels für den Klimaschutz im Verkehrssektor

Rolle der efuels im Verkehr für den Klimaschutz

Unterschiedliche Einschätzungen unter den analysierten Stakeholdern existieren bei der Frage, welchen Beitrag efuels zur Erreichung der **Klimaschutzziele im Jahr 2030** leisten können. Die Agora Verkehrswende (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018), das Umweltbundesamt (UBA 2016a) sowie die Umweltverbände vertreten diese Position und verweisen auf die im Vergleich zu anderen Klimaschutzoptionen hohen Kosten der efuels. Zum Teil wird von diesen Stakeholdern allerdings hervorgehoben, dass marktvorbereitende Maßnahmen getroffen werden müssen, um langfristig efuels zur Verfügung stehen zu haben.

Die dena-Leitstudie „Integrierte Energiewende“ (dena 2018) geht davon aus, dass bis zum Jahr 2030 keine efuels produziert werden, sondern ausschließlich eWasserstoff als strombasierter Energieträger in Deutschland zum Einsatz kommt. Im Verkehrssektor sieht diese Studie den Einsatz von 27 TWh an eWasserstoff in Brennstoffzellen und Methanfahrzeugen vor. Die Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA) vertritt mit dem White Paper „E-Fuels – Mehr als eine Option“ (DECHEMA 2017) die Position, dass der Verkehrssektor (Schwerpunkt: Pkw-Verkehr) für den Aufbau von Produktionskapazitäten für efuels eine zentrale Rolle einnimmt. Eine Produktion in Deutschland würde aufgrund der CO₂-Intensität des deutschen Strommix erst nach 2030 Emissionsminderungen ermöglichen, solange keine zusätzlichen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten eigens für die Kraftstoffproduktion aufgebaut würden. Ein höheres Potenzial wird dem Import entsprechender Kraftstoffe aus dem Ausland zugesprochen, ohne mögliche Kraftstoffmengen zu nennen (siehe Abschnitt 2.2).

Einige Industrie-Stakeholder und Vertreter der Anwendungssektoren vertreten die Position, dass efuels bereits im Jahr 2030 eine relevante Klimaschutzoption darstellen und verweisen auf die Tatsache, dass efuels direkte Emissionsminderungen im Fahrzeugbestand ermöglichen. Die aktuelle „Analyse der Klimapfade Verkehr 2030“ im Auftrag des BDI (The Boston Consulting Group und Prognos 2019) kommt in aus den Zielen des Verkehrssektors abgeleiteten Szenarien zu dem Ergebnis, dass der Einsatz von efuels zur Erreichung des Klimaschutzziels 2030 notwendig ist. Konkrete Konzepte und Standorte für den notwendigen Aufbau von Produktionskapazitäten werden dafür nicht genannt. Die jährlichen efuel-Mengen werden in beiden untersuchten Szenarien auf knapp 50 TWh/a beziffert, wovon etwa die Hälfte auf eDiesel und jeweils ein Viertel auf eOttokraftstoff und eKerosin entfallen. Eine kleine Menge (ca. 3 TWh) an eMethan ist in diesen Top-Down-Überlegungen ebenfalls für den Verkehrssektor vorgesehen. Auch der VDA orientiert sich an diesen Analysen und Ergebnissen. Die Studie „Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende“, in der im Auftrag der Mineralölwirtschaft Klimaschutzszenarien erstellt wurden, hat mit 74 bzw. 84 TWh/a (270 bzw. 300 PJ/a, je nach Szenario) den höchsten Bedarf an efuels für den Verkehrssektor im Jahr 2030 ermittelt (Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018).

In der **Langfristperspektive** bis zum Jahr 2050 sind sich alle Akteure einig, dass nur mit Hilfe von strombasierten Kraft- und Brennstoffen die komplette Dekarbonisierung aller Sektoren erreicht werden kann. In der Debatte über die Umsetzung der Pariser Klimaschutzziele im Verkehrssektor kommt den efuels deshalb eine zentrale Rolle zu. Viele Akteure weisen allerdings darauf hin, dass der konkrete Beitrag und die benötigte Kraftstoffmenge stark von mehreren Faktoren abhängen, die aus heutiger Sicht noch nicht abgeschätzt werden können:

- Ambitionsniveau des Klimaschutzziels²
- Technologische Entwicklungen³
- Regulatorische Rahmenbedingungen und Infrastrukturpolitik⁴

Aufgrund dieser Unsicherheiten werden die im Jahr 2050 benötigten Mengen an efuels – und damit auch deren Bedeutung gegenüber anderen Klimaschutzoptionen – von verschiedenen Akteuren sehr unterschiedlich eingeschätzt. Zudem spiegeln sich die Unwägbarkeiten auch in den Studien und Akteurspositionen selbst wider (siehe folgende Abschnitte).

So sieht die dena-Leitstudie nur in den Szenarien mit 95 %-THG-Minderungsziel – die eine vollständige THG-Neutralität des Verkehrssektors voraussetzen – überhaupt den Einsatz von efuels vor und weist einen efuel-Bedarf von 43 TWh/a (Elektrifizierungsszenario) bis 108 TWh/a (Technologiemixszenario) aus. In beiden Szenarien wird der Endenergiebedarf des Verkehrssektors im Jahr 2050 jedoch auch von eMethan (320 – 630 TWh/a) sowie Wasserstoff (170 TWh/a) gedeckt.

Viele Akteure (einige Think Tanks, Umweltverbände, Vertreter der Anwendungssektoren) verweisen auf die Tatsache, dass bei einem wenig ambitionierten Klimaschutzziel bis 2050 keine bis wenige efuels benötigt werden, weil eine THG-Reduktion um 80 % über alle Sektoren auch durch andere Maßnahmen erreicht werden kann (u. a. dena 2018; BDI 2018b). Auch zur Erreichung des internationalen Minderungsziels für die Seeschifffahrt, das im Jahr 2018 von der IMO⁵ aufgestellt wurde und eine CO₂-Reduktion um (mindestens) 50 % bis zum Jahr 2050 vorsieht, sind nach Einschätzung eines Stakeholders voraussichtlich keine efuels erforderlich.

Abweichend zu den o.g. Studien und Einschätzungen weist die Studie von Prognos AG; UM-SICHT; DBFZ (2018) den efuels eine sehr viel größere Bedeutung bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors zu: auch im weniger ambitionierten Klimaschutzszenario PtX 80 wurde für das Jahr 2050 ein efuel-Bedarf von etwa 400 TWh/a ermittelt, im Szenario PtX 95 sind es 480 TWh/a. Allein für den von Deutschland ausgehenden internationalen Luft- und Schiffsverkehr wird ein efuel-Bedarf von ca. 150 TWh/a veranschlagt. Falls PtX-Energieträger in allen Sektoren als Lösungsstrategie eingesetzt werden, geht die Studie von einem Gesamtbedarf von bis zu 1.000 TWh/a aus, von denen über die Hälfte auf flüssige Energieträger entfällt.

Im Verbändekonzept „Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland – Weichenstellungen bis 2050“ verschiedener Umweltverbände (WWF; BUND; Germanwatch e.V.; NABU; VCD 2014) sind Verkehrsvermeidung und -verlagerung entscheidende Klimaschutzstrategien. So liegt der Bedarf an eMethan und efuels im Verkehrssektor in diesem Szenario bei rund 100 TWh/a. Dieser Wert wird auch im Gespräch mit einem Stakeholder der Umweltverbände als mögliche Untergrenze für eine vollständige Dekarbonisierung des Verkehrssektors genannt.

Anwendungen für efuels und Vergleich zu anderen Energieoptionen

Akteure aus dem Bereich der Think Tanks und der Umweltverbände vertreten die Position, dass strombasierte Energieträger (efuels und eMethan) möglichst nur in den Anwendungen zum Einsatz kommen sollten, in denen eine direkte Elektrifizierung (v. a. Luft- und Seeverkehr) nicht möglich ist, was mit den Energieeffizienz- sowie daraus resultierenden Kosten- und Ressourcenvorteilen begründet wird (z. B. Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018).

² 80 %- oder 95 %-THG-Minderungsziel bis 2050

³ Bei den efuel-Technologien, aber auch bei den technologischen Alternativen wie der Batterie- und der Brennstoffzellentechnologie

⁴ z. B. Aufbau einer Oberleitungsinfrastruktur an Autobahnen (für schwere Lkw) oder einer Wasserstoffinfrastruktur

⁵ International Maritime Organization

Einige Akteure aus den Anwendungssektoren und dem Bereich der Kraftstoffproduktion sowie einige Think Tanks sehen dagegen eine sehr viel größere Bedeutung für strombasierte Energieträger. Sie sprechen sich für eine differenziertere Energieträgerbasis (u. a. auch eWasserstoff und eMethan als relevante Energieträger), ein breiteres Einsatzspektrum für efuels und einen technologieoffeneren Ansatz bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors aus (dena 2018; 2017; Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018), auch wenn sie betonen, dass die direkt-elektrische Nutzung eine zentrale Option im Pkw-Verkehr darstellt.

efuels stellen nach Einschätzung der Stakeholder somit in unterschiedlicher Differenzierung keine Alternative, sondern eine Ergänzung zu den energieeffizienteren direkt-elektrischen Antrieben dar.

Einigkeit besteht unter den untersuchten Stakeholdern in der Einschätzung, dass der **Flugverkehr** auch langfristig auf den Einsatz von Flüssigkraftstoffen angewiesen ist. Für die Dekarbonisierung des stark wachsenden Flugverkehrs kommen somit aus heutiger Sicht nur efuels und Biokraftstoffe überhaupt in Frage. Deshalb vertreten viele Akteure aus dem Bereich der Umweltverbände und der Think Tanks (WWF; BUND; Germanwatch e.V.; NABU; VCD 2014; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018) die Position, dass der Flugverkehr die höchste Priorität für den Einsatz von efuels hat.

Auch für die Dekarbonisierung des **Schiffsverkehrs** sind strombasierte Energieträger unverzichtbar. Im Unterschied zu Flugzeugen können Seeschiffe perspektivisch neben efuels auch mit weiteren möglichen Energieträgern wie erneuerbarem Flüssiggas (eMethan) oder auch eMethanol betrieben werden. Diese Kraftstoffoptionen werden von einigen Akteuren als realistisch eingeschätzt, zumal sich für die nächsten Jahre der zunehmende Einsatz von fossilem Flüssiggas (LNG) in Hochseeschiffen abzeichnet und Methanol als Kraftstoff pilothaft erprobt wird (VDR 2016). Bei Fähren und in der Binnenschifffahrt ist neben einer Teilelektrifizierung (Hybridisierung) auch der Einsatz von EE-Wasserstoff möglich.

Im **Schwerlastverkehr (Güterfernverkehr)** ist aus Sicht der Akteure noch offen, welches Antriebssystem sich langfristig durchsetzen wird bzw. wie ein Mix aus verschiedenen Antriebs- und Kraftstoffoptionen zukünftig aussehen könnte. Diese Sichtweise wird begründet mit den gegebenen Unsicherheiten hinsichtlich

- technologischer Entwicklungen (z. B. bei Batterie, Brennstoffzelle und Elektrolyse),
- politischer Rahmensetzung (Energie- und CO₂-Besteuerung, Ausgestaltung von Lkw-Maut und CO₂-Standards etc.) sowie
- Infrastrukturverfügbarkeit (Oberleitungssystem, Wasserstoff-Tankstellen).

In allen Akteursgruppen gibt es Stakeholder, die die Einschätzung vertreten, dass efuels eine Energieträgeroption von mehreren ist und vermutlich Teil des zukünftigen Energieträgermixes im Schwerlastverkehr sein wird. Ein Teil der Akteure, vorwiegend im Bereich der Think Tanks und der Umweltverbände, gibt den Antriebssystemen mit einer höheren Energieeffizienz – Oberleitungs-Lkw, Batterieelektrische Lkw und Brennstoffzellen-Lkw – eine klare Präferenz gegenüber dem Einsatz von efuels in verbrennungsmotorischen Fahrzeugen.

Bei **Pkw und leichten Nutzfahrzeugen** teilen viele Akteure die Einschätzung, dass die batterieelektrische Mobilität die wichtigste Antriebsart für den Klimaschutz ist und sich langfristig für viele Anwendungen durchsetzen wird. Die Umweltverbände (WWF; BUND; Germanwatch e.V.; NABU; VCD 2014) und das Umweltbundesamt (UBA 2019) sehen die batterieelektrische Mobilität derart stark im Vorteil, dass im Pkw-Segment langfristig annähernd ausschließlich batterieelektrische Fahrzeuge zum Einsatz kommen. Diese Sichtweise wird mit den geringsten Umweltwirkungen und den geringsten Zielerfüllungskosten aller Antriebsoptionen begründet: Elektrofahrzeuge sind lokal emissionsfrei, sehr leise und weisen die höchste Energie- und Kosteneffizienz auf. Eine ähnliche

Position wird von der Agora Verkehrswende vertreten, die aus denselben Gründen die Elektromobilität stark favorisieren, zugleich aber auch den Einsatz von Wasserstoff langfristig als eine denkbare Option sieht (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018). Ein Betrieb von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen mit efuels sollte aus Sicht dieser Stakeholder aufgrund der hohen Umwandlungsverluste eher die Ausnahme darstellen.

