

# Kosten von H<sub>2</sub> und die Reduktion mit Wasserstoff bei der Stahlherstellung

geschrieben von Admin | 27. Februar 2024

**Nun soll auch die Herstellung von „grünem“ Stahl durch Umstellung auf das Direktreduktionsverfahren mit Wasserstoff zur Klimaretterung beitragen – doch schon die dafür erforderlichen Energiekosten verschlingen gemessen an der Hochofen-Route Milliarden Euro**

**Dr.-Ing. Erhard Beppler**

## Fazit

Die Energiepreise laufen davon, dennoch soll in allen Sektoren im Sinne der Dekarbonisierung auf Wasserstoff umgestellt werden, ohne sich jedoch der Mühe zu unterziehen, die Kosten für die Umstellung auf Wasserstoff auch nur annähernd zu sichten.

Eine Schlüsselrolle bei der Umstellung auf Wasserstoff soll nun die Stahlindustrie durch Austausch des Hochofenverfahrens gegen das Direktreduktionsverfahren mit dem ausschließlichen Einsatz von Wasserstoff als Reduktionmittel übernehmen. Die Investitionen für diese Umstellung sind weitgehend ausgehandelt.

Die Kosten für die Herstellung bis zur Verarbeitung des Wasserstoffes bei der Umstellung der Stahlerzeugung auf Wasserstoff teilen sich im Wesentlichen auf nach 1. der ausschließlichen Stromerzeugung über Wind und Sonne, 2. der Herstellung von sauberem Wasser, 3. den Herstellkosten in H<sub>2</sub>-Elektrolyseuren, 4. den Energiekosten, 5. den Speicherkosten, 6. den Transportkosten.

Im Folgenden sollen in einem ersten Schritt ausschließlich die Energiekosten bei der Umstellung der Stahlherstellung behandelt werden. Basierend auf thermodynamischen Daten sind zunächst für die Reduktion von 1 kg H<sub>2</sub> 33 kWh erforderlich. Bei einem angesetzten Wirkungsgrad bei der Herstellung des Wasserstoffes in Elektrolysatoren von 70% sind dann für 1 kg H<sub>2</sub> 47 kWh aufzuwenden.

Auf der Basis der Industriestrompreise in 2023 von 0,265 Euro/kWh ergeben sich dann Energiekosten von 12,5 Euro/kg H<sub>2</sub> ( 2022 bei 0,432 Euro/kWh von 20,3 Euro/kg H<sub>2</sub>).

Wird von einer mittleren jährlichen Stahlerzeugung von 42,4 Mio. t Stahl ausgegangen, davon 23,3 Mio. t über die Hochofen-Route, so errechnet sich unter angesetzten Gleichgewichtsverhältnissen (Versuche in Schachtöfen bei ausschließlichem Einsatz von Wasserstoff sind nicht bekannt) für die Umstellung der Hochofenroute auf die Direktreduktion ausschließlich über Wasserstoff ein H<sub>2</sub>-Verbrauch von 3425 t H<sub>2</sub>/Tag (30 800 t H<sub>2</sub>O/Tag) und ein H<sub>2</sub>-Verbrauch von 54 kg/t Stahl (da hier von Gleichgewichtsverhältnissen ausgegangen werden muss, liegen diese Werte unter Betriebsbedingungen natürlich wesentlich höher).

Damit liegen die Energiekosten auf der Basis der Stromkosten in 2023 von 12,5 Euro/kg H<sub>2</sub> bei  $54 \times 12,5 = 675$  Euro/t Stahl (2022 bei Energiekosten von 20,3 Euro/kg H<sub>2</sub> bei 1096 Euro/t Stahl).

Diesen Energiekosten stehen Hochofen-seitig bei einem Koksverbrauch von 450 kg/t Roheisen und angesetzten Kokskosten von 450 Euro/t und bezogen auf eine Tonne Stahl 237 Euro/t Stahl gegenüber (die Zahlen für den Hochofenbetrieb basieren auf Jahrzehnte-langen Erfahrungen).

Daraus errechnen sich dann jährliche Ausgaben alleine für die Energiekosten

– Hochofenbetrieb  $23,3 \text{ Mio.t Stahl/a} \times 237 \text{ Euro/t Stahl} = 5\,500 \text{ Mio. Euro/a}$

– Direktreduktion Basis 2023:  $23,3 \text{ Mio.t Stahl/a} \times 675 \text{ Euro/t Stahl} = 15\,700$  Millionen Euro/a, d.h. etwa 10 Milliarden Euro/a höher gemessen am Hochofenbetrieb (2022: Mehrkosten etwa 20 Milliarden gemessen am Hochofenbetrieb)

Diese Mehrkosten verstehen sich ohne die Kosten für die Erzeugung von grünem Strom über Wind und Sonne, die Wasseraufbereitung, die H<sub>2</sub>-Darstellung in H<sub>2</sub>-Elektrolyseuren, die H<sub>2</sub>-Speicherung sowie den H<sub>2</sub>-Transport innerhalb Deutschlands sowie Seetransporte (zahlreiche Projekte zur Herstellung von Wasserstoff in Lateinamerika, im arabischen Raum und in Afrika laufen auf Hochtouren).

## 1. Einleitung

Die Transformation der Stahlindustrie lässt sich der Staat viele Milliarden Euro kosten: Salzgitter, Thyssenkrupp und auch die Saarstahlholding haben ihre Förderbescheide, jetzt darf auch Arcelor Mittal damit rechnen.

Die Stahlindustrie in Deutschland verursacht knapp 30% der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Industrie und leidet unter den hohen Energiepreisen in Deutschland.

Auch die „Kraftwerksstrategie“ (ein weiterer Sektor) sollte – als Voraussetzung für den Ausstieg aus der Kohle wie der Atomenergie – bisher schon in 2030 umgesetzt sein, nun soll die Stromerzeugung nach einer neuen Zielmarke in 2035 klimaneutral sein. Ursprünglich waren zur Abdeckung der Stromleistung in Wind- und Sonnen- armen Zeiten 50 neue Gaskraftwerke vorgesehen (25 GW), nun sollen in einem ersten Schritt kurzfristig 10 GW ausgeschrieben werden, die nach 2035 vollständig auf Wasserstoff umgestellt werden sollen – erschreckend wenig für die bis dahin geforderten Stromverbräuche. (1)

Dabei fehlt es nicht an Plänen, ohne jedoch in Betracht zu ziehen, mit welchen Kosten diese Umstellungen auf Wasserstoff verknüpft ist.

Im Folgenden wird dieser Frage nur für die aufzubringende Energie für die Umstellung der Stahlindustrie auf die Wasserstofftechnologie nachgegangen. Dabei soll die Hochofen- Route ersetzt werden durch das Direktreduktionsverfahren unter ausschließlicher Nutzung von Wasserstoff.

Bezüglich der Kosten für die Herstellung von Wasserstoff gibt es im Schrifttum eine Reihe von Angaben, die in weiten Grenzen schwanken:

4-8 Euro/kg H<sub>2</sub> (2), 1,23 Euro/kg H<sub>2</sub> für die Herstellung + 5 Euro/kg H<sub>2</sub> für den Transport (3), 6 Dollar/kg H<sub>2</sub> (4), 5,99 Euro/kg H<sub>2</sub> für die Herstellung + 2 Euro/kg H<sub>2</sub> für den Transport (5), +10 Dollar/kg H<sub>2</sub>. (6)

Die Kosten für die Herstellung von Wasserstoff teilen sich im Wesentlichen wie folgt auf:

1. Kosten für die Erzeugung von grünem Strom über Wind und Sonne
2. Kosten für die Beschaffung von sauberem Wasser
3. Herstellkosten in Wasserstoff-Elektrolyseuren
4. Energiekosten
5. Speicherkosten
6. Transportkosten (u.a. Umstellung der Erdgasnetze auf Wasserstofffähigkeit; Wasserstoff-Transport mit Schiffen)

Im Folgenden soll für den Standort Deutschland zunächst versucht werden, ausschließlich die Energiekosten für die Herstellung von Wasserstoff für den Einsatz im Direktreduktionsverfahren genauer zu ermitteln.

## 2. Energiekosten

### 2.1 Energiekosten basieren zunächst auf thermodynamischen Daten

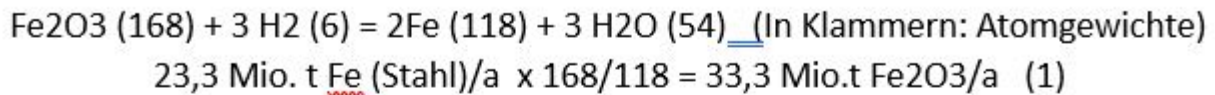
Die unabänderliche Basis für die Abschätzung der Kosten für die Herstellung von Wasserstoff sind zunächst thermodynamische Daten:

-  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2$      $-57\,810 \text{ kcal/kmol}$ , aus denen sich ein Stromverbrauch von 33 kWh/kg H<sub>2</sub> errechnet. Unter Berücksichtigung eines bei der Herstellung von Wasserstoff in Wasserstoff-Elektrolyseuren angesetzten Wirkungsgrades von 70% summiert sich dann der Betrag auf  $33/0,7 = 47 \text{ kWh/kg H}_2$ .

Der Industriestrompreis in Deutschland lag 2023 bei 0,265 Euro/kWh (2022 bei 0,432 Euro/kWh (statista)). Daraus errechnen sich alleine über den Strompreis für 47 kWh/kg H<sub>2</sub> auf der Basis der Energiekosten von 2023:  $47 \times 0,265 = 12,5 \text{ Euro/kg H}_2$  (2022:  $47 \times 0,432 = 20,3 \text{ Euro/kg H}_2$ )

2.2. Kostenvergleich Hochofen-Route mit dem Direktreduktionsverfahren mit ausschließlichem Wasserstoffeinsatz – wo müsste der Preis für Wasserstoff nur auf Basis der Energiekosten liegen, um Kostenparität mit dem Hochofen zu erzielen

Wird von 12,5 Euro/kg H<sub>2</sub> in 2023 ausgegangen, kann bei einer jährlichen Produktion an Stahl in Deutschland über die Hochofen-Route von etwa 23,3 Mio. t unter angesetzten Gleichgewichtsverhältnissen wie folgt gerechnet werden (1):



Für das Direktreduktionsverfahren muss dann die folgende H<sub>2</sub>-Menge bereitgestellt werden:

$$33,3 \text{ Mio. t Fe}_2\text{O}_3/\text{a} \times 6/168 = 1,25 \text{ Mio.t H}_2/\text{a} \text{ oder } 3 \text{ 425 t H}_2/\text{Tag} \quad (2)$$

Bei dieser Betrachtung der Wasserstoffverbräuche darf nicht unerwähnt bleiben, dass mangels Betriebsergebnissen in Schachtöfen nur mit H<sub>2</sub>-Einsatz von Gleichgewichtsverhältnissen im Schachtofen ausgegangen werden muss, die in einem durchströmten Schachtofen jedoch nicht erreicht werden können, d.h. die Wasserstoffverbräuche werden im Betrieb zwangsläufig höher liegen. (die Wasserstoffmenge für das Einschmelzen des Eisenschwammes wie des Schrottes sind in den Betrachtungen nicht eingeschlossen -vgl. (1)).

Die genannten H<sub>2</sub>-Mengen entsprechen einer Menge an sauberem Wasser von 30 800 t H<sub>2</sub>O/Tag.

Schließlich errechnet sich ein H<sub>2</sub>-Verbrauch von

$$1,25/23,3 = 0,054 \text{ t H}_2/\text{t Fe (Stahl)}.$$

Wird der genannte Strompreis von 2023 angesetzt, so liegen die Energiekosten in 2023 bei:

$$54 \text{ kg H}_2/\text{t Fe} \times 12,5 \text{ Euro/kg H}_2 = 675 \text{ Euro/t Fe (Stahl)} \quad (3)$$
$$(2022: 1096 \text{ Euro/t Fe (Stahl)})$$

(Begleitelemente vernachlässigt).

Roheisen enthält etwa 95% Fe, Koks etwa 90% Kohlenstoff.

Wird von Kokskosten von etwa 450 Euro/t ausgegangen und einem Koksverbrauch von 450 kg/t Roheisen, so gilt für die Kosten für die Reduktion der Eisenoxide im Hochofen:

$$450 \text{ Euro/t Koks} \times 0,450 \text{ t Koks/t RE} \times 100/90 \times 1 \text{ t RE} \times 100/95 = 237 \text{ Euro/t Fe} \quad (4)$$

(4) (die Hochofenkennzahlen basieren auf jahrelangen Betriebserfahrungen)



Um Kostengleichheit für die Roheisenerzeugung im Hochofen und der Stahlherstellung nach dem Direktreduktionsverfahren nur mit Wasserstoff und nur auf der Basis der Energiekosten zu erlangen, müsste der Preis für die Tonne Wasserstoff ohne Berücksichtigung der Gasgutschrift am Hochofen und ohne eine etwaige Gasgutschrift beim Direktreduktionsverfahren (Versuche mit nur Wasserstoff sind nicht bekannt) nur auf Basis der Energiekosten wie folgt liegen: 2023:

$$675 \text{ Euro/t Fe (Stahl)} \text{ über H}_2 \times X = 237 \text{ Euro/t Fe (Stahl) Hochofenroute}$$

$$X = 237/675 = 0,351$$

d.h. um Kostenparität zwischen dem Betrieb im Direktreduktionsverfahren mit Wasserstoff und dem Hochofenbetrieb mit dem Einsatz von Koks zu erreichen, dürfte der Preis für Wasserstoff nur auf der Basis der Energiekosten

$$0,351 \times 12,5 = 4,38 \text{ Euro/ kg H}_2 \quad \underline{(5)} \quad \text{aufweisen oder}$$

$$54 \text{ kg H}_2/\text{t Fe} \times 4,38 \text{ Euro/ kg H}_2 = 236 \text{ Euro/t Fe (Stahl)} \quad (6)$$

#### Entstehende Mehrkosten durch die Umstellung auf Wasserstoff

Werden die Industriestrompreise der Jahre 2023 (2022) angesetzt, ergeben sich folgende Mehrkosten bei der Anwendung des Direktreduktionsverfahrens mit Wasserstoff gemessen am Betrieb nach der Hochofen-Route:

-2023 Betrieb Direktreduktion mit Strompreis 0,265 Euro/KWh:

$$23,3 \text{ Mio. t Fe (Stahl)/a} \times 675 \text{ Euro/t Fe (Stahl)} = 15\,730 \text{ Mio. Euro/a} \quad (3)$$

(2022: 25 540 Euro/a)

- Betrieb nach der Hochofen-Route:

$$23,3 \text{ Mio. t Fe (Stahl)/a} \times 236 \text{ Euro/t Fe (Stahl)} = 5\,500 \text{ Mio. Euro/a}$$

Das entspricht:

- Mehrausgaben Basis 2023: 15 730- 5 500 etwa 10 Milliarden/a

(2022: 25 540 – 5 500 etwa 20 Milliarden Euro/a)

- Kostengleichheit liegt bei 4,38 Euro/kg H<sub>2</sub> – vgl. Gleichung (5) – bzw. 236 Euro/t Fe (Stahl) – vgl. Gleichung (6).

