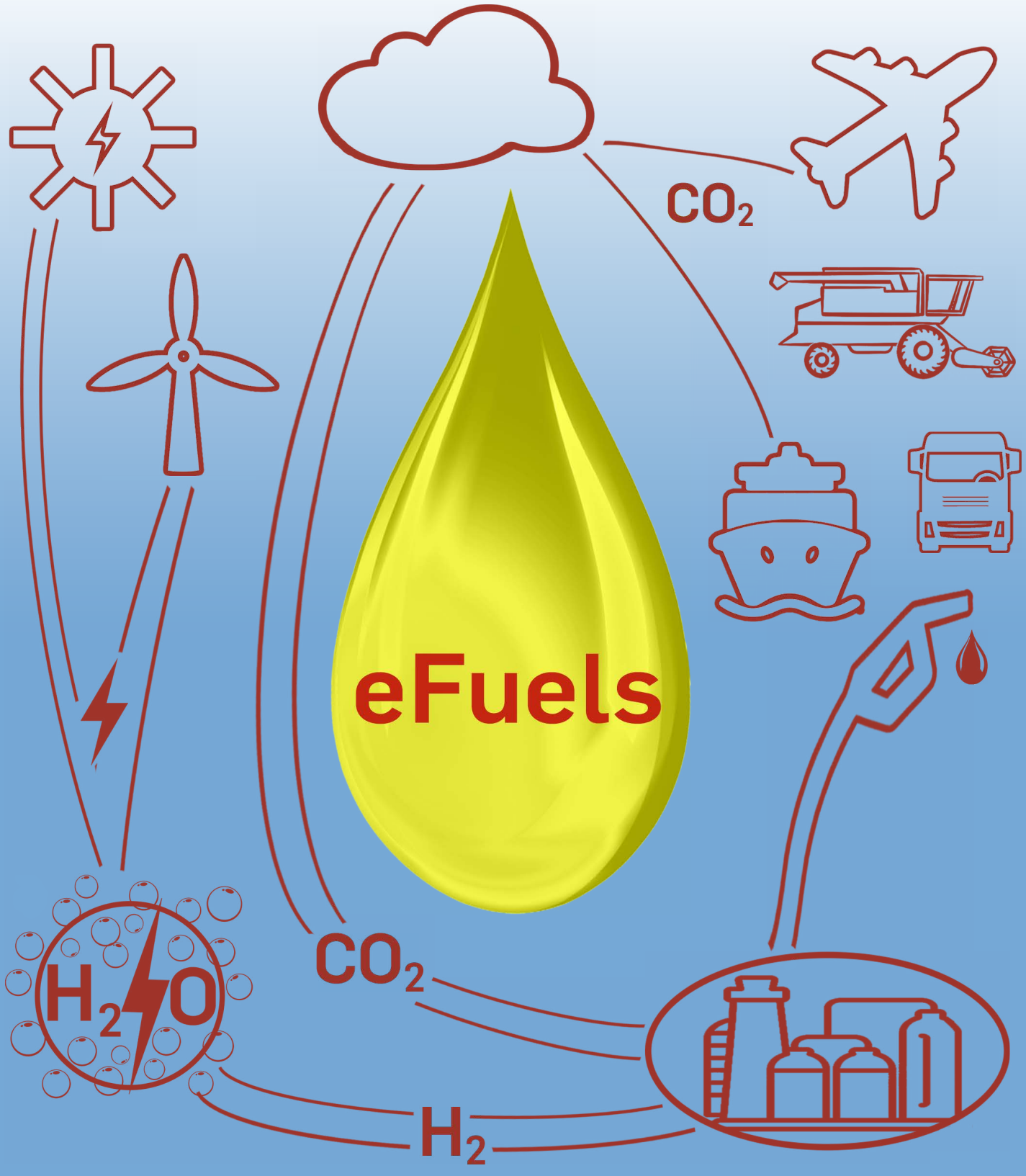
EIW*Insights*

Hintergründe zu Energiefragen

1/2022

ENERGIEINSTITUT
DER WIRTSCHAFT GmbH



Inhalt

Geleitworte 3

> Kurz & knapp: Was sind eFuels, was können sie? 4

1. Was sind eFuels, wofür werden sie benötigt? 5

1.1 Raus aus Öl, aber wohin? 5

1.2 Brauchen wir flüssige Energie? 6

1.3 Power-to-X 6

1.4 Was eFuels können 6

> Laufkraftwerk an der Öl-Hauptschlagader 7

1.5 Flüssigkeit oder Gas? 8

2. Wie werden eFuels hergestellt? 9

2.1 Ingredienzien von eFuels 9

> Weltgrößte DACCS-Anlage 10

> CO_2 aus der Industrie für eFuels 11

2.2 Fischer-Tropsch-Synthese 12

> Richtungsweisende PtL-Anlage in Graz 13

> Besser als konventionelles Benzin 14

2.3 Methanol-Synthese 14

2.4 Wie unterscheiden sich eFuels von Biofuels? 15

3. Gibt es ausreichend grüne Energie? 16

3.1 Bedarf und Potenziale 16

3.2 Eine Frage des Standorts 19

> In Patagonien 21

4. Die Preisfrage 22

4.1 Fallende Produktionskosten 22

4.2 Investitions- und Herstellungskosten 25

5. Wie umweltverträglich sind eFuels? 26

5.1 Treibhausgas-Emissionen am Beispiel Verkehr 26

> CO_2-Einsparungen durch eFuels in Österreich 27

5.2 Anrechnungssystem für eFuels 28

5.3 Weitere Schadstoffemissionen 29

6. Wo können eFuels verwendet werden? 30

6.1 Verkehr 30

> Verbrennungsmotoren: Manchmal der beste Weg zur Dekarbonisierung 31

> Strom oder eFuels? 32

> Oldtimer 33

> CO_2-neutrale Pistenpräparierung 34

> Segel gesetzt für die klimaneutrale Schifffahrt 35

6.2 Weitere Einsatzmöglichkeiten für eFuels 37

> Das bessere Heizöl 38

7. Anhang 39

Abkürzungen 39

> Ausbau der eFuels-Kapazitäten: Streiflichter 40

Impressum 40

Geleitworte

eFuels – Chance für Klima und heimische Wertschöpfung

Mobilität ist ein Grundbedürfnis und eine Grundfreiheit des Menschen, der Wirtschaft und der Gesellschaft. Menschen und Wirtschaft müssen mit praktikablen Angeboten mitgenommen werden, um Klimaschutzmaßnahmen nicht als Bedrohung wahrzunehmen.

Dabei sind Technologieoffenheit und Technologievielfalt Eckpfeiler eines zukünftigen Verkehrskonzepts, das CO_2-freie Mobilität bietet. Nicht eine Technologie allein wird die Lösung sein, sondern vielmehr ein Bündel an innovativen Zugängen: Alle Technologien sind willkommen, die Beiträge zur Erreichung der Klimaneutralität leisten.

Der Einsatz von eFuels ist klimaneutral und emissionsarm. Die synthetischen Kraftstoffe werden – entweder als reine eFuels oder in einer Übergangsphase beigemengt zu herkömmlichen Treibstoffen – vor allem in jenen Bereichen des Verkehrs zum Einsatz kommen, in denen eine direkte Nutzung von Strom oder Wasserstoff aus technischen Gründen in nächster Zeit nicht möglich sein wird. Der große Vorteil der eFuels liegt in der hohen Energiedichte und deren guter Speicherbarkeit. Ihre Verwendung bietet sich daher besonders dort an, wo diese Eigenschaften erforderlich sind. Hier ist vor allem der Luftverkehr zu nennen, aber auch Teile der Binnenschifffahrt oder des Langstrecken-Schwerverkehrs.

Bei der Auflösung des Konflikts Ökonomie versus Klima kommt der Forschung und der Entwicklung eine entscheidende Rolle zu. Österreich und Europa werden gut daran tun, ihre Technologiekompetenzen in der Automotivindustrie weiter zu nutzen. Forschung und Entwicklung sowie Produktion von Spitzentechnologie in Österreich müssen gestärkt werden, damit die Herausforderung des Mobilitätswandels als Chance für die österreichische Wertschöpfung genützt werden kann.

Österreich kann sich im Bereich eFuels zum „Green Innovation Leader“ entwickeln und sich unabhängiger vom Import fossiler Rohstoffe machen. Die vorliegende Broschüre soll dazu beitragen, das Thema sachlich aufzubereiten. Wie und wo eFuels sich etablieren werden, wird sich marktwirtschaftlich regeln. Es gilt daher, die sich bietenden Chancen zu nützen, um aus den Herausforderungen eine Win-Win-Situation für das Klima und die heimische Wirtschaft zu machen.

Jürgen Streitner, Leiter der Abteilung für Umwelt- und Energiepolitik der Wirtschaftskammer Österreich

Kurz & knapp: Was sind eFuels, was können sie?

- Hergestellt werden sie aus CO_2 und Wasserstoff, der mit Hilfe von erneuerbarem Strom aus Wasser erzeugt wird
- eFuels sind bilanziell klimaneutral herstellbar, bei der Nutzung entstehen keine zusätzlichen Treibhausgase (THG)
- eFuels zeichnen sich durch hohe Energiedichte (Energieinhalt pro Liter) aus, lassen sich leicht speichern und lösen damit ein grundlegendes Problem der Energiewende, nämlich Energie flexibel verfügbar zu machen
- eFuels lassen sich über weite Strecken mit geringen Energieverlusten transportieren – so kann das globale Potenzial an Sonnen- und Windstrom aus weit entfernten Regionen nutzbar gemacht werden
- In schwer elektrifizierbaren Bereichen können durch Einsatz (oder vorerst auch durch Beimischung) von eFuels heute gebräuchliche Motoren und Heizanlagen samt der vorhandenen Transport-, Lager- und Tank-Infrastruktur weiterhin genutzt werden

Ohne eFuels kann Österreich nicht sein Klimaziel erreichen – Fakten sprechen eine klare Sprache

Wie kann Österreich am schnellsten seine Klimaziele erreichen und eine stabile Versorgung mit Energie sicherstellen? – Richtig: Wenn es alle Optionen nutzt, die zur Verfügung stehen, wir können auf keine verzichten.

Eine sehr ergiebige, von manchen unterschätzte Option sind eFuels. Sie haben das Zeug, rasch Abhilfe zu schaffen. Beginnen wir bald, können sie schon in einigen Jahren Millionen Tonnen CO_2-Emissionen auf unseren Straßen einsparen. Mit dem Pkw-Sektor als Speerspitze können wir am raschesten durchstarten. 2030 werden noch mehr als 80 Prozent der Pkw mit Verbrennungsmotor ausgestattet sein, da ist die treibstoffseitige Lösung ohne Alternative.

Um die Klimaziele zu erreichen, müssen Elektromobilität und eFuels Hand in Hand gehen: Nur im Zusammenspiel beider Optionen können Emissionen effektiv und rasch reduziert werden.

Klimaschutz verlangt globales Denken. Weltweit gibt es 300-mal so viele Pkw mit Verbrennungsmotor wie in Österreich, nämlich 1,5 Milliarden, und es werden jedes Jahr mehr. Diese Autos können rascher mit eFuels versorgt als durch E-Fahrzeuge ersetzt werden. Von Argentinien bis Zimbabwe, von Australien bis Zypern beginnt klimaverträgliche Mobilität mit eFuels an den Zapfsäulen.

Es geht um hunderte Millionen Tonnen CO_2, und es geht um das Tempo: Die Klimawende duldet keinen Aufschub. Wir können nicht darauf warten, bis alle Autos elektrisch fahren.

Die Kosten sind es nicht, die gegen eFuels sprechen. Gerade gehen Strom- und Gaspreise durch die Decke. Ich wage die Prophezeiung, dass eFuels die weltweiten Energiepreise stabilisieren werden.

Stabilisiert wird auch die Versorgung, es entsteht keine einseitige Abhängigkeit von einer auf Eroberung ausgerichteten Supermacht.

Das Um und Auf ist, dass wir zur Massenproduktion kommen, dann fallen die Emissionen und die Literpreise dramatisch. Das ist die Aufgabe, der wir uns stellen müssen.

Zweifel, ob eFuels wirklich bis 2030 verfügbar sein werden, sind fehl am Platz. Wer fürchtet sich vor ambitionierten Zielen? Unser Optimismus stützt sich auf Tatsachen. Die Wasserstoffindustrie ist im Vormarsch, wo Wasserstoff produziert wird, werden auch eFuels hergestellt, die Volumina sind vorhanden, man muss nur ins Tun kommen – was es braucht, ist Umsetzen, Umsetzen, Umsetzen statt Zerreden und Zögern!

Wöchentlich erfahren wir von neuen Mega-Projekten in allen Erdteilen. Die Investoren sind da, und die Standorte sind auf so viele Länder verteilt, dass keine neue Erpressbarkeit daraus entstehen kann.

Im vorliegenden Heft finden Sie die relevanten Zahlen, Daten und Fakten über eFuels. Sie ermuntern, die Bremsen zu lösen. Je schneller wir Vollgas geben, desto rascher können wir die Klimaziele erreichen. Und das gilt nicht nur für den Mobilitätssektor, sondern auch für viele andere Bereiche, in denen Maschinen und Geräte mit Verbrennungsmotoren ausgestattet sind.

Ich bedanke mich bei Sonja Starnberger und Mario Jandrokovic, die alle verfügbaren Studien und Berichte ausgewertet und die Kerninhalte herausgeschält haben. So können Sie, liebe Leserin und lieber Leser, sich selbst ein Bild von eFuels abseits gängiger Klischees verschaffen, ein Bild, das inspiriert und motiviert. Definitiv, die Zukunft gehört – auch – den eFuels!

Jürgen Roth, Vorstandsvorsitzender eFuel-Alliance Österreich

1. Was sind eFuels, wofür werden sie benötigt?

eFuels sind flüssige oder gasförmige Kraftstoffe und Chemikalien, die mit Hilfe von erneuerbarem Strom, Wasser und CO_2 hergestellt werden. Diese Publikation fokussiert sich auf flüssige Kraftstoffe aus erneuerbaren Quellen für den Verkehr und andere Anwendungen – dazu zählen unter anderem eMethanol, eDiesel, eBenzin, eHeizöl, eKerosin, eAmmoniak sowie die Diesel-Ersatzkraftstoffe eDimethylether (eDME) und eOxymethylenether (eOME).

Gebräuchliche Begriffe im Kontext von eFuels sind auch folgende:

- Synthetische Kraftstoffe beziehen auch gasförmige Produkte wie Wasserstoff oder synthetisches Methan mit ein – hier ist die Verwendung fossiler Rohstoffe für die Herstellung nicht ausgeschlossen.
- Powerfuels sind gasförmige oder flüssige synthetische Kraftstoffe, die aus Strom, nicht aus biogenen oder fossilen Quellen gewonnen werden.
- RFNBO – renewable fuels of non-biological origin – unterstreicht den Einsatz erneuerbarer Quellen.[1]

1.1 Raus aus Öl, aber wohin?

Im Pariser Abkommen hat sich die internationale Staatengemeinschaft auf eine THG-Neutralität bis Mitte des Jahrhunderts geeinigt. Bis 2030 sollen laut EU-Zielsetzung die THG-Emissionen verpflichtend um mindestens 55 Prozent gegenüber dem Stand von 1990 verringert werden. Den Pfad gibt das Mitte Juli 2021 präsentierte Maßnahmenpaket *Fit for 55* vor – mit spezifischen Vorgaben für die Sektoren Gebäude, Industrie und Verkehr.

In Österreich soll mit den Erneuerbaren-Ausbau Gesetz der nationale Gesamtstromverbrauch bis 2030 bilanziell zu 100 Prozent aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden.[2] Bis 2040 soll das Land laut Regierungsprogramm klimaneutral sein. Wichtige Weichenstellungen zur Erreichung dieser Ziele sind ein effizienterer Energieeinsatz, nachhaltigere Wirtschaftskreisläufe und nicht zuletzt der massive Ausbau erneuerbarer Stromquellen wie Photovoltaik und Windkraft, schließlich wird in der Industrie wie auch im Verkehr die Dekarbonisierung vielfach durch Elektrifizierung erfolgen.

Der Verkehrssektor hat in Österreich mit über 95 Prozent den höchsten Anteil fossiler Energieträger, hier werden knapp 28 Prozent der Gesamtenergiemenge eingesetzt.[3] Der Umstieg auf E-Mobilität wird deutliche Effizienzverbesserungen bringen, doch wird es noch beträchtliche Investitionen und auch Zeit brauchen, bis die Umstellung vollzogen ist, etwa um das Stromnetz für eine dichte und leistungsfähige Schnellade-Infrastruktur aufzurüsten. Maßgebliche Verkehrsbereiche – unter anderem der Flug- und Teile des Langstrecken-Schwerlastverkehrs wie auch der Schifffahrt – können allerdings wegen des Gewichts der Batterien und zu geringer Reichweiten nach heutigem technischen Stand kaum auf E-Mobilität umgestellt werden.

Der gesamte Umwelteffekt der Elektrifizierung wird auch nur so weit umgesetzt werden können, wie klimaneutraler Strom zur Verfügung steht: Mit einem Anteil von über 75 Prozent am Bruttoverbrauch hat Österreich zwar den größten Ökostrom-Anteil in der EU[4], doch ist das Land vor allem zwischen Oktober und April auf Elektrizitäts-Importe angewiesen. Der Wegfall der (fossilen) thermischen Kraftwerke wird zusätzlich zur Knappheit im Winterhalbjahr beitragen.

1. powerfuels.org: Powerfuels
2. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie – BMK (2021): Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
3. Umweltbundesamt (Wien 2018): Sachstandsbericht Mobilität und mögliche Zielpfade zur Erreichung der Klimaziele 2050 mit dem Zwischenziel 2030, S. 21
4. BMK (2021): Energie in Österreich. Zahlen, Daten, Fakten, S. 26

1.2 Brauchen wir flüssige Energie?

Zeitweilige Überschüsse aus inländischer Stromerzeugung können in Wasserstoff umgewandelt und so auch in größeren Mengen über einen längeren Zeitraum gespeichert werden. In unseren geografischen Breiten wird der Strombedarf jedoch nicht zur Gänze durch heimische erneuerbare Quellen zu decken sein, daher bleiben wir auch zukünftig auf Importe angewiesen. Elektrizität ist nur beschränkt über weitere Strecken transportierbar, und bei Gasen ist der Transport über weite Distanzen mit großem Aufwand für Verdichtung oder Verflüssigung verbunden. Daher sind – wenn es um Importe aus anderen Kontinenten und Bevorratung geht – die > hohe Energiedichte und gute Lagerbarkeit von flüssigen Treibstoffen ein großer Vorteil.

eFuels: Bindeglied der Energiewende

Für eine sichere Versorgung ist es notwendig, Energie in ausreichenden Mengen längerfristig zu speichern und flexibel nutzbar zu machen. Hier führt kein Weg an der Transformation von grünem Strom in gasförmige und flüssige Energieträger vorbei. Zur Herstellung von Flüssigkraftstoffen wird nebenbei auch das Treibhausgas CO_2 der Atmosphäre entzogen.

1.3 Power-to-X

Die Abhängigkeit unserer Gesellschaft von einer gesicherten Stromversorgung wird sich in Folge der zunehmenden Digitalisierung und der Elektrifizierung von Industrie und Verkehr noch weiter vergrößern, gleichzeitig steigt die Volatilität der Stromerzeugung, je höher der Anteil an Wind- und Solarkraftwerken ist. Eine Reihe von Möglichkeiten, Strom nach Bedarf in eine andere Energieform zu transformieren und so besser speicherbar zu machen wird unter dem Kürzel **PtX** (Power-to-X, auch P2X) zusammengefasst. Das X ist hierbei Platzhalter für unterschiedliche Endprodukte:

PtG – Power to Gas: Durch Elektrolyse hergestellter Wasserstoff kommt zunehmend zum Einsatz – bei Industrieprozessen ebenso wie als Treibstoff für Brennstoffzellen und H_2-Verbrennungsmotoren. In einem weiteren Umwandlungsschritt können Wasserstoff und CO_2 in eMethan umgewandelt werden, das schrittweise auch fossiles Methan (Erdgas) im bestehenden Gasnetz ersetzen kann.

PtL – Power-to-Liquid, die Transformation von Strom via Wasserstoff in synthetische flüssige Kraftstoffe (eFuels), steht im Mittelpunkt dieser Ausgabe von EIW*Insights*. Bei ihrer Erzeugung fallen auch THG-neutrale Ersatzstoffe für jene Erdölderivate an, auf welche die Chemieindustrie in großem Ausmaß angewiesen ist (Power-to-Chemicals).

PtH – Power-to-Heat, die Umwandlung von Strom in Wärme, sei der Vollständigkeit halber als eine weitere Möglichkeit erwähnt, elektrische Energie zu speichern – in Heißwassertanks, dem Fernwärmenetz oder mittels Bauteilaktivierung in Böden und Wänden von Gebäuden.

1.4 Was eFuels können

Alle PtX-Anwendungen haben eins gemeinsam: Das Umwandeln von einer Energieform zur anderen ist mit zusätzlichem Energieaufwand verbunden, doch weisen eFuels auch eine Reihe von Vorteilen auf:

Drop-in-Möglichkeit

Synthetisch erzeugte Kraftstoffe können mit den gleichen Produktspezifikationen wie die fossilen Referenzstoffe hergestellt werden, weder bei den Betankungsanlagen noch bei Antrieben sind technische Anpassungen notwendig. Für einen Umstieg auf eFuels muss daher nicht gewartet werden, bis eine Mindestmenge verlässlich zur Verfügung steht, denn sie können – je nach Ausmaß der Verfügbarkeit – den konventionellen Kraftstoffen beigemischt werden.

Diese Drop-in-Qualität ermöglicht eine kontinuierliche Steigerung des Anteils an eFuels. Durch den damit einhergehenden schrittweisen Ausbau von Produktionskapazitäten fallen künftig auch die Produktionskosten.

Transport und Speicherung

Ein entscheidender Vorteil von eFuels ist der geringe technische Aufwand für Transport und Lagerung. Für die Zulieferung wären auch weiter die Pipelines nutzbar, über die in Österreich 90 Prozent des Erdöls transportiert werden. Ebenso kann die Infrastruktur an Tanklagern übernommen werden, die unter anderem auch eine Schlüsselrolle in den > Notfallplänen im Falle eines Blackouts spielen. Die bestehenden Speicher- und Transportmöglichkeiten für (derzeit noch fossile) gasförmige oder flüssige Energieträger bieten ausreichende Kapazitäten für ein Sicherheits-Backup.

Für Endverbraucher könnte bei Einsatz von eFuels das bestehende, gut funktionierende Versorgungsnetz ohne notwendige Anpassungen übernommen werden – an Flughäfen ebenso wie im Straßenverkehr, für den 2.700 öffentliche Tankstellen zur Verfügung stehen.

