



Kraftstoff der Zukunft

Wie herkömmliche Verbrennungsmotoren mit E-Fuels
CO₂-neutral betrieben werden können.

Sonderausgabe zum ÖAMTC-Symposium
„E-Fuels oder Verbrenner-Verbot?“



Oliver Schmerold, ÖAMTC Direktor

Elektromobilität UND E-Fuels

WARUM REDET der ÖAMTC bei einer industriepolitischen Frage mit? Und: Warum aufseiten nur einer Technologie, des Verbrennungsmotors? So oder ähnlich lauteten einige Kommentare, als wir Ende März gemeinsam mit namhaften Partnern vom Bundeskanzler Technologie-Offenheit einforderten.

Beide Fragen beruhen jedoch auf einem Missverständnis.

Denn ein mögliches Verbot von traditionellen Motoren betrifft nicht nur die Industrie, sondern unmittelbar Millionen von Österreicher/-innen. Nicht nur wegen des absehbaren Wertverlustes in Milliardenhöhe für fünf Millionen hierzulande zugelassene Benzin- und Diesel-Pkw. Für Hunderttausende Menschen steht die Möglichkeit, überhaupt automobil sein zu können, auf dem Spiel.

Warum? Weil E-Mobilität zwar zentral ist, die Klimaziele im Verkehr zu erreichen, sich das mit Elektroautos alleine aber nicht ausgeben kann.

DAZU EINE KLEINE Rechnung. Pro Jahr werden in Österreich rund 300.000 Pkw neu zugelassen. Hätten von den neu zugelassenen Autos im laufenden Jahrzehnt im Schnitt die Hälfte einen Elektroantrieb, was weit über den rosigsten Prognosen liegt, könnten wir es bis 2030 schaffen, 1,5 Millionen

Fahrzeuge auszutauschen. Um alleine damit die Klimaziele zu erreichen, müssten es aber fast 3 Millionen sein.

Auf dieses absehbare Zielerreichungs-Dilemma setzen Politiker/-innen, die ein Verbot von Verbrennungsmotoren fordern. Sie wollen traditionelles Fahren so sehr verteuern, bis endlich genug Menschen damit aufhören. Stichwort: 4 Euro für den Liter Sprit.

UNSER WEG IST DAS NICHT. Wir wollen auch die bestehende Flotte klimafreundlicher machen.

Das funktioniert nur mit nachhaltigen Kraftstoffen, weil damit herkömmliche Verbrennungsmotoren CO₂-ärmer oder sogar CO₂-neutral betrieben werden können. Dafür brauchen wir die richtigen Regulierungs-Anreize, auf EU-Ebene und national:

— Beispielsweise die Berücksichtigung von alternativen Kraftstoffen nicht nur in der Klimarechnung der Mitgliedstaaten, sondern auch bei den Flottenzielen der Autohersteller.

— Oder steuerliche Anreize, indem etwa die Mineralölsteuer wirklich nur für den Mineralöl-Anteil im Sprit anfällt.

— Und endlich eine ehrliche Berechnung des CO₂-Ausstoßes eines Fahrzeuges, bei dem der gesamte Lebenszyklus und nicht nur der Betrieb berücksichtigt wird.

— Vielleicht auch einen Zeitplan für das Auslaufen fossiler Kraftstoffe. Denn nicht der Antrieb ist das Problem, sondern die Verwendung fossiler Energieträger.

DIESE THEMEN HABEN wir am 28. April bei unserem Symposium rund um E-Fuels diskutiert und deswegen halten Sie jetzt diese Sonderausgabe des auto touring in der Hand. Dabei stand uns mit Vertretern der TU Graz, von AVL und Porsche enorme technische Kompetenz zur Verfügung.

Diese wurde ergänzt um die strategische Sichtweise von Saudi Aramco als größtem Energiekonzern der Welt und der ökonomischen Expertise eines Hans Werner Sinn. Und schließlich wollten wir dort von der Politik – Regierung, Opposition und EU – hören, wohin die Reise bei diesem wichtigen Thema gehen soll. Wenn die Ergebnisse Sie interessieren, finden Sie diese auf unserer Homepage. ► www.oeamtc.at

Die Position des ÖAMTC im Sinne seiner Mitglieder ist klar: Wir brauchen in der Mobilität jede Technologie, die uns hilft, signifikant CO₂ einzusparen. Verbote sind da der falsche Weg.

Schließlich wollen die meisten von uns beides: Leistbar individuell mobil sein UND die Klimaziele erreichen. Daher brauchen wir beides: Elektromobilität UND E-Fuels. ■

Jeden Tag, auch in Österreich: **Soforthilfe & Kostenschutz**

Inhalt

| | |
|----------------------------|----|
| E-Fuels – was ist das? | 04 |
| Interview Hans Werner Sinn | 08 |
| Anwendungen | 10 |
| Stakeholder am Wort | 12 |

Impressum

Herausgeber: Österreichischer
Automobil-, Motorrad- und Touring Club
(ÖAMTC), 1030 Wien, Baumgasse 129,
Telefon 01 711 99-0, ZVR 730335108
Offenlegung gemäß § 25 Mediengesetz:
www.oeamtc.at/offenlegung

Medieninhaber (Verleger):
ÖAMTC Verbandsbetriebe GmbH
1030 Wien, Baumgasse 129

FN 469168d, HG Wien

Geschäftsführer
Martin Paweletz, Thomas Fuchs

Verlagsleitung: Mag. Gerhard Schinhan

Redaktion: Peter Pisecker (Chefredakteur),
Bernhard Wiesinger, Thomas Hametner

Chef vom Dienst: Helmut Eckler

Art Director: Andreas Hnat

Layout & Produktion:
Andreas Kaleta, Peter Scharnagl

Fotos: ÖAMTC

Druck: F. Berger & Söhne Ges.m.b.H.,
3580 Horn, Wiener Straße 21–23.
Gedruckt auf PEFC-zertifiziertem Papier.

