

# TRUGSCHLÜSSE & INKORREKTHEITEN IN DER ENERGIE- UND KLIMAKRISE

Ulrich Begemann  
Bert Beyers  
Christof von Branconi  
Estelle Herlyn  
Hans-Peter Sollinger  
Franz Josef Radermacher

18. November 2022

Korrespondenzadressen:

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW/n), Lise-Meitner-Str. 9, D-89081  
Ulm, Tel. 0731-850712 81, Fax 0731-850712 90, E-Mail: [info@fawn-ulm.de](mailto:info@fawn-ulm.de), <http://www.fawn-ulm.de>

Global Energy Solutions e. V., Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm, Tel. 0731-850712 80, Fax 0731-850712 90, E-  
Mail: [office@global-energy-solutions.org](mailto:office@global-energy-solutions.org), <http://www.global-energy-solutions.org>

## Vorbemerkung

Ein zentraler Begriff in den Diskussionen um Energiewende und Klimaschutz ist **De-karbonisierung**. Mit Dekarbonisierung ist meist Defossilisierung gemeint, dies in dem Sinne, dass keine fossilen Energieträger mehr genutzt werden sollen, um den Eintritt von CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre zu vermeiden. Gegen Carbon, d. h. Kohlenstoff, kann jedoch niemand sein, denn Kohlenstoff ist das zentrale Atom für die Lebensprozesse auf der Erde. Die Natur verwendet es reichlich und führt es bevorzugt im Kreis.

Die postulierte Notwendigkeit einer Defossilisierung geht ebenfalls auf einen irreführenden Denkraum zurück: Die Nutzung fossiler Energieträger ist unter Klimaschutzaspekten nämlich dann unproblematisch, wenn CO<sub>2</sub> konsequent und wirkungsvoll abgefangen wird (**Carbon Capture**). Das Ergebnis wäre eine **fossile „grüne“ Energieproduktion**. Statt über Defossilisierung zu reden, ist das eigentliche Thema eine klimaneutrale (oder Low-Carbon) Energiebereitstellung zu erträglichen Kosten und bei ausreichender Energiesicherheit.

Die folgenden Ausführungen sind vor dem Hintergrund eines Referenzvorschlags für die Adressierung der weltweiten Energie- und Klimathemen zu sehen, der von Global Energy Solutions (GES) und dem Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung/n (FAW/n) in den letzten Jahren entwickelt wurde. Ein **Positionspapier von GES**, welches die Argumente einer Low-Carbon-Energiebereitstellung darlegt, hängt an.

## Überblick

1. Der Welt in Deutschland zeigen, wie es geht: Klimanationalismus
2. Die Sonne schickt keine Rechnung
3. Die neuen Erneuerbaren sind bei uns bald die wichtigste Energiequelle
4. Die Fortschritte bei Batterie-Energiespeichern sind beeindruckend
5. 80 % Stromerzeugung aus Erneuerbaren ist in Deutschland ein sinnvolles Ziel?
6. Wir sind gut: Der Energieverbrauch in Deutschland geht kontinuierlich zurück
7. Jedes weitere Windrad in Deutschland hilft gegen den Klimawandel
8. Deutschlands wichtigster Beitrag: Klimaneutralität in 2045
9. Elektromobilität ist viel effizienter als synthetische Kraftstoffe/eFuels für PKWs
10. Auch LKWs sollten elektrisch betrieben werden
11. Die Industrieländer sind schuld und die „Bösen“
12. Afrika möge eine „Renewables only“-Strategie verfolgen
13. Defossilisierung ist der Königsweg beim Klimaschutz /Carbon Capture wird ausgeklammert
14. CO<sub>2</sub> an Punktquellen abzufangen wird abgelehnt
15. Carbon Capture ist nicht erprobt und die verpressbaren Volumina sind viel zu klein
16. Verengung des Lösungsraums
17. Grüner Wasserstoff statt Erdgas zum Management der Volatilität der Erneuerbaren
18. Wenn Deutschland weniger Öl und Gas verbraucht, hilft dies dem Klima
19. ANHANG: Ergebnis / Positionierung Global Energy Solutions e.V.

## 1. Der Welt in Deutschland zeigen, wie es geht:

### Klimanationalismus

Die Klimakrise kann nur global gelöst werden. Unsere Politik bewegt sich hingegen bevorzugt in einem nationalen Denkraum (**Frame**), gibt viel Geld aus und aktiviert viel persönliches Engagement der Menschen an der falschen Stelle, nämlich national. So wird der Einsatz da, wo es helfen würde, z. B. in den Entwicklungsprozessen der Schwellenländer mit schnell weiterwachsenden Bevölkerungen, sehr weitgehend verhindert. In diesem Sinne behindert unsere Politik durch **Mittelfehlallokationen** teilweise sogar den Kampf gegen den Klimawandel, statt ihn zu befördern.

Wir tragen mit unserer Klimapolitik nicht wesentlich zur Erreichung des Pariser Klimaziels bei. Das Ziel lautet weniger als 2°C Temperaturanstieg im Verhältnis zur vorindustriellen Zeit, besser nur 1,5°C. Das Ziel wird nicht erreicht werden. Es gibt auch keinen völkerrechtlich bindenden Vertrag, der dieses Ziel zum Gegenstand hätte, ganz abgesehen davon, dass selbst ein völkerrechtlich bindender Vertrag nicht viel nützen würde, da die Lastenaufteilung zwischen den Staaten nach wie vor ungeklärt ist. Unbedingt notwendig sind in jedem Fall sehr viel mehr Kooperation und entsprechende Geldflüsse von reichen zu armen Ländern (**Klimafinanzausgleich**).