Laufkraftwerk an der Öl-Hauptschlagader

2018 ist in Österreich das weltweit erste Öl-Pipeline-Kraftwerk in Betrieb gegangen. An der Transalpinen Ölleitung wird das Gefälle der Leitung zwischen Felbertauern und Mittersill genutzt, um jährlich 11,5 GWh elektrische Energie zu erzeugen – dies entspricht einem Achtel des Pumpaufwandes der heimischen Öl-leitungen, die auf einer Gesamtlänge von 663 Kilometer beträchtliche Höhenunterschiede zu bewältigen haben. Die Transalpine Ölleitung (TAL) führt vom Hafen Triest über Kärnten und Tirol nach Ingolstadt. Von ihr zweigt seit 1970 die 420 km lange Adria-Wien Pipeline (AWP) zur Raffinerie Schwechat ab.*

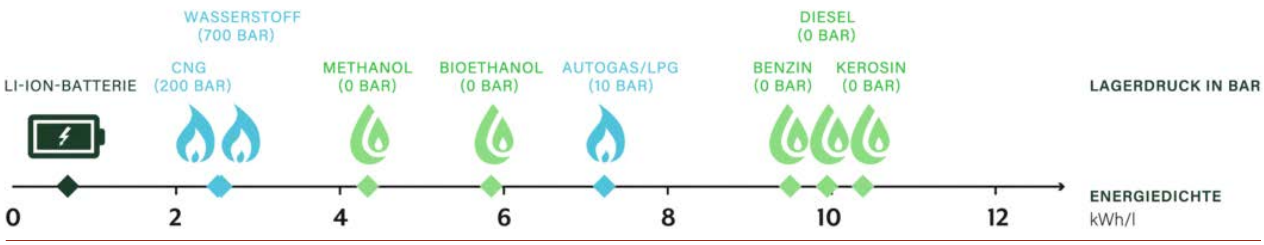
*) Handelsblatt (2018): Strom aus der Öl-Pipeline – Projekt nutzt Gefällstrecke in den Alpen

Wikipedia: Transalpine Ölleitung

Bild: TAL

Energiedichte

Die gravimetrische Dichte von Wasserstoff, also der Heizwert pro Kilogramm, liegt mit 120 MJ/kg weit über jener von Methan (50), Diesel (43) und Benzin (42). Je leichter Gase sind, desto niedriger ist jedoch deren volumetrische Dichte, also die Energieausbeute pro Liter: Auf 700 bar verdichteter Wasserstoff hat einen Wert von 5,6 MJ/l, bei Benzin sind es bis zu 32 MJ/l, bei Diesel bis zu 36 MJ/l. Dadurch benötigen flüssige Kraftstoffe bei Transport und Speicherung weit weniger Platz, zudem sind sie bei Raumdruck und Raumtemperatur lagerbar. Gase müssen für Transport und Speicherung verdichtet werden – bei Wasserstoff werden die Energieverluste dafür mit 11,5 Prozent angegeben, während sie bei der Verflüssigung durch Abkühlung auf minus 253 °C etwa 18 Prozent betragen.



Volumetrische Energiedichte unterschiedlicher Energieträger. Grafik: Frontier Economics / eFuel Alliance e.V.

Die Energiedichte von Batteriespeichern wird in Kapazität pro Volumen oder pro Masse bemessen: Aktuelle Lithium-Ionen-Akkus haben eine Energiedichte von rund 200 Wh/kg, bei Benzin sind es 13.000 Wh/kg. So ist auch das wortwörtlich gewichtige Problem großer Reichweiten bei Elektrofahrzeugen (BEV) erklärbar. Eine für lange Strecken ausreichend große Batterie ist schwer und reduziert somit die Transportkapazität.

Treibstoff	Aggregat-zustand	Energiedichte		Umwandlung für Transport / Lagerung	
		gravimetrisch (MJ/kg)	volumetrisch (MJ/l)	Komprimierung (K) Abkühlung (A)	Energieverlust (%)
Benzin	flüssig	42	32	-	-
Diesel	flüssig	43	36	-	-
Methanol	flüssig	20	15,6	-	-
Methan	Gas (CNG)	50	9	K: 200 bar	-2,5 %
	flüssig (LNG)		22	A: -162 °C	-10 bis -25 %
Wasserstoff	Gas	120	5,6	K: 700 bar	-12 %
	flüssig		10,1	A: -253 °C	-20 %

Physikalische Eigenschaften von Treibstoffen.
Quellen: Hochschule für Technik Rapperswil: Energieaufwand für Gaskomprimierung • Wikipedia

1.5 Flüssigkeit oder Gas?

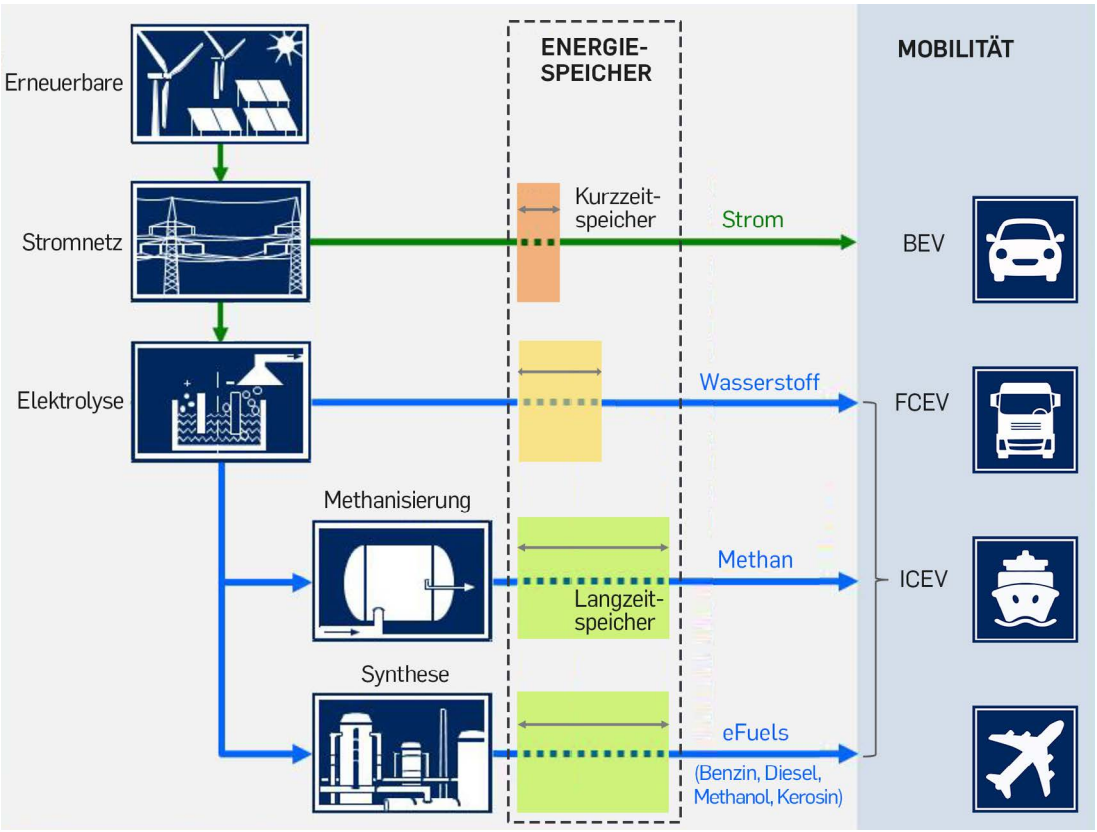
Sowohl als auch: Für 2050 werden für synthetische erneuerbare Kraftstoffe global folgende Marktanteile prognostiziert: Methanol: 28 % • Fischer-Tropsch-eFuels: 23 % • Wasserstoff: 21 % • Methan: 20 % • Ammoniak: 8 %.[5]

Gasförmige Energieträger aus erneuerbaren Quellen werden wesentlich zur Energiewende beitragen. So hat synthetisches Methan auch „Drop-in-Qualitäten", kann also genau wie Erdgas genutzt werden, zudem gibt es in Österreich eine gut ausgebaute Infrastruktur mit 2.000 km Fernleitungen und einem Verteilernetz von 44.000 km, dazu kommen Gasspeicher mit rund sechs Milliarden Kubikmeter Arbeitsgasvolumen.[6]

Eine Pilotanlage im oberösterreichischen Pilsbach geht neue Wege bei der THG-neutralen Methanerzeugung: Bei der von der RAG Austria AG patentierten *Underground Sun Conversion*-Technologie werden Wasserstoff und Kohlendioxid in eine ausgeförderte Erdgas-Lagerstätte in über 1000 Meter Tiefe gepumpt. Dort kommt es zu einer natürlichen mikrobiellen Methanisierung, bei der als Nebenprodukt lediglich Wasser entsteht.[7]

Methan hat gegenüber CO_2 in den ersten 20 Jahren das 84-fache, danach das 28-fache Treibhauspotenzial. In Österreich sind die Methanemissionen sind zwischen 1990 und 2017 um 36 Prozent gesunken. 2018 wurden 72 Prozent der Methanemissionen durch die Landwirtschaft und 18 Prozent durch die Abfallwirtschaft verursacht, der Anteil des Sektors Energieversorgung an den Methanemissionen im Land betrug nur 9 Prozent. Diffuse Emissionen aus der Energieerzeugung und -verteilung (aus der Gewinnung, Verarbeitung und dem Transport fossiler Energieträger) sind im Zeitraum 1990 bis 2017 um 39 Prozent zurückgegangen – 2017 waren sie für 0,5 Prozent der gesamten nationalen Emissionen verantwortlich.[8]

5. Ram, Manish et al. – dena (2020): Powerfuels in a Renewable Energy World, S. 6
6. gasconnect.at: Unser Netz im Detail
7. EIW*Insights* 1/2021: Wasserstoff, S. 12 • underground-sun-conversion.at
8. International Energy Agency: Methane Tracker 2020 • parlament.gv.at (2020): Beantwortung einer parlamentarischen Anfrage betreffend Methanemissionen durch Gasinfrastruktur und Landwirtschaft



BEV: Elektrofahrzeuge (Battery Electric Vehicles)
FCEV: Brennstoffzellenfahrzeuge (Fuel Cell Electric Vehicles)
ICEV: Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor (Internal Combustion Engine)

Ökostrombasierte synthetische Kraftstoffe – Anwendungsmöglichkeiten im Bereich Mobilität.
Grafik: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH. Bearbeitung: EIW

2. Wie werden eFuels hergestellt?

Synthetische flüssige Brenn- und Kraftstoffe werden in vielen Teilen der Welt heute schon in kommerziellem Maßstab hergestellt, etwa in Südafrika, China oder Katar. Basis sind dabei allerdings fossile Energieträger. Die Fischer-Tropsch-Synthese und die Methanol-Synthese sind zwei etablierte Technologien, die sich auch für die Produktion klimaneutraler eFuels eignen.

2.1 Ingredienzien von eFuels

Wasserstoff

Das für eFuels benötigte klimaneutrale H_2 wird mit erneuerbarem Strom erzeugt: Dabei wird Wasser durch das Elektrolyse-Verfahren aufgespalten in Wasserstoff und Sauerstoff, der – wie die dabei entstehende Abwärme – ebenfalls nutzbar ist. Dieser energieintensive Prozess eignet sich gut, um temporäre Stromüberschüsse aus Wind und Photovoltaik zu nutzen, doch werden diese allein nicht ausreichen, um Elektrolyseure wirtschaftlich zu betreiben und den steigenden Bedarf an Wasserstoff für Industrie und Verkehr zu decken: Benötigt werden auch Anlagen mit ganzjährig hohen Betriebsstunden.[9]

Kohlendioxid

Um die absehbaren negativen Folgen der Treibhausgase auf das Klima einzudämmen, ist die Vermeidung des CO_2-Ausstoßes oberstes Gebot. Zunehmend wird außerdem die Abscheidung von Kohlendioxid aus Abgasströmen in Bereichen der Produktion zum Einsatz kommen, für deren prozessbedingte Emissionen sich kurzfristig keine klimaneutralen Alternativen anbieten (Carbon Capture and Utilisation – CCU). Dazu zählt etwa die Zement-, Kalk- und Glasherstellung.

9. Mehr dazu: EIW*Insights* 1/2021: Wasserstoff

Eine weitere, notwendige technische Option zur Reduktion der Treibhausgase, die Abscheidung von CO_2 aus der Umgebungsluft (Direct Air Carbon Capture – DACC), wird in immer mehr Pilot- und Demonstrationsanlagen angewandt. Ein positiver Nebeneffekt der eFuels ist, dass sich die energetisch und technisch noch relativ aufwändige Technologie rasch weiterentwickelt. Gegenwärtig gibt es weltweit 15 DACC-Anlagen mit einer jährlichen Gesamtkapazität von 9 000 t CO_2, und in den USA errichtet Carbon Engineering die erste industrielle Anlage mit einer Kapazität von 1 Mt CO_2 im Jahr, die 2023 in Betrieb gehen soll.[10]

Ab 2026 wird das neu gegründete US-Unternehmen HIF Global in 12 Anlagen – 6 davon in Chile, 3 in Australien und 3 in den USA – in der finalen Ausbaustufe 25 Millionen Tonnen Kohlendioxid pro Jahr aus der Atmosphäre und aus Industriebetrieben abscheiden und daraus pro Tag 150.000 Barrel (also beinahe 24 Mio. Liter) eFuels herstellen.[11]

Weltgrößte DACCS-Anlage

2021 ist auf Island eine Anlage in Betrieb gegangen, die jährlich 4000 Tonnen CO_2 aus der Atmosphäre abscheidet. Das Kohlendioxid wird mit Wasser vermischt in unterirdische Speicher geleitet, wo es mit dem Basalt reagiert und innerhalb weniger Jahre versteinert.

Mittels Ventilator nimmt der Kollektor CO_2-Moleküle aus der Umgebungsluft auf. Ist der Filter auf Zellulose-Basis gesättigt, so wird er unter Vakuum gesetzt und auf 100 Grad erhitzt. Die notwendige Energie liefert ein geothermisches Kraftwerk.

Die Anlage des Schweizer Unternehmens *Climeworks*, mit der die globale Kapazität an klimaneutraler CO_2-Abscheidung direkt aus der Luft samt anschließender Speicherung (Direct Air Carbon Capture and Storage - DACCS) gleich um 45 Prozent gestiegen ist, ermöglicht durch den modularen Aufbau auch größere Kapazitäten. In der zweiten Hälfte dieses Jahrzehnts sollen Anlagen mit einer Abscheidungskapazität im Bereich von Megatonnen in Betrieb gehen.

In Kooperation mit *Synhelion*, einem Spin-off-Untemehmen der ETH Zürich, wird *Climeworks* in Spanien bis 2030 eine Großanlage zur Herstellung von Solartreibstoff in Betrieb nehmen, die jährlich rund 875 Millionen Liter Treibstoff liefert. Damit ließen sich beispielsweise die Hälfte des Schweizer Kerosinbedarfs oder 15 Prozent des Benzin- und Dieselkonsums abdecken.*

*) heise.de (2021): Orca: Weltgrößte Anlage zur direkten CO_2-Entnahme aus der Atmosphäre in Betrieb

wirsindzukunft.ch (2021): Grösste CO_2-Filteranlage in Island verwandelt Kohlendioxid in Stein

Hauri, Stephan (2022): Synthetischer Sprit soll Verbrenner am Leben halten. In: Neue Zürcher Zeitung, 19. 1. 22, S. 21

Bild: Climeworks

10. Boening, Jekaterina – Transport & Environment (2021): Grünes Fliegen. Welche technischen und regulatorischen Schritte sind notwendig? Vortrag
11. Drane, Amanda - Houston Chronicle (6. 4. 2022): New Houston company HIF Global unveils plans for 12 efuels plants

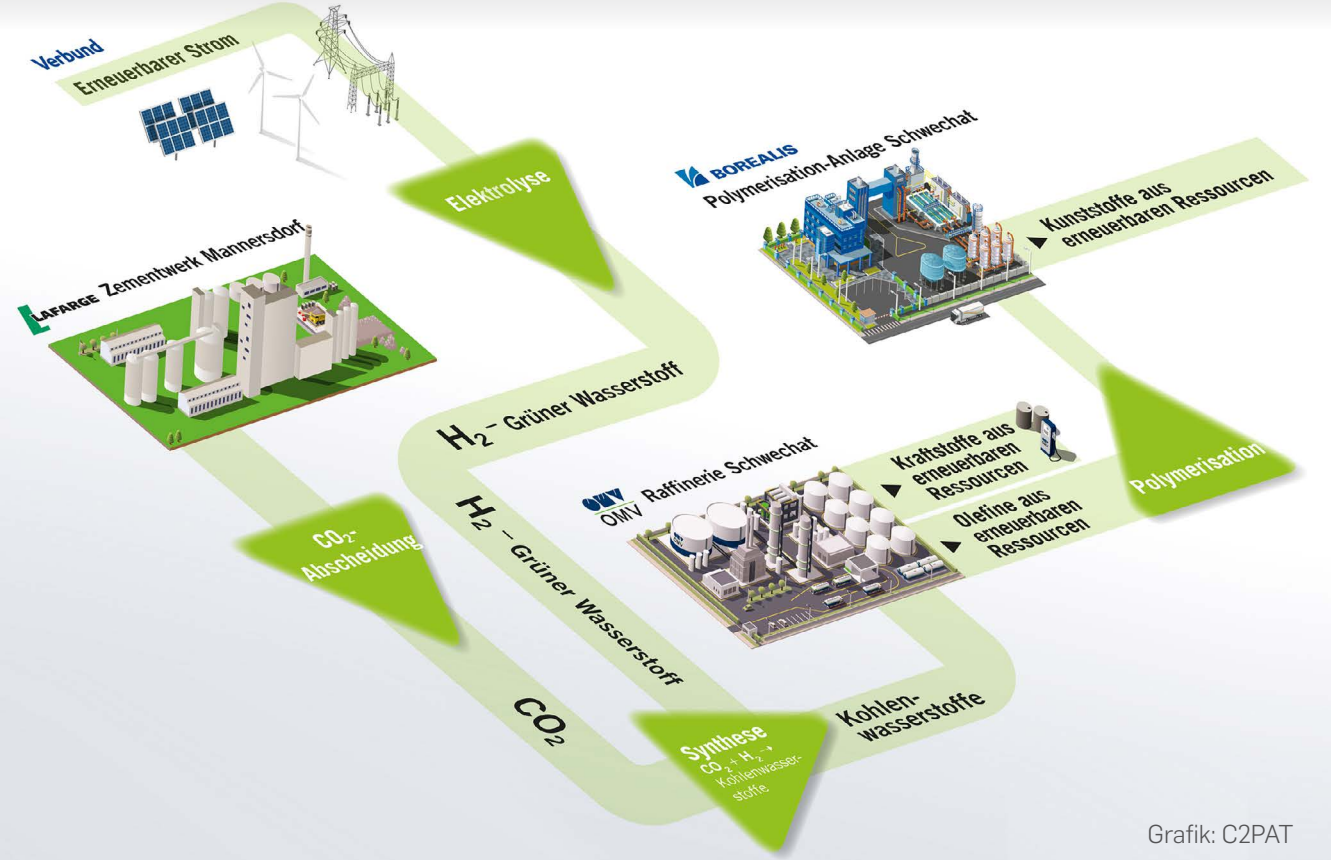
CO_2 aus der Atmosphäre oder aus Abgasen?

Handelt es sich beim CO_2 aus Industriebetrieben oder Kraftwerken um solches aus erneuerbaren Quellen (etwa durch Verbrennung von Biomasse oder organischen Reststoffen), so ist die Bilanz THG-neutral. Stammt das CO_2 direkt aus verarbeiteten Rohstoffen wie etwa beim Kalkbrennen, halbiert die Abscheidung und Nutzung in eFuels immerhin die CO_2-Belastung. Das Kohlendioxid entweicht zwar bei der Nutzung der eFuels wieder, doch wurden die fossilen Rohstoffe eingespart, die sonst zur Treibstofferzeugung genutzt worden wären.[12] Zudem ist die Gewinnung aus Abgasen von Industrieanlagen (CCU) aufgrund der höheren CO_2-Konzentration im Abgas eine günstigere Lösung, als jenes CO_2, das zunächst in die Atmosphäre entlassen worden ist, erst dann zur nachhaltigen Quelle zu erklären, nachdem es – mit weit größerem Aufwand an Energie und Kosten - abgeschieden werden musste: Laut Institut für Verfahrens- und Energietechnik an der Wiener Universität für Bodenkultur ist die CO_2-Abscheidung aus Umgebungsluft derzeit noch mit dem zehnfachen Energieaufwand verbunden.[13]

DACC-Anlagen haben hingegen als großen Vorteil die Standortunabhängigkeit, die den Transportaufwand minimiert: Sofern Strom und Wärme zur Verfügung stehen, kann CO_2 unmittelbar dort gewonnen werden, wo es für die Herstellung von eFuels benötigt wird.

CO_2 aus der Industrie für eFuels

Die Industrieunternehmen Lafarge, OMV, VERBUND und Borealis werden mit dem branchenüberegreifenden Projekt *Carbon2ProductAustria* (*C2PAT*) bis 2030 fast 100 Prozent des jährlichen Ausstoßes von 700.000 Tonnen CO_2 im Zementwerk Mannersdorf abscheiden, die in Folge zur Herstellung von synthetischem Kraftstoff und Kunststoffen aus erneuerbaren Ressourcen zur Verfügung stehen.



