



# Perspektive Power-to-X

Synthetisch erzeugte Energieträger sind ein wichtiger Baustein für den Klimaschutz. Sie bieten zugleich Wachstumschancen für Deutschland als Technologieanbieter wie auch für Länder, die als künftige Energieexporteure infrage kommen.

Sonnen- und windreiche Regionen, die Ökostrom kostengünstig erzeugen können, bieten sich als Produktionsstandorte für Power-to-X an.



**E**nergiewende total, das bedeutet das Aus für Autos und Laster, die mit Benzin oder Diesel fahren, und auch für Heizungen, die mit Öl oder Erdgas befeuert werden. Stattdessen werden die Fahrzeuge von Elektromotoren angetrieben und Strom-Wärmepumpen werden die Häuser beheizen. Wirklich?

Die Studie „Synthetische Energieträger – Perspektiven für die deutsche Wirtschaft und den internationalen Handel“ des Instituts der deutschen Wirtschaft (IW) und des Londoner Beratungsunternehmens Frontier Economics kommt zu einem anderen Schluss: „Synthetische Kraft- und Brennstoffe werden für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung unverzichtbar sein.“ Die Fahrzeuge würden also weiterhin mit Benzin und Diesel betrieben und in Heizkesseln würden weiterhin Öl und Gas verfeuert. Doch anders als heute emittieren diese Verbrennungsanlagen nur noch so viel Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), wie bei

der Herstellung der Kraft- und Brennstoffe dem Kreislauf entnommen worden ist. Für Energiehändler, Heizungshandwerker, Gerätehersteller und auch für den Verbraucher besteht die Aussicht, dass die Abkehr von fossilen Brennstoffen sie nicht vor vollkommen neue Herausforderungen stellt.

### E-Fuels sind klimaneutral

Was es dazu braucht, ist Power-to-X (PtX), also die Umwandlung von elektrischer Energie in Kraft- und Brennstoffe, wobei das X für „Liquid“ oder „Gas“ steht. Erdöl und Erdgas werden also nicht abgelöst durch die direkte Nutzung von Sonne, Wind, Wasser und Biomasse. Der Strom, den diese erneuerbaren Energiequellen liefern, wird vielmehr genutzt, um alternative flüssige und gasförmige Energieträger, sogenannte E-Fuels, zu erzeugen. Mithilfe des grünen Stroms wird in Elektrolyseanlagen Wasserstoff gewonnen. In einem →



Aus Ökostrom, Wasser und CO<sub>2</sub> synthetisch erzeugt: treibhausgasneutraler flüssiger Energieträger.



Bis 2050 könnte der Leistungsbedarf von Elektrolyseuren, Methanisierungsanlagen sowie Reaktoren zur Herstellung flüssiger Kraft- und Brennstoffe ca. 8.000 Gigawatt betragen. In Deutschland sind derzeit rund 100 Gigawatt an Solar- und Windkraft installiert.

Reaktor reagiert dieser mit Kohlendioxid. Je nachdem, wie diese Reaktion abläuft (Methanisierung, Methanolsynthese oder Fischer-Tropsch-Synthese), entstehen chemische Energieträger wie Methangas, Methanolalkohol oder synthetische Kraft- und Brennstoffe, deren Eigenschaften mit denen von heutigem Benzin oder Diesel vergleichbar sind.

Das benötigte Kohlendioxid kann aus industriellen Prozessen stammen oder direkt aus der Luft (CO<sub>2</sub> Direct Air Capture) gewonnen werden. Wird beispielsweise synthetisches Heizöl verbrannt, wird die Menge CO<sub>2</sub> freigesetzt, die beim Power-to-Liquid-Prozess zuvor verwendet wurde. Es kommt also kein neues Kohlendioxid hinzu, sodass ein geschlossener Kohlenstoffkreislauf ohne klimaschädliche Wirkung entsteht. Zudem weisen E-Fuels deutlich geringere Luftschadstoffemissionen auf als fossile Kraft- und Brennstoffe.

## Energiewende braucht chemische Energieträger

„Die hohe Energiedichte macht den Einsatz von chemischen Energieträgern, hergestellt

aus erneuerbaren Energien, in verschiedenen Sektoren wie dem Luft- und Seeverkehr, unverzichtbar“, stellen die Autoren der Studie fest, die vom Institut für Wärme und Oeltechnik (IWO), der Mittelständischen Energiewirtschaft Deutschland (MEW) und dem UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen in Auftrag gegeben wurde.