Anzeigenleitung:
Mag. Gerhard Schinhan (Dw. 22705)

Anzeigenberatung:
Christian Heyny (Dw. 22704)
Roland Kiefer (Dw. 22708)
DVR: 4018188



Schnell bestellen:
☎ 0800 120 120

**Sonderleistung: Übernachtungskosten
bei Quarantäne in Österreich.**

Exklusiv für Mitglieder, um nur € 46,70
Alle Infos: www.oeamtc.at/schutzbrief



Ein gutes Gefühl, beim Club zu sein.

Synthetische Kraftstoffe werden chemisch im Labor (industriell in großen Produktionsanlagen) erzeugt und sind CO₂-neutral.



Verbrennungsmotoren CO₂-neutral betreiben – wie geht das?

Ganz einfach: Indem der Kraftstoff, mit dem sie laufen, so erzeugt wird, dass seine Herstellung genauso viel CO₂ bindet wie seine spätere Verbrennung freisetzt.

DAS PROBLEM MIT Kraftstoffen ist: Sie zu verbrennen, erzeugt Kohlendioxid (CO₂). Um die in ihnen steckende Energie in mechanische Energie, sprich, in Vortrieb umzusetzen, muss man sie aber verbrennen. In einem Motor. Und dadurch werden derzeit chemische Elemente, die Millionen von Jahren in der Erde gebunden waren, als klimawirksames Treibhausgas in die Atmosphäre geblasen.

Nicht der Verbrennungsmotor oder sein Arbeitsprinzip ist hier das Problem, sondern der fossile Kraftstoff, der zum Antrieb des Motors verwendet wird.

Denn dieser besteht aus Erdöl, das aus Tausenden Metern Tiefe aus dem Boden gepumpt, dann raffiniert, als Benzin oder Diesel zu Tankstellen rund um den Globus transportiert, in Fahrzeugtanks gefüllt und in Motoren verbrannt wird. Neben Schadstoffen entsteht dabei aus den Kohlenwasserstoffverbindungen des Kraftstoffs auch CO₂ (Kohlendioxid), das zuvor in der Atmosphäre nicht vorhanden war.

E-Fuels sind CO₂-neutral

Synthetische Kraftstoffe, sogenannte E-Fuels, erzeugen im Moment ihrer Verbrennung zwar auch CO₂, doch kein neues. Denn diese Kraftstoffe stammen nicht aus den Tiefen der Erdkruste, sondern aus dem Labor. Sie werden chemisch hergestellt: aus CO₂, das der Umgebungsluft entnommen wird, und Wasser (H₂O).

Mit elektrischer Energie werden die Moleküle bei der sogenannten Elektrolyse aufgebrochen. Danach wird, vereinfacht gesagt, Kohlenstoff (C) mit Wasserstoff (H) neu zu Kohlenwasser-

stoffketten „zusammengesetzt“, während der Sauerstoff (O) der Atmosphäre zurückgegeben wird.

Das CO₂, das bei der Verbrennung von E-Fuels entsteht, wurde also vorher, bei der Produktion dieser synthetischen Kraftstoffe, der Luft oder derzeit auch Industrieabgasen entnommen. Zusätzliches CO₂ entsteht dabei nicht.

Genau das macht den Unterschied zu herkömmlichem Benzin oder Diesel aus (oder auch Kerosin, mit dem Flugzeugtriebwerke befeuert werden).

Schadstoffe, die auch bei Nutzung von E-Fuels entstehen, werden durch moderne Abgasreinigungsanlagen praktisch vollständig neutralisiert.

Mit „grüner“ Energie

Die elektrische Energie für die Elektrolyse stammt im Idealfall aus erneuerbaren Quellen. Denn auch die Erzeugung von Strom in kalorischen Kraftwerken verursacht CO₂. Nützt man aber Windenergie, Wasserkraft oder Fotovoltaik für die Stromgewinnung, entsteht durch den hohen Energiebedarf für die Elektrolyse kein CO₂.

Voilà: So können Verbrennungsmotoren CO₂-neutral betrieben werden – dank E-Fuels.

Klima- bzw. CO₂-neutral bedeutet: Das, was unsere Fahrzeuge an Emissionen ausstoßen, soll die Atmosphäre nicht zusätzlich belasten.

Der solcherart „konstruierte“ Kraftstoff kann gezielt mit denselben Eigenschaften wie fossiles Benzin oder Diesel ausgestattet werden. Der Vorteil: Dadurch wären keinerlei Anpassungen der her-



Durch unser Verfahren können E-Fuels mit bis zu 30 % weniger Strombedarf produziert werden.

Jürgen Rechberger, AVL List

kömmlichen Verbrennungsmotoren an diese Kraftstoffe erforderlich. Einfach tanken und fahren.

