

Die Wahrheit über e-Fuels

Was treibt künftig Autos an? Die Elektro-Mobilität startet derzeit zwar kräftig durch, aber es gibt auch Stimmen, die in synthetischen Kraftstoffen eine Alternative zum Strom sehen – vor allem für Bestandsfahrzeuge

1 Was sind eigentlich e-Fuels?
Dieser Name hat sich als Sammelbegriff für synthetische Kraftstoffe, die aus elektrischer Energie hergestellt werden, etabliert. Es handelt sich also um einen Zukunftssprit, der sowohl Diesel und Benzin als auch Kerosin mit den herkömmlichen Funktions- sowie Qualitätsanforderungen ersetzen kann. Besonderheit: Dieser Kraftstoff verzichtet komplett auf fossile Ausgangsstoffe, stattdessen basiert er auf nachhaltig erzeugtem elektrischen Strom sowie Wasser und Kohlendioxid, das in der Industrie oder Landwirtschaft als „Abfallprodukt“ anfällt. Im besten Fall wird es aus der Umgebungsluft gefiltert. Anlagen dazu gibt es bereits, und diese sind – wenn sie im Industriemaßstab eingesetzt werden –, weder kompliziert noch wartungsintensiv. Damit haben e-Fuels ein reales und gleichermaßen enormes Potenzial bei der Dekarbonisierung künftiger und sogar auch schon heutiger Antriebe. Durch einen speziellen Herstellungsprozess, der kurz Power-to-Fuel genannt wird, entsteht der nachhaltige Kraftstoff – ohne dass zusätzliches Klimagas CO₂ in die Atmosphäre gelangt.

2 Ist eine Alternative zum elektrischen Antrieb überhaupt sinnvoll?
Die Grundsatzdiskussion ist nach wie vor in vieler Munde: Wie sollen unsere Autos in Zukunft angetrieben werden: mit Batterie-Elektrik, Brennstoffzelle, direkter Wasserstoff-Verbrennung, herkömmlichem Ben-

zin und Diesel mit kräftig gesteigertem Bio-Anteil oder mit synthetischem Sprit? Die Mehrheit der Autokäufer (je nach Studie zwischen 69 und 72 Prozent) lehnt derzeit ein E-Auto ab. Die Gründe sind klar: zu kurze Reichweiten, viel zu lange Ladezeiten, hohe Anschaffungskosten und große Verluste beim Wiederverkauf durch rasch alternde Akkus. Die meisten Fachleute von Hochschulen und Industrie sehen in der E-Mobilität jedoch die derzeit effizienteste Lösung für klimaneutrales Autofahren. Das stimmt auch und veranlasste die Brüsseler EU-Kommission zu einem für 2035 geplanten generellen Verbrennerverbot bei Neuwagen. Doch dieses „kategorische Aus“ ist seit März vom Tisch – zugunsten technologieoffener Lösungen. Gut so, denn jede Möglichkeit, die hilft, die CO₂-Emission nachhaltig zu reduzieren, sollte auch genutzt werden. Und dazu gehören e-Fuels.

3 Wer kann e-Fuels nutzen?
Diese modernen, synthetischen, aus erneuerbaren Energien hergestellten Kraftstoffe können nicht nur – wie es der Kompromiss-Vorschlag in Brüssel derzeit vorsieht – in speziellen künftig hergestellten Motoren („e-Fuels-Only“) eingesetzt werden, sondern auch in vielen Triebwerken von Millionen Bestandsfahrzeugen. Sobald der Kraftstoff verfügbar ist, könnten alle konventionellen Benzin- und Diesel-Motoren ohne konstruktive Änderungen mit entsprechenden e-Fuels betankt und betrieben werden. So wird selbst ein alter VW Käfer klimaneutral. Einzige Ausnah-