Lithium-Ionen-Batterien, die als direkte Stromspeicher infrage kommen, haben eine Energiedichte von weniger als einer Kilowattstunde pro Liter. Diesel, Kero-

sin und Benzin kommen dagegen auf das Zwanzigfache. In verflüssigter Form oder unter hohem Druck ist auch die Energiedichte von Methan und Wasserstoff deutlich höher als die von Batterien. Nicht zuletzt wegen dieser grundlegenden chemisch-physikalischen Eigenschaften basiere der Endenergieverbrauch in Deutschland derzeit zu rund 70 Prozent auf chemischen Energieträgern, heißt es in der Studie.

Die Experten sehen als entscheidenden Vorteil der synthetischen Kraft- und

## Power-to-X

Unter Power-to-X sind all jene Verfahren zu verstehen, die Ökostrom in chemische Energieträger oder Grundstoffe für die Chemieindustrie umwandeln. Mit Power-to-X lassen sich beispielsweise Diesel, Benzin, Heizöl oder Kerosin für Flugzeuge sowie synthetisches Gas herstellen. Grundlage für Power-to-X ist die Elektrolyse. Mithilfe von Ökostrom werden zwei Wassermoleküle (H<sub>2</sub>O) in ein Sauerstoff- sowie zwei Wasserstoffmoleküle aufgespalten (2H<sub>2</sub>O -> 2H + O<sub>2</sub>). Der so gewonnene grüne Wasserstoff kann über weitere chemische Prozesse (Fischer-Tropsch-Synthese, Methanolsynthese oder Methanisierung) mit Kohlendioxid CO<sub>2</sub> zu neuen langkettigen Kohlenwasserstoffverbindungen verbunden werden, die wiederum zu flüssigen oder gasförmigen Kraft- und Brennstoffen oder Grundstoffen für die Chemieindustrie verarbeitet werden können. Beide Verfahren werden unter dem Oberbegriff „Power-to-X“ zusammengefasst, wobei das X wahlweise für „Gas“ oder „Liquids“, also gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe, steht.

Brennstoffe auch deren einfache Lager- und Transportfähigkeit. Gas wird seit Jahrzehnten durch Rohrleitungen zum Kunden transportiert, flüssige Kraft- und Brennstoffe seit noch längerer Zeit durch Pipelines und per Tankwagen. Diese teure Infrastruktur müsste also nicht verändert werden, wenn es einen Umstieg auf synthetische Quellen gäbe. Dadurch könnten „Akzeptanzgrenzen für die Transformation des Energiesystems überwunden und Kosten reduziert werden“, sagen die IW-Autoren Manuel Fritsch und Thilo Schaefer.

### Infrastruktur für Energiespeicherung ist vorhanden

Ohne die Möglichkeit, Ökostrom – dessen Produktion weitgehend vom Wetter abhängt – für nachfragestarke Zeiten zu speichern, könne die Energiewende nicht gelingen, so die Studienautoren. Die Infrastruktur für Öl und Gas sei in Deutschland so weit ausgebaut, dass „eine hochdynamische landesweite Momentan-Nachfrage nach Energie jederzeit zuverlässig bedient werden kann“. Wenn also irgendwo zu einem bestimmten Zeitpunkt ein hoher Bedarf an Strom oder Wärme anfallt, lasse sich dieser jederzeit decken. Das gelte auch für saisonale Nachfrageschwankungen. Die in Deutschland existierenden Speicher für flüssige Energieträger summieren sich auf 535 Terawattstunden (eine Terawatt-



*Power-to-X ist ein wichtiger Baustein für die Entwicklung eines diversifizierten, globalen und CO<sub>2</sub>-neutralen Energiesystems.“*