### 3. Schlussbetrachtung

Bei dieser Betrachtungsweise fehlen die erheblichen Kosten für die Herstellung von grünem Strom (vgl. später), die Kosten für die Beschaffung von sauberem Wasser, die Wasserstoffherstellung über H<sub>2</sub>-Elektrolyseure, die H<sub>2</sub>-Speicherung sowie die Transportkosten innerhalb Deutschlands sowie Seetransporte (zahlreiche Milliarden-Projekte in Lateinamerika, im arabischem Raum sowie in Afrika laufen auf Hochtouren).

Die hier durchgeführten Berechnungen zeigen erneut den hoffnungslosen und planlosen Umgang dieser Regierung in Energiefragen. Da ist es nicht

verwunderlich, dass die Energie-intensiven Industrien ins Ausland abwandern, die Direktinvestitionen aus Deutschland ins Ausland bei der gegebenen Unsicherheit massiv zunehmen und die Direktinvestitionen aus dem Ausland nach Deutschland gegen null gehen. Über die Marginalität des anthropogenen CO<sub>2</sub>-Anteiles am CO<sub>2</sub>-Anstieg der Atmosphäre ist in früheren Arbeiten berichtet worden, insbesondere der Deutschlands (Bild 1). (7)

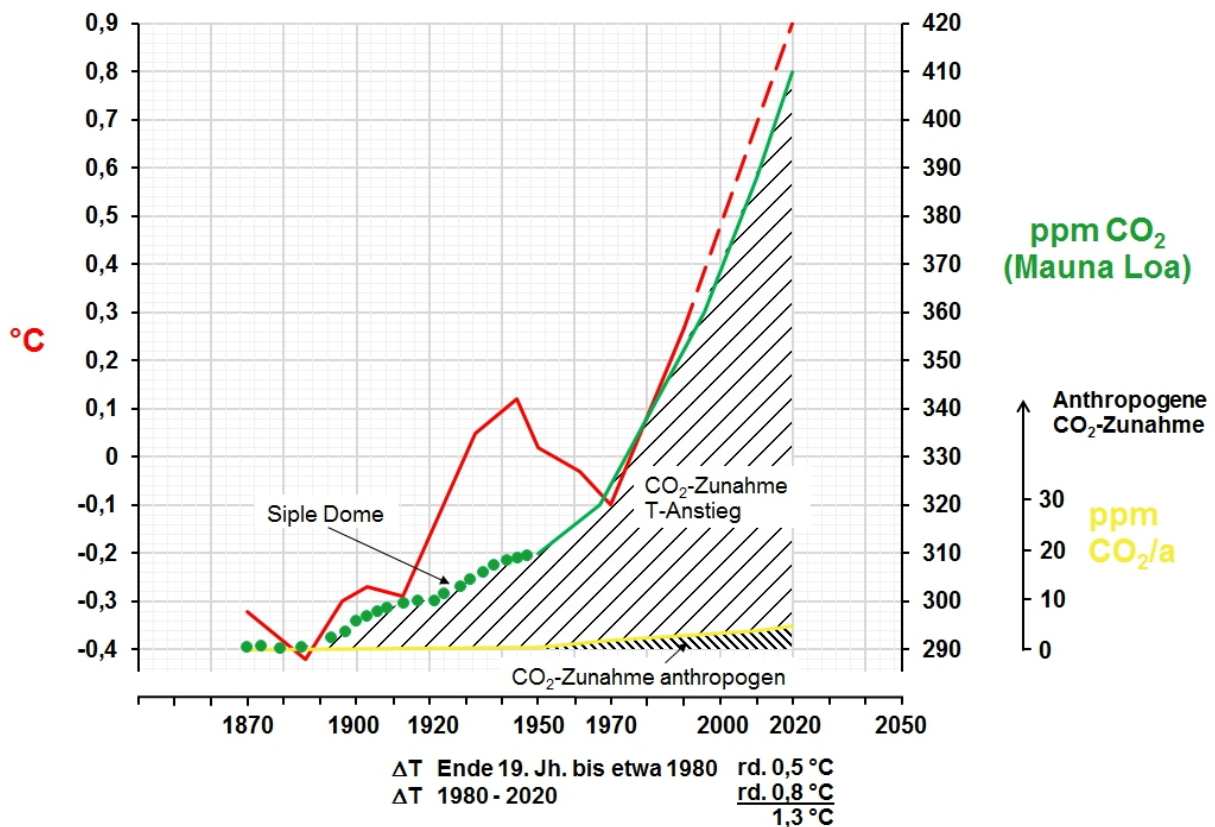


Bild 1: Entwicklung des CO<sub>2</sub>-Anstieges der Atmosphäre sowie der Beitrag der weltweiten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Zunahme zu diesem Anstieg

Die hier diskutierten Maßnahmen zur Umstellung der Stahlerzeugung auf die Wasserstofftechnologie ebenso wie die Umstellung aller übrigen Sektoren auf Wasserstoff sind bezogen auf den CO<sub>2</sub>-Anstieg der Atmosphäre vernachlässigbar, zumal der Anteil Deutschlands an den in Bild 1 dargestellten weltweiten anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen nur bei 2% liegt. Damit ist auch die Aussage des IPCC zur Wirkung des anthropogenen CO<sub>2</sub>-Eintrages auf das Klima widerlegt.

Der einzige Weg zur Absenkung der Energiekosten wie der Stabilisierung der Stromnetze ist die Stromerzeugung mit fossilen Energierohstoffen sowie die Stromerzeugung über Kernenergie, d. h. die sinnlose ideologische Verteuerung des Stromes über CO<sub>2</sub>-Zertifikate muss zwingend ein Ende haben, bevor Deutschland gänzlich verarmt.

Schließlich kostet die Stromerzeugung aus heimischer Braunkohle 3 ct/KWh und wird durch die CO<sub>2</sub>-Abgaben z.Z. bereits um 6 ct/KWh verteuert. Für die Verteuerung des Strompreises über Strom aus Wind und Sonne gilt u.a.: die Windanlagenbetreiber erhalten eine garantierte

Einspeisevergütung von 7,35 ct/KWh, die Solaranlagenbetreiber von 11-13 ct/KWh – weit entfernt von den 3 ct/KWh bei der Stromerzeugung aus Braunkohle.

Aussagen, dass der Zubau von erneuerbaren Energien über Wind und Sonne zu einer Verbilligung der Stromerzeugung führen, gehören in den Bereich einer geradezu Märchen-haften Ideologie.

## 4. Quellen

1. Beppler, E.: "In Dubai priorisierte der Kanzler die Umstellung der Stahlerzeugung auf die H<sub>2</sub>-Technologie – aber wo sollen die geforderten 6 000 t H<sub>2</sub>/Tag dargestellt werden." EIKE, 12.01.2024
2. FAZ, 05.12.2023
3. Waniczek, H.: „Wasserstoff, der Retter der Energiewende“, EIKE, 17.12.2022
4. Goreham, St.: „Grüner Wasserstoff benötigt gewaltige Subventionen“, EIKE, 25.10.2023
5. Meyer-Gosh, S.A.: Stahl und Eisen, Dezember, 2023
6. Menton, F.: „Wenn man die Zahlen betrachtet, ist grüner Wasserstoff ein Fehlschlag.“ EIKE, 19.02.2024
7. Beppler, E.: „Zur (absurden) Meinung des IPCC, der CO<sub>2</sub>-Anstieg sei ausschließlich menschgemacht“; EIKE, 11.04.2022

---

# Die Rolle der Kernkraft in der globalen Energiewelt

geschrieben von Chris Frey | 27. Februar 2024

**Dr. Lars Schernikau**

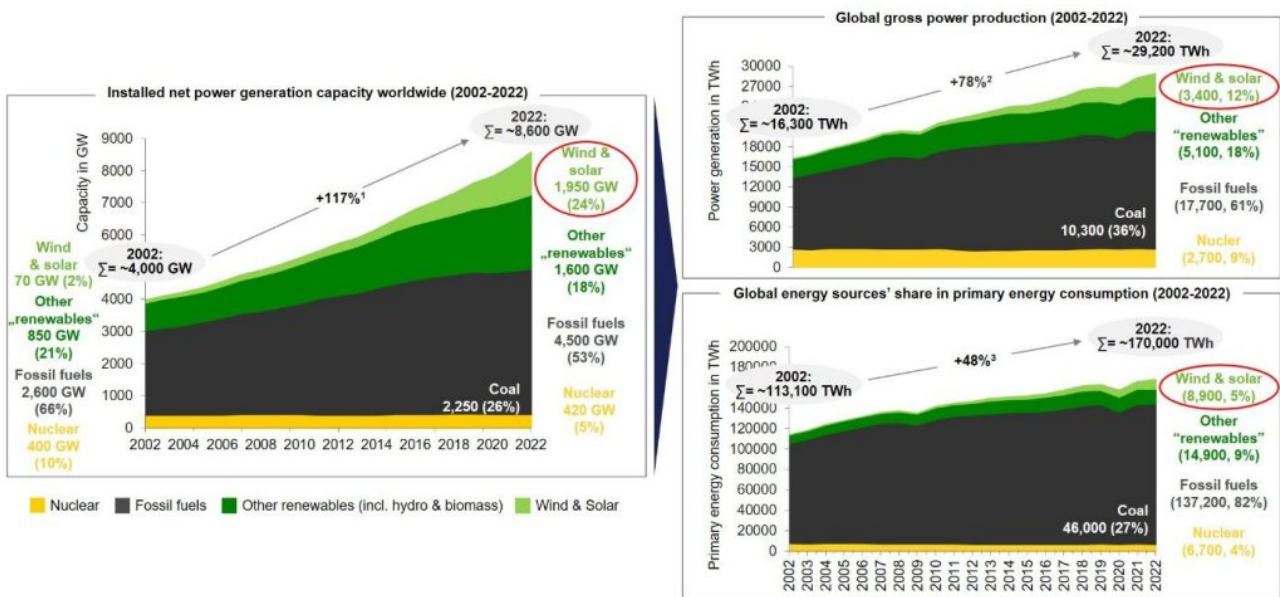
Im Jahre 1954 wurde das erste Kernkraftwerk der Welt in der Nähe von Moskau in Betrieb genommen. In den folgenden Jahrzehnten wurden weltweit Hunderte von Kernreaktoren gebaut, wobei die Vereinigten Staaten, Frankreich und China den Ausbau anführten und etwa die Hälfte der heutigen Anlagen ausmachen. Etwa 90 Prozent der heute in Betrieb befindlichen Kernreaktoren wurden in den 1970er und 1980er Jahren gebaut. Daher beträgt das Durchschnittsalter der heutigen Reaktoren weltweit etwa 32 Jahre. In den USA erhielten ca. 90 % der Reaktoren bereits eine Laufzeitverlängerung bis zu 60 Jahre.

Die weltweit installierte Kernkraftwerkskapazität beträgt etwa 420 GW

und wird bis 2050 voraussichtlich auf 620 GW ansteigen. Somit sind heute etwa 5 Prozent der insgesamt 8,6 TW installierten Stromkapazität nuklear.<sup>1</sup> Die über 400 Kernreaktoren trugen im Jahr 2022 fast 10 Prozent zur weltweiten Stromerzeugung von etwa 29.000 TWh bei (Abbildung 1). (Zur Information, nur etwa 40 Prozent der weltweiten Primärenergie von über 170.000 TWh wird zur Stromerzeugung genutzt; die anderen 60 Prozent werden für Industrie, Heizung und Verkehr verwendet).

<sup>1</sup> IEA WEO (2023), <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.

Abbildung 1: Weltweite Stromkapazität, Stromerzeugung und Primärenergie:



Quellen: Schernikau based on International Energy Agency (2023), <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>; Energy Institute (2023), Statistical Review of World Energy, (<https://www.energyinst.org/statistical-review>)

Anmerkung: Der Autor schreibt „erneuerbare Energien“, weil sie in Wirklichkeit nicht wirklich „erneuerbar“ sind, wenn man den Lebenszyklus, den Rohstoff- und Energieeinsatz sowie die gesamten Umweltauswirkungen berücksichtigt. So hat beispielsweise die Wasserkraft weitreichende Umweltauswirkungen.

Die Kernenergie ist die Energie- und Rohstoff-effizienteste Energiequelle mit einer Energierendite (EROI), die doppelt so hoch oder höher sein kann als die von Kohle, Gas oder Wasserkraft. Die Kernenergie ist auch eine der sichersten Formen der Stromerzeugung, gemessen an den Todesfällen pro erzeugter MWh, und hat die geringsten Umweltauswirkungen.

