



Dokumentation

E-Fuels

E-Fuels

Aktenzeichen: WD 5 - 3000 - 008/18
Abschluss der Arbeit: 22. Januar 2018
Fachbereich: WD 5: Wirtschaft und Verkehr; Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzuzeigen und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Fragestellung	4
2.	Zum Begriff „E-Fuels“	4
3.	Beschreibung der Verfahrenstechnik	6
4.	Power-to-Gas Pilotprojekte	7
4.1.	Audi e-gas	9
4.2.	Sunfire - Blue Crude	10
4.3.	Leuchtturmprojekt Power-to-Gas Baden-Württemberg	10
5.	BMBF zu Vorteilen und Rentabilität	10
6.	Sachverständigenrat für Umweltfragen zu Verwendungsmöglichkeiten, Wirkungsgrad und Kosten	11
7.	Verkehrsministerium von Baden-Württemberg	13
8.	Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena)	14
8.1.	“E-FUELS” Study (2017)	14
8.2.	Potenzialatlas Power to Gas	16
8.3.	Fachbroschüre: Systemlösungen	17
8.4.	Thesenpapier zu Wirtschaftlichkeitsaspekten	17
9.	Kritik an der “E-FUELS” Study (2017), Gegenstudie im Auftrag von Transport & Environment	17
10.	Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA)	18
11.	Prognos AG, Fraunhofer UMSICHT und DBFZ	19
12.	Produktionskosten und Wirtschaftlichkeit	20
13.	Vorschlag für ein Markteinführungsprogramm für Power- to-X-Technologien	24
14.	Weitere Akteure und Stimmen zu E-Fuels	25

1. Fragestellung

Aufgrund der Aktualität des Themas, der engen Zeitvorgabe und des Themenumfangs konnten nachfolgende Fragen zum aktuellen technischen Stand zur Herstellung von E-Fuels, den Herstellungsverfahren, zum Wirkungsgrad, zum Entwicklungspotential, zur Umweltverträglichkeit und insbesondere zur Wirtschaftlichkeit nur cursorisch beantwortet werden.

2. Zum Begriff „E-Fuels“

Zur Betonung der Aktualität des Themas wird ein Zitat aus dem Aufsatz von Hansson et al. (2017) „The Potential for Electrofuels Production in Sweden“ vorangestellt:

“However, neither government nor academia have explored electrofuels (i.e., power-to-gas/fuels or synthetic hydrocarbons produced from CO₂ and water using electricity), extensively. Interest in electrofuels is on the rise, both in the literature (...) and in terms of demonstration plants in the EU, in some cases, including CO₂ capture (...).”¹

E-Fuels (Electrofuels) werden auch als stromgenerierte Kraftstoffe bzw. strombasierte Kraftstoffe oder auch als alternative Kraftstoffe, Designer-Kraftstoffe oder synthetische Kraftstoffe (Synthetic fuels - Synfuels) bezeichnet, einzelne Kraftstoffe z.B. auch als synthetisches Erdgas (engl. Synthetic Natural Gas – SNG). Die Begriffe sind in der Literatur allerdings nicht immer deckungsgleich.² Zu synthetischen Kraftstoffen bzw. E-Fuels erklärt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Folgendes:

„Synthetische Kraftstoffe - auch e-fuels genannt - werden im Gegensatz zu Benzin und Diesel nicht aus Erdöl, sondern aus erneuerbarem Strom und CO₂ gewonnen. Sie können aber wie Benzin oder Diesel in Verbrennungsmotoren eingesetzt oder diesen beigemischt werden. Dabei handelt es sich um Verbindungen mit Namen wie Oxymethylenether (kurz: OME) oder n-Octanol. Diese Verbindungen verbrennen nahezu rußfrei und erlauben es daher, Motoren so zu verbessern, dass sie in der Gesamtbilanz sehr viel weniger CO₂ und fast keinen Feinstaub oder Stickstoffoxid emittieren. (...)

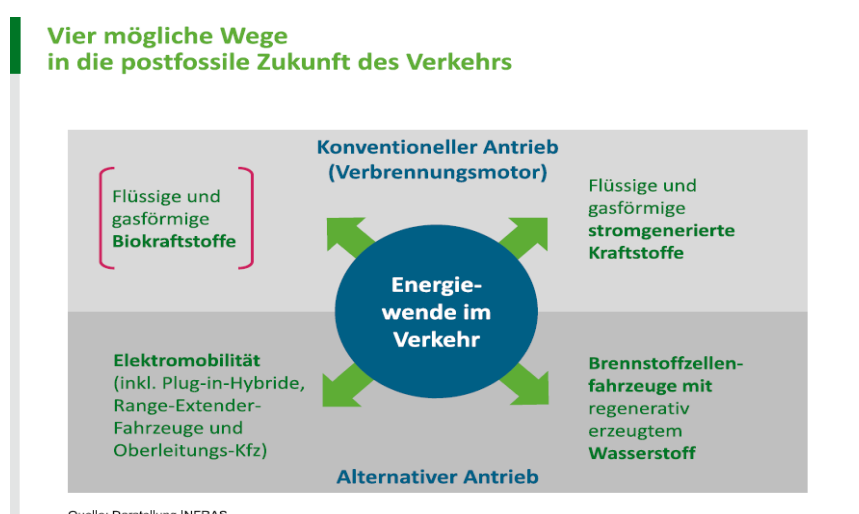
Hergestellt werden können sie aus verschiedenen Rohstoffen: aus fossilen Quellen und Biomasse, vor allem aber auch aus CO₂, Wasser und regenerativ erzeugtem Strom. (...) Werden nämlich synthetische Kraftstoffe aus Biomasse oder regenerativen Energien gewonnen, ist ihre

1 Hansson, Julia et al. (2017). The Potential for Electrofuels Production in Sweden. Utilizing Fossil and Biogenic CO₂ Point Sources. Front. Energy Res., 13 March 2017. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2017.00004/full>

2 „Synfuels can be produced from coal, natural gas, or biomass feedstocks through chemical conversion into syn-crude and/or synthetic liquid products. Huge industrial facilities gasify the feedstocks to produce synthesis gas (carbon monoxide and hydrogen) as an initial step. Synfuel plants commonly employ the Fischer-Tropsch process, with front-end processing facilities that vary, depending on the feedstock.“ Energy Information Administration. Annual Energy Outlook 2006. <https://www.eia.gov/outlooks/archive/aeo06/pdf/issues.pdf>

*CO₂-Bilanz nahezu neutral, da nur so viel CO₂ ausgestoßen wird, wie für ihre Produktion gebraucht wurde. Das benötigte CO₂ kann dabei entweder direkt aus der Atmosphäre gewonnen, oder bei Industrieprozessen wie der Stahlproduktion abgefangen werden. (...)*³

In seinem Vortrag „Verkehrsentwicklung zwischen Erdölabhängigkeit und Klimaschutz“ verweist Mönch (2017) auf vier mögliche Wege in die postfossile Zukunft des Verkehrs. „Flüssige und gasförmige stromgenerierte Kraftstoffe“ sind hierbei ein möglicher Weg, und sie können in einem konventionellen Verbrennungsmotor genutzt werden:



Quelle: Mönch, Lars (2017).⁴

Die Verfahren zur Herstellung von E-Fuels sind u. a. Power to Liquid (PtL)⁵ bzw. Power to Gas (PtG, P2G)⁶ oder auch Power to X⁷ bzw. Power to Fuels (P2F).

3 Synthetische Kraftstoffe. <https://www.bmbf.de/de/synthetische-kraftstoffe-5040.html>

4 Mönch, Lars (2017). Vortrag beim Forum Energiewende am 17. Januar 2017. Verkehrsentwicklung zwischen Erdölabhängigkeit und Klimaschutz. http://www.energie-wende-erlangen.de/wp-content/uploads/2017/01/Forum_Energiewende_Mobilitaetswende_Moench_UBA_17012017.pdf

5 „Als Power-to-Liquid (PtL)-Kraftstoff wird ein flüssiger Kraftstoff aus regenerativen Energien bezeichnet, der mit Hilfe von Strom aus erneuerbaren Energien (insb. Sonnenenergie) und Kohlenstoffdioxid hergestellt wird. Hierbei wird aus Kohlenstoffdioxid bei der Elektrolyse Wasserstoff erzeugt. Mittels chemischer Reaktion werden dann der Wasserstoff und das Kohlenstoffdioxid in flüssige Treibstoffe umgewandelt. Im November 2016 wurde in Finnland eine Kompaktanlage zur PtL-Produktion in Pilotbetrieb genommen. Die mobile Anlage produziert Benzin, Diesel und Kerosin aus regenerativem Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid, das aus der Luft gefiltert wird.“ BT-Drs. 18/13299, S. 9. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/132/1813299.pdf>

6 Siehe auch: Deutscher Bundestag (2012). Wissenschaftliche Dienste. Aktueller Begriff. Power to Gas. Mathias Kersten. Fachbereich WD 8. Aktualisierte Fassung vom 11. Dezember 2012. https://www.bundestag.de/blob/192428/c2cf809dd7287c6e8096c23caee03210/power_to_gas-data.pdf

7 PtX=Power-to-Anything. „Das „X“ steht für die vielen Möglichkeiten, Stoffe im Rahmen dieser Elektrolyse- und Katalyseprozesse zu erzeugen; Kraftstoffe können es ebenso sein wie Kunststoffe oder Zwischenprodukte der Chemieindustrie.“ (<https://www.helmholtz.de/energie/power-to-x/>).

