

# Die Klima-Ideologie ignoriert die Wissenschaft und bedroht die Menschheit

geschrieben von Chris Frey | 17. Mai 2024

**Dr. Lee Gerhard**

Klimawissenschaftler würden weniger wahrscheinlich düstere Warnungen vor dem Untergang des Planeten aussprechen, wenn sie der geologischen Geschichte der letzten Millionen Jahre mehr Glauben schenken würden. Stattdessen verlassen sie sich auf Computermodelle, die von den Vorurteilen ihrer Manipulatoren beeinflusst werden und nicht in der Lage sind, die zahllosen Faktoren zu berücksichtigen, welche die globalen Temperaturen beeinflussen.

Eine winzige Erwärmung in jüngster Zeit, was auch immer die Ursache sein mag, ist ein unbedeutendes Phänomen angesichts der langen Aufzeichnungen in den Eiskernen der Antarktis, die 800.000 Jahre zurückreichen. Unterm Strich ist die Erde um fast 3 Grad Celsius kälter als vor 3.000 Jahren und erholt sich gerade von der längsten Kälteperiode der letzten 10.000 Jahre. Schreiende Schlagzeilen über die Rekordhitzewellen der letzten hundert Jahre sind sinnlos, hysterisches Geschwätz.

Ein tieferes Eintauchen in die geologische Geschichte – teilweise auf der Grundlage von Aufzeichnungen, die über Millionen von Jahren in Tiefsee-Sedimenten gespeichert worden sind – zeigt, dass die heutigen Kohlendioxid-Konzentrationen von 420 Teilen pro Million (ppm) ein Bruchteil der früheren Werte sind, die 5.000 ppm und mehr erreichten. Der CO<sub>2</sub>-Gehalt ist fast auf dem niedrigsten Stand seit Beginn des pflanzlichen Lebens vor vielen Millionen Jahren und liegt weit unter der optimalen Menge für die Gesundheit der meisten Pflanzen.

Tatsächlich ist die 280-ppm-Konzentration von Mitte des 19. Jahrhunderts unangenehm nahe an dem Punkt, an dem pflanzliches Leben stirbt – unter 150 ppm. Angesichts der Tatsache, dass alles Leben von ausreichenden Mengen dieses Gases abhängt, sind Vorschläge zur Verringerung des atmosphärischen Kohlendioxids nichts weniger als töricht.

Jeder globale Anstieg des Kohlendioxids wird sich positiv auswirken und fast keinen Einfluss auf die künftigen Temperaturen haben. Im Gegensatz dazu wird in der „Bibel“ der menschlichen Geschichte und des Klimawandels gezeigt, die von dem verstorbenen Professor [Hubert Lamb](#) an der University of East Anglia zusammengestellt wurde, dass Kälte tödlich ist.

Während der kleinen Eiszeit überstieg in Teilen Englands die „jährliche

Zahl der Beerdigungen die der Geburten von den 1660er Jahren bis etwa 1730“, berichtet Lamb.

Warum verteufeln dann so viele die fossilen Brennstoffe? Der durch Kohle, Erdöl und Erdgas ermöglichte Wohlstand hat zahlreichen Forschern die Muße – und die finanziellen Mittel – verschafft, sich mit dem Klimawandel zu befassen, anstatt um das Überleben zu kämpfen. Die globale Gesellschaft ist für ihr Überleben absolut abhängig von billiger und reichlich vorhandener Energie. Warum sollten einige fordern, dass sich die Zivilisation von nützlichen Energiequellen zurückzieht, um Massenhunger, Armut und Pferdekutschen zurückzubringen?

Von einer utopischen Welt zu träumen ist vielleicht bewundernswert, aber der Gesellschaft durch Unkenntnis der Wissenschaft Leid zuzufügen, ist erbärmlich.

Der Menschheit wird wertvolles Wissen vorenthalten, wenn so viele die Ideologie und Panikmache der Klimaalarmisten der akribischen Forschung herausragender Wissenschaftler vorziehen wie Dr. Richard Alley, Professor für Geowissenschaften an der Pennsylvania State University, der Pionierarbeit bei der Untersuchung von Eisbohrkernen geleistet hat, und Dr. Richard Lindzen, emeritierter Professor für Meteorologie am Massachusetts Institute of Technology, der die unglaubliche Komplexität der Atmosphärenphysik erforscht hat. Wir könnten ohne weiteres Dutzende von ähnlich qualifizierten Personen nennen, die außerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft weitgehend unbekannt sind.

Die Öffentlichkeit wird vor empirischen Daten „geschützt“, und zwar durch die Zensur der legalen und sozialen Medien, die eifrig die angebliche Notwendigkeit verkünden, die globale Erwärmung auf 1,5 oder 2,0 Grad Celsius zu begrenzen – künstliche Konstrukte ohne jede wissenschaftliche Grundlage.

Wir leiden also unter den Folgen ungerechtfertigter regulatorischer Eingriffe in unser tägliches Leben, seien es Beschränkungen für Heizungen, Klimaanlage, Geschirrspüler und Herde oder der höhere Preis und die geringere Verfügbarkeit von Strom. Die Auswirkungen reichen von lästig bis lebensbedrohlich.

Es gibt keinen globalen Klimanotstand. Es gibt jedoch eine weit verbreitete Wissenskrise.

*Lee Gerhard is a senior scientist emeritus, University of Kansas; past director, Kansas Geological Survey; member of the [CO<sub>2</sub> Coalition](#); Getty Professor of Geological Engineering at the Colorado School of Mines (ret.), and coauthor of [“Geological Perspectives of Global Climate Change.”](#) He has a Ph.D. in geology.*

*This commentary was first published at [The Washington Times](#) on May 1, 2024.*

Link:

<https://cornwallalliance.org/2024/05/climate-ideology-ignores-science-threatens-humanity/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

---

# Analyse der kumulativen Auswirkungen der Offshore-Windenergie

geschrieben von Chris Frey | 17. Mai 2024

[David Wojick](#)

Wenn die Bundesbehörden endlich die im Endangered Species Act vorgeschriebene kumulative Umweltverträglichkeitsprüfung für Wale durchführen, gibt es eine Reihe grundlegender Fragen zu klären. Hier ein kurzer Blick auf einige davon für den stark gefährdeten Nordatlantischen Glattwal (North Atlantic Right Whale, NARW).

Der Begriff „kumulativ“ bezieht sich auf die kombinierten Auswirkungen mehrerer Offshore-Projekte. Die erste Frage ist, welche Projekte für die Analyse zusammengefasst werden sollen. NARW kommen entlang der gesamten atlantischen Küstengewässer vor, die den geografischen Rahmen bilden. Andere gefährdete Arten sind entlang der Golf- und Westküste zu finden.

Die Projekte können sich in sehr unterschiedlichen Entwicklungsstadien befinden. Hier ist eine Art Hierarchie, die mehrere offensichtliche Optionen bietet, von relativ klein bis riesig.

1. Gebaute oder zum Bau genehmigte Projekte. Davon gibt es etwa 10. Sie stellen die unmittelbare Bedrohung dar, aber die Gesamtbedrohung für die NARW ist natürlich viel größer als diese. Angesichts der Tatsache, dass der Bau dieser Projekte bereits genehmigt wurde, könnte es schwierig sein, große Änderungen zum Schutz der NARW vorzunehmen, wenn auch nicht unmöglich.

2. Die oben genannten Projekte plus die Projekte, die sich aktiv um eine baldige Genehmigung bemühen. Es handelt sich um etwa 30 Projekte, und die kombinierte Bedrohung ist sehr real. Eine Analyse der kumulativen Auswirkungen könnte diese lange Liste ernsthaft einschränken.

3. Als nächstes kommen die vielen Projekte, die in „AN ACTION PLAN FOR OFFSHORE WIND TRANSMISSION DEVELOPMENT IN THE U.S. ATLANTIC REGION“ [etwa: ein Aktionsplan für die Entwicklung von Offshore-Windkraftanlagen

in der atlantischen Region der USA] aufgeführt sind. Dieser Aktionsplan stammt vom Energieministerium und dem Bureau of Ocean Energy Management (BOEM), das den Bau der kombinierten Offshore-Windmonster betreibt.

Der Aktionsplan enthält spezifische Projekte, die in Fünf-Jahres-Schritten von 30.000 MW im Jahr 2030 bis 85.000 MW im Jahr 2050 immer mehr zunehmen. Diese Projekte sind etwas spekulativ, aber da es sich um einen BOEM-Plan handelt, sollten die kumulativen Auswirkungen auf das NARW für jede Fünfjahresstufe bewertet werden. Es ist wahrscheinlich, dass ein solch massiver Plan durch die Ergebnisse dieser Bewertung eingeschränkt würde.

Bei jeder Bewertung der kumulativen Auswirkungen stellt sich die nächste Frage: Welche potenziellen Auswirkungen auf die NARW sollen untersucht werden? Hier sind einige offensichtliche Beispiele, die ich in früheren Artikeln erörtert habe.

A. Akustische Lärmbelästigung durch Quellen wie Sonaruntersuchungen, Bau und Betrieb von Anlagen. In Anbetracht der Tatsache, dass bei einigen genehmigten Einzelprojekten allein die baubedingte Belästigung auf über 200 NARW geschätzt wird, könnte die Gesamtbelästigung für alle Projekte und Quellen zusammen enorm sein.

B. Außerdem ist es wahrscheinlich, dass kombinierte Geräusche zu neuen Belästigungen führen werden. Das Potenzial für das Aussterben der NARW liegt auf der Hand, wenn man bedenkt, dass ihre gesamte Population weniger als 350 Tiere umfasst, von denen nur etwa 70 brütende Weibchen sind.

C. Nachteilige Nachlaufeffekte wie energiereduzierte Luft- und Schwebstoff-Fahnen, die das Nahrungsangebot verringern. Hier sind Gruppen von Projekten in der Nähe besonders wichtig. Der Aktionsplan besteht aus zahlreichen großen Gruppen von Projekten.

D. Erzwungene Änderungen von Schifffahrtsrouten und Fischgründen, die zu einer konzentrierten Bedrohung durch tödliche Schiffsunfälle und Ertrinken durch Verfangen führen können. Es wird leicht vergessen, dass Wale unter Wasser nicht atmen können.

Es ist zu beachten, dass sich die negativen Auswirkungen sowohl zeitlich als auch räumlich summieren können. Der wandernde NARW wird gezwungen sein, ein Spießrutenlaufen durch aufeinander folgende Projekte zu absolvieren, die sich mindestens von Georgia bis Maine erstrecken.

Hier ist die BOEM-eigene Diskussion über die kombinierten Auswirkungen von Rammarbeiten beim Bau von Projekten im Laufe der Zeit. Ich hätte es nicht besser sagen können:

*„Es ist möglich, dass die Rammarbeiten Tiere in Gebiete mit geringerer Lebensraumqualität oder höherem Risiko von Schiffskollisionen oder Fischereibegegnungen verdrängen könnten. Mehrere Bautätigkeiten*

*innerhalb des gleichen Kalenderjahres könnten die Wanderung, die Nahrungssuche, das Kalben und die individuelle Fitness beeinträchtigen. Das Ausmaß der Auswirkungen würde von den Orten, der Dauer und dem Zeitpunkt der gleichzeitigen Bauarbeiten abhängen. Solche Auswirkungen könnten langfristig, von hoher Intensität und von hohem Expositionsniveau sein. Im Allgemeinen gilt: Je häufiger die normalen Verhaltensweisen eines Individuums gestört werden oder je länger die Störung dauert, desto größer ist das Potenzial für biologisch signifikante Auswirkungen auf die individuelle Fitness. Es wird erwartet, dass das Potenzial für biologisch signifikante Auswirkungen mit der Anzahl der Rammereignisse, denen ein Individuum ausgesetzt ist, zunimmt“.* – Empire Wind, Entwurf der Umweltverträglichkeitserklärung v.1, Seite 3.15-14, PDF Seite 372

Zweifellos gibt es noch weitere wichtige Aspekte, die bei einer angemessenen Analyse der kumulativen Auswirkungen zu berücksichtigen sind.

Insgesamt handelt es sich bei der Offshore-Windenergie um ein umfangreiches Programm mit mehreren Projekten und ebenso umfangreichen kombinierten Umweltauswirkungen. Diese kumulativen Auswirkungen müssen im Rahmen des Endangered Species Act (Gesetz über gefährdete Arten) für den stark gefährdeten Nordatlantischen Gattwal (North Atlantic Right Whale) und all die anderen aufgelisteten Tiere, die davon betroffen wären, bewertet werden.