me: Zweitakter-Fahrzeuge wie Trabant und Wartburg bleiben – wegen der notwendigen Schmierölbeimischung – das, was sie schon immer waren: alte Stinker. Die nüchterne Gewissheit: Selbst dann, wenn – wie von der Bundesregierung angestrebt – im Jahr 2030 mehr als 15 Millionen E-Autos zugelassen sind, werden noch immer mindestens 34 Millionen Pkw mit Benzin- oder Dieselmotor allein in Deutschland unterwegs sein und gewiss auch weitere 20, 25 und mehr Jahre auf unseren Straßen rollen. Nicht vergessen sollte man auch, dass Nutzfahrzeuge, also Transporter, Lkw und Baumaschinen, die nicht elektrifiziert werden können, ebenfalls betankt werden müssen. Bei dieser Überlegung wird klar, dass man künftig nicht auf „grünen Sprit“ verzichten kann.



Auch BMW-Chef Oliver Zipse sieht für die rund 260 Millionen Bestandsfahrzeuge in Europa e-Fuels als einzige Möglichkeit, dass diese ihren Beitrag zum Klimaschutz leisten können. Ein großer Vorteil: Schon jetzt könnte man e-Fuels in beliebigem Verhältnis mineralischen Kraftstoffen beimischen. Nach Tests des ADAC und verschiedener Autohersteller ist die Motoren-Verträglichkeit sehr gut und das Roh-Abgas sogar deutlich sauberer. In puncto Reichweite, Verbrauch und CO₂-Emission ist bei vergleichbarer Energiedichte zudem kein Unterschied messbar. Die Besonderheit aber ist, dass die ausgestoßene CO₂-Emission der vorher bei der Herstellung des synthetischen Kraftstoffs gebundenen Menge (Kreislaufwirtschaft) entspricht und damit keine zusätzliche Klimabelastung verursacht. Schon eine wirkungsvolle Beimischung von e-Fuels mit 10, 30 oder 50 Prozent zum konventionellen Kraftstoff kann die CO₂-Emission durch den Straßenverkehr beträchtlich senken. Das gilt als realistische Chance, die nicht ungenutzt blei-

ben sollte, zumal dafür keinerlei infrastrukturelle Kraftanstrengungen nötig wären, denn auch die Tankstellen können wie gehabt weiter genutzt werden.

4 Lassen sich e-Fuels überhaupt in ausreichender Menge herstellen?
Ja, es ist – wie so oft – nur eine Frage der Energie. Die Grundstoffe Wasser und Kohlendioxid sind sowieso im Überfluss vorhanden. Doch um daraus einen flüssigen Sprit zu gewinnen, bedarf es eines aufwendigen chemischen Umwandlungsprozesses. Zuerst muss per Elektrolyse das Wasser zerlegt werden. Wasser ist bekanntermaßen eine sehr stabile Verbindung, deshalb muss zum Aufspalten viel „Kraft per Strom“ angewendet werden. Danach läuft ein chemischer Synthese-Prozess ab, um die nötigen Kohlen-Wasserstoff-Verbindungen herzustellen. Das alles verschlingt Energie, viel Energie. In Zahlen: Während ein E-Auto ca. 70 bis 73 Prozent der zugeführten elektrischen Energie in Vortrieb umsetzen kann, sind es beim mit e-Fuel betankten Verbrennungsmotor nur ca. 13 bis 22 Prozent. Das liegt daran, dass hier die elektrische Energie erst in chemische Energie umgewandelt werden muss, was nur mit Verlusten gelingt. Erst danach wird bei der Verbrennung wiederum aus chemischer Energie mechanische Antriebsarbeit gewonnen. Auch das ist verlustbehaftet: Hier beträgt der maximale motorische Wirkungsgrad zwischen 25 bis 30 Prozent beim Benzinmotor und 43 bis 46 Prozent beim Diesel. Anders ausgedrückt: Ein e-Fuels-Auto braucht für die gleiche Strecke drei- bis fünfmal mehr elektrische Energie als ein E-Auto, das den Strom direkt nutzt. Summatarum liegt die Effizienz des Antriebs mit e-Fuels also deutlich unter der des E-Autos. Aber deswegen darauf verzichten?