Umso erstaunlicher ist es, dass die Kernenergie nur einen relativ geringen Anteil an der weltweiten Stromerzeugung hat. Noch erstaunlicher ist die Tatsache, dass der Anteil der Kernenergie kontinuierlich

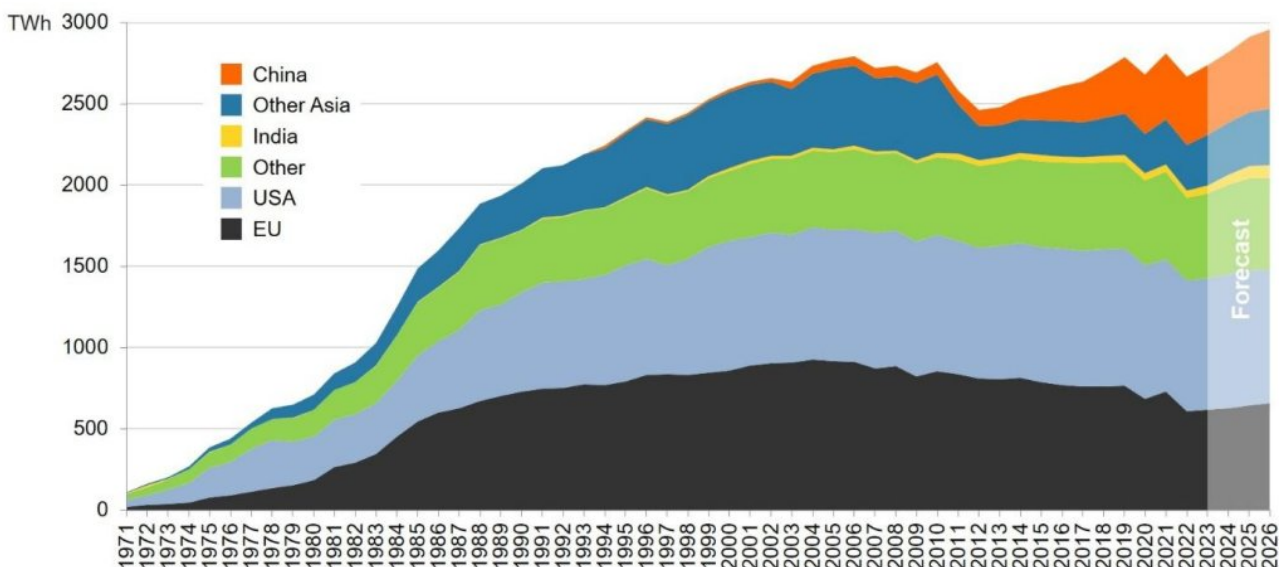
zurückgegangen ist, da deren (fehlender) Ausbau nicht mit dem Wachstum der weltweiten Stromnachfrage Schritt halten konnte. Während der Anteil der Kernenergie an der weltweiten Stromerzeugung im Jahr 2002 fast 17 Prozent betrug, sank dieser Wert bis 2023 auf 9 Prozent. Die absolute nukleare Stromerzeugung blieb mit etwa 2.700 TWh in diesem Zeitraum weitgehend unverändert (Abbildung 2).

Dies könnte sich nach der COP28 in Dubai ändern, da sich 22 Länder verpflichtet haben, die Kernenergie bis 2050 zu verdreifachen. Dies würde bis 2050 etwa 30 GW pro Jahr bedeuten – eine Verfünffachung gegenüber der jährlich Ausbaurrate während des letzten Jahrzehnts, aber im Einklang mit den Boomzeiten in den 1980er Jahren. Welchen Unterschied würde ein solcher Ausbau machen, und würde das globale Energieproblem damit gelöst werden?

Die Primärenergie-Nachfrage wird bis 2050 voraussichtlich um 40-50 % steigen, was auf einen Bevölkerungszuwachs von etwa 20 % und einen Anstieg des Pro-Kopf-Energieverbrauchs von etwa 25 % zurückzuführen ist. Die Elektrizitätsnachfrage wird sicherlich schneller steigen, nicht nur wegen des derzeitigen, nicht immer Energie-effizienten Vorstoßes, „alles zu elektrifizieren“. Es ist daher offensichtlich, dass die Kernenergie zu diesem Wachstum beitragen wird. In absoluten Zahlen werden jedoch andere Quellen – wenn die direkten und indirekten Subventionen fortgesetzt werden<sup>2</sup>, nicht vorhersehbare, un stetige Wind- und Solar- „Kraftwerke“, aber auch flexible Kohle- und Gaskraftwerke – den Großteil des Kapazitätswachstums ausmachen.

<sup>2</sup> Im weltweiten Durchschnitt sind die Subventionen für Wind- und Solarenergie pro MWh weit höher als die Subventionen für Kohle, Gas oder Kernkraft.–  
[https://robertbryce.substack.com/p/actually-solar-is-getting-302-times?publication\\_id=630873&utm\\_campaign=email-post-title&r=79kdr; www.unpopular-truth.com\\_](https://robertbryce.substack.com/p/actually-solar-is-getting-302-times?publication_id=630873&utm_campaign=email-post-title&r=79kdr; www.unpopular-truth.com_)

Abbildung 2: Weltweite Erzeugung von Kernenergie:



Quelle: IEA Electricity 2024  
(<https://www.iea.org/reports/electricity-2024>)

## Treibstoff und Technologie

Uran ist weltweit in Granitgestein und in den Ozeanen gelöst reichlich vorhanden, aber nicht alles davon ist für die Energieerzeugung nutzbar. Theoretisch ist die Menge ausreichend, um den gesamten Energiebedarf der Menschheit zu decken. Es gibt jedoch Bedenken hinsichtlich des Zugangs zu einer ausreichenden Menge an Uran, angereichertem Uran und Brennelementen.<sup>3</sup> Über 50 % der kommerziell nutzbaren Uranressourcen befinden sich in Australien, Kasachstan und Kanada<sup>4</sup>; Kasachstan fördert über 40 % des weltweiten Urans. Die Vereinigten Staaten sind heute vollständig von Uranimporten abhängig, und selbst Russland verbraucht doppelt so viel wie es produziert.

<sup>3</sup> Nuclear News Wire (2023), on the verge of a crisis, <https://www.ans.org/news/article-4909/on-the-verge-of-a-crisis-the-us-nuclear-fuel-gordian-knot/>.

<sup>4</sup> World Nuclear Association.

Eine ernsthafte Besorgnis über die Brennstoffverfügbarkeit könnte interessante technologische Fortschritte wie Reaktoren der vierten Generation oder kleine Kernreaktoren in den Schatten stellen oder die Finanzierung von Thoriumreaktoren weiter fördern. Das weltweit erste Hochtemperatur-Gasreaktor-Kernkraftwerk der vierten Generation, das einen Kugelhaufenreaktor enthält und von der China National Nuclear Corporation betrieben wird, nahm Ende 2021 den Betrieb auf.<sup>5</sup> Kernenergie auf Thoriumbasis verspricht verschiedene Vorteile, darunter eine bessere Brennstoffverfügbarkeit, höhere Wirkungsgrade, weniger Abfall und ein geringeres Waffennutzungspotenzial. Kleine modulare Kernreaktoren (Small Modular Nuclear Reactors, SMRs) sind eine interessante Entwicklung, da sie einen kosteneffizienteren, standardisierten und großvolumigen Bau von Minireaktoren ermöglichen könnten. Kleine modulare Kernreaktoren, die selten wirklich „klein“ sind, haben in der Regel weniger als 300 MW installierte Leistung und können bis zu 5 MW „klein“ sein; sie können thermische und/oder elektrische Energie erzeugen. Derzeit befinden sich wahrscheinlich etwa 70 SMR-Projekte weltweit in der Entwicklung. SMR könnten flexibler eingesetzt werden und sogar schneller hoch- und herunter gefahren werden.

<sup>5</sup> Global Times (2021), <https://www.globaltimes.cn/page/202112/1242878.shtml>.

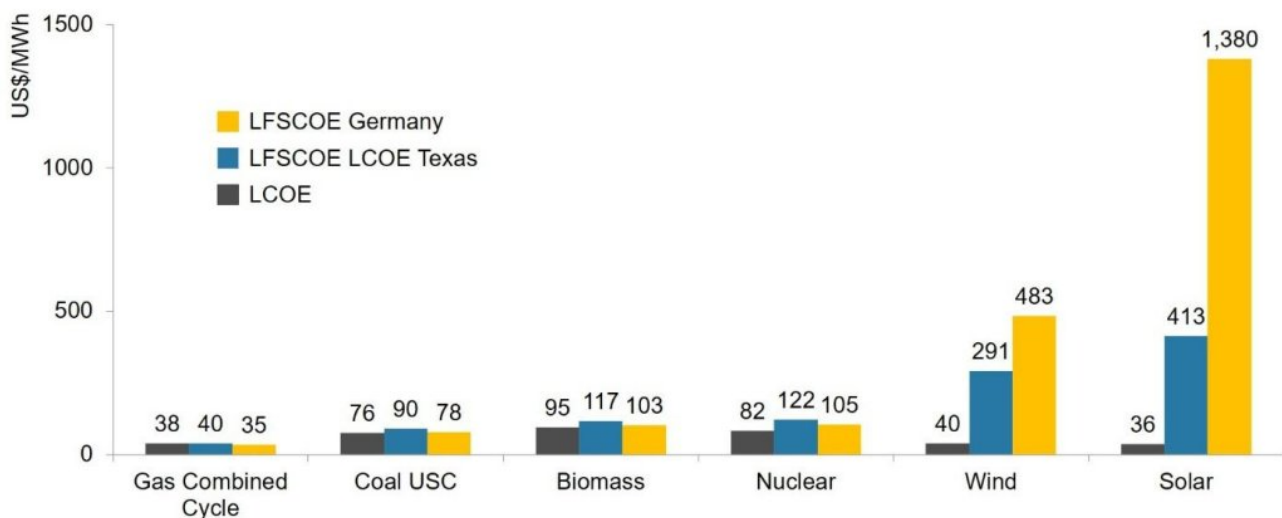
## Kosten

Die derzeitigen Kosten für Kernkraftwerke variieren ebenso stark wie die Zeit, die für den Bau eines solchen Kraftwerks benötigt wird. 2-13 Mio. US\$ pro MW und 4-25 Jahre sind die weithin bekannten Spannen. Während 40 % der Kernkraftwerke innerhalb von sechs Jahren gebaut wurden, meist in

China, werden die kostengünstigsten Anlagen in China, Indien und Südkorea gebaut. Die teuersten stehen oder werden demnächst in den Vereinigten Staaten und in UK stehen. Die hohen Kosten und Bauverzögerungen im Westen sind in erster Linie auf Vorschriften zurückzuführen, die nach Ansicht des Autors weder wirtschaftlich noch wissenschaftlich zu rechtfertigen sind. Es ist zu hoffen, dass die jüngste Zunahme der Unterstützung für die Kernenergie dies ändern wird, wie es auf der COP28 deutlich geworden war.

Unter Betrachtung der Systemvollkosten (full cost of electricity, FCOE, oder levelized full system cost of electricity, LFSCOE) ist die Kernenergie wahrscheinlich die teuerste aller konventionellen oder disponiblen Arten der Stromerzeugung (Abbildung 3). Dennoch ist sie – unter Gesamtkostenbetrachtung – immer noch deutlich günstiger als Wind- und Solarenergie und verursacht keine nennenswerten Emissionen. Allerdings sind die Stromgestehungskosten (LCOE), ein Maß für die Grenzkosten, für Wind- und Solarenergie sehr niedrig und werden fälschlicherweise meistens in der Presse verwendet.

Abbildung 3: Gesamtsystemkosten der Kernenergie im Vergleich zu Alternativen:



Quellen: Autor basierend auf Bank of America, <https://advisoranalyst.com/wp-content/uploads/2023/05/bofa-the-ric-report-the-nuclear-necessity-20230509.pdf>, based on Idel (2022), <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222018035>.

Anmerkung: Der Autor unterstützt das Idel'sche Prinzip der Systemvollkosten und dessen Auswirkungen auf die Kosten von Wind- und Solarenergie im Vergleich zu einsatzfähigem Strom aus Kernkraft, Kohle oder Gas<sup>6</sup>, USC = Ultra super critical, LCOE = Levelized Cost of Electricity, LFSCOE = Levelized Full System Cost of Electricity

<sup>6</sup> Der Autor unterstützt die Idel-Zahlen für 2022 für Kohle und Gas nicht, da Kohle im Durchschnitt niedrigere Kosten hat als Gas. So hat BloombergNEF

kürzlich bestätigt, dass Kohle kostengünstiger ist als Gas, aber die tatsächlichen Kosten sind je nach Land unterschiedlich, BloombergNEF (2023), <https://about.bnef.com/blog/cost-of-clean-energy-technologies-drop-as-expensive-debt-offset-by-cooling-commodity-prices/>.

Die Behauptung, erneuerbare Energie aus Wind und Sonne sei billig und habe keine Auswirkungen auf die Umwelt, ist ein entscheidendes und schädliches energieökonomisches Missverständnis. Die LCOE sind nicht geeignet, um wetterabhängige Energiequellen mit disponiblen zu vergleichen.<sup>7</sup> Die LCOE sind eine mikroökonomische und keine Gesamtsystembetrachtung, schließen sieben Kostenkategorien (siehe unten) aus und werden daher niemals ein zuverlässiger Indikator sein, auf den Regierungen ihre energiepolitischen Entscheidungen stützen können. Er berücksichtigt keine Unterbrechungen, niedrige natürliche Nutzungsgrade, die korrelierende, kontinent-weite Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie und die standortbedingte Ungleichheit von Angebot und Nachfrage.

<sup>7</sup> Schernikau (2024), <https://www.eurasiareview.com/17012024-the-energy-trilemma-and-the-cost-of-electricity-oped/>.

Zu den offensichtlichen Kosten, die in den LCOE nicht berücksichtigt werden, gehören Folgende:

1. **Reserve- oder Langzeit-Energiespeicherung** – Wind- und Solarenergie erfordern mindestens 100 % Reserve oder Speicherung für jedes installierte MW. Dies ist auf die Energieverluste in Backup- und Speichersystemen sowie auf die Tatsache zurückzuführen, dass in der Regel mehr als ein Backup-/Speichersystem erforderlich ist, z. B. für die Kurz- und Langzeitspeicherung von Energie.
2. **Netzintegration:** Dies umfasst die Kosten für Übertragung, Verteilung, Ausgleich und Konditionierung.

Zu den nicht so offensichtlichen Kosten, die bei den LCOE im Netzmaßstab nicht berücksichtigt werden, gehören Folgende:

3. **Effizienzverluste** – mehr Wind- und Solarenergie bedeutet weniger Auslastung von Backup- oder spezifischen Gesamtnetzsystemen.
4. **Raumkosten<sup>8</sup> oder Platzbedarf** – diese werden durch die geringe Energiedichte (pro m<sup>2</sup>) von Wind- und Solaranlagen verursacht. Die Nutzung von Tausenden von km<sup>2</sup>, um die diffuse Energie von Sonne und Wind einzufangen, ist mit wirtschaftlichen und ökologischen Kosten verbunden.