Das österreichische Unternehmen AVL entwickelt Technologien, die Erzeugung von E-Fuels effizienter zu machen. „Indem wir Wasserstoff effizienter erzeugen“, erläutert Jürgen Rechberger, Leiter des Brennstoffzellen-Kompetenzteams. „Wir arbeiten an einem Verfahren, mit dem man Wasserstoff etwa 20 % effizienter herstellen kann: die Hochtemperatur-Elektrolyse. Da der Syntheseprozess Wärme abgibt und die Elektrolyse Wärme benötigt, können wir einen Wärmeaustausch herstellen und sehen darin das Potenzial, E-Fuels um 30 % effizienter zu produzieren.“ In einer Demo-Anlage soll das Verfahren Ende 2022 in Betrieb gehen. →



Schon heuer fährt der Porsche Mobil 1 Supercup mit erneuerbaren Kraftstoffen.

Mit dem Projekt Haru-Oni, auf Deutsch: „starker Wind“, sollen in der Pilotphase die Annahmen für eine großindustrielle Skalierung bestätigt werden. „Die Inbetriebnahme der Anlage wird voraussichtlich 2022 erfolgen“, so Dums. Die dort produzierten E-Fuels will Porsche zunächst im Motorsport einsetzen.

Auch Bio ist alternativ

Neben E-Fuels gibt es auch andere alternative Kraftstoffe. Als alternativ werden alle Kraftstoffe bezeichnet, die nicht fossilen Ursprungs sind (also aus Erdöl gewonnen werden).

Zum Beispiel Bio-Kraftstoffe, die aus organischen Stoffen hergestellt werden. Sie können in reiner Anwendung oder in Mischungen mit mineralischem Benzin oder Diesel in unterschiedlichen Verhältnissen verwendet werden.

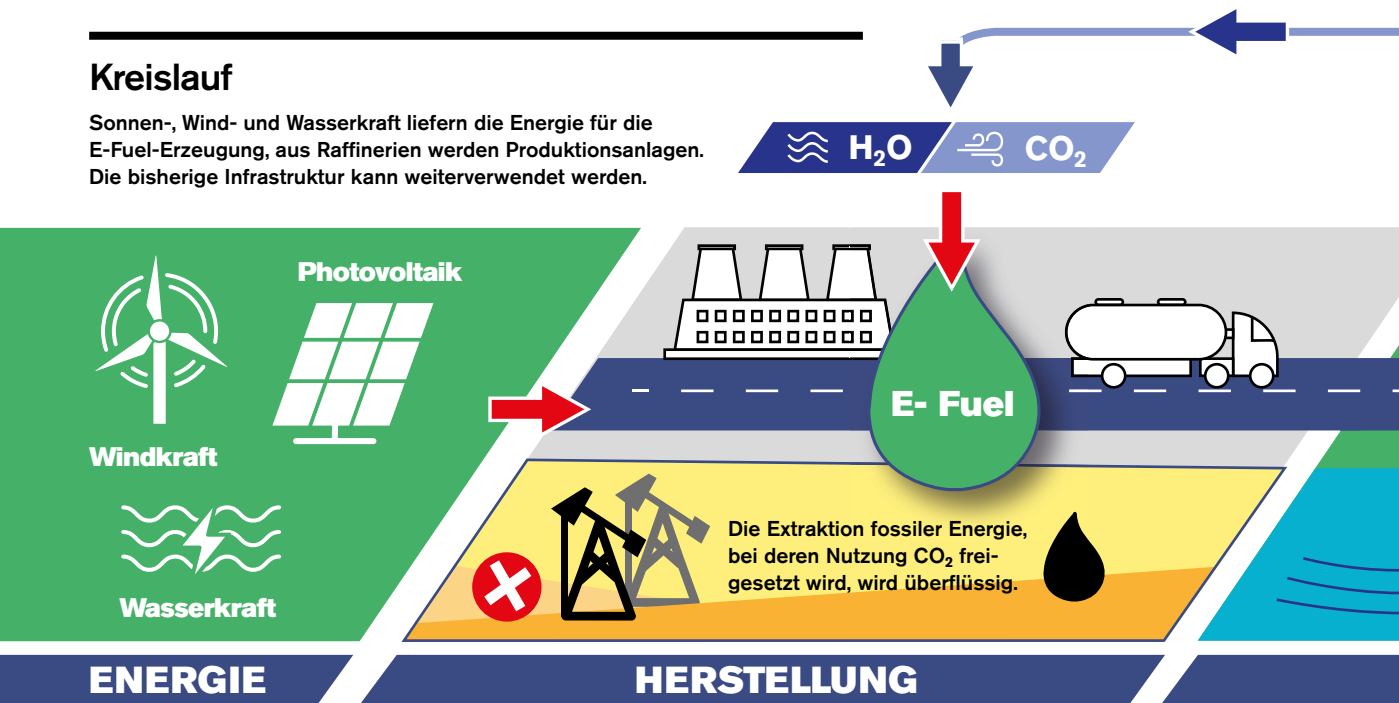
Die Rohstoffe dafür stammen aus eigens gezüchteten Energiepflanzen (z.B. schnell wachsenden Pappeln), Grünschnitt, Küchenabfällen oder aus minderwertigen landwirtschaftlichen Produkten, die für die Lebensmittel-