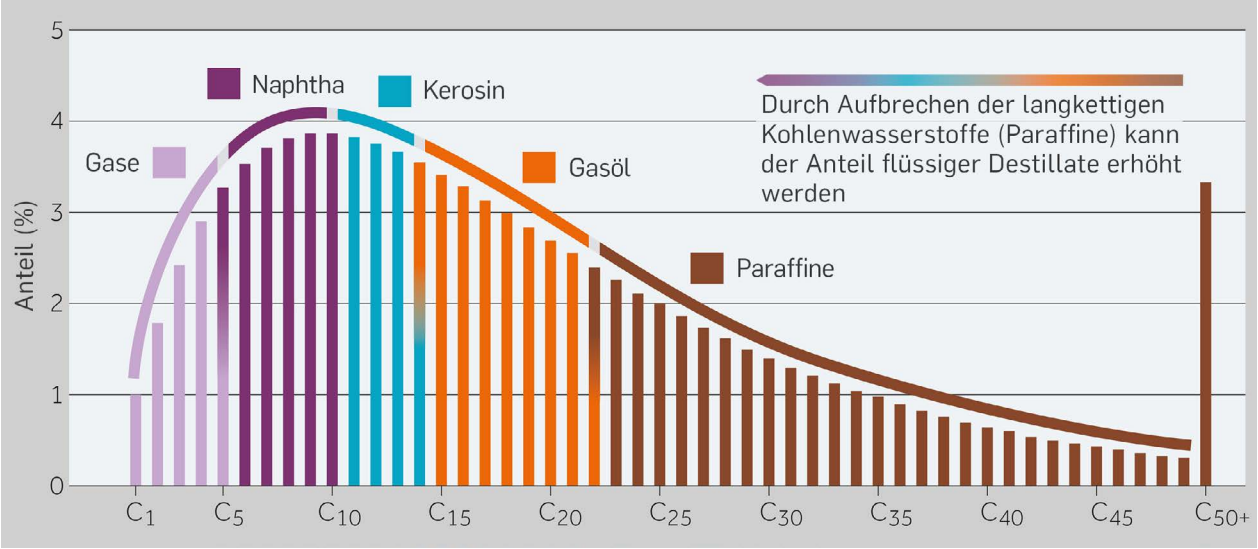
Grafik: C2PAT

12. Urbanz, Theresa – Energie Agentur Steiermark (2021): E-Fuels. Darstellung der aktuellen Studienlage zu Power-to-X-Produkten. Studie, S. 6
13. Zerobin, Florian, Tobias Pröll (2020): Concentrated Carbon Dioxide (CO_2) from Diluted Sources through Continuous Temperature Swing Adsorption (TSA). American Chemical Society: Industrial & Engineering Chemistry Research 59 (19)

2.2 Fischer-Tropsch-Synthese

Dieses Verfahren hat sich bereits in den zwanziger Jahren des 20. Jahrhunderts etabliert, unter anderem zur Weiterverwertung von Kokereigas. Dabei entsteht aus Synthesegas, einer Mischung aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid, bei Temperaturen von 150 bis 300 °C und einem Druck von etwa 25 bar ein Rohöl-ähnliches Kohlenwasserstoff-Gemisch, das zudem frei von belastenden Einträgen wie Schwefel ist. Für die Erzeugung von eFuels dient Kohlendioxid als Rohstoff – ein stabiles Molekül, bei dessen chemischer Umwandlung in Kohlenmonoxid hochaktive Katalysatoren und zusätzlicher Energieeinsatz wegen der erforderlichen hohen Temperaturen notwendig sind.[14] Fischer-Tropsch-Konzepte, die eine direkte Synthese von CO_2 und Wasserstoff ermöglichen, werden derzeit weiterentwickelt.[15]

Es hängt unter anderem von den eingesetzten Katalysatoren ab, ob das Produkt aus den Fischer-Tropsch-Reaktoren einen etwas höheren Anteil an Benzin, Kerosin oder Diesel enthält. In jedem Fall ist es nicht möglich, nur ein einziges Produkt, etwa Kerosin, zu generieren, vielmehr entsteht immer ein breites Spektrum an Kohlenwasserstoffen – von Gasen wie Propan und Butan bis hin zu festen Stoffen wie Paraffinen und Wachsen.[16]



Beim Fischer-Tropsch-Verfahren entsteht nicht ein einzelnes Produkt, vielmehr wird immer ein ganzes Spektrum an Kohlenwasserstoffen generiert. Im Bild eine exemplarische Verteilungskurve von Fischer-Tropsch-Produkten, geordnet nach Anzahl der Kohlenstoff-Atome im Kohlenwasserstoff-Molekül. Links (C1) findet sich Methan (CH_4). Grafik: Shell, Bearbeitung: EIW

Abhängig vom eingesetzten Katalysator enthält ein Fischer-Tropsch-Produkt zum Beispiel an die 10 bis 15 Prozent Gase und an die 50 Prozent Naphtha (Rohbenzin). Knapp 30 Prozent können als Kerosin oder Gasöl (Diesel und Heizöl) genutzt werden. Der darüber hinaus noch anfallende Anteil längerkettiger, fester Kohlenwasserstoffe dient entweder als Rohstoffbasis für die chemische Industrie oder kann in weiteren Verfahrensschritten zu flüssigen Kohlenwasserstoffen aufgebrochen werden.[17]

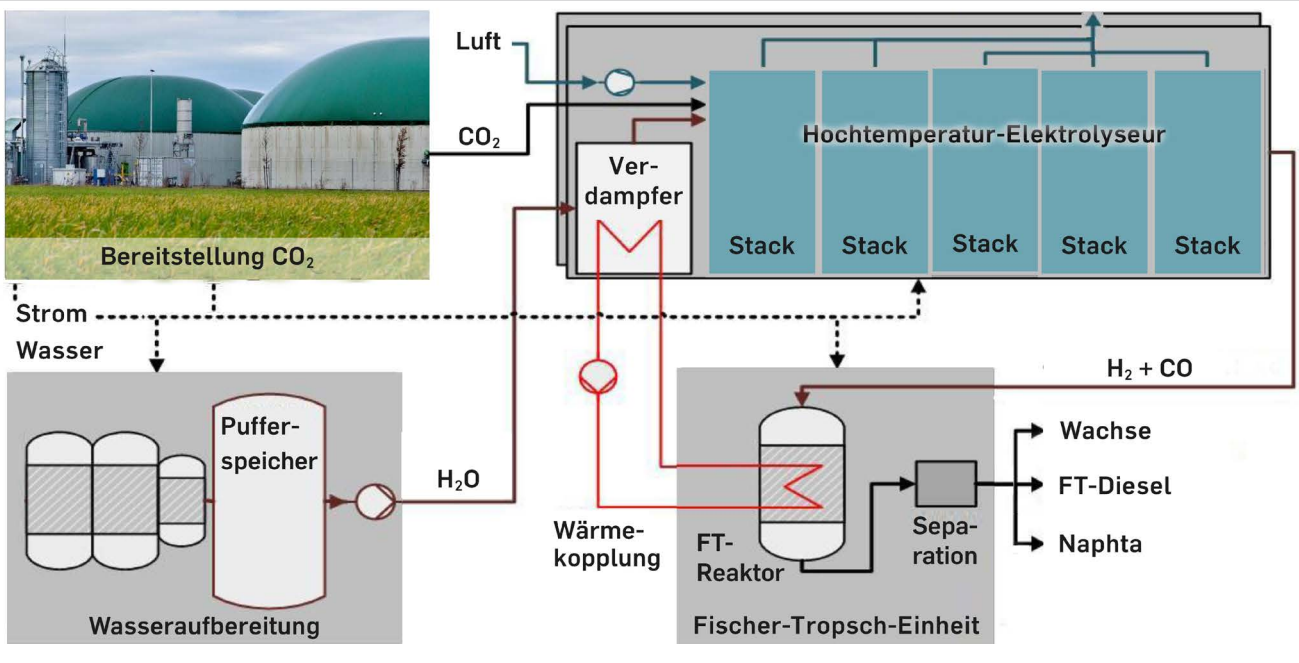
14. König, Daniel Helmut (2018): Techno-ökonomische Prozessbewertung der Herstellung synthetischen Flugturbinentreibstoffes aus CO_2 und H_2. Dissertation, S. 32 ff.
15. Dietrich, Vincent et al.(2020): Power-to-liquid via synthesis of methanol, DME or Fischer–Tropsch-fuels: a review. In: Energy & Environmental Science, Issue 10, 2020
16. Concawe Review Vol. 28 (2019): A look into the role of e-fuels in the transport system in Europe (2030–2050), S. 7
17. Wikipedia: Fischer-Tropsch-Synthese

Richtungsweisende PtL-Anlage in Graz

AVL, international agierender Entwickler von Antriebssystemen mit Hauptsitz Graz, hat gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum IWO (Institut für Wärme und Öltechnik) eine Anlage geplant, die als modernste Europas zur Herstellung von synthetischen Brenn- und Kraftstoffen gilt. 2022 nimmt der 200-kW-Elektrolyseur den Demobetrieb auf. Ab 2023 sollen per Fischer-Tropsch-Synthese rund 100.000 Liter klimaneutrale synthetische Kraftstoffe jährlich erzeugt werden – darunter Naphtha, das zu Kerosin weiterverarbeitet werden kann, Wachse und vor allem Diesel.

Zur Erzeugung von Wasserstoff kommt die neuartige Hochtemperatur-Elektrolyse-Technologie SOEC (Solid Oxide Electrolysis) zum Einsatz, die innerhalb der letzten Jahre bei AVL erforscht wurde. Damit lässt sich ein Wirkungsgrad von über 80 Prozent erzielen, während die üblichen Verfahren aus dem Strom lediglich 60 bis 70 Prozent an Energie (Heizwert) in Form von Wasserstoff gewinnen. Durch Nutzung der Abwärme aus der Hochtemperatur-Elektrolyse und die integrierte Produktion von Kohlenmonoxid, das für die Fischer-Tropsch-Synthese benötigt wird, kann der Gesamt-Energieeinsatz um 37 Prozent reduziert werden.

Mittelfristig wäre laut AVL die Produktion durch eine Reihe an dezentralen Anlagen in der Größenordnung von jeweils 50 bis 80 Megawatt sinnvoll. Eine geeignete Quelle für das benötigte CO_2 wären Biomasse-Kraftwerke, dann wäre auch dieser Input komplett regenerativ.*



*) energynewsmagazine.at (2021): AVL baut in Graz zukunftsweisende Anlage für eFuel-Produktion
IWO-Österreich: Innovation Flüssige Energie
jaz: Wenn das Dieselauto mit Ökostrom fährt. In: Die Presse, 23. 7. 20, S.16

Grafik: AVL / IWO / EIW

2.3 Methanol-Synthese

Methanol, auch bekannt als Methylalkohol (CH_3OH), ist ein wichtiger Ausgangsstoff für Synthesen in der chemischen Industrie und dient darüber hinaus auch als Kraftstoff-Additiv oder als Energielieferant für Brennstoffzellen. Für Verbrennungsmotoren bietet sich Methanol als schwefel- und rußfreie Treibstoff-Alternative an: Speziell adaptierte Ottomotoren erzielen mit purem Methanol im Vergleich zu konventionellen Benzinantrieben bis zu 10 Prozent höhere Motorleistungen und einen etwa 15 Prozent besseren thermischen Wirkungsgrad. Zudem ist Methanol biologisch abbaubar, was eventuelle Umweltgefährdungen minimiert.[18]

Das Standard-Herstellungsverfahren, die zweistufige Methanolsynthese aus fossilen Rohstoffen, ist technisch im großindustriellen Maßstab ausgereift und auch adaptierbar für die Nutzung von H_2 und CO_2. Analog zum Fischer-Tropsch-Verfahren wird mit Katalysatoren, Wärme und Druck gearbeitet – bei Methanol mit Temperaturen von 220 bis 290 °C und 50 bis 125 bar Druck.[19]

Für die Umwandlung von eMethanol in eBenzin sind die bestehenden Raffineriekapazitäten anzupassen. Bezüglich Effizienz und Kosten liegen das Fischer-Tropsch-Verfahren und die Methanol-Synthese gleichauf. Studien zeigen Wirkungsgrade von 62 bis 72 Prozent für den gesamten Syntheseprozess.[20]

Besser als konventionelles Benzin

Die Chemieanlagenbau Chemnitz (CAC) und die TU Bergakademie Freiberg haben ein marktreifes Verfahren entwickelt, um aus Methanol, erzeugt aus Kohlendioxid (CO_2) und grünem Wasserstoff, synthetisches Benzin herzustellen. In der Demonstrationsanlage in Freiberg wurden bereits mehr als 45 Tonnen klimaneutrales Benzin produziert und Automobilherstellern zum Testen bereitgestellt. Der hochoktanige Kraftstoff erfüllt nicht nur die Norm-Anforderungen nach DIN EN 228, sondern weist bezüglich Oxidationsstabilität und Partikelemissionen sogar bessere Werte auf als herkömmliches Benzin.

Diese Anlage ist im Dauerbetrieb auf eine Kapazität von 600.000 Liter pro Jahr ausgelegt, in einer einzigen Großanlage könnten mit diesem Verfahren 100 Mio. Liter im Jahr erzeugt werden. Zum Größenvergleich: 2021 wurden in Österreich insgesamt 1,9 Milliarden Liter Benzin verbraucht.*

*) ots.at (1.1.2022): Fachverband der Mineralölindustrie (FVMI): Leichte Zunahme des Kraftstoffverbrauchs 2021

Bild: CAC

18. Wikipedia: Methanol als Kraftstoff
19. Heß, Dominik et al. – Institut für Mikroverfahrenstechnik (2020) : Nutzung von CO_2 aus Luft als Rohstoff für synthetische Kraftstoffe und Chemikalien. Studie, S. 24
20. Öko-Institut e.V Berlin (2021): E-fuels versus DACCS. Studie, S. 22

2.4 Wie unterscheiden sich eFuels von Biofuels?

Im Gegensatz zu eFuels kommen bei der Herstellung von Biofuels – wie der Name schon sagt – biogene Roh- und Abfallstoffe zum Einsatz. Um THG-Emissionen im Verkehr zu reduzieren, werden diese in Österreich seit 2005 fossilen Kraftstoffen beigemischt. Der Diesel von der Tankstelle enthält bis zu 7 Volumenprozent Biodiesel.[21] 2020 wurden von sechs registrierten Produzenten insgesamt 292.583 Tonnen Biodiesel hergestellt, dies sind etwa 70 Prozent des inländischen Verbrauchs an nachhaltigem Biodiesel.[22] Zur Verwendung von purem Biodiesel sind Motoren mit modernen Dieseleinspritzsystemen meist nicht freigegeben – sie müssen umgerüstet werden.

Bei Benzin werden derzeit bis zu 5 Volumenprozent Bioethanol (E5) beigemischt, für eine mögliche Erhöhung dieses Anteils auf 10 Prozent (E10) würde dabei die heimische Produktion von gut 2 Megatonnen ausreichen.[23] Eingesetzt werden Nebenprodukte aus der Gluten- und Stärkeherstellung sowie für die Nahrungsmittelproduktion ungeeignete Futtergetreide-Überschüsse aus Mitteleuropa. Anders als bei eFuels sind für einen hohen Bioethanol-Anteil speziell konstruierte Ottomotoren erforderlich.

Wären biogene Kraftstoffe eine Alternative zu eFuels?

Die EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien hat Nachhaltigkeitskriterien für die umweltfreundliche Produktion von Biokraftstoffen in der EU und in Drittländern festgelegt, die Biokraftstoffen der zweiten Generation den Vorzug geben, die aus Abfällen, Reststoffen, Lignozellulose oder zellulosehaltigem Non-Food-Material erzeugt werden, denn die Nutzung von Agrarflächen für Energieerzeugung konkurriert unweigerlich mit der Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Diese Tank-Teller-Problematik führt zu einem knapperen Lebensmittel-Angebot bei steigenden Preisen, und in Folge erhöht sich der Druck, naturbelassene Gebiete wie etwa Regenwälder für die Lebensmittelproduktion nutzbar zu machen. Daher will die EU Biokraftstoffe mit hohem Risiko für indirekte Landnutzungsänderungen wie Palmöl bis 2030 ausschließen.[24]

Wie eFuels nehmen auch Biokraftstoffe der zweiten Generation keine wertvollen landwirtschaftlichen Flächen in Anspruch, allerdings werden sie derzeit lediglich in Pilotanlagen hergestellt und stehen noch nicht in größerem Maßstab zur Verfügung. Ihre Produktion ist mit hohem technischen Aufwand verbunden, daher ist es naheliegend, dass die zur Verfügung stehenden Reststoffe vielfach für die weit effizientere Wärmeerzeugung genutzt werden.[25]

Der Bedarf an flüssigen und gasförmigen Kraftstoffen wird sich nur zu einem Bruchteil aus nachhaltigen biogenen Rohstoffen decken lassen, doch werden sie gemeinsam mit eFuels ihren Anteil zur Reduktion von Treibhausgasen beisteuern können: Die Energiewende wird nicht eingleisig verlaufen. Außerdem können die Rohstoffe für eFuels partiell auch biogenen Ursprungs sein – so wird beispielsweise in der bereits vorgestellten > PtL-Anlage der AVL List in Graz Kohlendioxid verwendet, das als Nebenprodukt bei der Zuckerherstellung entsteht.[26]

21. WKÖ: Merkblatt Dieselkraftstoff mit Biokomponente
22. Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie – BMK: Biokraftstoffe im Verkehrssektor. Biokraftstoffbericht 2021, S. 30
23. Ebda., S. 34-45
24. Amtsblatt der Europäischen Union: Richtlinie (EU) 2018/2001 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen
25. Fehrenbach, Horst – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH (ifeu, 2019): Einsatz von Biokraftstoffen im Verkehrssektor bis 2030. Kurzstudie zu den Potenzialen an Kraftstoffen auf Basis von Anbaubiomasse sowie biogenen Abfällen und Reststoffen, S. 16
26. IWO-Österreich: Innovation Flüssige Energie

3. Gibt es ausreichend grüne Energie?

Für die Synthese von H_2 und CO_2 zu eFuels gibt es etablierte Technologien, die auf industriellen Maßstab hochskaliert werden können. Eine Herausforderung ist die ausreichende Verfügbarkeit der Ausgangsprodukte, die auch abseits der Herstellung von eFuels tragende Säulen der Energiewende sein werden:

- Kohlendioxid aus der Umgebungsluft wird erst in den nächsten Jahren in marktrelevanten Mengen zur Verfügung stehen, größere Mengen könnten auch aus Abgasströmen aktiviert werden.
- Wasserstoff wird zunehmend als direkter Energieträger zum Einsatz kommen, und Elektrolyseure können Überschüsse aus Wind- und Solarkraftwerken umgehend nutzen und dabei zur Netzstabilität beitragen. Die phasenweisen Stromüberschüsse werden nicht ausreichen, um Elektrolyseure wirtschaftlich zu betreiben und den Wasserstoff-Bedarf zu decken: Ein beträchtlicher Teil wird durch Importe gedeckt werden müssen.
- Strom aus erneuerbaren Quellen ist das Fundament der Energiewende und wird in Europa auf lange Sicht ein knappes Gut bleiben, denn für eine gesicherte Versorgung im gesamten Jahresverlauf stehen auf gesamteuropäischer Ebene nicht die notwendigen Ressourcen zur Verfügung. Allein schon der Platzbedarf würde im dicht besiedelten Europa einen massiven Eingriff in Naturräume und landwirtschaftliche Flächen mit sich bringen.

3.1 Bedarf und Potenziale

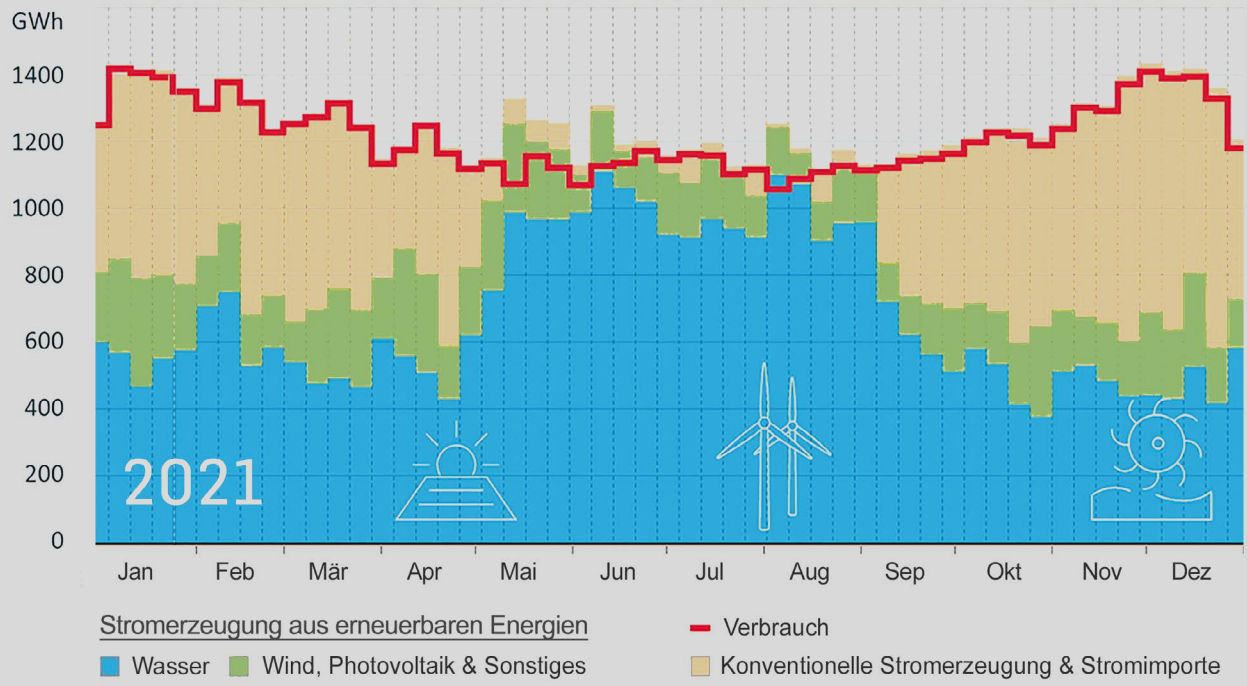
Der Inlandsstromverbrauch in Österreich lag 2020 bei 70,3 TWh[27]. 55,8 TWh an Strom sind aus erneuerbaren Quellen und Reststoffen erzeugt worden. Bis 2030 sollten diese Kapazitäten laut Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz um 27 TWh aufgestockt und damit auch das bilanzielle 100-Prozent-Ziel bei Ökostrom erreicht werden.

Ökostrom

Mit dem globalen Eintrag an Sonnenenergie ließe sich der Energiebedarf der Menschheit 10.000 Mal abdecken, und auch das technische Potenzial an Windenergie übersteigt die heutige weltweite Stromproduktion.[28] Gemäß Vorhersagen der Internationalen Energieagentur wird die globale Stromerzeugungskapazität aus erneuerbaren Energien bis 2026 gegenüber 2020 um mehr als 60 Prozent auf über 4 800 GW ansteigen – das entspricht der derzeitigen weltweiten Stromerzeugungskapazität aus fossilen Brennstoffen und Kernenergie zusammen.[29]

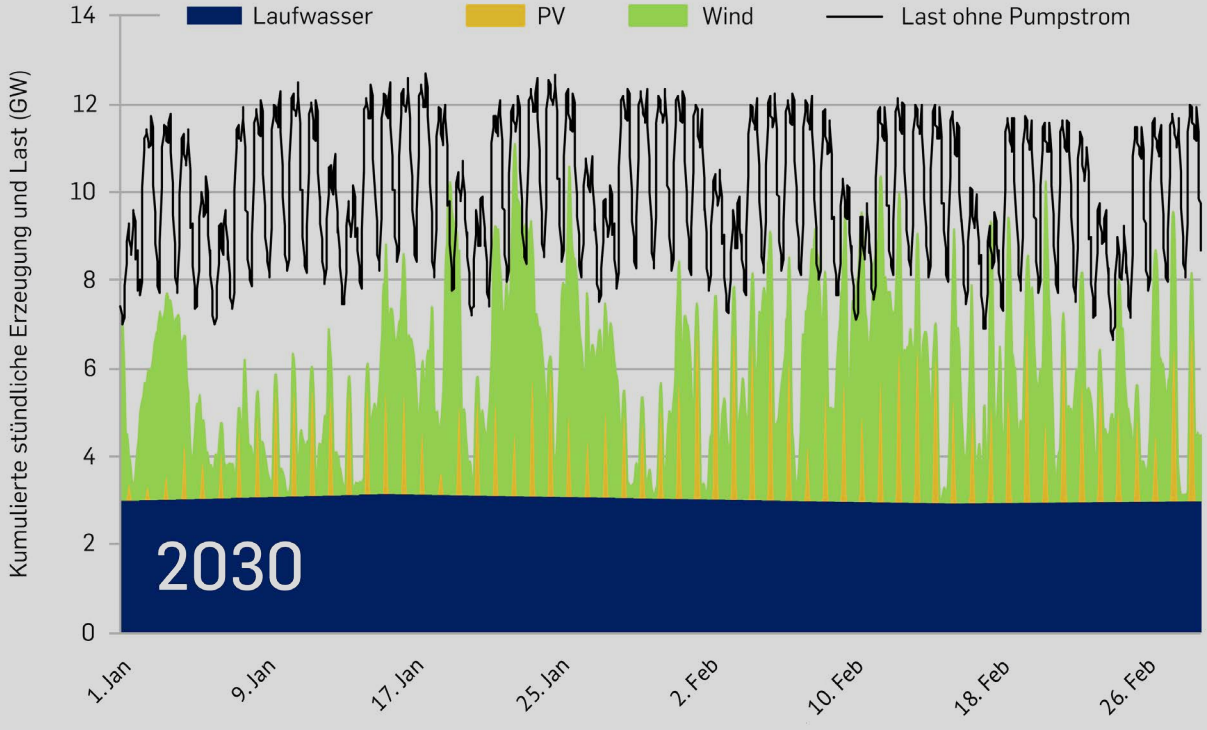
In Österreich ließe sich mit 82,8 TWh jährlich der für 2030 prognostizierte, um 10 TWh gestiegene Stromverbrauch rechnerisch abdecken, wenn es keine saisonal bedingten Schwankungen bei Stromerzeugung und Stromverbrauch gäbe: 2021 beliefen sich die Netto-Stromimporte, die im Winter deutlich höher sind als im Sommer, auf 10 Prozent des Gesamtverbrauchs.[30] Pumpspeicher-Kraftwerke können nicht die gesamte Differenz über die Monate speichern, auch sind die Ausbau-Möglichkeiten nicht zuletzt aus gewässerökologischen Gründen begrenzt.