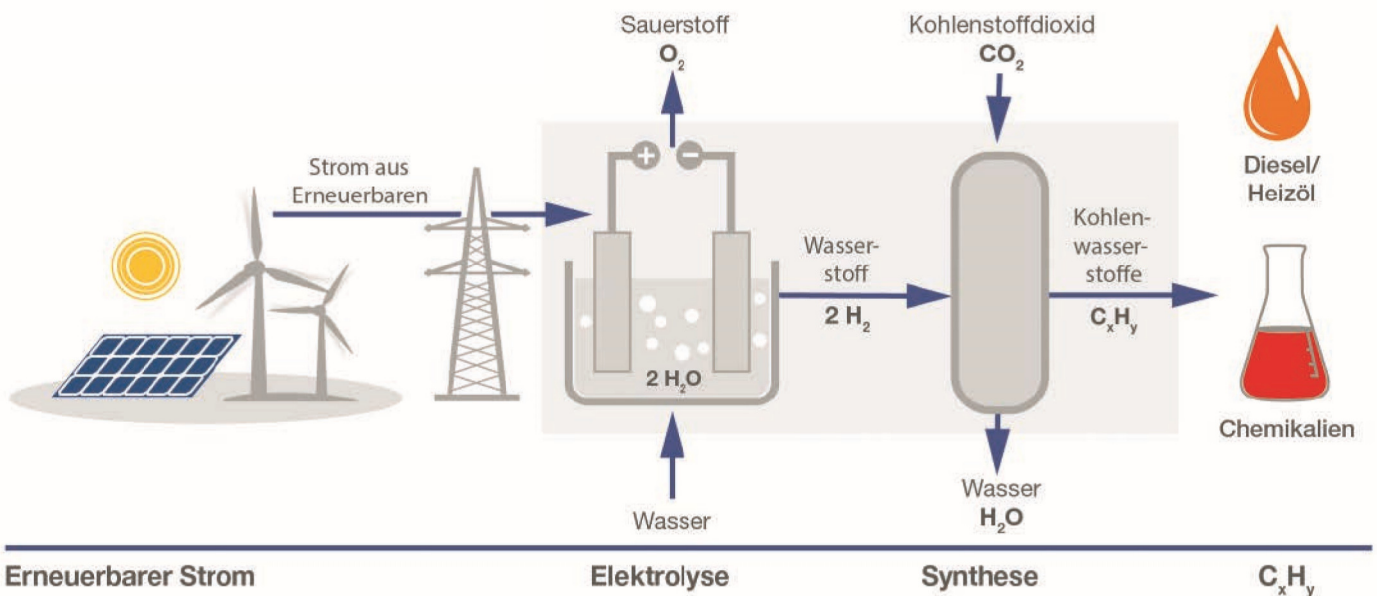
Dr. Jens Perner,  
Frontier Economics



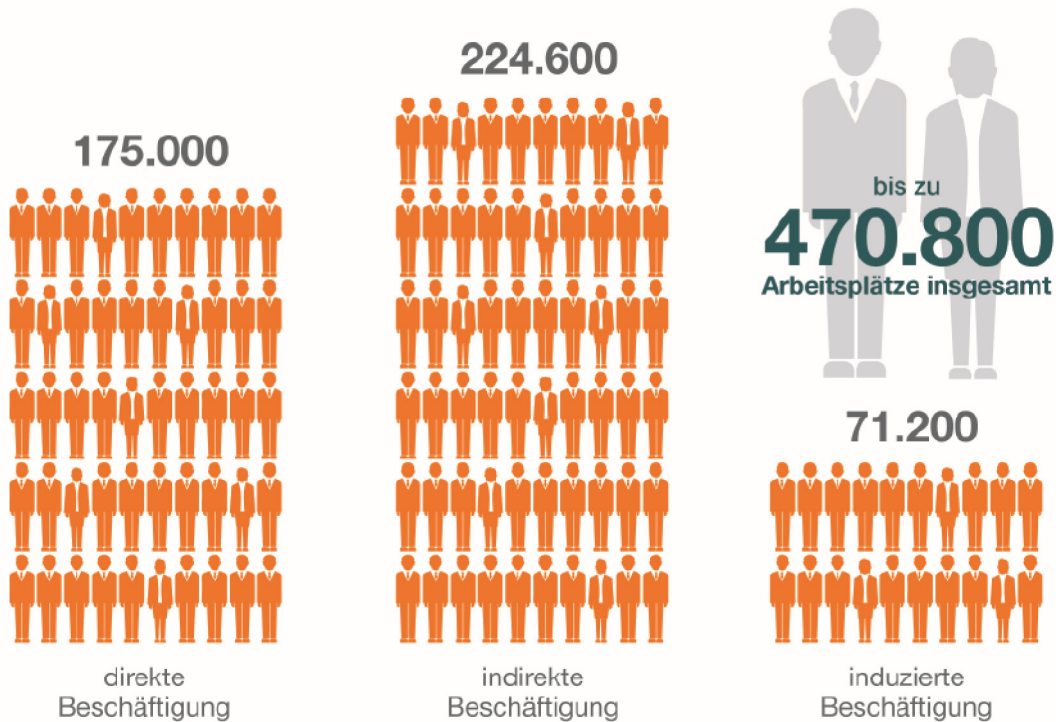
stunde sind eine Milliarde Kilowattstunden). Das entspricht 62 Prozent der jährlichen Nachfrage nach flüssigen Kraft- und Brennstoffen. Bei den Gaskavernen sind es 260 Terawattstunden oder ein Drittel des Jahresverbrauchs. Alle anderen Stromspeicher in Deutschland, vor allem Pumpspeicherkraftwerke, erreichen zusammen gerade mal 0,04 Terawattstunden. Zum Vergleich: Deutschlands Primärenergieverbrauch liegt bei 3.760 Terawattstunden. Dass Deutschland energieautark wer-