Auch der Sportwagenhersteller Porsche engagiert sich in der Erzeugung von E-Fuels. Gemeinsam mit Siemens und anderen Partnern realisiert Porsche ein Pilotprojekt in Chile, aus dem die weltweit erste integrierte kommerzielle Anlage zur Herstellung klimaneutralen Kraftstoffs werden soll. Warum Chile? „Länder mit hohem Energiebedarf wie Deutschland oder Österreich werden auch in Zukunft auf Energieimporte angewiesen sein“, erklärt Karl Dums,

Leiter Aggregatestrategie & Antriebsvorentwicklung bei Porsche. „Das bedeutet für uns, dass der Kraftstoff in Regionen erzeugt werden muss, in denen erneuerbare Energie im Überfluss vorhanden ist. Während in Europa die Kosten für erneuerbare Energie aufgrund ihrer begrenzten Verfügbarkeit vergleichsweise hoch sind, können die Kraftstoffe beispielsweise im Süden Chiles zu erheblich besseren Konditionen hergestellt werden.“

Kreislauf

Sonnen-, Wind- und Wasserkraft liefern die Energie für die E-Fuel-Erzeugung, aus Raffinerien werden Produktionsanlagen. Die bisherige Infrastruktur kann weiterverwendet werden.





In der Pilotanlage Haru-Oni in Chile erprobt Porsche die Erzeugung von E-Fuels.



Mit dem Projekt Haru-Oni wollen wir beweisen, dass E-Fuels nicht nur sinnvoll, sondern auch möglich sind.

Karl Dums, Porsche

oder Tierfutter-Produktion nicht geeignet sind. Da die Pflanzen beim Wachstum CO_2 aus der Atmosphäre binden, wird auch nur wieder dieses CO_2 bei der Verbrennung freigesetzt.

Infrastruktur bleibt nutzbar

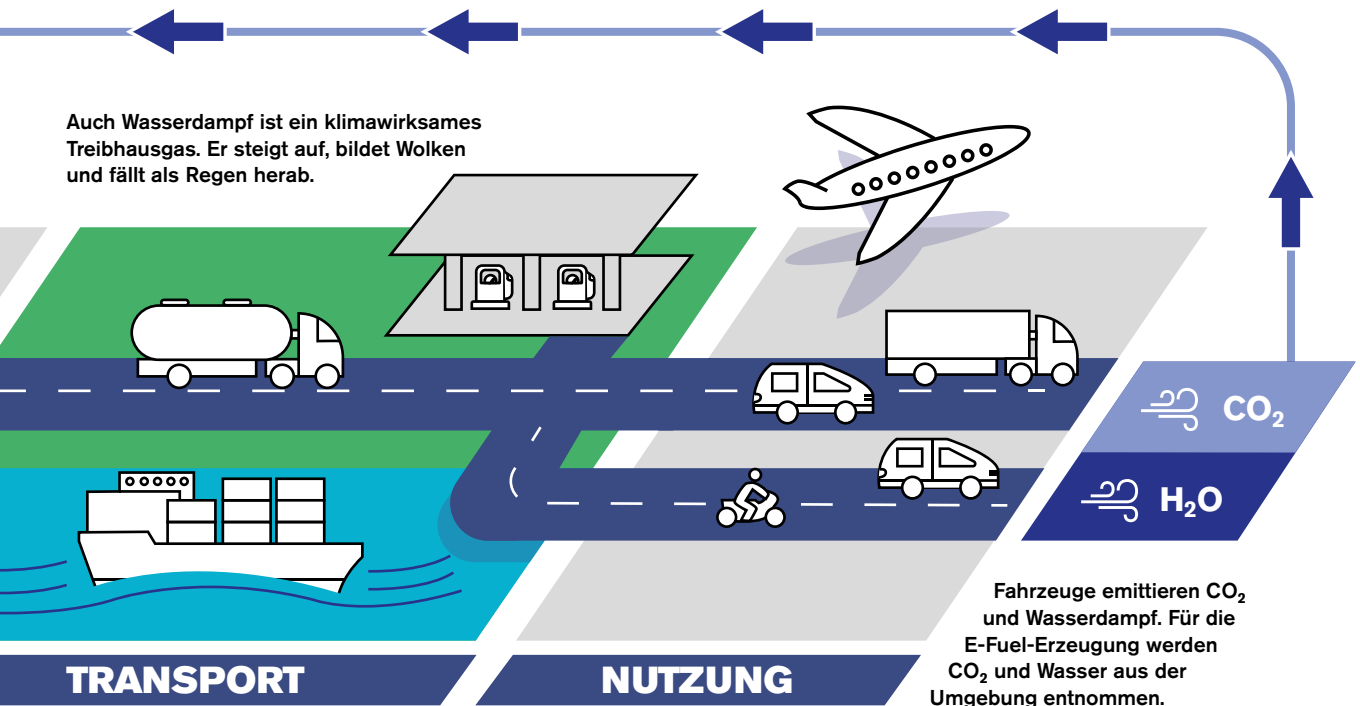
Für alternative Kraftstoffe spricht vor allem, dass die bestehende Infrastruktur nur geringer Modifikation bedarf, um weiter genutzt werden zu können. Das reicht von den Raffinerien, in denen künftig E-Fuels hergestellt werden können, über Kraftstoff-Transportwege wie Tankwagen oder Pipelines bis zu den

Tankstellen und Fahrzeugen selbst: Die meisten Autos, Motorräder, Busse und Lkw mit Verbrennungsmotoren können mit E-Fuels weiterbetrieben werden – und das klimaneutral. Menschen, die sich den Umstieg auf ein E-Fahrzeug nicht leisten können, bleiben weiterhin mobil. Alte Autos, die noch funktionstüchtig und verkehrssicher sind, müssen nicht verschrottet, sondern können weiterverwendet werden. Eine nicht zu unterschätzende Ressourcenersparnis und CO_2 -Vermeidung.