27. E-Control: Statistikbroschüre 2021, S. 25
28. United Nations Climate Action: What is renewable energy?
29. IEA (2021): Renewables 2021. Analysis and forecasts to 2026
30. Österreichs Energie: Netto-Stromimporte



Oben: Wöchentliche Stromverbrauchsabdeckung (bilanziell) 2021. Überschüsse fallen lediglich zwischen Mai und August an (Balken über roter Linie), in der restlichen Zeit war Österreich auf fossile Erzeugung respektive Stromimporte angewiesen.
Grafik: APA / APG. Bearbeitung: EIW

Unten: Prognose für Österreichs Stromverbrauchsabdeckung (bilanziell) im Jänner / Februar 2030. Auch bei massivem Ökostrom-Ausbau wird die Kapazität der heimischen Anlagen in den Wintermonaten nicht ausreichen.
Grafik: Energy Brainpool / APG. Bearbeitung: EIW



Erneuerbares Gas

Durch Nutzung anfallender Stromüberschüsse zur Erzeugung von Wasserstoff kann ein Teil des heimischen Gasbedarfs abgedeckt werden. Eine Analyse zur Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Gas im österreichischen Energiesystem sieht für 2030 Potenziale für H_2-Erzeugung im Ausmaß von 4,5 TWh, ab 2040 könnten mit Stromüberschüssen theoretisch 27,4 TWh Wasserstoff im Jahr produziert werden.[31]

Der Gasverbrauch in Österreich belief sich 2020 auf 94,9 TWh, davon mussten 92 Prozent importiert werden. Der Anteil biogener Gase machte lediglich 0,1 TWh aus.[32] Um im Jahr 2040 klimaneutral werden zu können, muss bis dahin der Gasbedarf aus erneuerbaren Quellen gedeckt werden. Abhängig von der Intensität der Energieeffizienzmaßnahmen und dem Ausmaß an Elektrifizierung gehen Szenarien von einem Gesamtbedarf an Gasen von 89 bis 138 TWh aus, die in beiden Fällen zu rund 70 Prozent aus der Industrie nachgefragt werden – je nach Anwendung wird entweder Wasserstoff oder Methan benötigt, in manchen Bereichen werden beide Gase einsetzbar sein.

Das Potenzial zur Erzeugung von erneuerbarem Methan sieht eine konservative Prognose bei 20,3 TWh, etwa je zur Hälfte aus anaerober Vergärung und aus Biomasse-Gasifikation[33], nach einer anderen Studie liegt das Ausbau-Potenzial zur Gewinnung von Biomethan aus organischen Reststoffen bei etwa 17 TWh, wobei rund die Hälfte der benötigten Kapazitäten bis 2030 realisiert werden könnten.[34]

Daher wird 2040 der Bedarf an biogenem Gas – einschließlich Wasserstoff – das Angebot um 69 bis 118 TWh übersteigen. Zum Vergleich: das Potenzial für Erneuerbare Stromerzeugung für 2050 wird auf 119 TWh geschätzt: Der Gesamtbedarf an erneuerbarem Gas kann augenscheinlich nicht aus heimischen erneuerbaren Ressourcen gedeckt werden.[35]

Knappe Rohstoffe

Neue Technologien könnten eine Verknappung benötigter Rohstoffe mit sich bringen: Laut dem Freiburger Öko-Institut wird der globale Bedarf an Lithium für die Elektromobilität von etwa 240.000 Tonnen im Jahr 2030 auf 1,1 Millionen Tonnen im Jahr 2050 steigen, bei Kobalt von 260.000 Tonnen 2030 auf bis zu 800.000 Tonnen 2050. Der globale Bedarf an Neodym, das für Permanentmagnete von Elektromotoren und Windrädern benötigt wird, könnte sich bis zum Jahr 2040 versechsfachen. Dies ist ein Beispiel für seltene Erden, die zwar in ausreichender Menge verfügbar sind, doch braucht die notwendige Vervielfachung der Fördermengen Zeit, hohe Investitionen, und nicht zuletzt auch sozial- und umweltverträgliche Rahmenbedingungen. Kreislaufwirtschaft spielt hier noch kaum eine Rolle, auch wenn in der Europäischen Union mittlerweile fast 90 Prozent jedes verschrotteten Autos recycelt werden: Seltenerdmetalle sind meist in Platinen und Legierungen gebunden, deren Rückgewinnung (noch) zu aufwändig ist.[36]

Europas Akku- und E-Fahrzeug-Herstellung ist nicht zuletzt deshalb auf Importe angewiesen, weil der Bergbau samt seinen ökologischen Folgen in andere, oftmals politisch instabile Regionen outgesourct wurde. Zwei Drittel des weltweiten Kobaltvorkommens lagern im Kongo, wo der Abbau unter gesundheitsgefährdenden Bedingungen und auch Kinderarbeit nach wie vor auf der Tagesordnung stehen. China, das nebenher auch eine Pole Position am Weltmarkt der Seltenen Erden einnimmt, hat einen erheblichen Teil des kongolesischen Kobalts für sich gesichert.[37] Wie schnell solche eingleisigen Versorgungswege zum politischen Druckmittel werden, zeigt aktuell die Abhängigkeit Europas von russischem Erdgas. Für eFuels rechnet man mit einem weit stärker diversifizierten Rohstoffmarkt.

31. Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Lehrstuhl für Energieverbundtechnik Montanuniversität Leoben (2020): Erhöhung des Einsatzes von erneuerbarem Gas im österreichischen Energiesystem, S. 9
32. E-Control: Statistikbroschüre 2021, S. 20
33. Baumann et al. – AEA, Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz (2021): Erneuerbares Gas in Österreich 2040
34. Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz, Montanuniversität Leoben, a. a. O., S. 7
35. AEA, WKO, IV, AIT (2019): Im Wettbewerb um die Zukunft. Klimapolitische Perspektiven für den Beitrag der österreichischen Industrie zur Treibhausgasneutralität
36. spektrum.de: Fehlen die Rohstoffe für die E-Mobilität? (2017)
Kritische Metalle: Die Energiewende bekommt ein Rohstoffproblem (2022)
Öko-Institut (2020): #VerkehrswendeMythen4: Elektromobilität wird an knappen Batterie-Rohstoffen wie Kobalt oder Lithium scheitern
37. energyload.eu (2018): Baut China ein weltweites Kobalt-Monopol auf?

Energiebedarf Verkehrssektor

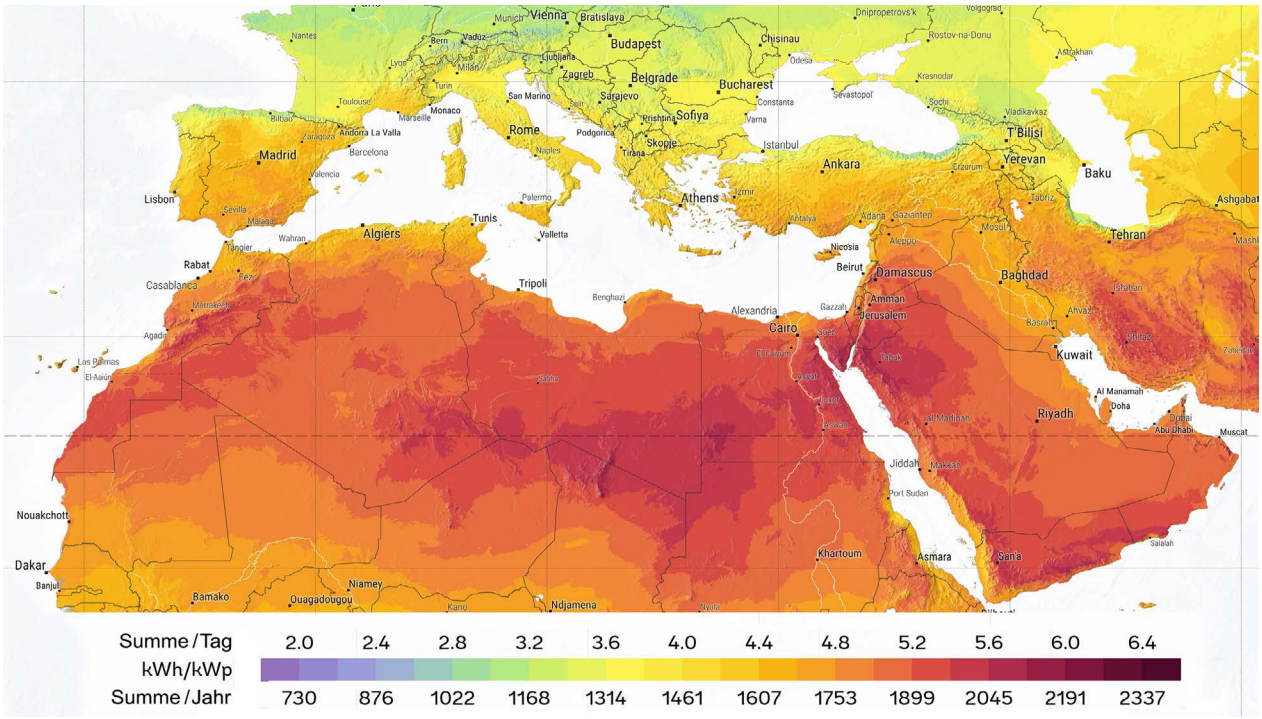
Um 2040 Klimaneutralität zu erreichen, müsste der Anteil der eFuels am Gesamtenergiebedarf im Verkehrssektor den beschriebenen > Szenarien für Erneuerbares Gas zufolge um die 44 Prozent ausmachen, die bei 20 Prozent des Straßengüterverkehrs und 89 Prozent des Flugverkehrs zum Einsatz kämen. Für ein Szenario mit hohem Verbrenner-Anteil würden für die Herstellung von jährlich 12,5 TWh eFuels in etwa 14,7 bis 17,4 TWh Wasserstoff benötigt. Im zweiten Szenario ist der Straßengüterverkehr – sofern nicht elektrifiziert – durch Brennstoffzelle oder Wasserstoff-Verbrenner angetrieben, etwa 8,4 TWh eFuels jährlich bleiben in erster Linie dem Flugverkehr und der Binnenschifffahrt vorbehalten. Dafür würden 10,6 bis 12,5 TWh Wasserstoff benötigt.[38]

Zusätzlich ist hier noch der Restbestand an Pkw zu berücksichtigen: Auch wenn ab 2030 keine Pkw mit Verbrennungsmotoren mehr verkauft würden, dürften 2040 noch > über 2 Mio. von ihnen in Verkehr sein. Eine ähnliche Größenordnung für den Bedarf an eFuels zur Dekarbonisierung wird auch in einer anderen Studie angegeben, nämlich 9,8 bis 10,6 TWh.[39] Nach dem höheren Szenario wird die Bauindustrie noch weitere 5,28 TWh Wasserstoff zur Herstellung von eFuels für Standmotoren und Offroad-Fahrzeuge brauchen.[40]

Die genannten Zahlen umreißen nur den Bedarf an Wasserstoff für eFuels und nicht jenen der Industrie: Alleinig für die Dekarbonisierung der Eisen- und Stahlerzeugung sowie der chemischen Industrie werden à la longue 54 TWh erneuerbares Gas benötigt, ein wesentlicher Teil davon wird auf Wasserstoff basieren.

3.2 Eine Frage des Standorts

Eine direktelektrische Anwendung von Ökostrom ist ökonomisch und ökologisch eine bessere Option, sofern die Netzkapazitäten und Endabnehmer vorhanden sind – darunter auch Power-to-Heat- oder Power-to-Gas-Anwendungen, bei denen es zu geringeren Umwandlungsverlusten kommt als bei der Weiterverarbeitung zu Flüssigkraftstoffen. Österreichs Energiebedarf wird jedoch durch erneuerbare Energien heimischer Provenienz nicht zu decken sein.



Das Potenzial für Erträge aus Photovoltaik (kWh pro installiertem kWp): Österreich im Vergleich mit Südeuropa, Nordafrika und der arabischen Halbinsel. Grafik: Global Solar Atlas

38. Baumann et al. (2021): Erneuerbares Gas in Österreich 2040
39. Schmidt et al. – AK (2021): Edelsprit für alles? Bedarf und Angebot an Grünen Gasen in Österreich. Studie
40. Baumann et al., a. a. O., S. 32

Bei den für Europa notwendigen Energieeinfuhren wird es einfacher sein, auf eFuels aus ferneren Regionen zurückzugreifen, in denen sie effizienter und günstiger als in Mitteleuropa erzeugt werden können, und dabei auch den Vorteil der leichteren Transportierbarkeit der flüssigen Energieträger zu nutzen. Dabei wäre importiertes eMethanol auch als Rohstoff für die Kunststoffindustrie einsetzbar, anstatt ihn aus erneuerbarem Methan heimischer Produktion herzustellen.[41]

Wirkungsgrad

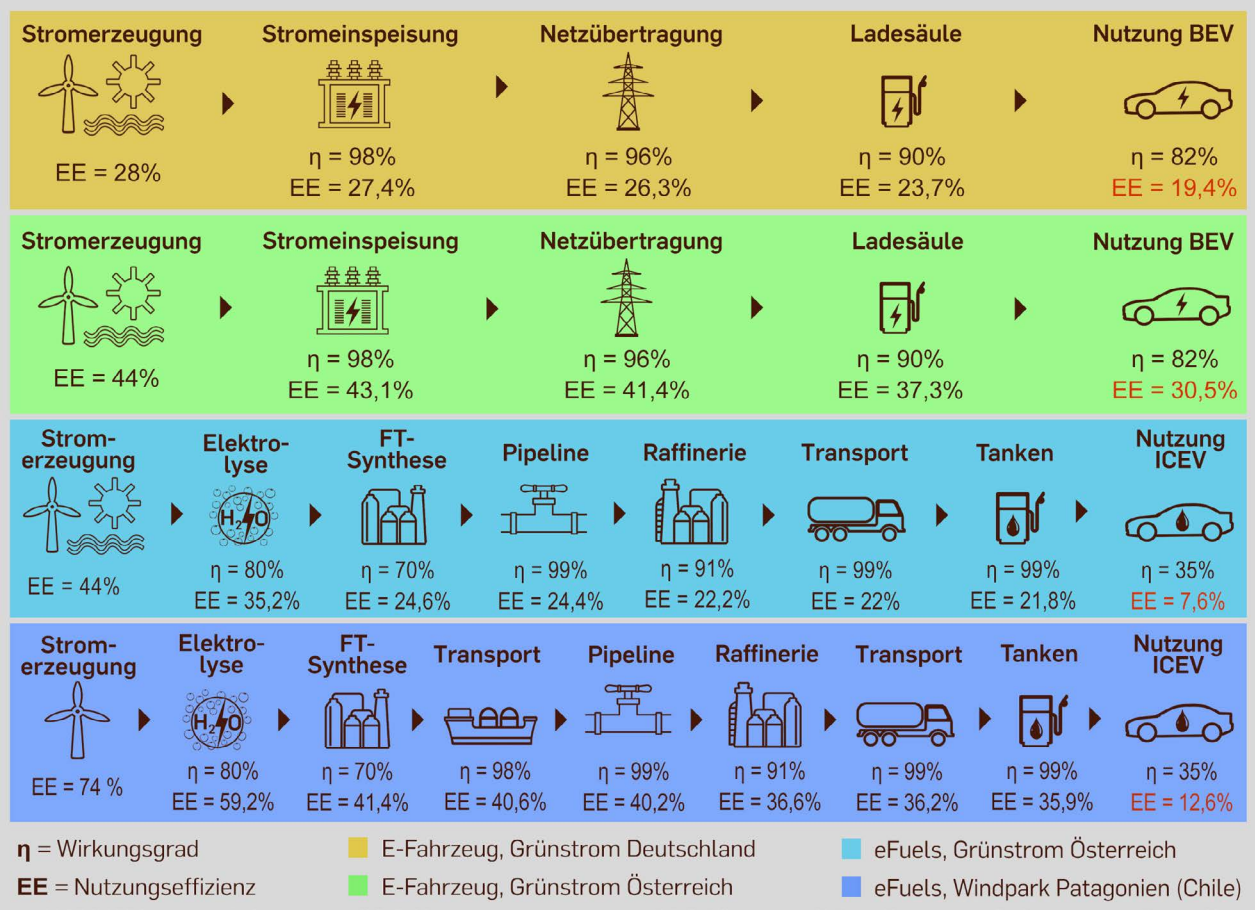
Vergleicht man den Wirkungsgrad von Fahrzeugantrieben, so erreichen moderne Benzinmotoren mit Direkteinspritzung und elektronischer Motorsteuerung bestenfalls 37 Prozent, bei Dieselmotoren mit Common-Rail-Einspritzung sind es bis zu 45 Prozent. E-Antriebe können dagegen über 90 Prozent erreichen.

Die hohe Effizienz batteriebetriebener Fahrzeuge hat den Nebeneffekt, dass jeder zusätzliche Energiebedarf – etwa zur Klimatisierung – deutlicher die Reichweite einschränkt als bei Verbrennungsmotoren (die einen weitaus geringeren Prozentsatz der eingesetzten Energie in Bewegung umsetzen).

Bei einer gesamtheitlichen Betrachtung ist ein entscheidender Faktor die Ertragseffizienz von Erzeugungsanlagen an unterschiedlichen Standorten – beispielsweise bei Windanlagen:

> Patagonien (Projekt Haru Oni): 74 Prozent

> Deutschland (durchschnittliche Nutzungsgrade an Land): 20 Prozent[42]



Nutzt man erneuerbaren Strom etwa in Patagonien, wo Idealbedingungen für eine höhere Auslastung der Erzeugungsanlagen herrschen, so kompensiert dies einen Teil des höheren energetischen Aufwands zur Erzeugung der eFuels. Deren Produktion in unseren Breiten ist weniger effizient und wird auf kleinere Mengen beschränkt bleiben.

Bild: EIW, angelehnt an eFuel Alliance e.V. • Daten Erzeugung DE: Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. Daten Erzeugung AT: eControl • Daten Erzeugung Chile & Wertschöpfungskette: eFuel Alliance Deutschland

41. Baumann et al., a. a. O.

42. fdiintelligence.com (2021): Chile can produce world's cheapest green hydrogen
JRC (2018): Wind potentials for EU and neighbouring countries: Input datasets for the JRC-EU-TIMES Model
windeurope.org (2020): Wind energy in Europe in 2019. Trends and statistics. Werte für Onshore-Anlagen in Europa

Die notwendigen Energieimporte können zu deutlich günstigeren Preisen erzeugt werden, zudem schneiden sie auch bei der Gesamt-Energiebilanz durchaus positiv ab. Auch bei Sonnenstrom ist die Ausbeute bei vergleichbaren Investitionskosten und technischem Aufwand außerhalb unserer Breiten weit höher. In Österreich ist bei Photovoltaik ein jährlicher Ertrag von 1.000 kWh pro installiertem kWp möglich, in Kenia ist es mehr als das Doppelte. In Spanien sind an die 1.500 kWh/kWp zu erzielen.[43]

Der entschieden größere Ertrag von Erzeugungsanlagen in klimatisch begünstigten Regionen relativiert die Verluste für die Umwandlung von Strom in Wasserstoff und schließlich in eFuels, die derzeit bei rund 55 Prozent liegen. Durch zukünftige Effizienzverbesserungen wird mit einer Verringerung der Verluste auf unter 50 Prozent gerechnet.[44] Außerdem kann in kaum besiedelten Regionen das hohe Potenzial für die Gewinnung von Strom aus Erneuerbaren Quellen genutzt werden, ohne in Konflikt mit anderen Möglichkeiten der Landnutzung zu kommen.

In Patagonien

Mitte Juli 2021 erfolgte in Chile der Spatenstich zum Projekt *Haru Oni* – „starker Wind" in der Sprache der dortigen indigenen Bevölkerung. Entscheidend für den Standort dieses gemeinsamen Projekts von Siemens Energy, dem Deutschen Energieministerium und dem Sportwagenbauer Porsche: Ein Windrad an der südlichen Spitze des südamerikanischen Kontinents kann mehr als dreimal so viel Strom produzieren wie in Europa. Wenn die elektrische Energie in flüssige Treibstoffe umgewandelt wird, um nach Europa transportiert werden zu können, bleibt dank dieser hohen Energieausbeute dennoch ein hoher Gesamtwirkungsgrad – und das zu wettbewerbsfähigen Preisen, wie sie mit Windparks in unseren Breiten nicht zu erreichen wären.

Noch 2022, in der Pilotphase des Projektes, werden aus Wasserstoff und CO_2 aus der Umgebungsluft rund 750.000 Liter Methanol erzeugt. Bis 2024 wird die Produktionskapazität der Anlage auf bis zu 55 Millionen Liter eFuels ausgebaut, 2026 sollen es 550 Millionen Liter sein – damit wäre theoretisch eine Million Fahrzeuge ein Jahr lang mit Kraftstoff zu versorgen.

Haru Oni in Chile, erste Ausbaustufe. Bild: Porsche Newsroom

Die österreichischen Projektentwickler *Austria Energy* und *Ökowind* wollen ab 2027 auch in Patagonien einen Windpark mit einer geplanten Leistung von bis zu 2.000 MW samt Hafen und Elektrolyseanlagen in Betrieb setzen. Aus dem H_2 sollen jährlich bis zu 850.000 Mio. Tonnen leichter transportier- und lagerbares Ammoniak erzeugt werden.*

*) efuel-today.com (2021): Starker Rückenwind für E-Fuels
Martens, Peter – Energate Messenger (29.04.2022): Arbeiten an österreichischem Großprojekt im Süden von Chile

Versorgungssicherheit

Die gegenwärtige Versorgung mit fossilen Brennstoffen ist abhängig von wenigen Regionen, das Risiko bei eFuels dagegen gestreut, weil die globalen Märkte weit vielfältiger sind. Vor allem für Länder Amerikas, Afrikas und Asiens eröffnen sich dabei neue wirtschaftliche Potenziale.[45] Produktionsanlagen für eine kombinierte Stromversorgung aus Solar- und Windenergie samt Umwandlung in PtX-Derivate bieten im Gegensatz zu fossilen Quellen praktisch nicht versiegende Ressourcen: Am Ende ihres Lebenszyklus können die Anlagen am gleichen Standort einfach durch neue ersetzt werden.