5. **Recyclingkosten** – diese werden durch die geringe Energiedichte (pro kg) und die kurze Lebensdauer von Wind- und Solarenergie verursacht.
6. **Umweltkosten während des Betriebs:** Dazu gehören die Schädigung der Pflanzen- und Tierwelt und die negativen Auswirkungen der Energieerzeugung auf das Klimasystem, einschließlich der Erwärmung, der Windentnahme und der atmosphärischen Veränderungen.
7. **Rohstoff- und Nettoenergieineffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette** – dazu gehören die Produktion, die Verarbeitung, der Transport, die Veredelung, die Herstellung und das Recycling sowie, die von der reinen Stromerzeugung unabhängigen, Umweltauswirkungen.

Berücksichtigt man die oben genannten Aspekte Netzintegration, Backup/Speicherung, Betriebsdauer, Energiedichte und (natürlich) Unterbrechungen, dann sind Wind- und Solarenergie in der Tat mit Abstand am teuersten. In Wirklichkeit steigen die Gesamtsystemkosten von Wind- und Solarenergie exponentiell mit einem höheren Durchdringungsgrad des Systems, was indirekt von der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD), dem Internationalen Energiewirtschaftsinstitut (IEEJ), der Internationalen Energieagentur (IEA) und anderen energiewirtschaftlichen Institutionen bestätigt wurde.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Schernikau et al. (2022), <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4000800>.

## Schlussfolgerung

Der Vorstoß der COP28, die Kernenergie weltweit voranzutreiben und zu unterstützen, scheint richtig zu sein. Es gibt noch viel Potenzial für eine weitaus stärkere Verbreitung der Kernenergie weltweit. Eine zugesagte Verdreifachung des generierten Stroms aus Kernkraft (im Jahre 2022 waren es 2.700 TWh oder 9 Prozent von etwa 29.000 TWh weltweit) würde bis 2050 etwa 8.000 TWh an Kernkraft bedeuten. Wenn die Elektrifizierung weitergeht, schätzt die Internationale Energieagentur IEA in ihrem World Energy Outlook 2023 die weltweite Stromerzeugung auf 50.000 TWh bis 2050. Damit würde der Anteil der Kernenergie auf knapp über 15 Prozent steigen, was immer noch unter dem Anteil von 17 Prozent im Jahr 2002 liegt.

Aus makroökonomischer Sicht gibt es also kein realistisches Szenario, in dem die Kernenergie ausreicht, um die wachsende Energienachfrage bis 2050 zu befriedigen, und zwar aus folgenden Gründen: (1) Zeitplan, (2) Kosten und Regulierung und (3) das schiere Volumen des wachsenden Energiebedarfs. Die ernüchternde und unpopuläre Wahrheit ist, dass selbst wenn die COP28-Ziele für die Kernenergie erreicht werden, was zwar notwendig, aber immer noch schwierig ist, wird Kernkraft nur ein

Bruchteil des Wachstums der Energienachfrage bis 2050 decken können. Somit benötigen wir Öl, Kohle, Gas, Wasserkraft, sonstige „erneuerbare Energien“ und alle anderen zuverlässigen, energiedichten Formen der Energieversorgung, um den Rest zu decken.

*Dr. Lars Schernikau ist unabhängiger Energieökonom, Rohstoffhändler, Unternehmer und Autor. Sein kürzlich auch in Deutsch erschienenes Buch „Unbequeme Wahrheiten... über Strom und die Energie der Zukunft“ ist auf [www.unpolar-truth.com/de](http://www.unpolar-truth.com/de) und auf Amazon erhältlich. Weitere Veröffentlichungen, sowie ein Blog sind auf der gleichen Seite zu finden.*

Veröffentlicht am Oxford institute im Feb 2024: PDF und Text sind hier in Englisch verfügbar:  
<https://unpopular-truth.com/2024/02/22/advantages-of-nuclear-energy/>

---

# Typisch deutsch – Typisch grün

geschrieben von AR Göhring | 27. Februar 2024

**von Hans Hofmann-Reinecke**

**Noch nie hatte die Bundesrepublik eine Regierung, die so sichtbar bemüht war, sich von allem Deutschtum zu distanzieren, wie die aktuelle; und noch nie hatten wir eine, deren Repräsentanten so präzise dem Bild entsprechen, das man im Ausland vom Deutschen, vielleicht sogar vom „häßlichen Deutschen“ hat.**

## **Die vollkommene Wahrheit**

Zu diesem Thema soll zunächst Leo Tolstoi zu Wort kommen, in dessen Roman „Krieg und Frieden“ er den deutsche General Pfuel charakterisiert. Tauschen Sie diesen Namen nach Ihrem Gutdünken gegen den einer aktuellen Persönlichkeit aus, um zu sehen, ob Tolstois Eindruck auch noch heute zutrifft (ich wähle den Phantasienamen „Haber“).

Beginn des Zitats

*Herr Haber war einer jener Leute mit einem unerschütterlichen, fanatischen Selbstvertrauen, wie man sie nur unter den Deutschen findet, weil nur die Deutschen Selbstvertrauen haben auf Grund einer abstrakten Idee – der Wissenschaft, das heißt, der angeblichen Erkenntnis der vollkommenen Wahrheit. Der Franzose hat Selbstvertrauen, weil er sich persönlich als Geist und Körper für unwiderstehlich bezaubernd hält, sowohl für Männer, als für Damen. Der Engländer hat Stolz und*

*Selbstvertrauen darum, weil er ein Bürger des besteingerichteten Reichs der Welt ist und darum als Engländer immer weiß, was er zu tun hat und überzeugt ist, dass alles, was er als Engländer tut, unzweifelhaft gut sei. Der Italiener hat Selbstvertrauen, weil er von lebhaftem Temperament ist und leicht sich und andere vergisst. Der Russe hat Selbstvertrauen eben deshalb, weil er nichts weiß und nichts wissen will, weil er nicht glaubt, dass man irgend etwas sicher wissen könne. Der Deutsche besitzt ein stärkeres und widerlicheres Selbstvertrauen als alle anderen, weil er sich einbildet, er wisse die Wahrheit, die Wissenschaft, die er sich selbst erdacht hat, aber für absolute Wahrheit hält.*

*So war auch Herr Haber.*

Zitat Ende

### **Das tote Pferd**

Welche Wissenschaft, die er selbst erdacht hat, hält nun der heutige Deutsche für absolute Wahrheit? Nehmen wir ein Thema von großer Tragweite für unser Land: die Kernenergie. Im Lichte der Erkenntnis der absoluten Wahrheit verkündete der Kanzler: „Das Thema Kernkraft ist in Deutschland ein totes Pferd“.

Auf genau dieses tote Pferd aber haben im Dezember 2023 während des Weltklimagipfels mehr als 20 Länder gesetzt: Die Vereinigten Staaten, Armenien, Bulgarien, Kanada, Kroatien, die Tschechische Republik, Finnland, Frankreich, Ghana, Ungarn, Jamaika, Japan, die Republik Korea, Moldawien, die Mongolei, Marokko, die Niederlande, Polen, Rumänien, die Slowakei, Slowenien, Schweden, Ukraine, Vereinigte Arabische Emirate und das Vereinigte Königreich. Sie alle haben eine Erklärung zur Verdreifachung der Kernenergie verabschiedet.

Konnten sie die absolute Wahrheit in des Kanzlers Worten nicht erkennen? Diese Geisterfahrer! Aber was schert das die deutsche Regierung. „Viel Feind – viel Ehr“.

Eine weitere „absolute Wahrheit“ ist die Forderung, dass sich in den kommenden Jahren das Tempo der Emissionsminderung in Deutschland angesichts der Verantwortung für den Klimaschutz mehr als verdoppeln und dann bis 2030 verdreifachen muss (so die Aussage des zuständigen Ministeriums). Diese Forderung wird die Bürger Deutschlands teuer zu stehen kommen – und sie ist aus mehreren Gründen sinnlos: neuere Messungen lassen immer mehr Zweifel an der gängigen Theorie zu Global Warming aufkommen; Deutschlands Beitrag zum globalen CO<sub>2</sub> Ausstoß ist vernachlässigbar; die großen CO<sub>2</sub>-Erzeuger China und Indien planen keinerlei Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Aber „Klimaschutz“ ist eben ein Teil der Wissenschaft, die Deutschland

sich selbst erdacht hat, und für absolute Wahrheit hält. Und man ist stolz darauf, dass man handelt, auch wenn es weh tut, während die anderen Nationen bestenfalls Lippenbekenntnisse beitragen.

### **Ich weiß, dass ich nichts weiß**

Diese traurige Liste „typisch deutscher“ Besessenheiten ließe sich mühelos fortsetzen, es muss allerdings noch ein zusätzlicher Faktor betrachtet werden. Der ist nicht typisch deutsch, sondern spezifisch für die aktuelle Regierung.

Wer noch nie eine Alternative zu seinen Lebensumständen kennengelernt hat, der wird diese spontan für einzig und richtig einschätzen. Man kann sich Alternativen auch beim besten Willen nicht vorstellen, man muss sie erlebt haben. Es gibt da diese zwei Mönche, die sich fortwährend mit der Frage beschäftigen, wie es wohl eines Tages im Jenseits wäre. Um ihre Neugierde zu stillen, vereinbaren sie, dass der zuerst Verstorbene an einem bestimmten Tag zurück auf die Erde kommen sollte, um dem Hinterbliebenen vom Jenseits zu berichten. Da das Treffen vermutlich unter Zeitdruck stattfände, vereinbart man kurze Codewörter, auf lateinisch:

„Taliter“ sollte bedeuten: Ja, im Himmel ist es so, wie wir beide es uns ausgemalt haben. „Aliter“ – es ist anders. Endlich verstirbt einer, und gespannt wartet der Hinterbliebene. Am vereinbarten Termin erscheint wahrhaftig der Besuch aus dem Jenseits! Und was berichtet er?

### **„Totaliter aliter“.**

Nun bringen die meisten Minister und wohl auch die Ministerinnen wenig fachliche Erfahrung für ihr Ressort mit, und vielleicht auch wenig Lebenserfahrung. Für sie ist jetzt alles „totaliter aliter“. Wollen wir unserer Außenministerin ihre märchenhafte Karriere nicht neiden, sie ist ein modernes Aschenbrödel: über Nacht vom Plakat Kleben zur First Lady mit persönlichem Visagisten und eigenen Flugzeugpark. Aber das ist nicht Disneyworld, das ist die raue Wirklichkeit, und da kann es für uns sehr teuer werden, wenn ein unerfahrener Minister seine erste weltfremde Idee für die einzig richtige hält.

Jemand, der sein halbes Leben in einer Fußgängerzone gewohnt hat, glaubt vielleicht, dass Fahrradwege das Wichtigste für den Fortschritt von Peru seien. Nun ja, teuer wird es nur, wenn einem 100.000 km entfernten Land der Krieg erklärt wird und wenn man mit der Regierung Thailands eine strategische Vereinbarung über die Lieferung von Computerchips abschließt.

Je weniger jemand weiß, desto arroganter verteidigt er seine simple Meinung. „Dummheit und Stolz wachsen auf einem Holz.“ Je mehr jemand weiß, desto weniger gibt es für ihn die absolute Wahrheit. Sokrates, dem vom Orakel zu Delphi offiziell bestätigt worden war, dass er der weiseste Mann auf Erden wäre, fasste sein Wissen in einem Satz zusammen:

„Ich weiß, dass ich nichts weiß“.

Unsere Berliner Zauberer aber wissen, dass sie alles wissen. Die Wissenschaft, die sie sich selbst erdacht haben, halten sie für die absolute Wahrheit – und sie ist alternativlos.

*Dieser Artikel erscheint auch im Blog des Autors Think-Again. Der Bestseller Grün und Dumm, und andere seiner Bücher, sind bei Amazon erhältlich.*

---

## Ein seltsames Paläo-Puzzle

geschrieben von Chris Frey | 27. Februar 2024

[Willis Eschenbach](#)

Beim browsen stieß ich zufällig auf diesen Beitrag:



ItsTheAtmosphere @Padruig@universeodon.com

@ItsTheAtmospher

@stirlingmg & her propaganda front "Friends of Science" given their vast and deep knowledge of atmospheric chemistry can explain why for the last 66my CO<sub>2</sub> and T have moved in lock step

Rae (2021, 2023)

DOI 10.1146/annurev-earth-082420-063026

DOI 10.1126/science.adi5177

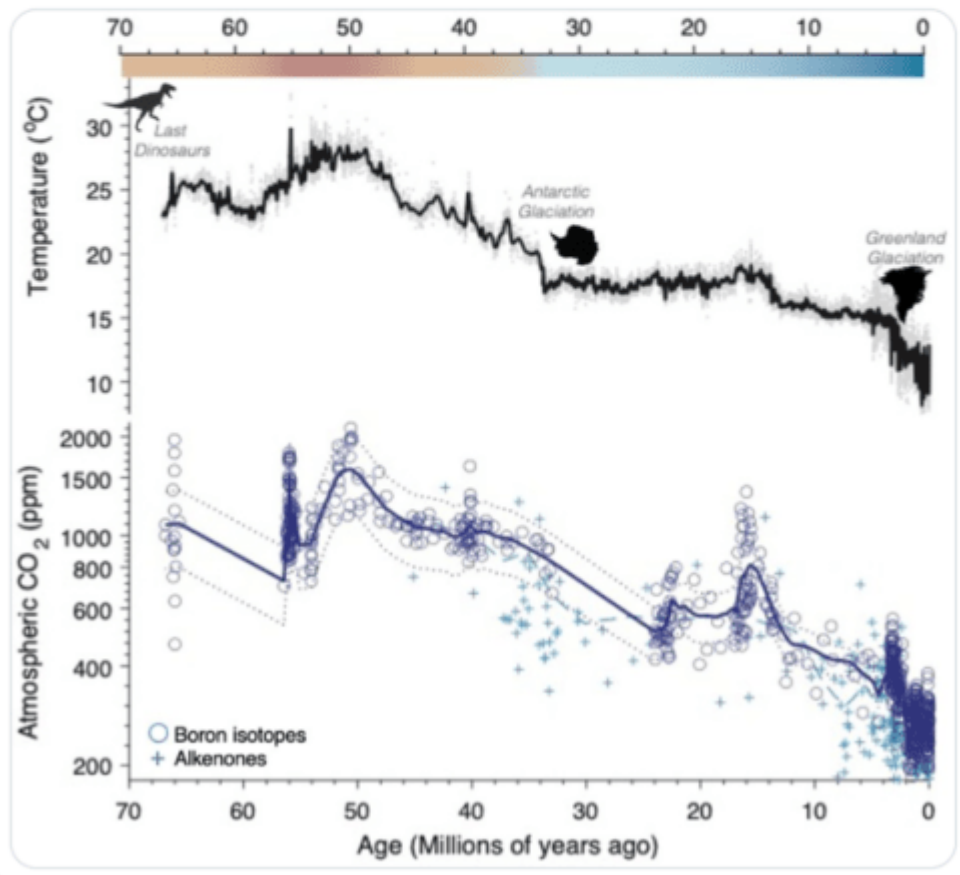


Abbildung 1. Beitrag auf X mit einer gekürzten Version der ursprünglichen Abbildung 6 aus der weiter unten verlinkten Studie.

