



## «E-FUELS» STUDIE

# Das Potenzial strombasierter Kraftstoffe für einen klimaneutralen Verkehr in der EU

Ein Gutachten von LBST und dena

Auftraggeber:

**VDA**

Verband der  
Automobilindustrie

## Zusammenfassung

Die Studie „E-Fuels – The potential of electricity-based fuels for low emission transport in the EU“ untersucht den zukünftigen Energiebedarf des europäischen Verkehrssektors sowie den dafür notwendigen Bedarf für den Ausbau erneuerbarer Energieerzeugungskapazität und die damit verbundenen Investitionen, die erforderlich sind, um eine Treibhausgasemissionsminderung von 95 % im Verkehr zu erreichen.

Wesentliche Fragestellungen der Studie sind:

- Welchen Beitrag können E-Fuels zum Erreichen der EU-Klimaschutzziele des Verkehrs leisten?
- Wie groß ist der Ausbaubedarf an erneuerbaren Energien für die Bereitstellung der für den Verkehrssektor notwendigen Energiemengen?
- Welche kumulierten Investitionen wären für die Energie- und Kraftstoffbereitstellung bis zum Jahr 2050 notwendig?

Um diese Fragestellungen zu beantworten, betrachtet die Studie unterschiedliche Szenarien für die Entwicklung der Anteile an Antriebsarten und Kraftstoffen aller Verkehrsträger in der EU im Personen- und Güterverkehr. Basierend auf diesen Szenarien werden anhand von Annahmen zur Verkehrsentwicklung aller Verkehrsträger die resultierenden Energiebedarfe des Verkehrssektors im Zeitraum bis 2050 modelliert sowie die für die Bereitstellung der Energieträger notwendigen Investitionen abgeleitet. Prämisse ist jeweils die Einhaltung der europäischen Klimaschutzziele.

Folgenden Szenarien werden betrachtet:

- Ein durch den Einsatz von Flüssigkraftstoffen dominiertes Szenario mit einem starken Wachstum der Verkehrsleistung und einer Treibhausgasreduktion von 80% im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990: PTL/High/-80%<sub>GHG</sub>
- Ein durch den Einsatz von Flüssigkraftstoffen dominiertes Szenario mit einem moderaten Wachstum der Verkehrsleistung und einer Treibhausgasreduktion von 95% im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990: PTL/Low/-95%<sub>GHG</sub>
- Ein durch den Einsatz von gasförmigen Kraftstoffen dominiertes Szenario mit wachsenden Anteilen der Wasserstoffnutzung in elektrifizierten Antrieben, einem moderaten Wachstum der Verkehrsleistung und einer Treibhausgasreduktion von 95% im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990: PTG/Low/-95%<sub>GHG</sub>
- Ein durch batterieelektrifizierte Antriebe und einem wachsenden Anteil von Brennstoffzellennutzfahrzeugen gekennzeichnetes Szenario mit einem moderaten Wachstum der Verkehrsleistung und einer Treibhausgasreduktion von 95% im Jahr 2050 im Vergleich zu 1990: eDRIVES/Low/-95%<sub>GHG</sub>

## Definition E-Fuels

E-Fuels sind auf Basis von erneuerbarem Strom hergestellte gasförmige und flüssige Kraftstoffe wie Wasserstoff, Methan sowie synthetische Otto- und Dieselmotorkraftstoffe inklusive Kerosin.