## 2. Die Sonne schickt keine Rechnung

Das ist zwar wahr, aber was heißt das schon? Denn leider ist die Sonne nur schwer zu „ernten“. Der „Erntefaktor“ ist niedrig<sup>1</sup> und liegt bei Photovoltaik in unseren Breiten nur bei einem Faktor 4. Unter „Erntefaktor“ versteht man das Verhältnis von gewonnener Energie zu dafür aufgewendeter Energie in Form von Bau, Rückbau, Brennstoff

---

<sup>1</sup> Vgl. Weißbach, D.; Ruprecht, D.; Huke, A.; Czerski, K.; Gottlieb, S.; Hussein, A. (2013): Energy intensities, EROIs (energy returned on invested), and energy payback times of electricity generating power plants, *Energy*, Volume 52, 2013  
Fthenakis, V.M.; Leccisi, E. (2022): Solar Photovoltaic Energy, in: *Comprehensive Renewable Energy*; Science Direct (Second Edition), im Internet unter: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-return-on-investment>

und Unterhalt. Bei einem Kernkraftwerk liegt der Erntefaktor bei nahezu 100. Im Übrigen kennen wir die Probleme beim „Ernten“ kostenfreier Güter auch aus anderen Bereichen. Jäger und Sammler wissen z. B., wie mühselig jagen und sammeln sein kann, auch wenn niemand Rechnungen schickt. Und natürlich schickt auch ein Uran-Depot keine Rechnungen.

### **3. Die neuen Erneuerbaren sind bei uns bald die wichtigste Energiequelle**

Bei uns wird oft mit Stolz darüber berichtet, dass der Anteil der Erneuerbaren in Deutschland schon fast 50 % erreicht hat. Viele Bürger glauben deshalb, dass bei uns Photovoltaik und Wind (sogenannte neue Erneuerbare) bald schon den Großteil der genutzten Energie beisteuern werden. Das trifft aber nicht zu!

Fast 50% Erneuerbare bezieht sich (nur) auf die deutsche Stromerzeugung (503 TWh 2020, davon 47 % Erneuerbare) und nicht auf den gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland (2.333 TWh 2020), wobei Photovoltaik und Wind, also die neuen Erneuerbaren, 34,6 % der Stromerzeugung ausmachen und die anderen 12,4 % die alten Erneuerbaren wie Biomasse, Wasserkraft, etc. betreffen.

Bezieht man nun die neuen Erneuerbaren (Photovoltaik und Wind) auf den gesamte deutschen Endenergieverbrauch (2.333 TWh 2020), so sind es nur 7,4 %, wobei Photovoltaik etwa 1,9 % und Wind etwa 5,5 % beitragen. Der Beitrag der alten Erneuerbaren (Biomasse, Wasserkraft, etc.) am Gesamtendenergieverbrauch (also über den Stromsektor hinaus) ist größer als derjenige der neuen Erneuerbaren. Allerdings können die alten Erneuerbaren kaum noch weiter ausgebaut werden. Eher ist bei der Nutzung von Biomasse wegen Konkurrenz zu anderen Nutzungsformen über die nächsten Jahre mit einem Rückbau zu rechnen.

Noch desillusionierender ist, wenn man die Welt betrachtet. Am gesamten globalen Endenergieverbrauch (ca. 120.000 TWh) machen Photovoltaik und Wind zusammen nur noch 1,8 % aus. Allein die Wasserkraft ist mit einem doppelt so großen Anteil (3,6 %) an der globalen Endenergiebereitstellung beteiligt.

#### **4. Die Fortschritte bei Batterie-Energiespeichern sind beeindruckend**

Die Aussage ist falsch! Wenn heute von großen neuen Batterie-Energiespeichern die Rede ist, handelt es sich um Speicher zur Sicherung der Netzstabilität. Solche Speicher helfen Schwankungen auf Minutenebene (u. U. auch für den Zeitraum einer Stunde) auszugleichen, nicht aber für die Überbrückung von Dunkelflauten. Die deutschen Gasspeicher haben eine Kapazität von ca. 200 TWh, die größer ist als die gesamte Jahresproduktion der neuen Erneuerbaren in Deutschland, die 2020 174,1 TWh betrug. Große Batterie-Energiespeicher erreichen aktuell nicht einmal 1 Promille dieses Wertes. Und auch bei der Speicherung von Wasserstoff wird aufgrund der geringeren Energiedichte des Wasserstoffs in vorhandenen Erdgasspeichern höchstens noch ein Viertel der Energiespeichermöglichkeit von Erdgas zur Verfügung stehen.

#### **5. 80 % Stromerzeugung aus Erneuerbaren ist in Deutschland ein sinnvolles Ziel?**

Solar und Wind sind in vielen Teilen der Welt die billigsten Stromerzeugungstechnologien. Aufgrund der Wetterabhängigkeit ist die Erzeugung von Strom aus Wind und Solar jedoch fluktuierend. In den Stunden, in denen wenig Wind weht oder die Sonne nicht scheint, muss dennoch genügend Strom zuverlässig und zu gleichbleibender Qualität verfügbar sein. Die fluktuierende Erzeugung aus Wind und Solar und die damit einhergehende Volatilität verursacht neben den Stromerzeugungskosten weitere Kosten für das Stromsystem. Vor allem müssen die Stromnetze ertüchtigt und ausgebaut werden, da die Solar- und Windanlagen oft nicht an den Verbrauchszentren stehen. Ebenso werden weitere Systemdienstleistungen, bspw. für die Steuerung der Angebots- und Nachfrageseite, für einen nachhaltig sicheren Netzbetrieb benötigt. Batteriespeicher werden zusätzlich zum Ausgleich von Schwankungen auf der Sekunden- und Minutenebene erforderlich, um die Soll-Stromfrequenz im Netz stabil zu halten. Bei steigenden Anteilen fluktuierender Erzeugung werden zunehmend großvolumigere Speichersysteme und Backup-Kapazitäten wie z.B. Gaskraftwerke notwendig. Erzeugungsspitzen können genutzt, Dunkelflauten müssen ausgeglichen werden. Diese indirekten