Prämisse für die Nachhaltigkeit dieser Projekte wird sein, dass sie auch in den Exportländern selbst die Energiewende beschleunigen. Vor allem sollten Elektrolyse-Anlagen nicht zu Nutzungskonflikten bei Trinkwasser-Ressourcen führen. Meerwasser ist vielerorts in ausreichenden Mengen vorhanden, doch muss es entsalzt sowie gereinigt und gefiltert werden, da Elektrolyseure nur mit hochreinem H_2O funktionieren. Seit Sommer 2021 bietet ein Pilotprojekt in den Niederlanden eine vielversprechende Lösung an: Zur Aufbereitung des Meerwassers wird die Abwärme des Elektrolyse-Prozesses genutzt.[46]

43. echsolar.de: Globalstrahlung – Werte, Tabelle & Erklärung
44. Urbanz, Theresa, a. a. O. (2021), S. 11
45. Ram, Manish, a. a. O. (2020), S. 6
46. pv-magazine.de (2022): Schaeffler skaliert Elektrolyse-Technologie für grünen Wasserstoff aus Meerwasser

4. Die Preisfrage

Bisher ist davon ausgegangen worden, dass eFuels auch auf lange Sicht mehr kosten werden als die erdölbasierten Referenzprodukte. Doch geopolitische Unwägbarkeiten in wichtigen Förderregionen können zu starken Preisschwankungen führen – der Krieg Russlands gegen die Ukraine ist ein trauriges aktuelles Beispiel – und auch der steigende Aufwand bei der Erschließung neuer Förderquellen gilt als Kostentreiber. Zudem ist absehbar, dass Steuern und CO_2-Bepreisung als Strategien gegen THG-Emissionen die Marktpreise für Produkte mit größerem CO_2-Fußabdruck erhöhen werden. Somit schwindet in Perspektive der Preisvorteil fossiler Brennstoffe gegenüber eFuels.

4.1 Fallende Produktionskosten

Die prognostizierten Herstellungskosten für eFuels sind innerhalb weniger Jahre deutlich nach unten revidiert worden. Diese Dynamik ist nicht zuletzt den weltweiten Forschungsprojekten und Pilotanlagen entlang der gesamten Produktionskette für klimaneutrale synthetische Kraftstoffe geschuldet. Mehrere Studien aus dem Jahr 2019 gehen für das Jahr 2030 von PtL-Importkosten zwischen 11 und 19 ct/kWh aus – umgerechnet auf Euro je Liter sind das 1 bis 1,8 Euro. Damit liegen die Kosten um durchschnittlich 50 Prozent unter jenen, von denen nur drei Jahre zuvor beispielsweise eine Studie des deutschen Umweltbundesamts ausgegangen ist.[47] In derselben Publikation von 2016 sind die Gestehungskosten für grünen Wasserstoff mit 28,8 ct/kWh für 2020 und mit 21,4 ct/kWh für 2030 angegeben worden. Bei der jüngsten Studie des Potsdam-Instituts (2021) werden die Kosten für die Kilowattstunde grünen Wasserstoff 2020 mit 8 ct angegeben, für 2030 wird ein minimaler Kostenanstieg prognostiziert.[48]

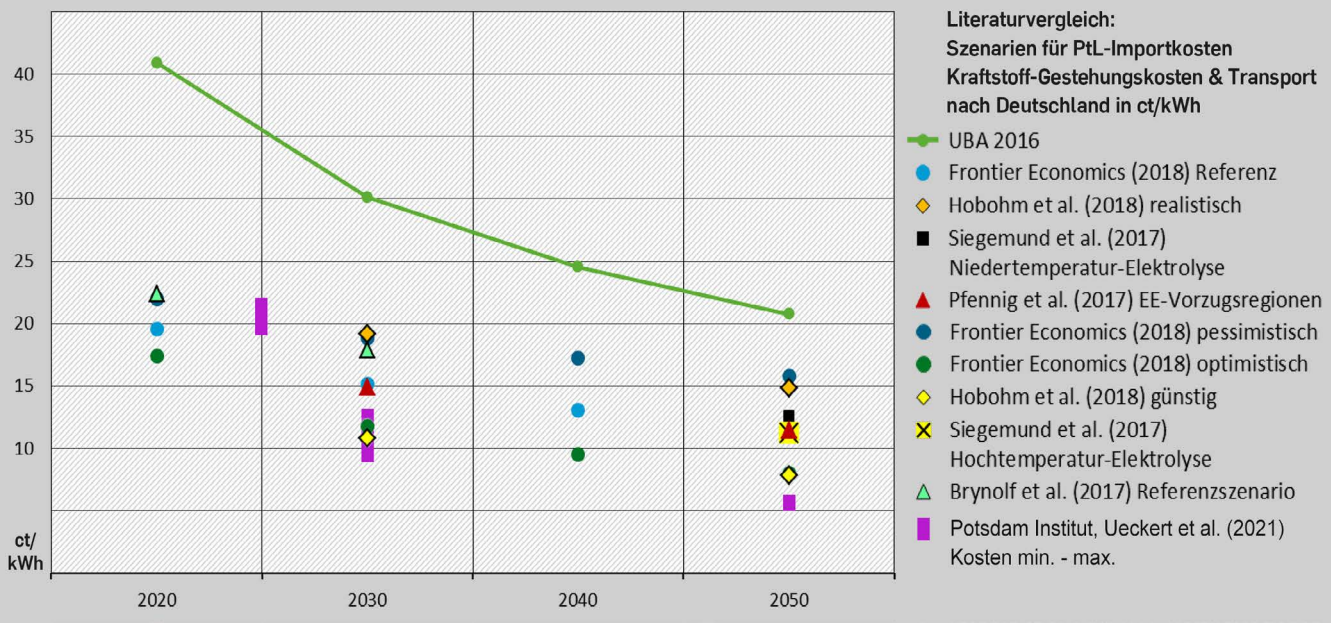
Wesentlicher Faktor sind dabei die Stromgestehungskosten, die aufgrund einer höheren Ausbeute an Sonnen- und Windenergie an Standorten außerhalb Europas beträchtlich gesenkt werden können: In Deutschland lagen die Gestehungskosten von Onshore-Windanlagen im Jahr 2021 zwischen 3,9 und 8,3 ct/kWh. Offshore-Anlagen weisen zwar höhere Vollaststunden auf, sie kommen jedoch aufgrund höherer Investitionen auf 7,2 bis 12,1 ct/kWh. Beim Onshore-Windpark im chilenischen > Haru Oni werden Stromgestehungskosten von deutlich unter 2 Cent pro Kilowattstunde erwartet.[49]

Branchenkenner rechnen mit zukünftigen Produktionskosten um die 1,5 bis 2 € pro Liter, wenn eFuels in Europa hergestellt werden, bei Import aus klimatisch begünstigten Regionen wäre mit rund 1 bis 1,5 € pro Liter zu rechnen.[50] Im Falle einer massiven Hochskalierung bis 2050 bei geeigneten Rahmenbedingungen (etwa spezifischen Förderungen oder einem Anstieg der CO_2-Preise) hält eine neuere Studie sogar Preise von unter 1 Euro pro Liter für importiertes E-Benzin für möglich.[51]

Bedingungen für günstige eFuels

Bis 2050 könnten eFuels die dann noch verbleibenden fossilen Kraftstoffe ersetzen und dabei mehr als ein Viertel des Endenergiebedarfs decken und so der meistgenutzte Endenergieträger nach Ökostrom sein. Dafür sind schon gegenwärtig gezielte Investitionen entlang der gesamten Produktionskette notwendig – von der Stromerzeugung bis zur Synthese.[52]

47. Kasten, Peter et al. – Ökoinstitut Berlin, Karlsruher Institut für Technologie, INFRAS AG (2016): Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Endbericht, S. 67
48. Kasten, Peter et al. (2016), S. 111
49. Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme ISE (2021): Stromgestehungskosten erneuerbare Energien, S. 3
Global Energy Solutions (2.3.2021): Haru Oni – ein Blueprint für die internationale Produktion von eFuels?
50. Rechberger, Jürgen - AVL List: Hochtemperaturelektrolyse – Gamechanger in der Erzeugung von E Fuels. Vortrag
51. Ueckerdt, F., et al. (2021): Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation (Preprint) Potsdam-Institut für Klimaforschung, S. 10-11
52. Ram, Manish (2020), Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (2021): Wasserstoff statt Elektrifizierung? Chancen und Risiken für Klimaziele



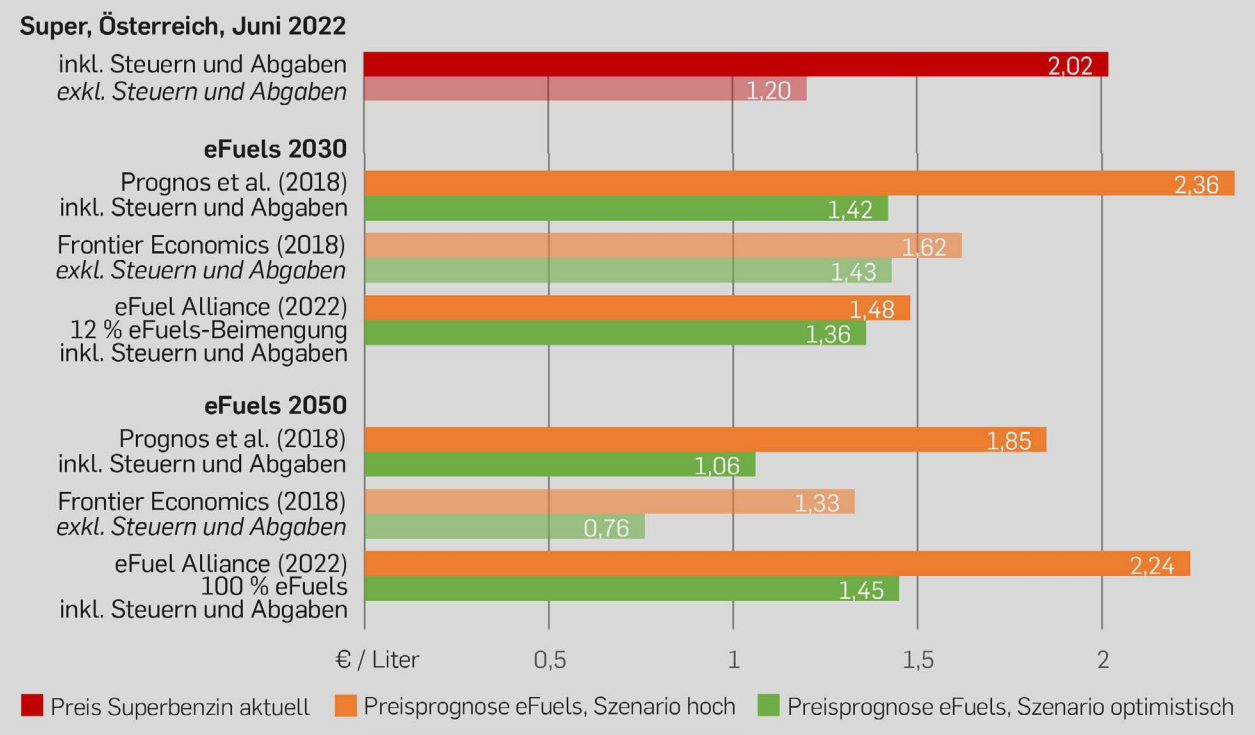
Jüngere Szenarien zeigen einen Trend zu niedrigeren Kosten für eFuels-Importe. Für 2050 kommen gleich drei Studien auf PtL-Importkosten von etwa 11 ct/kWh und liegen damit um 45 Prozent unter den Kostenprognosen des deutschen Bundesumweltamtes (UBA) von 2016, die jüngste Studie (Potsdam Institut, 2021) geht sogar von 5 bis 6 ct/kWh aus.[53]
Bild: Deutsches Umweltbundesamt, Bearbeitung: EIW

Voraussetzung für niedrige Preise ist der möglichst schnelle Ausbau von Produktionskapazitäten auf einen industriellen Maßstab.[54] Um die hohen Investitionen in Infrastruktur und Produktion anzustoßen, sind politische Anreize hilfreich.

Noch 2018 haben Fachleute mit einem eher geringen Markthochlauf vor 2040 gerechnet und prognostiziert, dass erst danach eFuels gegenüber fossilen Referenzprodukten kostenneutral sein würden.[55] Inzwischen ist zu erwarten, dass der Zeitpunkt der Kostenneutralität schon früher eintreten wird, da bereits in den nächsten Jahren größere Anlagen in Betrieb gehen werden. Die in diesem Heft vorgestellten Beispiele zeigen, dass folgende Bedingungen für den Ausbau der benötigten Kapazitäten bei sinkenden Produktionskosten wichtig sind:

> Der richtige Standort für effiziente, günstige Produktion
> Die Größe der Anlage: Damit sinken die Produktionskosten
> Die Lernkurve: Profitieren von Erfahrungen der wachsenden Zahl von (Pilot-)Projekten

53. Kasten, Peter et al. – Ökoinstitut Berlin, Karlsruher Institut für Technologie, INFRAS AG (2016): Erarbeitung einer fachlichen Strategie zur Energieversorgung des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Endbericht
Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe. Hg.: Agora Verkehrswende und Agora Energiewende
Siegemund, Stefan et al. – dena, LBST (2017): E-Fuels Study: The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU
Pfennig, Maximilian et al. – IWES (2017): Mittel- und Langfristige Potenziale von PtL und H_2-Importen aus internationalen EE-Vorzugsregionen
Hobohm, Jens et al. - Prognos AG, UMSICHT, DBFZ (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende
Brynolf, Selma et al. – Chalmers University of Technology, IVL (2017): Electrofuels for the transport sector: A review of production costs
Ueckerdt, F., et al. – Potsdam-Institut für Klimaforschung (2021): Potential and risks of hydrogen-based e-fuels in climate change mitigation (Preprint)
54. Urbanz, Theresa (2021), S. 30
55. Arnold, Karin et al. (2018): Power-to-liquids/-chemicals. In: Wuppertal Institut, IZES (Hg.): Technologien für die Energiewende. S. 50-52

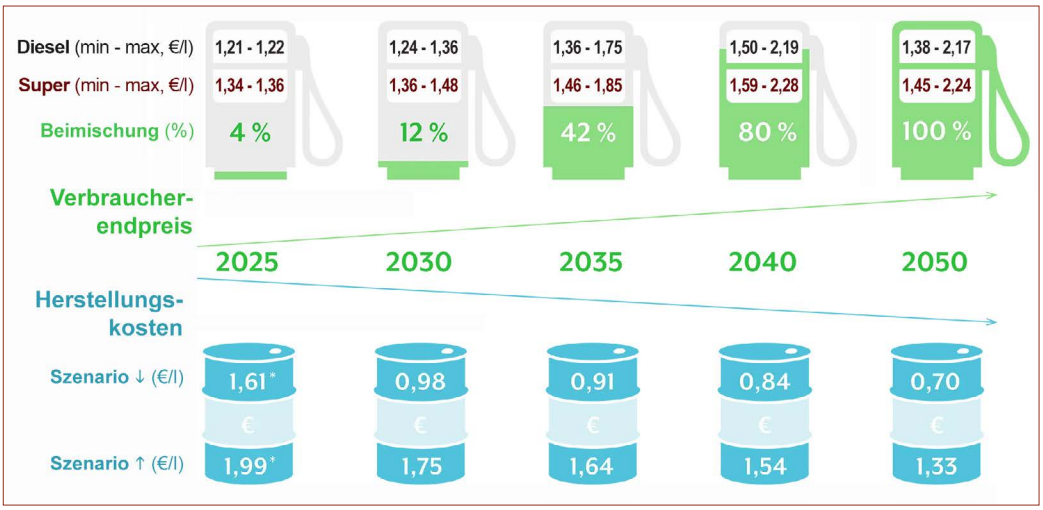


Abschätzung der Endverbraucher*innenpreise für eFuels 2030 und 2050 (Steuerszenarien für Deutschland) im Vergleich zu aktuellen Preisen in Österreich. Grafik: EIW. Daten: ÖAMTC, Energieagentur Steiermark, eFuel Alliance e.V.

Kostendegression durch Beimischung

Ein entscheidender Faktor der Kostendegression ist die Möglichkeit der Beimischung: Durch eine schrittweise Anhebung des Anteils an eFuels in konventionellen Kraftstoffen bleibt die Kostenbelastung für Endverbraucher*innen auch in der Einführungsphase mit höheren Produktionskosten überschaubar, gleichzeitig ermöglicht eine gesicherte Abnahme der produzierten Mengen ein kalkulierbares Hochfahren der Kapazitäten.[56]

Durch das Hochfahren der Produktion im industriellen Maßstab ist von einem Rückgang des Verbraucherendpreises auszugehen. Szenarien aus unterschiedlichen Studien zufolge könnte 2050 ein Liter klimaneutrales Superbenzin an der Tankstelle zwischen 1,45 und 2,24 Euro kosten[57], eine Prognos-Studie erwartet Kosten von lediglich 1,06 Euro pro Liter.[58]



Dank Drop-In-Möglichkeit kann die Markteinführung von eFuels trotz geringer Produktionsmengen und anfangs hoher Erzeugungskosten erfolgen.
Blaue Fässer: Erzeugungspreise (€/l) bei internationaler Bereitstellung.
Niedrigpreis-Szenario bei idealen Standortbedingungen für Stromerzeugung und optimiertem Elektrolyse-Wirkungsgrad.
Grafik: EIW. Basis: eFuel Alliance e.V., UNITI

56. UNITI (2022): 12 Fakten rund um E-Fuels, S. 18 f.
57. Ebda., S. 19
58. Hobohm, Jens et al. – Prognos AG (2018): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende

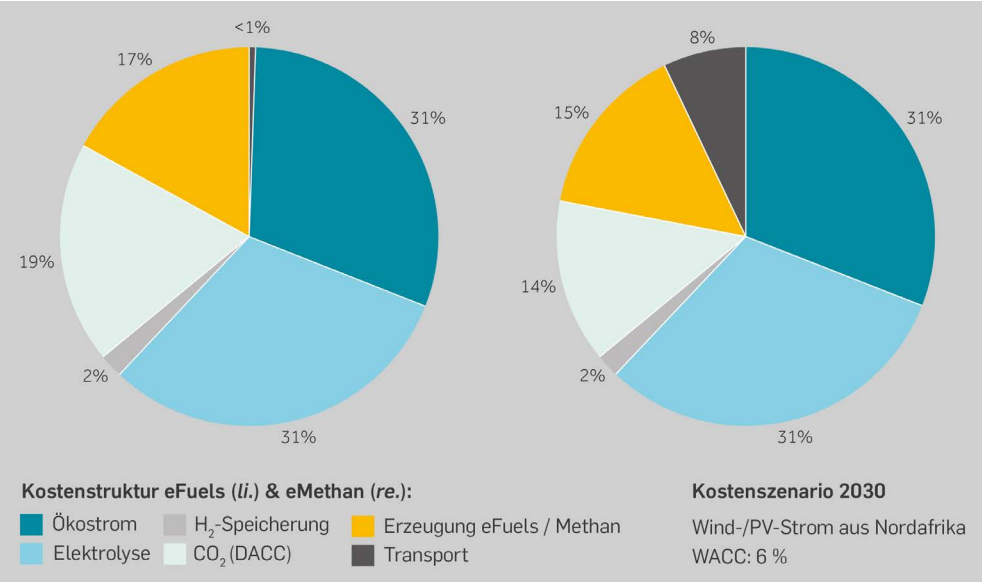
4.2 Investitions- und Herstellungskosten

Als Voraussetzung für ein globales Hochfahren der eFuels-Produktion wird der Anstieg der weltweit installierten Leistung der Elektrolyse-Anlagen auf mindestens 100 GW gesehen, die Kosten dafür werden recht vage auf 10 bis 100 Milliarden Euro beziffert:[59] Ein zeitnaher Ausbau der Elektrolyse-Kapazitäten bewirkt, dass eFuels schneller wettbewerbsfähig sind, dies erfordert jedoch höhere Investitionskosten. In der EU sollten laut Wasserstoffstrategie bis 2030 40 GW installiert sein.[60]

Für Österreich sieht eine Bedarfsanalyse der Austrian Power Grid eine Elektrolyse-Kapazität von zwei GW vor, um die zusätzliche Flexibilität bereitzustellen, die aufgrund des Ausbaus der erneuerbaren Stromerzeugungskapazitäten notwendig wird. Die Kosten pro MW installierter Leistung belaufen sich gegenwärtig zwischen 800 und 1.200 Euro, bis 2030 soll der Preis auf unter 600 Euro sinken. Laut einer Prognos-Studie im Auftrag des Weltenergierats sollen zukünftig für die Erzeugung von einer TWh eFuels etwa 0,3 GW an installierter Elektrolyseur-Kapazität mit 4.000 Volllaststunden pro Jahr notwendig sein.[61]

Noch existieren DACC-Anlagen zur Abscheidung von Kohlendioxid lediglich im Demonstrations-Maßstab, das Hochfahren der Kapazitäten wird die Kosten für die Bereitstellung von CO_2 senken, einhergehend mit effizienteren Technologien allem voran bei der Wärmebereitstellung. Die Kosten für eine Tonne CO_2 aus der Luft werden derzeit mit einer Bandbreite von 130 und 710 Euro veranschlagt.[62] Für 2050 werden zwischen 54 und 71 Euro pro Tonne CO_2 für Hochtemperatur- und 38 bis 54 Euro pro Tonne für Niedertemperaturanlagen prognostiziert.[63]

Die Investitionskosten bei Anlagen für Methanolsynthese und für das Fischer-Tropsch-Verfahren liegen mit derzeit 800 bis 600 Euro je kW installierter Leistung etwa gleichauf. Es wird erwartet, dass deren Kosten auf etwa 600 bis 400 Euro 2030, schließlich auf 200 bis 400 Euro 2050 sinken. Der Wirkungsgrad der Anlagen wird von derzeit 56 auf 66 Prozent steigen. Niedrigere Investitions- und Produktionskosten ergeben sich bei Kopplung mit einem Hochtemperatur-Elektrolyseur.[64]



Vergleich der anteilsmäßigen Herstellungskosten von eFuels und synthetischem Methan:
In beiden Fällen sind Ökostrom sowie die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff mit rund 62 Prozent der größte Kostenfaktor.
Die Nutzung von CO_2 aus Abgasströmen würde in beiden Fällen (und in etwas höherem Maße bei eFuels) die Kosten mindern.
Grafik: Frontier Economics. Bearbeitung: EIW

59. Agora Verkehrswende, Agora Energiewende und Frontier Economics (2018): Die zukünftigen Kosten strombasierter synthetischer Brennstoffe, S. 12
60. Europäische Kommission (2020): Wasserstoffstrategie für ein klimaneutrales Europa
61. Vgl. FCH2JU / Trinomics (2020): Opportunities for Hydrogen Energy Technologies considering the National Energy & Climate Plans – National Fiche Austria • EIW*Insights* 1/2021: Wasserstoff, S. 25 • Frontier Economics (2018): International Aspects of a Power-To-X Roadmap. A report prepared for the World Energy Council Germany, S. 31 f.
62. Heß, Dominik et al. – Institut für Mikroverfahrenstechnik (2020) : Nutzung von CO_2 aus Luft als Rohstoff für synthetische Kraftstoffe und Chemikalien. Studie, S. IV
63. Viebahn, Peter et al. (2019): Entwicklungsstand und Forschungsbedarf von Direct Air Capture. In: Energiewirtschaftliche Tagesfragen, Heft 12, S. 31
64. Agora Verkehrswende / Frontier Economics: Literaturauswertung zu Investitionskosten der Fischer-Tropsch-Synthese
Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): Power to X: Technologien