Das sieht nach einer interessanten Studie aus. Paläo-CO<sub>2</sub>-Werte bis vor etwa 65 Millionen Jahren, die bei etwa 2000 ppmv ihren Höhepunkt erreichten.

Das erinnerte mich an eine frühere Grafik von mir, welche die Paläo-CO<sub>2</sub>-Werte über eine viel längere Zeitspanne zeigte. Die obige Abbildung 1 deckt nur die Zeitalter des Tertiärs und des Quartärs ab, also die

beiden Kästchen ganz rechts in Abbildung 2 unten:

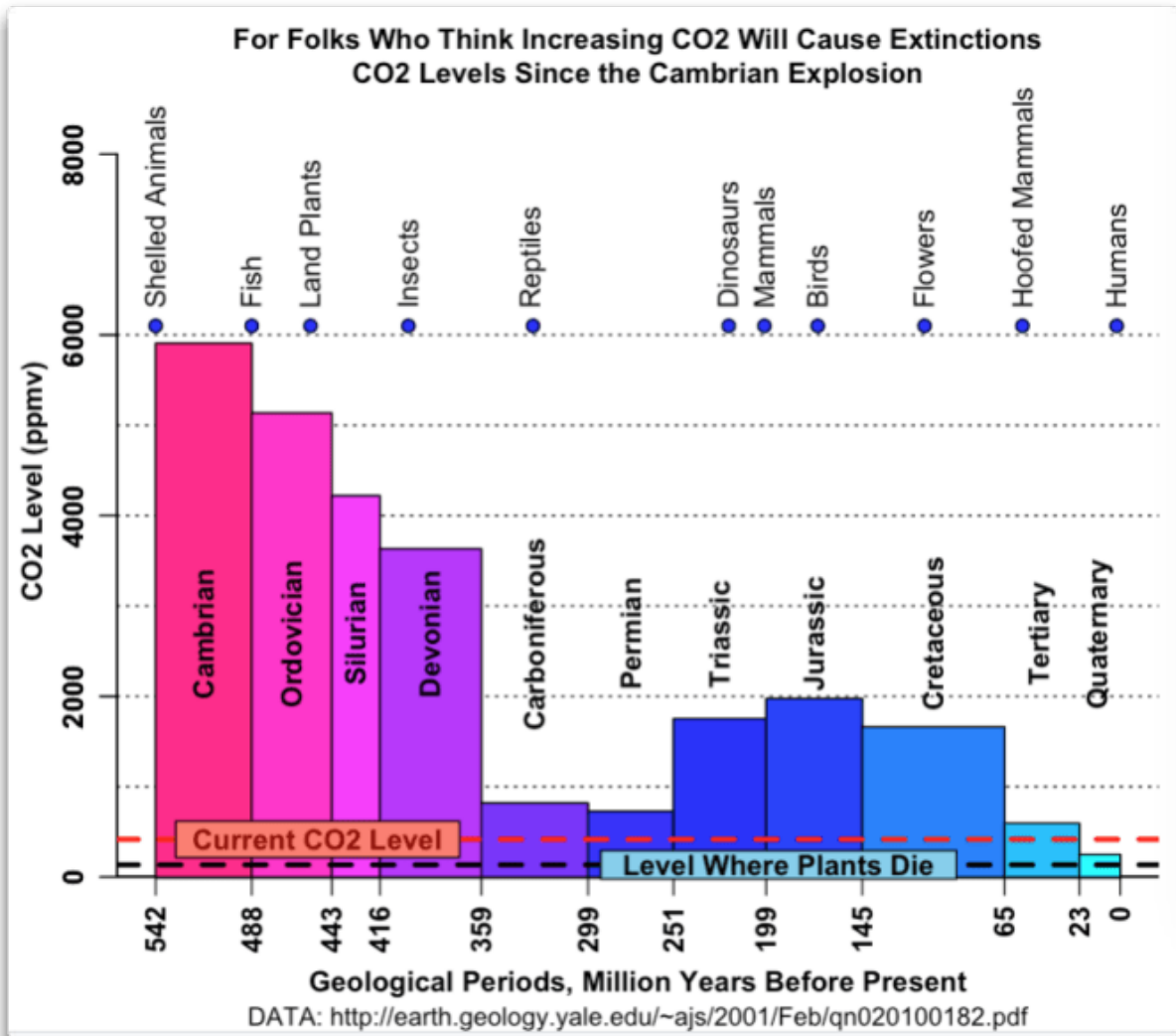


Abbildung 2. Vollständiger Verlauf des CO<sub>2</sub>-Gehaltes seit der kambrischen Explosion des Lebens.

Also ging ich zu der in Abbildung 1 genannten Quelle, einer Studie mit dem Titel „Atmospheric CO<sub>2</sub> over the Past 66 Million Years from Marine Archives“ von Rae et al. Die folgende Grafik ist eine gekürzte Version von Abbildung 6 der Studie von Rae et al:

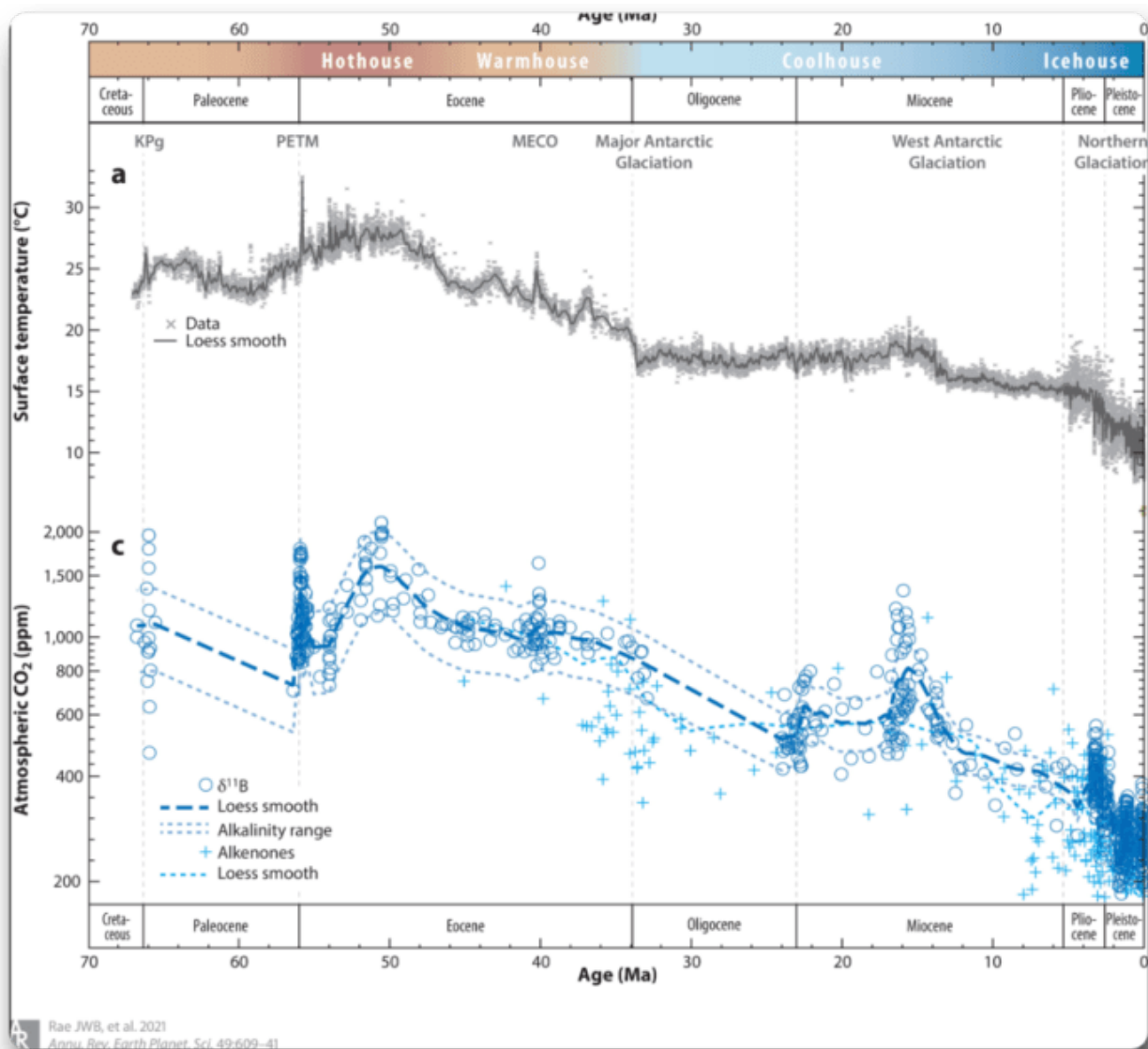


Abbildung 3. Tafeln a) und c) von Rae et al., Abbildung 6

Die Autoren haben sich voll und ganz auf die „CO<sub>2</sub>-Roolz-Klima“-Theorie eingelassen und sagen u.a.:

*Veränderte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen in der Atmosphäre werden seit langem mit der gut dokumentierten Abkühlung des Klimas im Känozoikum in Verbindung gebracht; abgesehen von einer Handvoll gut untersuchter Klimaübergänge war es jedoch schwierig, eine enge Verbindung zwischen CO<sub>2</sub> und Klima herzustellen. Unsere neue kombinierte CO<sub>2</sub>-Zusammenstellung auf Meeresbasis zeigt deutlicher als in früheren Studien eine enge Korrelation zwischen CO<sub>2</sub> und Aufzeichnungen der globalen Temperatur (entweder auf der Grundlage geochemischer Rekonstruktionen und/oder des Zustands der Kryosphäre) während des gesamten Känozoikums (Abbildung 6).*

...

*Nichtsdestotrotz ist es trotz dieser Vorbehalte klar, dass*

*atmosphärisches CO<sub>2</sub> und Temperatur eng miteinander gekoppelt sind, sowohl im gesamten Datensatz als auch in kürzeren Zeitfenstern. Während der Datensatz als Ganzes auf eine relativ hohe Klimasensitivität hindeutet, wird ein Großteil dieser Temperaturänderung offenbar durch Sprünge zwischen verschiedenen Klimazuständen erreicht.*

Ich habe mich gefragt, warum sie nicht den Wert der, wie sie behaupten, „relativ hohen Klimasensitivität“ für den Datensatz als Ganzes erwähnt haben. Also schaute ich mir die Daten an.

Bei den CO<sub>2</sub>-Daten war das ganz einfach. Die Daten werden in einer Excel-Datei im [Zusatzmaterial](#) zur Verfügung gestellt.

Bei den Temperaturdaten ist das Gegenteil der Fall. Sie sagen „Temperatur geschätzt aus dem benthischen [6180-Stapel](#) von Westerhold et al. (2020), unter Verwendung des [Algorithmus](#) von Hansen et al. (2013)“ ... nur dass sie nicht die entsprechenden Links zu den Daten oder dem Algorithmus angeben.

Grrr. Ich habe das getan, Westerholds Daten ausgegraben, den Hansen-Algorithmus gefunden und angewandt, Links oben – und das hat eine ganze Weile gedauert.

Auf jeden Fall sind hier ihre CO<sub>2</sub>-Daten:

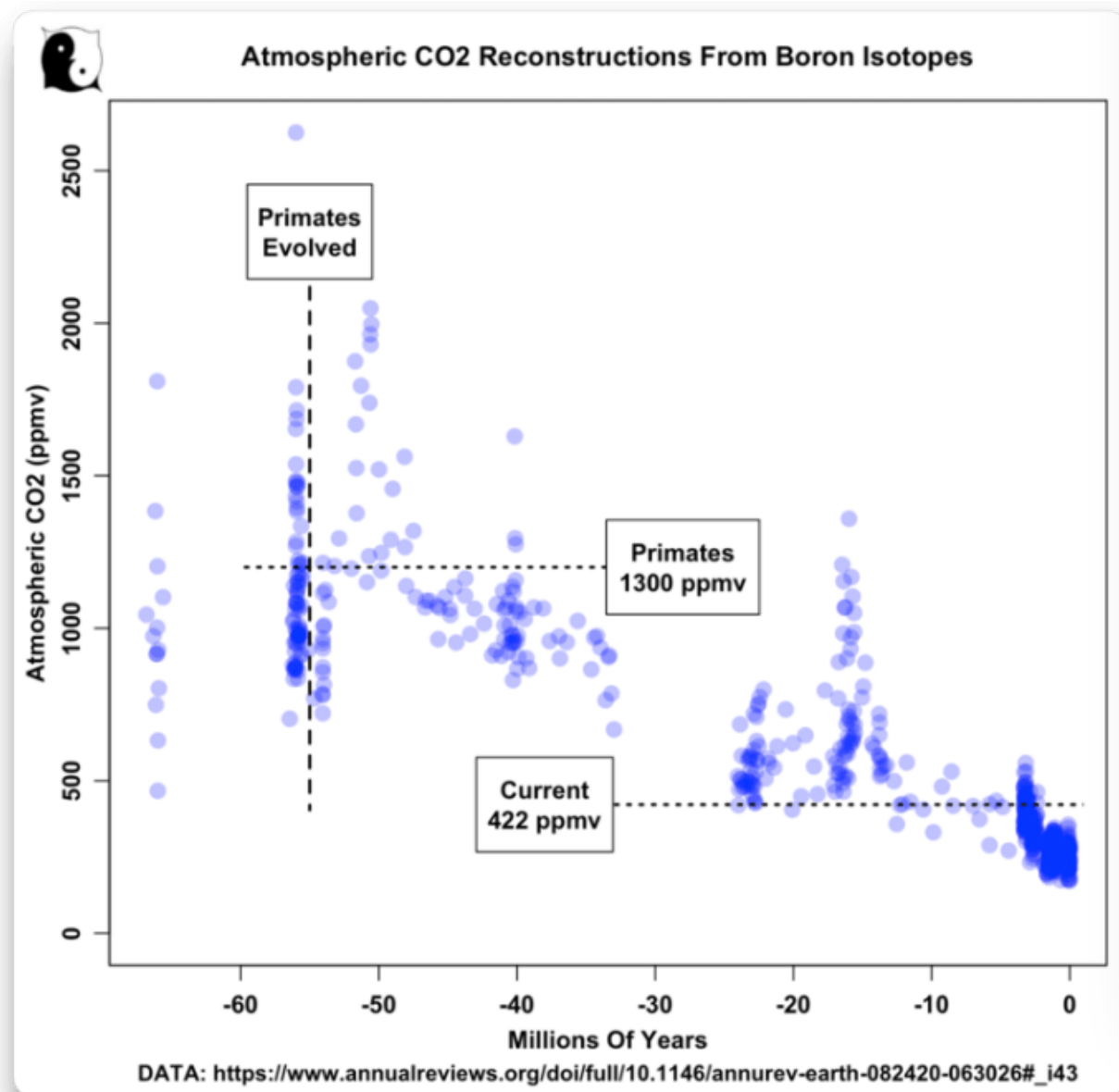


Abbildung 4. Paläo-CO<sub>2</sub>-Werte bis vor 66 Millionen Jahren

Unsere heutigen Werte sind weit entfernt von den höchsten Werten der letzten 5 Millionen Jahre, geschweige denn von 60 Millionen Jahren. (Bitte beachten Sie, dass ich keine LOWESS-Glättung der Daten vorgenommen habe, da dies die Daten von zig Millionen Jahren quasi erfinden würde).