Die Begrenzung der Projektauswirkungen sollte das Gebot der Stunde sein.

Link:

<https://www.cfact.org/2024/05/13/offshore-wind-cumulative-impact-issue-analysis/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

---

## **Die Bedeutung von Kohle für die Herstellung von Solarpaneelen**

geschrieben von Chris Frey | 17. Mai 2024

**Dr. Lars Schernikau**

[LinkedIn](#) [Instagram](#) [Youtube](#) [Twitter](#) – Blog des Autors [blog.unpopular-truth.com](http://blog.unpopular-truth.com)

## Inhalt

1. Herstellung von Silizium in metallurgischer Qualität
2. Kohlenstoffquellen für die Siliziumherstellung: Kohle, Petrolkoks, Hartholz
3. Produktion von Solar-Grade-Silizium (SoG-Si) und Wafering
4. Herstellung von Solarmodulen
5. Kohle und China
6. Zusammenfassung

Kohle ist in diesen Tagen nicht gerade das „Lieblingskind“. **Es scheint, dass fast die gesamte westliche politische Welt geschworen hat, die Kohle ins Grab zu schicken.** Nicht nur die Vereinten Nationen und die IEA haben der Kohle buchstäblich den „Krieg“ erklärt, sondern zahllose politische und aktivistische Organisationen und sogar führende Finanzinstitute erklären, die Nutzung der Kohle sofort zu beenden, wenn es in ihrer Macht stünde.

Der Grund für all dies ist natürlich dieses „schreckliche“ chemische Element namens Kohlenstoff (Nummer 6 im Periodensystem). Bedenken Sie jedoch, dass derselbe Kohlenstoff das zweithäufigste Element im menschlichen Körper ist und einen wichtigen Baustein für alles Leben auf der Erde darstellt. Übrigens ist Kohlenstoff nicht nur deshalb so wichtig, weil CO<sub>2</sub> Pflanzennahrung ist und Pflanzen bei einem CO<sub>2</sub>-Gehalt von ca. 1.500 ppm in der Luft am besten gedeihen (der derzeitige atmosphärische Gehalt liegt bei ca. 420 ppm), sondern CO<sub>2</sub> ist auch ein Treibhausgas, das auch dazu beiträgt, die Temperatur auf unserer Erde gemäßigt und lebenswert zu halten.

Ich muss erwähnen, dass der Preis dafür, dass die Erde bewohnbar bleibt, an das Wasser oder besser gesagt an den Wasserdampf geht, das wichtigste und am häufigsten vorkommende Treibhausgas. Wir alle wissen, dass eine erhöhte Konzentration von Treibhausgasen zu einer leichten Erwärmung beiträgt, aber nur wenige von uns haben gelernt – mich eingeschlossen, nachdem ich mich damit befasst hatte – dass es so genannte Sättigungsgrenzen gibt, die es zu berücksichtigen gilt, was bedeutet, dass höhere Konzentrationen eines Treibhausgases immer weniger Einfluss auf Temperaturveränderungen haben (**die Erwärmungswirkung nimmt logarithmisch ab**).

Im heutigen Blogbeitrag geht es aber nicht um global gemessene und unbestrittene Temperaturveränderungen, ihre Ursachen und ihre negativen oder positiven Auswirkungen, sondern um Kohle und Solar.

**Warum also sind Kohle und Solar so eng miteinander verbunden?** Wie kommt es, dass die Herstellung von Solarmodulen ohne Kohle unmöglich ist? Ich

dachte immer, dass Kohle „nur“ für die Stromerzeugung wichtig ist, da sie 36 % des weltweiten Strombedarfs deckt, d. h. über 8 Stunden von 24 Stunden an jedem einzelnen Tag des Jahres. Und ich habe immer gedacht, dass Kohle „nur“ für die Herstellung von Stahl benötigt wird. Werfen wir aber heute einen Blick auf die Herstellung von Solarzellen, bei der es eigentlich um die Produktion von Silizium geht.

Der größte Teil der für die Herstellung von Solarzellen benötigten Energie wird bei der Siliziumproduktion, der Aufbereitung (purification) und dem Wafering verbraucht. Aber reden wir zunächst über die Reinheit (purity). 6N reines Silizium bedeutet 99,9999% Reinheitsgrad, 11N reines Silizium bedeutet 99,999999999% Reinheitsgrad..

Sie haben jetzt vielleicht einen ersten Eindruck von den chemischen und mechanischen Schwierigkeiten bei der Herstellung eines so reinen Metalls aus einem Naturprodukt bekommen.

In diesem Blogbeitrag werden Sie sehen, wie wichtig eine ununterbrochene Stromversorgung ist, insbesondere für industrielle Prozesse wie die Siliziumschmelze. Natürlich kommt dieser Strom in China aus Kohle und kann nicht aus Wind- oder Sonnenenergie gewonnen werden. Lassen Sie uns etwas tiefer einsteigen.

## **1. Herstellung von Silizium in metallurgischer Qualität und hochreinem Quarz (HPQ)**

Elementares Silizium (Si) ist kein natürlich vorkommendes Element. Silizium (Si) wird seit über 100 Jahren **weitgehend unverändert durch chemische Reduktion von abgebautem hochreinem Quarz (SiO<sub>2</sub>) unter Verwendung von Kohlenstoff (C)** in Hochöfen hergestellt. Die Hochöfen werden jeweils mit bis zu 45 Megawatt Strom betrieben, auch um die für die Prozesse erforderliche Wärme zu erzeugen. Wenn das Gemisch aus Quarzgestein und Kohlenstoff erhitzt wird – was als Siliziumschmelze oder -verhüttung bezeichnet wird, reagiert der Kohlenstoff mit dem Sauerstoff im Quarz und bildet CO-Gas. Erinnern Sie sich, dass auch Eisenerz (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) mit Koks aus Kokskohle (C) reduziert wird, um Eisen (Fe) herzustellen.

Alles vereinfacht:

- Herstellung von Eisen:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ C} + \text{Wärme} \Rightarrow 2 \text{ Fe} + 3 \text{ CO}$
- Herstellung von Silikon (Verhüttung):  $\text{SiO}_2 + 2 \text{ C} + \text{Wärme} \Rightarrow \text{Si} + 2 \text{ CO}$

Das bedeutet, dass jede Tonne Silizium allein in diesem Silizium-Schmelzprozess etwa 5-6 Tonnen CO<sub>2</sub> freisetzt.

Hochreiner Quarzsand (HPQ) ist das Ausgangsmaterial für Silizium in metallurgischer Qualität. Es wird allgemein davon ausgegangen, dass die Qualität des Ausgangsmaterials für Solarzellen und Halbleiter 99,95 %

Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) mit nur  $<500$  ppm Gesamtverunreinigungen beträgt. Solches HPQ ist knapp und muss abgebaut, verarbeitet, aufbereitet und natürlich transportiert werden, bevor es für die Verhüttung verwendet werden kann ([Chemical Research 2023](#) und Troszak).

Die typische Verarbeitungssequenz für hochreinen Quarz umfasst folgende Schritte:

- (a) Vorbehandlung, die Zerkleinern/Brechen, Waschen, Entkalken, Sieben und Mahlen umfasst;
- b) physikalische Trennverfahren, einschließlich radiometrischer Sortierung, Separation durch dichte Medien, Schwerkraftabscheidung, magnetisch-elektrische Trennung und Flotation;
- (c) chemische Behandlungen, wie Kalzinierung-Wasserabschreckung und Auslaugung; und
- (d) fortgeschrittene Behandlungen wie Chlorierung, Rösten und Vakuumraffination ([Zhang et al. 2023](#)).

Die Schätzungen des Energie- und damit auch des  $\text{CO}_2$ -Fußabdrucks der Siliziumherstellung gehen in der Literatur und in der „wissenschaftlichen Gemeinschaft“ weit auseinander. Wir wissen aber bereits, dass die globale Siliziumreinigung und die Herstellung von Solarzellen von China dominiert wird (Abbildung 1).

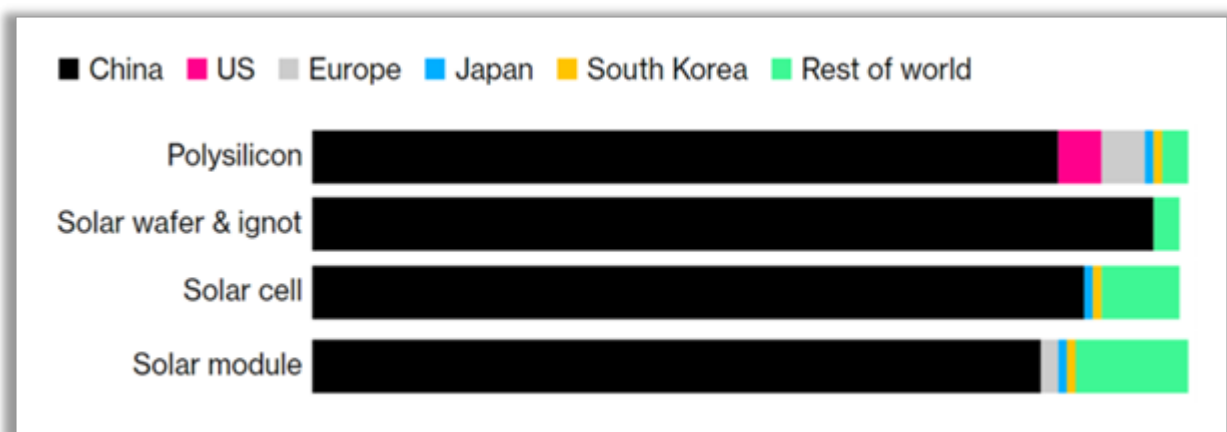


Abbildung 1: Chinas Anteil an der weltweiten Herstellung von Solarmodulen und seine Prozessschritte. Quelle: [BloombergNEF](#), April 2024

## 2. Kohlenstoffquellen für die Siliziumherstellung: Kohle, Petrolkoks, Hartholz

Interessant ist, dass bei der Siliziumschmelze verschiedene Kohlenstoffquellen verwendet werden. Diese Kohlenstoffquellen stammen größtenteils aus Kohle, Petrolkoks (ein Nebenprodukt der Öltraffination) und Hartholz. Kohle zur Herstellung von Koks ist die wichtigste, aber **diese Kohle muss von besonderer Qualität sein, einen sehr geringen Aschegehalt, einen hohen Anteil an gebundenem Kohlenstoff, eine bestimmte Reaktivität** (geprüft mit SINTEF-Tests) und eine bestimmte Korngröße aufweisen. Diese Kohle ist weltweit eher knapp, wobei Kolumbien eine wichtige Rolle spielt. Weitere Einzelheiten zur Siliziumschmelze finden Sie auch in [Troszak 2019](#), Burning coal and trees to make solar panels.

Der Abbau dieser Kohle ist nicht nur teuer, weil sie knapp ist und viel Abraum erfordert, sondern auch die Aufbereitung der Kohle (Waschen) erfordert Energie und „verschwendet“ Ressourcen. Nach dem Waschen und der Aufbereitung kann nur ein Bruchteil der Kohle mit einer bestimmten Körnung, in der Regel 3-12 mm, in den Öfen für die Siliziumverhüttung verwendet werden. Das feinere Material muss zu niedrigeren Preisen verkauft werden. Um die Körnung zu erhalten, muss die Kohle außerdem in Schüttgutbeuteln oder Seecontainern transportiert werden, damit die Körnung bei der Handhabung erhalten bleibt.

Sie sehen also, warum für solche Spezialkohle eine hohe Prämie und eine beträchtliche Menge an Energie für den Abbau, die Verarbeitung/Aufbereitung/Sortierung und natürlich den Transport zu den Schmelzhütten erforderlich sind (Dank auch an Rob Boyd aus Neuseeland für seinen wertvollen Beitrag).

Hartholz ist ein bemerkenswertes Material. **Geschreddertes Hartholz (Holzschnitzel) muss in den „Topf“ der Siliziumschmelze gemischt werden, damit die reaktiven Gase zirkulieren können**, damit das sich bildende flüssige Silizium zum Abzapfen auf dem Boden absetzen und damit das entstehende CO (und andere Gase) sicher aus der „Ladung“ der Schmelze entweichen kann ([Troszak 2019](#)). Holzschnitzel bieten eine große Oberfläche, auf der die chemische Reaktion vollständiger und schneller ablaufen kann.