den könnte, halten die Experten allerdings für ausgeschlossen. Das ergebe sich bereits aus der begrenzten Standortverfügbarkeit für Anlagen zur Ökostromerzeugung. Schon jetzt mehren sich die Widerstände gegen neue Windenergieanlagen. Deutschland werde also synthetische Kraft- und Brennstoffe im großen Stil importieren müssen. Was aber kein Nachteil zu sein brauche. Es könnten so nämlich die Kostensenkungspotenziale bei der PtX-Herstellung im Ausland →

### Funktionsweise Power-to-Liquids (PtL) Synthese nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren



Mögliche Beschäftigungseffekte in Deutschland durch den Export von Anlagen zur PtX-Produktion bis 2050



Quelle: Destatis (2018), OECD (2018), UN (2018), WIOD (2016), Frontier Economics/IW: Synthetische Energieträger – Perspektiven für die deutsche Wirtschaft und den internationalen Handel; Grafik: IWO

genutzt werden. Solarstrom etwa ist in sonnenreichen Ländern oft nicht mal halb so teuer wie in Deutschland. Ähnlich sieht es bei der Windenergie aus.

**PtX-Industrie könnte neue Arbeitsplätze schaffen**

Die Autoren erwarten einen gigantischen neuen Markt. „Die weltweite Nachfrage nach PtX könnte bis zum Jahr 2050 leicht Größenordnungen von 20.000 Terawattstunden erreichen“, heißt es in der Studie. Das entspreche der Hälfte des derzeitigen weltweiten Rohölmarktes. Elektrolyseure, Methanisierungsanlagen sowie Reaktoren, in denen flüssige Kraft- und Brennstoffe hergestellt werden, könnten auf einen Leistungsbedarf von ca. 8.000 Gigawatt kommen. Zum Vergleich: In Deutschland sind derzeit rund 100 Gigawatt an Solar- und Windkraft installiert.

Die finanziellen Herausforderungen sind zwar groß, halten sich aber in Grenzen, so die Studienautoren. Pro Jahr müssten weltweit 215 Milliarden Euro in PtX-Anlagen gesteckt werden. Dieser Wert relativiert sich jedoch, wenn die heutigen Investitionen in den Öl- und Gassektor dage-

gestellt werden. Diese liegen bei 746 Milliarden Euro pro Jahr. Die Studie zeigt auf, dass Deutschland von PtX nicht nur ökologisch, sondern auch wirtschaftlich

profitieren kann. Deutschland sei an den weltweiten Exporten von Elektrolyseuren mit einem Anteil von 19 Prozent beteiligt. Damit nehme das Land die Spitzenposition ein. Im Anlagenbau sehe es ähnlich günstig aus. Hier liege der deutsche Anteil bei 16 Prozent. Für die deutsche Wirtschaft ergäben sich bis 2050 zusätzliche Wertschöpfungseffekte in Höhe von insgesamt rund 36,4 Milliarden Euro jährlich. Zudem würden insgesamt gut 470.000 neue Stellen geschaffen.



