



Februar 2021

Gesellschaftliche Implikationen von regenerativen Kraftstoffen im Expertendiskurs

Dirk Scheer, Lisa Schmieder, Julian Pfeiffer
Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS)

Kontakt

Dirk Scheer

Email: dirk.scheer@kit.edu

Tel. 0721-608 22994

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

KIT – Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft



Inhalt

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Einleitung | 4 |
| 2 | Methodik | 4 |
| 2.1 | Die Delphi-Methode | 4 |
| 2.2 | Ablauf und Auswertung des Gruppendelphi-Workshops..... | 6 |
| 3 | Ergebnisse | 7 |
| 3.1 | Zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende..... | 7 |
| 3.2 | Regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe | 9 |
| 3.3 | Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen..... | 12 |
| 3.4 | Politische Rahmensetzung..... | 15 |
| 3.5 | Verständnis einer nachhaltigen Verkehrswende | 17 |
| 4 | Schlussfolgerungen | 17 |
| 5 | Literatur | 18 |
| 6 | Annex I: Fragebogen | 20 |



Tabellenverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Übersicht der im Workshop vertretenen Institutionen..... | 6 |
| Tabelle 2: Ergebnisse zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen und nachhaltige Verkehrswende (Frage 1)..... | 8 |
| Tabelle 3: Ergebnisse über regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe (Frage 2) | 10 |
| Tabelle 4: Ergebnisse über Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen (Frage 3) | 13 |
| Tabelle 5: Ergebnisse über politische Rahmensetzung (Frage 4) | 15 |

1 Einleitung

Die Transformation des Energie- und Verkehrssystems in Richtung Klimaschutz ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe, bei der Politik, Wirtschaft und Gesellschaft Beiträge zu leisten haben. Dabei gibt es über die Ausgestaltung der Transformation sowie über Erfolg versprechende und zielführende Transformationspfade zwischen den Beteiligten teilweise sehr unterschiedliche Einschätzungen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die reFuels Kraftstoffroute als Erfolg versprechender Teil einer Transformation von verschiedenen Gruppen sehr unterschiedlich eingeschätzt wird. Umso wichtiger ist es deshalb, vorab zu erforschen, welche Maßnahmen in welcher Kombination bei Stakeholdergruppen auf Zustimmung oder Ablehnung stoßen und welche Begründungen dahinterstehen. Nur so können drohende Akzeptanzkonflikte frühzeitig erkannt und entsprechende planerische, gestalterische, partizipative oder kommunikative Maßnahmen ergriffen werden.

Auch wenn mit Blick auf Klimaschutz grundlegend Einigkeit über die Zielrichtung der Energiewende zwischen den unterschiedlichen Stakeholdern besteht, so setzen die Akteure in ihrer Positionierung in einigen Bereichen eigene (und teils gegenläufige) Akzente. Dies trifft insbesondere auf die in großen Teilen noch zu vollziehende „Verkehrswende“ und damit auch auf reFuels-Kraftstoffrouten zu. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel des Arbeitspakets „reFuels und Zivilgesellschaft“ mittels einer Dokumenten-basierten Positionsanalyse die Vielfalt der Stakeholder-Perspektiven zu synthetischen Kraftstoffen systematisch zu erfassen, um damit ein möglichst breites Spektrum an (kontroversen) Positionen zu und Bewertungen von Kraftstoffrouten abzubilden. Diese *desk-research* basierte Analyse wurde als Arbeitspapier fertiggestellt (Scheer et al. 2020). In einem zweiten Schritt wurden die Erkenntnisse der Positionsanalyse empirisch validiert. Dazu wurde ein sogenannter Gruppendelphi-Workshop, Pandemie-bedingt virtuell, mit Vertretern von Verbänden aus der Wirtschaft, Umwelt und Zivilgesellschaft durchgeführt. Ziel des Workshops war es, über das Gruppendelphi-Format konsensuale und dissente Positionen zwischen den teilnehmenden Verbänden und Organisationen zu erheben und sichtbar zu machen. Die Ergebnisse des Workshops werden in diesem Bericht zusammengefasst. Die reFuels-Arbeiten zur Positionsanalyse schließen damit an den vorliegenden Forschungsstand zu Potentialen von synthetischen Kraftstoffen sowie Einstellungen und Positionen von gesellschaftlichen Gruppen an (z.B. WD 2018; Kasten & Kühnel 2019; NPM-AG2 2019) und ergänzen die bereits fertiggestellten Arbeitspapiere (Scheer et al. 2020, Schmieder & Scheer 2020).

Der vorliegende Bericht ist folgendermaßen organisiert. Zunächst werden in *Kapitel 2* die Methode des Gruppendelphis sowie die konkrete Durchführung erläutert. *Kapitel 3* stellt dann die einzelnen Ergebnisse der Positionsanalyse aus dem Gruppendelphi-Workshop vor. Abschließend werden in *Kapitel 4* aus vergleichender Perspektive die zentralen Ergebnisse zusammengefasst und Schlussfolgerungen gezogen.

2 Methodik

2.1 Die Delphi-Methode

Die **Delphi-Methode** ist ein weit verbreitetes Verfahren zur Generierung von Informationen über Themen, für die nur unsicheres oder unvollständiges Wissen verfügbar ist. Von der Delphi-Methode sind verschiedene Varianten vorhanden, die allerdings allesamt auf einem iterativen Prozess mit mindestens zwei Befragungsrunden aufbauen, wobei die Ergebnisse der vorherigen Runde den Expertinnen und Experten erneut zur Bewertung vorgelegt werden. Dieser Feedback-Prozess stellt sicher, dass die Teilnehmenden die Perspektiven der anderen Expertinnen und Experten zur Kenntnis nehmen und dadurch die Möglichkeit erhalten, ihre Erstbewertung zu überdenken. Zusammenfassend sind „the major elements of a conventional Delphi (...) iteration with feedback of responses into the successive round, assessment of group judgment, anonymity of participants to revise their views“ (Webler et al. 1991: 257). Ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt (Dalkey & Helmer 1963), werden Delphis nunmehr hauptsächlich als Prognoseinstrument bei Zukunftsstudien und

Technologiebewertungen eingesetzt (Häder & Häder 1995; Mintroff & Turoff 1975; Benarie 1988; Häder 2002; Meister & Oldenburg 2008).

Auch wenn die Delphi-Methode für verschiedene Zwecke und von verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert wird, lassen sich einige allgemeine Merkmale identifizieren (Cuhls & Blind 1999). Erstens wird von der Forschergruppe ein Fragebogen zu dem thematischen Schwerpunkt der Delphi-Studie erarbeitet. Üblicherweise umfasst dieser Fragen nach den erwarteten Konsequenzen einer Maßnahme oder einer Entscheidungsalternative, und Fragen danach, wie von den Expertinnen und Experten die individuelle Validität ihrer Antworten eingeschätzt wird. Zweitens wird der Fragebogen an die relevanten Expertinnen und Experten des entsprechenden Forschungsfeldes geschickt, die ihn anonym beantworten. Im nächsten, dritten Schritt wertet die Forschungsgruppe die Fragebögen mit Blick auf statistische Daten, wie Mittelwerte, Extremwerte oder Varianz, aus. Viertens werden dieselben Expertinnen und Experten noch einmal gebeten den Fragebogen auszufüllen, diesmal jedoch unter Berücksichtigung der Antworten, die im zweiten Schritt des Delphi-Prozesses gegeben worden sind. Dieses Vorgehen zielt auf eine Reduzierung von Varianz und die Erhöhung der individuellen Validität der Antworten ab. Diese Schritte werden solange wiederholt, wie die Experten ihre Bewertungen verändern. Idealerweise wird auf diese Weise ein Ergebnis erzeugt, bei dem sich Konsens und Dissens eindeutig abzeichnen. Neben den Vorteilen der Delphi-Methode zählt es zu den größten Nachteilen ihres klassischen Designs, dass keine Begründungen für abweichende Urteile erhoben werden, so dass diese wichtigen Informationen nicht zur Verfügung stehen (Hill & Fowles 1975).

In der Praxis werden verschiedene Versionen der Delphi-Methode angewendet. Die dabei implementierten Änderungen beziehen sich z.B. auf die Anzahl der Befragungsrunden, den Auswahlprozess der Expertinnen und Experten, die Gestaltung der Feedback-Schleifen oder die Selbsteinschätzung der Experten zur Validität ihrer Antworten (Häder 2002: 25; Cuhls & Blind 1999). Eine wesentliche methodische Alternative ist zudem das Gruppindelphi, das auf einer kollektiven Bewertung statt auf individuellen Einschätzungen beruht.

Das **Gruppindelphi** wurde in den 1990er Jahren als Modifikation des traditionellen Delphi-Verfahrens entwickelt (Schulz & Renn 2009; Renn & Kotte 1984; Webler et al. 1991; Renn & Webler 1998). Ziel war es, dieses methodisch so weiterzuentwickeln, dass die einer Expertenbewertung zugrundeliegenden Argumente eruiert werden können. Denn speziell bei Risikoproblemen und komplexen Sachverhalten repräsentieren solche Urteile und Auffassungen häufig verschiedene wissenschaftliche Denkschulen oder auch normative Positionen. Die wichtigste Modifikation im Vergleich zum konventionellen Delphi-Verfahren besteht in dem Umstand, dass die Expertinnen und Experten an einem ein- oder zweitägigen Workshop teilnehmen. Die Vorteile des Gruppenprozesses werden von Webler et al. (1991) wie folgt benannt: „First (...) there is direct and immediate feedback (...). Second, the justifications given for dissenting viewpoints also give secondary insights into which deviations are accepted by the panel. Third, these discussions provide an internal check for consistence in accepted viewpoints“ (Webler et al. 1991: 258). Die grundlegende Struktur dieser Delphi-Methode beruht damit nach wie vor auf einem integrativen Befragungsprozess, obwohl die Datengewinnung sich nicht mehr anonymen Fragebögen bedient, sondern im Kontext einer diskursiven Workshop-Agenda stattfindet. Dabei ist darauf zu achten, dass die ausgewählten Teilnehmenden die für das Thema des Gruppindelphis maßgeblichen Standpunkte repräsentieren. Die Zahl der eingeladenen Expertinnen und Experten soll sich in der Bandbreite von 12 bis 24 Personen bewegen, um drei bis vier parallele Kleingruppenbewertungen zu gewährleisten. In der sozialwissenschaftlichen Forschung liegen mittlerweile verschiedene Analysen auf Basis einer Gruppindelphi-Anwendung vor (z.B. Schulz & Renn 2009; Scheer & Renn 2014; Konrad & Scheer 2014; Scheer et al. 2015; Scheer et al. 2017; Niederberger & Renn 2018).