Das baden-württembergische Ministerium für Verkehr benennt in einer Stellungnahme zur „*Mobilität der Zukunft – Bewertung der Elektromobilität und alternativer Kraftstoffe*“ vom 24. Oktober 2016 folgende „*Herstellungswege für stromgenerierte Kraftstoffe („e-Fuels“)*“:

- „• *Wasserstoff, der durch Elektrolyse von Wasser hergestellt wird – als Power-to-Gas-Wasserstoff bezeichnet (kurz: PtG-Wasserstoff);*
- *Methan, das durch Methanisierung von Wasserstoff hergestellt wird, wobei der Wasserstoff durch Elektrolyse erzeugt wird – als Power-to-Gas-Methan bezeichnet (kurz: PtG-Methan);*
- *Synthetischer Kraftstoff, der über Fischer-Tropsch (FT)-Synthese hergestellt wird, bei der wiederum der benötigte Wasserstoff per Strom-Elektrolyse gewonnen wird – als Power-to-Liquid bezeichnet (kurz: PtL).“⁸*

3. Beschreibung der Verfahrenstechnik

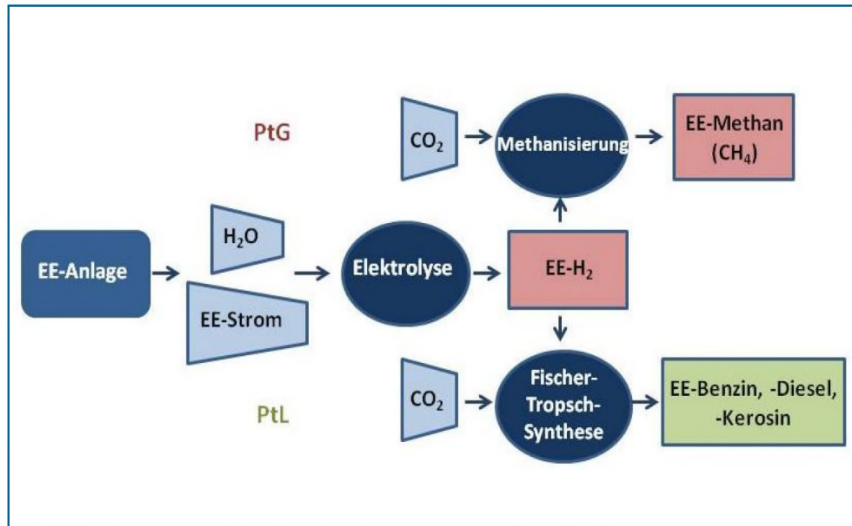
Die nachfolgende „*Kurzbeschreibung der PtG/PtL – Technik*“ wurde dem Positionspapier des Umweltbundesamtes „*Integration von Power to Gas/Power to Liquid in den laufenden Transformationsprozess*“ vom März 2016 entnommen:

„*Unter Power to Gas (PtG) verstehen wir die Bereitstellung von Wasserstoff sowie Methan und unter Power to Liquid (PtL) die Bereitstellung flüssiger Kraftstoffe mithilfe von Strom. Ihnen gemeinsam ist die Wasserelektrolyse als erstem technischem Schritt. Hierbei wird mit Strom Wasser (H₂O) in Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O₂) gespalten. Der bereitgestellte Wasserstoff kann direkt oder als Speichermedium für energetische und stoffliche Anwendungen genutzt werden. Darüber hinaus kann aus Wasserstoff in einer katalytischen Synthese - oder in einer biologischen Synthese in Biogasanlagen - mit Kohlendioxid (CO₂) Methan erzeugt werden. Zur Herstellung wird zunächst ein Wasserstoff/ Kohlenmonoxid oder Wasserstoff/Kohlendioxid -Gemisch erzeugt und in einer Synthese zu Kohlenwasserstoffen umgewandelt. Hierfür stehen verschiedene Synthesen, z. B. die Fischer-Tropsch-Synthese oder die Methanolsynthese zur Verfügung. Bei der Fischer-Tropsch-Synthese entsteht eine Mischung aus verschiedenen langkettigen Kohlenwasserstoffen, welche weiter aufbereitet werden muss. Die Methanolsynthese verläuft bei moderaten Bedingungen und besonders selektiv mit sehr hoher Produktreinheit. Der energetische Wirkungsgrad der verschiedenen Techniken nimmt dabei von Wasserstoff über Methan hin zu den flüssigen Kraftstoffen ab. Perspektivisch sind auch andere technische Lösungen denkbar, um synthetische Energieträger herzustellen, bei denen der Wasserstoff nicht an den Kohlenstoff, sondern anderweitig gebunden wird. Das kann u. a. die chemische Bindung des Wasserstoffs in der etablierten Ammoniaksynthese sein. Eine andere Möglichkeit, die sich derzeit im Demonstrationsstadium befindet, besteht in der reversiblen Bindung des Wasserstoffs in LOHC-Substanzen (Liquid Organic Hydrogen Carriers).“⁹*

8 Antrag der Abg. Jochen Haußmann u. a. FDP/DVP und Stellungnahme des Ministeriums für Verkehr Mobilität der Zukunft – Bewertung der Elektromobilität und alternativer Kraftstoffe. http://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/0000/16_0851_D.pdf

9 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/position_power_to_gas-power_to_liquid_web.pdf

Die nachfolgende Grafik zeigt eine vereinfachte Darstellung zu PtG und PtL:



Quelle: eigene Darstellung, nach: DLR, ifeu, LBST, DBFZ 2013.

Quelle: Mönch, L. (2017).¹⁰

Detaillierte Erläuterungen zu den **einzelnen Verfahren der Kraftstoffproduktion**: zur **Elektrolyse**, zur **Methanisierung** und zur **Fischer-Tropsch-Synthese** finden sich auch auf den Seiten 18ff einer Publikation des Öko-Instituts e.V. „*Working Paper. Strombasierte Kraftstoffe im Vergleich – Stand heute und die Langfristperspektive (Aktualisierte Fassung)*“ von Kasten et al. (2013) unter folgendem Link:

<https://www.oeko.de/oekodoc/1826/2013-496-de.pdf>

Ausführlich hier auch Zapf, Martin (2017). Stromspeicher und Power-to-Gas im deutschen Energiesystem. Rahmenbedingungen, Bedarf und Einsatzmöglichkeiten. Springer Vieweg. (Kapitel 3. Power-to-Gas – Stand der Technik und Einsatzmöglichkeiten S. 165 – 263.)¹¹

4. Power-to-Gas Pilotprojekte

Auf der Strategieplattform Power to Gas der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) heißt es:

„In Deutschland gibt es derzeit über 20 Forschungs- und Pilotanlagen, in denen das Power-to-Gas-Verfahren eingesetzt und weiterentwickelt wird. Die Projekte haben unterschiedliche Schwerpunkte und Ziele. Bei allen geht es darum, die technische Machbarkeit zu demonstrieren,

10 Mönch, Lars (2017). Vortrag beim Forum Energiewende am 17. Januar 2017. Verkehrsentwicklung zwischen Erdölabhängigkeit und Klimaschutz. http://www.energiwende-erlangen.de/wp-content/uploads/2017/01/Forum_Energiewende_Mobilitaetswende_Moench_UBA_17012017.pdf

11 Bibliothekssignatur P 5151783.

Standardisierung und Normierung zu erreichen, die Kosten zu senken und Geschäftsmodelle zu erproben.“¹²

Nachfolgend finden sich die Pilotprojekte im Überblick:

- „Windgas Haßfurt
- GrInHy
- Leuchtturmprojekt Power-to-Gas Baden-Württemberg
- Wasserstofftankstelle Stuttgart Talstraße
- „Smart Grid Solar“ - ZAE Bayern und Bayerisches Speichertestzentrum Arzberg betreiben Plattform für Erneuerbare Energien
- Hochschule Ostwestfalen-Lippe forscht im Projekt bioCONNECT
- Rieselbettreaktor GICON-Großtechnikum
- Extyron Zero-Emission-Wohnpark
- WindGas Hamburg
- Exytron Demonstrationsanlage
- WindGas Falkenhagen
- Windpark RH2-WKA
- Hybridkraftwerk Prenzlau
- Audi e-gas Projekt
- Wasserstofftankstelle Hafen City
- H2Herten
- RWE-Demonstrationsanlage Ibbenbüren
- Multi-Energie-Tankstelle
- H2-Forschungszentrum der BTU Cottbus
- HYPOS
- sunfire
- CO2RRECT
- Pilotanlage Allendorf
- Power to Gas Biogasbooster
- Power-2-Hydrogen-Tankstelle Hamburg
- BioPower2Gas
- Methanisierung am Eichhof
- Energiepark Mainz
- Thüga
- ZSW
- Viessmann Power-to-Gas im Eucolino”¹³

Nachstehend finden sich nähere Informationen zu den Pilotprojekten Audi e-gas, sunfire und dem Leuchtturmprojekt Power-to-Gas Baden-Württemberg.

12 <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/>

13 <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/>

4.1. Audi e-gas

Im Jahr 2012 baute Audi die „weltweit erste e-gas-Anlage“¹⁴. Sie ist die derzeit größte PtG-Anlage und wird in Werlte betrieben. Es handelt sich um eine 6 MW Elektrolyse-Anlage.¹⁵ Graf/Trimis (2017) erläutern hierzu:

„Der erzeugte Wasserstoff wird in einer katalytischen Methanisierung gemeinsam mit Kohlenstoffdioxid aus einer nahegelegenen Biogasaufbereitungsanlage zu Methan umgewandelt und in das Gasnetz der EWE AG eingespeist. Aufgrund einer umfangreichen Wärmeintegration liegt der energetische Gesamtwirkungsgrad der Anlage bei ca. 70 %. Durch Kooperation mit Windkraftanlagen kann garantiert werden, dass ausschließlich EE-Strom eingesetzt wird. Seit Juli 2015 ist die Anlage auch für den Regelleistungsmarkt präqualifiziert.“¹⁶

Der Audi A3 g-tron „kann mit von Audi hergestelltem, synthetischem Methan angetrieben werden. Audi erfasst die vom Kunden getankten Gasmengen mit der Audi e-gas Tankkarte und stellt sicher, dass genau diese Menge an synthetischem Methan von den Power to Gas-Anlagen in Werlte (Niedersachsen) und Allendorf (Hessen) in das Gasnetz eingespeist wird. Um wettbewerbsfähig zu werden, muss synthetisches Methan aus Power to Gas-Anlagen zumindest zu ähnlichen Verkaufspreisen wie Biomethan vermarktet werden können. Diese liegen aktuell zwischen 0,05 und 0,08 €/kWh.“¹⁷

Weitere Informationen zur Audi-e-gas Anlage in Werlte finden sich bei:

Götze, Thomas (2017). Die Audi-e-gas Anlage in Werlte ein P2G-Projekt am Standort einer Biogasanlage. Hannover, 8. November 2017. https://www.efzn.de/fileadmin/Veranstaltungen/NET/2017/Vortrag/2017-11-08_G%C3%B6tze_EWE_NETZ_Werlte_NEU.pdf

14 <https://blog.audi.de/audi-baut-weltweit-erste-e-gas-anlage/>

15 Vgl. S. 45. <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband/tagungsband-ake-2017.pdf>

16 Graf, Frank; Trimis, Dimos (2017). Power to Gas Konzepte für die Energiewende. In: Arbeitskreis Energie in der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Energie. Herausforderungen der Energiewende. Vorträge auf der DPG-Tagung 2017 in Münster. Herausgegeben von Hardo Bruhns. Bad Honnef, August 2017. S. 45. <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband/tagungsband-ake-2017.pdf> <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband/tagungsband-ake-2017.pdf>; siehe auch <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/audi-e-gas-projekt/>;

Auch das baden-württembergische Verkehrsministerium verweist in seiner Stellungnahme auf das „Pilotprojekt von Audi in Niedersachsen („Audi e-gas“), bei dem „synthetisches Erdgas“ erzeugt wird.“ Stellungnahme des Ministeriums für Verkehr Mobilität der Zukunft – Bewertung der Elektromobilität und alternativer Kraftstoffe. http://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/0000/16_0851_D.pdf

17 Schenuit, Carolin et al. (2016). Potenzialatlas Power to Gas. Klimaschutz umsetzen, erneuerbare Energien integrieren, regionale Wertschöpfung ermöglichen. Juni 2016. http://www.powertogas.info/fileadmin/content/Downloads_PtG_neu/Potenzialatlas/dena_Potenzialatlas_PowerToGas_2016-07-01.pdf

4.2. Sunfire - Blue Crude

Die Firma Sunfire aus Dresden stellt Blue Crude her.¹⁸ Das BMBF erläutert, bei Blue Crude handle es sich um einen synthetischen Kraftstoff (Diesel) aus Kohlendioxid, Wasser und Ökostrom, der besonders sauber verbrenne:

„Das Verfahren, (...), heißt "Power-to-Liquid (PtL)" und wurde von der Firma Sunfire in Dresden entwickelt. Dabei wird der „Abfallstoff“ Kohlendioxid (CO₂) durch chemische Prozesse so verändert, dass er wieder als Rohstoff für die chemische Industrie verwendet werden kann. Zusätzlicher Vorteil ist, dass die Anlage mit Ökostrom betrieben wird.“¹⁹

Des Weiteren liegt eine Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 14. Juni 2017 zum „Kraftstoff Blue Crude - Nachhaltige Alternative zum Erdöl?“²⁰ als **ANLAGE 1** bei.

4.3. Leuchtturmprojekt Power-to-Gas Baden-Württemberg

„Beim Leuchtturmprojekt PtG BW liegt der Fokus auf der Erzeugung von regenerativem Wasserstoff aus Ökostrom, der (...) aus Wasserkraft gewonnen wird. Der Wasserstoff wird als Kraftstoff für den Antrieb von Brennstoffzellenfahrzeugen zur Verfügung gestellt.“²¹

Im Positionspapier des Umweltbundesamtes vom März 2016 wird auf Folgendes hingewiesen:

„In Island wird bereits eine Power to Liquid-Anlage zur Erzeugung von Methanol kommerziell betrieben. Kommerzielle Anlagen für die Erzeugung längerkettiger Kohlenwasserstoffe gibt es derzeit in Deutschland noch nicht. Bis zum großtechnischen Markteinsatz der PtG-/PtL Technik bestehen noch erhebliche Forschungsfragen und Entwicklungsbedarf (...).“²²

5. BMBF zu Vorteilen und Rentabilität

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) beschreibt die Vorteile der E-Fuels, konstatiert aber auch eine fehlende Rentabilität der derzeitigen Verfahren:

18 https://business-saxony.com/sixcms/media.php/78/Saxony_Competence_Atlas_Energy_Innovations.pdf

19 BMBF (2015). Vom Klimakiller zum Kraftstoff: CO₂. <https://www.bmbf.de/de/vom-klimakiller-zum-kraftstoff-1147.html>

20 Antrag der Abg. Karl Rombach u. a. CDU und Stellungnahme des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg „Kraftstoff Blue Crude - Nachhaltige Alternative zum Erdöl?“ http://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/2000/16_2207_D.pdf

21 <http://www.ptg-bw.de/>

22 Purr, Katja et al. (2016). S. 19. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/position_power_to_gas-power_to_liquid_web.pdf

„Wenn es also gelingt, synthetische Kraftstoffe in großen Mengen herzustellen, würden Autos künftig weniger Schadstoffe ausstoßen. Es hätte zudem den Vorteil, dass sie nur wenig umgebaut werden müssten - anders als bei der Umstellung auf Elektroantrieb. Zudem könnten synthetische Kraftstoffe auch in Schiffen, Flugzeugen oder Lastwagen zum Einsatz kommen – also dort, wo Batterien voraussichtlich auch in Zukunft nicht die herkömmlichen Antriebe ersetzen können. Ein weiterer Vorteil ist, dass Tankstellen bestehen bleiben könnten. (...)

Und noch etwas spricht für die e-fuels: Ähnlich wie Benzin oder Diesel lassen sie sich sehr gut für längere Zeit lagern – anders als Strom, der aus Wind und Sonne erzeugt wurde. Es ist sogar möglich, dass an Tagen mit viel Sonnenschein und viel Wind überschüssiger Strom aus erneuerbaren Energien zu synthetischen Kraftstoffen verarbeitet wird. (...)

Noch besteht einiger Forschungsbedarf, vor allem wenn es darum geht, synthetische Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien und CO₂ in großen Anlagen herzustellen. Erste kleine Anlagen konnten bisher nur einige Liter Kraftstoff liefern. Auch ist bekannt, dass synthetische Kraftstoffe sich in bestimmten Eigenschaften von fossilen Kraftstoffen unterscheiden und somit unter Umständen Anpassungen des Motors nötig machen - zum Beispiel an Dichtungen oder an der Einspritzpumpe. Tatsache ist auch: Bei den derzeitigen Verfahren und den aktuellen Rohölpreisen sind synthetische Rohstoffe wirtschaftlich nicht rentabel.“²³

6. Sachverständigenrat für Umweltfragen zu Verwendungsmöglichkeiten, Wirkungsgrad und Kosten

Im Sondergutachten des Sachverständigenrates für Umweltfragen „Den Strommarkt der Zukunft gestalten“ vom 23. Dezember 2013 wird zu PtG Folgendes konstatiert:

„Der Umwandlung von Strom aus erneuerbaren Energien in Wasserstoff (H₂) oder Methan (CH₄) – Power to-Gas (PtG) – werden in der aktuellen Debatte die größten Entwicklungspotenziale zugeschrieben. Dies begründet sich vor allem mit der Möglichkeit, Wasserstoff oder regenerativ erzeugtes Gas direkt zu nutzen oder über einen langen Zeitraum zu speichern und – vor allem im Fall von Methan – dabei die bestehende Erdgasinfrastruktur umfassend nutzen zu können (...).

Die PtG-Technologie ist teurer und stärker verlustbehaftet als andere Speichertechnologien. Der Einsatz von PtG zur Rückverstromung ist wirtschaftlich erst dann sinnvoll, wenn effizientere Technologien zum Lastausgleich ausgeschöpft sind. Hinzu kommt, dass das erzeugte Gas auch direkt in anderen Bereichen, vor allem zur Wärmeerzeugung, genutzt werden kann. PtG bietet aber vielfältige andere Verwendungsmöglichkeiten. Aus CO₂ und Wasser lassen sich mit genügend hohem Energieeinsatz die wichtigsten Kohlenwasserstoffe (CxHy) synthetisieren (...). Methan kann mittels weiterführender Synthesen zu höherkettigen Kohlenwasserstoffen wie Ethylen, Propylen und sogar zu synthetischen Kraftstoffen – Power-to-Liquid (PtL) – weiterverarbeitet werden. Auch direkte Syntheserouten sind denkbar. Die somit regenerativ erzeugten Kohlenwasserstoffe können neben der energetischen Nutzung in Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen vielseitig industriell eingesetzt werden, beispielsweise als zentrale

Synthesebausteine in der chemischen Industrie. Kohlenwasserstoffe in gasförmiger oder flüssiger Form eignen sich aufgrund hoher Energiedichten für den weltweiten Transport in bewährten Logistikinfrastrukturen. (...).

Der Wirkungsgrad der PtG-Technologie variiert je nach Einsatzbereich. Der Wirkungsgrad bei der Rückverstromung regenerativ erzeugten Methans liegt insgesamt lediglich bei etwa 30 %, bei der direkten Nutzung von Methan als Gas, etwa im Wärmenetz, hingegen liegt der Wirkungsgrad bei 45 bis 55 %. Eine Steigerung des Wirkungsgrades kann durch die Nutzung der bei Elektrolyse und Methanisierung anfallenden Wärme erreicht werden (...). Wird der im ersten Schritt erzeugte Wasserstoff rückverstromt, wird ein Wirkungsgrad von etwa 50 % erreicht (...). Die Erzeugung synthetischer Kraftstoffe für den Verkehrssektor vermindert den Wirkungsgrad ebenfalls deutlich und wird mit gut 50 % angenommen. Jedoch befindet sich dieses Verfahren noch in der Entwicklungsphase, es wird von einer Steigerung des Wirkungsgrades auf etwa 70 % ausgegangen (...). Hinzu kommt, dass die Gesamteffizienz des eingesetzten Stroms bei der Nutzung synthetischer Kraftstoffe durch den verhältnismäßig niedrigen technisch bedingten Wirkungsgrad von Ottomotoren bei etwa 25 % liegt. Insgesamt sollte zunächst fossiles Erdgas durch erneuerbaren Strom substituiert werden, wie es zum Beispiel im Wärmebereich der Fall ist („Power-to-Heat“). Aufgrund der geringen Wirkungsgrade ist es in der Nutzungsabfolge erst später sinnvoll, Strom aus erneuerbaren Energien mit hohen Verlusten in Gas umzuwandeln. Bei der Nutzung dieses regenerativ erzeugten Methans sollte dann jenen Anwendungen der Vorzug gegeben werden, die die höchsten Wirkungsgrade aufweisen. Die Kosten der Methanherstellung setzen sich im Wesentlichen aus den Kosten des umzuwandelnden Stroms, der Elektrolyse, der Methanisierung sowie der Gewinnung des für die Methanisierung notwendigen CO₂ zusammen (...). Dabei wird davon ausgegangen, dass die anlagenbezogenen Investitionskosten im Zeitverlauf durch technologische Weiterentwicklung, zunehmende Anlagengröße sowie eine gesteigerte Marktreife und -durchdringung sinken werden (...).“²⁴

Auch Schmidt et al. (2016) stellen fest, „dass andere Regionen in der Welt über weitaus größere technische Potenziale zur EE-Stromproduktion – und daraus erzeugbaren PtX-Kraftstoffen – verfügen, die ebenso nachhaltig wie in Deutschland erschlossen werden können und darüber hinaus auch mit geringeren EE-Stromerzeugungskosten und Akzeptanzfragen behaftet sind. Man denke hierbei nur an Regionen wie Nordafrika, Patagonien oder Australien. Die hohen Energiedichten machen den Transport großer Energiemengen über weite Entfernungen möglich, insbesondere von PtX-Kraftstoffen (...).“²⁵

24 S. 30f. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/002/1800281.pdf>

25 Schmidt, P.; Raksha, T. (LBST); Jöhrens, J.; Lambrecht, U. (IFEU); Gerhardt, N.; Jentsch, M. (IWES) (2016). MKS-Studie. Analyse von Herausforderungen und Synergiepotenzialen beim Zusammenspiel von Verkehrs- und Stromsektor im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). S. 137. http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/studie-zusammenspiel-verkehrs-stromsektor.pdf?__blob=publicationFile

7. Verkehrsministerium von Baden-Württemberg und das Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

In der Stellungnahme des Verkehrsministeriums von Baden-Württemberg wird zu Emissionen und Wirtschaftlichkeit Folgendes dargestellt:

„Flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die mit regenerativem Strom synthetisch erzeugt werden, verursachen bei der Herstellung keine Treibhausgasemissionen. Allerdings ist ein Nachteil, dass der Herstellungsprozess derzeit mit einem hohen Energieeinsatz und schlechtem Wirkungsgrad verbunden ist. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass zwar eine CO₂-Neutralität erreicht werden kann, aber beim Einsatz in Verbrennungsmotoren weiterhin Schadstoffemissionen entstehen. (...) Übergeordnetes Ziel ist die Weiterentwicklung der Power-to-Gas-Technologie hin zu mehr Effizienz und niedrigeren Kosten. (...) Grundsätzlich ist es als sinnvoll zu bewerten, wenn überschüssiger regenerativer Strom (der nicht in das Stromnetz eingespeist werden kann) für Power-to-Gas-Verfahren genutzt wird. Allerdings steht auf absehbare Zeit kein überschüssiger regenerativer Strom in für den Verkehrssektor relevanter Menge zur Verfügung. Zudem sind die für die Umwandlung des überschüssigen Stroms in Kraftstoffe notwendigen Anlagen nur dann wirtschaftlich zu betreiben, wenn sie ganzjährig betrieben werden. Wird der Betrieb z. B. auf Zeiten von Stromüberschüssen beschränkt, ist eine Wirtschaftlichkeit nur bei hoher Förderung darstellbar.“²⁶

Das Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) antwortete auf eine Kleine Anfrage am 14. März 2017:

„Sofern für die Elektrolyse Strom eingesetzt wird, der nicht 100 Prozent aus den erneuerbaren Energieträgern Wind und Sonne stammt, trägt Power to Gas zu Treibhausgas-Emissionen allein dadurch bei, dass der erzeugte Strom nicht treibhausgasneutral ist. Betrachtet man jedenfalls den derzeitigen Wirkungsgrad von Power-to-Gas-Verfahren könnte der verstärkte Einsatz von Power to Gas zu höheren Treibhausgas-Emissionen führen, weil nicht ausreichend Strom aus erneuerbaren Energien für die Elektrolyse zur Verfügung stehen würde. Zu den Prozessemissionen von Power-to-Gas-Technologien liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.“²⁷

Des Weiteren heißt es dort:

26 Antrag der Abg. Jochen Haußmann u. a. FDP/DVP und Stellungnahme des Ministeriums für Verkehr Mobilität der Zukunft – Bewertung der Elektromobilität und alternativer Kraftstoffe. LT-Drs. 16/851. http://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/0000/16_0851_D.pdf

27 BT-Drs. 18/11518. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/115/1811518.pdf>

„Die Einspeisung von synthetischem Methan in die Gasinfrastruktur ist ohne jede Einschränkung möglich. Eine Einspeisung von bis zu 10 Prozent elementaren Wasserstoffs ist unter Beachtung des DVGW²⁸-Regelwerk möglich.“²⁹

8. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)

Nachfolgend finden sich Hinweise auf zwei Studien der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena). Die „E-FUELS“ Study (2017) entstand in Zusammenarbeit mit der Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH im Auftrag des Verbands der Deutschen Automobilindustrie (VDA). Der „Potentialatlas Power to Gas“ entstand mit Unterstützung der Partner der dena Strategieplattform Power to Gas. Des Weiteren wird auf die Fachbroschüre „Systemlösung Power to Gas. Chancen, Herausforderungen und Stellschrauben auf dem Weg zur Marktreife“ aus dem Jahr 2015 hingewiesen und auf das Thesenpapier zu Wirtschaftlichkeitsaspekten aus dem Jahr 2012.:

8.1. „E-FUELS“ Study (2017)

Siegemund, Stefan et al. (2017). „E-FUELS“ Study. The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU. An expertise by LBST and dena. (Ludwig-Bölkow Systemtechnik GmbH und Deutsche Energie-Agentur GmbH). November 2017. Abrufbar unter:

<https://www.vda.de/de/services/Publikationen/%C2%ABe-fuels%C2%BB-study---the-potential-of-electricity-based-fuels-for-low-emission-transport-in-the-eu.html>

Die Kernaussagen der Studie von Siegemund et al. (2017), die der Zusammenfassung entnommen wurden, finden sich nachfolgend:

- *„E-Fuels sind notwendig, um die EU-Klimaschutzziele des Verkehrssektors zu erreichen.*
- *Der Endenergiebedarf aller Verkehrsträger der EU wird im Jahr 2050 selbst in einem stark batterieelektrifizierten Verkehrsszenario zu mehr als 70 % von E-Fuels gedeckt werden. Der größte Teil dieser E-Fuels wird dabei für den Flug-, Schiff- und Straßengüterverkehr benötigt.*
- *Die Verkehrsentwicklung ist die wesentliche Einflussgröße für die Energienachfrage in allen Szenarien. Insbesondere das zu erwartende, hohe Wachstum von Straßenschwerlastverkehr, Seeschifffahrt und Luftverkehr führt zu einem zusätzlichen Energiebedarf. Die Nachfrage nach erneuerbarem Strom, um den gesamten EU-Verkehrssektor im Jahr 2050 im Rahmen der untersuchten Szenarien mit klimaneutralen Kraftstoffen zu versorgen, könnte die heutige EU-Stromproduktion um den Faktor 1,7 (eDRIVES/Low/95%) bis Faktor 3 übersteigen (PTL/High/80%).*
- *In Europa besteht ein ausreichendes technisches Potenzial zur erneuerbaren Stromproduktion, um den langfristigen Bedarf an Transportenergie und E-Fuels zu decken. Hierzu*

28 DVGW=Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

29 BT-Drs. 18/11518. <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/18/115/1811518.pdf>

wäre ein starker Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erforderlich. Gut 80 % dieses Bedarfs geht auf die Herstellung von E-Fuels zurück.

- Die Kosten für E-Fuels sind derzeit noch hoch (bis zu 4,5 € pro Liter Dieseläquivalent). Ein Zielkostenniveau von ca. 1 € pro Liter Dieseläquivalent erscheint mit Importen aus Regionen mit hohem Angebot an Sonne und/oder Wind aus heutiger Perspektive erreichbar (Zielkostenniveau bei Pfaden mit Gewinnung des für die E-Fuels Herstellung notwendigen CO₂ aus der Luft). Innerhalb des Untersuchungszeitraums ist jedoch für alle Antriebsformen unter zunehmender Verwendung von erneuerbaren Energien mit erhöhten Kraftstoffkosten im Vergleich zum heutigen, fossilen Kostenniveau zu rechnen. Die Differenz zwischen den Kraftstoffkosten beim Einsatz von E-Fuels in Verbrennungsmotoren im Vergleich zu batterieelektrifizierten Antrieben wird sich somit voraussichtlich verringern.
- Alle Energiewendeszzenarien erfordern signifikante Investitionen in erneuerbare Stromerzeugung und Produktionsanlagen für E-Fuels. Die kumulierten Investitionen für den gesamten EU-Verkehr im Zeitraum 2015 bis 2050 sind im stark elektrifizierten Szenario um 15% – 30% niedriger als in den weniger elektrifizierten Szenarien (ohne Berücksichtigung der Fahrzeugkosten). Unter der Annahme eines vollständigen Imports des E-Fuel-Anteils synthetischer Kohlenwasserstoffe (Methan und Flüssigkraftstoffe; ohne Wasserstoff) aus Regionen z.B. Nordafrikas mit günstigen E-Fuels Voraussetzungen, liegen die Unterschiede bei weniger als 10%.
- Die Erreichung des EU-Klimaschutzzieles 2030 für den Verkehrssektor (minus 30 % ggü.2005) macht bereits heute den Aufbau von E-Fuels-Kapazitäten notwendig. Damit rechtzeitig Kapazitäten im erforderlichen Maßstab zur Verfügung stehen, ist eine E-Fuels Roadmap auf nationaler, EU- und internationaler Ebene zwingend erforderlich. In dieser sollte heute nach konkreten Möglichkeiten gesucht werden, wie der Hochlauf von E-Fuels gestartet und ausgebaut werden kann.

Vor- und Nachteile von E-Fuels

- E-Fuels verfügen über eine hohe Energiedichte und lassen sich so über lange Distanzen kostengünstig transportieren und in sehr großem Maßstab stationär speichern. Dadurch können sie z. B. auch jahreszeitliche Schwankungen aufnehmen. Sie tragen so zur Stabilität der Energieversorgung bei.
- Die gesamte Benzin-/Diesel-/Kerosin-Infrastruktur (Pipelines, Tankstellen) kann weiter genutzt werden, ebenso die bestehende Erdgasinfrastruktur.
- Zusätzlich können die Bestandsflotten der Pkw und Nutzfahrzeuge sowie alle nur schwer elektrifizierbaren Verkehrsträger (Schifffahrt und Luftverkehr) erreicht werden.

- *Die Energieeffizienz von E-Fuels entlang der gesamten Bereitstellungskette ist im Fall von Verbrennungsmotoren vier bis sechs Mal geringer, und in Brennstoffzellenfahrzeugen etwa zwei Mal geringer als in batterieelektrischen Fahrzeugen (inkl. Netzintegration).“³⁰*

8.2. Potenzialatlas Power to Gas

Schenuit, Carolin et al. (2016). Potenzialatlas Power to Gas. Klimaschutz umsetzen, erneuerbare Energien integrieren, regionale Wertschöpfung ermöglichen. Juni 2016. Abrufbar unter:

http://www.powertogas.info/fileadmin/content/Downloads_PtG_neu/Potenzialatlas/dena_Potenzialatlas_PowerToGas_2016-07-01.pdf

„Der Potenzialatlas zeigt, welche Marktentwicklungen kurz- und mittelfristig bei Power to Gas möglich sind. Er identifiziert Clusterregionen, für die in den kommenden Jahren eine dynamische Entwicklung bei Power to Gas erwartet wird.“³¹

Nachfolgend finden sich einige Ergebnisse der Studie:

„Für die Nutzung von Wasserstoff oder Methan aus Power to Gas stehen grundsätzlich alle bekannten Nutzungsoptionen für diese Gase offen, da es chemisch keine Unterschiede zwischen den regenerativ und konventionell hergestellten Gasen gibt. Im Rahmen des Potenzialatlas wurden verschiedene Nutzungsoptionen in den Sektoren Strom, Gas, Industrie, Wärme und Mobilität untersucht. Wird bei Power to Gas-Anwendungen auch der Effekt der Emissionsminderung angemessen berücksichtigt und dies im Rahmen des Emissionshandels (EU Emission Trading System)³² anerkannt, verbessert dies die Wirtschaftlichkeit beim Vergleich mit konventionellen Alternativen. Daneben können sich beim Einsatz von Power to Gas durch die Bereitstellung von Flexibilität für das Stromsystem (z.B. Bereitstellung von Regelleistung, Nutzung anderweitig nicht-integrierbarer erneuerbare-Energien-Einspeisung) ergänzende Vorteile ergeben.“³³

Des Weiteren heißt es dort:

30 <https://www.vda.de/de/services/Publicationen/%C2%ABe-fuels%C2%BB-studie---das-potenzial-strombasierter-kraftstoffe-f-r-einen-klimaneutralen-verkehr-in-der-eu.html>

31 <http://www.powertogas.info/power-to-gas/pilotprojekte-im-ueberblick/audi-e-gas-projekt/>

32 Im Tagungsband Energie Herausforderungen der Energiewende vom März 2017 weisen die Autoren Graf/Trimis auf Folgendes hin: „Eine jüngst abgeschlossene Studie zur Bewertung von Power-to-Gas unter Klimaschutzgesichtspunkten des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschungen kommt zum Ergebnis, dass Power-to-Gas bei einem funktionierendem CO₂-Zertifikatehandelssystem wegen des systemübergreifenden Ansatzes insgesamt kostendämpfend wirken kann. Hierzu müssen jedoch beträchtliche Elektrolysekapazitäten im Bereich bis zu 50 GW aufgebaut werden.“ Graf/Trimis (2017). Power to Gas Konzepte für die Energiewende. S. 42. <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichung/ake-tagungsband/tagungsband-ake-2017.pdf>

33 http://www.powertogas.info/fileadmin/content/Downloads_PtG_neu/Potenzialatlas/dena_Potenzialatlas_PowerToGas_2016-07-01.pdf

„Vor allem im Sektor Mobilität gibt es verhältnismäßig gute Marktaussichten, da dort ein großer Handlungsdruck zur Senkung der Treibhausgasemissionen in Kombination mit einem vergleichsweise hohen Preisniveau für Energie in Form von Kraftstoffen besteht.“³⁴

8.3. Fachbroschüre: Systemlösungen

Grimm, Nadia et al. (2015). Systemlösung Power to Gas. Chancen, Herausforderungen und Stellschrauben auf dem Weg zur Marktreife. November 2015. Abzurufen unter:

https://shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9096_Fachbroschuere_Systemloesung_Power_to_Gas.pdf

Die Broschüre enthält Abbildungen und Erläuterungen u.a. zur Elektrolyse und Methanisierung. Da die Broschüre aus dem Jahr 2015 stammt, berücksichtigt sie in der Darstellung des rechtlichen Rahmens später erfolgte Änderungen nicht.

8.4. Thesenpapier zu Wirtschaftlichkeitsaspekten

Thesenpapier: Wirtschaftlichkeitsaspekte im Hinblick auf die Nutzung der Systemlösung Power to Gas. 2012. Abzurufen unter:

http://www.powertogas.info/fileadmin/content/Downloads_PtG_neu/120607_Thesenpapier_Wirtschaftlichkeit.pdf

9. Kritik an der “E-FUELS” Study (2017), Gegenstudie im Auftrag von Transport & Environment

In der Zeitschrift eurotransport-online wird konstatiert:

*“Während der VDA zusammen mit Dena eine Studie erstellt hat, die dem Einsatz von synthetischen Elektrokraftstoffen in Verbrennungsmotoren ein großes CO₂-Vermeidungspotenzial bescheinigt, positionieren sich die Umweltlobbyisten von Transport & Environment mit einer eigenen Studie dagegen.“*³⁵

Studie:

Malins, Chris (2017). *What role is there for electrofuel technologies in European transport's low carbon future?* November 2017. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2017_11_Cerulogy_study_What_role_electrofuels_final_0.pdf

Hierzu wird bei eurotransport-online Folgendes ausgeführt: *“Der europäische Dachverband von Umweltverbänden, Transport & Environment (T&E), bringt sich gegen die sogenannten Electro-*

34 http://www.powertogas.info/fileadmin/content/Downloads_PtG_neu/Potenzialatlas/dena_Potenzialatlas_PowerToGas_2016-07-01.pdf

35 <https://www.eurotransport.de/news/t-e-studie-zu-synthetischen-kraftstoffen-e-fuels-sind-teuer-und-ineffizient-9827049.html>

Fuels beziehungsweise E-Fuels in Stellung. Anlass dafür ist eine weitere Studie, die in diesem Fall unter der Ägide des Beratungsunternehmens Cerulogy im Auftrag von T&E erstellt wurde - und zu anderen Schlüssen kommt, als die vom VDA in Auftrag gegebene Studie zu der gleichen Thematik. In der Cerulogy-Abhandlung heißt es, dass E-Fuels nur in begrenzter Menge vor allem für die Verwendung in der Luftfahrt zur Verfügung stehen. Sie seien auch nur dann umweltfreundlich, wenn zu ihrer Herstellung Strom aus erneuerbaren Energien verwendet werde. (...) Nach der Studie müsste die EU 1,5-mal die gesamte aktuell produzierte Strommenge erzeugen, um den Straßengüterverkehr zu versorgen – mit Strom aus erneuerbaren Quellen. Eine derartige Mengenerweiterung sei unrealistisch, kommt T&E zum Schluss. Es könne auch nicht angehen, dass ineffizient erzeugte E-Fuels in Pkw und Lkw zum Einsatz kommen, um den Verbrennungsmotor am Leben zu halten, wenn es doch batterie-elektrische Fahrzeuge gibt oder solche mit Brennstoffzelle als Energieträger. (...).“³⁶ Demnach sollten E-Fuels nur dort zum Einsatz kommen, wo es keine Alternative zum Verbrennungsmotor gebe, zum Beispiel in der Luftfahrt. „Um dort zumindest zur Hälfte den Bedarf zu decken, sei es immerhin noch nötig, ein Viertel der gesamten aktuellen Stromproduktion in der EU zu deren Erzeugung zu verwenden.“³⁷

Position von Transport & Environment (2017):

Transport & Environment (2017). *Electrofuels what role in EU transport decarbonisation?* Briefing. https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2017_11_Briefing_electrofuels_final.pdf

10. Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA)

Auch die Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie (DECHEMA) äußert sich in zwei aktuellen Studien zum Thema:

Wagemann, Kurt; Ausfelder, Florian (2017). White Paper. E-Fuels mehr als nur eine Option. September 2017. Abrufbar unter:

https://dechema.de/dechema_media/WhitePaper_E_Fuels-p-20002780.pdf

Benker, Bernd et al. (2017). Positionspapier. Fortschrittliche alternative flüssige Brenn- und Kraftstoffe: Für Klimaschutz im globalen Rohstoffwandel. Positionspapier des ProcessNet-Arbeitsausschusses „Alternative flüssige und gasförmige Kraft- und Brennstoffe“. Juli 2017.

http://dechema.de/dechema_media/2017+Positionspapier+Alt+Kraftstoffe.pdf

36 <https://www.eurotransport.de/news/t-e-studie-zu-synthetischen-kraftstoffen-e-fuels-sind-teuer-und-ineffizient-9827049.html>

37 <https://www.eurotransport.de/news/t-e-studie-zu-synthetischen-kraftstoffen-e-fuels-sind-teuer-und-ineffizient-9827049.html>

11. Prognos AG, Fraunhofer UMSICHT und DBFZ

Zudem wird auf die aktuelle Studie von der Prognos AG, in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) und dem Deutschen Biomasseforschungszentrum (DBFZ) hingewiesen:

Hobohm, Jens et al. (2017). Status-quo und Technologiepfade. Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. Korrigierte Zusammenfassung. Phase I. Stand 26.10.2017. Im Auftrag des Mineralölwirtschaftsverbands e.V. (MWV), des Instituts für Wärme und Oeltechnik e.V. (IWO), der MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e.V., des UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e. V. Abrufbar unter:

https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/Prognos-Kurzfassung_Fl%C3%BCs-sige_Energietr%C3%A4ger_Stand_26.10.2017.pdf

Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass die Kosten von „E-fuels“ heute „*noch wesentlich höher*“ als die von fossilen Energieträgern seien, sich aber zukünftig „*deutlich senken lassen*“.³⁸ Des Weiteren heißt es dort, dass es sich bei der Nutzung von Power-to-Liquid (PtL)-Technologien um die derzeit aussichtsreichsten Verfahren handele, um flüssige Energieträger großindustriell treibhausgasneutral zu produzieren.³⁹ In der Zusammenfassung wird ausgeführt:

"So sind PtL-Energieträger („E-Fuels“) in allen Sektoren einsetzbar – ohne teure Umrüstungen. Sie können als Rohstoffe den erheblichen Kohlenstoffbedarf treibhausgasneutral decken – und sind damit derzeit praktisch die einzige Möglichkeit, um zahlreiche Produkte der Chemieindustrie klimaneutral zu machen. (...)

Da PtL-Energieträger speicher- und transportierbar sind, können sie in den sonnen- und windreichen Regionen der Welt - günstiger als in Deutschland - erzeugt werden. Für synthetisches Rohöl, das mit PtL-Technologie im Ausland gewonnen wird, erwarten die Autoren im Jahr 2050 inflationsbereinigt Produktionskosten von 70 Cent bis 1,30 Euro pro Liter. (...)

Um diese Vorteile der flüssigen Energieträger für die deutsche Energiewende nutzbar zu machen, sind aber zwei komplexe und kapitalintensive Vorhaben nötig: Der Bau von großen Wind- sowie Solarparks einerseits und andererseits die Errichtung von integrierten Produktionsanlagen aus Kohlendioxid-Abscheidung, ggf. Meerwasserentsalzung, Elektrolyse und Synthese. Hierzu bedarf es erheblichen Kapitaleinsatzes und internationaler Kooperation.“⁴⁰

In der Kurzfassung der Studie wird Folgendes konstatiert:

38 Vgl. <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/760/show/d580cd29dba9cfb0f92d0d53f9952a4c/>

39 <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/760/show/d580cd29dba9cfb0f92d0d53f9952a4c/>

40 <https://www.prognos.com/publikationen/alle-publikationen/760/show/d580cd29dba9cfb0f92d0d53f9952a4c/>

„Treibhausgasneutrales E-Fuels und Feedstock können langfristig (2050) unter der Annahme eines Zinssatzes von 2 % zu Kosten von rd. 5,2 bis 9,6 €/kWh (0,5 bis 0,9 €/Liter), bei 7 % für 7,3 bis 13,9 €/kWh (ca. 0,7 bis 1,3 €/Liter) erzeugt werden (ohne Raffination). Diese Werte sind allerdings nicht im nationalen Alleingang zu erreichen, da sonst die erforderlichen Lerneffekte nicht realisiert werden können. Unter günstigen Bedingungen rücken E-Fuels (FT-Pfad) im Jahr 2050 in die Nähe von heutigen konventionellen Kraftstoffen. Zum Vergleich: Ein Preis von 50 (bzw. 100) \$/Barrel für fossiles Rohöl entspricht ca. 0,26 (0,52) €/Liter.“⁴¹

12. Weitere Beiträge zum Thema Produktionskosten und Wirtschaftlichkeit

Im Deutschlandfunk erläutert Peter Müller-Baum vom Fachverband Motoren und Systeme im Januar 2017:

„Wirklich klimafreundlich sind synthetische Kraftstoffe nur dann, wenn sie mit Strom aus erneuerbaren Quellen hergestellt werden. Hinzu kommt, die Herstellung solcher Kraftstoffe ist im Moment noch sehr teuer, (...).

Wir haben zwei Kraftstoffstudien durchgeführt, in denen genau das untersucht wurde und in denen dann hochgerechnet wurde: Wenn das Ganze in einem industriellen Maßstab hergestellt wird, lande ich bei einem Preis pro Liter Kraftstoff von 2 Euro bis 2 Euro 50 Cent, den man nicht mit dem 1 Euro vergleichen muss, sondern mit 30 bis 40 Cent, die der Kraftstoff kostet, bevor die Steuer draufkommt. Das heißt, ich habe schon noch einen eklatanten Unterschied im Preis.“⁴²

Im Teilbericht des Projekts „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs 2050“ des Instituts für Energie- und Umweltforschung (ifeu) vom Juni 2017 heißt es:

„Der Einsatz von klimaneutralen, strombasierten Kraftstoffen benötigt – bezogen auf einen Fahrzeugkilometer – die zweieinhalb- bis achtfache Menge an Elektrizität als eine direkte Stromnutzung, z. B. in Elektrofahrzeugen. Jedoch werden sich im Luftverkehr, im Seeverkehr und in einigen Anwendungen im Straßenverkehr flüssige oder gasförmige Kraftstoffe aufgrund der notwendigen Energiedichten auf absehbare Zeit nicht durch Batteriespeicher ersetzen lassen. Somit ist der Einsatz strombasierter Kraftstoffe für einen treibhausgasneutralen Verkehr zwingend notwendig. Daraus entstehen zwei zentrale Herausforderungen: Zum einen sind die benötigten Mengen an EE-Strom bereitzustellen, zum anderen müssen die notwendigen Produktionsanlagen für strombasierte Kraftstoffe aufgebaut werden.

Das inländische Potenzial für die Erzeugung von Strom aus Sonne, Wind und Wasserkraft ist im Verhältnis zu den für die Kraftstoffproduktion benötigten Mengen begrenzt – das gilt mit Blick auf gesellschaftliche Akzeptanz, aber auch mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der

41 https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/Prognos-Kurzfassung_Fl%C3%BCssige_Energiere%3%A4ger_Stand_26.10.2017.pdf

42 Zweiter Frühling für den Verbrenner. 5. Januar 2017. http://www.deutschlandfunk.de/automobilindustrie-zweiter-fruehling-fuer-den-verbrenner.724.de.html?dram:article_id=375623

Standorte. In Zukunft könnten daher strombasierte Flüssigkraftstoffe im Ausland kostengünstiger produziert und nach Deutschland importiert werden. Dabei müssen hohe Nachhaltigkeitsstandards sichergestellt sein, beispielsweise durch einen internationalen Ordnungsrahmen, der garantiert, dass strombasierte Kraftstoffe zu 100 % aus zusätzlichen erneuerbaren Energien, ökologisch nachhaltig und sozial verträglich produziert sind.“⁴³

Eine vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Auftrag gegebene Untersuchung von Schmidt et al. (2016) analysiert die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Auf den Seiten 81ff befassen sich die Autoren ausführlich mit strombasierten Kraftstoffen und konstatieren Folgendes zur Wirtschaftlichkeit des PtG-Systems:

“Im Gegensatz zu Investitionen in primär für SDL [Systemdienstleistungen] vorgesehene Systeme, ergeben sich für die Nutzung der zur Kraftstoffherstellung installierten Anlagen bessere wirtschaftliche Möglichkeiten, da die Finanzierung hier zu einem hohen Teil bereits durch die Erstnutzung gedeckt werden kann. Gerade für einen hohen Bedarf an Wasserstoff durch den Automobilssektor kann das PtG-System mindestens im Teillastbetrieb gefahren werden und eine bestimmte Laststundenzahl erreichen, wohingegen ein Überschuss an Wasserstoff aufgrund der Aufnahme von Lastspitzen im Stromnetz im Volllast- oder Überlastbetrieb erfolgen kann [...]. Fraunhofer ISI hat die Vermarktung der flexiblen Elektrolyse als steuerbare Last am Regelenergiemarkt analysiert und den potenziellen Einfluss der Regelenergievermarktung für PtG bewertet. Es zeigte sich, dass die Teilnahme am Regelenergiemarkt lukrativ ist und unter bestimmten Annahmen die Möglichkeit bietet, PtG-Anlagen wirtschaftlich zu betreiben. Im Modell konnte eine Reduzierung der Gestehungskosten für Methan um bis zu 74 % auf 46 €/MWh und für Wasserstoff um bis zu 81 % auf 25 €/MWh gegenüber PtG-Anlagen ohne Regelenergievermarktung erreicht werden [...]. Aus der ökonomischen Perspektive wird die Wirtschaftlichkeit von PtG auf der einen Seite durch die Strombeschaffungskosten und auf der anderen Seite durch die am Markt erzielbaren Erlöse beeinflusst. Die Einsatzcharakteristika der Elektrolyseanlagen, vor allem die Volllaststunden, spielen eine große Rolle für die Wirtschaftlichkeit der PtG-Anlagen. Nach [DLR et al. 2015] haben die Kosten des Speichers einen vergleichsweise geringen Einfluss auf den Gesamtwert der PtG-Anlage. Aus diesem Grund ist eine eventuelle Überdimensionierung des Speichers sinnvoll, da dadurch deutlich mehr Flexibilität zu relativ geringen Kosten erreicht werden kann. Für die Methanisierung müssen auch die Kosten und die Verfügbarkeit von Kohlendioxid miteinbezogen werden. Ein zusätzlicher Nutzen ergibt sich aus der Vermarktung des bei der Wasserelektrolyse entstehenden Sauerstoffs. Der Sauerstoff kann sowohl direkt an Endverbraucher (Labore, Medizin, Tauchen) verkauft werden, wobei mit zunehmender O₂-Verfügbarkeit von sinkenden Erlösen ausgegangen werden kann, als auch in der Brennstoffzelle zur Effizienzsteigerung (+10 %) genutzt werden [...]. Durch die Abwärmenutzung des Elektrolyseurs sowie eine optimierte Fahrweise kann der Nutzungsgrad von PtG-Anlagen bis auf 86 % erhöht werden. Erste Erfahrungen, Strom-, Gas- und Wärmeversorgung effizient miteinander zu verbinden, werden in Ibbenbüren mit einer 150 kW-Anlage gesammelt [...]. Die aktuelle DVGW-Studie zeigt, dass der

43 Bergk, Fabian; Knörr, Wolfram; Lambrecht, Udo (2017). Klimaschutz im Verkehr: Neuer Handlungsbedarf nach dem Pariser Klimaschutzabkommen Teilbericht des Projekts „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs 2050“. ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, Heidelberg, Juni 2017. S. 18f. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-07-18_texte_45-2017_paris-papier-verkehr_v2.pdf

netzdienliche PtG-Einsatz durchaus sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile erzielen kann [...]. Die Kopplung von Strom- und Gasnetzen auf der Niederspannungsebene bringt große Einsparungen von Stromnetzausbaumaßnahmen (60 % Kostenreduktion gegenüber dem konventionellen Netzausbau). Eine signifikante Kostendegression bei den PtG-Anlagen ist allerdings dafür erforderlich. In [Greenpeace 2015] werden die langfristigen Kostenvorteile des Stromsystems mit Windgas aufgezeigt. Unter Windgas wird hier der per Elektrolyse erzeugte Wasserstoff verstanden, der in einem weiteren Schritt zum synthetischen Methan gewandelt werden kann. Nach den Studienergebnissen wird das Stromsystem durch den Ausbau von PtG-Anlagen zur Stromspeicherung zunächst teurer. Ab 2035 kommen im Szenario ohne PtG-Anlagen jedoch erhebliche zusätzliche Kosten für die vergüteten Abregelungen der Überschussmengen hinzu. Um die Versorgungssicherheit zu garantieren, werden fossile Erdgaskraftwerke eingesetzt. Der weitere Ausbau von PtG führt in einem ersten Schritt zu höheren Investitionen. Diese werden jedoch durch das Ersetzen von Erdgas und die Nutzung der Überschussenergie ausgeglichen, die ansonsten verloren ginge. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass ein Stromsystem ab einem EE-Anteil von rund 70 % mit PtG als Speicher kostengünstiger sei als eines ohne PtG. Bereits ab dem Jahr 2040, so ergeben die Berechnungen, liegt die jährliche Ersparnis zwischen 2 und 6 Mrd. € und steigt bis zum Jahr 2050 auf knapp 12 bis 18 Mrd. € an.“⁴⁴

Das Umweltbundesamt erklärt:

„Zurzeit ist keine wirtschaftliche Nutzung von PtG/PtL-Anlagen in Deutschland möglich. Gründe dafür sind die hohen Investitions- und Betriebskosten bedingt durch den derzeitigen Entwicklungsstand und hohe Umwandlungsverluste sowie die geltenden Rahmenbedingungen (z. B. Steuern und Umlagen). Ein Überblick über die derzeitigen Gestehungskosten regenerativer Gase bei Variation der Strombezugskosten und der Anlagenbetriebszeit ist in [der nachfolgenden] Abbildung gegeben. Der obere Bereich eines Balkens stellt kleine PtG-Anlagen, der untere große PtG-Anlagen dar. Es wird deutlich, dass die Gestehungskosten von durchgehend laufenden Anlagen selbst bei der Grenzbetrachtung von ausnahmslos kostenlos zur Verfügung stehenden Strom um ein Mehrfaches über konventionellen Brenn-, Roh- und Kraftstoffen liegen. Dies gilt umso mehr und auch für Biogas, wenn man für durchgehend laufende Anlagen Großhandelspreise von 5 Cent/kWh annimmt. Eine wesentliche Ursache sind die hohen Umwandlungsverluste. Bei Wasserstoff sind diese deutlich geringer als bei Methan.“ Des Weiteren heißt es dort, dass die Kosten stark steigen, wenn die Produktion (von Wasserstoff oder Methan) nicht mit hoher Auslastung über das ganze Jahr gefahren werde (Zahl der Nutzungsstunden), sondern auf die Nutzung von Stromüberschüssen beschränkt bleibe. Derzeit auftretende Überschüsse seien auf relativ wenige Stunden beschränkt. Darüber hinaus würden sie sich durch den Netzausbau in den nächsten Jahren tendenziell verringern.

44 Schmidt, P.; Raksha, T. (LBST); Jöhrens, J.; Lambrecht, U. (IFEU); Gerhardt, N.; Jentsch, M. (IWES) (2016). MKS-Studie. Analyse von Herausforderungen und Synergiepotenzialen beim Zusammenspiel von Verkehrs- und Stromsektor im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung, Unterstützung und Beratung des BMVI in den Bereichen Verkehr und Mobilität mit besonderem Fokus auf Kraftstoffen und Antriebstechnologien sowie Energie und Klima im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). S. 90f. http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/MKS/studie-zusammenspiel-verkehrs-stromsektor.pdf?__blob=publicationFile

Ein wichtiger Teil der Kosten werde durch die Höhe staatlicher oder staatlich bestimmter Abgaben für den Bezug von Strom und darüber hinaus auch die Abgaben für die in den PtG/PtL-Anlagen hergestellten Produkten bestimmt.“⁴⁵

Laut Studie der DECHEMA würden „*techno-ökonomische Bewertungen von PtL-Pfaden*“ in Deutschland u. a. vom DLR⁴⁶ durchgeführt. Umfangreiche Forschungsarbeiten zu verschiedenen PtX-Pfaden fänden im Rahmen des Kopernikus-Projektes „P2X“ unter der Koordination der RWTH Aachen, des Forschungszentrums Jülich und der DECHEMA statt.⁴⁷

Da laut Agora Energiewende und Agora Verkehrswende die Flächenpotenziale für die Erzeugung von Sonnen- und Windstrom in Deutschland begrenzt und Akzeptanzprobleme absehbar seien, wurde Frontier Economics beauftragt zu ermitteln, zu welchen Kosten bis 2050 klimaneutrale synthetische Brennstoffe aus anderen Ländern importiert werden könnten.⁴⁸ Die vorläufigen Ergebnisse wurden im Rahmen der Berliner Energietage im Mai 2017 vorgestellt:

FRONTIER ECONOMICS und AGORA. Die Kosten synthetischer Brenn- und Kraftstoffe bis 2050. Abzurufen unter: https://www.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2017/VAs_sonstige/Waermewende_2030_BET/05_Unteutsch_Folien-satz_PtG_BET_04052017.pdf

Die Landesregierung von Niedersachsen antwortete im August 2015 auf eine Kleine Anfrage „Wie steht die Landesregierung zu Power-to-Gas?“ Folgendes:

„Das Konzept Power-to-Gas verbindet das Stromsystem mit der Gasinfrastruktur. Es ermöglicht sowohl die stoffliche als auch die energetische Nutzung der erzeugten Gase. Bislang sind Strom- und Gasseite im Energiesystem entkoppelt. Erdgas wird in Teilen zur Stromerzeugung verwendet, es gibt jedoch (abgesehen von wenigen Pilotanlagen) bisher keine Umwandlung von Strom zu Gas. Der große Vorteil der Gasinfrastruktur ist, dass Energie hier - anders als im Stromnetz - auch langfristig und in großen Mengen gespeichert werden kann. Zudem bietet das Gasnetz die Möglichkeit, die gespeicherte Energie an den Ort zu transportieren, an dem sie benötigt wird. Gelingt es, die jeweiligen Stärken der beiden Systeme zu vereinen, so wird eine hohe Flexibilität bei gleichzeitig hoher Verfügbarkeit der Energie erreicht. In diesem Sinne können Power-to-Gas und Power-to-Gas-to-Power eine zukunftssträchtige Systemlösung für das Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien darstellen. Verhältnismäßig teure Langzeitspeicher wie die in der Entwicklung befindliche Power-to-Gas-Technologie werden erst erforderlich und wirtschaftlich, wenn rund Dreiviertel der Stromerzeugung auf Basis insbesondere volatiler erneuerbarer Energien erzeugt werden. Entsprechend kann damit keine

45 S. 11. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1/publikationen/position_power_to_gas-power_to_liquid_web.pdf

46 DLR=Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt.

47 S. 11. http://dechema.de/dechema_media/2017+Positionspapier+Alt+Kraftstoffe.pdf

48 <https://www.agora-energiewende.de/de/projekte/-agothem-/Projekt/projektdetail/157/Die+Kosten+im-portierter+synthetischer+Brenn-+und+Kraftstoffe+bis+2050/>

nennenswerte Reduzierung des heutigen Ausbaubedarfs der Stromübertragungsnetze erfolgen. Power-to-Gas ist keine Alternative zum dringend benötigten Ausbau der Stromnetze. Zum gegenwärtigen Ausbaugrad der erneuerbaren Energien können Speicher und damit auch Power-to-Gas den notwendigen Netzausbau zur Aufnahme und Weiterleitung der Energie nicht ersetzen.“⁴⁹

In diesem Zusammenhang ist auch das Interview von Prof. Sterner, der auf die Bedeutung von **Stromnetz und Speicher** hinweist, relevant.⁵⁰

Ferner wird auf die nachfolgende Publikation hingewiesen: Brunner, Christoph; Michaelis, Julia (2016). Wirtschaftliche Perspektiven für Power-to-Gas im zukünftigen Energiesystem. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 66. Jg. (2016); Heft 3. (**ANLAGE 2**)

13. Vorschlag für ein Markteinführungsprogramm für Power-to-X-Technologien

Auf den Seiten der Strategieplattform Power to Gas wird im November 2017 auf einen Vorschlag für ein Markteinführungsprogramm für Power-to-X-Technologien hingewiesen:

„Pünktlich zur Regierungsbildung hat eine Allianz namhafter Unternehmen und Verbände einen konkreten Vorschlag für ein Markteinführungsprogramm für Power-to-X-Technologien vorgelegt. Zu den Auftraggebern des Papiers, (...) gehören neben Uniper, Ontras, Audi und Airbus auch der DVGW und der Deutsche Wasserstoffverband. Demnach würden Anlagen mit 1.500 MW Gesamtleistung zur Herstellung von grünem Wasserstoff, synthetischem Methan und nachgelagerten Kraftstoffen zwischen 2019 und 2027 über ein Zertifikatesystem gefördert. Das gesamte Fördervolumen beläuft sich auf knapp 1,1 Mrd. Euro. Zwei begleitende Gutachten⁵¹ kommen zu den Ergebnissen, dass solch ein Programm rechtlich möglich und volkswirtschaftlich sinnvoll ist. (...).

Die Power-to-X-Allianz argumentiert, dass Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe gerade im Verkehr unerlässlich sind, um die hoch gesteckten Klimaschutzziele zu erreichen. Bislang sind solche Anlagen, (...), allerdings unwirtschaftlich. Um das zu ändern, sollten die Betreiber für jede vermiedene Tonne CO₂ ein Anrechnungszertifikat erhalten. Für diese Zertifikate können sie sich bei der Förderbank KfW anfangs 300 Euro auszahlen lassen, bis 2027 soll dieser Betrag auf 150 Euro sinken. Langfristig könnten die Zertifikate gehandelt und von Industrien mit hohem CO₂-Ausstoß beispielsweise mit ETS-Zertifikaten verrechnet werden,

49 Wie steht die Landesregierung zu Power-to-Gas? Niedersächsischer Landtag – 17. Wahlperiode Drucksache. 17/4071.

50 <https://www.tagesschau.de/inland/e-fuels-101.html>

51 Volkswirtschaftliches Kurzgutachten. Ein Markteinführungsprogramm für Power-to-X-Technologien aus volkswirtschaftlicher Perspektive. https://www.uniper.energy/storage/sites/default/files/2017-12/2017_okt_volkswirtschaftliches_kurgutachten_mep_fur_ptx.pdf

Eckpunkt Papier für ein Markteinführungsprogramm für Power-to-X-Technologien. Vorschlag für ein Innovations-Förderprogramm mit Fokus auf PTX-Anwendungen im Mobilitätssektor. https://www.uniper.energy/storage/sites/default/files/2017-12/2017_okt_eckpunkt_papier_power_to_x_allianz.pdf

heißt es im Papier. Die CO₂-Einsparung und somit die finanzielle Förderung variiert, je nachdem, was wo zum Einsatz kommt. So hat reiner Wasserstoff natürlich eine bessere CO₂-Bilanz als synthetischer Kraftstoff aus Wasserstoff und CO₂. Über die verschiedenen Einsatzgebiete hinweg beträgt die CO₂-Vermeidung einer Power-to-Gas-Anlage mit einem MW Eingangsleistung bei angenommenen 3.500 Volllaststunden circa 715 Tonnen CO₂ pro Jahr. Bei Power-to-Liquid-Anlagen sind es 511 Tonnen.