Zudem können E-Fuels künftig auch als Energie-Zwischenspeicher dienen. Sind die Stromspeicher voll, müs-

sen z.B. in Norddeutschland oft Windkraftwerke abgeschaltet werden, damit sie keinen Strom mehr produzieren. Die Erzeugung von E-Fuels in solchen Zeiträumen ist eine willkommene zusätzliche Nutzungsmöglichkeit für die kostenlos verfügbare Windenergie. ■

Grafik: auto touring; Porsche AG (2), Sabine Schreiber (1)



„Ich glaube schon, dass sich E-Fuels etablieren werden“

Interview mit PROF. HANS-WERNER SINN über CO₂-Besteuerung, Interventionen der EU, stabile Erdölförderungen und Absurditäten politischer Prozesse.

PROF. DR. DR. H.C. MULT. Hans-Werner Sinn ist deutscher Wirtschaftswissenschaftler und war bis 2016 Präsident des ifo Instituts für Wirtschaftsforschung in München.

— *Wie sehen Sie das Umschwenken der EU zur Elektromobilität?*

HANS-WERNER SINN: Ich weiß die Vorzüge von Elektroautos im Fahrbetrieb und in den Innenstädten sehr wohl zu schätzen. Die EU-Kommission spielt aber bei ihrem Versuch, diese Autos in den Markt zu pressen, mit gezinkten Karten, denn es stimmt einfach nicht, dass E-Autos kein CO₂ ausstoßen.

— *Automobilhersteller haben bereits erklärt, die Entwicklung von Verbrennungsmotoren einzustellen.*

Das ist verständlich, weil die EU diese Motoren fast schon verboten hat. Die Entscheidung der Hersteller ist keine Reaktion auf die Märkte, sondern auf die politischen Vorgaben aus Brüssel.

Nach außen hin wird proklamiert, hinter diesen Vorgaben stehe der Versuch, die Welt vor dem Klimawandel zu schützen. Tatsächlich wird der Umwelt nicht wirklich geholfen, denn die Brennstoffe, die wir Europäer aufgrund dieser Verordnung nicht mehr verbrauchen, bleiben ja nicht in der Erde, sondern werden anderswo hin geliefert.

Das richtige Regelwerk, wenn Europa CO₂-Ausstoß sparen will, ist ein weltweiter CO₂-Preis über alles, ob das nun der Hausbrand ist, also die Heizung von Gebäuden, oder ob das die chemische Industrie oder der Verkehr ist – überall müssten nach Maßgabe

eines einheitlichen CO₂-Preises, der sich durch ein weltweites Emissionshandelssystem endogen ergibt, Sparanstrengungen induziert werden.

— *Und wenn sich letztendlich die Elektromobilität durchsetzt?*

In dem eingeschränkten Sinne ist Planwirtschaft immer erfolgreich, weil sie ja vorgibt, was sein soll. Sie ist nur nicht erfolgreich im Sinne der Schaffung von Lebensstandard in der Bevölkerung.

— *Was halten Sie von der Erzeugung von E-Fuels im industriellen Maßstab?*

Ich glaube schon, dass sich das etablieren wird, wenn der Marktanteil von Wind- und Sonnenenergie weiter ausgebaut wird. Dann liegt die einzige Möglichkeit, diesen Strom zu verwerten, in der Wasserstoff-Erzeugung. Um die



Hans-Werner Sinn hält einen CO₂-Preis, der für alle Emittenten einheitlich ist, für den besten Weg, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

Steuerliche Anreize sind auf jeden Fall besser als Gebote und Verbote.

Hans-Werner Sinn

Energie dann an die Räder zu bringen, sind E-Fuels eine mögliche Methode, die gewisse Vorteile gegenüber einem mitgeführten Wasserstofftank hat.

— Sie kennen die Initiative von neun europäischen Ländern, u.a. Österreich, die EU solle ein Datum für das Verbot von Verbrennungsmotoren festlegen?

Dass die Umweltminister so einen Beschluss fassen und dann in der EU Druck erzeugen, ist ein Unding. Das geht an der nationalen Regierung und auch am nationalen Parlament vorbei.

— Für das Erreichen der Flottenziele werden Fahrzeugherstellern immer rein fossile CO₂-Werte berechnet, in den nationalen Treibhausgas-Bilanzen hingegen alternative Kraftstoffe angerechnet.

Das ist ein Widerspruch in sich, den müsste man auflösen, indem man es auch den Autoherstellern anrechnet, wenn sie ihre Autos in Ländern wie beispielsweise Schweden verkaufen, wo mehr E-Fuels oder Bio-Kraftstoffe verwendet werden.

— Inwiefern halten Sie steuerliche Anreize für den Mehreinsatz von alternativen Kraftstoffen für gerechtfertigt?