Hartholz trägt zur Aufrechterhaltung einer porösen Masse bei und begünstigt dadurch eine sanfte und gleichmäßige – statt heftige – Entgasung. Holzschnitzel tragen zur Regulierung der Schmelztemperaturen bei, damit der Ofen oben gleichmäßig brennt, die Leitfähigkeit verringert wird, die Elektroden tief eindringen, Staub reduziert wird und Brückenbildung, Verkrustung und Verklumpung der Mischung verhindert werden (Wartluft 1971).

Für die Herstellung von Holzschnitzeln müssen natürlich alte Bäume gerdodet und verbrannt oder besser „geschmort“ werden. **Hartholz ist**

**Biomasse, die der Natur entnommen wird**, aber diese Bäume, z. B. im brasilianischen Amazonasgebiet, brauchen, wenn sie wachsen, mehr als ein paar Jahre zum Wachsen.



Abbildung 2: „Bienenstock“-Holzkohleöfen in Brasilien. Quelle: Alamy, aus [Troszak 2019](#)

### **3. Herstellung von Solarsilizium (SoG-Si) und Wafering**

Damit die Herstellung von Solarzellenpaneelen möglich ist, sind weitere Schritte erforderlich. Metallurgisches Silizium (MG-Si) aus der Schmelze, das in der Regel einen Reinheitsgrad von 98 % aufweist, entspricht nicht den Reinheitsanforderungen der Photovoltaikindustrie, so dass es zwei weitere energieintensive Prozesse durchlaufen muss, bevor der Grundstoff (Silicon) zu Solarzellen und dann zu Paneelen verarbeitet werden kann.

**Erstens wandelt das Siemens-Verfahren metallurgisches Silizium (MG-Si) aus der Schmelze in polykristallines Silizium (Polysilizium oder polysilicon genannt) um**, indem es einen extrem energieintensiven Prozess verwendet, ein Hochtemperatur-Aufdampfverfahren, (Troszak 2019). Die Reinheitsanforderungen für Solarsilizium (SoG-Si) liegen derzeit bei 9-11N (99,999999999%), das ist ein Faktor von 10.000 bis 100.000 reiner als die 5-6N-Reinheit, die für die Photovoltaik vor ein oder zwei Jahrzehnten erforderlich war, und wahrscheinlich die Grundlage für die Solarzellen auf Ihrem Dach (falls Sie welche haben). Beim Siemens-

Verfahren wird Silizium zerkleinert und mit Salzsäure (HCl) gemischt, um Trichlorsilangas ( $\text{SiHCl}_3$ ) zu erzeugen. Dieses Gas wird erhitzt und auf sehr heiße Stäbe aus Polysilizium ( $1150^\circ\text{C}$ ) abgeschieden, während die Wände der Reaktionskammern gekühlt werden.

Jede Charge von Polysilizium-„Stäben“ braucht mehrere Tage, um zu wachsen, und eine kontinuierliche, rund um die Uhr verfügbare Stromversorgung jedes Reaktors ist unerlässlich, um einen kostspieligen „Betriebsabbruch“ zu verhindern. Polysiliziumraffinerien sind auf äußerst zuverlässige konventionelle Stromnetze angewiesen und verfügen in der Regel über zwei eingehende Hochspannungs-Einspeisungen. (Quelle: Mariutti und Schernikau 2024, unveröffentlichte wissenschaftliche Studie, [Troszak 2019](#)). Es ist mein Verständnis, dass praktische jede Siliziumfabrik in China ein „eigenes Kohlekraftwerk erhält“.

In einem zweiten Schritt wird im Czochralski-Verfahren das flüssige Siliziummetall aus der Schmelze und den Dotierstoffen (Gallium oder Phosphor) zu einem großen Einkristall mit einem Durchmesser von 20-30 cm und einer Länge von 1-2 m (dem Silizium-Ingot) verarbeitet. Anschließend wird der Ingot in rechteckige Bricks gesägt, die mit Hilfe eines Diamantdraht-Sägeverfahrens in Wafer zerlegt werden (Abbildungen 3 und 4). Dieser Prozess dauert mehrere Tage und erfordert eine ununterbrochene 24/7-Stromversorgung. Eine Ingot-/Wafer-/Zellen-Anlage kann mehr als 100 MWh zusätzliche Energie pro Tonne eingehenden Polysiliziums verbrauchen, was etwa sechsmal so viel ist wie die ursprüngliche Verhüttung des Siliziums aus Erz.

Auch die Schätzungen des Energie- und damit  $\text{CO}_2$ -Fußabdrucks der Siliziumreinigung und des Waferings gehen in der Literatur weit auseinander, was hauptsächlich auf zwei Gründe zurückzuführen ist. Zum einen besteht keine Einigkeit über den geschätzten Energiebedarf für diese Kernprozesse. So ist beispielsweise Solarsilizium (SoG-Si) der energieintensivste Schritt im Siliziumreinigungsprozess und sollte am besten verstanden werden. In den SoG-Si-Beständen wird jedoch ein Strombedarf zwischen 50 kWh/kg und 110 kWh/kg angegeben, was recht niedrig erscheint.

Andererseits werden Sekundär- und Vorschmelzprozesse bei der Definition eines Energie-Fußabdrucks, der für die durchschnittliche chinesische Siliziumindustrie gilt, nur selten berücksichtigt. Gegenwärtig basieren die von den Regierungen für die Entscheidungsfindung herangezogenen Berichte in der Regel auf Best-in-Class-Anlagen, wie in Europa oder Nordamerika, was auf Grund der dominierenden Stellung von China weit von der Realität entfernt ist.

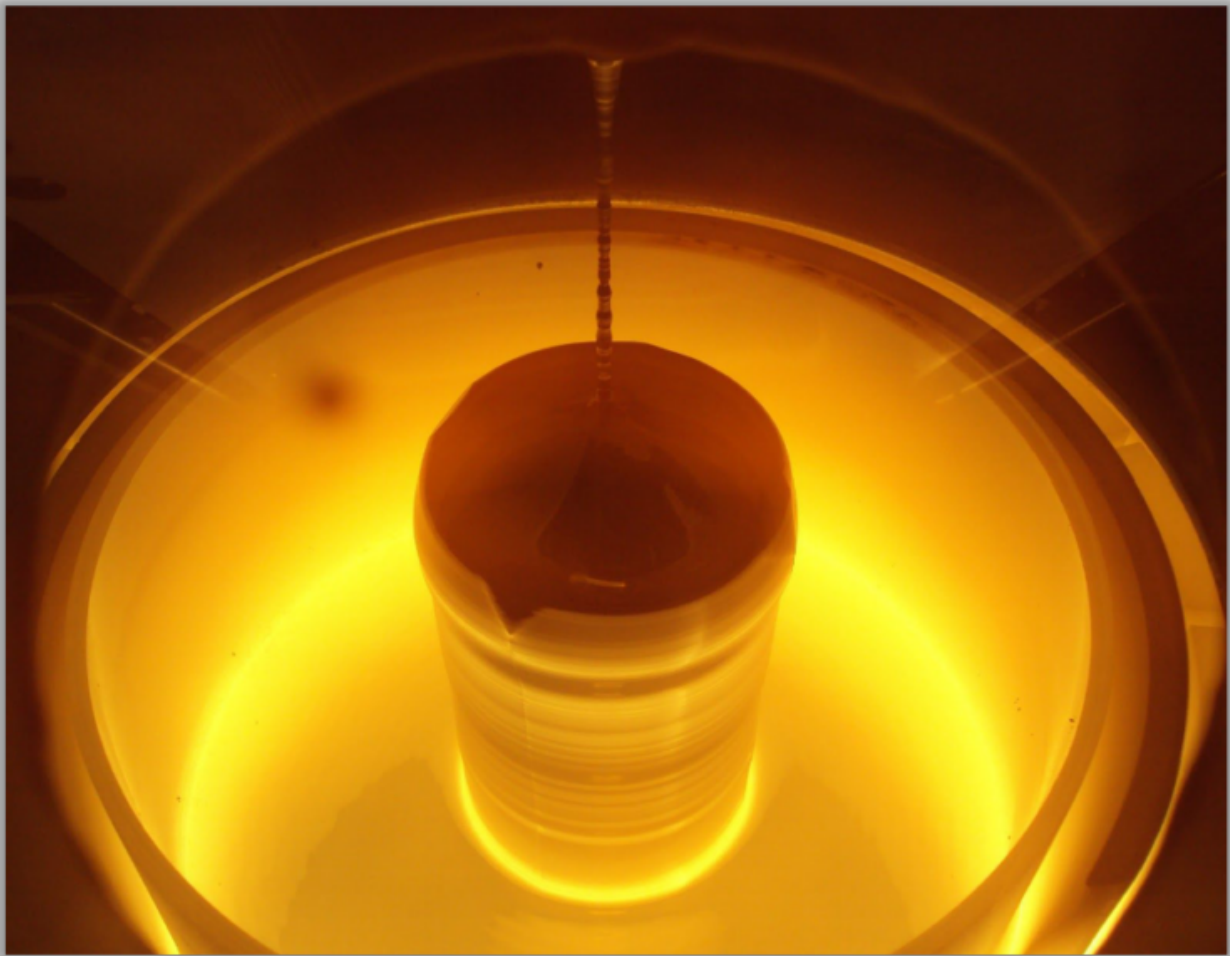


Abbildung 3: Czochralski-Siliziumbarren werden aus geschmolzenem Polysilizium gezogen. Quelle: Siltronix, aus [Troszak 2019](#)

#### **4. Abschluss der Herstellung von Solarmodulen**

Nach der Herstellung der Wafer sind noch einige weitere Schritte erforderlich, bis wir ein fertiges Paneel haben. All diese Schritte erfordern eine beträchtliche Menge an Energie, zusätzlich zu den Rohstoffen, die für den Bau der Fabriken und Maschinen benötigt werden, für die Durchführung von Prozessen und Abläufen sowie für die Versorgung mit Strom und Wärme, die für die Durchführung dieser Prozesse erforderlich sind.

- Sägen von Wafern: Silizium-„Blöcke“ werden in dünne Wafer für die spätere Herstellung von Solarzellen zerschnitten
- Solarzellen- und Modulproduktion: Aluminium, Glas, Kupfer, Kunststoff, seltene Erden, Säuren und über 400 Chemikalien werden benötigt
- Lieferung von Montagestrukturen: Aluminiumrahmen, Zementfundamente usw. werden benötigt
- Transport: alles muss zum Einsatzort transportiert werden, z. B. in die USA oder nach Deutschland

Ich werde hier nicht auf die Demontage und Entsorgung von Paneelen eingehen. Es genügt jedoch zu erwähnen, dass die durchschnittliche Lebensdauer der neuesten Paneele für grossflächige „utility scale“ Solarprojekte nur einen Bruchteil der in den Medien angepriesenen 20-25 Jahre beträgt und eher bei weniger als 15 Jahren liegt. Während ältere Solarpaneele länger „lebten“, sind die neueren auf einen möglichst geringen Rohstoff- und Energieverbrauch optimiert, was sich negativ auf die Lebensdauer auswirkt. In [Libra et al. 2023](#) wird beschrieben, dass nach etwa 10 Jahren immer häufiger schwerwiegende Ausfälle von (bankfähigen) PV-Paneelen der ersten Kategorie auftreten.

Es liegt auf der Hand, dass die Demontage und Entsorgung und natürlich auch das Recycling erneut Energie, Ausrüstungen und Rohstoffe erfordern.