Systemkosten wachsen bei zunehmendem Anteil der Erneuerbaren an. Denn der immer weitergehende Ausbau der neuen Erneuerbaren erhöht die Volatilität der Energiebereitstellung, vergrößert Erzeugungsspitzen, erschwert die Beherrschung der Dunkelflauten und beseitigt die Probleme (leider) nicht. Damit sind die Erneuerbaren in einer Gesamtrechnung deutlich teurer als meist dargestellt wird. Immer mehr von den vermeintlich billigen Erneuerbaren ist sicher nicht die preiswerteste Basis für ein zuverlässiges Stromversorgungssystem. Für Anteile über 60 % Solar- und Windkapazitäten werden Stromspeichermengen von tendenziell mindestens 20 Prozent des Jahresstromverbrauchs erforderlich, eine Energiemenge die eine durchdachte Speicher- und Rückverstromungsstrategie unverzichtbar macht. Diverse Studien prognostizieren bei einer gegenwärtigen deutschen Gaskraftwerkskapazität von ca. 30 GW einen Ausbaubedarf um 14-42 GW bis 2030/2035 und 26-88 GW 2045. Ohne Kapazitätsmärkte erscheint dieser Ausbau nicht finanzierbar, ein Zeichen dafür, dass die erforderlichen Investitionen ohne Subventionen nicht stattfinden. Es sind die indirekten Kosten der Erneuerbaren und die mit Ihnen verbundene zunehmende Komplexität, welche Solar- und Windenergie teuer machen. Die Frage danach, welcher Anteil Erzeugung aus Solar und Wind sowohl volkswirtschaftlich vernünftig als auch klimapolitisch sinnvoll ist, wird in der Regel fälschlicherweise nicht gestellt.

## **6. Wir sind gut: Der Energieverbrauch in Deutschland geht kontinuierlich zurück**

Der Energieverbrauch in Deutschland geht kontinuierlich zurück, wird behauptet. In Wahrheit ist der Endenergieverbrauch, d.h. die nach Wandlungsverlusten tatsächlich verbrauchte Energie, über 30 Jahre bis 2019 nur um 4,5 % gesunken und in einigen Bereichen, wie Verkehr, sogar gestiegen und im Bereich Haushalte über 30 Jahre bis 2019 praktisch unverändert geblieben.

## 7. **Jedes weitere Windrad in Deutschland hilft gegen den Klimawandel**

Diese Aussage ist falsch. Jedes weitere Windrad ersetzt in der Regel Kohlestrom, für den die deutschen Betreiber in der Folge keine Zertifikate des europäischen Zertifikatesystems (ETS) mehr benötigen. Diese freiwerdenden Zertifikate stehen anderen Emittenten des Energiesektors in der EU zur Verfügung. Die finanzielle Förderung des Ausbaus der Erneuerbaren verbilligt die Emissionen anderer europäischer Emittenten in entsprechendem Umfang und führt zu deren Ausweitung.

## 8. **Deutschlands wichtigster Beitrag: Klimaneutralität in 2045**

Es wird so getan, als würden wir damit dem Klimaschutz helfen. Tatsächlich ermöglichen wir es aber wegen der bestehenden EU-Regulierung anderen europäischen Staaten, ihre Transformation bis 2050 weniger ambitioniert zu gestalten. Im Rahmen der EU-Verrechnungen wird Deutschland dafür bezahlt werden, wenn es schon 2045 klimaneutral ist. An der CO<sub>2</sub>-Belastung der Atmosphäre wird sich dadurch jedoch nichts ändern, nicht einmal eine Tonne wird reduziert. Es sei denn, die EU ändert ihre Zielvorgaben.

## 9. **Elektromobilität ist viel effizienter als synthetische Kraftstoffe/eFuels für PKWs**

Das stimmt in Deutschland, ist aber vor allem eine Folge der hohen **Ineffizienz der Produktion von neuen Erneuerbaren in Deutschland**. Sie bilden einen Engpass. Daraus machen wir in der Folge einen noch größeren Engpass in Bezug auf grünen Wasserstoff (den sog. „Champagner“ der Energiewende). Gegenüber den besten Standorten der Welt ist die Produktion der neuen Erneuerbaren bei uns um den Faktor 3 weniger effizient. Dann bleibt im Wesentlichen nur noch die Verwaltung von Knappheit. International sieht die Lage völlig anders aus. Elektromobilität mit in unseren Breiten erzeugtem Strom aus neuen Erneuerbaren ist nicht effizienter als die Nutzung synthetischer Kraftstoffe aus weltweit geeigneten Produktionsstandorten für diese Energieträger. Aber diese Kraftstoffe sind nicht gewollt, einerseits, weil weitgehende Ener-

gieautarkie angestrebt wird und andererseits zudem eine Konkurrenz zu batterieelektrischen PKWs entsteht. Elektromobilität mag energieeffizienter sein, aber nicht kosteneffizienter, wenn die in vielen Studien gemachte Prämisse der Energieautarkie, also das alleinige Sourcing der jeweiligen Kraftstoffe im Inland, fallen gelassen wird.