Stromspeicher → 0,04 TWh<sub>el</sub>

Quelle: Frontier Economics/IW: Synthetische Energieträger – Perspektiven für die deutsche Wirtschaft und den internationalen Handel, Sept. 2018, S. 13

**PtX schafft internationale Win-Win-Situation**

Doch nicht nur die Industrieländer würden von PtX profitieren. Investitionen in Anlagen zur Erzeugung von synthetischen Kraft- und Brennstoffen und deren Exportpotenziale können aufgrund der zukünftigen weltweiten Nachfragemärkte an den Produktionsstandorten wichtige Entwicklungsimpulse entfalten, so die Studienautoren. In entwicklungsbedürftigen Regionen mit großem Potenzial für erneuerbare Energien und hoher Flächenverfügbarkeit würden sich hierdurch Chancen eröffnen.

Zugleich böte PtX den Ländern, die heute fossile Energien exportieren, eine Perspektive für das postfossile Zeitalter.

## Politische Weichenstellungen nötig

Damit sich ein globaler Markt für PtX-Technologien und PtX-Produkte entwickeln kann, bedarf es national wie international der politischen Initiative zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen. Technologieentwicklung und Skalierung im globalen Maßstab sind voranzutreiben. Dazu müssten PtX Bestandteil der internationalen Energie- und Klimaschutzagenda werden und bilaterale wie multilaterale Energiekooperationen gefördert werden, so das Studienfazit von IW und Frontier Economics. ■



## Die Kernbotschaften

- ▶ Synthetische Kraft- und Brennstoffe werden für eine CO<sub>2</sub>-neutrale Energieversorgung unverzichtbar sein, denn:
  1. Die Energiedichte von chemischen Energieträgern ist höher als die der meisten anderen Energieträger.
  2. Chemische Energieträger lassen sich leicht lagern und transportieren.
  3. Vorhandene Infrastrukturen können weiter genutzt werden.
  4. Importe aus Ländern mit sehr günstigen Standortbedingungen (hohe Flächenverfügbarkeit, großes Solar- und/oder Windenergieangebot) können die Kosten für PtX-Produkte senken.

## Internationales Bündnis für synthetische Kraft- und Brennstoffe

▶ Die Deutsche Energie-Agentur (dena) und Partner aus der Industrie haben die Global Alliance Power Fuels gestartet. Das international ausgerichtete Bündnis verfolgt das Ziel, globale Märkte für synthetische Kraft- und Brennstoffe, die mithilfe von erneuerbaren Energien erzeugt werden, zu erschließen. Es soll ein Netzwerk aus den Bereichen Forschung und Wissenschaft, Politik und Gesellschaft aufbauen. Analysiert werden unter anderem Märkte für Power Fuels und die Rahmenbedingungen für ihren Einsatz. Laut dena-Leitstudie können sie im Jahr 2050 in Deutschland einen Bedarf von 150 bis 900 Terawattstunden abdecken. Mit Energieeffizienz und der direkten Nutzung von erneuerbarem Strom allein werde sich der Energiebedarf in Zukunft nicht klimaneutral decken lassen: „Synthetische erneuerbare Energieträger sind die dritte Säule für eine erfolgreiche Energiewende“, sagt dena-Chef Andreas Kuhlmann. Die Umwandlungsverfahren wie Power-to-Gas (Strom zu Gas) und Power-to-Liquid (Strom zu Flüssigkeit) sind bekannt und die Technologien sind prinzipiell verfügbar. Bei der Technologieentwicklung ist Deutschland Vorreiter. Kuhlmann: „Jetzt ist die Zeit gekommen, das bestehende Know-how zu nutzen und es weiterzuentwickeln, groß ausgelegte Projekte anzustoßen und einen nachhaltigen Zukunftsmarkt zu erschließen.“



Andreas Kuhlmann, Vorsitzender der dena-Geschäftsführung

Zum Partnerkreis zählen Unternehmen und Verbände aus verschiedenen Branchen, darunter unter anderem Audi AG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), ENERTRAG AG, IWO Institut für Wärme und Oeltechnik e. V., Robert Bosch GmbH, Uniper Kraftwerke GmbH sowie MWV und UNITI.