Steuerliche Anreize sind auf jeden Fall besser als Ge- und Verbote, weil sie die Spielräume nicht so stark einengen und dem Erfindergeist der Ingenieure weniger Schranken auferlegen. Ich wiederhole: Es gibt nur ein Instrument, das aus ökonomischer und umweltökonomischer Sicht angemessen ist, und das ist der einheitliche CO₂-Preis in Europa und vor allem auch im Rest der Welt. Weil natürlich alles, was Europa alleine macht, wirkungslos ist. ■

Der CO₂-Fußabdruck in der Life-Cycle-Analyse

Das Ganze betrachten. Fundierte Aussagen zu Umweltauswirkungen von Transportsystemen können nur im Rahmen von Lebenszyklusanalysen (LCA, Life Cycle Assessment) gemacht werden können. Darüber besteht internationaler Konsens. Zu diesem Zweck müssen die Herstellung, der Betrieb und die Verwertung bzw. Entsorgung dieser Systeme untersucht werden, zu ermitteln sind die Treibhausgas-Emissionen (CO₂, CH₄, N₂O) sowie der kumulierte Primärenergieeinsatz mit den Anteilen fossiler und erneuerbarer Energie. Aktuell verursacht die heutige österreichische Pkw-Flotte jährlich Treibhausgas-Emissionen von etwa 17 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent und benötigt dabei einen Primärenergieeinsatz von etwa 67 Terawattstunden (TWh). Die Ergebnisse der LCA-



Dr. Gerfried Jungmeier, Joanneum Research.

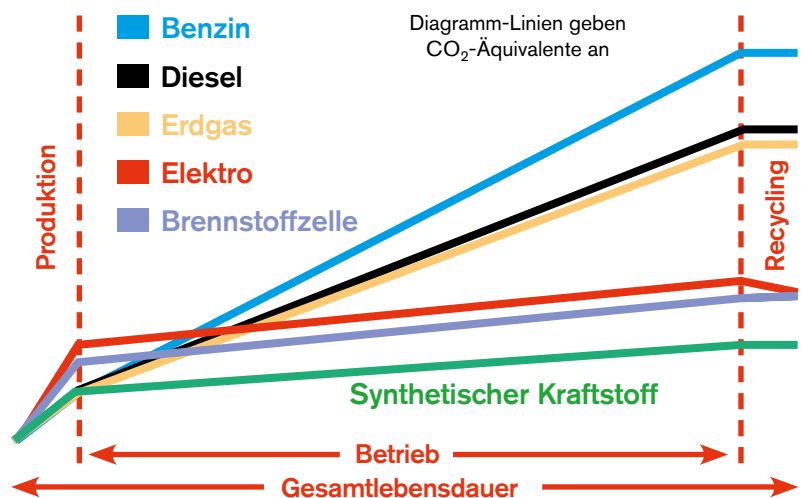
basierten Szenarien zeigen, dass mit E-Fuels und batterieelektrischen Fahrzeugen 2040 Klimaneutralität in der österreichischen Pkw-Flotte möglich ist. Die größte Herausforderung ist u.a. der rasche Aufbau der Erzeugungsanlagen für E-Fuels.

► www.joanneum.at

CO₂-Ausstoß eines Autolebens

Annahmen: Fahrleistung 13.000 km/Jahr, 15 Jahre Betriebsdauer;

für E-Auto: Batterie-Kapazität 35 kWh, Batterie-Lebensdauer 150.000 km; 175 g CO₂-Äquivalent/kWh



Ein E-Auto (rot), stets mit österreichischem Strom-Mix geladen, hat am Ende seines Lebenszyklus weniger CO₂-Emissionen verursacht als jedes Auto mit Verbrennungsmotor. Es sei denn, dieses tankt synthetischen Kraftstoff (grün).

Der größte Erdölproduzent der Welt investiert in synthetische Kraftstoffe

PIERRE OLIVIER CALENDINI, *Leiter des ARAMCO-Forschungszentrums für Kraftstoffe, über E-Fuels, Investitionen in Produktionsanlagen und ein Verbrennungsmotoren-Verbot.*

ARAMCO IST DIE GRÖSSTE Erdöl- und Erdgasfördergesellschaft der Welt, sie deckt rund acht Prozent des weltweiten Erdölbedarfs. Seit zehn Jahren hat sich der Konzern eine starke Diversifizierung in andere, auch erneuerbare Energieformen und Petrochemie verordnet. Seit 2010 baut Aramco Forschungszentren in der ganzen Welt auf, jedes mit eigenem Forschungsschwerpunkt. Im 2013 gegründeten Fuel Research Center von Aramco in Paris forscht ein 20-köpfiges Techniker-Team nach Wegen zur effizienten Nutzung von Kraftstoffen und zur Reduktion von Emissionen. So mancher

würde diese Art Forschung nicht gerade von einem Unternehmen erwarten, das von der Förderung von Rohöl und dem Vertrieb von Erdölderivaten lebt. Aramco arbeitet dabei mit Autoherstellern und der Luftfahrtindustrie zusammen.

auto touring sprach mit Pierre Olivier Calendini, Leiter des Fuel Research Center in Paris.

„SYNTHETISCHE KRAFTSTOFFE können in heutigen Autos verwendet werden“, sagt Calendini. In Bezug auf ihre CO₂-Bilanz seien mit E-Fuels betriebene Autos vergleichbar mit solchen, die mit Wasserstoff in einer Brennstoffzelle be-

trieben werden. Es vereinfache die Logistik aber enorm, synthetischen Kraftstoff in Saudi-Arabien zu produzieren, statt dort Wasserstoff herzustellen und nach Europa zu verfrachten.