Meine nächste Frage war natürlich, wie gut die Temperatur mit dem Logarithmus der CO<sub>2</sub>-Werte übereinstimmt. Abbildung 5 zeigt diese Beziehung:

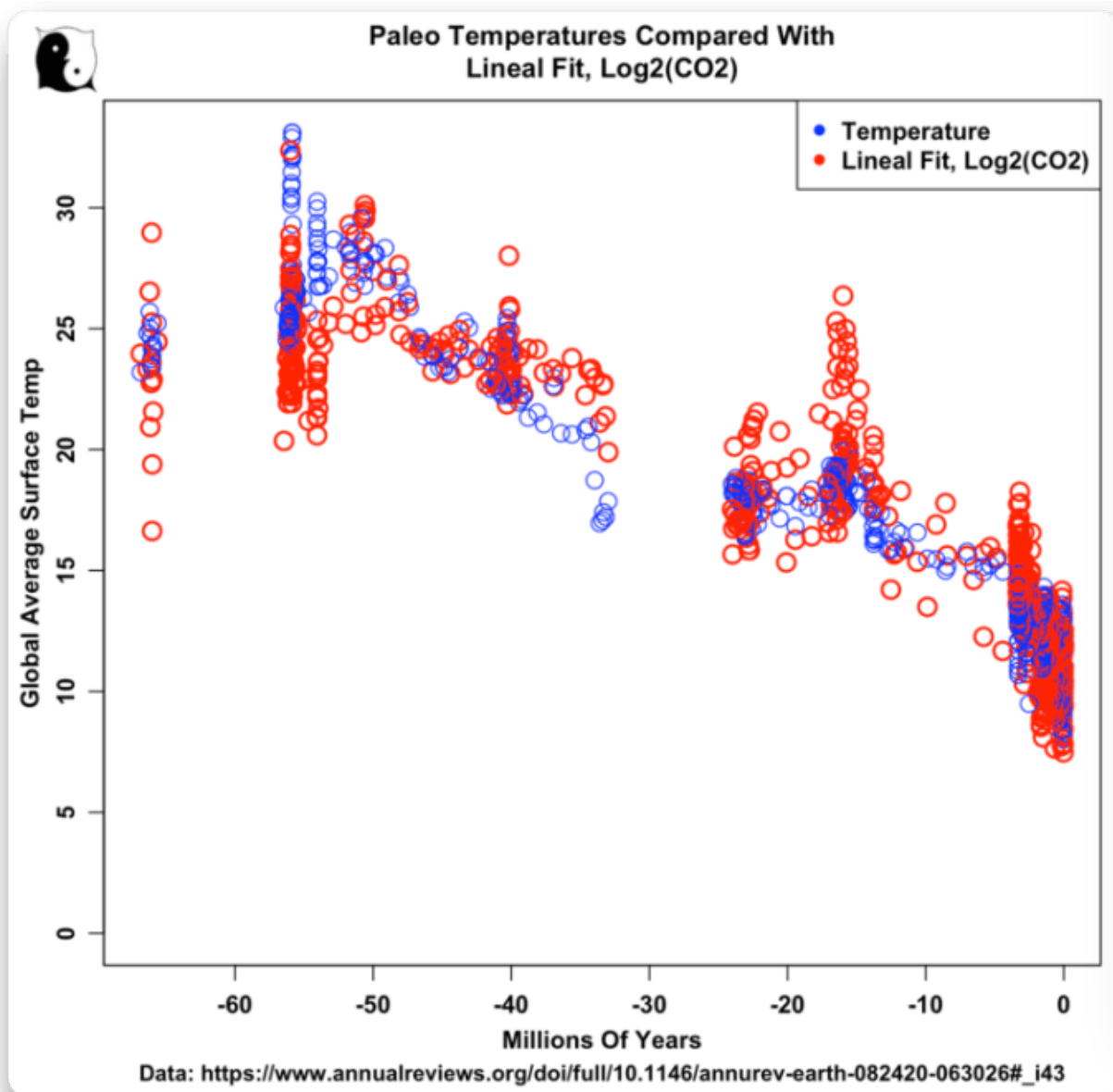


Abbildung 5. Paläo-Temperaturen und lineare Anpassung des Logarithmus' zur Basis 2 der CO<sub>2</sub>-Werte.

Ich muss sagen, dass dies eine sehr gute Übereinstimmung für Klima- und Paläo-Standards ist, wo Messungen immer unsicher sind.

Als nächstes habe ich mir den unübersichtlichen Bereich unten rechts genauer angesehen. Das ist die Zeit der „Eiszeiten“, also Perioden der Vergletscherung, gefolgt von Wärmeperioden. Abbildung 6 zeigt die Eiszeiten:

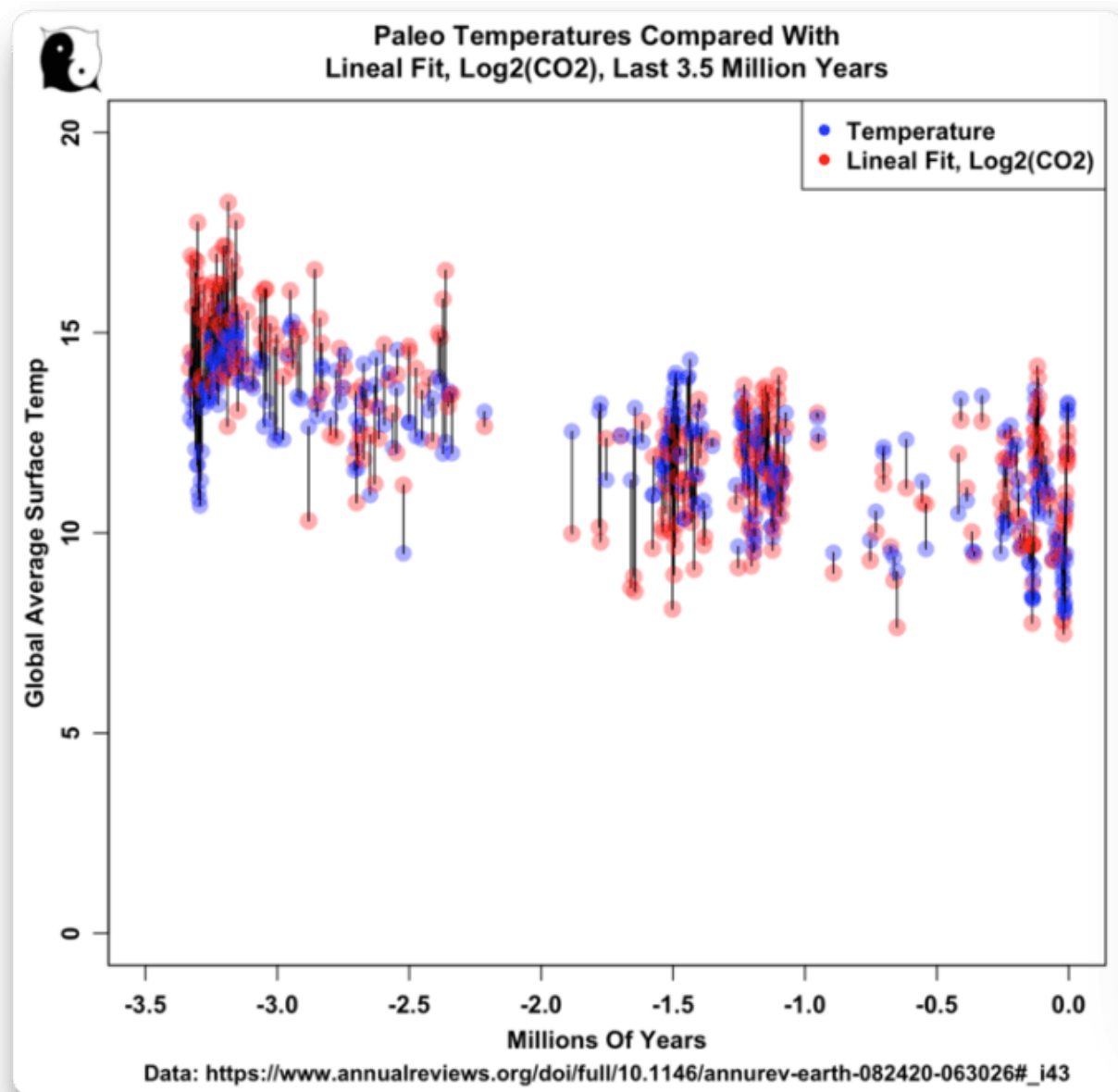


Abbildung 6. Paleo-Temperaturen und lineare Anpassung des Logarithmus' zur Basis 2 der CO<sub>2</sub>-Werte. Ich habe Linien zwischen der Temperatur und den angepassten CO<sub>2</sub>-Werten für jeden Messzeitpunkt eingezeichnet.

Noch einmal: Nach den Maßstäben von Paläo und Klima sind dies gute Anpassungen.

Also ... was gibt es daran nicht zu mögen? Zeigt dies tatsächlich, dass CO<sub>2</sub> in Höhe von 0,04 % der Atmosphäre wirklich der geheime globale Temperaturregler ist, wie die Autoren behaupten?

Vielleicht nicht.

Schauen wir uns zunächst einmal die Berechnungen an. Ich werde die Mathematik aufteilen, um Leute, die Mathe nicht mögen, nicht zu stören ... für Sie, überspringen Sie einfach diesen Abschnitt. Hier ist die Zusammenfassung der linearen Anpassung von  $\log_2(\text{CO}_2)$  und Temperatur:

## Koeffizienten:

	Estimate	Std. Error	t value	P-value
(Intercept)	7.4810	0.1954	38.3	<2e-16
log2_CO <sub>2</sub>	<b>6.3137</b>	0.1087	58.1	<2e-16

Residual standard error: 2.468 on 644 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.8398, Adjusted R-squared: 0.8395  
F-statistic: 3375 on 1 and 644 DF, p-value: < 2.2e-16

„log2\_CO<sub>2</sub>“ ist der Logarithmus zur Basis 2 der Veränderung von CO<sub>2</sub>. Der oben fettgedruckte „Schätzwert“ von 6,3 ist die Klimasensitivität, die Schätzung der Temperaturänderung, die einer Verdoppelung des CO<sub>2</sub> entspricht.

Also ja, wie die Autoren oben sagen, zeigt dies eine „relativ hohe Klimasensitivität“. Die Klimasensitivität von 6,3 ist die dritthöchste von 172 verschiedenen früheren Schätzungen der Klimasensitivität. Hier ist ein Blick auf frühere Schätzungen:

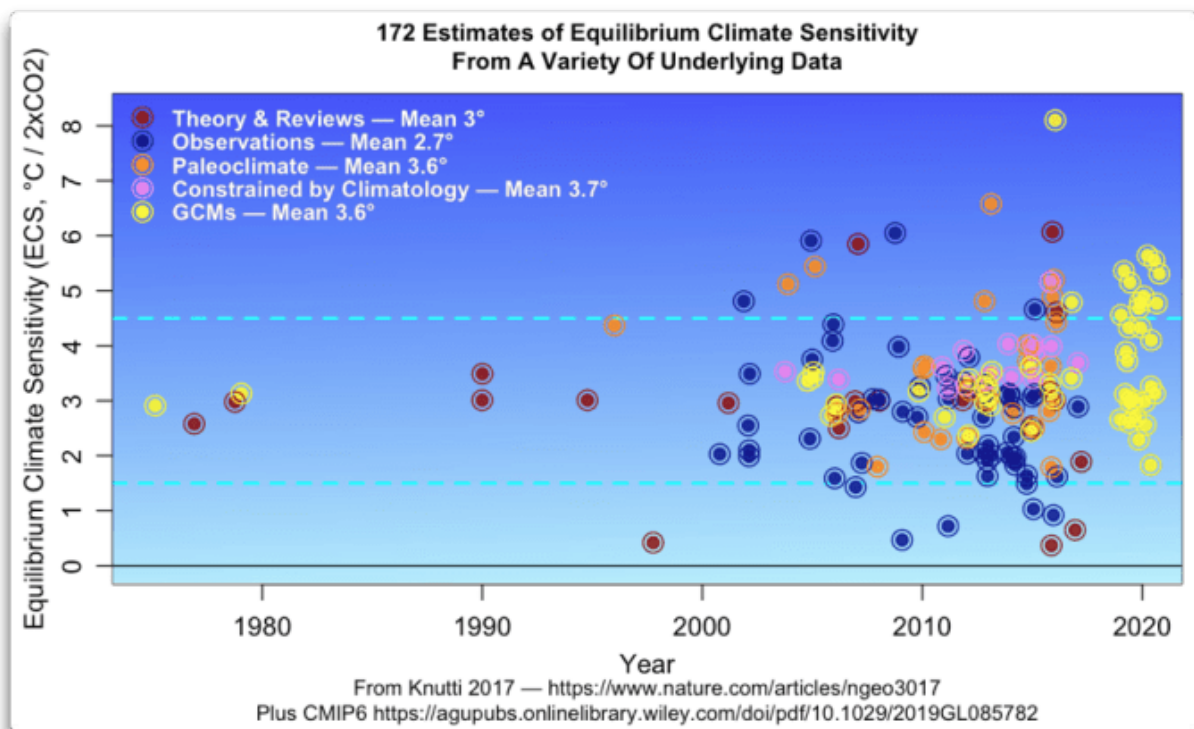


Abbildung 7. Schätzungen der Klimasensitivität aus Theorie und Übersichten, Beobachtungen, Paläoklima, Klimatologie und GCMs.