5 Fakt ist: e-Fuels haben eine bessere CO₂-Bilanz
Doch bei der CO₂-Betrachtung – um die es ja letztlich geht – gibt es noch einen wichtigen Vorteil für den Antrieb mit e-Fuels: Während das E-Auto einen gewaltigen CO₂-Rucksack – durch die klimagasin-tensive Batteriezellen-Produktion – mit an den Start bringt, fährt das Verbrenner-Auto ab der ersten e-Fuel-Tankfüllung nahezu CO₂-neutral. Das schafft ein batterieelektrisch angetriebenes E-Auto – wenn es stets mit 100 Prozent Ökostrom geladen wird – im Durchschnitt erst nach rund 125.000 Kilometern, also erstmals nach etwa acht Jahren. Und dann beginnen viele Batterien bereits zu schwächeln ...

6 Steht uns genug regenerativer Öko-Strom zur Verfügung?
Bei Weitem nicht, jedenfalls noch nicht. In Deutschland können wir den Bedarf an erneuerbaren Energien für Industrie, Haushalt und Verkehr nicht decken. Zusätzlich zu den geplanten rund 1800 neuen Windrädern, die jährlich aufgestellt werden müssen, bedarf es großer Importmengen an grüner Energie für Industrie, Verkehr, Digitalisierung und jene Haushalte, die künftig elektrisch mit Wärmepumpen statt mit Öl und Gas heizen. Setzt Deutschland auf die e-Fuel-Produktion, dann steigt der Bedarf an regenerativer Energie noch weiter an, und diese müsste zusätzlich beschafft beziehungsweise eingekauft werden. Ist das überhaupt zu schaffen? >

ENERGIEHUNGER
Derart große Anlagen gewinnen reichlich regenerativen Strom, der die Voraussetzung für die energieintensive e-Fuel-Produktion ist

7 Sind die Kosten das K.o.-Kriterium?

In Deutschland ist der reguläre Strom für derartige Zusatz-Projekte viel zu teuer. Prädestiniert dafür sind dagegen Anlagen zum Beispiel in Wüstenstaaten. Beim grün gewonnenen Solar-Strom – etwa in der Sahara, der unter Einrechnung aller Kosten derzeit zwischen ein und zwei Cent pro Kilowattstunde liegt – ließe sich auch gleich an Ort und Stelle die chemische Umwandlung zum Öko-Kraftstoff vornehmen. Der so besonders günstig hergestellte Wüsten-Sprit kann deutlich einfacher und verlustfreier via Pipeline oder Tankschiff nach Europa transportiert werden im Vergleich zum elektrischen Strom (als Rohenergie). Übrigens wäre das kein schlechtes Geschäftsmodell für die dortigen Erdöl-Förderländer, die sich langfristig gesehen sowieso vom stetig wachsenden Öl-Export verabschieden müssen. Auch Anlagen in den chilenischen Anden, an der französischen Atlantikküste oder in der Nordsee können das Energiedefizit ausgleichen helfen. Einen ganz besonderen Charme haben die vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) projektierten dezentralen Offshore-Anlagen, bei denen das Windrad die Energie

nicht per Kabel ans Festland liefert, sondern bereits auf hoher See die gewonnene Energie in synthetischen Kraftstoff umwandelt. Das minimiert die Übertragungsverluste. Zudem lassen sich flüssige Kraftstoffe problemlos und fast verlustfrei transportieren. Aber das ist noch Zukunftsmusik.