Abbildung 4: Czochralski-Verfahren, ganzer Block (links), Ziegel und Sehen nach dem Sägen (rechts), Krone und Schwanz (oben rechts) Quelle: SVM aus [Troszak 2019](#)

## 5. Kohle und China

Aus diesem Blog können Sie nun besser erkennen, wie wichtig eine unterbrechungsfreie Stromversorgung insbesondere für industrielle Prozesse wie die Siliziumschmelze ist. Natürlich kommt dieser Strom in China aus Kohle und kann nicht aus Wind- oder Sonnenenergie gewonnen

werden. Abbildung 5 zeigt, wie China seinen Stromverbrauch in 20 Jahren mehr als verfünffacht hat und wie die Kohleverstromung mit der Wirtschaft weiter wächst. **Die großen Wind- und Solaranlagen können eher als Ergänzung denn als Übergang gesehen werden.** Zum Vergleich habe ich Linien eingefügt, die den ungefähren Stromverbrauch der USA bzw. Deutschlands veranschaulichen:

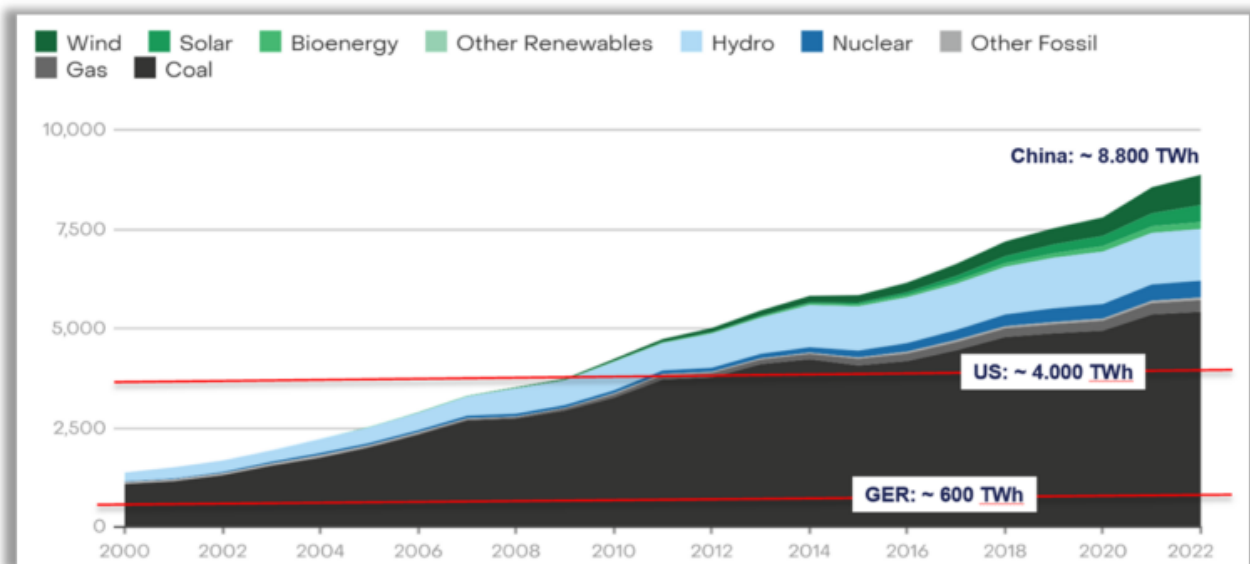


Abbildung 5: Chinesische Stromerzeugung nach Quellen im Vergleich zu den USA und Deutschland. Quelle: Schernikau basierend auf Ember, Details [hier](#)

Die weltweite Stromerzeugung wird von der thermischen Energie dominiert. Allein auf Kohle und Gas entfallen 60 % (Abbildung 6). Wir wissen, dass die Welt und insbesondere China (Abbildung 7) weiterhin große Kohlekraftwerke bauen, um eine zuverlässige, bezahlbare, und unterbrechungsfreie Stromversorgung zu gewährleisten. **Wind- und Solar-Enthusiasten unterschätzen oft die Bedeutung der Trägheit der rotierenden Masse von Kraftwerksturbinen für die Stabilität unserer Stromnetze.**

Der Kohleverbrauch erreichte 2023 einen neuen Rekord, weltweit (8,6 Mrd. Tonnen) und in China (über 4 Mrd. Tonnen). Gleichzeitig ist China weltweit führend bei der Installation neuer Solaranlagen im eigenen Land und verkauft seine Solarpaneele weltweit. In den Jahren 2023 und 2024 ist ein weiterer Aufschwung bei den Neuinstallationen von Kohlekraftwerken zu verzeichnen, deren Zahlen das Niveau von 2018 [übertreffen](#) (Abbildung 7).

Die gesamte weltweit installierte Kapazität für die Stromerzeugung liegt wahrscheinlich bei 8,6 TW (einschließlich Kohle, Gas, Kernkraft, Wasserkraft, Windkraft, Solarenergie usw.), wovon etwa 2,1 TW auf Kohle entfallen. Somit stehen 25 % der installierten Kapazität für 36 % der

tatsächlichen Stromerzeugung. Die Auslastung der Kohlekraftwerke wird weiter abnehmen, wenn mehr Wind- und Solarenergie in die Netze eingespeist wird, aber die installierte Kohlekapazität wird weiterhin benötigt und muss mit dem Spitzenlast (peak power demand) wachsen.

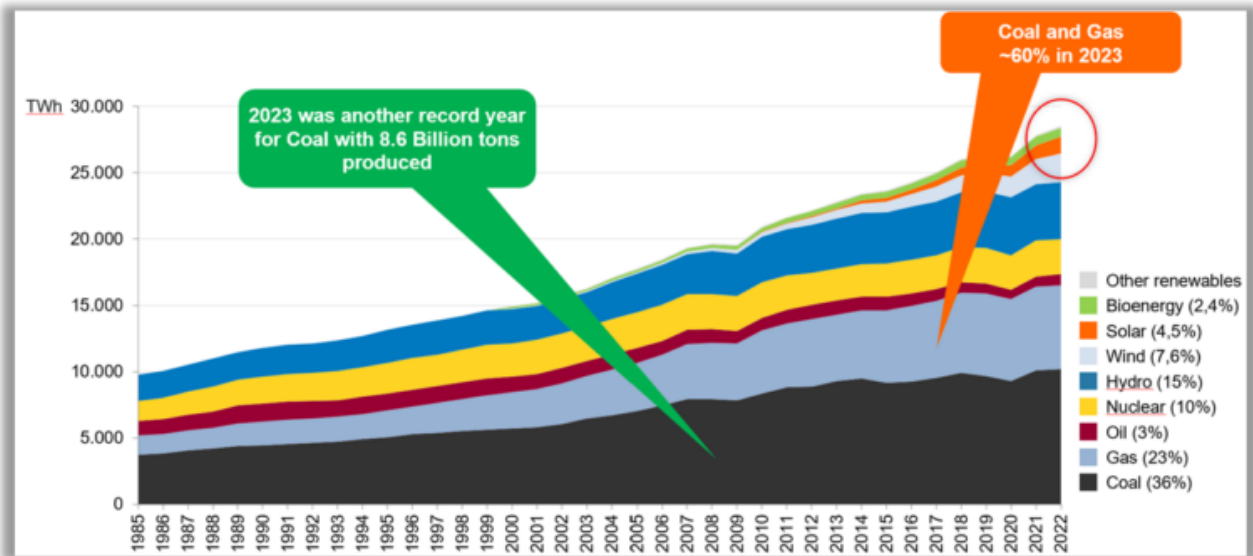


Abbildung 6: Weltweite Stromerzeugung nach Quellen. Quelle: Schernikau basierend auf [Our World in Data](#) und [Global Electricity Review](#)

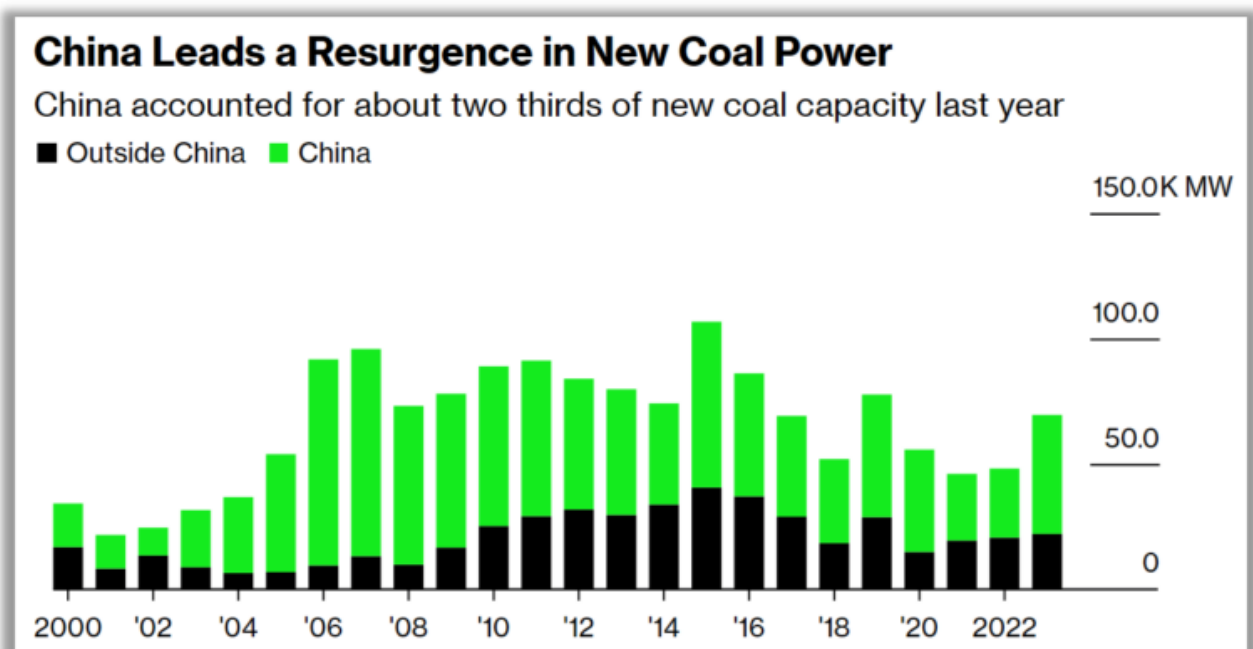


Abbildung 7: Ausbau der Kohlekraftwerkskapazität in China. Quelle: BNEF, Einzelheiten [hier](#)

## 6. Zusammenfassung

Solarenergie und Kohle sind eng miteinander verknüpft. Heute gibt es kein einziges Paneel, das ohne Kohle (oder auch Öl und Gas) hergestellt werden kann. Die Kohle wird als Reduktionsmittel für die Siliziumherstellung und als Wärme- und Stromquelle für die industriellen Prozesse benötigt, die zur Herstellung von Solarmodulen erforderlich sind, und das nicht nur in China. So unpopulär es auch sein mag, die Welt braucht Kohle, auch für die so genannte „Energiewende“.

Deshalb unterstütze ich Investitionen in Kohletechnologien und nicht deren Ausstieg, um die Produktion und Nutzung von Kohle so effizient wie möglich zu gestalten, nicht nur um die Umweltauswirkungen zu minimieren, sondern auch, um die Kosten niedrig zu halten, was die wirtschaftliche Entwicklung fördert und insbesondere den weniger Begünstigten zugute kommt.

Ich hoffe, dieser Beitrag hilft Ihnen, meine Leidenschaft für Kohle zu verstehen und gibt Ihnen einen neuen Einblick in die „saubere“ Welt der Solarenergie.

Link:

<https://unpopular-truth.com/2024/05/09/coals-importance-for-solar-panel-manufacturing/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE. **Hinweis:** Die Übersetzung ist vom Autor begutachtet worden.

---

## Das H steht für Hype

geschrieben von Chris Frey | 17. Mai 2024

[Robert Bryce](#)

Die Sonne **besteht** hauptsächlich aus Wasserstoff. Aber es gibt nichts Neues unter der Sonne, und das gilt auch für Wasserstoff.

Der Verweis auf das Alte Testament – „was geschehen ist, wird wieder geschehen; es gibt nichts Neues unter der Sonne“ – ist hier angebracht, denn der Hype um Wasserstoff scheint fast so alt zu sein wie die Bibel selbst.

Am 10. Juni 1975, während des 94. Kongresses, hielt das Repräsentantenhaus die erste von zwei „investigativen Anhörungen zum Thema Wasserstoff ab – Thema: seine Produktion, Nutzung und möglichen

Auswirkungen auf unsere Energiewirtschaft der Zukunft“. Die Anhörung wurde von [Mike McCormack](#) geleitet, einem Demokraten aus dem Bundesstaat Washington. Er [behauptete](#), Wasserstoff „hat das Potenzial, in unserem Energiesystem die gleiche Rolle zu spielen wie heute die Elektrizität“.