Die andere Seite des Spektrums bilden die Akteure aus den Anwendungssektoren. So fordern beispielsweise der VDA und der BDI, dass auch bei Pkw alle Technologiepfade offen gehalten werden sollen. Dieser Ansatz schließt den Einsatz von efuels in verbrennungsmotorischen Pkw ausdrücklich mit ein (u. a. dena 2017). Außerdem sieht der VDA bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen eine höhere Zahlungsbereitschaft der Nutzer und Nutzerinnen, so dass diesem Fahrzeugsegment eine besondere Bedeutung als Vorreiter und Wegbereiter für den Einsatz von efuels zukommt: durch die erfolgreiche Einführung im Pkw-Bereich kann eine Kostendegression bei der efuel-Produktion angestoßen werden, welche wiederum den weiteren Markthochlauf sowie den Einsatz von efuels in anderen Verkehrssegmenten begünstigt. Diese Einschätzung teilen auch die befragten Akteure aus der Luft- und Schifffahrt sowie einige weitere Akteure (u. a. DEHEMA 2017).

In Bezug auf **Biokraftstoffe** sind sich alle Akteure einig, dass das Mengenpotenzial an nachhaltig erzeugbarer Biomasse begrenzt ist. Die Limitierung der nachhaltigen Biomassepotenziale ist aus Sicht vieler Akteure, neben dem mittlerweile anerkannten Treibhausgasreduzierungslevel von 95 %, der wesentliche Grund für die Bedeutung von strombasierten Kraftstoffen in der heutigen Situation. Trotz des begrenzten Potenzials sind die meisten Stakeholder der Meinung, dass die Nutzung von Biomasse und Biokraftstoffen für die Erreichung der Klimaschutzziele benötigt wird, auch wenn die Akteure unterschiedliche Mengenpotenziale für nachhaltige Biokraftstoffe als zukünftig verfügbar ansehen. Einige Akteure weisen auch darauf hin, dass sich biogene und strombasierte Prozesse bzw. Produkte mittels Co-Processing in (Bio)raffinerien langfristig kombinieren lassen (ProcessNet 2017; Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018).

Nutzerakzeptanz von efuels

Viele Akteure verweisen bei der Frage nach der **Nutzerakzeptanz** auf den Umstand, dass efuels den meisten Menschen noch nicht (oder kaum) bekannt sind und deshalb noch keine Erfahrungen zur Akzeptanz vorliegen. Daher sind die folgenden Ausführungen auch als Einschätzungen der Stakeholder zu verstehen, ohne dass diese sich auf empirische Erhebungen und Studien zur Akzeptanz stützen können.

Im Allgemeinen wird die Nutzerakzeptanz von efuels von vielen Akteuren als (potenziell) hoch eingeschätzt und damit begründet, dass keine Änderung der Nutzungsgewohnheiten erforderlich ist und die bestehende Tankstelleninfrastruktur weiterhin genutzt werden kann. Außerdem sind die technischen Eigenschaften von efuels potenziell höherwertig als bei konventionellen Flüssigkraftstoffen fossilen Ursprungs und könnten im Produktions- bzw. Syntheseprozess gezielt für die vorgesehene Anwendung optimiert werden (Stichwort Designer-Kraftstoffe). Auch wird im Gespräch von zwei Stakeholdern anders als bei den fossilen („dreckigen“) Kraftstoffen die Möglichkeit der Vermarktung als „sauberer“ und „hipper“ Kraftstoff genannt und eine hohe Nutzerakzeptanz in Aussicht gestellt.

Das Spektrum der Stakeholder-Positionen reicht allerdings von eher uneingeschränkter Nutzerakzeptanz bis hin zu der Einschätzung, dass mit efuels betriebene Pkw langfristig auf eine geringere Akzeptanz stoßen könnten. Elektrofahrzeuge, welche leiser und lokal emissionsfrei unterwegs sind sowie zudem eine höhere Fahrdynamik aufweisen, könnten je nach zukünftiger Wahrnehmung der batterieelektrischen Mobilität bei den Verbrauchern und je nach politischer Rahmengestaltung

(Stichwort: lokale Emissionsfreiheit und Fahrverbote) zukünftig eine höhere Akzeptanz als verbrennungsmotorische Fahrzeuge erreichen. Außerdem äußern einige Akteure mit unterschiedlichem Hintergrund (Schwerpunkt bei den Umweltverbänden) die Einschränkung, dass die Akzeptanz von efuels in der Bevölkerung nicht gegeben sein könnte, wenn bei der efuel-Herstellung soziale und ökologische Nachhaltigkeitskriterien nicht (ausreichend) berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 2.4).

Als die mit Abstand wichtigste Hürde für die Verwendung bzw. Verbreitung von efuels werden übergreifend jedoch die hohen Herstellungskosten genannt, da die Zahlungsbereitschaft der Nutzer für den zunächst deutlich teureren Kraftstoff von den meisten Akteuren als gering angesehen wird. Die Stakeholder sind deshalb der Meinung, dass der Markteintritt und Kapazitätsaufbau von synthetischen Kraftstoffen politisch organisiert werden muss (siehe Abschnitt 2.3). Daher sprechen sich viele Akteure zunächst für eine Beimischung der efuels zu den fossilen Kraftstoffen aus; auch um die höheren Herstellungskosten auf viele Nutzer zu verteilen und Kostensteigerungen für einzelne Nutzergruppen zu reduzieren.

Einige Akteure verweisen im Gespräch auf mögliche Nischenanwendungen und „Premium-Angebote“, bei denen die Nutzer gegebenenfalls zu einer **freiwilligen (teilweisen) Übernahme der Mehrkosten** der efuel-Herstellung bereit sein könnten. Als mögliche Zielgruppen wurden spezifische Angebote im Pkw-Bereich, „grüne“ Logistik- und sonstige Geschäftskonzepte, Geschäftsreisende mit hohem Komfortanspruch und Umweltbewusstsein im Luftverkehr sowie Kreuzfahrtschiffe genannt. Die Vertreter der Luftverkehrswirtschaft und der Seeschifffahrt verweisen allerdings darauf, dass eine solche Mehrpreisbereitschaft in ihren Anwendungen nicht im Allgemeinen vorliegt (BDL 2017).

2.2. Herstellung von efuels und Aufbau von Erzeugungskapazitäten

In diesem Abschnitt werden Positionen und Einschätzungen der betrachteten Akteure in Bezug auf die efuel-Produktion und die Möglichkeiten des Aufbaus von Produktionskapazitäten dargestellt. Im Vergleich zu den übrigen Themen dieses Papiers gehen weniger Positionspapiere und Studien bzw. im geringeren Detail auf konkrete Konzepte für den Aufbau von efuel-Erzeugungskapazitäten ein. Häufig werden eher allgemeine Aussagen getätigt. Auch in den Gesprächen wird Ähnliches deutlich: Einige Akteure äußern sich nicht oder nur sehr knapp zu diesem Thema, da sie sich bisher nicht damit auseinandergesetzt haben oder dieses Thema außerhalb ihrer Expertise liegt, so dass häufig eher qualitative Aussagen getroffen werden, ohne konkrete Mengenpotenziale bzw. Kapazitätssteigerungspfade zu nennen.

Durch die Einschätzungen von Akteuren, die sich zu diesem Thema äußern, lassen sich grundsätzlich folgende Schritte für den Aufbau von Produktionskapazitäten und Anlagenkonzepte für die efuel-Nutzung im Verkehr ableiten:

- Schrittweise Skalierung der Technologie von Pilotmaßstab (Stand heute) über Demonstrationsanlagen (heute im Aufbau in Reallaboren: ~0,1 TWh/a an efuels) bis hin zu kommerziellen Anlagen mit über die Zeit ansteigenden Produktionskapazitäten (z. B. in Stufen von ~1 TWh/a zu Anlagen mit jährlichen Produktionsmengen an efuels von ~10 TWh/a).
- Dezentrale Produktionskapazitäten mit dem Schwerpunkt auf energiesystemdienlicher Nutzung.
- Indirekte Herstellung von efuels durch die eWasserstoff-Einspeisung in Raffinerieprozesse.

Über die Bedeutung der zuvor genannten generellen Konzepte für die efuel-Produktion und mögliche Produktionsstandorte gibt es unter den betrachteten Stakeholdern zum Teil unterschiedliche Positionen, die im Folgenden dargestellt werden.

efuel-Produktion in Deutschland

Die Mehrzahl der sich zu dem Thema äussernden Akteure (u. a. MWV 2018; Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018; WWF; BUND; Germanwatch e.V.; NABU; VCD 2014; dena 2018; DECHEMA 2017) sieht den **Schwerpunkt der efuel-Produktion langfristig an globalen Vorzugsstandorten** (siehe folgender Abschnitt). Begründet wird dies mit den im Vergleich höheren Stromerzeugungskosten für erneuerbare Energien und den daraus entstehenden höheren Herstellungskosten für efuels in Deutschland sowie der begrenzten Akzeptanz und der daraus resultierenden Limitierung verfügbarer Flächen für den Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung.

Einige Stakeholder empfehlen **Deutschland** als geeigneten Standort für die Technologieerprobung in **Demonstrationsanlagen** und die **Inbetriebnahme weniger erster kommerziell betriebener Anlagen** (jährliche Produktion von ~0,1 TWh/a je Anlage) an Vorzugsstandorten, an denen der erneuerbare Strombezug sowie der Kohlenstoffbezug durch größere Punktquellen (z. B. bestehende Chemieparks) auf einfache Weise möglich sind. Argumentiert wird dabei mit dem technischen Know-how deutscher Unternehmen, der Möglichkeit auf Fördermittel zurückgreifen zu können⁶, der Investitionssicherheit und daraus folgenden niedrigen Finanzierungskosten sowie eine vorhandene Raffinerieinfrastruktur für die Weiterverarbeitung des eCrude. Bei idealen Rahmenbedingungen und unproblematischem Verlauf der Technologieskalierung sehen diese Akteure die Möglichkeit, bis zum Jahr 2030 in Deutschland oder im Ausland eine erste Anlage im großindustriellen Maßstab inklusive der CO₂-Bereitstellung aus der Luft mit einer jährlichen Produktion von ~10 TWh/a aufbauen zu können. Wegen der günstigeren Alternativstandorte und der geringen Flächenverfügbarkeit in Deutschland erwarten die meisten Stakeholder, dass solche großindustriellen Anlagen nicht in großer Stückzahl in Deutschland entstehen werden.

Weitere Akteure mit unterschiedlichen Hintergründen betonen zudem die Bedeutung der Raffinerien für den Standort Deutschland und die ansässige chemische Industrie. Verschiedene Akteure mit dem Schwerpunkt auf die Kraftstoffhersteller regen daher eine sukzessive Dekarbonisierung der bestehenden Raffinerien in Deutschland (und Europa) zunächst über die **Einspeisung von eWasserstoff in den Raffinerieprozess** an. Zudem gehen sie davon aus, dass über Co-Processing und schrittweise Umrüstungen von Raffinerien ein Umstieg der bestehenden Raffinerien von fossilen Rohölquellen auf eCrude und biogene Ersatzstoffe stattfinden kann (u. a. Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018; DECHEMA 2017). Im Interview vertritt eine Person jedoch die Ansicht, dass die gesamte Wertschöpfungskette der efuel-Produktion – angefangen von der Stromerzeugung über die Elektrolyse und die Kraftstoffsynthese bis hin zur Refinement des eCrude – zukünftig an Produktionsstandorten im Ausland erfolgen könnte.

Unstrittig unter den Akteuren ist, dass für ein Energiesystem mit hohen Anteilen an volatilen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten **chemische Langfristspeicher** benötigt werden (z. B. BEE 2016; BDEW 2018; dena 2018; BDI 2018a; UBA 2016a; WWF Deutschland 2018). Durch Flexibilität in ihrer Betriebsweise können Elektrolyseure und die daran anschließenden Syntheseprozesse dazu beitragen, das Stromsystem zu stabilisieren und einen Teil der temporär anfallenden EE-Überschüsse in eher dezentralen Produktionsanlagen zu nutzen (speichern). Technisch in Frage kommen dafür neben efuels auch eWasserstoff und eMethan. Unter den Akteuren besteht daher auch weitestgehend Einigkeit darüber, dass Elektrolyseure unabhängig vom Endprodukt bei einer Produktion in Deutschland **„systemdienlich“ betrieben** werden sollen (z. B. PtX-Allianz 2017; BEE 2016; BDEW 2018; BDI 2018a).