8 Cleverer Energiespeicher statt Geisterstrom

Doch ganz real ließen sich schon heute Überschuss-Energien für die e-Fuel-Produktion nutzen – sozusagen um sowieso anfallende Energie zu speichern. Denn immer, wenn heute die Stromerzeugung höher als der momentane Bedarf ist, werden derzeit die Windräder einfach abgeschaltet, um die Übertragungsnetze nicht zu überlasten. Damit die Anlagenbetreiber nicht murren oder einen Aufstand proben, bekommen sie für den „Geisterstrom“ eine finanzielle Entschädigung in üblicher Höhe. Kurz: Auch wenn kein Strom fließt, fließt Geld, das letztlich wir alle als Strom-Kunden in Deutschland mitbezahlen. Der Bundesverband der Deutschen Energie- und Wasserwirtschaft schätzt, dass so allein 2022 gut drei Milliar-

den Kilowattstunden Windkraft abgeregelt worden sind. Nach Angaben der Bundesnetzagentur wurden schon im Jahr 2021 mehr als 800 Millionen Euro für Geisterstrom bezahlt. Mit dem weiteren Ausbau der Erzeugungskapazitäten – der ja mit Hochdruck erfolgen soll – ist ein weiterer Anstieg des Geisterstroms zu erwarten. Energie, die derzeit ungenutzt am stehenden Windrad „vorbeiweht“, uns aber viel Geld kostet.

Hier ist die Politik gefragt: Es bedarf dringend einer gesetzlichen Regelung, was mit den ungenutzten Kapazitäten passiert. Die e-Fuel-Produktion wäre eine praktikable und probate Lösung, um sozusagen ganz nebenbei sowieso anfallende Energie für die Kraftstoffproduktion zu ernten.

9 Pro & Contra – berechnete Skepsis?

Befürworter und Gegner der neuen Kraftstoffe führen auf Kongressen und im World Wide Web einen harten Disput. Während die einen synthetische Kraftstoffe für zu teuer und Energieverschwendung halten, sehen die anderen darin eine große Chance. Ein Wissenschaftler-Team unter Leitung des Pots-

dam-Instituts für Klimaforschung (PIK) sieht zum Beispiel den breiten Einsatz, um fossile Brennstoffe zu ersetzen, skeptisch. Sie wollen, dass Kraftstoffe auf Wasserstoffbasis auf diejenigen Anwendungen beschränkt bleiben, die kaum elektrifizierbar seien, also Flugzeuge und Schiffe. Dafür braucht man bereits viele Milliarden Tonnen. Kritiker meinen, es bleiben dann keine Reserven für den Autoverkehr – was sich aber durchaus widerlegen lässt. Zu den großen Vorteilen der e-Fuels zählt die hohe Energiedichte flüssiger Kraftstoffe, was das zusätzliche Beschleunigen großer Massen bei E-Autos (Batteriegewicht durchschnittlich 600 bis 800 kg) unnötig macht. Befürwortern hingegen geht es darum, jede Möglichkeit zu nutzen, um die Erderwärmung zu bremsen. Nichts sollte unversucht bleiben, was sinnvoll und technisch machbar ist.

Wichtig: Auch Skeptiker müssen erkennen, dass die Natur uns ohnehin genug Primärenergie durch Sonne, Wind und Gezeiten zur Verfügung stellt. Doch wir sollten sie uns nutzbar

machen. Allein eine Sahara-Fläche in der Größe des Berliner Stadtgebiets könnte den europäischen Energiehunger täglich stillen.

10 Alles nur Theorie oder doch schon mehr?

Bislang werden strombasierte Kraftstoffe vorwiegend im Forschungsmaßstab produziert, also in Pilot-Anlagen.

Bereits 2019 nahm das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) das mit Bundesmitteln geförderte Kopernikus-Projekt in Betrieb. Inzwischen fließt hier der klimaneutrale Kraftstoff nicht nur tröpfchenweise, sondern erreicht in Zusammenarbeit mit IneraTEC eine Jahresproduktion von 3500 Tonnen e-Kerosin und e-Diesel – bis jetzt jedoch nur für Forschungszwecke. Porsche startete im Januar im chilenischen Punta Arenas seine erste eigene e-Fuel-Produktion – am südlichen Rand der Anden, wo immer kräftiger Wind weht. Heute kostet dieser Öko-Sprit pro Liter zwei Dollar, also 1,87

e-Fuels bestehen aus „industriell gefertigten“, also synthetisch aufgebauten Kohlen-Wasserstoff-Molekülen