5. Wie umweltverträglich sind eFuels?

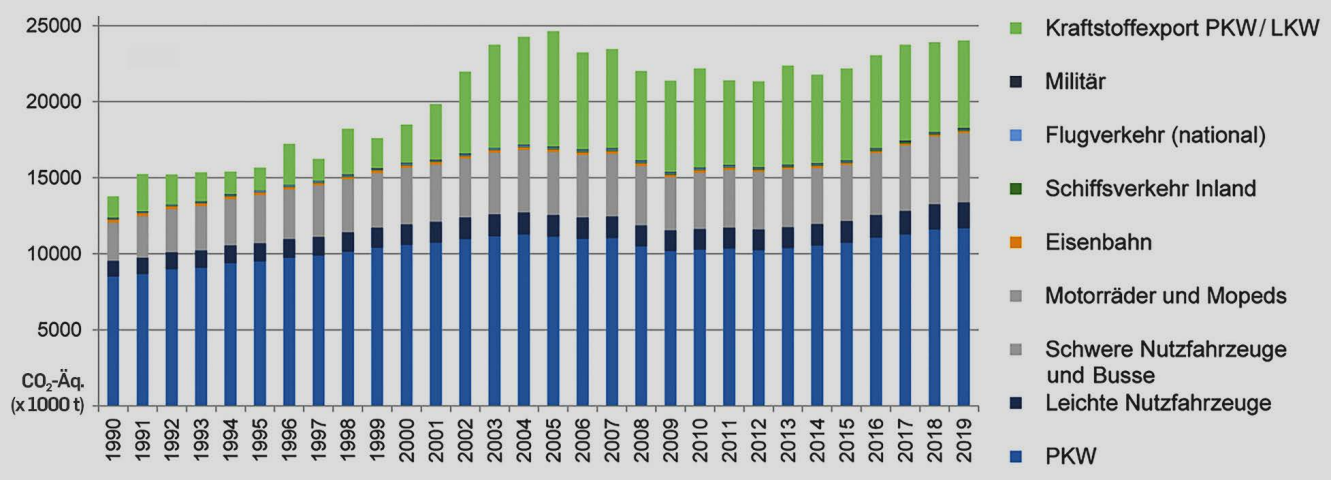
Große Investitionen für das Hochfahren einer eFuels-Produktion wie auch der Energieaufwand für deren Herstellung sind nur in Kauf zu nehmen, wenn sie wirksam im Sinne des Klimaschutzes sind. Hier sind folgende Eigenschaften und Wirkungen von eFuels anzuführen:

- Große Energiemengen können über weite Strecken transportiert und saisonal gespeichert werden
- Möglichkeit, saubere Energie aus hocheffizienten Erzeugungsanlagen zu importieren
- Defossilisierung von Anwendungen, die nach heutigem Stand der Technik nicht elektrifizierbar sind
- Drop-in-Qualität bietet pragmatische Lösung für eine wirksame THG-Reduktion bei Anlagen und Fahrzeugen, die noch nicht am Ende ihres Lebenszyklus angelangt sind
- Beschleunigung der Markteinführung von DACC-Anlagen zur CO_2-Abscheidung aus der Atmosphäre
- Impuls zur Verbesserung des Ausbaus erneuerbarer Stromquellen vor Ort

5.1 Treibhausgas-Emissionen am Beispiel Verkehr

2020 war der Verkehrssektor für 28,2 Prozent aller heimischen THG-Emissionen verantwortlich, und nur 10,3 Prozent der im Verkehr verbrauchten Energie stammten aus erneuerbaren Quellen. Seit 1990 war hier eine Zunahme der Treibhausgase um über 74 Prozent zu verzeichnen, während die Emissionen in allen anderen relevanten Sektoren zurückgegangen sind.

2019 lagen die Emissionen im Verkehrssektor bei rund 24 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalent, davon sind etwa 24 Prozent dem Kraftstoffexport durch das Preisgefälle zuzurechnen.



Entwicklung der THG-Emissionen im Verkehrssektor. Pkw, Nutzfahrzeuge und Kraftstoff-Exporte sind die größten Emittenten. Grafik: Umweltbundesamt

Pkw haben den größten THG-Anteil im heimischen Verkehr, rund 60 Prozent der Wege werden derzeit per Auto absolviert. Nach dem Mobilitätsmasterplan 2030 soll dieser Wert bis Ende des Jahrzehnts auf 42 Prozent sinken, allem voran durch Erhöhung des Anteils an öffentlichem Verkehr, mehr Radverkehr und einen großflächigen Ausbau von Sharing-Konzepten.[65]

Klimaneutrale flüssige Kraftstoffe können jedoch als notwendiger und integraler Part einer auf regenerativer Energie basierenden Verkehrswende fungieren und so zu einer schnelleren Reduktion von Treibhausgasen entlang des gesamten Lebenszyklus von Fahrzeugen führen. Derzeit fokussiert sich die Bemessung von CO_2-Emissionen auf den THG-Ausstoß im Fahrbetrieb (Tank-to-Wheel), der E-Fahrzeugen a priori null Emissionen zuschreibt. Spätestens 2023 sollen in der EU Vorgaben bezüglich Emissionen des gesamten Lebenszyklus eingeführt werden.[66]

65. BMK (2021): Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich. Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor, S. 27
66. Skarics, Rudolf (2021): Elektromobilität & CO_2: Interview mit Powertrain-Experte Günter Fraidl. In: autorevue, Juli & August 2021, S. 56-60, hier: S. 58

Lebenszyklusanalyse

Mit der Lebenszyklusanalyse werden die Umweltauswirkungen eines Produktes entlang des gesamten Lebenswegs berücksichtigt – von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und Verwendung bis zu dessen Beseitigung. Bei einem Benzin-Pkw entfallen etwa drei Viertel der THG-Emissionen auf den Fahrbetrieb an sich, für weitere 15 bis 20 Prozent ist die Herstellung des Kraftstoffs verantwortlich, der Rest entsteht durch die Produktion und Entsorgung des Fahrzeugs.[67]

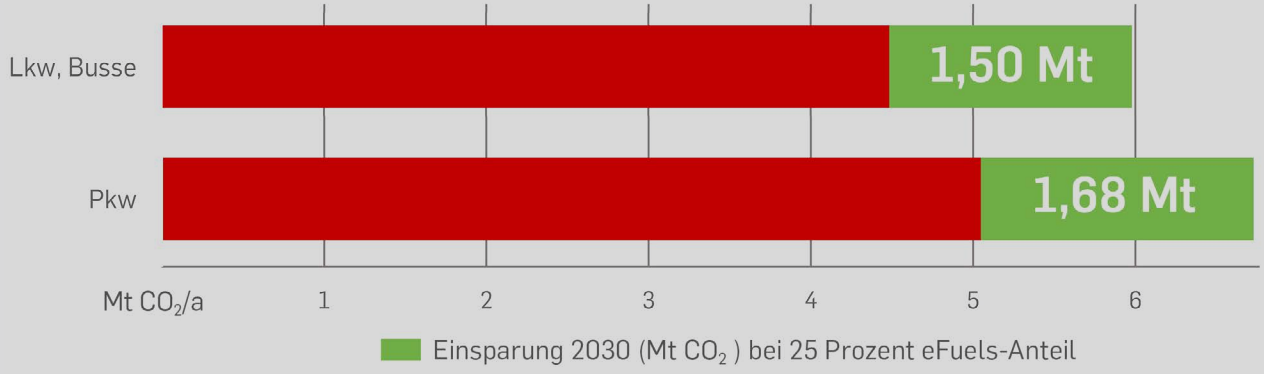
Wenn ein E-Fahrzeug Strom aus erneuerbaren Quellen für den Fahrbetrieb nutzt, schlagen dabei lediglich die Emissionen für die Errichtung und Entsorgung der Kraftwerke zu Buche. Dafür weist die Fahrzeugherstellung eine höhere CO_2-Bilanz auf, abhängig vor allem von der Batteriegröße. Bei einem Fahrzeug der Kompaktklasse II ergeben sich je nach Antrieb resp. Treibstoff folgende kumulierte Treibhausgas-Emissionen je gefahrenen Kilometer:

- Verbrennungsmotor, fossil: 257 g CO_2eq / Fkm
- Elektroauto, ausschließlich erneuerbarer Strom: 80 g CO_2eq / Fkm
- Verbrennungsmotor, eFuels ausschließlich aus erneuerbaren Quellen: 75 g g CO_2eq / Fkm[68]

Eine Lebenszyklusanalyse der Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) und der Unternehmensberatung Frontier Economics hat ergeben, dass sich die kumulierten CO_2-Emissionen von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Kombinationen von Energieträgern und Antrieben unterm Strich lediglich um 14 Prozent unterscheiden: Die Antriebsform hat demnach einen relativ geringen Anteil am ökologischen Fußabdruck – entscheidender wird es sein, entlang der gesamten Wertschöpfungskette aus der Nutzung fossiler Energieträger auszusteigen.[69]

CO_2-Einsparungen durch eFuels in Österreich

2030 würde der THG-Ausstoß 12,7 Megatonnen ausmachen, wenn man von folgenden Annahmen ausgeht: Die Zahl aller zugelassenen Pkw steigt von knapp 5,1 auf 5,2 Millionen, davon sind 32 Prozent Batteriefahrzeuge und 20 Prozent (Plug-in)-Hybride. Die Zahl leichter Nutzfahrzeuge steigt um 4 Prozent, davon sind 30 Prozent elektrisch betrieben. Die Anzahl der anderen Nutzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor wird als gleichbleibend angenommen. Eine hypothetische Beimischung von 25 Prozent eFuels würde dann eine CO_2-Einsparung von rund 3,2 Megatonnen ergeben.*



*) Datenbasis für THG-Emissionen Fahrzeuge: umweltbundesamt.at: Treibhausgase

Grafik: EIW

67. ÖAMTC, ARBÖ (2018): Expertenbericht Mobilität & Klimaschutz 2030, S. 84
68. Umweltbundesamt (2021): Die Ökobilanz von Personenkraftwagen, S. 36
69. Hauri, Stephan (2022): Synthetischer Sprit soll Verbrenner am Leben halten. In: Neue Zürcher Zeitung, 19.1.22, S. 21

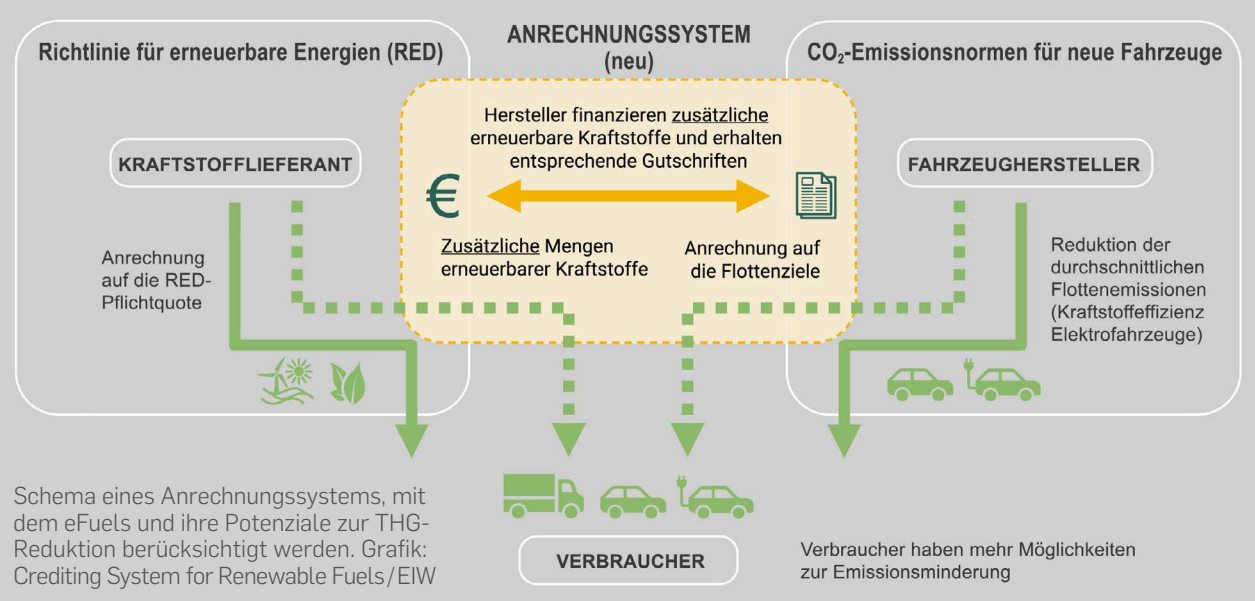
5.2 Anrechnungssystem für eFuels

Die aktuellen Emissionsnormen für neue Fahrzeuge fokussieren sich auf den CO_2-Ausstoß im Fahrbetrieb (Tank-to-Wheel) und berücksichtigen nicht den gesamten Lebenszyklus. Wenn Fahrzeughersteller die in den Normen definierten Flottenziele nicht erfüllen, werden alle weiteren Emissionen von der EU mit Bußgeldern belegt. Der Verkauf neuer batteriebetriebener Fahrzeuge ist der einzige Weg, um diese Flottenziele zu erreichen – unabhängig von deren Verbrauch, der Stromherkunft und dem ökologischen Fußabdruck bei der Herstellung. In diesem Zusammenhang ist auch die Empfehlung etwa des VCÖ zu sehen, bei den Förderungen für Elektroautos den Energieverbrauch mit zu berücksichtigen.[70]

Um eFuels als eins der Werkzeuge zur CO_2-Reduktion anzuerkennen, bietet sich an, eFuels in die Bewertungskriterien aufzunehmen. Wenn Fahrzeughersteller von Erzeugern erneuerbarer Kraftstoffe Gutschriften (Credits) kaufen können, aktiviert dies Potenziale zur Reduktion von Treibhausgasen: So könnte das für Bußgeldzahlungen gebundene Kapital zur Bereitstellung einer entsprechenden Menge an erneuerbaren Kraftstoffen verwendet werden.[71] Diese Nachfrage nach eFuels durch Hersteller wird auf bis zu 25 Milliarden Liter bis 2030 für Pkw geschätzt. Die Einführung von CO_2-Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge würde sie noch einmal erhöhen.[72]

Grundsätzlich kann hier das gleiche Zertifizierungs- und Prüfverfahren eingesetzt werden, das für die Ziele zu erneuerbaren Energien im Rahmen der Richtlinie für erneuerbare Energien 2018/2001/EU (RED II) zum Einsatz kommt. Dazu hat EU-Kommission im Juli 2021 Anpassungen der Richtlinie vorgeschlagen: Für die in Verkehr gebrachten flüssigen Kraftstoffe ist ein Anteil von 2,6 Prozent an erneuerbaren Kraftstoffen nicht-biologischen Ursprungs (RFNBOs) wie beispielsweise eFuels vorgesehen, für den Luft- und Seeverkehr 1,2 Prozent.[73] Darüber hinaus gehende Mengen könnten für das Flottenemissionsziel angerechnet werden.

Die zur Zertifizierung erforderlichen Nachhaltigkeitskriterien umfassen die Einhaltung der Grundsätze der Kreislaufwirtschaft, eine detaillierte Lebenszyklusanalyse aller Emissionen und die Vermeidung negativer Auswirkungen auf die Umwelt. In Österreich würde sich zum Nachweis der Nachhaltigkeit mittels Zertifikaten das elektronische Monitoring-System des Umweltbundesamts (Elektronischer Nachhaltigkeitsnachweis elNa) eignen, das bisher für Biokraftstoffe verwendet wird.[74]



Schema eines Anrechnungssystems, mit dem eFuels und ihre Potenziale zur THG-Reduktion berücksichtigt werden. Grafik: Crediting System for Renewable Fuels/EIW

70. ORF (8.1.2022): VCÖ: Große Elektroautos brauchen zu viel Energie
71. Bothe, David et al. – Frontier Economics (2020): Anrechnungssystem für erneuerbare Kraftstoffe in EU-Flottenregulierung. Gutachten (Zusammenfassung)
72. crediting-system-for-renewable-fuels.eu
73. Ebda.
74. BMK: Biokraftstoffbericht 2021. Biokraftstoffe im Verkehrssektor

5.3 Weitere Schadstoffemissionen

Ob Kraftstoff nun fossiler Herkunft oder klimaneutral hergestellt ist: Bei der Verbrennung entstehen lokale Emissionen, mit besonders hoher Konzentration in urbanen Ballungsgebieten oder an Orten mit hohem Verkehrsaufkommen. Fahrzeuge, die der Abgasnorm EU6 oder schon den künftigen EU7-Vorgaben entsprechen, zeugen davon, dass die Minimierung des Schadstoff-Ausstoßes technisch machbar ist.

Synthetische Kraftstoffe können nicht nur treibhausgasneutral hergestellt werden, sondern zeichnen sich häufig durch verbesserte Eigenschaften in Bezug auf lokale Emissionen aus, da sie weniger Verunreinigungen als Erdöl-Derivate aufweisen – in ihnen kommen allgemein keine Stickstoff- und Schwefelverbindungen und auch keine aromatischen Kohlenwasserstoffe vor, dadurch tragen sie zu einem geringeren Schadstoffausstoß bei.[75]

Durch den Stickstoff aus der Umgebungsluft entstehen beim Verbrennungsvorgang auch Stickoxide, und dabei weisen Dieselmotoren per se höhere Emissionen auf als Benziner. Synthetisch hergestellter Diesel hat in Testzyklen am Motor signifikant niedrigere NO_x-Emissionen als konventioneller Treibstoff oder Biodiesel ergeben, bei den Messungen am Auspuff waren die Werte dagegen nur marginal besser, weil moderne Nachbehandlungssysteme bis zu 90 Prozent der Stickoxide herausfiltern. Dadurch gibt es bei synthetischem Diesel auch einen deutlich geringeren Verbrauch an Harnstoff (AdBlue), der als Katalysator zur Reduktion von Stickstoff wie auch Kohlendioxid eingesetzt wird.[76]

Die Optimierung der chemischen Zusammensetzung von eFuels ermöglicht deutlich niedrigere Schadstoffemissionen im Vergleich zu konventionellem, am europäischen Markt verfügbarem Benzin. So haben Fahrzeugtests 10 bis 20 Prozent weniger NO_x-Emissionen und eine Verminderung des Ausstoßes unverbrannter Kohlenwasserstoffe (THC) um bis zu 30 Prozent ergeben. Mit eFuels haben selbst ältere Fahrzeuge ohne Benzinpartikelfilter (GPF) das Potenzial, die aktuellen Emissionsvorschriften zu erfüllen – erprobt wurde dies an einem Porsche aus dem Jahr 1996. Die Partikelemissionen (PM) lagen sogar um über 90 Prozent unter jenen fossiler Kraftstoffe und damit um ein Vielfaches unter den gesetzlichen Grenzwerten.[77]

Neben Verbrennungsprozessen ist Reifenabrieb eine Hauptursache für Partikelemissionen und verantwortlich für 28 Prozent des in den Meeren nachgewiesenen Mikroplastiks. Nach einer aktuellen OECD-Studie[78] wird ab 2035 mehr Feinstaub durch Reifen, Bremsen und Aufwirbelungen verursacht als durch Verbrennungsmotoren: Die englischen Messexperten von Emissions Analytics haben bei einem Mittelklasse-Fahrzeug eine durch Reifen verursachte Feinstaubmenge von 76 Milligramm pro Kilometer ermittelt, das in Europa gültige Ruß-Limit aus dem Auspuff liegt bei fünf mg/km. BEV sind meist schwerer als vergleichbare Verbrenner, und verursachen so eine entsprechend hohe Feinstaubmenge.[79]

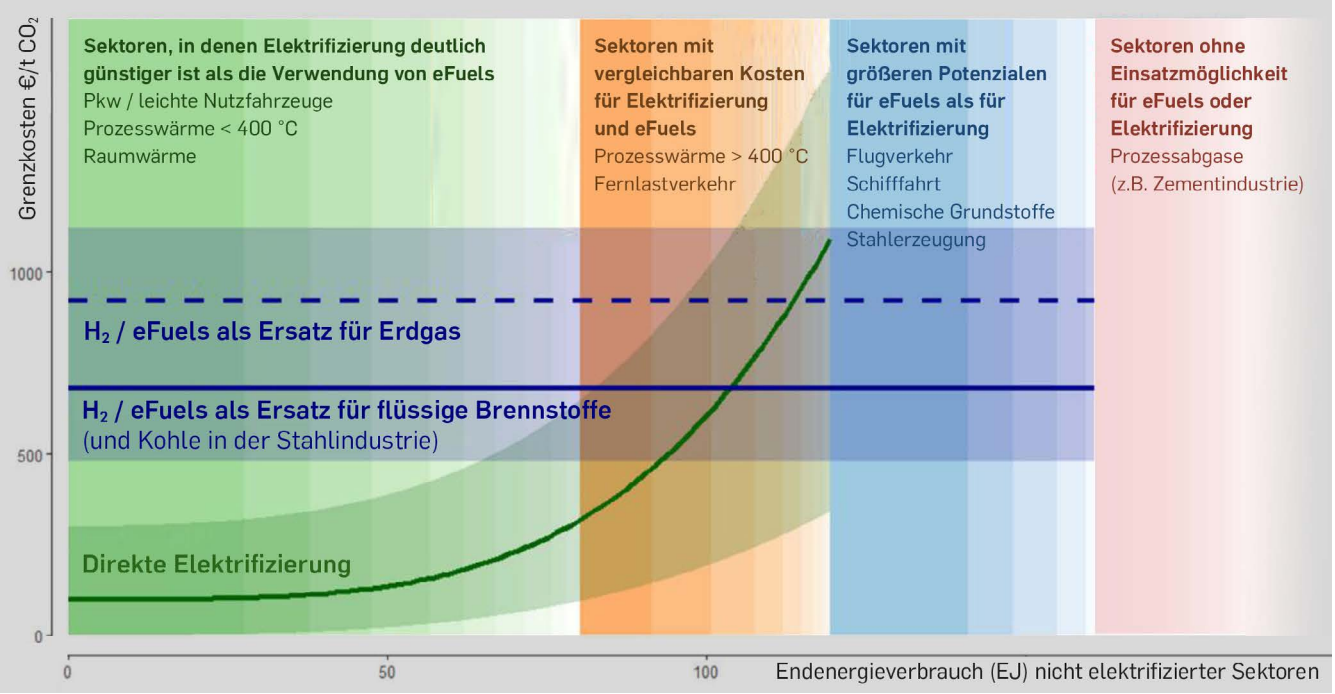
In der Schifffahrt würden eFuels wesentlich zur Reduktion der Schadstoffbelastung beitragen: In Hafenterminals wurden stellenweise über 400.000 Partikel pro Kubikzentimeter (pt/cm³) gemessen – dieser Wert übersteigt die Luftverschmutzung an stark befahrenen Straßen und großen Verkehrsachsen um das Fünfzig- bis Achtzigfache. Als unbedenklich gelten 1.000 pt/cm³.[80]

Das im Seeverkehr verwendete Schweröl hat einen Schwefelgehalt von bis zu 3,5 Prozent – dies entspricht dem 3.500fachen der zulässigen Obergrenze im europäischen Straßenverkehr. Schwefeloxide, Stickoxide und Ruß und belasten die Ökosysteme, indem sie zur Versauerung und Eutrophierung (Übermäßiger Nährstoffeintrag) der Meere beitragen.[81]

75. efuel.today.com (2021): Flüssigkraftstoff 2.0 – den E-Fuels gehört die Zukunft
76. Williams, Rod et al. – Concawe, VTT et al. (2021): Fuel Effects on Regulated and Unregulated Emissions from Two Commercial Euro V and Euro VI Road Transport Vehicles, S. 16
77. Kulzer, André Casal et al. (2020): Sustainable Mobility Using Fuels with Pathways to Low Emissions. In: SAE Int. J. Adv. & Curr. Prac. in Mobility, Vol. 2, S. 1870-1892
78. OECD (2020): Non exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge
79. Becker, Joachim, Haiko Prengel (2021): Feinstaub-Alarm auch bei Elektroautos. In: Süddeutsche Zeitung, 26.5.2021 efahrer.chip.de (2022): Reifenabrieb bei Autos im Vergleich
80. Naturschutzbund Deutschland) e.V.: NABU misst Luftverschmutzung in Häfen und auf Schiffen.
81. Umweltbundesamt (DE): Fakten zur Seeschifffahrt und zu ihren Auswirkungen auf die Umwelt

6. Wo können eFuels verwendet werden?

Aus heutiger Sicht werden eFuels insbesondere im Flug-, Schiffs- und Schwerlastverkehr dazu beitragen, die Herausforderungen der Verkehrswende zu meistern. Viele Segmente des Autoverkehrs und Wärmesektors werden durch andere erneuerbare Technologien effizient abgedeckt werden können, doch auch in der chemischen Industrie und bei der Notstromversorgung sind flüssige Energieträger und Rohstoffe bis auf Weiteres kaum zu ersetzen[82], wie auch die folgende Abbildung illustriert: Die grüne Kurve zeigt die Kosten für die Vermeidung einer Tonne CO_2 durch Elektrifizierung, die blauen horizontalen Linien zeigen die CO_2-Vermeidungskosten bei Einsatz von PtG- oder PtL-Produkten. Im linken Bereich sind die Kosten für die Elektrifizierung günstiger, rechts vom Schnittpunkt liegen PtX-Lösungen besser. Laut Experten des Potsdam Instituts für Klimafolgenforschung[83] könnten die Vermeidungskosten je Tonne CO_2 bis 2050 auf 20 EUR für flüssige und 270 EUR für gasförmige Treibstoffe sinken, wenn Subventionen, eine adäquate CO_2-Bepreisung sowie Investitionen in Wasserstoff und verwandte Technologien den notwendigen Innovationsschub auslösen.