Aus diesem Grund baut Aramco gegenwärtig zwei Industrieanlagen, in denen probeweise E-Fuels hergestellt werden: eine zusammen mit Repsol im spanischen Bilbao (Produktionskapazität: zwei Millionen Liter pro Jahr), eine weitere in Saudi-Arabien.

In diesen Anlagen sollen die Produktionskosten optimiert werden, bevor man in großem Maßstab industriell in die E-Fuels-Herstellung einsteigt.

Standpunkt von Prof. Helmut Eichseder, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, TU Graz

Zu den wichtigsten Zielen und größten Herausforderungen der Mobilität zählt zweifellos die Umweltverträglichkeit. Mobilität muss daher zukünftig auf erneuerbar bereitgestellter Energie basieren. Für eine gesamthafte Anwendung werden drei verschiedene Pfade der Energiebereitstellung und -wandlung als geeignet betrachtet:

1.) Der **rein batterieelektrische Pfad** mit Speicherung in einer Batterie und Wandlung in einer E-Maschine weist mit Abstand die höchste Energieeffizienz auf. Nachteile bestehen allerdings in einer erforderlichen aufwändigen Infrastruktur sowie der energieintensiven Herstellung und vor allem der geringen Speicherdichte von Batterien.

2.) Der Pfad über den **mittels Elektrolyse hergestellten Wasserstoff**, dem aus meiner Sicht „ersten E-Fuel“, ermöglicht durch hohe Speicherfähigkeit erst den breiten Nutzen erneuerbarer Energie sowie Anwendung für Langstrecken- und Schwerverkehr. Allerdings ist die mehrfache Umwandlung mittels Elektrolyse und in Brennstoffzellen oder Verbrennungskraftmaschinen mit Umwandlungsverlusten behaftet.

3.) Auf Basis dieses Wasserstoffs kann in einem weiteren Syntheseschritt mit CO₂ **flüssiger oder gasförmiger Kohlenwasserstoff als Kraftstoff** erzeugt werden, sogenanntes E-Fuel. Dem Nachteil einer weiteren verlustbehafteten Umsetzung stehen die Vorteile einer Anwendung über die bestehenden Tankstelleninfrastruktur und vor allem in der bestehenden Fahr-

zeugflotte und -architektur gegenüber, sodass erneuerbar verfügbare Energie unmittelbar und „rückwärtskompatibel“ eingesetzt werden kann.

Diese Pfade unterscheiden sich also hinsichtlich jeweiliger Vor- und Nachteile und damit ihrer spezifischen Eignung für verschiedene Anwendungen. Die angestrebten CO₂-Minderungsziele erfordern somit eine Nutzung *aller* Möglichkeiten. Nur damit ist die unbestrittene Notwendigkeit, Mobilität auf die Basis erneuerbarer Energie zu stellen, erfüllbar: Die Verfügbarkeit von Sonnen-, Wind- und Wasserenergie unterliegt im saisonalen und Tagesgang extremen Schwankungen, der für eine großflächige Umsetzung benötigte Bedarf wird zudem nicht in Europa zu decken sein. Damit sind gewaltige Speicherkapazitäten von Pfad 2 und 3 zum zeitlichen Ausgleich und Transport erforderlich.



Diese Entscheidung hängt dann sowohl von der Marktentwicklung als auch vom Regulierungsrahmen ab. „Wir wollen damit einen Beitrag zu den Klima-Herausforderungen leisten und auf Änderungen in der Gesetzgebung in Europa und in China vorbereitet sein“, erläutert Calendini. Denn um so eine Anlage in industriellem Maßstab hochzuziehen, muss man eine mindestens 20 Jahre lang stabile Marktsituation erwarten können.

„Wir reden von Milliardeninvestitionen. Die werden nur getätigt, wenn man sicher sein kann, dass der Markt nicht zurückgeht. Wir erwarten also eine Gesetzgebung, die anerkennt, dass E-Fuels, die mit erneuerbaren Energien hergestellt werden, nicht zum Klimawandel beitragen und dass Fahrzeuge, die mit solchen Kraftstoffen laufen, als CO₂-neutral gelten.“ Erst dann lohne sich ein Einstieg in die Produktion.

Wie viel synthetischer Kraftstoff dereinst kosten könnte, dazu hält



Pierre Olivier Calendini leitet das Aramco-Forschungszentrum in Paris.

Calendini sich bedeckt: „Der Spritpreis hängt stark von Besteuerung und anderen Faktoren ab. Lassen Sie uns daher über Produktionskosten und Produkti-

onszeiten sprechen. Für 2030 erwarten wir Produktionskosten für synthetisches Benzin, die etwas weniger als doppelt so hoch sein werden wie für Benzin-Herstellung heute. Auf lange Sicht wird beides ungefähr gleich viel kosten. Mit einer Beimischung zum herkömmlichen Benzin wäre es jedoch möglich, in der bestehenden Fahrzeug-Flotte sofort CO₂ einzusparen.“

ZUR DISKUSSION ÜBER ein mögliches Verbot von Verbrennungsmotoren meint Pierre Olivier Calendini: „Ich verstehe die Reaktion nach dem Abgas- und Dieselskandal. Aber wir müssen jetzt wieder rationaler werden. Es gibt sehr wohl Technologien, dank derer Fahrzeuge nur geringe CO₂-Emissionen verursachen und auch nicht mehr zur Umweltverschmutzung im urbanen Umfeld beitragen. Es gibt also keinen Grund, Verbrennungsmotoren in Fahrzeugen für alle Zeit zu verbieten.“

► europe.aramco.com

Die Formel 1 als Vorreiter für Nachhaltigkeit in der Fahrzeugtechnik

Die Formel 1 will ihren ökologischen Reifenabdruck reduzieren. Ab 2025, zeitgleich mit einem neuen Motoren-Reglement, sollen die Rennwagen von Hamilton, Verstappen und Co. mit 100% nachhaltigem Kraftstoff gegeneinander fahren.