⁶ Die Gesprächspartner verweisen dabei auf die angekündigte Ausschreibung zu den Reallaboren der Energiewende im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms.

Unterschiedlich sind dagegen die Einschätzungen der Stakeholder zu den möglichen Mengenpotenzialen für die efuel-Produktion aus dezentralen Produktionsanlagen. Einige Akteure (z. B. dena 2018; VDA 2017) betonen die Möglichkeit der Herstellung von strombasierten Energieträgern in dezentralen Produktionsanlagen und in DECHEMA (2017) wird das Potenzial der Herstellung von ca. 12 TWh/a an strombasierten Energieträgern aus Überschussstrom für das Jahr 2030 angegeben. Die PtX-Allianz empfiehlt ein bis zum Jahr 2027 und bis zu einer installierten Leistung von 1,5 GW begrenztes Markteinführungsprogramm für „systemdienliche“ Anlagen⁷ (PtX-Allianz 2017). Ein Stakeholder sieht im Gespräch zudem das Potenzial, dezentrale efuel-Anlagen mit der Herausforderung des Strukturwandels in Nordostdeutschland zu verbinden und somit neue Wertschöpfungsmöglichkeiten in diesen Gebieten zu schaffen.

Skeptischer in Bezug auf die Potenziale einer dezentralen efuel-Herstellung in Deutschland sind der Think Tank Agora Verkehrswende (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018), die Mehrzahl der Umweltverbände sowie auch zum Teil weitere Akteure. Sie verweisen auf die geringe Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen aufgrund niedriger Betriebsstunden im „systemdienlichen“ Betrieb sowie die Möglichkeit sich ändernder Hot Spots des ungenutzten erneuerbaren Stroms, sobald Stromnetzkapazitäten erweitert und angepasst werden⁸. Auch wird von mehreren Akteuren argumentiert, dass in den nächsten Jahren andere günstigere Technologien (z. B. Demand Side Management-Optionen bestehender Verbraucher, Batteriespeicher) zur Verfügung stehen, um das benötigte „systemdienliche“ Verhalten bis ca. zum Jahr 2030 zur Verfügung zu stellen. Im Gespräch sieht zumindest ein Akteur auch die Schwierigkeit, einen systemdienlichen Betrieb von Anlagen nachzuweisen, wenn diese in das Stromsystem integriert werden. Zum Teil wird auch die fehlende Akzeptanz zusätzlicher erneuerbarer Stromerzeugungsanlagen angesprochen, wenn dezentrale Anlagen im wesentlichen Maßstab zu efuel-Produktion beitragen sollen.

Europa und außereuropäische Produktionsstandorte für efuels

Alle Stakeholder sehen **Produktionsstandorte im europäischen und außereuropäischen Ausland als die maßgeblichen Produktionsstandorte**, wenn efuels einen relevanten Anteil an der Energieversorgung Deutschlands einnehmen sollen. Europäische Vorzugsstandorte (z. B. Norwegen, Island, Großbritannien, Spanien, Schwarzmeerküste) werden für einen weiteren Kapazitätsausbau der efuel-Produktion als erster Anlaufpunkt von annähernd allen Akteuren genannt und es wird davon ausgegangen, dass Europa auch langfristig ein Produktionsstandort von efuels für den deutschen Markt bleibt. Als Begründung dafür werden die im Vergleich zu Deutschland vorteilhafteren Bedingungen für die erneuerbare Stromerzeugung und die größere Verfügbarkeit von Flächen als wesentliche Vorteile aufgeführt. Zudem sehen viele Akteure den Binnenmarkt der europäischen Union, die Rechtssicherheit und die im Vergleich zu außereuropäischen Investitionsstandorten besseren Finanzierungskonditionen als vorteilhafte Rahmenbedingungen gegenüber außereuropäischen Vorzugsregionen an.

Von den meisten Akteuren wird allerdings auch die Einschätzung geäußert, dass – vor allem wenn es im globalen Maßstab eine Nachfrage geben sollte – Flächenpotenziale zur Erzeugung von efuels in Europa limitiert sind und andere Standorte mit „noch“ vorteilhafteren Voraussetzungen hinsichtlich der Stromerzeugung und der verfügbaren Flächen bzw. Kohlenstoffquelle existieren (z. B. MENA-Region, Chile, Australien).

⁷ Bei der Annahme eines Wirkungsgrades von 50 % sowie einer Laufleistung von 500 bis 1.500 Volllaststunden könnten damit zwischen 0,38 und 1,1 TWh/a an efuels hergestellt werden.

⁸ Bei sich ändernden räumlichen Bezügen für die benötigte „Systemdienstleistung“ müssten solche Anlagen auch räumlich flexibel einsetzbar sein und den Hot Spots des Regelbedarfs folgen.

Während einige Akteure mit unterschiedlichem Hintergrund wegen der potenziell geringeren Produktionskosten recht frühzeitig (im Idealfall um das Jahr 2030) Produktionsstandorte im außereuropäischen Ausland als realistisch einschätzen, gibt es von einem Industrieakteur, aber auch von einigen weiteren Akteuren, eine andere Einschätzung: Die Notwendigkeit, an vielen potenziellen Standorten neue Geschäftsbeziehungen aufbauen zu müssen, mögliche Rechtsunsicherheiten, politische Instabilität, fehlende Transportkapazitäten für die Kraftstoffe, mangelnde Infrastruktur und mangelndes Wissen für den benötigten Anlagenbau sowie das möglicherweise fehlende Interesse der jeweiligen Exportländer an einer exportorientierten Energiepartnerschaft erhöhen je nach Produktionsstandort das Investitionsrisiko in efuel-Anlagen. Daraus folgende hohe Finanzierungskosten für die Anlagen können die Standortvorteile im negativen Sinn überkompensieren und so den Aufbau von Anlagen im außereuropäischen Ausland zeitlich nach hinten verschieben. Verwiesen wird dabei von mehreren Akteuren auf die gescheiterte DESERTEC-Initiative in der MENA-Region. Aus diesem Grund sehen mehrere Akteure mit unterschiedlichem Hintergrund die lokale Wertschöpfung als wesentlich an, um das Investitionsrisiko an Exportstandorten langfristig zu senken.

Gesellschaftliche Akzeptanz der efuel-Produktion

Ähnlich wie bei der Bewertung der Akzeptanz für die Nutzung von efuels merken die befragten Stakeholder an, dass bisher keine belastbaren Studien und Arbeiten zur Akzeptanz möglicher Produktionsstätten und -prozesse existieren und daher nur persönliche Einschätzungen möglich sind.

Die **Akzeptanz für die Herstellung strombasierter Kraftstoffe in Deutschland** wird von den Akteuren unterschiedlich bewertet. Generell überwiegt die Einschätzung, dass die Akzeptanz stark von der Anlagengröße und der Produktionsmenge abhängig ist: Während für kleine, dezentrale Anlagen und auch für mittelgroße kommerzielle Anlagen, die in bestehende Industrie-Cluster integriert werden, eine gesellschaftliche Akzeptanz vorhanden sein dürfte, sind die allermeisten Stakeholder der Ansicht, dass eine Hochskalierung der Kraftstoffproduktion nur im Ausland erfolgen kann. Diese Einschätzung wird unter anderem mit der fehlenden Akzeptanz für zusätzliche erneuerbare Stromerzeugungsanlagen begründet, welche ausschließlich oder überwiegend für die Kraftstoffproduktion errichtet werden und somit zusätzlich zu den sonstigen Ausbaubedarfen anfallen.

Die Akzeptanz von Produktionsanlagen kleiner Größe wird hingegen mehrheitlich als eher unkritisch angesehen. So verweist beispielsweise der VDA im Gespräch auf die seit über 5 Jahren bestehende PtG-Anlage in Werlte. PtX-Anlagen seien verhältnismäßig unauffällige Industrieanlagen, die keine nennenswerten Schadstoff-, Lärm- oder Geruchsemissionen ausstoßen, keine großen Logistikströme (Verkehre) nach sich ziehen und einen eher geringen Flächenbedarf aufweisen. Ein weiteres Indiz für eine Akzeptanz dezentraler PtX-Anlagen ist die Tatsache, dass auch die seit vielen Jahren in Deutschland bestehenden Anlagen zur Produktion von Biokraftstoffen gesellschaftlich akzeptiert sind.

Auch die Akzeptanz bereits bestehender Raffinerien wird als hoch eingeschätzt, da sie Arbeitsplätze und industrielle Wertschöpfung mit sich bringen und die Industrieanlage bereits bei der Bevölkerung bekannt ist. Zwei Akteure verweisen allerdings darauf, dass neue Raffinerien mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Betriebsgenehmigung erhalten würden, so dass die Nutzung und Umrüstung der bestehenden Raffinerien bei steigenden efuel-Anteilen unabdingbar sind.

Die **Akzeptanz der Produktion (und des Exports) von efuels im (außereuropäischen) Ausland** dürfte nach einheitlicher Einschätzung der Stakeholder Akteure ganz wesentlich davon abhängen, wie die PtX-Projekte konkret ausgestaltet werden: Wenn das Produktionsland profitiert und für die lokale Bevölkerung mehr positive als negative Auswirkungen zu spüren sind, wird die

Akzeptanz vor Ort als hoch eingeschätzt. Es werden den potenziellen Exportländern demnach Entwicklungschancen durch die neue Technologie zugesprochen (z. B. Schaffung von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung, Verbesserung der individuellen wirtschaftlichen Perspektive, potenzielle Co-Benefits hinsichtlich Stromverfügbarkeit und Infrastruktur), solange keine negativen sozialen Effekte auftreten (siehe Abschnitt 2.4 zu Nachhaltigkeitskriterien).

2.3. Rahmenbedingungen für den Kapazitätsaufbau der efuel-Produktion und die Nachfrage von efuels im Verkehrssektor

Einigkeit besteht in der Einschätzung der untersuchten Stakeholder darin, dass aufgrund der im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen erheblich höheren Produktionskosten und des heutigen Stands der Technologie ohne Anpassung der politisch gesetzten Rahmenbedingungen und einer gezielten Politikintervention kein Markthochlauf der Kraftstoffproduktion stattfinden wird. Als Hauptgrund werden dafür der fehlende wirtschaftliche Anreiz für Hersteller sowie das Risiko für verlustreiche Investitionen genannt, welches sich durch die hohen notwendigen Investitionsvolumina und die langen Abschreibungszeiträume möglicher efuel-Anlagen (ca. 20 Jahre) für eine bisher nicht bestehende Nachfrage nach efuels ergibt. Mehrere Stakeholder mit unterschiedlichem Hintergrund sehen die Unsicherheit dadurch gegeben, dass sowohl die Abnahme einer möglichen efuel-Produktion nicht über den notwendigen Abschreibungszeitraum der Produktionskapazitäten gesichert ist, als auch in der Unklarheit unter welchen Bedingungen eine Anrechnung in Förderinstrumenten (z. B. im Rahmen der nationalen Umsetzungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II) stattfinden wird.

Bei den von den Stakeholdern vorgeschlagenen Politikinterventionen kann unterschieden werden zwischen Instrumenten, die eine Anreizwirkung für einen Einstieg in den Aufbau von efuel-Kapazitäten entfalten sollen, sowie solchen Instrumenten, die auch langfristig als preisgestaltende, fiskalische Lenkungsinstrumente eingesetzt werden können. Auch kann unterschieden werden, wer die Kosten der Förderinstrumente trägt. Während sich fast alle Stakeholder nicht explizit dazu äußern, geht T&E in Transport & Environment (2017) davon aus, dass die Einführungskosten der Technologien nicht durch den Staat zu tragen sind, sondern von den betroffenen regulierten Unternehmen (z. B. Kraftstoffinverkehrbringer) bzw. deren Kunden. Bei einigen Instrumenten – wie beispielsweise einer Quotenverpflichtung – ist allerdings klar, dass der regulierte Marktteilnehmer die Kosten zu tragen hat und diese - soweit es möglich ist – an die Verbraucher und Verbraucherinnen weiter gibt.

Marktanreizinstrumente und Absicherung des Investitionsrisikos

Das bestehende Instrument für die Einführung neuer, alternativer treibhausgasarmer Kraftstoffe (bisher Biokraftstoffe) ist in Deutschland die **Treibhausgasminderungsquote**, die seit dem Jahr 2015 die nationale Umsetzung der Anforderungen aus der Erneuerbare-Energien-Richtlinie⁹ ist. Im Jahr 2018 wurde mit der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II¹⁰ auf EU-Ebene der Rahmen für die Nutzung alternativer, THG-armer Kraftstoffe bis zum Jahr 2030 festgesetzt, der in den Folgejahren in nationale Instrumente umgesetzt werden muss. Auf nominaler Basis sollen der Richtlinie entsprechend 14 % der Energie des Verkehrssektors aus erneuerbaren Quellen stammen, wobei für efuels die Möglichkeit der Anrechnung besteht, aber keine Mindestquote wie für fortschrittliche Biokraftstoffe vorgesehen ist.