1996 erklärte die Chicago Sun-Times: „Die ersten Schritte in Richtung dessen, was Befürworter als Wasserstoffwirtschaft bezeichnen, sind getan.“ Im Jahr 2003 veröffentlichte Jeremy Rifkin, ein [„Wirtschafts- und Sozialtheoretiker“](#), das [Buch](#) „*The Hydrogen Economy: The Creation of the Worldwide Energy Web and the Redistribution of Power on Earth*“. In diesem Buch behauptete Rifkin, dass „die Globalisierung das Endstadium der Ära der fossilen Brennstoffe darstellt“. Die „Hinwendung zu Wasserstoff ist ein Versprechen für eine sicherere Welt“, behauptete er.

## HYDROGEN

---

**TUESDAY, JUNE 10, 1975**

**HOUSE OF REPRESENTATIVES,  
COMMITTEE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY,  
SUBCOMMITTEE ON ENERGY RESEARCH,  
DEVELOPMENT AND DEMONSTRATION,  
*Washington, D.C.***

**The subcommittee met, pursuant to notice, at 8:05 a.m., in room 2325, Rayburn House Office Building, Hon. Mike McCormack (chairman of the subcommittee), presiding.**

Präsident George W. Bush übernahm den Hype um Wasserstoff. In seiner [Rede](#) zur Lage der Nation 2003 sagte er: „Mit einem neuen nationalen Engagement werden unsere Wissenschaftler und Ingenieure die Hindernisse überwinden“, um wasserstoffbetriebene Autos „vom Labor in den Ausstellungsraum zu bringen, so dass das erste Auto, das von einem heute geborenen Kind gefahren wird, mit Wasserstoff angetrieben werden könnte, und zwar umweltfreundlich.“ Wenige Monate nach dieser Rede kündigte seine Regierung eine Zusammenarbeit mit der Europäischen Union zur „Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft“ an, einschließlich der „für die Massenproduktion von sicheren und erschwinglichen, mit Wasserstoff betriebenen Brennstoffzellen-Fahrzeugen erforderlichen Technologien“. Das Weiße Haus behauptete in einer [Pressemitteilung](#) aus dem Jahr 2003, dass diese Bemühungen „Amerikas Energiesicherheit verbessern würden, indem sie den Bedarf an Ölimporten erheblich reduzieren“.

Die Geschichte des Hypes ist wichtig, weil wir in ahistorischen Zeiten leben. Oder, wie der Autor Jeff Minick im Jahr 2022 erklärte, werden wir vom „Präsentismus“ geplagt. Der Präsentismus, schrieb Minick, ist der Grund, warum so viele junge Leute die Kardashians kennen, aber nicht wissen, wie wichtig Abraham Lincoln war oder warum wir im Zweiten Weltkrieg gekämpft haben.

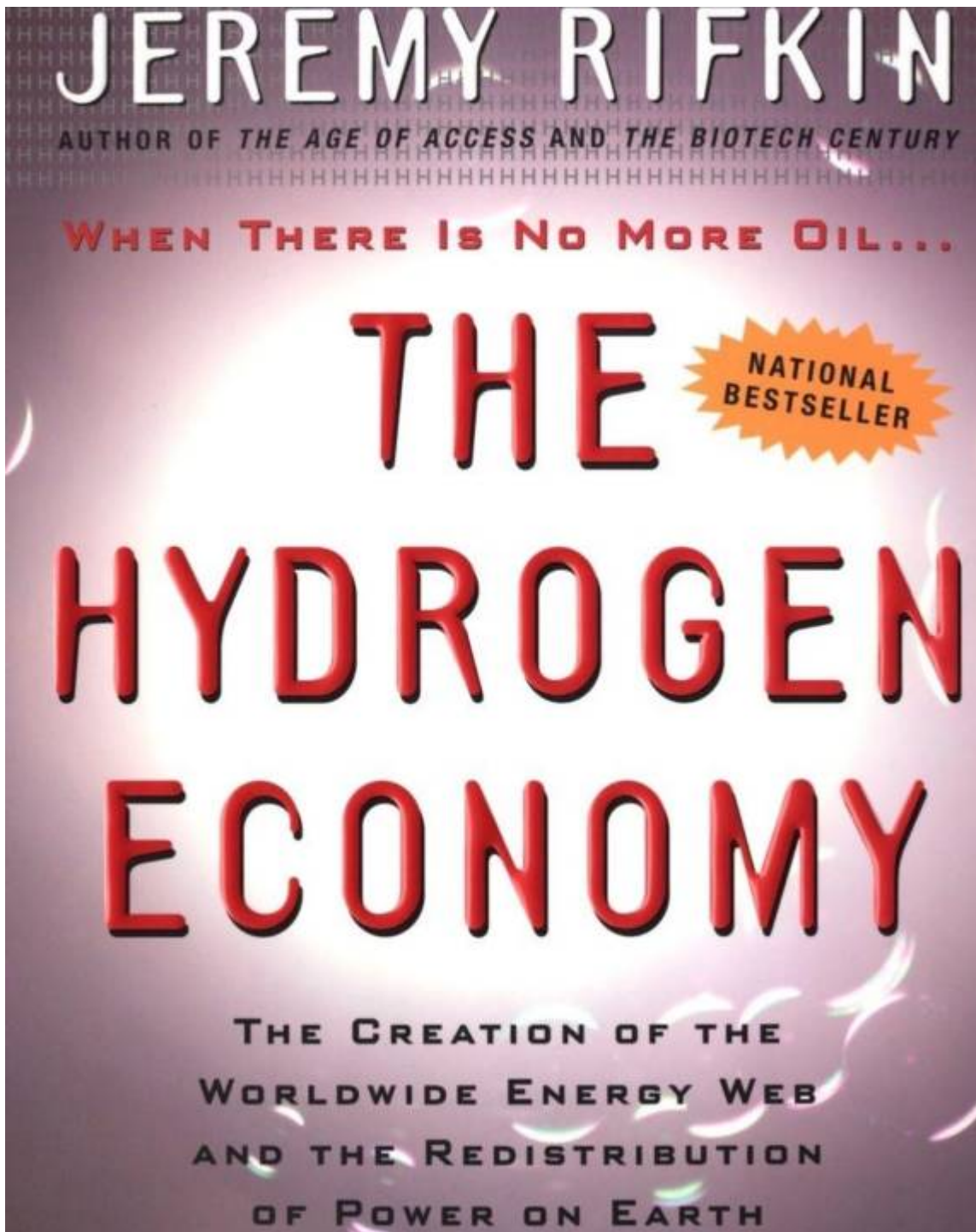
Der Präsentismus erklärt auch, warum die New York Times am 30. April einen [Artikel](#) mit der Überschrift „Hydrogen Offers Germany a Chance to Take a Lead in Green Energy“ (Wasserstoff bietet Deutschland die Chance, eine führende Rolle bei grüner Energie zu übernehmen) veröffentlichte, der die lange Geschichte des Scheiterns von Wasserstoff in Bezug auf die Prognosen ignoriert. Aber der Vorwurf des Präsentismus kann nicht die Nichtigkeit des Artikels erklären, der sich auf diese Worthülse stützt:

*Das Konzept des **Wasserstoffs als erneuerbare Energiequelle gibt es schon seit Jahren**, aber erst in den letzten zehn Jahren hat sich die Auffassung durchgesetzt, dass er fossile Brennstoffe für den Antrieb der Schwerindustrie ersetzen kann, was zu verstärkten Investitionen und Fortschritten in der Technologie geführt hat. (**Hervorhebung** [vom Autor] **hinzugefügt.**)*

Die Idee des Wasserstoffs mag sich durchsetzen (oder auch nicht), aber Wasserstoff ist keine „Energiequelle“, sondern ein Energieträger. Wasserstoff als Energie-„Quelle“ zu bezeichnen ist so, als würde man Stormy Daniels eine „Schauspielerin“ nennen.

Wasserstoff ist im Universum reichlich vorhanden. Aber er ist keine Energiequelle. Stattdessen muss er, wie Elektrizität und Benzin, hergestellt werden. Die gängigsten Methoden sind die Wasserspaltung durch Elektrolyse oder die [Dampf-Methan-Reformierung](#), bei der mit Hochdruckdampf Wasserstoff aus Methan erzeugt wird.

In dem Times-Artikel von Stanley Reed und Melissa Eddy, die in die deutsche Stadt Duisburg reisten, um eine Fabrik zu besuchen, die Elektrolyseure herstellt, finden sich noch weitere Aussagen, die die Stirn runzeln lassen. „Wenn die Geräte auf breiter Front eingesetzt werden“, schreiben sie, „könnten sie dazu beitragen, die Schwerindustrie wie die Stahlerzeugung in Deutschland und anderswo zu sanieren.“ Nun, ja, wenn sie „weit verbreitet“ sind. Aber trotz jahrzehntelanger überschwänglicher Vorhersagen von Rifkin und anderen haben sich Elektrolyseure nicht durchgesetzt, weil die Herstellung und Verwendung von Wasserstoff in großem Maßstab – wie mein Freund Steve Brick es ausdrückt – „eine thermodynamische Obszönität“ ist.



Das Cover von Rifkins Buch aus dem Jahr 2003.

Reed und Eddy ignorieren die Energieintensität der Wasserstoffherstellung und bieten lediglich an, dass der Elektrolyseur „mit Hilfe von Elektrizität Wasser spaltet“ und „Wasserstoff erzeugt, ein kohlenstofffreies Gas, das zum Antrieb von Mühlen wie der in Duisburg beitragen könnte.“ Das ist richtig. Aber wie viel Strom wird benötigt? Und woher soll die deutsche Industrie, die schon jetzt unter den hohen Gas- und Strompreisen leidet, den Saft nehmen? Und zu welchen Kosten? Diese Fragen werden nicht beantwortet.

Um es klar zu sagen: Viele andere Medien machen einen Hype um Wasserstoff. Und der Hype wird durch die fetten staatlichen Subventionen noch verstärkt. Reed und Eddy erklären, dass die deutsche Regierung etwa 14,2 Milliarden Dollar „für Investitionen in etwa zwei Dutzend Projekte zur Entwicklung von Wasserstoff“ bereitgestellt hat. Hier in den USA bietet die 45V-Steuerergutschrift im Rahmen des Inflation Reduction Act lukrative Subventionen für die Wasserstoffproduktion. Die großen Unternehmen stehen Schlange, um diese Subventionen zu erhalten. Im Februar warnte der Energieriese Exxon Mobil, dass er ein geplantes Wasserstoffprojekt in seiner Raffinerie in Baytown, Texas, möglicherweise [stornieren](#) würde, je nachdem, wie das Finanzministerium die Regeln für „sauberen“ Wasserstoff im IRA auslegt.

Ungeachtet von Steuergutschriften und Subventionen ist die Herstellung und Verwendung von Wasserstoff ein Prozess mit hoher Entropie und hohen Kosten. Ein Freund aus der Ölraffineriebranche sagte mir letztes Jahr: „Wenn man Benzin für 6 Dollar pro Gallone mag, wird man Wasserstoff für 14 bis 20 Dollar pro Gallone lieben.“

Was Bricks Satz von der „thermodynamischen Obszönität“ angeht, so sind die Zahlen – auf die ich gleich eingehen werde – leicht zu verstehen. Die Herstellung von Wasserstoff ist, gemessen an der Energie, wahnsinnig teuer. Man braucht etwa drei Energieeinheiten in Form von Strom, um zwei Einheiten Wasserstoff zu erzeugen. Mit anderen Worten: Die Wasserstoffwirtschaft erfordert Unmengen von Elektrizität (eine hochwertige Energieform), um ein winziges Molekül herzustellen, das schwer zu handhaben, schwer zu speichern und teuer in der Anwendung ist.

Eine der größten Herausforderungen bei der Handhabung und Lagerung des Gases ist das Problem der [„Wasserstoff-Versprödung“](#), das auftreten kann, wenn Metalle dem Wasserstoff ausgesetzt werden. Das bedeutet, dass wir für den Transport und die Lagerung des Gases keine bestehenden Gasleitungen oder Tanks verwenden können. Was die Verwendung des Gases angeht, so kann es zwar mit Erdgas gemischt und in Turbinen oder Kolbenmotoren eingesetzt werden. Am besten lässt es sich jedoch in einer Brennstoffzelle nutzen. Und woher sollen diese Geräte kommen? Ich bin alt genug, um Sozialhilfe zu beziehen. Ich berichte seit fast vier Jahrzehnten über den Energiesektor, und in all dieser Zeit habe ich genau drei Brennstoffzellen gesehen.