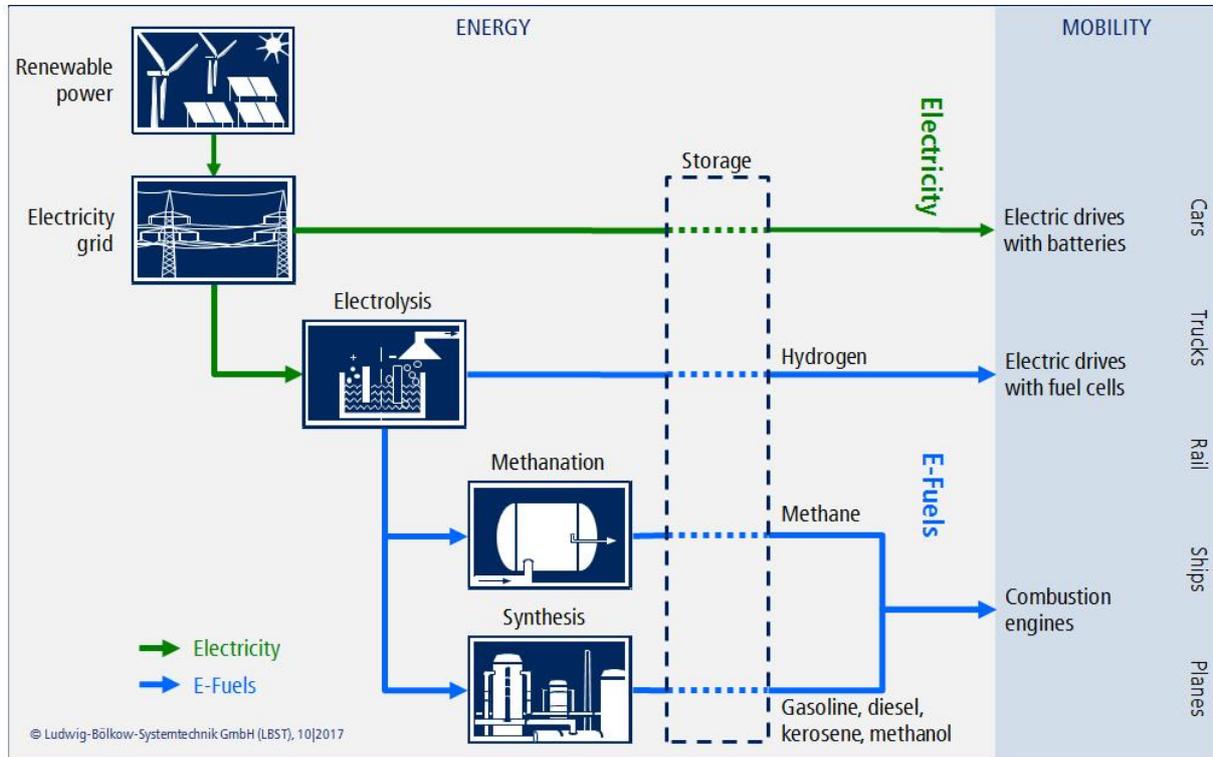


Abbildung: Schematische Übersicht E-Fuels

## Kernaussagen der Studie:

- 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 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 CO<sub>2</sub> 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 Energiewendeszenarien 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).

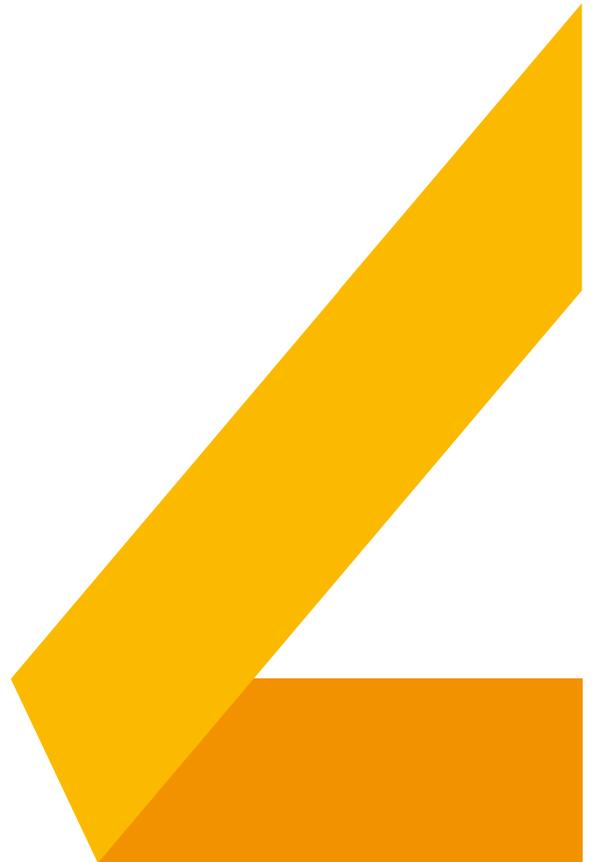
## **Handlungsbedarf**

- Die Verkehrsmittel sollten dort wo technisch möglich und ökologisch sinnvoll elektrifiziert und teilelektrifiziert werden. E-Fuels werden aber insbesondere für Anwendungen im Verkehr, für die aus heutiger Sicht keine elektrischen Antriebssysteme zur Verfügung stehen, unverzichtbar sein. Deshalb müssen Politik und Industrie geeignete Rahmenbedingungen für ihren ökonomisch attraktiven Einsatz schaffen.
- Politik und Industrie sollten eine strategische Agenda für die Technologieentwicklung, Marktentwicklung und Regulierung für E-Fuels erstellen. Über eine branchenübergreifende E-Fuels-Plattform kann dieser Prozess zeitnah angeschoben und koordiniert werden.
- E-Fuels befinden sich in der Entwicklungs- und Marktvorlaufphase. Für weitere Investitionen zur Steigerung von Herstellungseffizienz, Senkung der Kosten und zur Beschleunigung des Markthochlaufs müssen geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden.



ludwig bolkow  
systemtechnik

**dena**  
Deutsche Energie-Agentur



9 783981 585476

**Art.-Nr.: 9219**

[www.dena.de](http://www.dena.de)