## **10. Auch LKWs sollten elektrisch betrieben werden**

Die naheliegende Lösung „synthetische Kraftstoffe“ für LKWs soll unbedingt vermieden werden. Denn dann wäre dies auch eine Lösung für PKWs. Dort will man wegen der Knappheit an grünem Wasserstoff im Autarkiemodus unbedingt Batterieelektrik. Deshalb sollen nun die LKWs in dasselbe Korsett gezwungen werden. Das wird nicht funktionieren und weltweit schon gar nicht. Denn Flugzeuge, Schiffe, LKW und zahlreiche Nutzfahrzeuge müssen leicht sein, um Fliegen, Lasten transportieren und sich in unwegsamem Gelände bewegen zu können. Hier verbietet sich eine Batterie aufgrund einfacher Abschätzungen. Die Zuladung einer 40t Sattelzugmaschine beträgt 26t. Eine typische LKW-Batterie für Fahrzeuge dieser Größenordnung wiegt ca. 5t. Somit verringert sich die Zuladung um 20%, insofern müsste die Regulierung der Zulassungsbedingungen bei Schweren Lkw durch die Politik angepasst werden. Der Verlust von 5t Ladevolumen wäre im hart umkämpften Speditionsgewerbe mit Margen von wenigen Prozent inakzeptabel. Es gilt einen weiteren Aspekt zu betrachten. Die Anschaffungskosten von Batterie-LKW sind wesentlich höher als die von Verbrennern und die Batteriekosten werden auf absehbare Zeit kaum sinken. So zeigen Modellrechnungen, dass die Transportkosten eines Wasserstoff-LKWs mit Verbrennungsmotor deutlich unter denen von Batterie LKW liegen. Ein leistungsfähiges Ladenetz mit 600 kW bis 1.000 kW existiert bis auf weiteres ebenfalls nicht in Deutschland und erst recht nicht europaweit.

## **11. Die Industrieländer sind schuld und die „Bösen“**

Immer wieder wird thematisiert, dass die Industrieländer schuld seien an der Klimakatastrophe. Nicht thematisiert wird, dass vor allem diese in den letzten 2 Jahrhunderten der Welt die moderne Zivilisation und die heutige Klimatechnologie (für Wärme und Kälte) gebracht haben. Alle Staaten der Welt wollen diese haben. Würden die Entwicklungs- und Schwellenländer nicht nach dieser Zivilisation und einem entsprechenden

Lebensstandard streben, gäbe es bis auf Weiteres kein Klimaproblem. Dabei ist es nachvollziehbar, dass die moderne Zivilisation das legitime Ziel der Menschen auf der Welt ist. Und natürlich muss das daraus resultierende Klimaproblem gelöst werden. Aber bitte nicht mit einseitigen Schuldzuweisungen, sondern in fairer internationaler Zusammenarbeit.

## **12. Afrika möge eine „Renewables only“ Strategie verfolgen**

Es wird so getan, als sei „Renewables only“ eine sinnvolle und wohlstandsbringende Strategie für Afrika. Mit Realismus betrachtet hat sie aber vor allem die Wirkung, Afrika arm zu halten. Natürlich hilft auch das dem Klima. Aber diese Form von Klimaschutz widerspricht völlig der Agenda 2030 und den UN-Positionen zu dieser Frage. Die Afrikaner emittieren bisher pro Kopf kaum CO<sub>2</sub> und haben das international akzeptierte Recht, ihre Pro-Kopf-Emissionen weiter zu erhöhen. Nicht überraschend sprechen die Afrikaner heute von der „Heuchelei des Nordens“<sup>2</sup>, der schon immer pro Kopf sehr viele CO<sub>2</sub>-Emissionen erzeugt, nach wie vor sehr viele fossile Energieträger nutzt und aktuell wegen des gestörten Verhältnisses mit Russland deutlich mehr Öl, Gas und Kohle aus Afrika zu importieren beabsichtigt, bzw. dass auch bereits tut, während er den Afrikanern „Renewables only“ empfiehlt.

## **13. Defossilisierung ist der Königsweg beim Klimaschutz / Carbon Capture wird ausgeklammert**

In der Philosophie der strikten Defossilisierung müssen die fossilen Energieträger im Boden bleiben. Die Möglichkeit eines wirkungsvollen Carbon Capture (also des Abfangens von CO<sub>2</sub> und seine Nutzung bzw. seine Aufbewahrung in früheren Öl- und Gasproduktionsstandorten) wird nicht gesehen bzw. nicht gewollt und deshalb thematisch ausgeklammert. Damit wird eine wichtige Option vom Diskurs ausgeschlossen. Diese Option ist für die nächsten Jahrzehnte eine besonders naheliegende Lösung mit hohem Wirkungspotential. Das wird auch von wichtigen Net-Zero-Studien, z. B. von

---

<sup>2</sup> Herlyn, E., Radermacher, F. J.: Die „Heuchelei“ der reichen Länder - Einblicke in die aktuelle internationale Debatte um den richtigen Weg zur Transformation des globalen Energiesystems, FAW/n-Report, 2022

IEA oder IRENA, als erforderlich gesehen. Perspektivisch geht es um die Beseitigung von etwa der Hälfte der heutigen CO<sub>2</sub>-Emissionen im energienahen Bereich. Auch Kernenergie wird weltweit von einer gewissen Bedeutung sein. Parallel müssen die Erneuerbaren und insbesondere die neuen Erneuerbaren unter Berücksichtigung der mit ihnen einhergehenden hohen Volatilität ausgebaut werden.

#### **14. CO<sub>2</sub> an Punktquellen abzufangen wird abgelehnt**

Carbon Capture ist besonders wirkungsvoll an Punktquellen für CO<sub>2</sub>, wie z. B. bei Kohlekraftwerken oder bei der Eisen- und Stahlerzeugung. Das wird aber abgelehnt. Wenn CO<sub>2</sub> abgefangen wird, dann soll dies z. B. mit Direct Air Capture geschehen, was aber bis heute extrem teuer und energieintensiv und deshalb nicht besonders klug ist. Man sollte das CO<sub>2</sub> dringend an Punktquellen abfangen, denn dort ist die Konzentration des CO<sub>2</sub> im Luftstrom am höchsten. Das Gegenargument ist ein vermeintlicher Lock-In-Effekt zugunsten fossiler Brennstoffe. Die Welt ist jedoch aktuell und für viele Jahrzehnte unvermeidbar stark in fossilen Brennstoffen verankert - Lock-In-Effekt hin oder her. Unsere Lage wäre viel günstiger und die Klimakrise massiv eingedämmt, wenn durch konsequenten Ausbau von Carbon Capture fossile Energieträger zu klimafreundlichen Lösungen würden.