Euro. Wenn sich auch hier, wie geplant, eine echte Produktions-Infrastruktur entwickelt hat, soll der Preis kräftig sinken. Der clevere Hintergedanke: Porsche 911 & Co. zählen zu den weltweit wertbeständigsten Autos mit einer Haltedauer, die nicht in Jahren, sondern in Jahrzehnten gemessen wird. Klar, dass man bei Porsche dafür Sorge tragen will, dass auch jenseits aller Ökoschranken der Fahrspaß erhalten bleibt.

Auch im US-Bundesstaat Texas gehen derzeit mehrere e-Fuel-Synthese-Anlagen gleichzeitig an den Start. In der windreichen Gegend stehen bereits mehr als 15.000 Windturbinen sowie riesige Photovoltaik-Parks. In einer der größeren Sprit-Produktionsstätten sollen 14.000 Barrel pro Tag hergestellt werden, was einer Jahresleistung von 757 Millionen Litern entspricht. Auch bei der Norsk e-Fuel in Norwegen sollen bis 2030 die ersten drei Fertigungen in Betrieb genommen werden. Sie arbeiten mit Strom aus Wind- und Wasserkraftwerken und können jährlich 250 Millionen Liter e-Fuel produzieren. Das sind zwar nur kleine Mengen, ist aber immerhin ein Anfang. Wenn dieser Kraftstoff zum Massenprodukt wird, dann lassen sich auch die Produktionskosten skalieren und die Liter-Preise drastisch senken. Schließlich muss hier kein knapper Rohstoff gefördert und bearbeitet, sondern nur Energie – viel Energie – eingesetzt werden. Und die stellt uns die Sonne kostenlos zur Verfügung. **Holger Ippen**



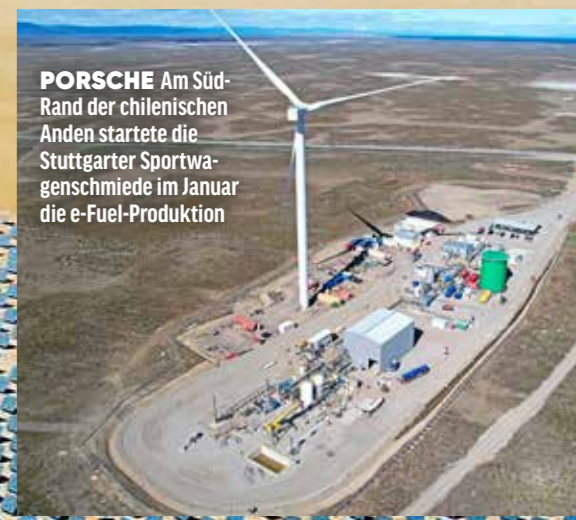
E-FUELS ONLY Über einen speziellen Tankstutzen sollen e-Fuel-Verbrenner nach 2035 nicht konventionell befüllt werden können



KOMPACTE ANLAGEN In dezentral aufgestellten Einheiten, die von der Energiegewinnung bis zur e-Fuel-Herstellung alles können, sehen einige Forscher eine realistische Zukunft



KIT-FORSCHUNGSPROJEKT Eine der größten Forschungsanlagen steht in Baden-Württemberg. Hier entstehen derzeit e-Kerosin und e-Diesel – beide Kraftstoffe werden anschließend von Herstellern für Testzwecke genutzt



PORSCHE Am Südrand der chilenischen Anden startete die Stuttgarter Sportwagenschmiede im Januar die e-Fuel-Produktion

DESERTEC Wüstenkraftwerke mit Photovoltaik in Kombination mit Solarthermie können viel Strom liefern – auch in den ersten Nachtstunden, wenn keine Sonne mehr scheint