Grenzkosten für Emissionsvermeidung in der OECD 2020. Bild: Potsdam Institut für Klimaforschung. Bearbeitung: EIW

6.1 Verkehr

Der Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich zeugt exemplarisch vom dringenden Handlungsbedarf bei THG-Reduktionen: Die CO_2-Emissionen im Verkehrssektor sollten von etwa 24 Millionen Tonnen CO_2eq 2019 auf praktisch null im Jahr 2040 reduziert werden (mit Abstrichen im Offroad-Bereich wie etwa Bau- und Landwirtschafts-Maschinen). Eine komplette Systemumstellung des Fahrzeugbestands bis dahin wird schon in Anbetracht einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 Jahren bei Straßenfahrzeugen und 30 Jahren bei Schiffen und Flugzeugen nicht machbar sein.

Auch Szenarien, die eine starke Durchdringung des Verkehrssektors mit batterieelektrischen Antrieben prognostizieren, gehen davon aus, dass der Endenergiebedarf aller Verkehrsträger der EU im Jahr 2050 zu mehr als 70 Prozent von eFuels gedeckt wird.[84] Dabei wird die Elektrifizierung des Verkehrs keineswegs ausgebremst – sie bleibt in den meisten Segmenten des Straßenverkehrs die attraktivste Option, weil die Energiekosten für den Fahrbetrieb noch stärker an Bedeutung gewinnen werden.

82. Hobohm, Jens et al. – Prognos (2017): Status und Perspektiven flüssiger Energieträger in der Energiewende. Studie, S. 19
83. Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (2021): Wasserstoff statt Elektrifizierung? Chancen und Risiken für Klimaziele
84. dena.de: E-Fuels – The potential of electricity based fuels for low emission transport in the EU

eFuels und eMethan werden bei den Tankkosten gleichauf liegen, und die Direktnutzung von Wasserstoff wird mit den höchsten Kosten verbunden sein. Sowohl in weiten Teilen der Schifffahrt als auch im Flugverkehr werden elektrische Antriebe in absehbarer Zeit wegen des Gewichts der Batterien keine maßgebliche Rolle spielen.[85]

Pfad zur Verkehrswende

Unabhängig von den Antriebskonzepten sieht der Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich 100 Prozent Emissionsfreiheit für alle Neuzulassungen folgender Fahrzeug-Kategorien zum folgenden Zeitpunkt vor:

- Spätestens ab 2030 für alle PKW und Zweiräder
- Ab 2030 für alle leichten Nutzfahrzeuge und schweren Nutzfahrzeuge unter 18 Tonnen
- Ab 2032 für alle Busse
- Ab 2035 für alle schweren Nutzfahrzeuge über 18 Tonnen
- Ab 2040 sollen auch Binnenschiffe und Flugzeuge emissionsfrei betrieben werden, wobei hier auch Kraftstoffe aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden können[86]

Laut Ergebnissen des Projekts Path2ZeroCarbonTrans, in dem für Österreich ein Pfad zur Klimaneutralität 2040 im Verkehrssektor beschrieben und berechnet wird, machen diese Ziele auch einen zusätzlichen Ausbaubedarf an Stromkapazitäten notwendig. Für den Zeitraum bis 2040 sollten zu den heutigen Kapazitäten noch 30 Terawattstunden hinzukommen – davon 87 Prozent für die direkte Elektrifizierung und knapp 13 Prozent für die Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff, der unter anderem auch für die Herstellung von eFuels benötigt wird. Der Mobilitätsmasterplan geht davon aus, dass diese erneuerbaren Energiemengen bei entsprechenden regulatorischen Anstrengungen und Investitionen bilanziell in Österreich bis 2040 herstellbar sind, doch braucht es dafür höchst ambitionierte Ausbaupläne, insbesondere im Zeitraum von 2030 bis 2040.[87]

Verbrennungsmotoren: Manchmal die bessere Lösung

Ein Elektro-Lastzug mit 40 Tonnen Gesamtgewicht wäre zwar nominell effizienter als einer mit Verbrennungsmotor, doch im Fernverkehr sind Reichweiten um die 1.000 km ohne lange Aufenthalte erforderlich. Dafür müssten Antrieb und Akkus 18 Tonnen auf die Waage bringen, hinzu kommen 10 Tonnen Leergewicht, die mögliche Zuladung würde sich somit auf 12 Tonnen beschränken. Ein Lastzug mit Verbrennungsmotor mit mehr als doppelt so hoher Nutzlast und kurzen Betankungszeiten ist unterm Strich effizienter.*

Verbrennungsmotoren eignen sich auch besser für Nutzfahrzeuge, die vielfach nahe an der Volllastgrenze laufen, und durch Motoroptimierung, Hybridisierung oder den Betrieb mit Wasserstoff können sie einen Wirkungsgrad von über 40 Prozent erreichen. Bei direktelektrischen Antrieben wirken sich andauernde höhere Lasten und Leistungen nachteiliger auf den Wirkungsgrad aus, und speziell bei der Kühlung sind Verbrennungsmotoren weit robuster.**

Auch im Baugewerbe bleiben Verbrennungsmotoren die bestmögliche Option, oder bei speziellen Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft. Ebenso wird das Bundesheer auf lange Sicht flüssige Treibstoffe benötigen, etwa für schweres Gerät, das im Katastrophenschutz eingesetzt wird. Und auch wenn die Elektrifizierung der Bahnstrecken voranschreitet, werden Lokomotiven mit Verbrennungsmotoren auf zahlreichen Nebenstrecken und als Backup gebraucht.

*) EIW*Insights*: Wasserstoff, S. 21

**) Skarics, Rudolf (2021): Elektromobilität & CO_2. In: autorevue, Juli & August 2021, S. 56-60, hier: S. 60

85. Mottschall, Moritz et al. – Öko-Institut e.V., Berlin / Umweltbundesamt (2019): Sensitivitäten zur Bewertung der Kosten verschiedener Energieversorgungsoptionen des Verkehrs bis zum Jahr 2050. Studie, S. 5
86. BMK (2021): Mobilitätsmasterplan, S. 37
87. Ebda., S. 38

Kfz-Bestand 2020, 2030, 2040

Ende 2020 waren in Österreich rund 7,1 Mio. Kraftfahrzeuge zum Verkehr zugelassen, um 1,5 Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Der Pkw-Bestand könnte laut ÖAMTC Expertenbericht Mobilität und Klimaschutz bis 2030 von rund 5 Mio. auf etwa 5,2 Mio. wachsen.

Strom oder eFuels?

Fahrzeuge in Österreich nach Kategorie	Zugelassen 2020	Veränderung zu 2019
Motorfahrräder	274.455	+0,7 %
Motorräder	570.760	+3,8 %
Pkw	5.091.827	+1,0 %
Lkw bis 3,5 t hzG	458.253	+4,0 %
Lkw bis 12 t hzG	10.082	-4,1 %
Lkw > 12 t hzG	43.906	+0,9 %
Sattelzugfahrzeuge	19.393	+0,3 %
Land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen	472.505	+0,9 %

Nach derzeitigem Stand der Technik insbesondere geeignet für ■ E-Mobilität / ■ eFuels

Bei den Neuzulassungen von Elektroautos lag Österreich 2021 mit 13,9 Prozent im EU-Vergleich auf Platz drei hinter den Niederlanden und Schweden. In Norwegen, das ab 2025 nur noch abgasfreie Pkws neu auf dem Markt zulässt, sind bereits fast zwei Drittel aller Neuwagen batterieelektrische Pkws. Hierzulande wären 2030 nach einem optimistischen Szenario rund 32 Prozent der Pkw rein elektrisch betrieben.[88]

Selbst wenn jährlich etwa 330.000 alte Pkw aus dem Bestand ausgeschieden werden, läge 2030 deren Anteil am Pkw-Gesamtbestand bei 48 Prozent. Dazu kommen noch etwa 20 Prozent Hybrid- und Plugin-Hybrid-Fahrzeuge, die ebenfalls flüssige Kraftstoffe benötigen. In Summe dürften um das Jahr 2030 also noch rund 80 Prozent der im Verkehr zugelassenen Fahrzeuge mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet sein[89], das wären – auf Österreich umgelegt – 4,2 Mio. Fahrzeuge.

Wenn in Österreich ab 2030 keine weiteren Pkw mit Verbrennungsmotoren in Verkehr gesetzt werden und der Anteil der aus dem Verkehr ausscheidenden Fahrzeuge weiterhin bei jährlich 6,5 Prozent liegt, so sind 2040 noch etwa 2,1 Mio. Diesel, Benziner und Hybride zugelassen, die auf grob geschätzt 1,1 Mrd. Liter flüssigen Treibstoff angewiesen sind. Der gegenwärtige durchschnittliche jährliche Treibstoff-Bedarf von 620 Liter Benzin, 764 Liter Diesel und 566 Liter bei Hybridfahrzeugen ergäbe bei einem Anteil von 55 Prozent Benziner, 20 Prozent Diesel und 25 Prozent Hybride im Jahr 2040 in Summe rund 1,33 Mrd. Liter Treibstoff.[90] Diese Zahl wird nur leicht nach unten revidiert, da eine geringere Anzahl an Pkw in Verbindung mit Sharing-Modellen höhere Laufleistungen erwarten lässt. Gleichzeitig sei laut VCÖ höhere Motoren-Effizienz schon bisher nicht genutzt worden, um den Verbrauch der Pkw stark zu reduzieren, sondern um schwerere und PS-stärkere Modelle zu bauen.[91]

88. orf.at (6.2.2022): Österreich EU-weit auf Platz drei bei E-Auto-Neuzulassungen
ÖAMTC: Expertenbericht Mobilität & Klimaschutz 2030 (2018), S. 69
Mihov, Mihael et al. – Trinomics BV.: Post 2020 CO_2-emission targets for cars and vans: the right level of ambition
89. Hauri, Stephan (2022), a.a.O., S. 21
90. Basis: Statistik Austria, Mikrozensus 2019/2020: Fahrleistungen und Treibstoff-, Gas- und Stromverbrauch privater PKW
91. VCÖ (2021): Realer Verbrauch in 20 Jahren um nur einen halben Liter pro 100 km gesunken

Oldtimer

Wie historische Gebäude entsprechen Oldtimer zwar nicht den heute gültigen Ansprüchen an Energieeffizienz, doch sind sie ebenso als schützenswertes Kulturgut anerkannt. Die Wartung und Restaurierung historischer Fahrzeuge ist ein nicht zu vernachlässigender Wirtschaftsfaktor, dank dem eine breite Palette an handwerklich-technischem Spezialwissen erhalten bleibt – vom Motor- und Vergaser-Spezialisten bis hin zum Sattler. In Österreich sind 257.000 Oldtimer zugelassen – vornehmlich Pkw, darüber hinaus auch Zweiräder und Lkw.

Immerhin 2,2 Prozent der zugelassenen Autos in Österreich verfügen über die spezielle rote §57a Plakette für historische Fahrzeuge, sind also mindestens 30 Jahre alt und in ihrer Grundsubstanz gut erhalten. Für die allgemeine Akzeptanz der eingeläuteten (und notwendigen) Verkehrswende kann es nur von Nutzen sein, wenn diese historischen Wegbegleiter weiterhin im Straßenbild ihren Platz haben. Oldtimer-Pkw dürfen höchstens für 120 Tage pro Jahr, Motorräder für 60 Tage in Betrieb genommen werden.

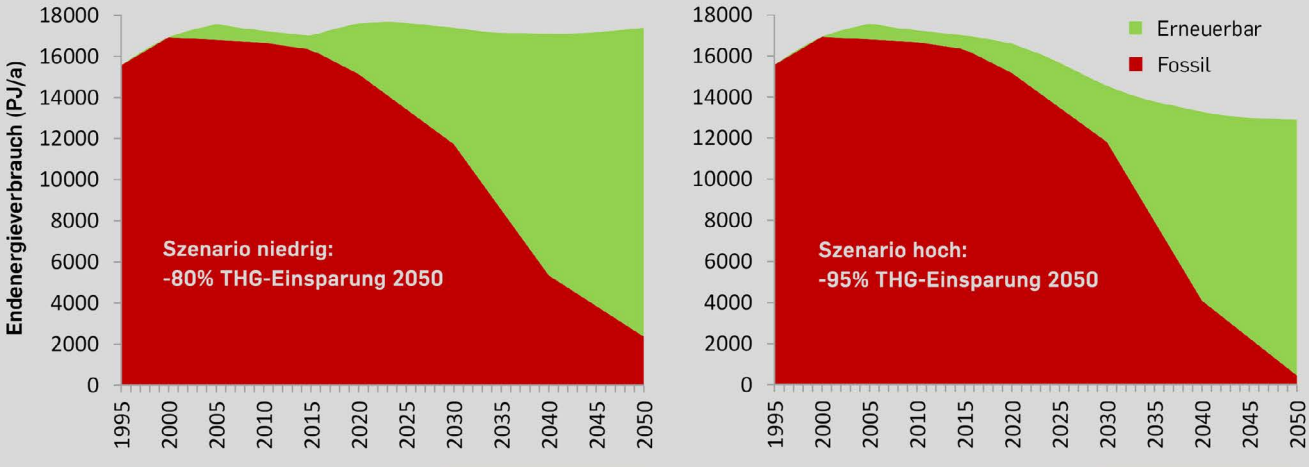
Hier bieten sich eFuels als eine pragmatische, THG-neutrale Lösung an. Noch dazu können synthetische Kraftstoffe so gestaltet werden, dass sie auch mit klassischen Motoren problemlos kompatibel sind, bei denen ein höherer Biokraftstoff-Anteil Probleme bereitet, weil Dichtungsmaterialien und Vergasergehäuse angegriffen werden.*

Zu den „Oldtimern", die nach wie vor praktische Dienste verrichten, gehören auch die Rotations-Schneefräsen, die speziell für die Großglockner-Hochalpenstraße entwickelt wurden. Vier der raupenbetriebenen Fräsen mit jeweils 3 Dieselmotoren, Baujahre zwischen 1954 und 1963, sind noch immer alljährlich im Einsatz, seit 2022 sogar mit rußfreiem, klimafreundlichem synthetischem Kraftstoff.

Bild: Edith Danzer / SalzburgerLand Tourismus GmbH

*) oldtimer-guide.at: Oldtimer in Österreich
Kuratorium Historische Mobilität Österreich: Positionspapier zum historischen Fahrzeugwesen in Österreich (Deklaration)

Noch vor fünf Jahren sind Studien davon ausgegangen, dass der Anteil der erneuerbaren Treibstoffe im Verkehr 2030 noch relativ gering sein werde und eine größere Dynamik erst im folgenden Jahrzehnt zu erwarten sei. Jüngste Entwicklungen lassen einen etwas früheren Markthochlauf erwarten. Je nach Szenario verbleiben bis 2050 relativ kleine Restbestände an fossilen Treibstoffen auf dem Markt.[92]



Entwicklung Gesamtenergieverbrauch (in PJ pro Jahr) des Verkehrssektors in der EU – links Szenario mit 80 Prozent, rechts Szenario mit 95 Prozent THG-Reduktion. Grafik: LBST / dena. Bearbeitung: EIW

92. Siegmund, Stefan et al. – LBST, dena (2017): The potential of electricity-based fuels for low-emission transport in the EU, S. 45 f.

Nutz- und Offroad-Fahrzeuge

1990 fielen im Gebäudesektor dreimal mehr Treibhausgase an als im Lkw-Verkehr. Der hat sich bis 2019 verdoppelt und emittiert inzwischen mehr als der Gebäudesektor, und laut OECD-Prognose wird der Güterverkehr in der EU bis 2030 um weitere 30 Prozent zulegen.

In Österreich werden 67 Prozent des Güterverkehrs über die Straße abgewickelt, 31 Prozent via Schiene und 2 Prozent auf Wasserstraßen.[93] Nachdem vier Fünftel der Transportleistungen im Schienengüterverkehr in Österreich grenzüberschreitende Verkehre betreffen, sind hier die Gestaltungsmöglichkeiten begrenzt. Güterverkehr auf der Straße bleibt in Österreich der wichtigste Hebel. Oberste Priorität ist hier Verkehrsvermeidung. Regionale Wertschöpfungsketten etwa führen zu kürzeren Transportwegen. 98 Prozent aller Straßengütertransporte in Österreich kommen auf Tagesfahrleistungen bis zu 300 Kilometer, und hier ist der E-Antrieb heute schon die effizienteste und kostengünstigste Technologie am Markt.[94]

CO_2-neutrale Pistenpräparierung

Pilotversuche haben gezeigt, dass sich für Pistengeräte, die in hochalpinem Gelände im Einsatz sind, weder Batterie- noch Wasserstoffantrieb optimal eignen. Daher wird am Hintertuxer Gletscher auf über 3.000 Meter Seehöhe eine Pistenraupe mit eFuel-Betankung erprobt. Ein Vorteil vom Start weg war, dass keine aufwändigen Änderungen an den Motoren oder der Kraftstoff-infrastruktur erforderlich waren. Die Forschungsabteilung des Technologieunternehmens *AVL List* wird den Einsatz unter Realbedingungen wissenschaftlich begleiten.

Startschuss für das Pilotprojekt am Hintertuxer Gletscher. Von links: Christian Paar (GF Kässbohrer Austria GmbH), Franz Hörl (Fachgruppenobmann der Seilbahnen Tirols / Obmann des FV der Seilbahnwirtschaft Österreichs), Klaus Dengg (GF Zillertaler Gletscherbahn GmbH & Co KG) und Jürgen Roth (Vorstandsvorsitzender eFuel Alliance Österreich).
Bild: inpublic

93. BMK (2021): Mobilitäsmasterplan, S. 13
94. Ebda., S. 41

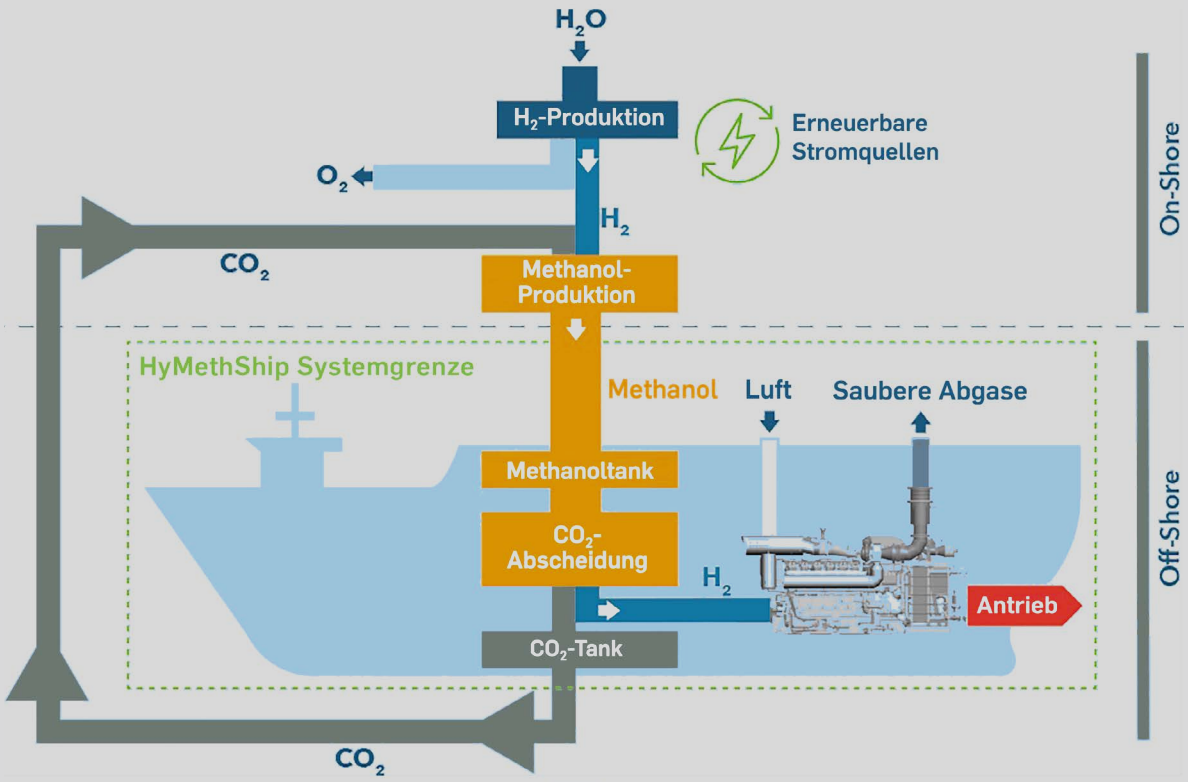
Schiffsverkehr

2021 sind etwa 90 Prozent des Welthandels auf dem Seeweg abgewickelt worden, und bei etwa einem Drittel der weltweiten Schiffsbewegungen liegt der Ziel- oder Ausgangshafen in der Europäischen Union.