#### **15. Carbon Capture ist nicht erprobt und die verpressbaren Volumina sind viel zu klein**

Das Gegenteil ist richtig. Ölförderländer bringen schon immer CO<sub>2</sub> über die Bohrlöcher in Förderfelder ein, um die Ausbeute zu erhöhen. So wird Carbon Capture in den USA seit 30 Jahren kommerziell betrieben, und zwar als sogenanntes „**Enhanced Oil Recovery**“ (EOR). Dies nicht primär wegen der Klimaeffekte. Vielmehr wird das CO<sub>2</sub> in Öl- und Gaslagerstätten eingebracht, um die Produktion weiter aufrecht zu erhalten, wenn der natürliche Druck zurückgeht. In diesem Kontext lohnt sich Carbon Capture kommerziell, auch ohne jede finanzielle Förderung durch den Staat. In Bezug auf mögliche Volumina sei der norwegische Regierungschef zitiert. Er hat den Europäern jüngst angeboten, das gesamte in den nächsten 100 Jahren in Europa anfallende CO<sub>2</sub>

zu Preisen von ca. 30 Euro in ausgebeutete norwegische Gasfelder in der Nordsee einzubringen.

## 16. Verengung des Lösungsraums

Wer das Klimasystem stabilisieren möchte, muss rasch handeln, denn Zeit ist die kritische Ressource. Der Atmosphäre ist egal, wo eine Tonne CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre gelangt oder wo sie herausgeholt wird. Das Ergebnis ist dasselbe, unabhängig vom Ort des Geschehens. Da **Tipping Points** drohen, ist Tempo ein dominantes Thema. Nachjustieren kann man später, wenn die Klimagaskonzentration in der Atmosphäre nicht mehr wächst bzw. sogar absinkt. Leider handeln wir nicht gemäß diesem Zeitdruck. Vielmehr würden viele in Europa am liebsten auch die Kernenergie ganz verbieten, obwohl sie bisher deutlich über 60 % des Stroms in Frankreich liefert und dieser Strom klimaneutral ist. So, als hätten wir keine anderen Sorgen, als uns mit unseren engen Nachbarn über die Einschätzung der Kernenergie zu streiten. Erhebliche Veränderungen in diesem Bereich sind in jedem Fall ein Thema für Jahrzehnte – Tipping Points werden möglicherweise nicht so lange warten.

## 17. Grüner Wasserstoff statt Erdgas zum Management der Volatilität der Erneuerbaren

Die Volatilität der Erneuerbaren, vor allem der neuen Erneuerbaren, soll in unseren Breiten nach den Vorstellungen mancher „Vordenker“ durch Produktion von grünem Wasserstoff, Wasserstoffspeicherung und Wasserstoffverbrennung aufgefangen werden. Damit wird Wasserstoff (gemeint ist grüner Wasserstoff) zum Ersatz für Erdgas. Grüner Wasserstoff aus europäischer Produktion, zusätzlich belastet durch umfangreiche europäische Regulierung, ist ein enorm aufwendiges Produkt („Champagner“ der Energiewende). Dieser grüne Wasserstoff ist extrem teuer und in allen Dimensionen (Bereitstellung, Transport, Speicherung, Verbrennung) teurer als Erdgas. Dieser Weg ist wohlstands-bedrohend. Grüner Wasserstoff ist in unseren Breiten keine kluge Alternative für Erdgas zur Beherrschung der Volatilität. Der „Königsweg“ ist der Einsatz von Erdgas in Verbindung mit Carbon Capture.

## **18. Wenn Deutschland weniger Öl und Gas verbraucht, hilft dies dem Klima**

Dies ist nicht automatisch richtig. Denn eine Senkung unseres Verbrauchs an Öl und Gas führt tendenziell zu Preissenkungen für Öl und Gas, was in anderen Teilen der Welt zu einem Mehrverbrauch von Öl und Gas führen kann. Dies entspricht der Situation unter Punkt 7. Man spricht in diesem Kontext auch vom „Grünen Paradox“.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Vgl. Sinn, H. (2002): Das grüne Paradoxon – Plädoyer für eine illusionsfreie Klimapolitik, Econ Verlag

## Abschlussbemerkung

Die obige Liste lässt sich problemlos erweitern. So handelt es sich auch bei den nachfolgenden Aussagen um Trugschlüsse und Inkorrektheiten:

- Sind die erforderlichen Kapazitäten an Windkraft und Photovoltaik erst einmal aufgebaut, entstehen für die nächsten Generationen keine fixen und variablen Kosten mehr.
- Die Klimarettung ist (nur) durch Verzicht zu schaffen.
- Die hohen Kosten der Klimarettung sind unvermeidlich und eine Investition, von der die nächsten Generationen profitieren werden.
- Technologieoffenheit führt nur zu Verzettelung und Ineffizienzen.
- Zur Erreichung der Klimaziele muss der Staat beherzt in den Markt eingreifen. Ohne Verbote und kleinteilige Ordnungspolitik geht es nicht.
- Weitgehende Energieautarkie auf Staatsebene ist ein erstrebenswerter Endzustand unserer Transformation des Energiesystems.
- Jeder Sektor muss unabhängig von seinen Vermeidungskosten seinen anteiligen Beitrag leisten.
- Deutschland als Vorreiter gibt Orientierung für andere und zeigt, wie es geht.
- Fracking ist gefährlich und somit unverantwortlich.
- Eine reduzierte globale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft durch hohe Vermeidungskosten lässt sich durch staatliche Subventionen kompensieren.
- Leistungsstarke Ökonomien, wie die europäische, können zur Finanzierung eines zukunftsorientierten Gestaltungswillens der Politik Geld in beliebigem Umfang „drucken“.
- Die Energiewende ist ein Erfolg.
- Der Ukraine-Konflikt – und nur dieser - ist die Ursache für die steigenden Energiepreise.

Im Anhang zu diesem Dokument skizziert Global Energy Solutions die wichtigsten Positionen für eine Low Carbon Energiebereitstellung, die die Grundlagen für eine wohlstandsbewahrende Bewältigung der Energie- und Klimakrise sind.

## **ANHANG**

Ergebnis / Positionierung Global Energy Solutions e. V.



Global Energy Solutions e.V.  
For Prosperity and Climate Neutrality



# ERGEBNISSE / POSITIONIERUNG GLOBAL ENERGY SOLUTIONS<sup>1</sup>

Stand September 2022

<sup>1</sup>

[www.global-energy-solutions.org](http://www.global-energy-solutions.org), Postadresse: Lise-Meitner-Str. 9, D-89081 Ulm  
Telefon: 0731 / 8507 5925, E-Mail: [office@global-energy-solutions.org](mailto:office@global-energy-solutions.org)

## **Vorbemerkung**

*Global Energy Solutions e. V. (GES) bearbeitet das Thema in globaler Perspektive. Als wissenschaftliche Einrichtung beschäftigen wir uns ergebnisoffen mit der Frage, ob mit Blick auf 2050 eine Welt mit dann geschätzt 10 Milliarden Menschen in Freiheit und mit wachsendem Wohlstand, insbesondere auch Energiewohlstand, denkbar ist. Dabei sollen vielfältige Anliegen im Umfeld der SDG, insbesondere Menschenrechte, Überwindung der Armut, Erhalt der biologischen Vielfalt und Stabilisierung des Klimasystems beachtet werden. Die Beurteilung von Alternativen beim Klimaschutz orientiert sich insbesondere an Vermeidungskosten für CO<sub>2</sub>. Es geht also um die Frage, was es kostet, eine Tonne CO<sub>2</sub> einzusparen, zu vermeiden oder der Atmosphäre auch wieder zu entziehen. Die Überlegungen sind global ausgelegt, Strategien sind teils in Phasen organisiert. Wichtig erscheinen rasche Absenkungen von CO<sub>2</sub> Emissionen, dies insbesondere auch wegen der zeitlich nicht präzise abschätzbaren Tipping-Point Problematik. GES ist der Überzeugung, dass es nicht eine Lösung für alles geben kann, vielmehr arbeiten wir an einem „Lösungsbaukasten“ mit mehreren Bausteinen, die ineinandergreifen.*

### **1. Klimafreundlicher Strom**

Eine wohlstandsverträgliche Energie- und Klimastrategie für die Welt mit Blick auf 2050 und 10 Milliarden Menschen benötigt – auch anteilig – ein Vielfaches der heutigen Menge klimafreundlichen Stroms. Dieser wird auf verschiedenen Wegen erzeugt werden: alte und neue Verfahren zur Nutzung von erneuerbaren Energien, fossile Energieträger mit CCUS und Kernenergie Lösungen<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Perspektivisch können weitere, bahnbrechende Innovationen in der Zukunft wichtig werden, z. B. im Bereich der Kernfusion.

## **2. Klimafreundlicher Wasserstoff**

Ebenso benötigt wird klimafreundlicher Wasserstoff (Low Carbon H<sub>2</sub>), produziert mit klimafreundlichem Strom über Elektrolyse oder (ohne Elektrolyse) als sogenannter blauer Wasserstoff aus Erdgas<sup>3</sup> in Verbindung mit Carbon Capture and Storage (CCUS<sup>4</sup>) oder als sogenannter türkiser Wasserstoff aus Erdgas ohne CCUS<sup>5</sup>. Low Carbon H<sub>2</sub> spielt für die Sektoren-Kopplung eine wichtige Rolle und ist für viele Industrieproduktionen von Bedeutung, u.a. für Stahl und Chemie, aber ebenso für Wärme-/ Kälteversorgung und für Mobilität in der Breite. Der Aufbau einer international vernetzten Wasserstoffwirtschaft stellt aufgrund der Komplexität der zu schaffenden Lieferketten eine erhebliche Herausforderung dar, ist aber zur zeitnahen Erzielung der erforderlichen „Economies of Scale“ für die Bewältigung der Herausforderungen im Klima- und Energiebereich unabdingbar.

## **3. Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS)**

CCUS ist in zeitlicher Hinsicht ein Schlüsselthema zur Erzielung schneller CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung und besitzt ein breites Einsatzfeld. CCUS verspricht rasche Verbesserungen in Bezug auf den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Zivilisation. Die Methoden sind anwendungsspezifisch und für viele Anwendungsbereiche ausgereift.<sup>6</sup> Wirksamkeit und Effizienz sind hoch. Die entstehenden Mehrkosten sind tragbar, wenn CO<sub>2</sub> bepreist wird. Fördermaßnahmen, wie sie z.B. in den USA bestehen, sind ebenfalls hilfreich. In Entwicklungs- und Schwellenländern sind Finanzierungsbeiträge der

---

<sup>3</sup> Erdgas muss weitestgehend Methan-emissionsfrei zur Verfügung gestellt werden. Best-practice Beispiele zeigen, dass das möglich und finanzierbar ist.

<sup>4</sup> Neuanlagen zeigen, dass das möglich und finanzierbar ist.

<sup>5</sup> Blauer Wasserstoff wird durch Erdgasreforming gewonnen, türkiser Wasserstoff durch Erdgasspaltung.

<sup>6</sup> Die Machbarkeit und Sicherheit sind, z. B. über Enhanced Oil Recovery Technologien, seit Jahrzehnten bewiesen.

Weltgemeinschaft notwendig. Bei Storage wird eine dauerhafte Kohlenstoffrückführung („cradle to grave“) realisiert.<sup>7</sup> Im Fall von CO<sub>2</sub>-Utilization können teilweise geschlossene Kohlenstoffkreisläufe erreicht werden.

#### **4. Skalierungshemmnisse bei Elektrolyseuren**

Es deuten sich (auch mittelfristig) erhebliche Herausforderungen beim Ausbau der erforderlichen Elektrolyseurkapazitäten an. Ursächlich sind hohe Kosten sowie die üblichen „Henne-Ei“-Probleme in entstehenden Märkten mit vielfältig ausdifferenzierten Geschäftsmodellen. Dies belastet die Produktion von klimafreundlichem Wasserstoff über klimafreundlichen Strom. Damit bekommen international vernetzte Projekte, bei denen hohe Laufzeiten für die Elektrolyseure durch besonders wind- und sonnenreiche Standorte bei vergleichsweise niedrigen Transportkosten erzielt werden, eine besondere Bedeutung, um die erforderliche Wirtschaftlichkeit darzustellen. Europa droht sich um diese Chancen zu bringen, wenn europäische Regularien für Importe verpflichtend gemacht werden, wie das heute diskutiert wird (z.B. Lieferkettensorgfaltspflichtengesetz). Das birgt erhebliche Gefahr für die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie und kann zur Abwanderung ganzer Industriezweige führen.

#### **5. Nutzung von CO<sub>2</sub> aus Punktquellen**

Die Nutzung von CO<sub>2</sub> aus Punktquellen (zum Beispiel von Kohlekraftwerken, Zementwerken und bei der Stahl- und Eisenherstellung) ist dringend erforderlich, um die weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen rasch abzusenken.

---

<sup>7</sup> Entnommener Kohlenstoff in Form von Gas und Öl wird als CO<sub>2</sub> wieder eingelagert oder mineralisiert.

## 6. Anforderungen an den wirtschaftlichen Einsatz von Elektrolyseuren

Für einen wirtschaftlichen Einsatz der Elektrolyseure sollten diese über das Jahr gemittelt zu mindestens 60 % ihrer Erzeugungskapazität im Einsatz sein. Die jeweils genutzten Erneuerbaren müssen über das Jahr entsprechende Volumina an klimafreundlichem Strom bereitstellen. Dies ist in kostengünstiger Weise insbesondere in speziellen Regionen der Welt erreichbar und erfordert meist geeignete Kombinationen von Solar- und Windkraft. Beispiele sind der Süden Chiles (nur Wind), das südliche Marokko (Wind/Solar) oder auch Namibia (Wind/Solar). Die Kostensituation verschärft sich, wenn Elektrolyseure nur zeitweise arbeiten können, weil z.B. aufgrund spezifischer regulatorischer Vorgaben verfügbarer erneuerbarer Strom temporär zum Betreiben der Elektrolyseure nicht genutzt werden darf, weil andere Nutzungsarten Vorrang erhalten. Auch die ausschließliche Nutzung von Überschussstrom ist eine wirtschaftlich wenig attraktive Anwendung für Elektrolyseure, aufgrund absehbar geringer Auslastungen (vielleicht 20–40 %).<sup>8</sup> Aufgrund der großen Umwandlungsverluste bei der Rückverstromung des Wasserstoffs empfiehlt GES generell eine klare Priorisierung für die stoffliche Nutzung von Wasserstoff vor der energetischen. Für bestimmte industrielle Anwendungen, zum Beispiel Stahl und Chemie, erscheint auch ein direkter Reduktions- bzw. Nutzungsansatz über Erdgas und CCUS zur Vermeidung des teuren Weges über Low Carbon H<sub>2</sub> sinnvoll.

---

<sup>8</sup> Wenn es um die direkte Stromversorgung geht, ist eine hohe Auslastung bei der Stromerzeugung weniger wichtig. Allerdings ist dann die Volatilität in der Stromversorgung zu adressieren.

## 7. Synthetische Kraftstoffe<sup>9</sup>

Synthetische Kraftstoffe auf Basis von Low Carbon H<sub>2</sub> bilden neben klimafreundlichem Strom und klimafreundlichem Wasserstoff ein drittes Standbein jeder tragfähigen Lösung der weltweiten Zukunftsprobleme in den Bereichen Energie und Klima. Sie haben für eine klimaneutrale Mobilität der Zukunft eine große Bedeutung. Solche Kraftstoffe haben große Vorteile bzgl. Transportierbarkeit, Speicherefähigkeit und Nutzung vorhandener Infrastrukturen. Darin sind sie Wasserstoff überlegen.

Zu den synthetischen Energieträgern/Kraftstoffen gehören klimafreundliches Methanol, Methan, Ammoniak und synthetische Kohlenwasserstoffe (Fischer-Tropsch-Produkte) für unterschiedliche Anwendungen.

Synthetische Kraftstoffe werden u. a. für die klimaneutrale Versorgung der weltweiten Bestandsflotte von heute 1,3 und perspektivisch 1,6 Milliarden Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren benötigt. Man spricht in diesem Kontext auch von E-Fuels. Vor allem in Afrika wird ein großes Wachstum der Verbrennerflotte erwartet. Dies betrifft u.a. massiv den Bereich der LKWs. E-Fuels sind auch für die Bereiche Schifffahrt und Flugverkehr Schlüsselthemen. Neben dem Mobilitätssektor und der

---

<sup>9</sup> Synthetische Kraftstoffe beinhalten in unserer Definition folgende Stoffgruppen: 1. E-Fuels, also Strom-basierte Kraftstoffe (z.B. mittels Photovoltaik, Wind- oder Wasserkraft erzeugt) und 2. Biomasse-basierte Kraftstoffe (z.B. aus Mais oder aus Abfällen wie Stroh, Gülle oder Altholz), kurz: Bio-Fuels. Beide Stoffgruppen können klimaneutral produziert werden. Fossile Energieträger (Kohle, Öl und Gas) sind unserer Definition nach nicht Basis für synthetische Kraftstoffe.