Wie viel würde die Wasserstoffwirtschaft kosten? Bloomberg NEF [schätzt](#), dass die Produktion von „grünem“ Wasserstoff im Jahr 2020, um 25 % des weltweiten Energiebedarfs zu decken, „mehr Strom als die Welt derzeit aus allen Quellen erzeugt und eine Investition von 11 Billionen Dollar in Produktion und Speicherung“ erfordern würde.

Die obszöne Thermodynamik von Wasserstoff lässt sich anhand einer Ankündigung von Constellation Energy aus dem vergangenen Jahr nachvollziehen. Laut einem [Artikel](#) in Nuclear NewsWire vom 10. März 2023 ist ein neues Projekt zur Herstellung von Wasserstoff im Kernkraftwerk

Nine Mile Point in New York „Teil eines Projekts mit einer Kostenteilung von 14,5 Millionen Dollar zwischen Constellation und dem Energieministerium“. Von dieser Summe kamen 5,8 Millionen Dollar vom DOE [= Department of Energy; Energieministerium]. In dem Artikel wird erklärt, dass der Elektrolyseur der Anlage „mit 1,25 Megawatt kohlenstofffreier Energie pro Stunde“ 560 Kilogramm sauberen Wasserstoff pro Tag erzeugen wird.

Die Rechnung ist einfach. Die Anlage verbraucht 30 Megawattstunden Strom, um 560 kg Wasserstoff pro Tag zu produzieren. Eine MWh Strom entspricht 3.600 Megajoule Energie, und ein kg Wasserstoff **enthält** etwa 130 MJ Energie. Daher verbraucht Nine Mile Point 108.000 MJ Strom, um 72.800 MJ Wasserstoff zu produzieren, oder 1,5 MJ Strom für 1 MJ Wasserstoff.

Ein solch lausiger EROEI (Energy Returned of Energy Invested = Erntefaktor) sollte Wasserstoff sofort von ernsthaften energiepolitischen Diskussionen disqualifizieren. Aber das ist natürlich nicht geschehen. Es muss auch darauf hingewiesen werden, dass der EROEI noch schlechter ist, als ich oben angegeben habe, weil der Wasserstoff nach seiner Herstellung gespeichert und in einen anderen Energieumwandler zur Erzeugung von Strom oder Wärme eingespeist werden muss. Bei diesem Prozess geht noch mehr Energie verloren.

Zum Schluss noch ein wenig Geschichte. Im Jahr 2004 veröffentlichten der National Research Council und die National Academy of Engineering einen 267-seitigen **Bericht** mit dem Titel „The Hydrogen Economy: Opportunities, Costs, Barriers, and R&D Needs“. Im Schlussteil des Berichts heißt es: „Die Herstellung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien über den Zwischenschritt der Stromerzeugung, einer hochwertigen Energiequelle, erfordert weitere Durchbrüche, um wettbewerbsfähig zu sein.“ Weiter heißt es:

*Auf dem Weg zur Verwirklichung der Vision der Wasserstoffwirtschaft gibt es große Hürden; der Weg wird weder einfach noch geradlinig sein. Viele Feststellungen des Ausschusses gelten für die gesamte Wasserstoffwirtschaft: Das Wasserstoffsystem muss wettbewerbsfähig sein, es muss sicher und für den Verbraucher attraktiv sein, und es sollte vorzugsweise Vorteile im Hinblick auf die Energiesicherheit und die CO<sub>2</sub>-Emissionen bieten. Speziell für den Verkehrssektor sind dramatische Fortschritte bei der Entwicklung von Brennstoffzellen, Speichergeräten und Verteilungssystemen besonders wichtig. Ein breiter Erfolg ist nicht sicher.*

Der Erfolg der Wasserstoffwirtschaft auf breiter Front war 2004 nicht sicher, und er ist es auch jetzt nicht. Oder, um es mit **kirchlichen Worten** zu sagen: Es gibt nichts Neues unter der Wasserstoff-Sonne.

Link: <https://wattsupwiththat.com/2024/05/12/the-h-stands-for-hype/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE

---

# Die Mysterien modellieren

geschrieben von Chris Frey | 17. Mai 2024

[Willis Eschenbach](#)

Jedes Mal, wenn ich mir die Klimamodelle ansehe, bin ich noch verwirrter. Und heute ist keine Ausnahme. Ich beschloss, einen Blick auf die Beziehung zwischen der Veränderung des Antriebs (abwärts gerichtete Strahlung) und der Veränderung der Temperatur zu werfen.

Daten zu den Antrieben sind schwer zu bekommen, aber die Computer Model Intercomparison Project 5 (CMIP5) Antriebe für das GISS-E2 Modell sind [hier](#) zu finden. Die Summe aller Antriebe ist in Abbildung 1 dargestellt, zusammen mit der CEEMD-Glättung der Daten:

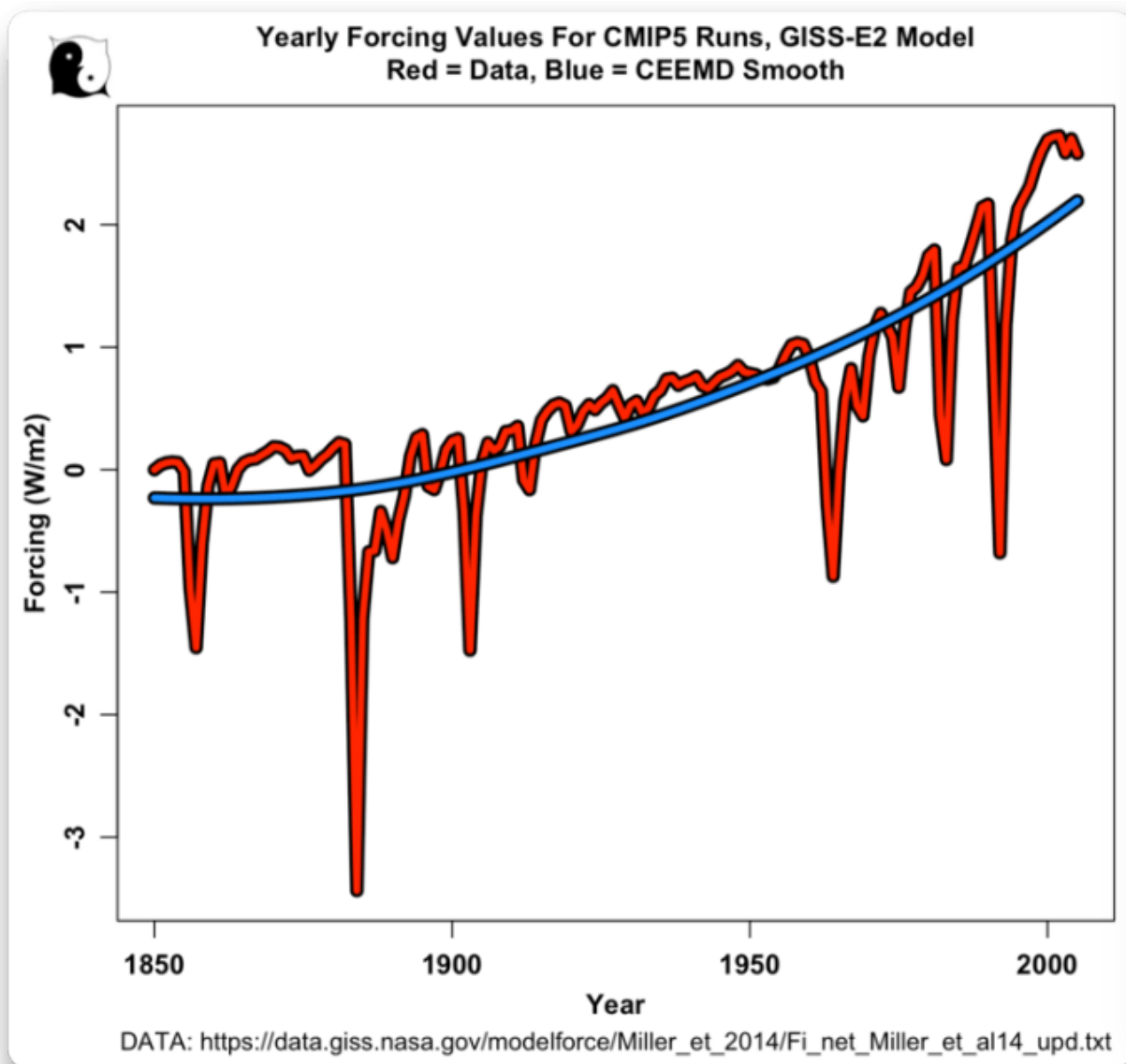


Abbildung 1. Antriebe, die in den CMIP5-Läufen des GISS E2-Modells verwendet wurden.

Die großen Einbrüche in den Forcings sind die theoretischen Änderungen des Antriebs aufgrund von Vulkanausbrüchen.

Als Nächstes sehen Sie die durchschnittliche Temperatur von sechs Durchläufen des GISS E2-Modells unter Verwendung dieser Antriebe, die auf der wunderbaren [KNMI-Website](#) verfügbar sind:

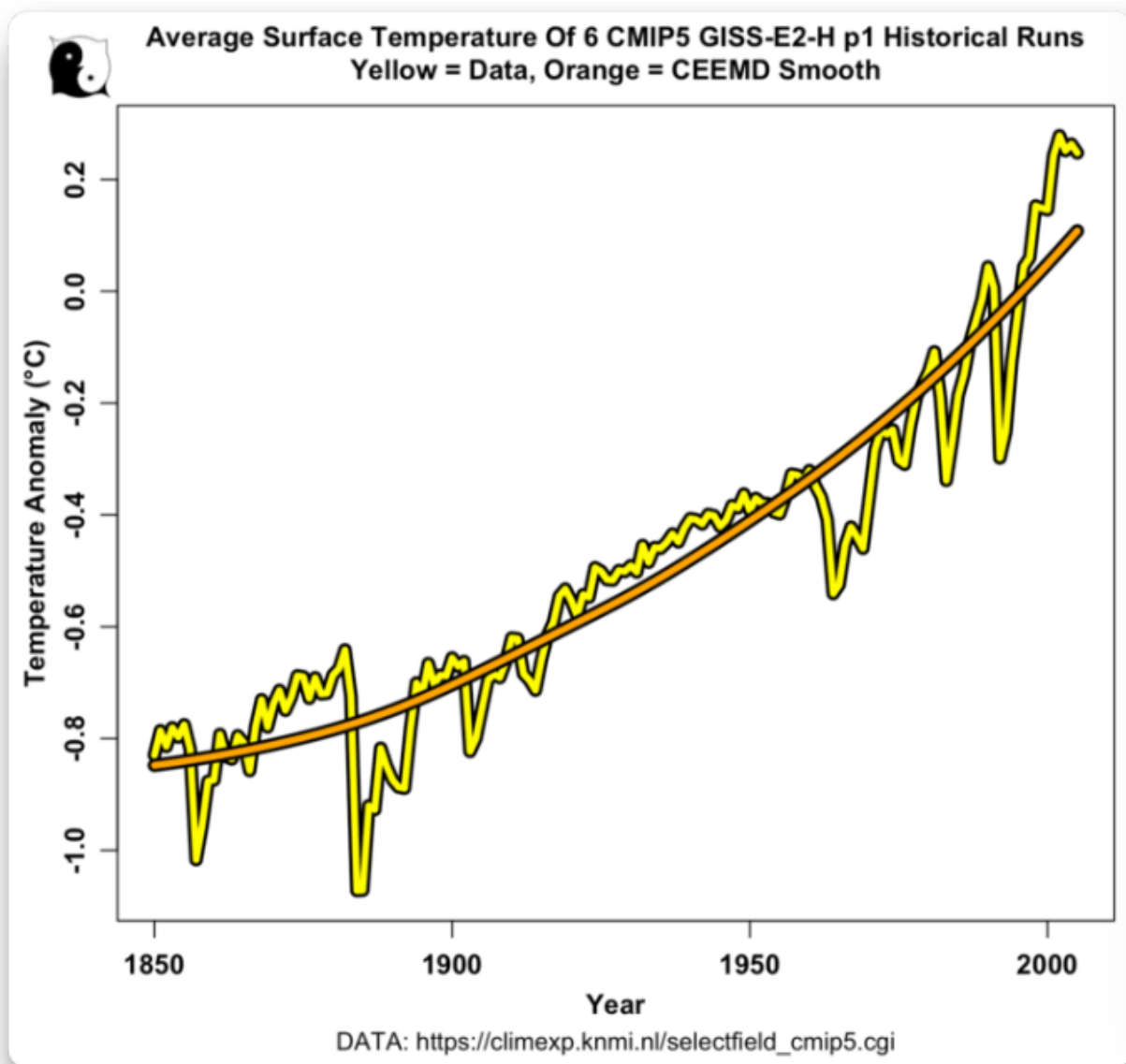


Abbildung 2. Durchschnitt der Temperatur („tas“) aus sechs CMIP5-GISS-Modellläufen.