(...)

Der Aufbau einer leistungsfähigen Wasserstoffelektrolyse-Industrie kann zu erheblichen Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekten führen, zeigt die volkswirtschaftliche Kurzanalyse. Bis 2050 könnten insgesamt deutlich über 60.000 neue Arbeitsplätze entstehen.⁵²

14. Weitere Akteure und Stimmen zu E-Fuels

Michael Sterner, Professor für Energiespeicher und Energiesysteme von der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg, der das Power-to-Gas-Verfahren maßgeblich mitentwickelt hat, sieht in E-Fuels eine „echte Alternative zur Elektromobilität“⁵³. Strombasierte Kraftstoffe würden „in jedem herkömmlichen Motor“ funktionieren. Problem sei, dass strombasierte Kraftstoffe derzeit einen Gesamtwirkungsgrad von 20 bis 30 Prozent aufweisen, Elektromobilität von 70 Prozent. Aber auch Autos mit normalem Verbrennungsmotor seien ineffizient, da sie nur ein Viertel (25 Prozent) des getankten Kraftstoffs ausnutzten würden, der Rest würde „weggeworfen“. Auch der Wirkungsgrad von Kohle- oder Atomkraftwerken liege bei 30 bis 40 Prozent, bei neueren etwas höher. Derzeit werde an neuen Verfahren zur Steigerung des Wirkungsgrades der E-Fuels und zur Minimierung der Kosten geforscht. Im Personenkraftverkehr und insbesondere bei Kurzstrecken sei Elektromobilität die effizienteste Variante, um CO₂-neutral zu fahren. Beim Schiffsverkehr, beim LKW-Fernverkehr und beim Fliegen⁵⁴ werde es ohne E-Fuels nicht gehen. Sterner weist darauf hin, dass mit Power-to-Gas überschüssig produzierter erneuerbarer Strom in die vorhandene Gasinfrastruktur eingespeist werden könnte oder zur Herstellung von synthetischen Kraftstoffen genutzt werden könnte. Die Technik sei vorhanden und sofort einsetzbar.

Das vollständige Interview „Heißt die Lösung E-Fuels?“ mit Prof. Sterner vom 30. Dezember 2017 findet sich unter folgendem Link:

<https://www.tagesschau.de/inland/e-fuels-101.html>

52 http://www.powertogas.info/power-to-gas/aktuelle-meldungen/detail/news/power-to-x-allianz-praesentiert-markteinfuehrungsprogramm/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=b5a87f0b725b577f983bb0293ce78d5c

53 <https://www.tagesschau.de/inland/e-fuels-101.html>

54 Siehe hierzu auch: Thess, André (2016). Fliegen ohne Reue? Warum synthetische Treibstoffe aus Ökostrom die Luftfahrt nachhaltig verändern könnten. 1. April 2016. http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/thermodynamische_streiflichter/2016_04_01_Grenzenlos_fliegen.pdf; Mittel, Jens; Friedrich, K. Andreas (2016). Wasserstoff und Brennstoffzellen. http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/institut/el-chemenergietechnik/BWK_05_2016_Wasserstoff.pdf

Prof. Robert Schlögl, Direktor am Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (Berlin) und Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr erläutert, bereits seit den 70er Jahren sei bekannt, dass man emissionsarme Kraftstoffe herstellen könne, aber das sei Literaturwissen, das bisher nicht sehr viele Anhänger gefunden habe. Schwerlastwagen, Schiffe und Flugzeuge, aber auch Baumaschinen würden in jedem Fall weiterhin Verbrennungsmotoren benötigen. Neue Treibstoffe und Verfahren zur Abgasreinigung würden genügend Möglichkeiten bieten, um allen Anforderungen für Klimaschutz und saubere Luft weitestgehend gerecht zu werden. (...) Man solle keine Feindschaften zwischen Elektro- und Verbrennungsmotoren aufbauen, sondern ihre Stärken vernetzen – dies helfe der Einführung eines nachhaltigen Energiesystems mehr als international nicht umsetzbare Forderungen nach Abschaffung bewährter Technologien. Schlögls Antrieb der Zukunft ist der sogenannten Plug-in-Hybrid.⁵⁵

Siehe auch Schlögl, Robert (2017). Die mobilisierte Energiewende. Systemische Integration. (**ANLAGE 3**).

Das Debatten-Magazin „TheEuropean“-online titelt am 24. Oktober 2017 „Verbrennungsmotor ist die Zukunft!“:

„In der Tat agiert die Automobilindustrie äußerst zurückhaltend und favorisiert ein Investment in die Schwerpunkte E-Mobilität, autonomes Fahren und Digitalisierung. Zudem wird viel Geld in die Hand genommen, um den angezählten Diesel etwa durch Abgasrückführungen und Harnstoffeinspritzungen zu verbessern. Der finanzielle Aufwand, der für die Nachrüstungen betrieben wird, ist groß. Fraglich, ob es nicht sinnvoller wäre, in E-Fuel zu investieren. Denn schon heute würden etwa 80 Prozent aller zugelassenen Dieselautos die Abgaschürde durch synthetisch betriebene Kraftstoffe überwinden können.

Doch offensichtlich muss der Stein von der Politik erst einmal ins Rollen gebracht werden. (...) Möglicherweise sieht sie durch die aktuell sehr hohen Herstellkosten, den derzeit zu geringen Ertrag und die noch deutlich steigerungswürdige Skalierbarkeit der synthetischen Kraftstoffe zu viele Risiken für die konsequente finanzielle Förderung. Allerdings hat das Umweltbundesamt schon die Wichtigkeit der Thematik erkannt „Stromgenerierten Kraftstoffen kommt eine besondere Bedeutung zu“, heißt es in einer Studie zu den Zukunftschancen von E-Fuel.“⁵⁶

Der deutsche Autozulieferer ZF Friedrichshafen setzt vorerst auf den Verbrennungsmotor mit synthetischen Kraftstoffen. Laut ZF-Chef Sommer gäben E-Fuels der Autoindustrie und ihren Zulieferern mehr Zeit beim Umstieg auf die Elektromobilität.⁵⁷

Nach Angaben im Pressebericht “E-Fuels – Schlüssel zum klimaneutralen Motor?“ beschäftigt sich auch Siemens seit einiger Zeit mit der Herstellung synthetischer Kraftstoffe aus CO₂. Des

55 <https://www.solarify.eu/2017/11/04/alternative-kraftstoffe-synthetische-treibstoffe-desinger-fuels-e-fuels/>

56 <http://www.theeuropean.de/wim-weimer/13006-synthetische-treibstoffe-als-wundermittel>

57 Autozulieferer ZF setzt auf Verbrennungsmotor mit synthetischen Kraftstoffen - ZF-Chef Sommer: E-Fuels geben Industrie Zeit für Umstieg auf Elektroautos. Presseartikel. 9. April 2017.

Weiteren heißt es dort, auch am Institut für Technische Chemie in Stuttgart forsche Lehrstuhlinhaber Elias Klemm zusammen mit Gastprofessor Jaya Narayana Sahu unter Hochdruck an der großindustriellen Nutzung. Sahu habe ein Verfahren entwickelt, um leistungsfähige Elektroden mittels Mikrowellen-Pyrolyse herzustellen. (...). Trotz solcher Entwicklungen schein hauptsächlich die Elektro-Mobilität subventioniert und forciert zu werden. Bisher werde das Thema massentaugliche E-Fuels nicht energisch vorangetrieben. Technisch sei es schon heute möglich, synthetische Kraftstoffe herzustellen. So heißt es dort weiter:

„Warum also war man in Deutschland in puncto E-Fuels bislang so zurückhaltend und investiert Millionen in Prämien für elektrische Autos? „Dies ist eine politische Entscheidung“, sagt Stefan Pischinger, Institutsleiter des Lehrstuhls für Verbrennungskraftmaschinen der RWTH Aachen. „Als Wissenschaftler befürworte ich einen offenen Technologiewettbewerb ohne Bevorzugung oder Verbot einzelner Technologien. Am Ende sollte sich die Technologie durchsetzen, die die Zielvorgaben am effizientesten erfüllt.“ (...). Pischinger und viele andere Wissenschaftler weisen gemeinsam mit Bosch synthetischen Kraftstoffen ein großes Potential zu, die CO₂- und Schadstoffemissionen signifikant zu senken. Daimler Chef Dieter Zetsche äußert sich weniger euphorisch, vielleicht weil sich die Marke mit dem Stern festgelegt hat, in den kommenden fünf Jahren für ihre gesamte Modellpalette elektrische Antriebe auf den Markt zu bringen – wie die meisten Hersteller im Zuge des allgemeinen E-Hype. In seiner Funktion als Präsident des Europäischen Automobilherstellerverbandes ACEA stimmte er aber zu, dass E-Fuels eine wertvolle Rolle zukommen könne „mit unmittelbaren Auswirkungen auf das Klima“.“⁵⁸

Der Senat der Freien und Hansestadt Hamburg gab zum Einsatz von synthetischen Kraftstoffen im Juli 2017 Folgendes zu bedenken:

„Letztlich müssen die Hersteller der Verbrennungsmotoren den Einsatz von synthetischen Kraftstoffen für die einzelnen Motorenkonzepte freigeben. Ein Einsatz ohne derartige Herstellerfreigaben birgt die Gefahr eines Gewährleistungs- und Garantieverlustes und würde das finanzielle Risiko deutlich erhöhen.“⁵⁹

58 Roeder, Susanne. E-Fuels – Schlüssel zum klimaneutralen Motor? 2. November 2017. <https://www.ideenwerkstatt.de/e-fuels/>

59 Schriftliche Kleine Anfrage des Abgeordneten Dr. Kurt Duwe (FDP) vom 05.07.17 und Antwort des Senats. LT-Drs. 21/9733. <http://www.buergerschaft-hh.de/ParlDok/dokument/58541/einsatz-von-synthetischen-kraftstoffen.pdf>