⁹ 2009/28/EG: Bis zum Jahr 2020 müssen 10 % des Energiebedarfs des Verkehrssektors in allen EU-Staaten aus erneuerbaren Quellen stammen.

¹⁰ 2018/2001/EU

Verschiedene Stakeholder mit unterschiedlichem Hintergrund verweisen übereinstimmend darauf, dass die Ausgestaltung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II wenig bis keine Anreizwirkung für die Herstellung von efuels bietet, wenn die Quoten entsprechend der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II bei der nationalen Umsetzung gestaltet werden.

Grundsätzlich sehen einige Stakeholder das Instrument bei veränderter Ausgestaltung als ein geeignetes und zentrales Instrument für die Markteinführung an. Eine spezifische Mindestquote für efuels im Verkehrssektor sowie generell eine Erhöhung des erneuerbaren Anteils am Kraftstoff wird vor allem von Akteuren aus der Industrie für die nationale Umsetzung der EU-Richtlinie gefordert, um eine Marktanreizwirkung für efuels zu entwickeln. Eine andere Meinung vertritt ein weiterer Stakeholder, indem er ein Mengeninstrument wie die Treibhausgasminderungs- oder eine Beimischungsquote dagegen als ein mögliches Anreizinstrument ansieht, sobald die Wirtschaftlichkeitslücke von efuels zu fossilen Kraftstoffen nach einem teilweisen Durchlaufen der Lernkurve geringer geworden ist.

Als ungeeignet wird beim derzeitigen Stand der Technologie und der Kosten ein alleiniges Quoteninstrument von anderen Industrieakteuren (u.a. MWV 2019; BDI 2018a) angesehen. Die fehlende Abnahmegarantie sowie die Unsicherheit über die Beibehaltung von Anrechnungsregeln und die langfristige Weiterentwicklung der Richtlinie nach dem Jahr 2030 werden als unzureichende Absicherung des Investitionsrisikos gerade für die ersten efuel-Anlagen bewertet. Dabei wird unter anderem auch auf die sich über die Zeit ändernden Rahmenbedingungen und der daraus entstehenden Marktunsicherheit bei der Markteinführung der Biokraftstoffe verwiesen.

Für die Reduzierung des Investitionsrisikos in Erstanlagen schlagen der MWV und die PtX-Allianz unterschiedliche Fördersysteme vor, in denen ein **festgesetzter finanzieller Gegenwert für die produzierten efuel-Mengen** gewährt wird. Der MWV schlägt **mengengesteuerte Ausschreibungen** für Produktionskapazitäten bei Berücksichtigung von Herstellungsanforderungen (z. B. Nachhaltigkeitsanforderungen, Wertschöpfungsanteile in Deutschland) und eine Abnahmegarantie der Kraftstoffe für einen geeigneten Abschreibungszeitraum (ca. 20 Jahre) als Anreizinstrument vor (MWV 2019). Die PtX-Allianz sieht in ihrem Marktanreizprogramm mit dem Fokus auf systemdienlich betriebene, dezentrale Erstanlagen **Zuschüsse in Form von Anreizzertifikaten** von 300 EUR bis 150 EUR je vermiedener Tonne CO₂ im Zeitraum bis zum Jahr 2027 vor¹¹ (PtX-Allianz 2017). Nach Vorstellung der PtX-Allianz sollen diese Anreizzertifikate mittelfristig auch in andere Regulierungsregime wie die CO₂-Regulierung für Pkw und Lkw sowie den EU-ETS überführt werden können.

Andere Akteure sehen die zuvor genannten Instrumente eher kritisch, da die politische Durchsetzbarkeit solcher Anreizinstrumente in Frage gestellt wird und auf die mögliche Ineffizienz des Anreizinstruments (siehe Markteinführung der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten über das EEG) verwiesen wird. Viele der befragten Stakeholder äußern allerdings auch keine Meinung zu den zuvor genannten Anreizsystemen.

Äußerst umstritten unter den Stakeholdern ist die Möglichkeit der **Anrechnung der CO₂-Minderung aus der efuel-Produktion auf die CO₂-Emissionsstandards für Pkw und Lkw**. Ein Großteil der Stakeholder aus der Industrie und den Anwendungssektoren (siehe auch Einschätzung zu Markteinführungssektoren der efuels in Abschnitt 2.1) sehen auf diese Weise die Möglichkeit eines technologieoffenen Ansatzes der CO₂-Minderung im Straßenverkehr sowie der Finanze-

¹¹ Es ist eine Förderung von Anlagen bis zu einer kumulierten installierten Leistung von 1,5 GW vorgesehen. Dabei ist unklar, inwieweit die Produktion der Anlagen auch nach dem Jahr 2027 durch einen finanziellen Gegenwert für Anreizzertifikate gefördert werden soll.

rung sehr kostenintensiver efuel-Erstanlagen über den Straßenverkehr (Quelle: z. B. MWV; MWV 2019; BDI; VDA 2017; BDEW 2018). Demgegenüber steht vor allem die Einschätzung der Umweltverbände sowie auch eines Think Tanks und einzelner weiterer Vertreter (z. B. Transport & Environment 2017; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018; BEE 2016), die die Transformation des Straßenverkehrs hin zu effizienteren und auch elektrifizierten Fahrzeugen als notwendig ansehen und somit eine Verrechnung mit der Treibhausgasminde- rung durch Kraftstoffe als wenig zielführend ansehen. Auch besteht dadurch aus Sicht eines Stakeholders das Risiko, die Transformation des Fahrzeugmarktes zu verpassen und die Möglichkeit des „carbon leakage“, wenn die Produktion der efuels in der Realität nicht mit den angerechneten Treibhausgasminde- rungen übereinstimmt (siehe Markteinführung der Biokraftstoffe und deren umstrittene Treibhaus- gasminderungswirkung).

Eine übereinstimmende Einschätzung der Stakeholder ergibt sich in der hohen Bedeutung von **Produktionsanforderungen für nachhaltige efuels**. Langfristig anwendbare Anrechnungsregeln (u. a. ökologische und soziale Kriterien, Anrechnung Co-Processing) für Förderinstrumente und Nachhaltigkeitsstandards sind die Grundvoraussetzung für Investitionen in efuel- Produktionsanlagen. Im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II ist die Definition der An- rechnungsregularien auf EU-Ebene für das Jahr 2021 vorgesehen. Im Gespräch verweist ein Sta- keholder unter Hinweis auf die Biokraftstoffefführung darauf, dass neben der wissenschaftlichen Fundierung von möglichen Nachhaltigkeitsanforderungen auch ein gesellschaftlicher Aushand- lungsprozess vonnöten ist, um langfristig akzeptierte Produktionsbedingungen für efuels zu erhal- ten.

Fiskalische Lenkungsinstrumente

Annähernd ausnahmslos sehen die Stakeholder die Notwendigkeit, den fiskalischen Abgabenrah- men im Energie- und Verkehrssektor anzupassen, um eine Lenkungswirkung hin zu efuels und weiteren treibhausgasarmen Energieträgeroptionen im Verkehrssektor zu entfalten. Ähnlich deut- lich ist die Einschätzung der Stakeholder, dass ohne weitere Marktanreize (siehe voriger Abschnitt) wegen der hohen Wirtschaftlichkeitslücke allein durch fiskalische Anpassungen kein relevanter Markthochlauf für efuels möglich ist. Vielmehr werden veränderte fiskalische Rahmenbedingungen als komplementäre Maßnahme zu den zuvor genannten Optionen mit Marktanreizwirkung verstan- den.¹² Nach Durchschreiten eines Großteils der Lernkurve könnten fiskalische Lenkungsinstrumen- te nach Einschätzung einiger Stakeholder gegebenenfalls ausreichend stark wirken, um die zuvor genannten Marktanreizinstrumente nicht mehr zu benötigen.

Eine **CO₂-Bepreisung bzw. steuerliche Entlastung treibhausgasarmer efuels** wird von den meisten Stakeholdern als ein zentraler Bestandteil für die Etablierung von efuels gesehen. Wäh- rend einige Akteure (z. B. VDA 2017; BDI 2018a; MWV 2019; BDEW 2018) den Fokus hinsichtlich der CO₂-Bepreisung vor allem auf die Betriebsphase der Fahrzeuge legen (z. B. CO₂-Komponente bei Energiesteuer und Lkw-Maut, Einbeziehung in den EU-ETS), gibt es auch von einzelnen Akt- euren die Forderung, die CO₂-Bepreisung auch auf weitere fahrzeugbezogene Abgaben und Steu- ern (z. B. Kfz-Steuer, Dienstwagensteuer) zu erweitern, um auch fahrzeugseitig eine Lenkungswir- kung hin zu emissionsarmen und effizienten Fahrzeugen zu erzielen.

¹² Vom MWV wird darauf hingewiesen, dass ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen der CO₂-Bepreisung und den Marktanreizsetzungen besteht. Je höher die Lenkungswirkung der CO₂-Bepreisung ausfällt, d. h. je höher die CO₂-Bepreisung ist, desto geringer muss die Anreizwirkung (z. B. Investitionsförderung) über die komplementären Anreizmechanismen ausfallen.

Von einigen Stakeholdern mit unterschiedlichem Hintergrund wird darauf verwiesen, dass aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen (bestehende Abgabenhöhe, „carbon leakage“-Potenzial beispielsweise durch Verlagerung von Flügen und Industrieproduktion) eine einheitliche CO₂-Bepreisung über alle Sektoren nicht unbedingt zielführend sein muss. Auch müssten mögliche soziale Härtefälle bei einer Veränderung der Besteuerungsgrundlage für die Durchsetzbarkeit der Maßnahme durch geeignete Entlastungen einkommensschwacher Haushalte abgefedert werden.

Eine Forderung vieler Stakeholder (u. a. BDEW 2018; BDI 2018a; dena 2018; BEE 2016; VDA 2017) bezieht sich auf die Einbindung der efuel-Produktion¹³ in das deutsche Energiesystem und somit auf die potenzielle Produktion in Deutschland. Da für die efuel-Produktion in Deutschland von einem systemdienlichen und demnach für das Energiesystem vorteilhaften Betrieb ausgegangen wird, wird eine **Anpassung des Abgabenrahmens für den Strombezug** als notwendig erachtet. Gefordert werden unter anderem eine Reduzierung der Stromsteuer sowie mögliche Entlastungen bei Netzentgelten und EEG-Umlage bei einem systemdienlichen Betrieb (Abbau der regulatorischen Hemmnisse für Letztverbraucher und die Anerkennung als zuschaltbare Lasten).

Ein Umweltverband begrüßt die Forderung nach der Anpassung des Abgabenrahmens, macht aber auch darauf aufmerksam, dass Entlastungen wirklich nur dann anfallen sollten, wenn Produktionskapazitäten systemdienlich betrieben werden. Im Vergleich zu anderen technischen Optionen ergibt sich aus Sicht dieses Stakeholders in den nächsten Jahren kein tragfähiges Geschäftsmodell.

Forschungsförderung und Demonstrationsanlagen

Viele Stakeholder sehen die Notwendigkeit, dass weiterhin Bedarf an der **Weiterentwicklung der Prozesse** und vor allem am Aufbau von **Demonstrationsanlagen** besteht (siehe auch Abschnitt 2.2). Häufig wird dabei der Reallaboransatz als ein geeignetes Mittel im Rahmen der Forschungsförderung gesehen, um mit öffentlichen Fördermitteln Technologien im Praxiseinsatz weiterzuentwickeln, eine erste Kostendegression zu erreichen und eine geeignete Einbindung in das Energiesystem zu erproben (z. B. ProcessNet 2017; Prognos AG; UMSICHT; DBFZ 2018), verweisen allerdings auch darauf, dass zielgerichtete Förderprogramme nicht alleine durch die Politik getragen werden können, sondern auch die Industrie sich mit Forschungsanstrengungen einbringen muss.

Mehrere Stakeholder (u. a. MWV 2018; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018) benennen dabei die Wasserstoffherstellung durch Elektrolyse und die CO₂-Abscheidung als Schlüsseltechnologien für eine nachhaltige efuel-Produktion, bei denen ein Großteil der erreichbaren Lernkurve noch zu durchlaufen ist. Gerade bei diesen Verfahren der Prozesskette sowie bei der Integration der Prozessschritte besteht daher noch Forschungsbedarf.

efuel-Roadmap für Politikinstrumente und Aufbau von Produktionskapazitäten

Die Entwicklung einer efuel-Roadmap wird von Stakeholdern aus dem Umfeld der Hersteller und der Think Tanks als eine sinnvolle marktvorbereitende Ergänzung zu den zuvor genannten Markt- und Lenkungsinstrumenten genannt, um so frühzeitig ein umfassenderes Bild über mögliche politik- und produktionsseitige Entwicklungsschritte zu erhalten.

¹³ Diese Forderung wird von den meisten Stakeholdern für die Produktion aller strombasierten Energieträger und nicht nur für flüssige Kohlenwasserstoffe aufgestellt.

Die Think Tanks dena und Prognos stellen mit dem Hinweis auf eine aktive Markthochlaufstrategie und der **Diskussion möglicher Politikinstrumente sowie deren zeitlicher Implementierungsreihenfolge** die Notwendigkeit des Kapazitätsaufbaus für die efuel-Produktion in den Mittelpunkt einer Roadmap. Die Agora Verkehrswende bezieht in Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018) auch den Ausstiegzeitplan aus fossilem Erdgas und Rohöl in eine mögliche Roadmap ein und empfiehlt einen Öl- und Gaskonsens zwischen den involvierten Industrie-Stakeholdern, der Politik und der Gesellschaft. Ein Stakeholder verweist im Gespräch auf die Problematik eines möglichen nationalen Alleingangs und die hohen Kosten der Technologieentwicklung und empfiehlt die Einbeziehung der EU sowie weiterer Länder, um die hohen Kosten vor allem am Anfang der Technologieentwicklung auf mehrere Länder zu verteilen.

Dieselben Akteure sowie einige Stakeholder in der Industrie sehen aber auch die Entwicklung einer frühzeitigen **Produktionsroadmap** als zielführend und hilfreich an. Aus analytischer Sicht sollten in einer solchen Roadmap Chancen und Risiken verschiedener Herstellungsstrategien (z. B. zentrale vs. dezentrale Anlagen) bewertet werden sowie eine Identifikation vorteilhafter Produktionsstandorte hinsichtlich verfügbarer Flächen, nutzbarer Infrastrukturen, vorteilhafter Standorte für die erneuerbare Stromproduktion, verfügbarer Kohlenstoffquellen, bestehender Industriepartnerschaften, Rechtssicherheit etc. durchgeführt werden. Aus Sicht dieser Akteure wird darauf aufbauend auch ein frühzeitiger Aufbau weiterer Energiepartnerschaften im Rahmen der internationalen Zusammenarbeit für notwendig erachtet, um bei geeigneten politischen Rahmenbedingungen auch die Voraussetzungen für einen zügigen Aufbau von Produktionskapazitäten im internationalen Kontext zu besitzen (siehe auch Abschnitt 2.2 zu möglichen Produktionsstandorten).

Verkehrsmittelspezifische Instrumente für den Luft- und Seeverkehr

Entsprechend den Einschätzungen der Stakeholder, in welchen Verkehrsmitteln efuels mittel- und langfristig in größerem Maßstab eingesetzt werden sollten (siehe Abschnitt 2.1), ergeben sich auch unterschiedliche Einstellungen zur Ausgestaltung der Politikinstrumente. Während vor allem die Umweltverbände und mit der Agora Verkehrswende auch ein Think Tank den Einsatz der efuels von Produktionsbeginn an vor allem im Luft- und Seeverkehr sehen und ein entsprechendes Instrumentendesign für die frühzeitige efuel-Nutzung in diesen Verkehrsanwendungen empfehlen, sind von anderen Akteuren vorgeschlagene Politikinstrumente häufig darauf ausgerichtet, diese wegen der als höher eingeschätzten Zahlungsbereitschaft zunächst in Pkw und Lkw zu nutzen (siehe Diskussion von Marktanreizinstrumenten).

Von den Akteuren des Luftverkehrs und der Seeschifffahrt wird zudem darauf verwiesen, dass in dem jeweiligen Anwendungssektor wegen der geringen Gewinnmarge der im Sektor tätigen Unternehmen die Kosten für die Markteinführung der efuels nicht (alleine) durch diese beide Sektoren getragen werden können. Auch wird für die Seeschifffahrt angeführt, dass bei hohen Umstiegskosten auf alternative Kraftstoffe Akteure mit einem hohen Marktanteil diese einfacher tragen können als kleinere Reedereien mit geringeren Schiffs- und Transportkapazitäten.

Aus diesem Grund, aber auch wegen der spezifischen Eigenheiten des **Luft- und Seeverkehrs** werden teilweise **spezifische Instrumente** mit Lenkungswirkung für die efuel-Nutzung in diesen beiden Anwendungen vorgeschlagen. Generell wird von mehreren Stakeholdern vor allem aus den betroffenen Anwendungssektoren und der Industrie darauf hingewiesen, dass nationale Maßnahmen aufgrund möglicher Ausweichmaßnahmen der betroffenen Akteure (z. B. Tankering durch Airlines, veränderte Betankungsstrategien im Seeverkehr, veränderte Routenführung im Flug- und Seeverkehr) mit einer geringen Lenkungswirkung verbunden sind.

Von einigen Akteuren mit unterschiedlichem Hintergrund wird eine **spezifische efuel-Quote für den Flugverkehr** empfohlen.¹⁴ Diese könnte auch als Kompensationsmechanismus in das ab 2021 startende Klimaschutzinstrument CORSIA¹⁵, welches auf internationaler Ebene übergeordnet als Klimaschutzinstrument im Flugverkehr arbeitet, eingebunden werden. Von den meisten Akteuren, die eine spezifische efuel-Quote für den Flugverkehr empfehlen, wird eine international verbindliche Ausgestaltung als ideal angesehen. Da die Umsetzung einer spezifischen efuel Quote auf internationaler Ebene der ICAO von allen Befürwortern als ein lange dauernder Aushandlungsprozess oder sogar als unwahrscheinlich eingeschätzt wird, empfehlen einige Akteure als ersten Schritt zu einer auf der ICAO-Ebene angesiedelten Quote eine EU-weite, bilaterale oder nationale efuel Quote für den Flugverkehr (siehe Absatz zuvor zu den Bedenken einiger Akteure bei nationalen Maßnahmen).

Ein weiteres Element für die **Finanzierung des Aufbaus von efuel-Produktionskapazitäten** wird von zwei Stakeholdern genannt: Die **Einnahmen aus der (erhöhten) Flugverkehrsabgabe** könnten als Beitrag des Luftverkehrssektors für den Aufbau von efuel-Produktionskapazitäten eingesetzt werden.

Ähnliche Empfehlungen wie für den Luftverkehr geben einzelne Stakeholder auch für die mögliche efuel-Nutzung in der Seeschifffahrt. Nationalen und EU-weiten Regulierungsansätzen wird weniger Lenkungswirkung zugesprochen, empfohlen wird vor allem eine **Integration von Förderanreizen (z. B. CO₂-Preis) in die „Bunkerabgaben“ auf Ebene der IMO**¹⁶. Regulatorische (z. B. fehlende Kraftstoffzulassung durch die IMO), infrastrukturelle (z. B. fehlende Betankungsinfrastruktur) und organisatorische (z. B. fehlendes Wissen im Umgang mit alternativen Kraftstoffen) Hemmnisse werden zudem noch von einem Stakeholder angegeben, wenn andere Kraftstofftypen (z. B. Methanol, Ammoniak, Wasserstoff) als die heute üblichen flüssigen Kraftstoffe zum Einsatz kommen. Auch wird eine finanzielle Unterstützung für Pilotanwendungen gefordert, um erste Schiffe für Praxistests umzurüsten und zu erproben.

2.4. Ausgestaltungsmöglichkeiten von Nachhaltigkeitskriterien für die Produktion von efuels

Einigkeit zwischen den Stakeholdern besteht darüber, dass Nachhaltigkeitsanforderungen für die Produktion von efuels definiert und in nachweisbare Kriterien überführt werden müssen (siehe unter anderem auch Abschnitt 2.2 und 2.3). Zwei Beweggründe liegen dieser Forderung zugrunde: Einerseits ist es **nicht per se gegeben**, dass die Nutzung von **efuels mit positiven Nachhaltigkeitswirkungen** verbunden ist. Andererseits müssen die Rahmenbedingungen für die efuel-Produktion, von denen die Nachhaltigkeitsanforderungen ein Teil sind, langfristig gegeben sein, um den Kraftstoffherstellern **Sicherheit für die hohen, benötigten Investitionen** zu gewährleisten.

Von einigen Akteuren wird dabei auf vergleichbare Nachweissysteme zu denen für Biokraftstoffe verwiesen (z. B. aireg¹⁷). Auch wird von einigen Stakeholdern die Einführung der Biokraftstoffe als Erfahrungswert herangezogen, indem unter anderem die Förderung wenig nachhaltiger Kraftstoffe

¹⁴ Während einige Akteure explizit eine efuel-Quote für den Flugverkehr als Instrument empfohlen haben, haben auch zwei Akteure im Gespräch ein Quotensystem ins Spiel gebracht, in dem für unterschiedliche Anwendungen (ggf. auch über den Verkehrssektor hinaus) unterschiedlich hohe Anteile an strombasierten Energieträgern und Rohstoffen gefordert werden.

¹⁵ CORSIA: Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

¹⁶ IMO: International Maritime Organization

¹⁷ siehe <http://aireg.de/themen/alternative-flugkraftstoffe-aus-regenerativen-energien/regenerative-kraftstoffe/>

(z. B. Biokraftstoffe aus Anbaubiomasse und die ILUC-Problematik¹⁸), aber auch die geringe Investitionssicherheit durch sich ändernde Rahmenbedingungen (z. B. veränderte Anrechnungsregeln innerhalb der Erneuerbare-Energien-Richtlinie) als problematische Elemente der Förderpolitik für Biokraftstoffe genannt werden. Ein Stakeholder beschreibt mit dem Verweis auf die schleppende E10-Einführung die Herausforderung, dass die Nachhaltigkeitsanforderungen nicht nur wissenschaftlich anhand von Nachhaltigkeitsbewertungen abgeleitet werden können, sondern diese eine **breite gesellschaftliche Akzeptanz** benötigen (siehe Abschnitt 2.3), um als langfristige sichere Rahmenbedingung gelten zu können.

Nachhaltigkeitsniveau und -umfang

Unter den Stakeholdern besteht auf breiter Basis Einigkeit darüber, dass **neben ökologischen Nachhaltigkeitsanforderungen auch soziale Kriterien** (z. B. Wasser- und Stromverfügbarkeit) – gerade bei der Produktion in wirtschaftlich weniger entwickelten Ländern – eine wichtige Bedeutung für die Produktion der efuels besitzen müssen. Dies wird aus ethischer Sicht, aber auch mit Blick auf die notwendige gesellschaftliche Akzeptanz für die Nutzung von efuels begründet.

Als Handlungsfelder für die Sicherstellung der Nachhaltigkeit von efuels sehen annähernd alle Stakeholder den Strombezug, die Diskussion um die Nachhaltigkeit unterschiedlicher CO₂-Quellen und die Wasser- und Flächenverfügbarkeit als relevant an. Von wenigen Stakeholdern wird noch die Frage der Ressourcensicherheit in Bezug auf kritische Metalle und sich daraus ergebende Konsequenzen als wichtiges Handlungsfeld genannt.

In Bezug auf ein **Mindestniveau für die Treibhausgasminderung** äußern sich viele Akteure nicht. In Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018) und WWF Deutschland (2018) wird eine Mindestminderung von 70 % oder mehr gegenüber einem fossilen Vergleichskraftstoff auf der Basis der Treibhausgasemissionen entlang der gesamten Herstellungskette genannt. Dieser Schwellenwert, für den die Berechnungsgrundlagen erst im Jahr 2021 auf EU-Ebene festgelegt werden, ist auch in der Erneuerbare-Energien-Richtlinie II als notwendige Mindestminderung für die Anrechnung an den erneuerbaren Energien-Anteil im Verkehrssektor vorgesehen.

In der Diskussion um Nachhaltigkeitskriterien (siehe folgende Abschnitte) wird deutlich, dass Kriterien nicht isoliert abgeleitet werden können, sondern immer auf ihre **systemische Wirkung** hin bewertet werden müssen (siehe folgende Diskussionen zu Strom- und Kohlenstoffbezug). Die Komplexität einer eindeutigen Aussage erschwert sich demnach dadurch, dass bei allen Bewertungsansätzen der systemische Bezug der Anlage hergestellt werden muss. Ein Stakeholder verweist dabei wiederum auf die Förderung der Biokraftstoffe und den zunächst fehlenden Systembezug (z. B. mangelnde Berücksichtigung der indirekten Landnutzungsänderungen durch die gesteigerte Nachfrage nach Biomasse) bei den zuerst genutzten und später angepassten Nachhaltigkeitskriterien.

Unterschiedliche Einschätzungen bestehen hinsichtlich der Forderung einiger Akteure (häufig aus dem Umfeld der Industrie), gerade **in der ersten Markteinführungsphase Kompromisse in Bezug auf die Nachhaltigkeitskriterien** zu gestatten, um die Mehrkosten für die efuel-Produktion zu reduzieren. Dabei wird häufig auf die CO₂-Bereitstellung aus industriellen, fossilen Punktquellen abgezielt, die gegebenenfalls in einer ersten Marktphase genutzt werden können, um sie zu einem späteren Zeitpunkt aus der efuel-Produktion wieder ausphasen zu können. Andere Akteure mit dem Schwerpunkt auf den Umweltverbänden sehen ein solches Vorgehen kritisch und verweisen dabei unter anderem auf die Einführung der Biokraftstoffe. Neben möglichen negativen Umwelt-

¹⁸ ILUC: Indirect Land Use Change

und Treibhausgaswirkungen wird auch als problematisch angesehen, dass zunächst Konzepte und Geschäftsmodelle für wenig nachhaltige efuels zugelassen bzw. gefördert werden, die sich zu einem späteren Zeitpunkt bei relevanten Mengenanteilen nicht mehr verändern lassen und somit eine wenig nachhaltige Lock-In-Situation entsteht (siehe Diskussion zu Biokraftstoffen aus Anbau-biomasse und deren (Nicht-)Ausphasen im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie).

Nachhaltiger Strombezug für die efuel-Produktion

Unbestritten unter den Stakeholdern ist die **Voraussetzung, erneuerbaren Strom für die Produktion einzusetzen**, um nachhaltige efuels herzustellen. Offensichtlich ist auch, dass in Deutschland hergestellte efuels noch für einen längeren Zeitraum eine schlechtere Klimabilanz aufweisen als fossile Vergleichskraftstoffe, solange diese mit Graustrom hergestellt werden und die durchschnittlichen Treibhausgasemissionen des deutschen Stromsystems für die Klimabilanz angesetzt werden müssen (Transport & Environment 2017).

Unklarer ist die Einschätzung zwischen den Stakeholdern allerdings, **wie erneuerbarer Strom definiert ist und welche Qualitäten dieser besitzen muss**, um für die efuel-Produktion als Null-Emissionsstrom zu gelten. Einige Akteure mit unterschiedlichem Hintergrund sprechen sich dafür aus, erneuerbaren Strom bzw. grünen oder regenerativ hergestellten Wasserstoff für efuels zu verwenden, ohne weitere Qualitätsanforderungen an den Strombezug zu stellen (z. B. dena 2018; ProcessNet 2017). Im Gespräch verweisen einige Stakeholder auch auf das existierende System der erneuerbaren Stromkennzeichnung und nennen die Herkunftsnachweise für erneuerbaren Strom als geeignetes Zertifizierungssystem.

Eine andere Position nehmen die übrigen Akteure – ebenfalls aus unterschiedlichen Akteursgruppen zusammengesetzt – ein (z. B. Transport & Environment 2017; Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018; BDEW 2018): Es wird als Qualitätsanforderung für einen nachhaltigen Strombezug die Zusätzlichkeit der erneuerbaren Stromerzeugung gefordert. Unklar ist dabei, auf welche Weise Zusätzlichkeit (z. B. gegenüber der erwarteten Baseline-Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung, gegenüber dem jeweils vorliegenden Stromsystem) definiert ist. Einige der Stakeholder sprechen sich daher gegen die Nutzung von Herkunftsnachweisen für erneuerbaren Strom aus, da diese keinen Hinweis auf das Qualitätskriterium der Zusätzlichkeit geben (Öko-Institut 2017).

Ein Stakeholder sieht die Forderung einiger Akteure für die Nutzung von Herkunftsnachweisen für erneuerbaren Strom sogar hinderlich für die Definition geeigneter Kriterien für den Strombezug: Seiner Meinung nach verleitet diese aus seiner Sicht unangemessene Forderung die Politik dazu, sich einer Diskussion um geeignete Nachhaltigkeitskriterien für den Strombezug aus dem Stromnetz vollständig zu verweigern.

Nachhaltiger Kohlenstoffbezug für die efuel-Produktion

Sehr viel stärker unterscheiden sich die Einschätzungen der Stakeholder hinsichtlich des CO₂-Bezugs für die efuel-Produktion. Einig sind sich die Akteure darüber, dass **CO₂ aus der Luft** eine nachhaltige CO₂-Quelle ist, solange die dafür benötigte Energie und die genutzten Flächenressourcen Nachhaltigkeitsprinzipien (siehe Diskussion zu nachhaltigem Strombezug und Flächennutzung) entsprechen.

Die meisten Stakeholder sind sich einig darüber, dass **biogene Kohlenstoffquellen** als nachhaltig zu bewerten sind, wenn der Ausgangsrohstoff den Nachhaltigkeitskriterien für die Biomassennutzung entspricht. Ein Akteur aus dem Umfeld der Umweltverbände sieht allerdings auch biogene CO₂-Quellen als problematisch an: Begründet wird dies damit, dass alle Langfristszenarien unter

den Rahmenbedingungen des Pariser Abkommens auf die Notwendigkeit negativer Emissionen bis zum Jahr 2050 aufweisen und biogene Kohlenstoffquellen eine geeignete Kohlenstoffquelle für die Erzeugung negativer Emissionen sind. Aus Sicht dieses Akteurs sollen für die efuel-Erzeugung daher keine biogenen Kohlenstoffquellen genutzt werden, solange kein System existiert, welches einen langfristigen Lock-In für die Nutzung solcher Kohlenstoffquellen in efuels ausschließt, um die Möglichkeit für die Erzeugung negativer Treibhausgasemissionen zu erhalten.

Deutlich differenzierter zwischen den Stakeholdern ist die Einschätzung hinsichtlich der Nutzung **fossiler Punktquellen für CO₂ aus Industrieprozessen und der fossilen Stromerzeugung**, welche aufgrund der hohen Konzentration großer Kohlenstoffmengen und der daraus entstehenden ökonomischen Vorteile für die Skalierung der Technologie von einigen Akteuren als äußerst geeignete Kohlenstoffquelle diskutiert wird (z. B. ProcessNet 2017; DECHEMA 2017). Während vor allem die Akteure aus der Kraftstoffherstellung und den Anwendungssektoren fossile Punktquellen als mögliche nachhaltige Quelle bezeichnen, verweisen die Umweltverbände und die Agora Verkehrswende darauf, dass fossiler Kohlenstoff nur unter bestimmten Bedingungen als eine nachhaltige CO₂-Quelle angesehen werden kann (z. B. Transport & Environment 2017; WWF Deutschland 2018).

Befürworter der Nutzung fossiler Kohlenstoffquellen verweisen in unterschiedlicher Differenzierung darauf, dass konzentrierte CO₂-Quellen – ob aus fossilen Quellen oder nicht – langfristig bestehen werden und diese Emissionen auch ohne Weiterverarbeitung in efuels anfallen würden. Auch wird darauf hingewiesen, dass im Industriesektor zum Teil unvermeidbare Prozessemissionen (z. B. Zementherstellung) auftreten, die auch in den Klimaschutzszenarien langfristig anfallen. Aus regulatorischer Sicht wird auch der EU-ETS genannt, durch den sichergestellt ist, dass die Treibhausgasemissionen im Energiesystem und im Industriesektor auf das benötigte Niveau fallen.

Für die entgegengesetzte Einschätzung wird argumentiert, dass kein erneuerbarer Kraftstoff entsteht und der Treibhausgasminderungsanspruch nicht eingehalten wird, wenn fossile Quellen herangezogen werden. Zudem wird darauf verwiesen, dass kein System existiert, mit dem sichergestellt werden kann, dass sich die Dekarbonisierung des Energiesystems und der Industrie insgesamt nicht verlangsamt. Eine Lock-In Situation für die Nutzung von fossilem Kohlenstoff als Rohstoff für die Kraftstoffproduktion wird ebenfalls als mögliche Auswirkung gesehen. Auch wird angemerkt, dass CO₂-Emissionen einen ökonomischen Wert als Rohstoff erhalten würden, und somit – gerade wenn starke Marktanreize gesetzt werden (siehe Abschnitt 2.3) – die Wirksamkeit des EU-ETS auf die Produzenten großer Mengen an CO₂ reduziert werden würde.

Von unterschiedlichen Akteuren wird bei der potenziellen Nutzung von fossilem CO₂ auch auf die große Bedeutung der Kommunikation für die gesellschaftliche Akzeptanz hingewiesen. Einerseits wird die Kommunikation für einen nachhaltigen, erneuerbaren Kraftstoff als problematisch eingeschätzt, wenn fossile Kohlenstoffquellen – vor allem wenn sie aus Kohlekraftwerken oder anderen als wenig umweltfreundlich wahrgenommen Prozessen stammen – für die Herstellung genutzt werden. Auf der anderen Seite wird es als „schwierig“ empfunden, wenn konzentrierte Kohlenstoffquellen mit ökonomischen Vorteilen zur Verfügung stehen, aus Nachhaltigkeitsgründen aber nur die teurere CO₂-Nutzung aus der Luft eingesetzt werden kann.

Nachhaltige Land- und Wassernutzung für die efuel-Produktion

Einig sind sich die Stakeholder darin, dass die efuel-Produktion aufgrund der notwendigen erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten sowie gegebenenfalls für die Kohlenstoffabtrennung aus der

Luft einen hohen Flächenbedarf besitzt¹⁹. Aus diesem Grund sehen annähernd alle Stakeholder Nachhaltigkeitskriterien für die Flächennutzung als sinnvoll und notwendig an. Übereinstimmend – ohne konkrete Kriterien zu nennen – werden **Nutzungskriterien** gefordert, die **schützenswerte Flächen(typen)** benennen, die in ähnlicher Weise wie bei den Biokraftstoffen im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie definiert werden.

Unterschiedlicher ist die Sichtweise auf **mögliche indirekte Effekte auf die Dekarbonisierung des Energiesystems im jeweiligen Produktionsland** und mögliche negative Effekte auf die Kosten der Stromerzeugung vor Ort. Während vor allem die Umweltverbände und der Think Tank Agora Verkehrswende (Agora Verkehrswende und Agora Energiewende 2018) betonen, dass die Dekarbonisierung der Produktionsländer Priorität vor der efuel-Produktion besitzt und Bestandorte für die erneuerbare Stromerzeugung nicht nur für die exportorientierte Kraftstoffproduktion eingesetzt werden dürfen, sehen einige Akteure aus der Industrie diese Befürchtungen nicht. Zudem verweist ein Akteur darauf, dass zu dieser Thematik weitere Forschung benötigt wird, um eine Aussage treffen zu können.

Da für die Wasserstoffherstellung in der Elektrolyse reines Wasser benötigt wird, sind sich die untersuchten und befragten Akteure weitestgehend einig, dass Nachhaltigkeitskriterien definiert werden müssen, um die **Wasserverfügbarkeit** am jeweiligen Produktionsstandort nicht zu verschlechtern. Wenige Stakeholder weisen darauf hin, dass sie die benötigte absolute Menge an Wasser selbst bei ambitionierter Marktentwicklung eher als gering ansehen, und daher zwar lokale Problematiken auftreten können, regionale Effekte aber eher unwahrscheinlich sind (siehe auch Transport & Environment 2017). Zwei Stakeholder mit unterschiedlichem Hintergrund sehen dieses Thema als einen entscheidenden Faktor für die gesellschaftliche Akzeptanz, um ähnliche Diskussionen wie die Tank-Teller-Problematik bei den Biokraftstoffen und die daraus resultierende, potenziell geringe Akzeptanz zu vermeiden.

Frühzeitiges Recyclingkonzept für die efuel-Produktion

Eine von sehr wenigen Stakeholdern angesprochenen Thematik ist die **Rohstoffverfügbarkeit selten vorkommender Metalle** aus der Platingruppe, welche vor allem als Katalysatoren in der PEM-Elektrolyse benötigt werden. Aufgrund des begrenzten Vorkommens dieser Metalle sehen diese Stakeholder die frühzeitige Einführung von **Recyclingkonzepten** als zielführend an, um eine ausreichende Rohstoffversorgung zu gewährleisten.

Einbindung der efuel-Produktion in Entwicklungsprogramme

Über alle Akteursgruppen hinweg besteht Einigkeit, dass **soziale Kriterien** gerade bei der Produktion in weniger stark entwickelten Ländern eine **hohe Bedeutung** besitzen. Genaue Kriterien und Nachweismöglichkeiten werden von den Stakeholdern nicht genannt. Es wird aber in unterschiedlicher Differenzierung gefordert, dass keine negativen Effekte auf die Situation der Bevölkerung in den Exportregionen auftreten dürfen bis zu der Forderung, dass positive „Co-Benefits“ wie ein verbesserter Zugang zu Wasser und Strom für die Bevölkerung gewährleistet werden müssen. Einige Stakeholder sehen daher in efuels nicht nur das Risiko schlechterer Bedingungen für die lokale Bevölkerung in möglichen Exportländern, sondern auch Chancen für bessere Lebensbedingungen und eine Steigerung der lokalen Wertschöpfung. In diesem Sinne empfehlen einige Akteure die Einbindung in Entwicklungsprogramme der Bundesregierung (siehe auch efuel-Roadmap in Abschnitt 2.3).

¹⁹ Im Vergleich zu den Biokraftstoffen ist die benötigte spezifische Fläche je Energieeinheit produzierten Kraftstoffs allerdings klein (z. B. UBA (2016b)).

3. Schlussfolgerung und Zusammenfassung

Seit einigen Jahren hat die Diskussion zur Rolle von efuels für den Klimaschutz und die zukünftige Entwicklung des Verkehrssektors an Fahrt aufgenommen. Wie an den vorhandenen Positionspapieren deutlich wird, ist diese Diskussion bisher stark von der Automobilwirtschaft und den Kraftstoffherstellern geprägt. Andere zivilgesellschaftliche Akteure mit Umwelt- und Klimaschutzbezug, Verbraucherverbände sowie Think Tanks (in Studien unabhängig von Industrieaufträgen) haben sich erst in geringer Zahl kürzlich oder noch überhaupt nicht in Form von Positionspapieren spezifisch zu diesem Thema geäußert. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass die Meinungsbildung zur zukünftigen Rolle und notwendigen Rahmenbedingungen für die Produktion von efuels über die Gesamtheit der gesellschaftlichen Akteure noch am Anfang steht. Dennoch zeigt sich beim derzeitigen Stand der Diskussion zur Nutzung von efuels im Verkehrssektor, dass stark unterschiedliche Meinungen zur kurz- und langfristigen Bedeutung der efuels, sinnvollen Marktanreizen und der Nachhaltigkeitsbewertung verschiedener Rohstoff- und Energiequellen zwischen einer Vielzahl der Industrieakteure sowie den Umweltschutzverbänden und weiteren Akteuren bestehen.

Bedeutung der efuels für den Klimaschutz im Verkehr

Übereinstimmung unter den Akteuren ist darin gegeben, dass efuels bei einem Klimaschutzanspruch, der den Anforderungen des Pariser Abkommens entspricht, im Verkehrssektor benötigt werden, da bis auf Nischenanwendungen im Luft- und im Seeverkehr aufgrund der benötigten hohen Energiedichte der Energieträger bzw. der fehlenden Möglichkeit der Stromnetzanbindung keine direkt-elektrische Technologieoption zur Verfügung stehen wird.

Umstrittener unter den Akteuren ist jedoch die zukünftige Rolle der efuels im Straßenverkehr. Während die Umweltverbände und auch der Think Tank Agora Verkehrswende im Straßenverkehr elektrische Antriebsoptionen im Zusammenspiel mit der Verkehrsverlagerung und –vermeidung für den Klimaschutz stark präferieren, betonen verschiedene Industrieakteure mögliche Bereiche des Straßenverkehrs (z. B. Güterverkehr, Hybridantriebe im Pkw-Verkehr), in denen efuels aus ihrer Sicht eine entscheidende Rolle für den Klimaschutz im Verkehr einnehmen werden. Entsprechend dieser Akteursgruppen und Meinungen unterscheidet sich auch die Einschätzung hinsichtlich der Bedeutung der efuels für den Klimaschutz bis zum Jahr 2030: Auf der einen Seite wird die Transformation hin zu einer direkt-elektrischen Mobilität als zentral für den Klimaschutz und der Zeitraum bis 2030 vor allem als Phase der Marktvorbereitung für die efuels angesehen. Dem entgegen steht die Einschätzung einiger Industrieakteure, dass efuels im Jahr 2030 über den Straßenverkehr eine relevante Rolle für den Klimaschutz einnehmen werden.

Aufbau von Produktionskapazitäten für efuels

Für die Bildung von Produktionskapazitäten für efuels besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass für den Aufbau großindustrieller Anlagen eine stufenweise Skalierung der Technologie sinnvoll ist: Der Aufbau von Demonstrationsanlagen (siehe derzeit laufende Reallaboraausschreibungen) und erster kommerzieller Anlagen mittlerer Größe (jährliche Produktionskapazität von ~1 TWh/a) in Deutschland und europäischen Vorzugsstandorten erscheint aus Sicht der Akteure neben der Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff in Raffinerien plausibel für den Prozess der Technologieskalierung. Erste großindustrielle Produktionskapazitäten in der Größenordnung von ~10 TWh/a – ob in Deutschland oder im Ausland – sind nach Einschätzung der Industrie unter idealen Rahmenbedingungen und idealem Verlauf der Skalierung der Technologie bis zum Jahr 2030 möglich.

Wegen der besseren Produktionsbedingungen im europäischen und außereuropäischen Ausland (Vorzugsregionen für erneuerbare Stromproduktion, größere Flächenverfügbarkeit, geringere Akzeptanzbeschränkung für den Ausbau der erneuerbaren Energien) wird von den Stakeholdern erwartet, dass bei einem Anstieg der Nachfrage nach den ersten Skalierungsschritten eine Produktion vor allem außerhalb Deutschlands stattfindet. Die Meinung dazu, wann ein Schritt zur Produktion an Vorzugsstandorten außerhalb Europas erreicht werden kann, ist unter den Stakeholdern nicht eindeutig: Einige Stakeholder betonen das hohe Investitionsrisiko und die dadurch entstehenden hohen Finanzierungskosten an einigen außereuropäischen Standorten, während andere Stakeholder die Kostenvorteile der geringen Gestehungskosten für erneuerbaren Strom an Vorzugsstandorten stärker bewerten und daher den Schritt in das außereuropäische Ausland zu einem frühen Zeitpunkt (um das Jahr 2030) als realistisch einschätzen.

Hinsichtlich der Bedeutung dezentraler efuel-Produktionsanlagen in Deutschland ergibt sich eine ähnlich Spaltung unter den Akteuren wie bei der Frage nach der Bedeutung der efuels als Klimaschutzoption im Straßenverkehr. Einig sind sich die meisten Akteure, dass Elektrolyseure und dementsprechend alle efuel-Produktionsanlagen „systemdienlich“ betrieben werden sollen, um den Bedürfnissen eines stark erneuerbar geprägten Energiesystems gerecht zu werden. Einige Akteure aus der Industrie sehen in dezentralen Anlagen ein Potenzial, auch kurzfristig efuels im relevanten Maßstab produzieren zu können. Die Umweltverbände und weitere Akteure verweisen darauf, dass für solche Anlagen, wenn sie „systemdienlich“ betrieben werden, aufgrund der geringen Auslastung der Anlage sehr hohe Gestehungskosten für efuels anfallen. Auch wird darauf hingewiesen, dass bisher noch kein geeignetes System existiert, um die Systemdienlichkeit solcher Anlagen nachzuweisen.

Notwendige Rahmenbedingungen für die Produktion von und die Nachfrage nach efuels im Verkehr

Solange efuels das Nutzenversprechen für eine nachhaltige Mobilität erfüllen, schätzen die Stakeholder die Akzeptanz und das Potenzial für eine Nachfrage nach efuels aufgrund der Drop-In-Fähigkeit der Kraftstoffe als grundsätzlich hoch ein. Die hohen Kosten der Kraftstoffherzeugung werden als das zentrale Hemmnis für eine Nachfrage nach efuels im Verkehrssektor gesehen. Außerhalb spezifischer Nischen (z. B. Kreuzfahrtschiffe, umweltbewusste Geschäftsreisende im Flugverkehr) werden ohne eine Politikintervention keine Nachfrage und somit auch kein Aufbau von Produktionskapazitäten erwartet.

Entsprechend der erwarteten Bedeutung für den Klimaschutz bis zum Jahr 2030 fordern vor allem die Industrieakteure politisch gesetzte Anreize für die Produktion und Nutzung von efuels im Verkehrssektor. Die entgegengesetzte Position nehmen wiederum die Umweltverbände und einige weitere Akteure ein, die mit dem Verweis auf die Markteinführung der Biokraftstoffe zunächst die Maßnahmen zur Sicherstellung der nachhaltigen Produktion von efuels fordern, bevor starke Förderanreize für efuels gegeben werden. Die Entwicklung von langfristig geltenden Nachhaltigkeitskriterien und –nachweissystemen wird jedoch von allen Stakeholdern als ein zentrales Element der Rahmenbedingungen gesehen, da erst dadurch – neben der Sicherstellung der Nachhaltigkeitwirkung – die Anforderungen an die Produktion von efuels feststehen und diese das Risiko für Fehlinvestitionen verringern.

Unterschiedliche Einschätzungen unter den Stakeholdern existieren hinsichtlich möglicher Anreizinstrumente. Weitestgehend einheitlich mit wenigen Ausnahmen ist die Meinung in Bezug auf die im Jahr 2018 beschlossene Erneuerbare-Energien-Richtlinie II. Da keine spezifische Mindestquote für efuels vorgesehen ist und kostengünstigere Optionen zur Zielerreichung existieren, entsteht – wenn überhaupt – ein geringer Anreiz für die Produktion und Nutzung von efuels im Verkehrssektor.

tor. Uneinigkeit unter den Akteuren besteht darin, ob eine Quotenregelung auch bei veränderter Ausgestaltung an sich ein geeignetes Instrument für die Markteinführung von efuels ist, da einige Akteure die fehlende Sicherheit für eine langfristige Abnahme an efuels gerade für die ersten Produktionsanlagen bemängeln.

Daher werden von diesen Akteuren mengen- und gegebenenfalls auch zeitlich beschränkte Ausschreibungsverfahren in Verbindung mit einem langfristig garantierten Abnahmepreis des produzierten Kraftstoffs gefordert. Während sich viele Akteure nicht zu einem solchen Anreizsystem äußern, verweisen einige der Stakeholder auf die potenziell niedrige Kosteneffizienz einer solchen Förderung der efuel-Produktion.

Unterschiedliche Meinungen zwischen einem Großteil der Industrieakteure und den Umweltverbänden inklusiver einiger weiterer Stakeholder existieren hinsichtlich der Integration von efuels in die CO₂-Emissionsstandards für Pkw und für Lkw: Während die eine Akteursgruppe die Verrechnung mit Effizienzsteigerungen in den Fahrzeugen und der möglichen Transformation zu elektrischen Antrieben als nicht zielführend für den Klimaschutz einschätzt, betont die andere Akteursgruppe diesen Ansatz, um die Klimaschutzziele zu erreichen.

Die Lenkungswirkung durch eine CO₂-Bepreisung wird von annähernd allen Stakeholdern als sinnvoll nicht nur für die Nachfragesteigerung nach efuels angesehen. Eine Anpassung des Abgabenrahmens für den systemdienlichen Betrieb von Elektrolyseuren im Stromsektor wird ebenfalls von den meisten Stakeholdern gefordert, wobei einige Akteure auch darauf hinweisen, dass für den derzeitigen Stand des Energiesystems andere Technologien besser für Systemdienstleistungen geeignet sind.

Hinsichtlich der Allokation der efuels fordern vor allem die Umweltverbände und der Think Tank Agora Verkehrswende die Nutzung der efuels von Produktionsbeginn im Luft- und Seeverkehr. Aus Sicht der Stakeholder sind dazu spezifische Instrumente (z. B. Quotensysteme) für den jeweiligen Sektor auf internationaler Ebene sinnvoll. Da die Einführung dieser Instrumente auf ICAO- und IMO-Ebene von vielen Stakeholdern als ein sehr langwieriger bzw. auch als wenig vielversprechender Prozess eingeschätzt wird, empfehlen einige Stakeholder dennoch spezifische Instrumente auf nationaler, bilateraler oder EU-weiter Ebene.

Nachhaltigkeitsanforderungen an die Produktion von efuels

Für die Sicherstellung der nachhaltigen Produktion der efuels, aber auch für die langfristige Investitionssicherheit sind aus Sicht der Stakeholder Nachhaltigkeitskriterien notwendig. Diese sollen neben ökologischen Kriterien auch mögliche soziale Aspekte hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit, genutzter Flächen und der lokalen Wertschöpfung umfassen. Entsprechend empfehlen viele der Stakeholder die Einbindung in die Entwicklungshilfe, sobald die Produktion an entsprechenden Standorten im Ausland stattfinden soll. Auch wird in den Einschätzungen der Stakeholder deutlich, dass systemische und potenziell indirekte Wirkungen bei der Entwicklung der Nachhaltigkeitskriterien bedacht werden müssen (Verweis unter anderem auf die Diskussion der indirekten Landnutzungsänderungen bei den Biokraftstoffen).

Einigkeit unter den Stakeholdern besteht in der Forderung, dass erneuerbarer Strom für die Herstellung der efuels benutzt werden muss; die Forderung nach der Zusätzlichkeit der erneuerbaren Stromerzeugung wird dagegen vor allem von den Umweltverbänden und einigen Think Tanks gefordert. Dementsprechend unterschiedlich sind die Meinungen der Stakeholder dazu, ob Herkunftsnachweise für die erneuerbare Stromerzeugung als Nachweis für die erneuerbare Stromerzeugung genutzt werden können. Während einige Industrieakteure dies für gerechtfertigt halten, sehen andere Akteure die Notwendigkeit, ein geeignetes Nachweissystem zu entwickeln.

Mit wenigen Ausnahmen besteht Einigkeit darüber, dass die Bereitstellung von CO₂ aus der Luft und aus biogenen Quellen als nachhaltig gelten kann, solange die eingesetzte Energie und die Biomassequelle Nachhaltigkeitsansprüchen genügen. Stark unterschiedliche Meinungen existieren jedoch für die Verwendung von CO₂ aus fossilen Punktquellen, die wegen der hohen CO₂-Konzentration ökonomische Vorteile besitzen.

Befürworter der Nutzung fossiler CO₂-Quellen (vor allem Akteure mit Industrieb Hintergrund) verweisen darauf, dass fossile CO₂-Quellen trotz der geforderten Treibhausgasreduzierung durch den EU-ETS sowie durch nicht vermeidbare Emissionen einiger Industrieprozesse mittel- bis langfristig anfallen werden. Die entgegengesetzte Meinung nehmen die Akteure um die Umweltverbände ein: Sie verweisen einerseits darauf, dass – sobald CO₂ als Rohstoff eingesetzt wird und einen ökonomischen Wert besitzt – der EU-ETS die Treibhausgasreduzierung nicht sicherstellt. Andererseits werden zur Erreichung der Klimaschutzziele negative Emissionen benötigt, wofür sich aus Sicht eines Teils dieser Akteure die konzentrierten CO₂-Mengen aus fossilen Punktquellen sehr gut eignen. Um einen Lock-In für die langfristige Nutzung von und Geschäftsmodelle auf Basis des fossilen CO₂ zu vermeiden, sehen diese Akteure fossiles CO₂ als keine geeignete CO₂-Quelle für die e-fuel-Produktion.

4. Anhang

Folgende Dokumente wurden für die Analyse der Einschätzungen gesichtet.

- aireg (Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V.): Webpräsenz <http://aireg.de/>
- Agora Verkehrswende und Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe
- BDEW (2017): Klimaschutz im Verkehrssektor – Beitrag der Energiewirtschaft
- BDI (2017): Synthetische Kraftstoffe – Rahmenbedingungen für Forschung und Markteinführung
- BDI (2018): e-fuels – jetzt handeln und Chancen nutzen. Positionspapier der deutschen Industrie zum Aufbau von Rahmenbedingungen für die e-fuels-Technologien
- BDL (2017): Klimaschutz im Luftverkehr
- BEE (2016): Kursbuch Energiewende – Ein Leitbild für 100 Prozent Erneuerbare Energie in Wärme, Strom und Mobilität
- BEE (o.J.): Erneuerbare Energie im Mobilitätssektor- Klare Signale für den Klimaschutz
- The Boston Consulting Group und Prognos AG (2018): Klimapfade für Deutschland; im Auftrag des BDI
- The Boston Consulting Group und Prognos AG (2019): Analyse Klimapfade im Verkehr 2030; im Auftrag des BDI
- Cerulogy (2017): What role for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?
- DECHEMA und VDI-GVC (2017): Fortschrittliche alternative flüssige Brenn- und Kraftstoffe: Für Klimaschutz im globalen Rohstoffwandel. Positionspapier des ProcessNet-Arbeitsausschusses „Alternative flüssige und gasförmige Kraft- und Brennstoffe“
- DECHEMA (2017): E-Fuels- Mehr als eine Option
- dena (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende. Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050
- dena (2017): E-Fuels Study. The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU. An expertise by LBST and dena; im Auftrag des VDA
- MEW (2017): Pressemitteilung: Synthetische Kraftstoffe aus Grünstrom sind klimafreundliche Alternative zur Vollelektrifizierung
- MEW (2018): Diskussionspapier „Die Rolle von Mineralöl als Energiespeicher in der Energiewende-Debatte“
- MWV und FuelsEurope (2018): Vision 2050 – Weiterentwicklung von raffinierten und flüssigen Energieträgern
- MWV (2019): Klimaschutz im Verkehr – Handlungsbedarf zur Zielerreichung aus Sicht der deutschen und europäischen Mineralölindustrie
- MWV (2018): Jahresbericht 2018 – Vision 2050. Flüssige Kraftstoffe bewegen Deutschland – auch 2050.

- Power-to-X-Allianz (2017): Eckpunktepapier für ein Markteinführungsprogramm von Power-to-X-Technologien. Vorschlag für ein Innovations-Förderprogramm mit Fokus auf PtX-Anwendungen im Mobilitätssektor
- Prognos AG; Fraunhofer Institut UMSICHT und DBFZ (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende; im Auftrag von Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV), Institut für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO), MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e. V.
- Transport & Environment (2017): Electrofuels – what role in EU transport decarbonisation?
- Transport & Environment (2018): Roadmap to decarbonising European aviation
- UBA (2016a): Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess
- UBA (2016b): Power-to-Liquids, Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel
- UBA (2017): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050
- UBA (2019): Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten
- VDA (2017): Mehr Klimaschutz durch eine bessere und umfassendere CO₂-Regulierung. Position zur CO₂-Regulierung Pkw post 2020.
- VDR (2013): Clean Power for Transport – LNG, Landstrom und Biokraftstoffe
- VDR(2016): Verflüssigtes Erdgas (LNG) – Saubere Energie für die Schifffahrt
- VIK (2017): Unsere gemeinsame Jahrhundertaufgabe: Dekarbonisierung von Industrie und Gesellschaft- Ein Diskussionspapier des VIK
- WWF Deutschland, BUND, Germanwatch e.V., NABU und VCD (2014): Eckpunktepapier für ein Markteinführungsprogramm von Power-to-x-Technologien
- WWF Deutschland (2018): Wie klimaneutral ist CO₂ als Rohstoff wirklich? WWF Position zu Carbon Capture and Utilization (CCU)

Literaturverzeichnis

- Agora Verkehrswende; Agora Energiewende (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe:., Schlussfolgerungen aus Sicht von Agora Verkehrswende und Agora Energiewende. Berlin, 2018.
- BDEW - Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018). Klimaschutz im Verkehrssektor – Beitrag der Energiewirtschaft. Berlin, 2018.
- BDI - Bundesverband der deutschen Industrie (Hg.) (2018a). e-fuels – jetzt handeln und Chancen nutzen, Positionspapier der deutschen Industrie zum Aufbau von Rahmenbedingungen für die e-fuels-Technologien, 2018.
- BDI - Bundesverband der deutschen Industrie (Hg.) (2018b): Gerbert, P.; Herhold, P.; Buchardt, J.; Schönberger, S.; Rechenmacher, F.; Krichner, A.; Kemmler, A.; Wünsch, M. Klimapfade für Deutschland. The Boston Consulting Group; Prognos. Berlin, Basel, Hamburg, München, 2018.
- BDL - Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e. V. (2017). Klimaschutz im Luftverkehr. Berlin, 2017.
- BEE - Bundesverband Erneuerbare Energie e. V. (Hg.) (2016). Kursbuch Energiewende - Ein Leitbild für 100 % Erneuerbare Energien in Wärme, Strom und Mobilität. Berlin, 2016.
- DECHEMA - Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V. (Hg.) (2017): Wagemann, K.; Ausfelder, F. E-Fuels - Mehr als eine Option. Frankfurt am Main, 2017.
- dena - Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hg.) (2017): Siegemund, S.; Trommler, M.; Kolb, O.; Zinnecker, V.; Schmidt, P.; Weindorf, W.; Zittel, W.; Raksha, T.; Zerhusen, J. E-Fuels Study: The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU, An expertise by LBST and dena. Deutsche Energie-Agentur GmbH; Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Berlin, 2017.
- dena - Deutsche Energie-Agentur GmbH (Hg.) (2018): Bründlinger, T.; König, J. E.; Frank, O.; Gründig, D.; Jugel, C.; Kraft, P.; Krieger, O.; Mischinger, S.; Prein, P. dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena), Teil B: Gutachterbericht (ewi Energy Research & Scenarios gGmbH). Berlin, 2018.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (Hg.) (2018): Rogelj, J.; Shindell, D.; Jiang, K. Mitigation Pathways Compatible with 1.5°C in the Context of Sustainable Development Global Warming of 1,5°C, Chapter 2 of Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global to the threat of climate change. sustainable development, and efforts to eradicate poverty, 2018.
- MWV - Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2019): Küchen, C. Klimaschutz im Verkehr – Handlungsbedarf zur Zielerreichung aus Sicht der deutschen und europäischen Mineralölindustrie. 16. Internationaler Fachkongress für erneuerbare Mobilität, 2019.
- MWV - Mineralölwirtschaftsverband e.V. (Hg.) (2018). Jahresbericht 2018, Vision 2050. Flüssige Kraftstoffe bewegen Deutschland- auch 2050. Berlin, 2018.
- Öko-Institut (2017): Timpe, C.; Seebach, D.; Bracker, J.; Kasten, P. Improving the accounting of renewable electricity in transport within the new EU Renewable Energy Directive, Policy paper for Transport & Environment, 2017.
- ProcessNet (Hg.) (2017): DECHEMA; VDI-GVC. Fortschrittliche alternative flüssige Brenn- und Kraftstoffe: Für Klimaschutz im globalen Rohstoffwandel, Positionspapier des ProcessNet-Arbeitsausschusses „Alternative flüssige und gasförmige Kraft- und Brennstoffe“. Gesellschaft

- für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.; VDI-Gesellschaft Verfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen. Frankfurt am Main, 2017.
- Prognos AG; UMSICHT - Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik; DBFZ - Deutsches Biomasseforschungszentrum (Hg.) (2018): Hobohm, J.; Maur, A. auf der; Dambeck, H.; Kemmler, A.; Koziel, S.; Kreidelmeyer, S.; Piégsa, A.; Wendring, P.; Meyer, B.; Apfelbacher, A.; Dotzauer, M.; Zech, K. Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende, Endbericht. Berlin, 2018.
- PtX-Allianz (Hg.) (2017): aireg - Aviation Initiative for Renewable Energy in Germany e.V.; AUDI AG; DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches; DWV - Deutscher Wasserstoff-Brennstoffzellen Verband e.V.; ONTRAS Gastransport GmbH; Uniper Energy Storage GmbH. Eckpunktepapier für ein Markteinführungsprogramm von Power-to-X-Technologien, Vorschlag für ein Innovations-Förderprogramm mit Fokus auf PtX-Anwendungen im Mobilitätssektor, 2017.
- The Boston Consulting Group; Prognos (2019): Analyse Klimapfade Verkehr 2030, 2019.
- Transport & Environment (2017). Electrofuels – what role in EU transport decarbonisation?, 2017.
- UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2016a): Purr, K.; Osiek, D.; Lange, M.; Adlunger, K. Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess, 2016.
- UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2016b): Schmidt, P.; Weindorf, W.; Roth, A.; Batteiger, V.; Riegel, F. Power-to-Liquids, Potentials and Perspectives for the Future Supply of Renewable Aviation Fuel. Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH; Bauhaus Luftfahrt e.V. Dessau-Roßlau, 2016. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/publikationen/161005_uba_hintergrund_ptl_barrierefrei.pdf_ptl_barrierefrei.pdf, zuletzt geprüft am 21.10.2018.
- UBA - Umweltbundesamt (Hg.) (2019): Günther, J.; Lehmann, H.; Lorenz, U.; Purr, K. Den Weg zu einem treibhausgasneutralen Deutschland ressourcenschonend gestalten, 2019.
- VDA - Verband der Automobilindustrie (2017). Mehr Klimaschutz durch eine bessere und umfassendere CO₂-Regulierung, Position zur CO₂-Regulierung Pkw post 2020. Berlin, 2017.
- VDR - Verband Deutscher Reeder (2016). Verflüssigtes Erdgas (LNG) – Saubere Energie für die Schifffahrt, 2016.
- WWF - World Wide Fund for Nature; BUND - Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland; Germanwatch e.V.; NABU - Naturschutzbund Deutschland; VCD - Verkehrsclub Deutschland (Hg.) (2014): Erhard, J.; Reh, W.; Treber, M.; Oeliger, D.; Rieger, D.; Müller-Görnert, M. Klimafreundlicher Verkehr in Deutschland, Weichenstellungen bis 2050. Öko-Institut e.V., 2014.
- WWF Deutschland (Hg.) (2018). Wie klimaneutral ist CO₂ als Rohstoff wirklich?, WWF Position zu Carbon Capture and Utilization (CCU). Berlin, 2018.