Obwohl das Modell die globale Temperatur der Vergangenheit recht gut nachzeichnet, gibt es bereits Probleme. Die Schwierigkeit besteht darin, dass hier in der realen Welt die Vulkane keinen so großen Einfluss auf die Temperatur hatten:

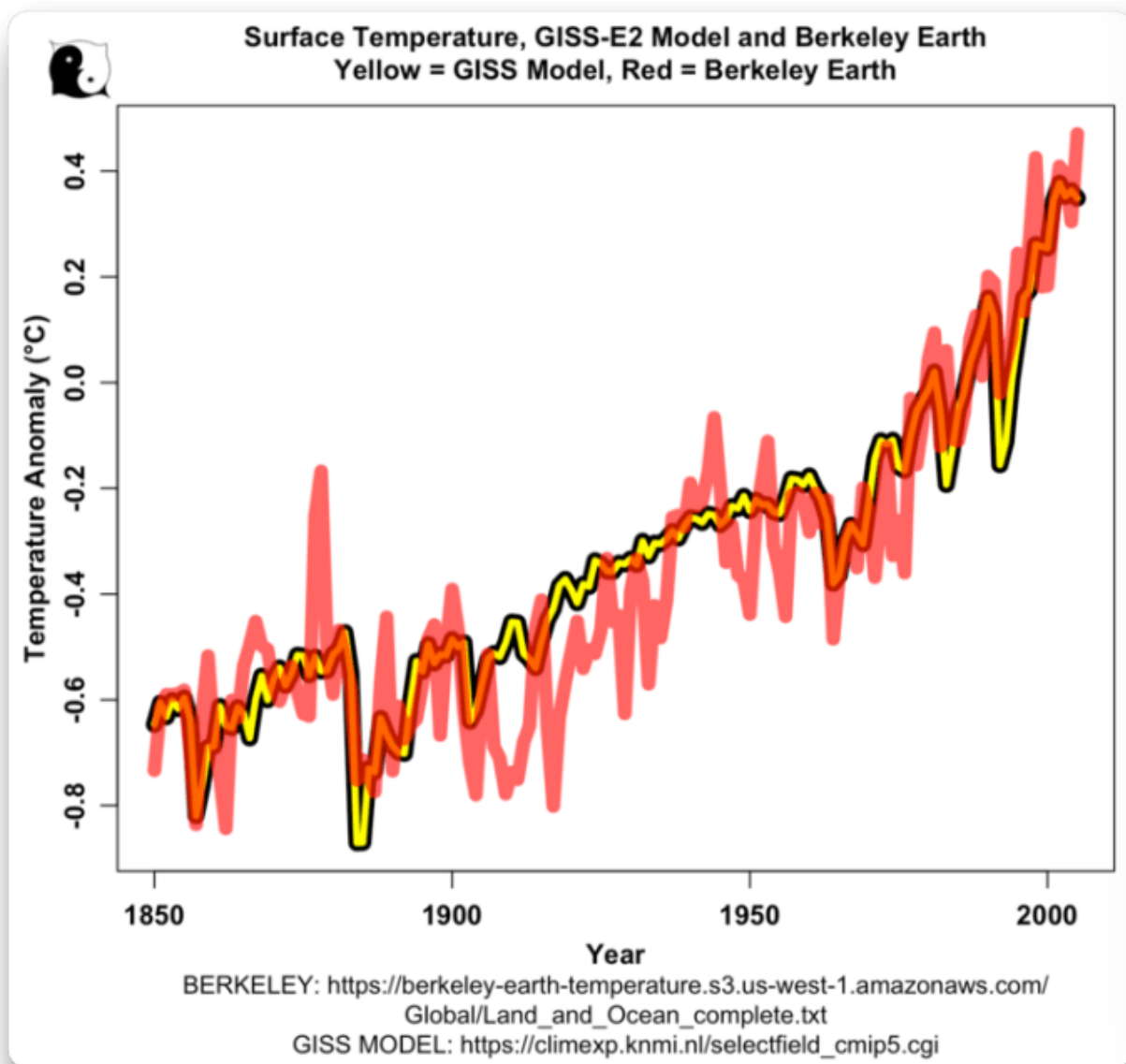


Abbildung 3. Durchschnittliche Temperatur von sechs CMIP5-GISS-Modellläufen im Vergleich zur Temperatur nach Berkeley.

Warum die Übertreibung der Vulkaneffekte? Ich sage, es liegt daran, dass die Eruptionen die Oberfläche abkühlen, worauf das Klima reagiert, indem sich das tägliche tropische Kumulusfeld später am Tag bildet und die tropischen Gewitter ebenfalls später oder gar nicht entstehen. Dies erwärmt die Oberfläche und wirkt den Auswirkungen der Eruptionen entgegen. Wie auch immer.

Aber all das ist nicht das, was ich ursprünglich untersuchen wollte. Ich wollte sehen, ob die in CMIP5 modellierten Temperaturen sklavisch den Antrieben folgen. Vor dreizehn Jahren habe ich gezeigt, dass die Temperaturergebnisse des CCSM3-Klimamodells mit einer einfachen einzeiligen Formel sehr gut nachgebildet werden können, nämlich

$$T(n+1) = T(n) + \lambda \Delta F(n+1) * (1 - \exp(-1 / \tau)) + \Delta T(n) * \exp(-1 / \tau)$$

In dem verlinkten Beitrag wird beschrieben, was die Formel bedeutet.

Ich habe also diese Formel verwendet, um zu sehen, wie gut ich die Temperaturergebnisse nachbilden kann, wenn ich nur den Antrieb des Modells verwende. Hier ist das Ergebnis:

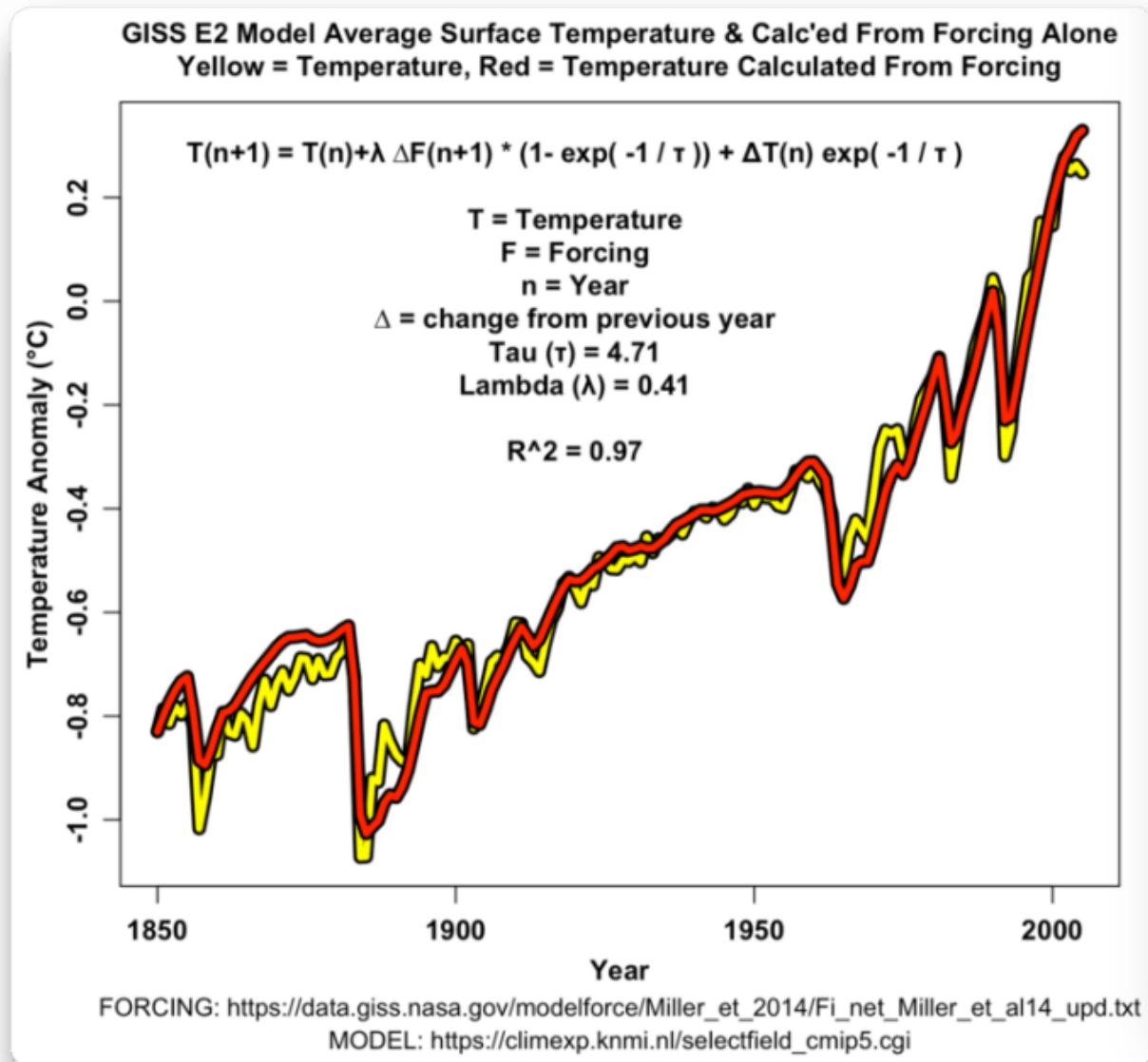


Abbildung 3a. „Black Box“-Emulation der Temperaturen des GISS-E2-Modells, berechnet allein aus dem Antrieb.

Die Situation ist also unverändert. Ein R<sup>2</sup>-Wert von 0,97 bedeutet, dass die Emulation eine hervorragende Arbeit leistet. Nebenbei bemerkt ist es interessant, dass die vulkanische Aktivität in den Modell-Durchschnittswerten etwas größer ist als in den Berechnungen auf der Grundlage des Antriebs, genau wie bei den Modell-Durchschnittswerten im Vergleich zur realen Welt.

**Auf jeden Fall, um das Angebot zu rekapitulieren: Das GISS-E2-**

Klimamodell hat mehr als 440.000 Codezeilen. Es hat über zwei Millionen Gitterzellen, die die Welt repräsentieren, und es dauert einen ganzen Tag, um nur einen Modelllauf auf einem Parallelrechner mit 88 Prozessoren durchzuführen.

Und nach all dem gibt es lediglich eine verzögerte und verkleinerte Version des eingegebenen Antriebs aus.

[Hervorhebung im Original]

In der zur Nachbildung der Modelleleistung verwendeten Formel ist die Variable „Lambda“ ( $\lambda$ ) die Temperaturänderung, die (in der Modellwelt) aus einer Erhöhung des Antriebs um 1 Watt pro Quadratmeter ( $\text{W/m}^2$ ) resultiert. Dies ist ein Maß für die „transiente Klimareaktion“ (TCR), d. h. wie die Temperatur kurzfristig auf eine Änderung des Antriebs reagiert. Sie wird in der Regel als der Betrag der Veränderung bei einer Verdopplung des  $\text{CO}_2$  ( $2\times\text{CO}_2$ ) ausgedrückt.

Und die Verdopplung von  $\text{CO}_2$  erhöht nach Angaben des IPCC den Antrieb um  $3,7 \text{ W/m}^2$ . Damit würde der TCR einen Wert von  $0,41 \text{ }^\circ\text{C/Wm}^2 * 3,7 \text{ W/m}^2$  pro  $2\times\text{CO}_2 = 1,5^\circ\text{C} / 2\times\text{CO}_2$  haben.