Ein weiteres Problem, abgesehen davon, dass die Klimasensitivität eine der höchsten der 173 Schätzungen ist, sind die in Abbildung 2 dargestellten viel höheren CO<sub>2</sub>-Werte in der Vergangenheit. Wenn die Klimasensitivität bei 6,3 °C pro Verdopplung liegt, würde das bedeuten, dass die globale durchschnittliche Temperatur im Kambrium bei etwa 40 °C und im Devon bei etwa 36 °C lag ... das erscheint unwahrscheinlich.

Es gibt jedoch ein größeres Problem. Die CO<sub>2</sub>-Theorie besagt, dass ein Anstieg des CO<sub>2</sub> mehr aufsteigende langwellige Strahlung absorbiert. Dies führt zu einem Ungleichgewicht in der Nettostrahlung am oberen Rand der Atmosphäre, da ein Teil der aufsteigenden langwelligen Strahlung zurück an die Oberfläche geleitet wird. Der Betrag dieser erhöhten abwärts gerichteten Strahlung wird als CO<sub>2</sub>-Antrieb bezeichnet.

Die Temperatur steigt daraufhin und erhöht die aufsteigende langwellige Oberflächenstrahlung, um das Gleichgewicht wiederherzustellen.

Abbildung 8 unten zeigt den Schwierigkeitsfaktor. Wenn sich die Erdoberfläche erwärmt, gibt sie gemäß der so genannten Stefan-Boltzmann-Gleichung mehr Strahlung ab. Die folgende Abbildung 8 zeigt den erhöhten Treibhauseffekt aufgrund der gestiegenen CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Vergangenheit und den entsprechenden Anstieg der aufsteigenden langwelligen Oberflächenstrahlung aufgrund des Temperaturanstiegs:

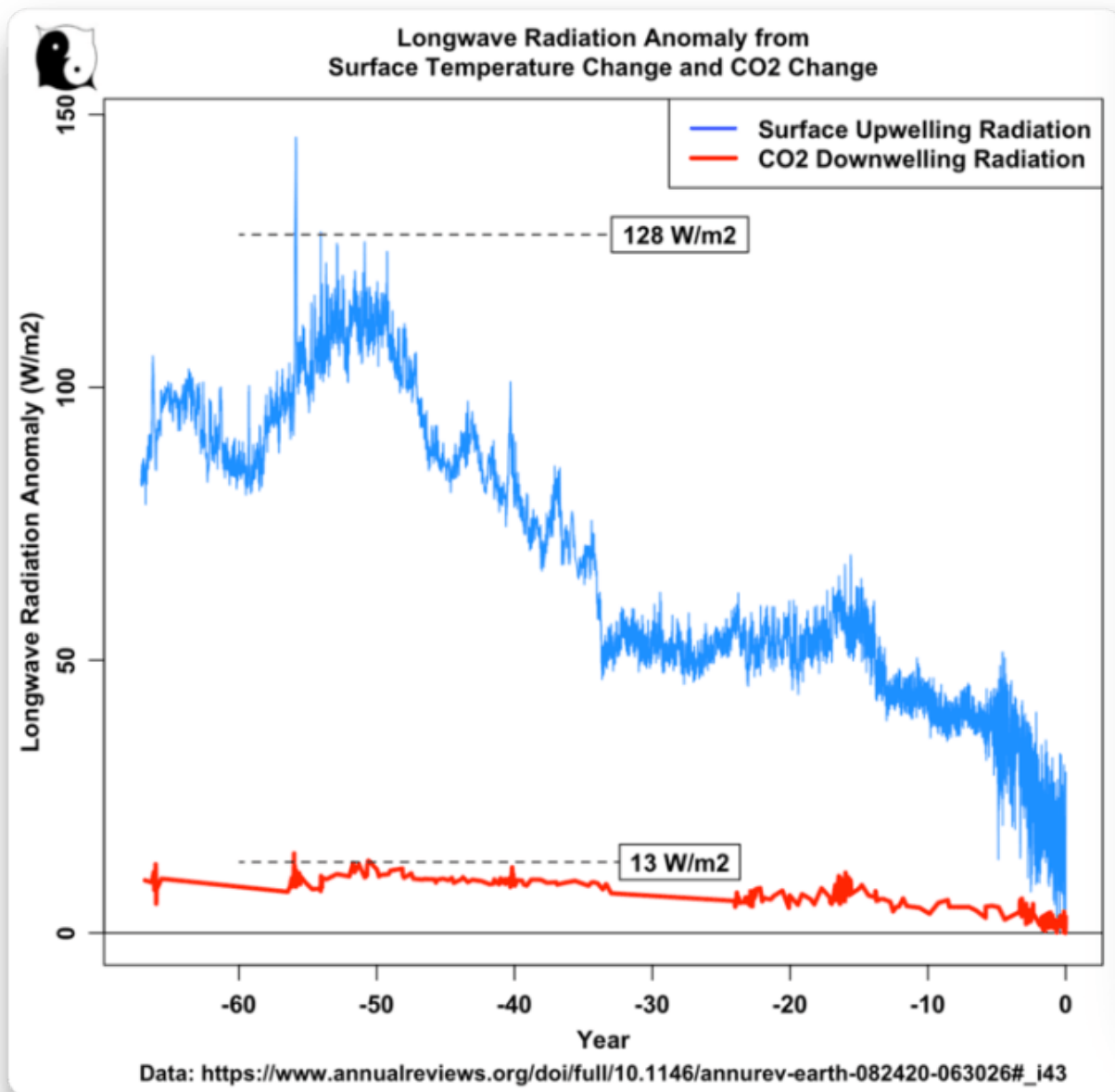


Abbildung 8. Veränderungen der aufsteigenden langwelligen Oberflächenstrahlung und der absteigenden atmosphärischen langwelligen Strahlung aufgrund von CO<sub>2</sub>.

Aha! Das ist also die Perplexität – wir sollen glauben, dass eine Änderung des CO<sub>2</sub>-Antriebs von **13 W/m<sup>2</sup>** eine entsprechende Änderung der aufsteigenden langwelligen Oberflächenstrahlung um **128 W/m<sup>2</sup>** verursacht.

Aber woher kommt die zusätzliche Energie? Es scheint, als ob der Schwanz mit dem Hund wedelt. Nach Berücksichtigung der 13 W/m<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>-Antrieb gibt es weitere 115 W/m<sup>2</sup> an zusätzlicher Energie, welche die Oberfläche verlässt ... aber woher kommt das alles?

Zum Vergleich: Die von der Oberfläche absorbierte Sonnenenergie beträgt 164 W/m<sup>2</sup>. Die Oberfläche muss also weitere drei Viertel der Energie einer Sonne von ... irgendwoher bekommen...

Es müsste sich um eine außerordentlich große Rückkopplung zur Erwärmung handeln, wenn dies die Ursache für die weitere Erwärmung wäre. Der Rückkopplungsfaktor müsste  $\sim 0,9$  sein ... und wenn der Rückkopplungsfaktor größer als  $1,0$  ist, wächst er ohne Ende. Und das würde bedeuten, dass die natürlichen Schwankungen dieser Rückkopplung irgendwann in der Vergangenheit zu einem endlosen Wachstum geführt hätten.

Und es ist schwierig, sich einen physikalischen Prozess vorzustellen, welcher der Oberfläche diese  $115 \text{ W/m}^2$  zuführen würde. Beispielsweise reflektiert die Albedo der Wolken insgesamt etwa  $75 \text{ W/m}^2$  zurück ins All. Wenn also die positive Wolkenrückkopplung zum vollständigen Verschwinden der Wolken führen würde, würde dies die von der Oberfläche absorbierte Sonnenstrahlung nur um  $66 \text{ W/m}^2$  erhöhen, wenn man die erhöhte Oberflächenreflexion berücksichtigt ... und wir suchen nach  $115 \text{ W/m}^2$ .

Das Gleiche gilt für die positive Wasserdampf-Rückkopplung. Die Zahlen sind nicht groß genug. Der [IPCC AR6 WG1 Kapitel 7 Abschnitt 7.4.2.2](#) schätzt die kombinierte Rückkopplung von Wasserdampf und Lapse-Rate auf  $1,12 \text{ W/m}^2$  pro  $^{\circ}\text{C}$  Erwärmung. Die Erwärmung bis vor 60 Millionen Jahren beträgt etwa  $15^{\circ}\text{C}$ . Die Rückkopplung von Wasserdampf und Sturzeschwindigkeit würde also in der Größenordnung von  $15^{\circ}\text{C} * 1,12 \text{ W/m}^2$  pro  $^{\circ}\text{C} = 17 \text{ W/m}^2$  liegen ... und wir suchen nach  $115 \text{ W/m}^2$ .

Was sonst ... die Paläo-Temperatur oder das Paläo- $\text{CO}_2$  könnten falsch berechnet worden sein, in diesem Fall zeigt das alles nichts.

Eine letzte Möglichkeit ist natürlich, dass die Erwärmung wenig mit  $\text{CO}_2$  zu tun hat und dass die  $\text{CO}_2$ -Werte eine Funktion der Temperatur sind und nicht umgekehrt ...

Ich habe diesen Beitrag mit „Ein seltsames Paleo-Puzzle“ betitelt. Und das hier ist das Rätsel: **Wie kann ein Anstieg des  $\text{CO}_2$ -Antriebs um  $13 \text{ W/m}^2$  einen Anstieg der aufsteigenden langwelligen Oberflächenstrahlung um  $115 \text{ W/m}^2$  verursachen?**

Alle Vorschläge sind willkommen.

**Daten:** Ich habe zwei CSV-Dateien mit den in dieser Analyse verwendeten Daten erstellt, damit sie in Excel oder einer Computersprache Ihrer Wahl verwendet werden können. Die eine enthält die Temperaturen, 23.722 verschiedene Paläo-Messungen.

Die andere enthält die Paläo- $\text{CO}_2$ -Daten, 646 Messungen. Diese enthält auch die Temperaturen aus dem anderen Datensatz, interpoliert zu den Daten der  $\text{CO}_2$ -Messungen. Dies ermöglicht die Berechnung und grafische Darstellung der Beziehung zwischen den Datensätzen.

Die Datensätze: „[Rae  \$\text{CO}\_2\$  and Interpolated Temps.csv](#)“ und „[Rae Temperatures.csv](#)“.

Link: <https://wattsupwiththat.com/2024/02/23/a-curious-paleo-puzzle/>

# **Es ist an der Zeit, den Begriff „erneuerbare Energien“ aus der ernsthaften Diskussion und den energiepolitischen Richtlinien zu streichen – Teil III**

geschrieben von Chris Frey | 27. Februar 2024

**Planning Engineer**      **Russ Schussler**

„Erneuerbar gut, nicht-erneuerbar schlecht“ ist viel zu einfach und leider einflussreich.

In früheren Beiträgen wurde argumentiert, dass erneuerbar nicht unbedingt grün, nachhaltig oder umweltverträglich bedeutet. Nicht-erneuerbare Energieerzeugung kann grüne Ziele erfüllen, sehr nachhaltig und umweltverträglich sein. Diese Zweiteilung stiftet mehr Verwirrung als Nutzen. Außerdem sind die Netzauswirkungen von Ressourcen, die als erneuerbare Energien zusammengefasst werden, so unterschiedlich, dass es keinen Sinn macht, in diesem Zusammenhang von ihnen als einer Gruppe zu sprechen. In diesem Beitrag wird anhand einiger Beispiele die gefährliche Vorstellung in Frage gestellt und hervorgehoben, dass alle „erneuerbaren“ Ressourcen grundsätzlich „gut“ und alle „nicht-erneuerbaren“ grundsätzlich schlecht sind.

## **Wollen wir mehr erneuerbare und weniger nicht-erneuerbare Energien?**

Die Technologie und unsere Fähigkeit, verschiedene Ressourcen zu nutzen, verändern sich im Laufe der Zeit. Bei wichtigen technologischen Entwicklungen können aus sehr schlechten Optionen sehr gute Optionen werden. Bei umfassender Einführung können gute Optionen zu sehr schlechten werden. Der Versuch, eine Option vor ihrer Zeit einzuführen, ist in der Regel kontraproduktiv. Optionen, die in kleinem Maßstab vorteilhaft sind, können in größerem Maßstab ernsthafte negative Folgen haben. Erneuerbar-gut, nicht-erneuerbar-schlecht ist viel zu simpel.

Biomasseprojekte profitieren möglicherweise zu Unrecht von der

Einstufung als erneuerbare Energiequelle. Verschiedene Biomasseprojekte werden häufig über das politische Spektrum hinweg für eine Vielzahl von Umweltproblemen kritisiert. Dennoch erfüllen Biomasseprojekte die gesetzlichen Anforderungen für erneuerbare Energien und werden gegenüber Alternativen bevorzugt, die nach den meisten anderen relevanten Kriterien besser sein könnten.