Ein Etappenziel. Denn ab 2030 soll die Königsklasse des Automobilsports völlig CO₂-neutral operieren. Mit nachhaltigen Kraftstoffen und Fabriken, die ihren Strom ausschließlich aus erneu-

erbaren Energiequellen beziehen. Auch die Transporte von und zu den Rennen sollen dann CO₂-frei sein.

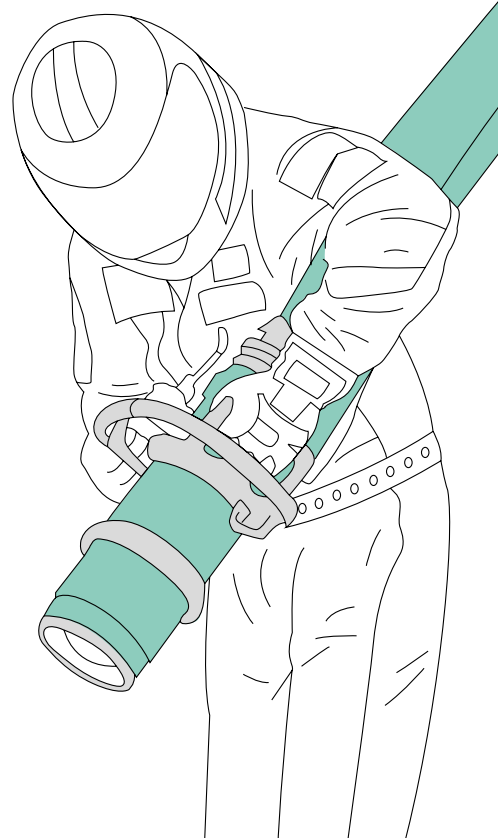
Dazu FIA-Präsident Jean Todt: „Derzeit laufen erste Tests der Motoren-Hersteller mit nachhaltig produzierten Kraftstoffen. Und die Ergebnisse sind vielversprechend.“

Der Motorsport-Dachverband FIA und die Formel 1, die 2014 mit der Einführung von Hybrid-Aggregaten bereits den ersten Schritt gesetzt haben, wollen nun auch die Vorreiterrolle für Nachhaltigkeit in der Fahrzeugtechnik übernehmen.

„Tatsächlich sind die Formel-1-Motoren schon jetzt die effizientesten der Welt“, sagt Jean Todt. „Aber wir forschen nicht nur an Kraftstoffen, sondern auch auf dem Sektor elektrischer Energie, an Reifen und Schmierstoffen. Von diesen Entwicklungen werden auch Straßenfahrzeuge profitieren.“



2025 werden Formel-1-Autos mit 100% nachhaltigen Kraftstoffen fahren.



„Wichtiger Beitrag“

Was Politiker und Experten von synthetischen Kraftstoffen halten.



Wir müssen jede Klimaschutzoption nutzen. Gerade im Auto-Verkehr muss der CO₂-Ausstoß gesenkt werden. Erneuerbare Kraftstoffe können fossile ersetzen.

Winfried Hermann,
Verkehrsminister
Baden-Württemberg
(Die Grünen)



E-Fuels halten den Innovationsdruck für E-Mobilität hoch. Im Ergebnis werden beide, konventionelle und alternative Antriebe, noch besser.

Christian Helmenstein,
Mitglied des Vorstands
Economica Institut für
Wirtschaftsforschung



Erneuerbare Kraftstoffe können einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors leisten.

Dina Bacovsky, Vice Chair
Bioenergy Technology
Collaboration Programme
der Internationalen
Energieagentur (IEA)



Natürlich wird der Anteil der reinen E-Fahrzeuge steigen, aber das heißt nicht, dass der Verbrennungsmotor in Kürze ein Ablaufdatum haben wird.

Christian Morawa,
Geschäftsführer
BMW Group Austria



E-Fuels sind eine sehr knappe Ressource. Wir müssen sie gezielt dort nutzen, wo es kaum Alternativen gibt, wie im Flugverkehr oder der Schifffahrt.

Leonore Gewessler,
Verkehrsministerin
(Die Grünen)



Wir müssen den Umstieg von fossilen Treibstoffen auf erneuerbare Technologien forcieren. Nicht der Motor ist das Problem, sondern die CO₂-Emissionen.

Magnus Brunner,
Staatssekretär
Verkehrsministerium (ÖVP)



Mobilität ist ein Grundbedürfnis. Deshalb müssen wir alle Chancen für nachhaltige Mobilität nutzen – E-Mobilität genauso wie E-Fuels.

Alois Stöger,
Verkehrsminister a.D.
(SPÖ)



Wer Verbrennungsmotoren verbieten will, hat die Rechnung ohne E-Fuel gemacht. Diese Technologie hat eine hervorragende Umweltbilanz.

Norbert Hofer,
Verkehrsminister a.D.
(FPÖ)