Stromerzeugung können synthetische Kraftstoffe auch für individuelle Wärme-Kältelösungen genutzt werden.

## **8. Klimaneutralität synthetischer Kraftstoffe**

Synthetische Kraftstoffe auf der Basis von klimafreundlichem Wasserstoff sind klimaneutral, wenn das zur Herstellung eingesetzte CO<sub>2</sub> über Direct Air Capture gewonnen wurde oder abgefangenes CO<sub>2</sub> aus Verbrennungsprozessen von biogenem Material bei der Herstellung genutzt wird. Sie sind nicht klimaneutral bei der Nutzung von CO<sub>2</sub> aus Punktquellen, es sei denn, das eingesetzte CO<sub>2</sub> wird nicht zur Klimaneutralitätsstellung der jeweiligen Punktquelle (zum Beispiel für ein klimaneutrales Kohlekraftwerk) verrechnet. Klimaneutralität der synthetischen Kraftstoffe kann aber auch im Fall der Verrechnung des abgefangenen CO<sub>2</sub> für die Klimaneutralität der genutzten Punktquellen erreicht werden und zwar dadurch, dass in entsprechendem Umfang CO<sub>2</sub>-Negativemissionen an anderer Stelle erzeugt und finanziert werden. Dies ist zum Beispiel möglich über Nature-based Solutions<sup>10</sup> und CCUS (Verpressung, Erzeugung von Kohle über Pyrolyse oder Mineralisierung). Wichtig sind in diesem Kontext international abgestimmte Verrechnungsmethoden, die so weit wie möglich sachlich unnötige Materialtransporte vermeiden.

---

<sup>10</sup> Nature-based Solutions müssen umfassenden Nachhaltigkeitsanforderungen gemäß international anerkannten Standards (z.B. ICROA) entsprechen und dürfen nicht zu Lasten der Natur und der einheimischen, manchmal indigenen Bevölkerung gehen. Landrechte sind zu beachten/anzuerkennen, gegebenenfalls zu identifizieren und zu kodifizieren.

# Einsichten für die deutsche Energiewende

(zusätzliches Aufgabenfeld des Vereins „Global Energy Solutions e.V.“, neben dem BMZ-Projekt)

## 1. Ein starkes klimaneutrales Stromsystem für Deutschland

Für Deutschland erscheint zur Erreichung einer hohen Resilienz, überschaubarer Kosten und Stabilität des Gesamtstromsystems eine Kombination aus (neuen) Erneuerbaren und Erdgas mit CCUS tragfähig. Die Begründung für die Kombination der Erneuerbaren mit Erdgas ist ein vergleichsweise kostengünstiger Zugang zur Beherrschung der Volatilität der erneuerbaren Energien.

## 2. Was erfordert eine Beschränkung auf erneuerbare Energiequellen

Ein Stromsystem auf Basis 100 % Erneuerbarer ist technisch möglich, wenn man Solar- und Windkraft entsprechend ausbaut. Strebt man zum Beispiel ein jährliches Volumen von Strom auf Basis neuer erneuerbarer Energie<sup>11</sup> von 1000 TWh an, sind die Wind- und PV-Anlagen gegenüber dem aktuellen Stand etwa um den Faktor 7 auszubauen. Diese liefern dann ca. 1300 TWh Strom, von denen 450 TWh nicht unmittelbar genutzt werden können, da hierfür zum Erzeugungszeitpunkt kein Abnehmer existiert. Dieser Überschuss könnte aber durch Elektrolyseure in Wasserstoff umgewandelt und gespeichert werden. Bei Dunkelflauten könnte dieser Wasserstoff wieder zu 150 TWh verstromt werden, sodass insgesamt die 1000 TWh für die Netzlast zeitgerecht sichergestellt sind. Zur Nutzung des Wasserstoffs werden enorme Kapazitäten an entsprechend geeigneter Transportinfrastruktur sowie geeigneten Speichern und geeigneten Gaskraftwerken benötigt. Dabei geht

---

<sup>11</sup> Wind und Photovoltaik

es um ein Vielfaches der heutigen Kapazitäten. Will man den temporären Überschussstrom weitgehend nutzen, also möglichst alle Stromspitzen einbeziehen, ist die Auslastung des gesamten, teuer für Wasserstoffherstellung zur Volatilitätsbeherrschung ausgebauten Energie-Systems, sehr gering. Das erhöht die Kosten erheblich. Es ist erkennbar, dass ein solcher Umbau mit gewaltigen finanziellen, zeitlichen, regulativen und gesellschaftlichen Erfordernissen und Konflikten verbunden sein wird.

### **3. Elektrolyse-Wasserstoff für alle industriellen Bedarfe**

Will man mit Elektrolyse-Wasserstoff zusätzlich industrielle Anwendungen in den Bereichen Stahl, Chemie etc. versorgen, ist bei entsprechendem Mitteleinsatz ein Ausbau der Erneuerbaren in Richtung von deutlich über 1500 TWh pro Jahr erforderlich. Es müssen dann zu hohen Kosten und bei schwieriger Engpasslage erhebliche zusätzliche Mengen Elektrolyse-Wasserstoff (erzeugt über zum Beispiel 700 TWh CO<sub>2</sub>-armen Strom) verfügbar gemacht werden, die temporär adäquat zu transportieren, zu speichern und zu verbrennen sind, um die Volatilität zu beherrschen. Das verschärft noch einmal die Problemlage, die bereits unter Punkt 2 beschrieben wurde. Damit wird klar, dass Deutschland auch langfristig für die Versorgung seiner Industrie auf den Import von zunächst Erdgas und später verstärkt von Wasserstoff und seinen Derivaten angewiesen sein wird.