Die Kernenergie ist ein weiteres Beispiel für eine andere Ressource, die sich nicht mit der Zweiteilung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energien vereinbaren lässt. Die Kernenergie minimiert viele der Probleme, die mit der Erzeugung fossiler Brennstoffe verbunden sind. Natürlich kann man Einwände gegen die Kernenergie erheben, aber die Nachhaltigkeit ist derzeit kein großes Problem. Die derzeitigen Bemühungen um einen Ausbau der Kernenergie stehen vor zusätzlichen Herausforderungen, da die Kernkraft nicht als erneuerbare Energiequelle gilt. Die Kernenergie sollte mit den verschiedenen „erneuerbaren“ Energiequellen auf der Grundlage ihrer spezifischen Vorzüge für bestimmte Anwendungen konkurrieren und auf der Grundlage der vorgebrachten Bedenken kritisiert werden. Aber sie sollten nicht wegen der Bezeichnung „erneuerbare Energien“ benachteiligt werden.

Unsere Energiezukunft wird wahrscheinlich von vielen neuen Alternativen beeinflusst werden, die sich noch weniger gut in den Rahmen der erneuerbaren/nicht erneuerbaren Energien einfügen. Vereinfachtes Denken kann dazu beitragen, aufkommende vorteilhafte Technologien zu verdrängen und verdächtigere Technologien voranzutreiben. Wir sollten viele Ziele für unsere zukünftigen Energiequellen haben, aber die Einordnung in die Kategorie der erneuerbaren Energien sollte nicht den Vorrang haben.

### **Könnte eine nicht erneuerbare, nicht nachhaltige, auf fossilen Brennstoffen basierende Ressource eine gute Option sein?**

Ich möchte zwar keine Technologie vor ihrer Zeit fördern, aber ich behaupte, dass wir die Tür für nützliche Erzeugungsoptionen offen halten sollten, die in der Zukunft auftauchen könnten und vielleicht nicht erneuerbar sind. So landen zum Beispiel riesige Mengen an Reifen auf Mülldeponien, wo ihre Zersetzung zu einer Versickerung führen kann, was wiederum verschiedene Umweltprobleme zur Folge hat. Irgendwann könnten wir in der Lage sein, Altreifen in Energie umzuwandeln, was für eine ganze Reihe von Umweltmaßnahmen von Vorteil wäre. Man bedenke, dass mit verbesserter Technologie große Mengen an Altreifen als potenzielle Ressourcen auf der Basis fossiler Brennstoffe und nicht als giftige Müllhalden betrachtet werden könnten.

Derzeit werden erhebliche Anstrengungen unternommen, um Altreifen und ihre Bestandteile zu recyceln. Es gibt verschiedene Technologien. Bei der zirkulierenden Wirbelschichttechnologie wird ein 850 bis 900 °C heißes Aschebett verwendet. Diese flammenlose Verbrennung kann enorme Energie erzeugen und ermöglicht gleichzeitig die Abscheidung von Schadstoffen im Aschebett. Die Pyrolyse, d. h. die Verbrennung unter

Ausschluss von Sauerstoff, könnte sich als überlegene Technologie erweisen, um Energie aus Reifen zu gewinnen und gleichzeitig deren Abfallbelastung zu minimieren. Stellen Sie sich vor, Sie könnten giftige Abfalldeponien umwandeln und schließlich beseitigen und gleichzeitig wertvolle synchrone, zuverlässige elektrische Energie gewinnen. Wenn solche Anlagen erfolgreich wären, könnten wir dann alle Deponien beseitigen und die Kapazitäten zukünftiger Altreifen übertreffen? Ja, das könnten wir. Aber wäre es nicht eine großartige Sache, diese Abfälle in einem Prozess zu vernichten, der bekanntermaßen nicht nachhaltig ist?

Solche Ansätze liegen außerhalb der Zweiteilung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energien. Aber in vielen Fällen ist das vielleicht der Weg, den wir gehen wollen. Das Konzept der Erneuerbarkeit besagt, dass unsere Ressourcen ewig reichen müssen. Für viele Dinge, auf die wir angewiesen sind, trifft das zu. Aber vergängliche Ressourcen haben in der Vergangenheit große Vorteile gebracht. Wie bereits erwähnt, wen kümmert es schon, wenn wir nicht genug Altreifenhalden haben, um ewig zu leben. Es handelt sich um eine auf fossilen Brennstoffen basierende Ressource, die im Interesse des Umweltschutzes unbedingt abgebaut werden muss.

### **Lassen Sie sich nicht zu einer enormen Verschwendung verleiten, denn der Energieanteil ist erneuerbar**

Erneuerbare Energien haben eine unglaubliche Kraft, um die Einführung vieler marginaler Technologien voranzutreiben. Um dies zu veranschaulichen, möchte ich die Geschichte der Solarstraßen zusammenfassen. Viele waren übermäßig enthusiastisch über das Potenzial von Solarstraßen, als dieses Konzept im Jahr 2014 aufkam. Solar Roadways ist ein bestimmtes Unternehmen, aber auch andere namentlich genannte Unternehmen haben verschiedene Projekte gefördert und durchgeführt, die darauf abzielen, mit Hilfe von Paneelen auf Straßen Strom zu erzeugen. Bei den grundlegenden Ansätzen handelt es sich um ineinander greifende Hightech-Solarpaneele mit vielen anderen zusätzlichen Funktionen. Es gab große Bestrebungen, aus der „reichlich vorhandenen“, „kostenlosen“, „grünen“ Energie durch Solarstraßen Kapital zu schlagen. Zu den potenziellen Vorteilen, die angepriesen wurden, gehörten eine geringere Instandhaltung der Autobahnen, Arbeitsplätze, Warnung vor Hindernissen durch Gewichtssensoren, die Möglichkeit, Fahrzeuge aufzuladen, die die Straßen benutzen, Straßen, die den Schnee schmelzen würden, und eine verbesserte Straßensignalisierung durch eingebaute LED-Technologie.

Viele Menschen waren naiv und ließen sich von den möglichen Vorteilen verführen. Das Geld für die Solar Roadways Incorporated Company kam aus vielen Quellen. Das Verkehrsministerium stellte Mittel für verschiedene Machbarkeitsstudien zur Verfügung. Eine Crowdfunding-Aktion bei Indiegogo, die von Georgie Takei und diesem [Video](#) unterstützt wurde, brachte 2,2 Millionen Dollar für Solar Roadways ein. Wie viele andere Videos ist auch dieses nach fast zehn Jahren etwas veraltet, aber es war damals sehr eindrucksvoll und hat die Herzen und Köpfe vieler Menschen erreicht.

Verantwortungsbewusste Menschen fragten mich gelegentlich nach meiner Meinung zu Solarstraßen. Ich habe dann vorsichtig nachgefragt und geantwortet. „Haben Sie zusätzliches Geld, das Sie für etwas ausgeben müssen? Wollen Sie etwas für eine positive PR tun? Wollen Sie altruistisch sein und die Vorlaufforschung unterstützen?“ Das waren nicht ihre wichtigsten Beweggründe, und als sie mir das mitteilten, sagte ich ihnen, dass ich nicht glaube, dass ein früher Einstieg in eine Technologie, die noch so viel Entwicklungsarbeit leisten muss, ihren Verbrauchern oder ihrem Gewinn nützen könnte.

Was hätten vernünftige Menschen damals über das Potenzial von Solarstraßen denken sollen?

„Das wird bestenfalls eine lange Zeit dauern. Nichts wurde bisher auch nur im kleinen Maßstab demonstriert. Es kostet unheimlich viel, Straßen einfach nur mit Asphalt zu bedecken. Wie viel wird es kosten, sie mit Glasgeräten zu bedecken, die komplizierter sind und mehr Funktionen haben als iPhones? Glauben Sie, wir können sie den Elementen aussetzen, wenn Lastwagen und Autos und wer weiß was darüber fahren? Was könnte möglicherweise schief gehen? Was ist mit der Bodenhaftung? Es ist nicht einfach, sie mit Steuerungen zu verbinden und an das Stromnetz oder andere Stromversorgungsstationen anzuschließen. Wie lange könnten einzelne Paneele halten? Die Wartung eines solchen Systems auf der Fahrbahn erscheint gelinde gesagt schwierig. Sind die Solarmodule nicht aus guten Gründen schräg angebracht? Müssten wir nicht erst eine ganze Reihe erfolgreicher Solardächer sehen, bevor man erwarten kann, dass Solarstraßen machbar sind? Gibt es nicht alle möglichen Probleme, an die man noch nicht gedacht hat und die wahrscheinlich auftauchen werden? Ich muss noch viel mehr hören, bevor ich mich von diesem Thema begeistern lasse.“

Aber solche Fragen wurden nicht besonders beachtet. Die Menschen waren größtenteils verzaubert oder abgelenkt von der Aussicht auf kostenlose erneuerbare Energie.

Wie haben sich diese Programme bewährt? Bei einem 3,9 Millionen Dollar teuren [Prototyp](#) in Idaho gingen in der ersten Woche 83 % der Paneele kaputt. Hätte er funktioniert, hätte er vielleicht einen Trinkbrunnen und die Beleuchtung einer Toilette betreiben können. Frankreich gab über 5 Millionen Dollar aus, um 2800 Photovoltaikmodule auf einer 1 km langen Straße zu [installieren](#). Trotz des speziellen Silikonharzes, das die Straße vor dem Verkehr von 19 Radfahrern schützen sollte, hielten die Platten nicht. Anfangs erzeugte das Projekt nur die Hälfte der erwarteten Energie, doch schon nach wenigen Jahren waren es nur noch 10 % der ursprünglichen Prognosen. Die Auswirkungen von Unwettern, Laubschimmel und Traktoren waren nicht ausreichend vorhergesehen worden. Die dem Schutz der Paneele dienende Harzbeschichtung verursachte so viel Lärm, dass die Geschwindigkeitsbegrenzung auf 80 km/h herabgesetzt werden musste. China [eröffnete](#) 2017 eine 1 km lange Solarstraße. Sie wurde jedoch innerhalb einer Woche aufgrund von Verkehrsschäden und

Diebstahl der Paneele geschlossen.

Heute gibt es in den USA eine funktionierende Solarstraße in Peachtree City, Georgia. Daten für dieses kleine, 50 Quadratmeter große Projekt sind schwer zu bekommen, aber die erwartete jährliche Stromproduktion des Projekts könnte für weniger als 200 Dollar bei einem durchschnittlichen Haushaltstarif in Georgia erworben werden. Vielleicht ist diese kleine Anwendung die richtige Größenordnung für ein solches Projekt, ein Jahrzehnt nach den anfänglichen großen Versprechungen und Hoffnungen, und wer weiß, wie lange es dauert, bis sich die Technologie als fruchtbar erweist.

Die Ergebnisse sind schrecklich. Vielleicht schlimmer, als selbst einige der extremsten Skeptiker erwartet hätten. So fragwürdig das große Konzept auch war, so gab es doch eine Fülle kleinerer Teilprobleme, die einen hohen Entwicklungsaufwand erforderten. Trotz einiger ehrlicher Einschätzungen war es schwer, die Begeisterung für diese Projekte zu dämpfen. Begleitet von viel Beifall wurden die solaren Straßenbauprojekte finanziert und in großem Maßstab getestet, obwohl sich die unterstützenden Materialien erst in den primitivsten Stadien der Entwicklung befanden.

## **Schlussfolgerungen**

Die Begriffe „erneuerbar“ und „nicht-erneuerbar“ haben in der Öffentlichkeit und bei politischen Entscheidungsträgern unverdientermaßen viel Macht und Einfluss. Anstatt aufzuklären und zu informieren, dienen sie oft dazu, die Energiepolitik zu verwirren und in die Irre zu führen. Wir brauchen ein differenzierteres Verständnis dafür, was sauber, grün, nachhaltig, umweltverträglich und praktikabel ist. Die Zweiteilung in erneuerbare und nicht erneuerbare Energien schadet unserer Fähigkeit, mit potenziell wertvollen und praktikablen Technologien voranzukommen, und gibt schlecht durchdachtem Schnickschnack zu viel Auftrieb.

**Korrektur/Klarstellung:** In Teil II dieser Serie und vielleicht noch weiter zurückgehend bezeichne ich die „Laufwasserkraft“ als selten und meist unbedeutend. Diese Serie wurde in einem anderen Forum aufgegriffen, und ein Kommentator wies darauf hin, dass es in den USA viele große Wasserkraftwerke gibt, die als Laufwasserkraftwerke eingestuft werden. Ich hätte mich auf Laufwasserkraftwerke ohne Teiche beziehen sollen. Das Corps of Engineers bezeichnet Staudämme mit umfangreichen Speichermöglichkeiten (saisonal und mehrjährig) als „stored hydro“. Dämme mit begrenzterer Speicherkapazität (Tage, Wochen und möglicherweise Monate) werden als „Teichanlagen“ und nicht als Speicheranlagen bezeichnet. Grundsätzlich können die Betreiber mit Hilfe von Stauseen Wassermengen so lange zurückhalten, bis sie gebraucht werden und nützlich sind. Es handelt sich um eine begrenzte Form der Speicherung. Große Anlagen mit beträchtlicher Stauwassermenge (im Gegensatz zur Langzeitspeicherung) werden von den Bundesbehörden als

Flussläufe (oder in einigen Dokumenten als „grundsätzlich Flussläufe“) eingestuft. Auch wenn es sich dabei nicht um eine langfristige Speicherung handelt, so bietet sie doch einen Kapazitätswert und ermöglicht es den Planern, auf diese Anlagen zu zählen, um Nachfragespitzen zu decken. Die Betreiber können diese Anlagen so einsetzen, dass sie der Last folgen und das System bei Bedarf unterstützen. Wasserkraftwerke mit Teichanlagen werden nicht zu Recht als intermittierend bezeichnet, sondern sind vergleichbar mit Wind- oder Solaranlagen, die über ein umfangreiches Batterie-Backup verfügen. Der von mir verwendete Begriff „Flusslauf“ stammte aus der Erfahrung der Modellierung, wo er sich auf Ressourcen bezog, die intermittierend auftraten und unkontrollierbar waren. Wegen der unterschiedlichen Definitionen hätte ich mich hier genauer ausdrücken sollen. Wasserkraftwerke ohne Teichanlagen oder Speicher sind in der Regel klein und unbedeutend.

Link:

<https://judithcurry.com/2024/02/22/time-to-retire-the-term-renewable-energy-from-serious-discussions-and-policy-directives-part-3/#more-31036>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE