

Global Energy Solutions

For Prosperity and Climate Neutrality

Hiermit erhalten Sie den Newsletter von *Global Energy Solutions* für den Monat Mai 2021.

Unsere Themen:

- **The Modern Forest – Interview mit Prof. Robert Schlögl vom Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion**
- **GES plädiert für eine Beimischungsquote für synthetische Kraftstoffe zu regulärem Benzin**
- **Technologieoffenheit bei CO₂-neutraler Antriebstechnik**
- **Franz Josef Radermacher: Deutschlands Klima-Nationalismus wird der Welt nicht helfen**

Die Energiewende braucht nicht nur elektrische, sondern auch stoffliche Energieträger

Von Bert Beyers

Professor Robert Schlögl ist unter anderem Direktor am Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion in Mülheim an der Ruhr. Seit Jahren befasst er sich mit molekularen Energieträgern. Ein Wald ist für ihn ein biologisches System, das Holz herstellt – aus CO₂, Licht und Wasser. Schlögls Konzept *The Modern Forest* funktioniert nach demselben Prinzip. Das Produkt ist aber nicht Holz, sondern Methanol. Ganz im Sinne von Global Energy Solutions. Im Interview spricht Schlögl darüber, wie es zu einer Energiewende mit grünen Brennstoffen kommen könnte und welche Rahmenbedingungen er sich dafür wünscht.

Bert Beyers: Was sind grüne Brennstoffe?

Robert Schlögl: Es gibt zwei Arten von grünen Brennstoffen. Erstens solche, die grundsätzlich keinen Kohlenstoff enthalten. Die kann man verbrennen. Dann entsteht nur Wasser. Zum Beispiel ist Wasserstoff per se solch ein grüner Brennstoff. Man kann aber auch andere Stoffe verwenden, zum Beispiel Ammoniak. Dadurch erhält man Stickstoff als weiteres Produkt. Zweitens man kann selbstverständlich auch Kohlenstoff verwenden. Aber dann muss man den Kohlenstoff im Kreislauf führen. Das heißt, man muss das entstehende CO₂ bei der Verbrennung einfangen und in die Herstellung des grünen Brennstoffs wieder

einspeisen. Dann hat man einen Kohlenstoffkreislauf. Und so macht Mutter Natur das ja auch. Der Kreislauf mit Atmung und Photosynthese funktioniert genau nach diesem Prinzip.

Wofür braucht man grüne Brennstoffe? Man könnte ja auch sagen: Die Energiewende machen wir komplett mit Strom?



Professor Robert Schlögl, Max-Planck-Institut für Chemische Energiekonversion

Das geht eben leider nicht. Denn Sie müssen Strom aus allen Teilen der Welt sammeln und ihn verteilen. Damit wir einerseits die Energiebedürfnisse überall auf der Welt erfüllen und andererseits das Problem der Volatilität erneuerbarer Energie ausgleichen können. Das heißt, dass nicht immer die Sonne scheint und der Wind weht, wenn wir Energie benutzen wollen. Es ist leider so: An den Orten auf der Erde, wo man viel Sonnenenergie in Strom umwandeln kann, leben nur wenige Menschen. Das hat ursächlich etwas miteinander zu tun. Entweder ist es dort heiß oder es gibt Sturm – und dort wollen nicht so viele Menschen leben. Deswegen brauchen wir eine Transportmöglichkeit, um große Mengen dieser Energie auf der Welt zu verteilen. Und das geht nur über molekulare Energieträger. Das ist ein anderes Wort für Brennstoffe.

Grüne Brennstoffe sind aus Ihrer Sicht auch chemische Speicher?

Ja, das würde ich gleichsetzen.

Welche Arten chemischer Speicher gibt es?

Es gibt sowohl gasförmige als auch flüssige und feste. Wir sollten uns die Speichermoleküle heraussuchen, die ähnliche Eigenschaften haben wie unsere heutigen fossilen Energieträger. Damit wir die Technologien, die wir heute verwenden, um Öl und Gas zu transportieren, weiter benutzen können. Also idealerweise Gase, die dann das Erdgas ersetzen und Flüssigkeiten, die das Öl ersetzen. Oder die Produkte, die man aus dem Öl macht. Das hat den großen Vorteil, dass die Kosten des Ersatzes von schwarzen Brennstoffen durch grüne Brennstoffe minimiert werden.

Konkret, was wären die besten Lösungen?

Die erste Lösung ist immer Wasserstoff. Das geht chemisch nicht anders. Wasserstoff kann man zwar einigermaßen in Pipelines transportieren und auch gut in Kavernen speichern, aber wenn man große Distanzen überwinden will, braucht man Schiffe. Und Wasserstoff in Schiffe zu verladen, das ist eine schwierige Sache. Man kann Wasserstoff verflüssigen, aber jenseits von Raketentreibstoffen wird das nicht gemacht. Einfach deswegen, weil es technologisch sehr aufwendig ist. Also vermute ich, dass man Wasserstoff für

den weltweiten Transport vor allem in sogenannte Derivatmoleküle umsetzen wird. Das heißt, man setzt den Wasserstoff mit Stickstoff oder Kohlendioxid um und enthält damit Stoffe, die man sehr viel leichter transportieren kann. Synthetisches Erdgas wäre eine Möglichkeit. Methanol wäre eine zweite Möglichkeit. Ammoniak wäre eine dritte Möglichkeit. Und wir könnten die Liste noch erheblich länger machen. Es gibt vielleicht zehn verschiedene Kandidaten von Molekülen, die man alle zum Transport von Wasserstoff einsetzen kann.

Was ist Ihr Favorit?

Das hängt von der Anwendung ab. Es gibt nicht einen einzigen Favoriten. Und zwar deswegen, weil man ja die Rückwandlung bedenken muss. Und wenn man den Transportstoff gleich weiterverwenden möchte, dann würde ich hier nicht den Wasserstoff zurückverwandeln. Wenn ich in Wasserstoff zurückverwandeln muss, weil ich das H₂-Molekül haben will, würde ich immer Ammoniak verwenden. So muss man keine wirkliche Rückführung machen. Dann entsteht nämlich Stickstoff und davon gibt es genug in der Atmosphäre. Da schließt sich der Kreis von alleine. Wenn ich aber eine Hoch-Energieanwendung mit einem flüssigen Brennstoff brauche, dann würde ich von Methanol ausgehen und würde es möglicherweise noch weiter derivatisieren. Aber ich glaube, Methanol kann man für viele Brennstoffanwendungen verwenden. Und dann muss ich das CO₂ wieder einsammeln und das flüssige CO₂ am besten dort wieder hinbringen, wo ich den Wasserstoff gemacht habe.

Worin besteht der Unterschied zwischen Defossilisierung und Dekarbonisierung?

Defossilisierung bedeutet, Sie nehmen nur den fossilen Kohlenstoff aus dem System heraus. Und Dekarbonisierung bedeutet, Sie nehmen allen Kohlenstoff aus dem System. Das heißt, Sie schließen einen Kohlenstoffkreislauf aus. Und das kann man grundsätzlich nicht tun, weil unser Energiesystem nicht nur Energie enthält, sondern auch stoffliche Energieträger. Also im einfachen Fall all das, was die chemische Industrie herstellt. Und das geht nicht ohne Kohlenstoff. Und deswegen muss es immer einen Kohlenstoffkreislauf geben. Die Frage ist, wie groß der ist. Heutzutage geht der Kohlenstoffkreislauf in Richtung 100 Prozent unseres Energiesystems. Nur Atomenergie und Erneuerbare gehören nicht dazu. Der Kohlenstoffkreislauf wird aber nicht geschlossen, weil das CO₂ einfach in die Atmosphäre gepumpt wird. Und wenn wir jetzt den Kreislauf schließen würden, dann könnten wir theoretisch so weitermachen. Aber es ist eben nicht sehr praktisch, den Kreislauf auf dieser Größe zu schließen. Weil es aufwendig ist, das CO₂ einzusammeln und zu transportieren. Diesen Prozess sollte man so klein wie möglich halten. Aber zu null kann man ihn aus meiner Sicht nicht machen.

Sie haben ein Projekt mitentwickelt, das sich The Moderne Forrest nennt. Nach dem Motto: alles an einem Ort. In den Sonnenwüsten der Erde wird zuerst grüner Strom produziert. Mit dem Strom erzeugen Sie Wasserstoff. Dann nehmen Sie aus der Luft CO₂ und gewinnen Methanol. Wie weit ist das von der Realität entfernt?

Jeder einzelne der Schritte, die sie aufzählen, existiert heute bereits. Nichts davon muss man erfinden. Aber wir haben zwei Schwierigkeiten. Das eine ist die Größenordnung. Das Ganze wirkt natürlich nur, wenn man es auf einer sehr großen Skala macht. Und keine der Technologien ist heute bereit, um auf der großen Skala wirklich einsetzbar zu sein. Ob das nur Geldfragen sind oder ob das auch technologische Fragen sind, das wissen wir einfach noch nicht. Und für mich ist der kritischste Teil das Einsammeln von CO₂ aus der Luft, also Direct Air Capture. Das wird zwar immer propagiert, aber die physikalischen Hintergründe sind doch sehr verwickelt.

Kritiker von Direct Air Capture sagen: Das CO₂ in der Atmosphäre liegt in sehr geringer Konzentration vor, nämlich rund 400 ppm. Und alleine die Verdichtungsleistung könnte ziemlich teuer werden. Wie sehen Sie das?

Ja, das weiß man eben nicht so genau. Mit Verdichtung allein ist es nicht getan. Es muss eine selektive Trennung erfolgen. Und das kann man nur durch chemische Adsorption machen. Es gibt Unternehmen, die behaupten, dass sie solche Adsorptionsmaterialien hergestellt haben. Und ich kann nicht sagen, das ist alles Fake, das weiß ich nicht. Aber ich weiß, dass man dies noch niemals in einer Größenordnung versucht hat, in der man Millionen Tonnen von CO₂ aus der Luft gefiltert hat. Ansonsten muss man sich das so ähnlich vorstellen wie eine Flugzeugturbine. Also man nimmt elektrische Energie und treibt damit eine Turbine an. Die Turbine saugt die Luft ein, leitet sie über das Adsorbermaterial und stößt die Luft hinten wieder aus. Das Material wird mit CO₂ beladen. Mit der Abwärme dieser Turbine wird der Prozess umgekehrt und das CO₂ von diesem Adsorbermaterial wieder heruntergelöst. Und im Prinzip wurde so etwas bereits demonstriert, allerdings auf kleinen Skalen.

Warum heißt das Ganze The Modern Forest?

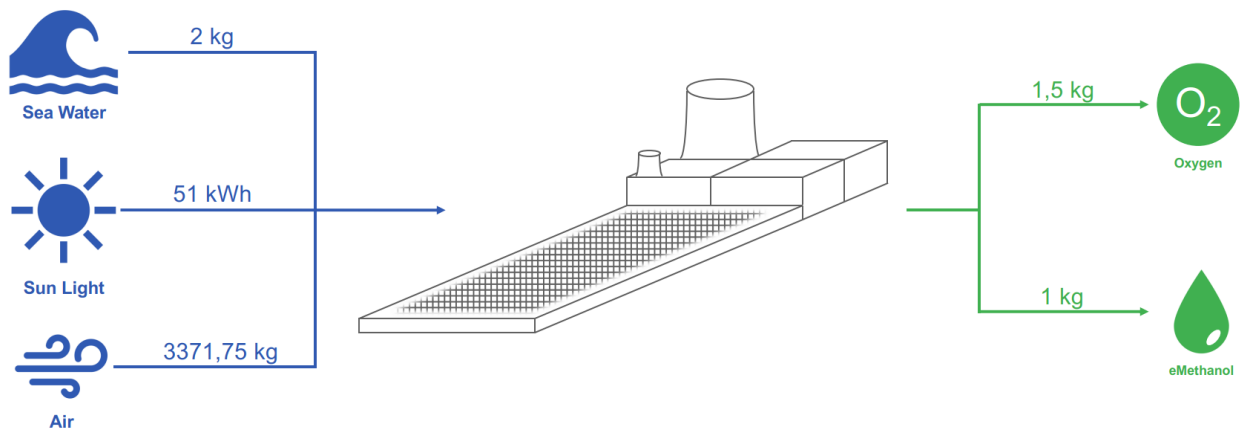
Weil ein natürlicher Wald genau das Gleiche macht. Ein Wald ist ein biologisches System, das CO₂, Licht und Wasser verwendet und daraus Biomasse herstellt. Und das, was im Modern Forrest das Methanol ist, sind im natürlichen Wald das Holz und die Blätter. Die Prozesse dahinter sind in den Funktionen ähnlich, wenngleich chemisch extrem komplex. Auch die Pflanze hat solche Adsorbermaterialien. Sie veratmet die Luft, nimmt das CO₂ dabei heraus und sammelt es in einem bestimmten Molekül. Dann wird es mit hochenergetischen Bausteinen umgesetzt. Und daraus entsteht am Ende über einen sehr langwierigen Prozess das, was wir Holz nennen. Wir würden natürlich kein Holz nehmen, weil das zu aufwendig ist. Da ist zum Beispiel zu viel Sauerstoff drin. Deswegen würden wir lieber Methanol verwenden.

The Modern Forest – da reden wir von sehr viel Geld.

Jede Energiewende ist teuer. Die globale Energiewende kostet etwa ein Welt-Bruttosozialprodukt. Das muss man immer investieren. Natürlich braucht der künstliche Wald große Investitionen. Theoretisch hat man dabei aber erhebliche Vorteile. Vor allem kann man das an Stellen des Planeten tun, wo man mit der natürlichen Biologie nicht in Schwierigkeiten gerät. Sie müssen keine Wälder umhacken. Sie müssen keine Agrikulturf Flächen aufgeben. Der künstliche Wald entsteht in der Wüste, wo sowieso nichts los ist. Ich kenne

mich ein wenig mit chemischer Technologie aus und eine Anlage mit neuer Technologie zu bauen, die die Größenordnung von einer Million Tonnen pro Jahr erreicht, das dauert üblicherweise 15 bis 20 Jahre. Jetzt brauchen wir aber nicht eine Anlage, sondern tausende. Und das würde man stufenweise hochfahren. Ich würde mal sagen, das ist eine Vision, die ich in 20 bis 30 Jahren sehe.

“The Modern Forest” Basic Concept



Quelle: Obrist Group

Haben Sie das mal durchkalkuliert?

Grundsätzlich ist es so, dass man aufhören muss zu glauben, dass ein nachhaltiges Energiesystem dasselbe Preisniveau erreicht wie das heutige. Einfach deswegen, weil die Kosten der Energieträger grundsätzlich etwa zwei oder zweieinhalb Mal so hoch sind, verglichen mit den Kosten der Energieträger heute. Wie sich das im Preis niederschlägt, kann man nicht sagen. Auch weil man nicht weiß, welche Marktmodelle dahinterstehen und wie viel Steuern darauf liegen. Größenordnungsmäßig kann man sagen, billiger als heute wird es garantiert nicht. Um wieviel teurer es wird, das wage ich nicht zu sagen. Aber ich sage immer, nimm mal den Faktor zwei an, dann bist du auf der sicheren Seite. Das ist ja auch nicht sehr schlimm. Wenn man überlegt, dass das heutige Energiesystem zumindest in Europa mehr als 50 Prozent Steuern und Abgaben enthält, wird man sagen: Wenn der Staat auf seinen Anteil verzichten würde, würde der Nutzer das nicht merken. Ich weiß aus der chemischen Industrie, dass man sich mit Schätzungen ganz schön verheben kann. Eine Tonne Methanol kostet heute etwa 400 Euro oder Dollar. Und ich würde sagen, zwischen 400 und 600 Euro pro Tonne kostet das in Zukunft auch.

Grünes Methanol?

Ja.

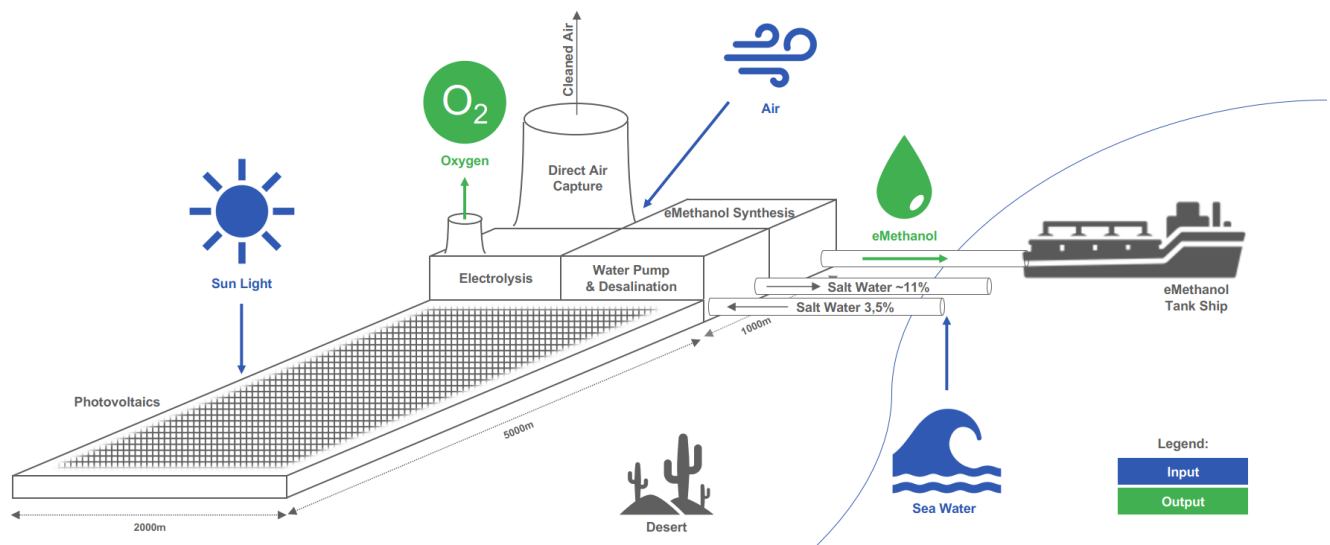
Wer wird das denn bezahlen?

Der Kunde wird es zahlen müssen, so wie heute. Es hat keinen Sinn, dass der Staat das bezahlt.

Und wer soll die großen Anlagen anschieben?

Wenn Sie eine Raffinerie oder eine Ölbohrinsel anschauen, die muss auch erst gemacht werden. Das ist der gleiche Prozess.

“The Modern Forest” Blueprint for eMethanol Plant



Quelle: Obrist Group

Welche Schritte sehen Sie auf dem Weg hin zum künstlichen Wald?

Es muss einen Kohlenstoffkreislauf geben. Und es ist zuerst zu überlegen, ob der mit Biomasse oder konzentrierten Quellen gefahren werden kann oder ob man Direct Air Capture im großen Stil einsetzen kann. Das wissen wir noch nicht. Und das wird auch noch eine Weile dauern, bis man das wirklich beurteilen kann. Parallel dazu müssen die anderen Teilprozesse weiterentwickelt werden. Zuerst die Elektrolyse. Da ist man schon relativ weit. Und da bin ich zuversichtlich, dass man eine stabile Technologie in den nächsten zehn Jahren im Weltmaßstab hat. Das geht heute schon ganz gut, aber das kann man noch verbessern. Ich rechne damit, dass die Kosten des Elektrolyseurs von der Größenordnung her vielleicht ein Viertel der heutigen Kosten sein werden. Und dann gibt es die chemische Umwandlung. Heute beherrschen wir eine Größenordnung von etwa 100 Millionen Tonnen pro Jahr. Perspektivisch brauchen wir das 20-Fache. Aber da ist nicht mehr sehr viel rauszuholen. Dann gibt es noch Fragen der Regelung, der Steuerung, der Gasreinigung und wie man den ganzen Prozess fährt. Da laufen heute bereits Untersuchungen. Die müssen aber beschleunigt weitergeführt werden. Es gibt sogenannte CCU-Projekte (Red: Carbon Capture and

Usage). Ich selber bin in einem solchen Projekt eingebunden, wo man bis in einigen Jahren die 100.000-Tonnen-Dimension erreichen wird. Aber man muss dabei in die Multimillionen-Tonnen-Dimension vorstoßen. Und das dauert einfach.

An welches Verfahren denken Sie dabei?

Sie nehmen CO₂ und grünen Wasserstoff. Und die einfachste Reaktion, die der Chemiker damit durchführen kann, ist die Methanol-Synthese. Deswegen glaubt man auch, dass Methanol ein wichtiges Plattform-Molekül ist. Weil es mit Abstand das Einfachste ist, was wir tun können.

Was sind ihre politischen Forderungen?

Ich sage jetzt nicht mehr Geld für die Forschung, sondern mehr Freiheit. Wir sind im Augenblick, zumindest in Deutschland, an dem Punkt angekommen, wo der regulatorische Rahmen es verhindert, dass zum Beispiel problemlos Investitionen von privater Hand getätigt werden können. Wir brauchen zuerst einen regulatorischen Rahmen, der die Freiheiten bietet, die Dinge auf einer Skala auszuprobieren, die relevant ist, ohne das ganze Geld zu verbrennen. Denn natürlich kann der Staat mit Steuergeld die Testanlagen finanzieren. Aber wenn sie funktionieren, würde man sich wünschen, dass die dann noch Jahrzehnte weiterlaufen. Und das ist im Augenblick aus rechtlichen Gründen nicht möglich. Außerdem würde ich mir wünschen, dass das Stromsystem richtig gefahren wird. Denn die Grundlage von allem ist die Energiewende im Stromsektor. Derzeit gibt es da einen sehr engen Rahmen, der durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz bestimmt wird. Und das ist, glaube ich, keine gute Entwicklungsbasis. Das Wichtigste ist für mich ein richtiges Marktdesign für den erneuerbaren Strom in Europa, nicht nur in Deutschland, das genügt nicht. Als Zweites würde ich mir einen regulatorischen Rahmen in Europa entsprechend des Green Deals wünschen, der private Investitionen in Forschungsanlagen erlaubt und zwar so, dass man sein Geld zurückbekommt. Und das Dritte, was ich erwarten würde, ist die Konzeption einer Infrastruktur in Europa, damit man Wasserstoff und seine Derivate genauso wie Strom einigermaßen grenzüberschreitend verteilen und austauschen kann. Das sind die drei wichtigsten Prioritäten, die in den nächsten fünf Jahren geschaffen werden müssten.

Bei der Infrastruktur denken Sie an Gaspipelines...

...ja, und Kavernen und Häfen. Man muss sich ja vorstellen, das erreicht gewaltige Dimensionen, wenn man das wirklich tut. So viel wie heute Gas und Öl. Und wenn Sie sich mal den Rotterdamer Hafen anschauen oder den Hamburger Ölhafen, diese Anlagen sind auch nicht in einem Jahr gebaut worden.

Was hoffen Sie davon persönlich noch zu sehen?

Also ich hoffe, dass man begreift, dass die Energiewende nicht nur elektrische, sondern auch stoffliche Energieträger benötigt. Ich hoffe, die Anfänge einer Wasserstoff-Infrastruktur in meinem Leben zu sehen. Ich bin ziemlich sicher, dass ich auch grüne Brennstoffe erleben werde, um wieder zum Ausgangspunkt zurückzukehren. Zum Beispiel in Form von E-Kerosin, möglicherweise auch als Antrieb für Schiffe und für

Baumaschinen, wo man mit der Elektromobilität nicht zurechtkommt. Und ich hoffe inständig, dass ich ein besseres regulatorisches Rahmenwerk sehen werde. [Zum Interview...](#)

Weitere Nachrichten aus dem Umfeld von Global Energy Solutions

Synthetische Kraftstoffe als Beimischung zu regulärem Benzin

Mit diesem Vorschlag zielt Global Energy Solutions aktuell auf die laufenden Koalitionsverhandlungen in Baden-Württemberg. Gleichzeitig möchten wir auch die gesamte Politik in Europa ansprechen sowie die entsprechenden Wirtschaftsverbände. Unser Appell im Wortlaut:

Das Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n) und Global Energy Solutions e. V. empfehlen der Politik nachdrücklich, bei der bis Ende Juni zu finalisierenden RED II Richtlinie für fossil angetriebene Fahrzeuge (PKW / LKW) eine Beimischungsquote für fossil angetriebene synthetische Kraftstoffe (reFuels) festzulegen. Es geht dabei perspektivisch um die Klimaneutralität des Fahrzeugbestands, aber auch um Technologieoffenheit für Fahrzeuge mit nicht-fossilen Verbrennermotoren in Ergänzung zu batterieelektrischen Fahrzeugen. Eine Beimischungsquote von 10 % bis 2030 würde zu diesem Zeitpunkt in Deutschland etwa 15 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr einzusparen erlauben. Dies wäre ein erhebliches Volumen, auch in Ergänzung zu den Potentialen aus dem erfolgenden Hochlauf der E-Fahrzeugflotte. Bis 2040 könnten über eine weiter steigende Beimischungsquote die ganze (verbleibende) Bestandsflotte (PKW, LKW) in Deutschland klimaneutral gestellt werden. Potentiell geht es dabei um mehr als 100 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr. Das Thema Beimischungsquote hat für Deutschland eine enorme industriepolitische Bedeutung. Für die Welt ist es ein Schlüsselthema zu der Frage, ob das 2°-Ziel gehalten werden kann oder nicht. Denn es geht um eine klimaneutrale Lösung für die 1,3 Milliarden Fahrzeuge umfassende Bestandsflotte und damit um jährlich ca. 5 Mrd. Tonnen CO₂, die durch einen Einsatz von synthetischen Kraftstoffen vermieden werden könnten.

CO₂-neutrale Antriebstechnik für PKW und Nutzfahrzeuge

Die Wissenschaftliche Gesellschaft für Kraftfahrzeug- und Motorentechnik (WKM) hat ein Positionspapier zur Vielfalt CO₂-neutraler Antriebstechnologie und insbesondere zu den Potentialen synthetischer Kraftstoffe vorgelegt. Darin plädiert sie für Technologieoffenheit bei der Antriebstechnik, „um die CO₂-Emissionen durch fossile Energieträger weltweit und schnell reduzieren zu können“. Nur ein geeigneter Mix an Technologien, je nach Anwendung, führe zu den gewünschten Ergebnissen. Die Führungspersonen auf dem Gebiet der Fahrzeug- und Motorentechnik plädieren in Städten durchaus für batterieelektrische Mobilität. Bei der Brennstoffzellentechnologie dürfe Europa nicht den Anschluss verlieren. Wichtig sei es aber auch, den Verbrennungsmotor in Verbindung mit CO₂-neutralen Kraftstoffen weiterzuentwickeln. WKM betont, dass es schließlich auch darum geht, Menschen mit niedrigem Einkommen auch zukünftig

erschwingliche CO₂-freie Mobilität in Hinblick auf lange Strecken zu ermöglichen. In Sachen Technologieoffenheit vertritt die WKM dieselbe Position wie Global Energy Solutions. [Weiterlesen...](#)

Radermacher: Deutschlands Klima-Nationalismus wird der Welt nicht helfen

Deutschland fokussiert sich im Kampf gegen den Klimawandel zu sehr auf nationale Ziele und Maßnahmen. Die sind im globalen Kontext jedoch kaum relevant. Das ist die Auffassung von Franz Josef Radermacher, Vorstandsmitglied von *Global Energy Solutions*. Die deutsche und die europäische Klimapolitik nähmen einflussreiche globale Entwicklungen kaum zur Kenntnis, etwa die Bevölkerungsentwicklung. Bis zum Jahr 2050 werden etwa 2,5 Milliarden Menschen hinzukommen, jedes Jahr einmal Deutschland. Auch die Rolle Chinas, mit Abstand der größte Emittent von CO₂, werde kaum gewürdigt. In *Focus-Online* fordert Radermacher zum Umdenken auf. [Weiterlesen...](#)

Sie finden unseren monatlichen Newsletter interessant? Dann empfehlen Sie [ihn](#) gerne weiter oder senden ihn gleich an Freunde oder Bekannte. Abonnieren Sie ihn [hier](#) kostenfrei. Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

Impressum: Global Energy Solutions e.V, Lise-Meitner-Straße 9, D-89081 Ulm, Germany | +49 (0) 731-85071287
|office@global-energy-solutions.org | <https://global-energy-solutions.org> | Vorstand: Christof von Branconi

Weitere Infos unter:



global-energy-solutions.org