2.2 Ablauf und Auswertung des Gruppendelphi-Workshops

Zur Durchführung des Workshops wurde im Vorfeld ein **Fragebogen** entwickelt, der sechs Fragen mit insgesamt 23 Items zu verschiedenen Themengebieten umfasste (vgl. Anhang 1). Die Themengebiete deckten die nachfolgend aufgeführten inhaltlichen Dimensionen ab und thematisieren unterschiedliche Aspekte von synthetischen Kraftstoffen:

- Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende
- Regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe
- Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen
- Politische Rahmensetzung
- Verständnis einer nachhaltigen Verkehrswende
- Abschließende Bewertungen

Die im Fragebogen angesprochenen Themen wurden aus der *desk research* basierten Positionsanalyse abgeleitet (Scheer et al. 2020). Er umfasste geschlossene wie offen formulierte Fragestellungen. Bei geschlossenen Fragen wurde eine Likertskala (1 bis 7) sowie eine Rangfolgenskala verwendet.

Der **Workshop** fand am 15. Oktober 2020 als vollständig virtuelle Veranstaltung ganztags statt. Der Teilnehmerkreis bestand aus neun Expertinnen und Experten – kurzfristig hatten mehrere Institutionen terminbedingt absagen müssen. Folgende acht Institutionen aus Wirtschaft, Umwelt und Zivilgesellschaft (sowie ein Wissenschaftsinstitut) waren bei dem Workshop vertreten. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht jener Institutionen, die am Workshop teilgenommen haben.

Tabelle 1: Übersicht der im Workshop vertretenen Institutionen

| Wirtschaft |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Verband der Automobilindustrie (VDA) • Bundesverband eMobilität (BEM) • Lufthansa |
| Umwelt |
| <ul style="list-style-type: none"> • World Wide Fund For Nature (WWF) • Germanwatch |
| Gesellschaft |
| <ul style="list-style-type: none"> • Kirchlicher Dienst in der Arbeitswelt (KDA) • Verbraucherzentrale Bundesverband (vzbv) |
| Wissenschaft |
| <ul style="list-style-type: none"> • Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) |

Quelle: eigene Darstellung

Der **Ablauf des Gruppendelphi-Workshops** umfasste zunächst eine Einführung in das reFuels-Projekt, den Gruppendelphi-Fragebogen und die weitere Vorgehensweise. Daran anschließend wurden jeweils zwei Delphi-Runden bestehend aus parallelen Kleingruppen gefolgt von jeweils einer Plenumsdiskussion durchgeführt. Die erste Gruppendelphi-Runde startete mit der Aufteilung der Gesamtgruppe in drei zufällig zusammengesetzte Teilgruppen mit je zwei bis drei Mitgliedern. Jede Teilgruppe hatte die Aufgabe, alle Fragen des Fragebogens zu diskutieren und soweit möglich zu gemeinschaftlichen Bewertungen zu kommen. In den Fällen, in

denen dies nicht gelang, bestand die Möglichkeit, abweichende Bewertungen als Minderheitsvotum festzuhalten. In der moderierten Plenumsdiskussion waren die Teilnehmenden sodann aufgefordert, bei über die Gruppen hinweg dissidenten Bewertungen die zugrundeliegenden Begründungen und Argumente offen zu legen. Bewertungen, die über alle drei Gruppen konsensual getroffen worden sind, wurden im Plenum dagegen nicht thematisiert. Die zweite Gruppendelphi-Runde wiederholte im Wesentlichen die Vorgehensweise der ersten Runde, d.h. wiederum wurde die Gesamtgruppe zufällig auf Teilgruppen zur Beantwortung des Fragebogens verteilt, und im danach folgenden Plenum gebeten die dissidenten Bewertungen inhaltlich zu begründen. Das Hauptaugenmerk der zweiten Runde lag vor allem auf der Identifikation von Dissens- und Konsensverschiebungen. Im Kern ging es darum, zu beobachten, ob über den inhaltlich diskursiven Austausch dissidente Bewertungen ausgeräumt werden konnten und sich in der zweiten Runde zu einem konsensualen Urteil verschoben haben.

Die **Analyse des Gruppendelphi-Workshops** beruht auf der Auswertung von quantitativ und qualitativ erhobenen Daten während des Workshops. Erstere liegen in Form der insgesamt sechs Fragebögen vor, die von den je drei Teilgruppen in zwei Delphi-Runden ausgefüllt worden waren. Das qualitative Material besteht aus wörtlichen Transkripten der Audioaufzeichnungen der beiden Plenumsdiskussionen. Im nachfolgenden Ergebniskapitel werden für jede Frage zunächst die Fragebogenresultate mit Tabellen dargestellt, die Vergleiche zwischen den Resultaten der ersten und zweiten Runde ermöglichen. Diese Vergleiche basieren auf den Mittelwerten der von den drei Kleingruppen für die verschiedenen Items abgegebenen Voten sowie auf einem aus diesen Mittelwerten gebildeten Ranking. Außerdem enthalten die Tabellen Aussagen darüber, ob die Teilnehmenden zu einer dissidenten oder konsensualen Bewertung der Items gelangt sind. Im Anschluss an die quantitativen Resultate stehen die qualitativen Daten im Fokus. Hierbei werden aus den Plenumsäußerungen die zentralen Argumente und Begründungsmuster rekonstruiert, die von den Teilnehmenden speziell in Dissens-Situationen zur Erklärung ihrer Bewertungen angeführt wurden.

3 Ergebnisse

Im Folgenden wird die Auswertung der Gruppendelphi-Ergebnisse dargestellt. Die einzelnen Unterkapitel orientieren sich an den Fragebatterien im Fragebogen. Dabei werden tabellarisch die Ergebnisse zusammengefasst und textlich erläutert. Deutlich ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei der quantitativen Darstellung (z.B. die Kennzahlen-Rangfolge, arithmetisches Mittel) aufgrund der geringen Fallzahl nicht um statistisch aussagekräftige Kennzahlen handelt. Entsprechend sind die Darstellungen als Indikationen zu verstehen. Neben der quantitativen Darstellung werden insbesondere auf qualitativer Ebene die Begründungen und Argumente bei dissidenten Beurteilungen aufgeführt.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt über eine einheitliche Vorgehensweise. Zunächst wird die Fragebatterie inhaltlich kurz zusammengefasst. Bei geschlossenen, quantitativen Fragestellungen schließt sich daran eine Übersicht über die Rangfolge der einzelnen Items nach Zustimmung bzw. Ablehnung auf Basis des arithmetischen Mittels an. In einem weiteren Schritt wird dann die Verteilung der Konsens- und Dissensmuster dargestellt. Abschließend werden schließlich die inhaltlichen Begründungen und Argumente der dissidenten Bewertungen dargelegt. Bei offenen, qualitativen Fragestellungen wird die gesamte Bandbreite an von den Teilnehmenden genannten Inhalten aufgeführt.

3.1 Zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende

Die erste Fragestellung thematisierte verschiedene Aspekte zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende. Die zu bewertenden Aussagen umfassten die Notwendigkeit und Wichtigkeit sowie die zeitlich mittelbare Verfügbarkeit von reFuels. Auch wurde die Bedeutung von reFuels für einen ambitionierten Klimaschutz abgefragt. Schließlich standen Einschätzungen zur Zukunft des Verbrennungsmotors

und alternativen Antrieben im Mittelpunkt. Insgesamt standen fünf Aussagen zur Diskussion und Bewertung (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Ergebnisse zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen und nachhaltige Verkehrswende (Frage 1)

| Ranking DR 2 (DR 1) | Aussage | Mittelwert DR 2 / DR 1 | Konsensgrad DR 2 / DR 1 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| → 1. (1.) | Ohne regenerative Kraftstoffe wird eine ambitionierte Energiewende mit einer Reduktion von 95% CO ₂ bis 2050 nicht gelingen. | -- / 6,7 | -- / ◆ |
| → 2. (2.) | Regenerative Kraftstoffe sind ein notwendiger und wichtiger – wenn auch kontrovers diskutierter – Baustein für eine gelingende Verkehrswende. | -- / 5,7 | -- / ◆ |
| → 2. (2.) | Im motorisierten Verkehr wird es vor allem einen Wechsel zu alternativen Antrieben (Elektromobilität und Brennstoffzelle) geben. | -- / 5,7 | -- / ◆ |
| → 4. (4.) | Ein Verbrennungsmotor wird auch zukünftig (bspw. für die nächsten 20 Jahre) eine wesentliche Rolle im Verkehr spielen. | 4,7 / 5,0 | ◆ / ◇ |
| → 5. (5.) | Regenerative Kraftstoffe sind ein in naher Zukunft (ca. 2030) verfügbarer Baustein für die Defossilisierung des Verkehrssektors. *Regenerative Kraftstoffe (ab 2. Generation, nach Def. RED II) sind ein in naher Zukunft (bis ca. 2030) verfügbarer relevanter Baustein für die Defossilisierung des Verkehrssektors. | 3,7 / 4,3 | ◇ / ◇ |

Erläuterungen:

- Skala von 1 (= trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (= trifft voll zu)
- Entscheidungsregeln: Dissens (◇) = Range ≥ 3; Konsens (◆) = Range ≤ 2
- DR = Delphi-Runde; -- = Frage nicht gestellt in dieser Runde
- Pfeile in der ersten Spalte zeigen Änderungen in DR 2 verglichen mit DR 1 bezogen auf den Mittelwert
- *Text-Item für die zweite Delphi-Runde geändert