Auf langen Strecken ist der Transport per Schiff die effizienteste Lösung: Pro transportierter Tonne und Kilometer stößt ein Containerschiff 17 Gramm CO_2 aus, ein Lkw jedoch 68 Gramm. Der globale Schiffsverkehr, Personenschifffahrt eingeschlossen, war im Jahr 2018 für rund 2,9 Prozent des globalen CO_2-Ausstoßes verantwortlich, und mit Zunahme des Welthandels wird dieser Wert noch steigen. Hinzu kommen die bereits ausgeführten Umweltauswirkungen durch den Einsatz von Schweröl.

Segel gesetzt für die klimaneutrale Schifffahrt

Am Grazer Forschungszentrum LEC wird im Rahmen des EU-geförderten Horizon 2020-Projekts *HyMethShip* ein Verbrennungsmotor entwickelt, der mit Wasserstoff statt mit Schweröl betrieben wird. Das damit angetriebene Schiff soll zukünftig Methanol liefern, hergestellt in Offshore-Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie. Das Methanol wird an Bord zerlegt – einerseits in Wasserstoff, der dem schadstofffreien Antrieb dient, andererseits in CO_2, das an Bord des Schiffs gespeichert und an Land zur Methanol-Herstellung eingesetzt wird. Darüber hinaus wird auch Windkraft genutzt: Sensorgesteuerte Segel, verknüpft mit Daten zu Wetter, Verkehr und Strömungen, optimieren den Kurs und den Energieverbrauch.*

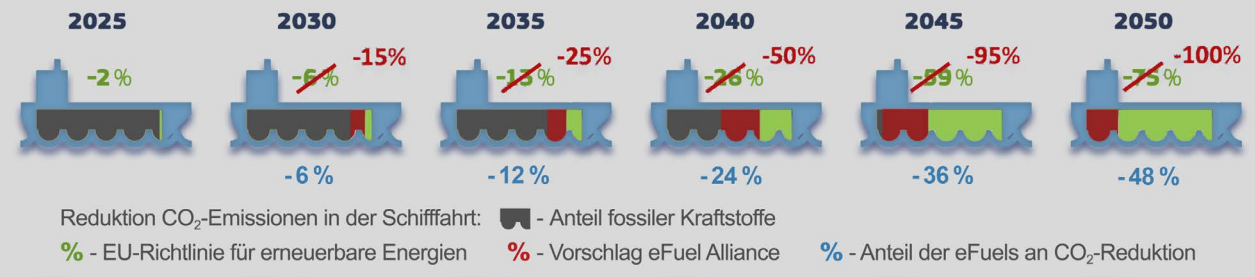


12 Containerschiffe mit Methanolantrieb plant die weltgrößte Containerschiffsreederei, *A.P. Moller - Maersk*, bis 2024 vom Stapel zu lassen. Durch strategische Partnerschaften in Asien, Nord- und Südamerika ist auch deren Versorgung mit grünem Treibstoff gewährleistet: Bis Ende 2025 sollen mindestens 730.000 Tonnen pro Jahr erzeugt werden, zu einem knappen Viertel Bio-Methanol, zu guten drei Viertel eMethanol.**

*) unInteressant.at (2020): Umweltfreundliche Schifffahrt mit Wind und Wasserstoff

**) maersk.com (2022): A.P. Moller - Maersk engages in strategic partnerships across the globe to scale green methanol production by 2025

Grafik: LEC



Als Verband, der sich für den Beitrag von eFuels zum Klimaschutz einsetzt, plädiert die eFuel Alliance in einem Positionspapier vom Februar 2022, die in *FuelEU Maritime* vorgeschlagenen Ziele für die Beimischung an biogenen wie strombasierten klimaneutralen Treibstoffen so nachzuschärfen, dass die Schifffahrt bis 2050 klimaneutral wird.
Bild: eFuel Alliance e.V., Bearbeitung: EIW

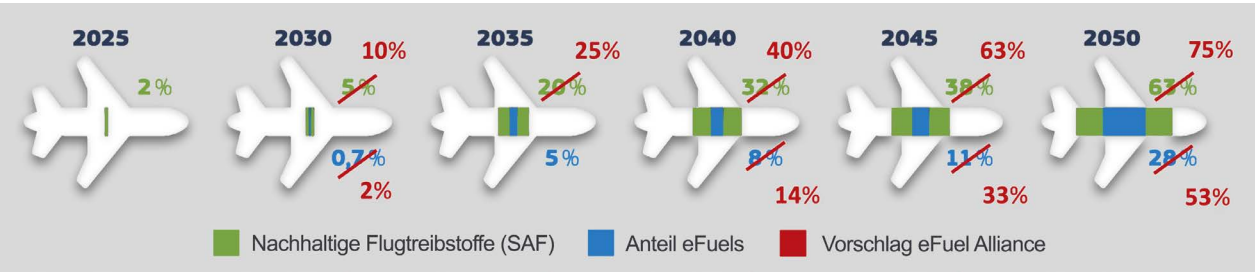
Verbrennungsmotoren mit synthetischen Kraftstoffen gelten aus heutiger Sicht als einziger gangbarer Weg der THG-Reduktion in diesem Bereich. In diesem Sinne hat die Europäische Kommission in ihrem Verordnungsentwurf *FuelEU Maritime* eine Reihe verbindlicher Ziele für die Reduzierung von Treibhausgasen in der europäischen Schifffahrt vorgeschlagen – unter anderem die Förderung nachhaltiger Schiffskraftstoffe und eine Obergrenze für den Energieverbrauch von Schiffen, die europäische Häfen anlaufen. Zudem enthält das *Fit for 55*-Paket den Vorschlag, die CO_2-Emissionen der Seeschifffahrt ab 2022 in das EU-Emissionshandelssystem aufzunehmen.[95]

Luftfahrt

Die internationale Luftfahrt macht weniger als 3,5 Prozent der gesamten THG-Emissionen der EU aus, doch hat sich dieser Wert in den letzten zwei Jahrzehnten um etwa 130 Prozent erhöht. Dies stellt den stärksten Zuwachs an Treibhausgasen im gesamten Verkehrssektor dar.[96]

Die Drop-in-Möglichkeit von synthetischem Kerosin ermöglicht eine graduelle Einsparung von Treibhausgasen, und technisch bietet sie sich derzeit – nicht zuletzt auch im Sinne der Flugsicherheit – als einzige gangbare Lösung an. Batterien sind rund 60-mal so schwer wie flüssiger Brennstoff, und für Langstreckenflüge wäre auch Wasserstoff keine Option, denn dessen geringe volumetrische Dichte würde zu große und schwere Tanks erfordern.

In Einklang mit den Zielen des EU-Programms Destination 2050 hat Österreich für die nachhaltigen Flugtreibstoffe (Sustainable Aviation Fuels – SAF) Beimischungsquoten von 6 Prozent für das Jahr 2030 und von 66 Prozent für 2050 ermittelt. Ziel ist es, dadurch die Emissionen im Flugverkehr bis 2050 um 68 Prozent zu senken, wobei der Mobilitätsmasterplan davon ausgeht, dass der Kerosinbedarf nicht aus österreichischen erneuerbaren Quellen gedeckt werden kann.[97]



Drei Viertel des in der EU vertankten Flugtreibstoffs könnten 2050 nach einem Szenario der eFuel Alliance klimaneutral sein, insgesamt 53 Prozent davon gehen auf das Konto von eFuels.
Bild: eFuel Alliance e.V., Bearbeitung: EIW

95. European Commission: Increasing the Ambition of EU Emissions Trading • eFuel Alliance (2022): Position Statement on the European Commission FuelEU Maritime Proposal – Green European Maritime Space

96. Lee, D.S. et al. (2021): The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. In: Atmospheric Environment, Vol. 244, Jan. 2021

97. DNV (2021): Pathway to Net Zero Emissions. Energy Transition Outlook 2021, S. 38
BMK (2021): Mobilitätsmasterplan, S. 38

Wie in der Schifffahrt, so werden auch im Flugwesen Potenziale gesehen, den Anteil nachhaltiger Flugtreibstoffe über dem von der EU empfohlenen Minimum anzusetzen.[98] Zusätzlich entsteht bei der Erzeugung von eKerosin auch eBenzin, das für den Pkw-Altbestand benötigt wird.

Noch kosten SAF das Fünffache von konventionellem Kerosin. Im Sinne der Marktdurchdringung würde sich eine Zweckbindung der Flugabgabe sowie nationaler ETS-Mittel für den Aufbau von Produktionskapazitäten anbieten, sodass bis 2050 jährlich 40 Mt hergestellt werden können.[99]

Mit der im Rahmen von *Fit for 55* geplanten Verpflichtung für europäische Fluglinien, mindestens 90 Prozent ihres Jahresbedarfs in der EU zu tanken, um so „Tanktourismus" in Gebiete mit weniger ambitionierten Auflagen zu verhindern, wären die gesteckten Klimaziele nicht erreichbar, und die außereuropäische Konkurrenz hätte entscheidende Kostenvorteile. Damit Europas Fluglinien auf dem angestrebten Dekarbonisierungspfad auch wettbewerbsfähig bleiben, werden Anreize in Form von Steuervorteilen oder Förderungen notwendig sein.[100]

6.2 Weitere Einsatzmöglichkeiten für eFuels

Chemische Industrie

Sechs bis sieben Prozent der weltweiten Fördermenge an Erdöl werden in der chemischen Industrie verwendet: Gegenwärtig sind Erdöl und Erdgas Grundlage von 90 Prozent aller chemischen Erzeugnisse, dazu zählen Kunststoffe ebenso wie Farben oder Reinigungsmittel. Auch bei pharmazeutischen Produkten sind Erdöl-Derivate entscheidende Komponenten. Eine Transformation von Teilen der chemischen Industrie zu Ersatzstoffen biogenen Ursprungs und mehr kreislaufwirtschaftlichen Prinzipien ist als ein langfristiger Prozess anzusehen, der mit viel Forschungsaufwand und Investitionen verbunden ist.

Die Erzeugung synthetischer Kraftstoffe via Fischer-Tropsch-Synthese ermöglicht es, die bisherigen Wertschöpfungsketten mit klimaneutralen Rohstoffen zu erhalten.

Heizsysteme

In Österreich verwenden 600.000 Haushalte Heizöl zur Versorgung mit Raumwärme. Aktuell ist die Transformation dieses Sektors voll im Gange – so wurden in den letzten sechs Jahren 121.000 Gebäude mit Wärmepumpen zur Raumheizung mit Smart-Grid-Schnittstellen ausgestattet, die als besonders effiziente Lösung gelten, sofern es sich um Gebäude mit gutem Dämmwert handelt. Allerdings ist deren Strombedarf just in den kalten Perioden am höchsten, wenn die heimische Produktion am niedrigsten ist und daher besonders viel Strom importiert werden muss.[101]

Biomasseanlagen bieten sich als klimaneutrale Alternative zu fossilen Brennstoffen an, ohne Filtersysteme führen sie jedoch zu höheren lokalen Emissionen an Stickoxiden, Schwefeloxid und Feinstaub[102], außerdem kann der erhöhte Platzbedarf ein Hindernis zu einem Umstieg auf biogene Brennstoffe sein. Der Anschluss an Nah- oder Fernwärme ist eher nur in dichter besiedelten Gebieten eine Option, und die hohe Zersiedelung in Österreich erschwert den Aufbau von Wärmenetzen. Speziell in Insellagen werden daher Heizungen mit flüssigen Brennstoffen noch längere Zeit erhalten bleiben, und diese können mit eFuels klimaneutral und sauber betrieben werden.

98. eFuel Alliance: En route to climate neutral aviation. Positionspapier
99. Hübsch, Claudia (2021): Kerosin wird nachhaltig. In: ÖKO+ Fachmagazin, 4|2021, S. 18-19, hier: S. 19
    Öko-Institut e.V Berlin (2021): E-fuels versus DACCS. Studie, S. 24
100. Hübsch, Claudia, a. a. O.
101. Leonhartsberger, Kurt – BMK (2021): Innovative Energy Storage Technologies in Austria: Market Development 2020. Vortrag
102. IWO Österreich (2022): Zukunft. Der Beitrag flüssiger Energieträger zur Energiewende, S. 15

Das bessere Heizöl

Das Institut für Wärme und Öltechnik (IWO Österreich) überprüft seit 2018 in einer Versuchsreihe, an der ein gutes Dutzend sowohl privater wie auch gewerblicher Nutzer*innen von Ölheizungen in ganz Österreich teilnimmt, ob ein klimaneutraler Ersatz für Heizöl tatsächlich friktionsfrei zum Einsatz gebracht werden kann. Fazit: Die regelmäßigen Überprüfungen haben gezeigt, dass der Betrieb mit synthetischem Brennstoff einwandfrei funktioniert und nicht nur bei den CO_2-Emissionen besser abschneidet als fossiles Heizöl.*

Selbst bei etwas älteren Ölkesseln brachte das Projekt überaus positive Erfahrungen, wie Hans-Peter Leitner-Härle, Chemiker in einem Mineralölkonzern, in seinem Wohnhaus in Kärnten feststellen konnte: Ein geringerer Pumpendruck als bisher reichte aus: 8 anstatt 12 bar bedeute weniger Brennstoffverbrauch und letztlich auch eine höhere Lebensdauer der Anlage. Die bisher schon niedrigen Stickoxid-Emissionen sanken um weitere 60 Prozent, der Ausstoß von Kohlenmonoxid ging um 73 Prozent zurück.

Der feuertechnische Wirkungsgrad erreichte bis zu 97 Prozent – zuvor waren es maximal 93. Auch die Abgastemperatur war mit 110 °C deutlich niedriger – mit konventionellem Heizöl lag sie bei 140 bis 150 °C.**

*) IWO Österreich: XTL-Pilotanlagen in Österreich

**) IWO Österreich: „Jetzt ist die Politik gefragt“

Notstromversorgung

Weil Elektrifizierung und Digitalisierung unsere Abhängigkeit von Elektrizität erhöhen, ist die Notstromversorgung gerade für kritische Infrastruktur entscheidend – für Krankenhäuser, Energieversorgungseinrichtungen, öffentliche Verkehrsnetze oder Datenzentren, aber ebenso für Wohnungen und Produktionsanlagen, darüber hinaus sind auch Dieselaggregate zur Stromerzeugung in Insellagen gebräuchlich.

Mit flüssigen Kraftstoffen betriebene Notstromaggregate bieten eine rasch einsetzbare und verlässliche Möglichkeit, um bei Ausfällen die Stromversorgung aufrechtzuerhalten oder wieder hochzufahren. In Österreich ist für diese Situationen eine Pflichtnotstandsreserve in Tanklagern vorgeschrieben: Flüssige Kraftstoffe in Höhe der durchschnittlichen Nettoimporte von 90 Tagen müssen jederzeit bereitgehalten werden.[103] Öltanks in mehr als einer halben Million Haushalte sind ebenfalls als ein dezentrales Energie-Backup zu betrachten.

Auch für die nachhaltige Sicherheit unserer Energieversorgung werden eFuels eine wichtige Rolle spielen.

103. Fachverband der Mineralölindustrie: Branchenreport Mineralöl 2020/21, S. 17

7. Anhang

Abkürzungen

AEA: Austrian Energy Agency – österreichische Energieagentur

AIT: Austrian Institute of Technology

AK: Arbeiterkammer

BEV: Batteriebetriebenes Fahrzeug

BMK: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (Österreich)

CCU: Carbon Capture and Utilisation – Abscheidung und Nutzung von CO_2 aus Abgasströmen

CNG: Compressed Natural Gas – komprimiertes Erdgas

CO_2eq: CO_2-Äquivalent – Maßeinheit für Treibhausgas-Potenzial

DAC(C): Direct Air Carbon Capture – Abscheidung von CO_2 aus der Umgebungsluft

DAC(C)S: Direct Air Carbon Capture and Storage – Abscheidung & Einlagerung von CO_2 aus der Umgebungsluft

DBFZ: Deutsches Biomasseforschungszentrum

dena: Deutsche Energie-Agentur GmbH

EIW: Energieinstitut der Wirtschaft GmbH

ETS: European Union Emissions Trading System – Emissionshandelssystem der EU zur THG-Reduktion

FCEV: Fuel Cell Electric Vehicle – Brennstoffzellenfahrzeug

g CO_2eq / Fkm: Treibhausgas-Ausstoß (Gramm CO_2-Äquivalent) pro gefahrenem Kilometer

ICEV: Internal Combustion Engine Vehicle – Fahrzeug mit Verbrennungsmotor

IV: Industriellenvereinigung (Österreich)

IVL: Swedish Environmental Research Institute

IWES: Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik

IWO-Österreich: Institut für Wärme und Öltechnik

IZES: Institut für ZukunftsEnergie- und Stoffstromsysteme, Saarbrücken

JRC: Joint Research Centre für Wissenschaft und Forschung der Europäischen Kommission

LBST: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (Deutschland)

LNG: Liquified Natural Gas – durch Kühlung auf < 160 °C verflüssigtes Erdgas

NO_x: Stickoxide

PM: Partikelemissionen

PtG: Power-to-Gas (Umwandlung von Strom in Gas)

PtH: Power-to-Heat (Umwandlung von Strom in Wärme)

PtL: Power-to-Liquid (Umwandlung von Strom in flüssige Energieträger)

PtX: Power-to-X (Umwandlung von Strom in eine andere Energieform)

RDE-Testzyklus: Real Driving Emissions – Messung von Emissionen im praktischen Fahrbetrieb

RFNBO: Renewable Fuels of non-Biological Origin – Erneuerbare Kraftstoffe nicht-biologischen Urpsrungs

SAF: Sustainable Aviation Fuels – nachhaltige Flugtreibstoffe

THG: Treibhausgas

UBA: Umweltbundesamt (Deutschland)

UMSICHT: Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik

UNITI: Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e.V. (Deutschland)

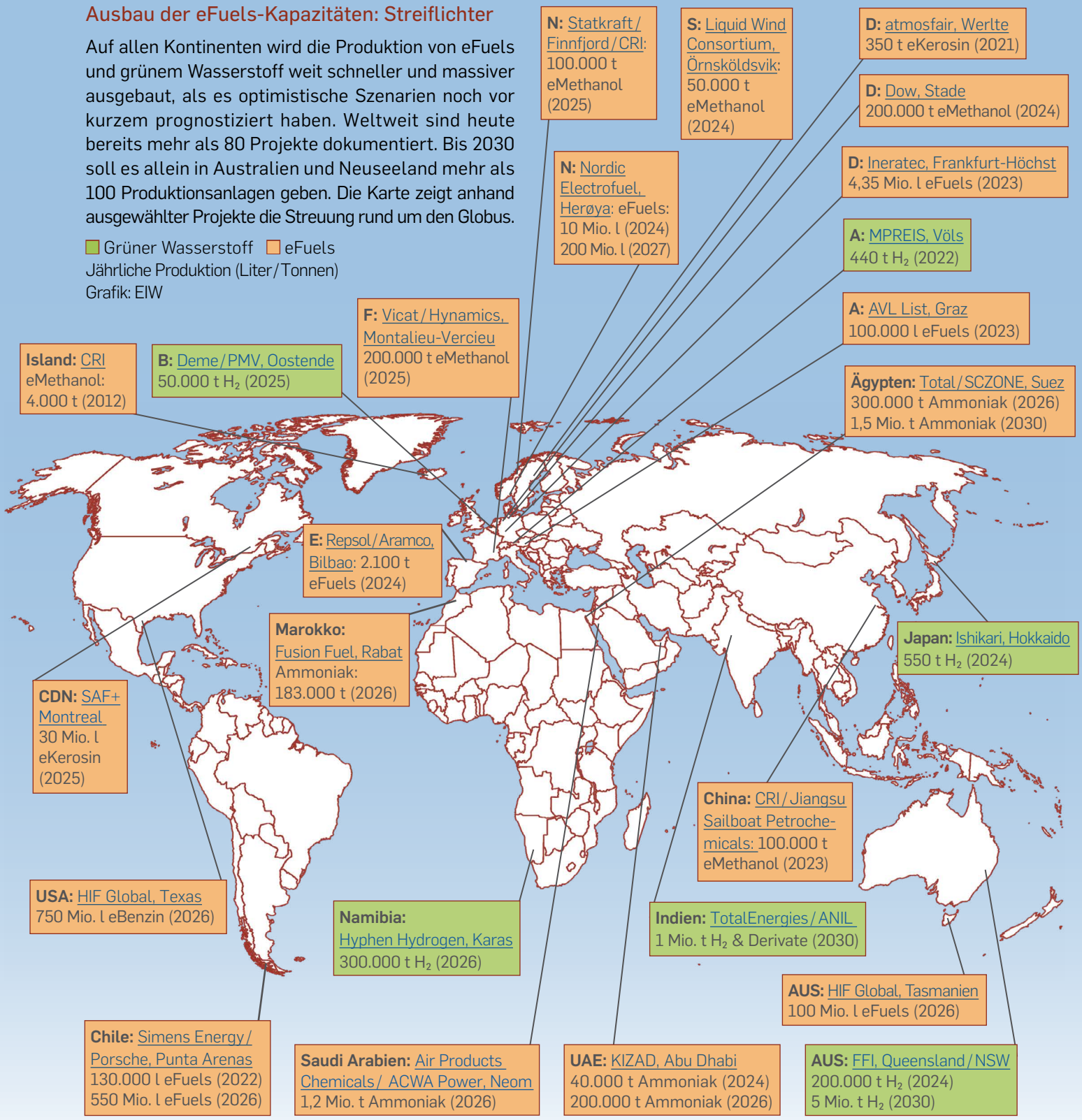
VCÖ: Verkehrsclub Österreich

WKÖ: Wirtschaftskammer Österreich

Ausbau der eFuels-Kapazitäten: Streiflichter

Auf allen Kontinenten wird die Produktion von eFuels und grünem Wasserstoff weit schneller und massiver ausgebaut, als es optimistische Szenarien noch vor kurzem prognostiziert haben. Weltweit sind heute bereits mehr als 80 Projekte dokumentiert. Bis 2030 soll es allein in Australien und Neuseeland mehr als 100 Produktionsanlagen geben. Die Karte zeigt anhand ausgewählter Projekte die Streuung rund um den Globus.

Grüner Wasserstoff eFuels
Jährliche Produktion (Liter/Tonnen)
Grafik: EIW



Impressum

Energieinstitut der Wirtschaft GmbH • Webgasse 29/2 • A-1060 Wien

Tel: +43 (0)1 343 3430 • Mail: office@energieinstitut.net • URL: www.energieinstitut.net

Wien, Juli 2022

Das Energieinstitut der Wirtschaft als Gestalter und Herausgeber der Broschüre dankt der eFuel Alliance Österreich und der Wirtschaftskammer Österreich für die Unterstützung.

Die Inhalte dieser Broschüre wurden sorgfältig recherchiert, jedoch übernehmen die Autor*innen keinerlei Gewähr für die Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen.

Haftungsansprüche aufgrund von Schäden materieller oder ideeller Art, die durch die Nutzung der hier dargebotenen Informationen verursacht wurden, sind grundsätzlich ausgeschlossen.