In der Gesamtschau zeigt sich, dass alle fünf Aussagen Zustimmung fanden. Auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll zu) liegen die Mittelwerte der Gruppen in einem Bereich von 3,7 bis 6,7 – und damit fast vollständig auf der Hälfte der Zustimmung (4 bis 7) – einzig die Frage der Verfügbarkeit in naher Zukunft wurde in der zweiten Runde mit 3,7 abgelehnt. Am deutlichsten fiel die Zustimmung zur Aussage aus, dass ohne regenerative Kraftstoffe eine ambitionierte Energiewende mit einer Reduktion von 95% CO₂ bis 2050 nicht gelingen werde. Mit im Mittel 6,7 stimmten hier alle Gruppen eindeutig zu; dies kann als sehr hohe Zustimmung bezeichnet werden. D.h. für eine ambitionierte Klimaschutzzielsetzung, wie sie auch das Pariser Klimaabkommen beinhaltet, werden regenerative Kraftstoffe von den teilnehmenden Stakeholdern als zwingend notwendig erachtet. Hohe Zustimmung erhielten die beiden Aussagen „regenerative Kraftstoffe sind ein notwendiger und wichtiger – wenn auch kontrovers diskutierter – Baustein für eine gelingende Verkehrswende“ sowie „im motorisierten Verkehr wird es vor allem einen Wechsel zu alternativen Antrieben (Elektromobilität und Brennstoffzelle) geben“. Erstere korrespondiert mit der Einschätzung zur ambitionierten Energiewende – und sieht regenerative Kraftstoffe vor allem als wichtigen Baustein in der Verkehrswende. Die Zustimmung zur zweiten Aussage erkennt den Hauptpfad der motorisierten Verkehrswende in der Substitution der Antriebe durch Elektromobilität und Brennstoffzelle. Hier ergeben sich komplementäre Sichtweisen: Eine gelingende Verkehrswende setzt beim motorisierten Verkehr auf den wichtigen Baustein von alternativen Antrieben komplementär ergänzt um den Baustein von regenerativen Kraftstoffen. Geringere Zustimmung

erhielten hingegen die Aussagen zur Zukunft des Verbrennungsmotors und der Verfügbarkeit von regenerativen Kraftstoffen.

Die Verteilung der Konsens- und Dissensmuster ist aufschlussreich. Die drei Aussagen mit den höchsten Zustimmungsraten wurden über alle drei Gruppen im Konsens getroffen. Hier herrschte unter allen Beteiligten Einigkeit, dass regenerative Kraftstoffe für ein Reduktionsziel von 95% der CO₂-Emissionen bis 2050 notwendig sind, diese für eine gelingende Verkehrswende wichtig sind, und der Schwerpunkt der Verkehrswende auf alternativen Antrieben basiert. Die beiden übrigen Aussagen zeichneten sich in der ersten Delphi-Runde durch Dissens aus. So wurde die zukünftige Rolle des Verbrennungsmotors zunächst unterschiedlich bewertet. Während einige dem zustimmten, zeigten sich andere in der ersten Runde deutlich skeptischer. Nach diskursivem Austausch im Verlauf des Workshops zeigte sich nach der zweiten Delphi-Runde aber auch hier ein Konsens. Zur Frage der Verfügbarkeit von regenerativen Kraftstoffen in naher Zukunft fielen die Bewertungen aber dauerhaft auseinander. Zwar basierten die unterschiedlichen Einschätzungen zunächst auf verschiedenen Interpretationen der Fragestellung – entsprechend wurde die Frage im Verlauf umformuliert. Aber auch nach gemeinsamem Verständnis der Fragestellung blieb eine unterschiedliche Einschätzung bestehen. Während zwei Gruppen die Verfügbarkeit bis zum Jahr 2030 verneinten, zeigten sich die Expertinnen und Experten der dritten Gruppe davon vollständig überzeugt. Die unterschiedlichen Einschätzungen konnten hier nicht nivelliert werden.

Inhaltlich diskutiert wurden im Expertenkreis Aspekte der Notwendigkeit und Wichtigkeit als auch der Verfügbarkeit von reFuels sowie die zukünftige Bedeutung des Verbrennungsmotors. Zunächst stand die Notwendigkeit und Wichtigkeit von regenerativen Kraftstoffen als Baustein für die Verkehrswende im Mittelpunkt. Es bestand Einigkeit bei der grundlegenden Zielsetzung, eine möglichst CO₂-freie Mobilität über den Einsatz von Erneuerbaren Energien unter Berücksichtigung von Primär- bzw. Endenergieeffizienz zu erreichen. CO₂-freie Energieträger und effizienter Energieeinsatz seien die entscheidenden Maßgaben. Die Effizienzmaßgabe wurde aber spezifiziert – sie hänge entscheidend von der Vor-Ort-Verfügbarkeit von Energie ab. Wirkungsgradnachteile von synthetischen Kraftstoffen können bspw. über außereuropäische Standortvorteile kompensiert werden. Das Argument der Primärenergieeffizienz greife – so die Argumentation – bei Nachhaltigkeits- und Umweltbetrachtungen zu kurz. Ein weiteres Argument für regenerative Kraftstoffe fokussierte auf (nicht) vorhandene Technikalternativen bei bestimmten Verkehrstypen. Im Luft-, Schiff- und Langstreckenschwerverkehr sowie bei Bau- und Landmaschinen wird der Verbrennungsmotor selbst bei Neufahrzeugen für die nächste Zeit als alternativlos betrachtet. Regenerative Kraftstoffe gelten hier als einzige Möglichkeit für eine CO₂-Reduktion. Allerdings gingen die Meinungen über Potentiale von alternativen Antrieben hier teilweise auseinander – einige Teilnehmende sehen hier eine zeitnahe Machbarkeit für alternative Antriebskonzepte als realistisch an. Für die Bestandsflotte, insbesondere bei PKWs, wurden reFuels auch als wichtig angesehen, deren Bedeutung soll aber über den Zeitverlauf entsprechend der Substitution über alternative Antriebe abnehmen. Für die Parallelität von alternativen Antrieben und regenerativen Kraftstoffen spreche auch das Argument der Risikostreuung beim Klimaschutz. Maßnahmenoffenheit und -parallelität über eine Optimierung des Verbrennungsmotors, Forcierung der Elektromobilität und der Einsatz synthetischer Kraftstoffen gelten als erfolgsversprechend. Schließlich wurde hervorgehoben, dass bei biogenen Kraftstoffen oft unklar sei, ob Kraftstoffe der ersten oder der zweiten Generation gemeint seien. Hier sei es notwendig, dies im öffentlichen Diskurs zu präzisieren (bspw. gemäß der Definition von RED II).

3.2 Regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe

Im zweiten Frageblock ging es um Bewertungen zu den beiden unterschiedlichen Arten von regenerativen Kraftstoffen (biogen, strombasiert). Zwei Items behandelten biogene und drei Items strombasierte Kraftstoffe. Zu biogenen Kraftstoffen wurden deren Bedeutung für die Defossilisierung des Verkehrssektors sowie die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten abgefragt. Zu strombasierten Kraftstoffen wurden Bewertungen zu verschiedenen Einsatzfeldern behandelt (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 3: Ergebnisse über regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe (Frage 2)

| Ranking DR 2 (DR 1) | Aussage | Mittelwert DR 2 / DR 1 | Konsensgrad DR 2 / DR 1 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|
| → 1. (1.) | Strombasierte Kraftstoffe werden zukünftig vor allem für Lkw, Langstreckenbusse, Schiffe und im Flugverkehr eingesetzt. | -- / 6,0 | -- / ◆ |
| ↑ 2. (3.) | Fortschrittlichen Biokraftstoffen (ab zweite Generation) aus Altholz, Stroh, Abfall- und Reststoffen kommt eine große Bedeutung für die zukünftige Defossilisierung des Verkehrssektors zu. | 3,7 / 3,3 | ◇ / ◇ |
| ↓ 3. (2.) | Biogene Kraftstoffe sollten aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nur in sehr begrenztem Umfang zum Einsatz kommen. | 3,3 / 5,7 | ◇ / ◇ |
| → 4. (4.) | Strombasierte Kraftstoffe werden zukünftig im PKW-Bereich von großer Bedeutung sein (Bestand, Neufahrzeuge). | 3,0 / 2,3 | ◆ / ◇ |
| ↓ 5. (4.) | Strombasierte Kraftstoffe sind vor allem relevant für den Einsatz im motorisierten Individualverkehr im ländlichen Raum. | 2,0 / 2,3 | ◆ / ◇ |

Erläuterungen:

- Skala von 1 (= trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (= trifft voll zu)
- Entscheidungsregeln: Dissens (◇) = Range ≥ 3; Konsens (◆) = Range ≤ 2
- DR = Delphi-Runde; -- = Frage nicht gestellt in dieser Runde
- Pfeile in der ersten Spalte zeigen Änderungen in DR 2 verglichen mit DR 1 bezogen auf den Mittelwert

Betrachtet man die Ergebnisübersicht über beide regenerative Kraftstofftypen, so fällt auf, dass nur ein Item große Zustimmung erfährt. Alle Teilnehmenden stimmten zu, dass zukünftig der hauptsächliche Einsatz von strombasierten Kraftstoffen im Langstreckenbereich (Lkw, Schiffe, Flugverkehr usw.) liege. Auf der anderen Seite wurde die Aussage zur besonderen Relevanz von strombasierten Kraftstoffen im motorisierten Individualverkehr im ländlichen Raum eindeutig abgelehnt. Die Mittelwerte zu den übrigen Aussagen lagen nach Abschluss der zweiten Plenumsrunde in einem Bereich von 3 bis 3,7. Die Mittelwerte lagen damit in der Nähe der Skalenmitte. Leichte Ablehnung fand die Aussage, dass fortschrittlichen Biokraftstoffen eine große Bedeutung für die Defossilisierung des Verkehrssektors zukomme (Mittelwert von 3,7), hier waren die Teilnehmenden also besonders unentschieden. Der Tendenz nach ablehnend waren die Gruppen bei der Aussage „biogene Kraftstoffe sollten aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nur in sehr begrenztem Umfang zum Einsatz kommen“ (Mittelwert von 3,3). Bei dieser Aussage ist anzumerken, dass die Teilnehmenden in der ersten Runde mit einem Mittelwert von 5,7 noch eine relativ große Zustimmung gaben. Etwas deutlicher fiel die Ablehnung der Aussage aus, dass strombasierte Kraftstoffe zukünftig im PKW-Bereich von großer Bedeutung sein werden (Mittelwert von 3,0).

Interessant ist die Verteilung von Konsens und Dissens bei den Items zwischen strombasierten und biogenen Kraftstoffen. Während bei den Aussagen zu strombasierten Kraftstoffen nach der zweiten Plenumsrunde bei allen drei Items Konsens herrschte, lag bei der Bewertung der zwei Aussagen zu biogenen Kraftstoffen nach der zweiten Runde weiterhin ein Dissens vor. Die einzige konsensuale Aussage der ersten Delphi-Runde sieht den Einsatz von strombasierten Kraftstoffen zukünftig vor allem für LKW, Langstreckenbusse, Schiffe und im Flugverkehr. Uneinigkeit herrschte dagegen bei der Bedeutung von fortschrittlichen Biokraftstoffen für die Defossilisierung des Verkehrssektors, sowie bei der Aussage, dass biogene Kraftstoffe aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nur in sehr begrenztem Umfang zum Einsatz kommen sollten. Von Dissens zu Konsens wendeten sich die Bewertungen zu der Aussage, dass strombasierte Kraftstoffe zukünftig im PKW-Bereich von großer

Bedeutung sein werden und zu der Aussage über die besondere Relevanz von strombasierten Kraftstoffen im motorisierten Individualverkehr im ländlichen Raum. Beide Aussagen erhalten insgesamt jedoch eine Ablehnung.

Inhaltlich diskutiert wurden alle Aussagen, die nach der ersten Delphi-Runde keinen Konsens aufwiesen (vgl. Tabelle 3). Als erstes wurden in der Diskussion die unterschiedlichen Argumente für die Bewertung der Aussage, dass fortschrittlichen Biokraftstoffen eine große Bedeutung für die zukünftige Defossilisierung des Verkehrssektors zukommt, abgefragt. Im Mittelpunkt standen zunächst Interpretationsspielräume beim Wort ‚Bedeutung‘. Die Befürworterinnen und Befürworter der Aussage nannten als Argument, dass Biokraftstoffe bis 2030 in größerem Maße zur absoluten CO₂-Reduktion beitragen werden als die Elektromobilität. Im Vergleich zu strombasierten Kraftstoffen wurde betont, dass diese in den nächsten Jahren noch nicht auf dem Markt verfügbar seien und vor diesem Hintergrund zwangsläufig auf Biokraftstoffe zurückgegriffen werden müsse. Die Expertinnen und Experten der Gruppen, die die Aussage ablehnten, beziehen sich zum einen auf die Mengengerüste. Das Potential aus Altholz, Stroh, Abfall und Reststoffen sei begrenzt. Das Potential solle zwar voll ausgenutzt werden, es könne aber nicht von einer volumenmäßig großen Bedeutung gesprochen werden. Ein weiteres Gegenargument bezog sich auf die Nutzungskonkurrenzen bei Biokraftstoffen. Der Einsatz von biogenen Kraftstoffen sei im stationären Bereich in Form von Stromgeneration und Wärmegeneration effizienter als der Einsatz im Verkehrssektor.

Bezogen auf die Nachhaltigkeit von Biokraftstoffen wurde betont, dass es im Verkehrssektor zwingend notwendig sei, die CO₂-Bilanz zu verbessern. Dafür stünden aktuell auf dem Markt nur Biokraftstoffe tendenziell der ersten Generation zur Verfügung. Bei diesen gibt es zwar eindeutige Nachhaltigkeitsbedenken, dennoch sollte die Tür für fortschrittliche Biokraftstoffe offenbleiben, da sie das Potential haben aktuelle Nachhaltigkeitsdefizite zu vermeiden. Biokraftstoffe werden hier vor allem als Brückentechnologie benötigt. Außerdem sei es wichtig, ungenutzte Reststoffe in eine Nutzung zu bringen. Ergänzend wurde angemerkt, dass biogene Kraftstoffe als vorhandene Ressource von Multiproduktsystemen in bestehenden Wertschöpfungsketten zu sehen und nutzen sind. Die Gegenseite vertrat die Position, dass jetzt die Weichen weg von biogenen und hin zu strombasierten Kraftstoffen gestellt werden müssen.

Die Aussage „Strombasierte Kraftstoffe werden zukünftig im PKW-Bereich von großer Bedeutung sein (Bestand, Neufahrzeuge)“ wurde ebenfalls kontrovers diskutiert. Für einen Einsatz im PKW-Bereich wurde mit dem Argument plädiert, dass ohne strombasierte Kraftstoffe eine Reduktion von CO₂ um 95% bis 2050 nicht zu schaffen sei. Die Tür für strombasierte Kraftstoffe sollte im Sinne einer Risikostreuung für ein sicheres Erreichen der Klimaziele offenbleiben – ansonsten bestehe die Gefahr, dass der Verkehr eingeschränkt werden müsse. Deutschland müsse bei der Energieversorgung als Teil einer globalisierten Welt betrachtet werden. Dabei können strombasierte Kraftstoffe die Nachteile bei der nationalen Stromproduktion über internationale Standortvorteile ausgleichen. Dem Argument der Risikostreuung wurde entgegengehalten, dass alle diskutierten Optionen (Elektromobilität, Brennstoffzelle, strombasierte Kraftstoffe) letztlich auf regenerativen Strom als Energiequelle zurückgreifen – es sich also eben nicht um Risikostreuung handelt. Zudem ist ein globaler Import auch mit zusätzlicher Infrastruktur, Kosten und Ressourcen behaftet. Der Einsatz von strombasierten Kraftstoffen in der PKW-Flotte wurde dann auch mehrheitlich eher skeptisch gesehen. Zum einen hänge die Bedeutung von der grundsätzlichen Weichenstellung ab: Entweder Technologieoffenheit mit alternativen Antrieben und fortschrittlichen Kraftstoffen oder eine Schwerpunktsetzung auf Elektromobilität. Diese Weichenstellung sei letztlich entscheidend für die Bedeutung strombasierter Kraftstoffe im PKW-Bereich.

Abschließend wurde die Relevanz von strombasierten Kraftstoffen im motorisierten Individualverkehr im ländlichen Raum bewertet. Zum einen wurde argumentiert, dass im ländlichen Raum aufgrund längerer Wegstrecken flüssige Energieträger sinnvoll sind. Dem wurde entgegengehalten, dass gerade im ländlichen Raum der



Einsatz von Elektroautos vordringlich sei, da die Nutzerinnen und Nutzer hier die Möglichkeit hätten den benötigten Strom selbst zu produzieren und einfacher zu laden. Hier sei der Einsatz von strombasierten Kraftstoffen deshalb gerade nicht notwendig, stattdessen seien hier batterieelektrische Autos mit größerer Batterie von Vorteil.

3.3 Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen

Der dritte Fragekomplex thematisierte verschiedene Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen, die die acht Themen „Relevanz des Imports“, „Technologieneutralität vs. Technologieselection“, „Akzeptanz“, „Nachhaltigkeit“, „Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität“, „Wirtschaftlichkeit“, „Ort der Energieerzeugung“ sowie „Rolle für den deutschen Wirtschaftsstandort“ abdeckten (vgl. Tabelle 4). In der Gesamtschau zeigt sich, dass in der ersten Runde mit Blick auf fünf Aussagen ein Konsens vorlag, wohingegen bei drei Aussagen zu den Themen „Technologieneutralität vs. Technologieselection“, „Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität“ sowie „Wirtschaftlichkeit“ ein Dissens identifiziert wurde. In der zweiten Delphi-Runde lösten sich der erste und dritte Dissens zu Konsens auf, während der zweite Dissens zum Thema „Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität“ weiterhin bestand (vgl. Tabelle 4). Die Argumentationslinien und Begründungen für deren Einschätzungen werden nachfolgend näher erläutert.

Auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll zu) liegen die Mittelwerte der Gruppen in den konsensorientierten Aussagen in einem Bereich von 5,3 bis 6,3 (Items „Relevanz des Imports“, „Nachhaltigkeit“ und „Akzeptanz“, erste Delphi-Runde,) sowie bei 2,7 (Item „Wirtschaftlichkeit“, zweite Delphi-Runde). Erstere sind damit vollständig auf der Hälfte der Zustimmung. Am deutlichsten fiel die Zustimmung zur Aussage aus, dass der überwiegende Teil von strombasierten Kraftstoffen aus dem außereuropäischen Ausland importiert werden müsse. Mit im Mittel 6,3 stimmten hier alle Gruppen eindeutig zu; dies kann als sehr hohe Zustimmung bezeichnet werden. Auch im Themenbereich „Technologieneutralität vs. Technologieselection“ zeichnete sich in der zweiten Delphi-Runde mit einem Mittelwert in Höhe von 6,3 eine hohe Zustimmung für die Notwendigkeit eines technologieoffenen Ansatzes für beispielsweise alternative Antriebe oder regenerative Kraftstoffe mit unterstützenden politischen Rahmenbedingungen ab. Hinzuweisen ist hierbei allerdings auf den noch in Delphi-Runde eins identifizierten Dissens, der nachfolgend inhaltlich in seinen Argumentationslinien näher beleuchtet wird. Auch die beiden Items „Akzeptanz“ sowie „Nachhaltigkeit“ fanden bei den beteiligten Gruppen mit einem Mittelwert von jeweils 5,3 eine relativ hohe Zustimmung. Weitgehend einig waren sich die Gruppen ebenfalls mit Blick auf die Tatsache, dass die Erzeugung erneuerbarer Energien in Europa nicht für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen sowie einen umfassenden Einsatz in Deutschland ausreiche (Item „Ort der Energieerzeugung, Mittelwert 1,7). Eine vollständig deckungsgleiche und sehr geringe Zustimmung (1,0) über alle Gruppen erreichte die Aussage, dass strombasierte Kraftstoffe beim Gelingen der Transformation der deutschen Automobilwirtschaft helfen (vgl. Tabelle 4).

Schaut man sich den Bereich der Dissense näher an, so wird deutlich, dass die Expertinnen und Experten zu abweichenden Einschätzungen bezüglich der Aussage kommen, ob für eine nachhaltige Verkehrswende ein technologieoffener Ansatz mit unterstützenden politischen Rahmenbedingungen oder ein geschlossener Ansatz notwendig sei. Auch die Aussagen, ob strombasierte Kraftstoffe sich zum Speichern von überschüssiger Energie eignen und deswegen zur Stabilisierung des Energiesystems beitragen werden sowie ob strombasierte Kraftstoffe in absehbarer Zeit (< 10 Jahre) preislich mit fossilem Diesel und Benzin konkurrieren können und wettbewerbsfähig sein werden, wurden kontrovers diskutiert.

Tabelle 4: Ergebnisse über Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen (Frage 3)

| Ranking DR 2 (DR 1) | Aussage | Mittelwert DR 2 / DR 1 | Konsens-grad DR 2 / DR 1 |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| → 1. (1.) | <u>Relevanz des Import</u> Der überwiegende Teil von strombasierten Kraftstoffen wird aus dem außereuropäischen Ausland importiert werden müssen. | -- / 6,3 | -- / ◆ |
| ↑ 1. (4.) | <u>Technologieneutralität vs. -selektion</u> Für eine nachhaltige Verkehrswende ist ein technologieoffener Ansatz für bspw. alternative Antriebe, regenerative Kraftstoffe usw. mit unterstützenden politischen Rahmenbedingungen notwendig. | 6,3 / 5,0 | ◆ / ◇ |
| ↓ 3. (2.) | <u>Akzeptanz</u> Aufgrund eines geringen strukturellen Anpassungsprozesses bei Infrastruktur, Konsuminvestitionen und Verbraucher*innenverhalten werden strombasierte Kraftstoffe in hohem Maße gesellschaftlich akzeptiert. | -- / 5,3 | -- / ◆ |
| ↓ 3. (2.) | <u>Nachhaltigkeit</u> Strombasierte Kraftstoffe sind nur dann klimapolitisch akzeptabel, wenn bei der Produktion ausschließlich erneuerbare Energie sowie biogenes oder aus der Luft abgetrenntes CO2 zum Einsatz kommen. | -- / 5,3 | -- / ◆ |
| → 5. (5.) | <u>Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität</u> Strombasierte Kraftstoffe eignen sich zum Speichern von überschüssiger Energie und werden deswegen zur Stabilisierung des Energiesystems beitragen. | 3,0 / 4,0 | ◇ / ◇ |
| → 6. (6.) | <u>Wirtschaftlichkeit</u> Strombasierte Kraftstoffe werden in absehbarer Zeit (< 10 Jahre) preislich mit fossilem Diesel und Benzin konkurrieren können und wettbewerbsfähig sein. | 2,7 / 2,3 | ◆ / ◇ |
| → 7. (7.) | <u>Ort der Energieerzeugung</u> Die Erzeugung erneuerbarer Energien in Europa reicht für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen für einen umfassenden Einsatz in Deutschland aus. | -- / 1,7 | -- / ◆ |
| → 8. (8.) | <u>Rolle für den deutschen Wirtschaftsstandort</u> Strombasierte Kraftstoffe helfen beim Gelingen der Transformation der deutschen Automobilwirtschaft. | -- / 1,0 | -- / ◆ |

Erläuterungen:

- Skala von 1 (= trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (= trifft voll zu)
- Entscheidungsregeln: Dissens (◇) = Range ≥ 3; Konsens (◆) = Range ≤ 2
- DR = Delphi-Runde; -- = Frage nicht gestellt in dieser Runde
- Pfeile in der ersten Spalte zeigen Änderungen in DR 2 verglichen mit DR 1 bezogen auf den Mittelwert

Inhaltlich wurde dabei im Themenkomplex „Technologieselektion vs. Technologieneutralität“ im Expertenkreis hervorgehoben, dass eine Bewertung sowohl anhand der energetischen als auch der wirtschaftlichen Machbarkeit vorgenommen werden müsse. Volkswirtschaftlich sei es aus der Sicht einiger Teilnehmenden nicht sinnvoll für alle technologischen Anwendungen die entsprechenden Infrastrukturen, d.h. für mehrere technologieoffene Gesamtketten, auf- und umzubauen. Von einigen Teilnehmenden wurden strombasierte Kraftstoffe vor allem für das Luftfahrsegment, für den schwerstmaritimen Bereich oder schwere Nutzfahrzeuge als Ergänzung zu Wasserstoff und batterieelektrischer Mobilität gesehen. Dies wurde zudem mit der Tatsache

begründet, dass für den Ausbau, das Vorhalten und dauerhafte Betreiben sämtlicher technologischer Optionen und Infrastrukturen ein enormer Aufwand betrieben werden müsse. Ergänzt wurde diese Sichtweise durch das Argument, dass auch für den flächendeckenden Einsatz von strombasierten Kraftstoffen neue Produktionsinfrastrukturen aufgebaut werden müssten. Mit Blick auf die strategische Ausrichtung wurde zusätzlich darauf verwiesen, dass ein Markthochlauf sich anhand der tatsächlichen Technologieentwicklung und Nachfrage ergeben und nicht auf Wunsch von politischen Vorgaben für die nächsten 30 Jahre entstehen solle. Die Entscheidungsbasis solle sich vielmehr am Ziel 100%-Klimaschutz und nicht vorrangig an vergangenen Entwicklungen und bestehenden Infrastrukturen ausrichten. Technologieoffenheit solle also Entscheidungen ermöglichen, die „trial-and-error“ gestatten ohne, dass in der langen Sicht die Kosten zu groß werden.

Zum Themenkomplex „*Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität*“ wurden verschiedene Argumente ausgetauscht, die sich übergreifend den Themen „gesamtenergetische Effizienz“, „energetische Verfügbarkeit und Import“ sowie „CO₂-Quelle in der Herstellung“ zuordnen lassen. Von einigen Expertinnen und Experten wurde die Tatsache betont, dass mit dem obersten Ziel einer größtmöglichen gesamtenergetischen Effizienz zunächst direktelektrifizierte Anwendungen und erst dann indirekte Elektrifizierung über strombasierte Kraftstoffe bedient werden sollen. Ergänzt wurde dies durch das Argument, dass die erforderlichen Mengen für eine vollständig nationale Versorgung mit strombasierten Kraftstoffen nicht verfügbar seien und der Import eine entsprechend große Rolle spiele. Eine kontroverse Diskussion gab es vor allem mit Blick auf die Gesamteffizienz der Produktion und Anwendung von strombasierten Kraftstoffen verglichen mit anderen Antriebsalternativen. Relativierend wurde hier eingebracht, dass die Energieeffizienz einen von etwa 30 Parametern in einer vollständigen Nachhaltigkeitsbetrachtung darstelle und sich die Diskussion nicht ausschließlich auf diesen Parameter fokussieren, sondern vielmehr Klima- und Umweltschutz als erstes Ziel vor einer Elektrifizierung priorisiert werden sollte. Betont wurde zudem, dass das nächste Jahrzehnt dazu genutzt werden müsse, um Technologien zu demonstrieren. Dazu gehört auch zu sondieren, welche Power-to-Liquid-Technologien das größte Potenzial hätten. Ein Teilnehmender ergänzte, dass strombasierte Kraftstoffe in der kurzen Frist mittels konzentrierter CO₂-Quelle jedoch noch nicht mit Luftabscheidungstechnologie hergestellt würden und warf in diesem Kontext auf, dass Nachhaltigkeitsstandards für die verwendete CO₂-Quelle in der REDII bisher nicht hinreichend geregelt seien – solange es punktförmige CO₂-Quellen gebe, sei es sinnvoller diese anstelle von Luftextraktionsanlagen zu nutzen.

Ein zweiter Diskussionskomplex drehte sich im Feld „Speicher und Flexibilität“ um das Thema „gesamtsystemische Notwendigkeit von Speichern im Kontext der Energiewende“, die von den Teilnehmenden als notwendige Basis erachtet wurden. Aufgrund des fluktuierenden Angebots an erneuerbaren Energien (Wind und Sonne) und der damit verbundenen punktuellen Nicht-Verfügbarkeit von regenerativem Strom in Deutschland, sei es unabdingbar, chemische Energieträger im Stromsystem als Speicher vorzusehen. Aus heutiger Sicht sei ein 100% regeneratives, klimaneutrales Stromsystem nicht ohne chemische Speicher denkbar und hierfür böten sich idealerweise strombasierte Kraftstoffe an. Ergänzt wurde dieses Argument durch den Hinweis darauf, dass eine Rückverstromung vor allem auch zur kontinuierlichen Versorgung von durchlaufenden Prozessen in der energieintensiven Industrie (bspw. Stahl- oder Aluminiumherstellung) unabdingbar sei. Dem wurde entgegengehalten, dass eine effiziente Rückverstromung als Speicherung nicht auf den Bereich der strombasierten Kraftstoffe zutrefe und Wasserstoff die deutlich effizientere Alternative der chemischen Speicherung sei. Diese Aussage wurde allerdings nicht von allen Expertinnen und Experten geteilt. Insgesamt wurde deutlich, dass sehr unterschiedliche Einschätzungen zur gesamtenergetischen Effizienz bei Technikketten vorliegen.

Beim Themenbereich „*Wirtschaftlichkeit von strombasierten Kraftstoffen*“ verwiesen die Expertinnen und Experten abschließend auf die Tatsache, dass diese in Zukunft nicht in erster Linie mit fossilem Diesel oder Benzin, sondern mit alternativen Technologien wie bspw. der Elektromobilität konkurrieren. Die Einschätzung der



Wettbewerbsfähigkeit unterliege hierbei sehr vielen Annahmen und einer hohen Unsicherheit und hängt maßgeblich von der Entwicklung verschiedener Preisbestandteile ab (bspw. CO₂-Preis oder Energiesteuern).

3.4 Politische Rahmensetzung

Die Frage nach wichtigen politischen Instrumenten und Rahmensetzungen für einen Markthochlauf für regenerative Kraftstoffe wurde methodisch als offene Fragestellung formuliert. Hier stand entsprechend keine Aussagenbewertung, sondern die Nennung von einzelnen Politikmaßnahmen im Vordergrund. Im Ergebnis wurden von den Expertinnen und Experten diverse Instrumente genannt, die unterschiedliche Problemstellungen und Wirkungsmechanismen adressieren. Die genannten Strategien, Instrumente und Maßnahmen sind in Tabelle 5 aufgeführt und wurden inhaltlich nach bestimmten Schwerpunktsetzungen geordnet.

Tabelle 5: Ergebnisse über politische Rahmensetzung (Frage 4)

| Internalisierung externer Klimakosten |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>Strategien:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • „Das Alte muss das Neue bezahlen“ über bspw. eine Bepreisung von fossilen Energieträgern und eine Förderung aller fossilfreien (klimaneutralen) Energieträgern <p><u>Politikinstrumente:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausrichtung des Steuern- und Abgabensystems nach fossilem CO₂-Gehalt • CO₂-Preis erhöhen • Subventionierung fossiler Kraftstoffe abschaffen |
| Wettbewerbsbedingungen von reFuels verbessern |
| <p><u>Politikinstrumente:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anrechnung von fossilfreien Kraftstoffen auf den Flottengrenzwert der Automobilhersteller • Querfinanzierte, ambitionierte Förderung von regenerativen Kraftstoffen (bezahlt aus Einnahmen aus dem Brennstoffemissionshandelsgesetz, BEHG) • Quote für erneuerbare Kraftstoffe einführen • Transparente Frühinformation der Verbraucherinnen und Verbraucher (inkl. realistisch belastbarer Zeitrahmen, Nachhaltigkeitsaspekte, Auswirkungen auf Kosten, ...) |
| Nachhaltige Technologieinnovation und -diffusion |
| <p><u>Strategien:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Langfristige Nachhaltigkeitskriterien (z.B. Cradle-to-Grave-Betrachtung) <p><u>Politikinstrumente:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderprogramme zur Erhöhung der Technologiereife |
| Aufbau internationaler, wettbewerbsfähiger Wertschöpfungsketten für reFuels |
| <ul style="list-style-type: none"> • Internationale Vereinbarungen, um Wettbewerbsnachteile und Verlagerung zu verhindern • In Kooperation mit potentiellen Exporteuren Projekte anschieben und etablieren (auch hier ist die Prämisse: Ausbau erneuerbarer Energien; hinzu kommt: lokale Bevölkerung muss profitieren) • Infrastrukturaufbau • Transparenz und Investitionssicherheit schaffen: In welchen Bereichen sind synthetische Kraftstoffe nötig (Fokus beschreiben) • Maßnahmen zur (wieder) Beschleunigung der Energiewende / Massiver Ausbau erneuerbarer Energien • Unsicherheit bzgl. REDII reduzieren |
| Governance und Entscheidungsprozesse |
| <ul style="list-style-type: none"> • Instanz, die zwischen den unterschiedlichen Ministeriumsinteressen vermittelt |



Zunächst lassen sich einige aufgeführte Strategien und Maßnahmen dem Schwerpunkt Internalisierung von externen Klimakosten zuordnen. Nach dem Leitprinzip „das Alte muss das Neue bezahlen“ wurde die Internalisierung von derzeit nicht sanktionierten CO₂-Emissionen als wichtige Strategie priorisiert. Verbunden mit der Kosteninternalisierung sei dann auch eine Querfinanzierung zugunsten CO₂-armer bzw. -freier Energieträger und -verbräuchen empfehlenswert (Bepreisung von fossilen Energieträgern und Förderung von fossil-freien und klimaneutralen Energieträgern). Als konkrete Politikmaßnahmen wurden die Ausrichtung des Steuern- und Abgabensystems nach fossilem CO₂-Gehalt, eine CO₂-Preiserhöhung sowie die Abschaffung der Subventionierung von fossilen Kraftstoffen genannt.

Die Verbesserung der Wettbewerbsbedingungen von reFuels ist ein weiterer wichtiger Schwerpunkt. Zum einen soll an das bestehende Instrumentarium des Flottengrenzwertes angedockt werden. Der Flottengrenzwert ist ein Politikansatz der Europäischen Union und bedeutet, dass der Durchschnitt aller in der EU in einem Jahr zugelassenen Fahrzeuge diesen Wert nicht überschreiten soll. Nicht jedes einzelne neue Auto muss also diesen Flottengrenzwert einhalten, sondern die Gesamtflotte wird zugrunde gelegt. Die Workshop-Teilnehmenden sprachen sich hier für eine Anrechnung von fossilfreien Kraftstoffen auf den Flottengrenzwert der Automobilhersteller aus. Daneben wurde auch eine Querfinanzierung und eine ambitionierte Förderung von regenerativen Kraftstoffen hervorgehoben – die Finanzierung soll aus den Einnahmen des Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) sichergestellt werden. Das BEHG wurde 2019 als Ergänzung zum europäischen Emissionshandel auf nationaler Ebene in Deutschland eingeführt und etabliert ab 2021 ein nationales Emissionshandelssystem für CO₂ in den Sektoren Wärme und Verkehr. Betroffene Unternehmen und Akteure müssen für die Emissionen der in Verkehr gebrachten Brennstoffe Zertifikate erwerben und handeln. Zunächst gilt für die Jahre 2021 bis 2025 ein Festpreissystem von 25 EUR/t CO₂. Für die ersten beiden Jahre wird mit Einnahmen zwischen 7 und 10 Mrd. Euro gerechnet (Deutscher Bundestag Drucksache 19/19929 19). Zum zweiten wurde eine Quote für erneuerbare Kraftstoffe vorgebracht. Dies lehnt sich an die Anforderungen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der Europäischen Union an. Die Richtlinie gibt vor, dass Inverkehrbringer (IVB) Mindestziele für erneuerbare Energieträger im Verkehr erreichen müssen (RED bis 2020 10%, REDII bis 2030 14%). Für IVB ist es technisch am einfachsten, dies unter Einhaltung mit den Kraftstoffnormen über eine Beimischung zu realisieren. Für den Flugverkehr wird derzeit eine Beimischung von Power-to-Liquid-Produkten in Kerosin diskutiert. Auf europäischer (und nationaler) Ebene gelten bis zum Jahr 2030 die Vorgaben der novellierten Erneuerbaren-Energie-Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II), die bis Mitte 2021 in deutsches Recht umgesetzt werden muss. Als dritten Ansatz wurden informatorische und edukatorische Instrumente genannt, die auf eine transparente Frühinformation der Verbraucherinnen und Verbraucher zielen und Aspekte wie den Zeitrahmen, die Nachhaltigkeit oder die Kostenauswirkungen thematisieren.

Auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Technologieinnovation und -diffusion stellen einen dritten Themenschwerpunkt dar – auch wenn sich hier wenige Vorschläge zuordnen lassen. Angesprochen wurden langfristige Nachhaltigkeitskriterien, die auf einer Lebensweg-orientierten Betrachtung fußen (cradle-to-grave) sowie staatliche Förderprogramme zur Erhöhung der Technologiereife.

Der Themenschwerpunkt „Aufbau internationaler, wettbewerbsfähiger Wertschöpfungsketten für regenerative Kraftstoffe“ schließt daran an. Es herrschte Einigkeit unter den Expertinnen und Experten, dass internationale Wertschöpfungsketten für synthetische Kraftstoffe unabdingbar sind. Um dies zu gewährleisten, müssen internationale Vereinbarungen getroffen werden, um Wettbewerbsnachteile und Verlagerungseffekte zu vermeiden. Dafür gelte es, in Kooperation mit potentiellen Exporteuren Pilotprojekte anzuschließen und zu etablieren mit einem Fokus auf den Ausbau erneuerbarer Energien und der Integration der lokalen Bevölkerung. Daneben muss für die internationale Arbeitsteilung auch eine entsprechende Infrastruktur aufgebaut werden unter Berücksichtigung von Transparenz und Investitionssicherheit. Dazu zählt bspw. die Reduktion von Unsicherheiten bei der Umsetzung der RED II Gesetzgebung. Der letzte Themenschwerpunkt fokussierte



schließlich auf die Governance von politischen Entscheidungsprozessen. Hier wurde angeraten, eine Instanz ins Leben zu rufen, die zwischen den unterschiedlichen Ministeriumsinteressen zu vermitteln in der Lage ist.

3.5 Verständnis einer nachhaltigen Verkehrswende

Verkehr vermeiden, verlagern und verbessern – das sind die drei wesentlichen Strategien für eine nachhaltige Verkehrswende. Die Gruppen der Expertinnen und Experten wurden in Fragestellung fünf gebeten, diese drei Strategien in eine Rangfolge zu bringen, geordnet nach der eingeschätzten Relevanz für die Zielerreichung einer nachhaltigen Verkehrswende. Betrachtet man die Ergebnisse, wird ersichtlich, dass die Strategie „verlagern“ nach der ersten Delphi-Runde gemessen an den Mehrheitsvoten konsensual auf den zweiten Platz gesetzt wurde (und deshalb in der zweiten Delphi-Runde nicht mehr zur Diskussion gestellt wurde). Dagegen bestand bei den Strategien „vermeiden“ und „verbessern“ sowohl nach der ersten als auch der zweiten Delphi-Runde ein Dissens. Während die einen „vermeiden“ auf Rang 1 und Verbessern auf Rang 3 setzten, bewerteten die anderen es genau entgegengesetzt.

Im Plenum wurde zunächst diskutiert was „vermeiden“ in diesem Zusammenhang inhaltlich abdeckt. Es wurde einhellig betont, dass mit der „Vermeidensstrategie“ kein absolutes Verständnis verbunden sei, bei dem jeglicher Verkehr zu vermeiden ist. Vielmehr heißt Verkehrsvermeidung, Verkehr einzuschränken, wo und wann immer es möglich sei. Die Corona-Pandemie habe hier auf eindrückliche Weise gezeigt, dass Verkehrsvermeidung weitaus umfassender möglich ist als in Vor-Corona Zeiten vorstellbar war. Hier gebe es offenbar neue Optionen über Verkehrsvermeidung nachzudenken und somit Potentiale eine bessere und stärkere Verkehrswende zu realisieren. Es gehe bei der Verkehrsvermeidung um eine partielle Reduktion des Verkehrsaufkommens insbesondere im innerstädtischen Bereich.

Befürworter der Priorisierung einer „Verbesserungsstrategie“ argumentieren damit, dass in den vergangenen Jahrzehnten der Ansatz des Umwelt- und Klimaschutz durch Verkehrsvermeidung gescheitert sei. Insbesondere der internationale Blick sei hier instruktiv. Während Verkehrsvermeidung evtl. in Deutschland mit einem gesättigten Markt noch Potential hat, sei in aufstrebenden Nationen, wie z.B. Indien, ein auf Vermeidung setzender Ansatz schlichtweg unmöglich umzusetzen. Große Teile der betroffenen Bevölkerung würden diesen Wege nicht mitgehen. Es wurde betont, dass Verkehrsvermeidung und -verlagerung nur dann funktionieren, wenn auf der anderen Seite auch attraktive Angebotsalternativen bspw. des Umweltverbundes vorhanden sind. Der ÖPNV müsste hier deutlich attraktiver werden und es müssten zuerst alternative Mobilitätslösungen geschaffen werden.

4 Schlussfolgerungen

Über das deliberative Format des Gruppendelphis wurde ein Kreis von Expertinnen und Experten von Verbänden aus Wirtschaft, Umwelt und Zivilgesellschaft zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen befragt und zum gegenseitigen Dialog animiert. Der Dialog zwischen Stakeholdern ist ein wichtiger Bestandteil im Meinungsbildungsprozess zur Sondierung von technologiebezogenen Vor- und Nachteilen sowie Kosten-Nutzen-Abwägungen. Die Analyse hat gezeigt, wo Gemeinsamkeiten und Differenzen unter den Beteiligten liegen.

Zunächst kann zu den überwiegend *konsensualen Einschätzungen* folgende Zusammenfassung gegeben werden: Regenerative Kraftstoffe sind für eine gelingende Verkehrswende im Rahmen eines ambitionierten Klimaschutzes ein essentieller Baustein. Dieser Baustein komplementiert im motorisierten Verkehr die zentralen Bausteine von alternativen Antrieben. Dabei ist im Kontext unterschiedlicher Verkehrswendestrategien auch die Verlagerung von zentraler Bedeutung. Regenerative Kraftstoffe sind dann unstrittig, wenn sie strombasiert (wirtschaftlich) hergestellt werden können und bei Verkehrsträgern ohne technische Alternative wie Luft-, Schiffs- und Langstreckenschwerverkehr eingesetzt werden. Der breite Einsatz strombasierter Kraftstoffe wird auf Kraftstoffimporte angewiesen sein und bei Verbraucherinnen und Verbrauchern aufgrund geringer All-

tagsanpassung auf eher große Akzeptanz treffen. Zudem müssen diese Kraftstoffe auf einem klimaverträglichen Strommix und einer klimaverträglichen Kohlenstoffquelle basieren. Klar bleibt allerdings auch, dass der Markthochlauf von regenerativen Kraftstoffen auf die Internalisierung von derzeit externalisierten Klimakosten zur Verbesserung der Wettbewerbsbedingungen angewiesen ist. Ohne aktive nationale und internationale Anstrengungen zum Aufbau von Wertschöpfungsketten und Technologieinnovation und -diffusion werden reFuels ihr Potential nicht ausspielen können.

Zugleich wurden in dem Dialog basierten Verfahren des Gruppendelphis aber auch die Konsensgrenzen deutlich. Die auch über intensiven Austausch bestehenden *dissentenen Einschätzungen* lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Die Einschätzung von regenerativen Kraftstoffen findet insbesondere bei der biogenen Variante im Rahmen des Workshops unterschiedliche Bewertungen. Sowohl die Bedeutung als auch der Einsatz wurden hier kontrovers gesehen. Dies betrifft sowohl die mengenmäßige Einschätzung von fortschrittlichen Biokraftstoffen als auch der Einsatz unter Nachhaltigkeitsaspekten. Für regenerative Kraftstoffe gilt insgesamt, dass sie unter Effizienzgesichtspunkten mit anderen Ansätzen konkurrieren und die Bilanz des Primär- und Energieverbrauchs ausschlaggebend ist. Dem wurde entgegengehalten, dass unter Nachhaltigkeits- und Umweltaspekten eine alleinige Effizienzbetrachtung zu kurz greife. Auch können nationale Effizienz Nachteile durch internationale Effizienzvorteile ggf. kompensiert werden. Ebenfalls war das Argument der Risikostreuung strittig, bei der über Technologieoffenheit mehrere verkehrliche Mitigationsstrategien verfolgt werden. Daraus leiten sich entsprechend auch unterschiedliche Einschätzungen zur Verwendung von regenerativen Kraftstoffen für die PKW-Flotte ab. Während einige hier den Einsatz grundsätzlich befürworteten, waren andere deutlich skeptischer.

Unabhängig davon welche Rolle regenerative Kraftstoffe als Klimaschutzmaßnahme zukünftig spielen können oder sollen, ist es offensichtlich, dass die Diskussion um die Erforschung und Umsetzung von reFuels nicht isoliert betrachtet werden kann. Politische Entscheidungen für eine Verkehrswende sind auf die Zustimmung von Interessengruppen und der breiten Öffentlichkeit angewiesen. Vor diesem Hintergrund ist es empfehlenswert, dass weitere und tiefere Untersuchungen zur Wahrnehmung, Einstellung und Bewertung von regenerativen Kraftstoffen bei Stakeholdern, Verbraucherinnen und Verbrauchern und der allgemeinen Öffentlichkeit durchgeführt werden und Foren für öffentliche Dialoge initiiert werden. Diese Dialoge sollten zunächst die Interessenvertreterinnen und -vertreter einbeziehen und dann ausgeweitet werden, um die breite Öffentlichkeit zu adressieren.

5 Literatur

- Benarie, M. (1988): Delphi and Delphi like Approaches with Special Regard to Environmental Standard Setting. *Technological Forecasting and Social Change* 33, 149-158.
- Cuhls, K. & Blind, K. (1999): Die Delphi-Methode als Instrument der Technikfolgenabschätzung. In: S. Bröchler, G. Simonis, K. Sundermann (Hrsg.): *Handbuch Technikfolgenabschätzung*. Berlin: Edition Sigma, 545-550.
- Dalkey, N. & Helmer, O. (1963): An Experimental Application of the Delphi Method to use of Experts. *Management Science* 9, 458-467.
- Deutscher Bundestag Drucksache 19/19929 19. (2020): Wahlperiode 15.06.2020 Gesetzentwurf der Bundesregierung Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes. Berlin.
- Häder, M. (2002): *Delphi-Befragungen*. Ein Arbeitsbuch. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag.
- Häder, M. & Häder, S. (1995): Delphi und Kognitionspsychologie. Ein Zugang zur theoretischen Fundierung der Delphi-Methode. *ZUMA Nachrichten* 37, 8-34.
- Hill, K.Q. & Fowles, J. (1975): The Methodological Worth of the Delphi Forecasting Technique. *Technological Forecasting and Social Change* 7, 179-192.



- Kasten, Peter; Kühnel, Sven (2019): Positionen zur Nutzung strombasierter Flüssigkraftstoffe (efuels) im Verkehr, Berlin. URL: <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Stakeholder-Positionen-e-fuels.pdf>. Zugriff: 7. Dezember 2020.
- Konrad, W. & Scheer, D. (2014): Das Smart Grid aus gesellschaftlicher Perspektive, InnoSmart-Arbeitsbericht 02, Stuttgart. URL: https://www.innosmart-projekt.de/data/innosmart/user_upload/Da-teien/Smart_Grid_Gesellschaftliche_Perspektiven_NEU_01.pdf. Zugriff: 7. Dezember 2020.
- Meister, P. & Oldenburg, F. (2008): Beteiligung – ein Programm für Politik, Wirtschaft und Gesellschaft. Oldenburg: Physica Verlag.
- Mintroff, I.L. & Turoff, M. (1975): Philosophical and Methodological Foundations of Delphi. In: H.A. Linstone, M. Turoff (Eds.): The Delphi Method. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 17-36.
- Niederberger, M. & Renn, O. (2018): Das Gruppendelphi-Verfahren. Vom Konzept bis zur Anwendung; Springer: Wiesbaden
- NPM-AG2 (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität, Arbeitsgruppe 2 „Alternative Antriebe und Kraftstoffe für nachhaltige Mobilität“) (2019): Elektromobilität, Brennstoffzelle, alternative Kraftstoffe: Einsatzmöglichkeiten aus technologischer Sicht, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin. URL: <https://www.plattform-zukunft-mobilitaet.de/wp-content/uploads/2019/11/NPM-AG-2-Elektromobilit%C3%A4t-Brennstoffzelle-Alternative-Kraftstoffe-Einsatzm%C3%B6glichkeiten-aus-technologischer-Sicht.pdf>. Zugriff: 7. Dezember 2020.
- Renn, O. & Kotte, U. (1984): Umfassende Bewertung der vier Pfade der Enquete-Kommission auf der Basis eines Indikatorkatalogs. In: G. Albrecht, U. Steghelmann (Hrsg.): Energie im Brennpunkt. Zwischenbilanz der Energiedebatte. München: HTV, 190-232.
- Renn, O. & Webler, T. (1998): Der kooperative Diskurs - Theoretische Grundlagen, Anforderungen, Möglichkeiten. In: O. Renn, H. Kastenholz, P. Schild, U. Wilhelm (Hrsg.): Abfallpolitik im kooperativen Diskurs. Bürgerbeteiligung bei der Standortsuche für eine Deponie im Kanton Aargau. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 3-103.
- Scheer, D.; Nabitz, L.; Narasinghe, N. (2021): reFuels im Stakeholder-Diskurs: Eine Positionsanalyse von Verbänden aus Wirtschaft, Umwelt und Zivilgesellschaft, reFuels-Working Paper, Karlsruhe.
- Scheer, D., Konrad, W., Kissinger, A., Noack, V., Knopf, S., Class, H. (2017): Regional-scale brine migration along vertical pathways due to CO2 injection – Part 1: the participatory modeling approach, in: Hydrology and Earth System Sciences, 21, 2739–2750.
- Scheer, D., Konrad, W., Kissinger, A., Class, H., Noack, V., Knopf, S. (2015): Expert involvement in science development: (re-)evaluation of an early screening tool for carbon storage site characterization, in: International Journal of Greenhouse Gas Control 37, 228–236.
- Scheer, D. & Renn, O. (2014): Public Perception of Geoengineering and Its Consequences for Public Debate, in: Climatic Change 125/3-4, 305-318.
- Schmieder, L.; Scheer, D. (2021): Regenerative Kraftstoffe im System betrachtet: Zur Rolle von reFuels in Energiesystemanalysen, reFuels-Working Paper, Karlsruhe.
- Schulz, M. & Renn, O. (2009): Gruppendelphi. Konzept und Fragebogenkonstruktion. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Webler, T., Levine, D., Rakel, H. & Renn, O. (1991): The Group Delphi: A Novel Attempt at Reducing Uncertainty. Technological Forecasting and Social Change 39, 253-263.
- WD (Wissenschaftliche Dienste des Deutschen Bundestages) (2018): E-Fuels, WD 5 - 3000 - 008/18, Berlin. URL: <https://www.bundestag.de/resource/blob/544092/dab1b2ac5f0264e4b35ea370d197922e/wd-5-008-18-pdf-data.pdf>. Zugriff: 7. Dezember 2020.



6 Annex I: Fragebogen

Zur Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende

Frage 1 – ca. 20 min

Der von fossilen Kraftstoffen angetriebene Personen- und Güterverkehr trägt durch den Ausstoß von Treibhausgasen wesentlich zum Klimawandel bei. Die verwendeten Otto- und Dieselmotoren lassen sich allerdings auch regenerativ – als sogenannte „reFuels“ – herstellen und können so helfen, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

Inwiefern treffen aus Ihrer Sicht die unten genannten Aussagen zur „Rolle von regenerativen Kraftstoffen in einer nachhaltigen Verkehrswende“ zu?

Bitte bewerten Sie jede Aussage auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll zu).

| | 1 (trifft überhaupt nicht zu) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (trifft voll zu) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <i>Regenerative Kraftstoffe sind ein notwendiger und wichtiger – wenn auch kontrovers diskutierter – Baustein für eine gelingende Verkehrswende.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Regenerative Kraftstoffe sind ein in naher Zukunft (ca. 2030) verfügbarer Baustein für die Defossilisierung des Verkehrssektors.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Ohne regenerative Kraftstoffe wird eine ambitionierte Energiewende mit einer Reduktion von 95% CO₂ bis 2050 nicht gelingen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Ein Verbrennungsmotor wird auch zukünftig (bspw. für die nächsten 20 Jahre) eine wesentliche Rolle im Verkehr spielen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Im motorisierten Verkehr wird es vor allem einen Wechsel zu alternativen Antrieben (Elektromobilität und Brennstoffzelle) geben.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Regenerative Kraftstoffe als biogene und strombasierte Kraftstoffe

Frage 2 – ca. 20 min

Im Kontext regenerativer Kraftstoffe können biogene und strombasierte Kraftstoffe unterschieden werden.

Inwiefern treffen aus Ihrer Sicht die unten genannten Aussagen zum „Stellenwert biogener und strombasierter Kraftstoffe“ zu?

Bitte bewerten Sie jede Aussage auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll zu).

| | 1 (trifft überhaupt nicht zu) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (trifft voll zu) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| BIOGENE KRAFTSTOFFE | | | | | | | |
| <i>Fortschrittlichen Biokraftstoffen (ab zweite Generation) aus Altholz, Stroh, Abfall- und Reststoffen kommt eine große Bedeutung für die zukünftige Defossilisierung des Verkehrssektors zu.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Biogene Kraftstoffe sollten aus Nachhaltigkeitsgesichtspunkten nur in sehr begrenztem Umfang zum Einsatz kommen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



| | 1 (trifft überhaupt nicht zu) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (trifft voll zu) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| STROMBASIERTE KRAFTSTOFFE | | | | | | | |
| <i>Strombasierte Kraftstoffe werden zukünftig vor allem für Lkw, Langstreckenbusse, Schiffe und im Flugverkehr eingesetzt.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Strombasierte Kraftstoffe werden zukünftig im PKW-Bereich von großer Bedeutung sein (Bestand, Neufahrzeuge).</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <i>Strombasierte Kraftstoffe sind vor allem relevant für den Einsatz im motorisierten Individualverkehr im ländlichen Raum.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Wirkungsdimensionen von strombasierten Kraftstoffen

Frage 3 – ca. 25 min

Die Produktion und der Einsatz von regenerativen Kraftstoffen haben Einfluss auf den Fortgang einer nachhaltigen Verkehrswende. In diesem Kontext ergeben sich bspw. Fragen zur Art und Ort der Energieerzeugung, zur Relevanz des Imports, zur Nachhaltigkeit, Akzeptanz oder auch zum Stellenwert für den deutschen Wirtschaftsstandort.

Inwiefern treffen aus Ihrer Sicht die unten genannten Aussagen zu den verschiedenen „Wirkungsdimensionen strombasierter Kraftstoffe“ zu?

Bitte bewerten Sie jede Aussage auf einer Skala von 1 (trifft überhaupt nicht zu) bis 7 (trifft voll zu).

| | 1 (trifft überhaupt nicht zu) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (trifft voll zu) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <u>Technologieneutralität vs. -selektion</u> <i>Für eine nachhaltige Verkehrswende ist ein technologieoffener Ansatz für bspw. alternative Antriebe, regenerative Kraftstoffe usw. mit unterstützenden politischen Rahmenbedingungen notwendig.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Ort der Energieerzeugung</u> <i>Die Erzeugung erneuerbarer Energien in Europa reicht für die Herstellung von strombasierten Kraftstoffen für einen umfassenden Einsatz in Deutschland aus.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Relevanz des Imports</u> <i>Der überwiegende Teil von strombasierten Kraftstoffen wird aus dem außereuropäischen Ausland importiert werden müssen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Stellenwert strombasierter Kraftstoffe für Speicherung und Flexibilität</u> <i>Strombasierte Kraftstoffe eignen sich zum Speichern von überschüssiger Energie und werden deswegen zur Stabilisierung des Energiesystems beitragen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



| | 1 (trifft über- haupt nicht zu) | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 (trifft voll zu) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <u>Akzeptanz</u> <i>Aufgrund eines geringen strukturellen Anpassungsprozesses bei Infrastruktur, Konsuminvestitionen und Verbraucher*innenverhalten werden strombasierte Kraftstoffe in hohem Maße gesellschaftlich akzeptiert.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Nachhaltigkeit</u> <i>Strombasierte Kraftstoffe sind nur dann klimapolitisch akzeptabel, wenn bei der Produktion ausschließlich erneuerbare Energie sowie biogenes oder aus der Luft abgetrenntes CO₂ zum Einsatz kommen.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Wirtschaftlichkeit</u> <i>Strombasierte Kraftstoffe werden in absehbarer Zeit (< 10 Jahre) preislich mit fossilem Diesel und Benzin konkurrieren können und wettbewerbsfähig sein.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <u>Rolle für den deutschen Wirtschaftsstandort</u> <i>Strombasierte Kraftstoffe helfen beim Gelingen der Transformation der deutschen Automobilwirtschaft.</i> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Politische Rahmensetzung

Frage 4 – ca. 10 min

Eine umfassende Transformation des Verkehrssystems in Richtung Klimaschutz und Nachhaltigkeit kann nur gelingen, wenn zielorientierte politische Handlungsoptionen und aufeinander abgestimmte Maßnahmenpakete die Verkehrswende herbeiführen.

Bitte nennen Sie wichtige politische Instrumente, die für einen zukünftigen Markthochlauf von regenerativen Kraftstoffen aus Ihrer Sicht notwendig sind.



Verständnis einer nachhaltigen Verkehrswende

Frage 5 – ca. 10 min

Verkehr vermeiden, verlagern und verbessern – das sind die drei wesentlichen Strategien für eine nachhaltige Verkehrswende.

*Wie wichtig sind die drei Strategien für die Zielerreichung einer nachhaltigen Verkehrswende aus Ihrer Perspektive?
Bringen Sie diese bitte in eine Rangfolge von 1 bis 3.*

| | Rang 1 – 3 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Vermeiden – d.h. Verkehrsaufkommen vermeiden, wann bzw. wo immer es möglich erscheint. | |
| Verlagern – d.h. Verkehr nach Möglichkeit auf umweltfreundliche Verkehrsmittel und -wege wie bspw. Bus und Bahn, das Fahrrad und Fußwege verlagern. | |
| Verbessern – d.h. Verkehr technisch verbessern, bspw. durch regenerative Kraftstoffe, Antriebstechnologien, intelligente Verkehrsleitsysteme, usw. | |

Abschließende Betrachtung

Frage 6 – ca. 5 min

Wenn Sie zum Abschluss den Fragebogen und die Diskussion in Ihrer Gruppe einmal insgesamt betrachten:

Sind wichtige Aspekte zu regenerativen Kraftstoffen nicht thematisiert worden?

JA

NEIN

Wenn ja, welche?