Nun wollte ich aus diesem TCR-Wert die Gleichgewichts-Klimasensitivität (ECS) berechnen. Aber als ich das recherchierte ... ich muss sagen, ich war schockiert. In einem [Artikel](#) mit dem langen Titel „Emergent constraints on transient climate response (TCR) and equilibrium climate sensitivity (ECS) from historical warming in CMIP5 and CMIP6 models“ wird die Problematik eingehend erörtert.

Was war schockierend? Nun, mehrere Dinge. Erstens verwendet dem Artikel zufolge jedes Modell einen anderen Wert für den Anstieg des Antriebs bei einer Verdopplung des  $\text{CO}_2$ . Erinnern Sie sich, dass ich weiter oben darauf hingewiesen habe, dass der IPCC einen Anstieg des Antriebs um  $3,7 \text{ W/m}^2$  bei einer Verdoppelung des  $\text{CO}_2$  ( $2\times\text{CO}_2$ ) angibt? Hier ist, was die Modelle sagen:

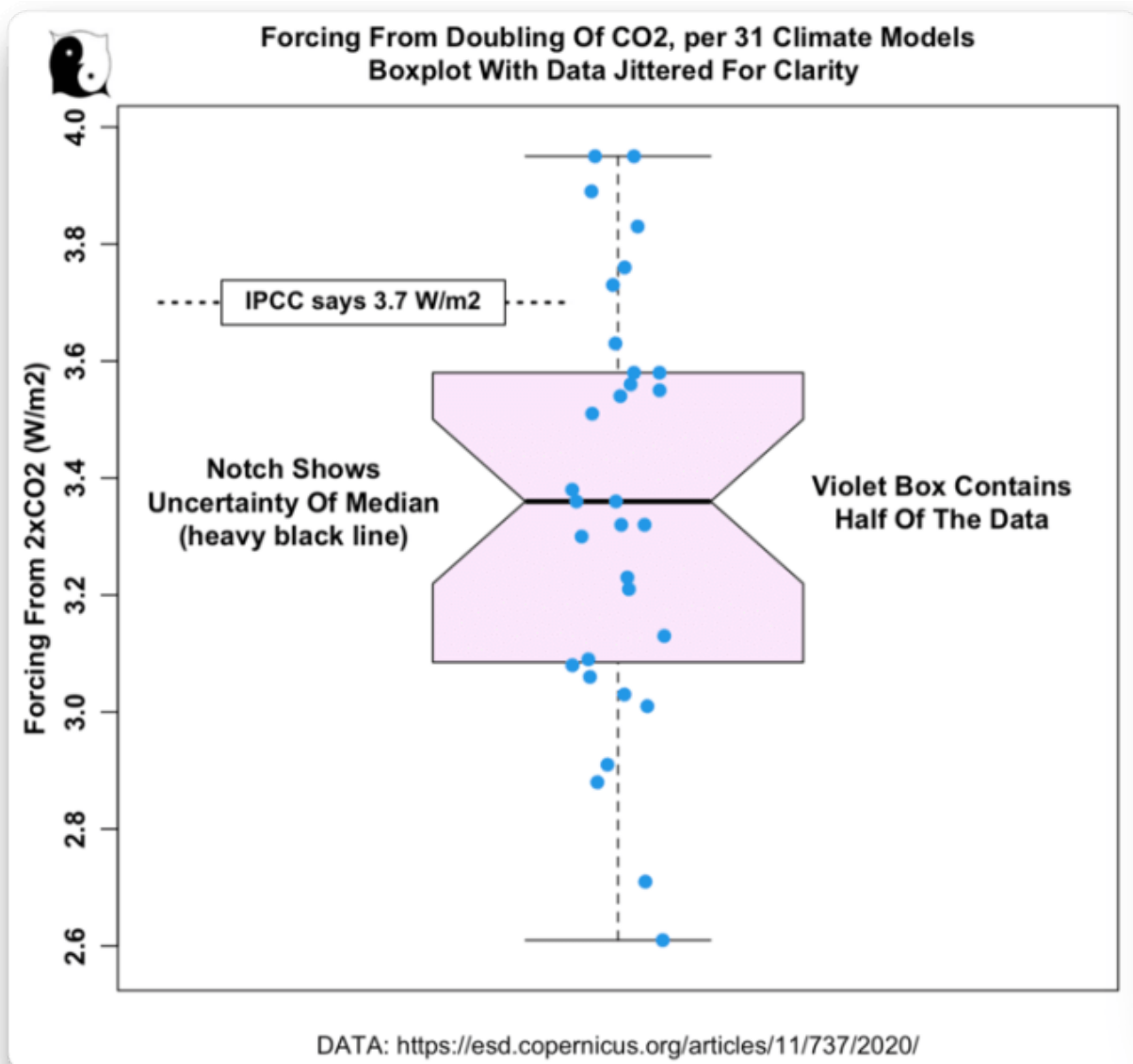


Abbildung 4. Veränderung des Antriebs durch eine CO<sub>2</sub>-Verdoppelung, wie sie von 31 verschiedenen Klimamodellen verwendet wird.

Die Modelle sind völlig durcheinander, mit Werten für den 2xCO<sub>2</sub>-Antrieb zwischen 2,6 und fast 4 W/m<sup>2</sup>. Und die Spanne der Unsicherheit beim Medianwert (Breite der Kerbe in den Seiten des Kästchens) schließt nicht einmal den kanonischen IPCC-Wert von 3,7 W/m<sup>2</sup> ein ... wie diese Witzbolde die Nerven haben, die Klimawissenschaft als „settled“ zu bezeichnen, ist ein Rätsel. Wir sind uns nicht nur nicht einig über die Werte der ECS und der TCR, sondern wir sind uns nicht einmal darüber einig, wie stark sich der Antrieb ändert, wenn sich das CO<sub>2</sub> verdoppelt! Wer hätte das gedacht? Ich erinnere mich, dass Steve McIntyre um eine ingenieurmäßige Herleitung des Wertes von 3,7 W/m<sup>2</sup> für 2xCO<sub>2</sub> gebeten hatte, aber ich hatte keine Ahnung, dass die Modelle bei diesem zentralen Wert so weit auseinander lagen.

Dann gab es eine weitere Überraschung. Es stellte sich heraus, dass der

ECS kein festes Vielfaches des TCR ist. Stattdessen ist der ECS für kleine Werte des TCR ein kleineres Vielfaches des TCR als für große Werte des TCR. Abbildung 5 zeigt diese Beziehung:

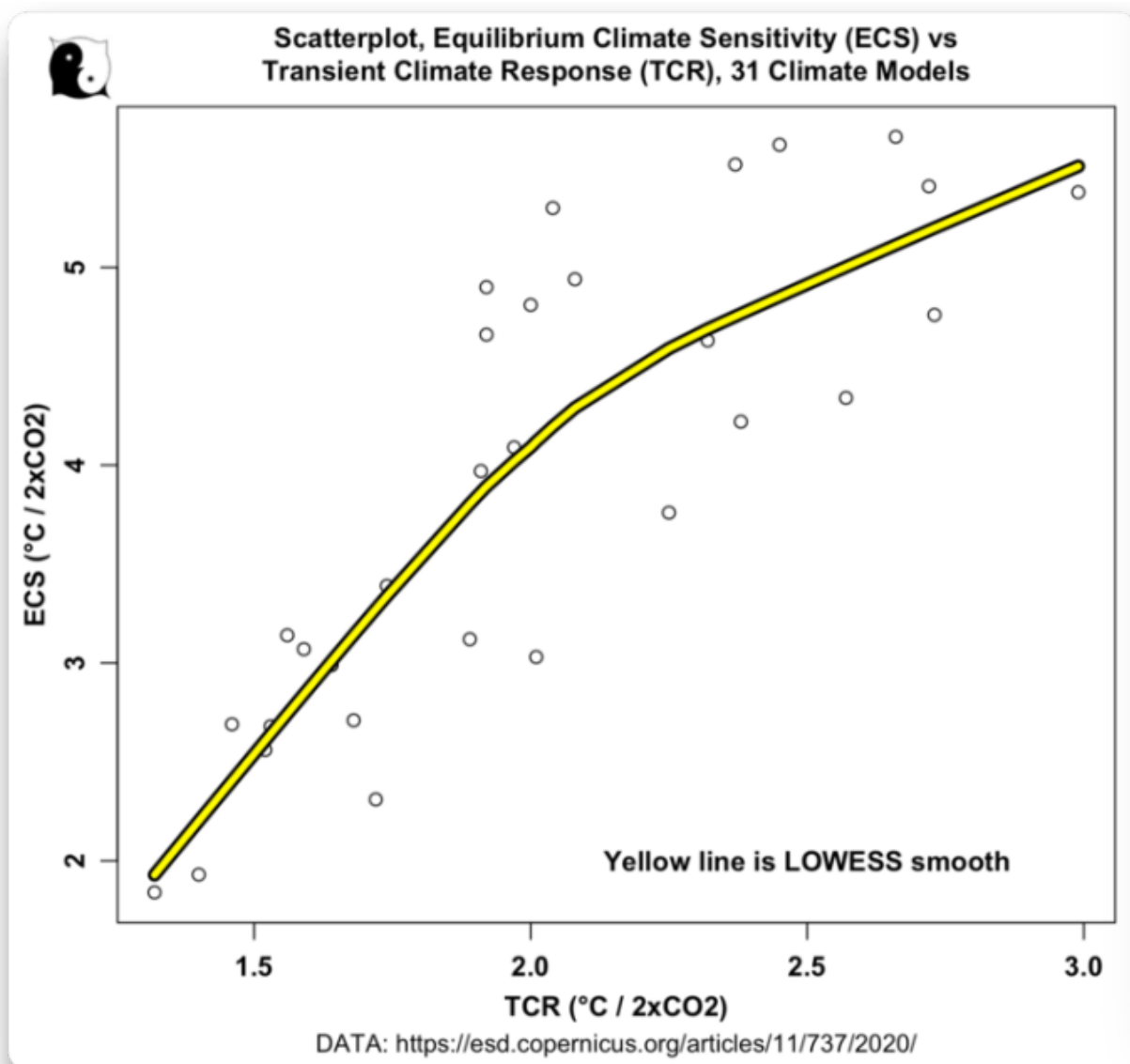


Abbildung 5. Streudiagramm, ECS-Werte gegenüber TCR-Werten für 31 verschiedene Klimamodelle.

Diese Beziehung würde bedeuten, dass das GISS E2-Modell eine ECS in der Größenordnung von 2°C / 2xCO<sub>2</sub> hätte ... aber natürlich nur, wenn der 2xCO<sub>2</sub>-Antrieb 3,7 W/m<sup>2</sup> beträgt, während wir in Wirklichkeit Werte von 2,6 bis fast 4 W/m<sup>2</sup> haben.

Um das Problem noch zu verschlimmern, geben die verschiedenen Modelle sehr unterschiedliche Werte für die Gleichgewichts-Klimasensitivität (ECS) an. Sie reichen von 1,8°C bis 5,7°C für eine Verdoppelung des CO<sub>2</sub>, also mehr als drei zu eins.

Hier ist die letzte Unmöglichkeit. Obwohl die verschiedenen Modelle sehr unterschiedliche Empfindlichkeiten des Gleichgewichtsklimas, unterschiedliche vorübergehende Reaktionen des Klimas und unterschiedliche Veränderungen des Antriebs durch die Verdopplung des CO<sub>2</sub> aufweisen, sind sie alle ziemlich gut darin, die tatsächlichen Temperaturwerte zu prognostizieren.

Wären die Modelle tatsächlich „physikbasiert“, wie jeder Modellierer behauptet, wäre dies nicht möglich. Ich nenne dies „Dr. Kiehl’s Paradox“, da er es als erster festgestellt hat, und ich diskutiere dieses unmögliche Ergebnis [hier](#).

Sehen Sie, der **ECS** ist eine zentrale, lebenswichtige Zahl in der Mainstream-Klimawissenschaft. Die **Veränderung des Antriebs durch die Verdopplung des CO<sub>2</sub>** ist eine weitere zentrale, äußerst wichtige Zahl darin. Sie untersuchen das Thema seit einem halben Jahrhundert, und **beide Zahlen weisen immer noch einen enormen Unsicherheitsbereich auf**.

Und was noch schlimmer ist: Die Unsicherheit des ECS hat sich mit zunehmenden Untersuchungen vergrößert, nicht verkleinert ...

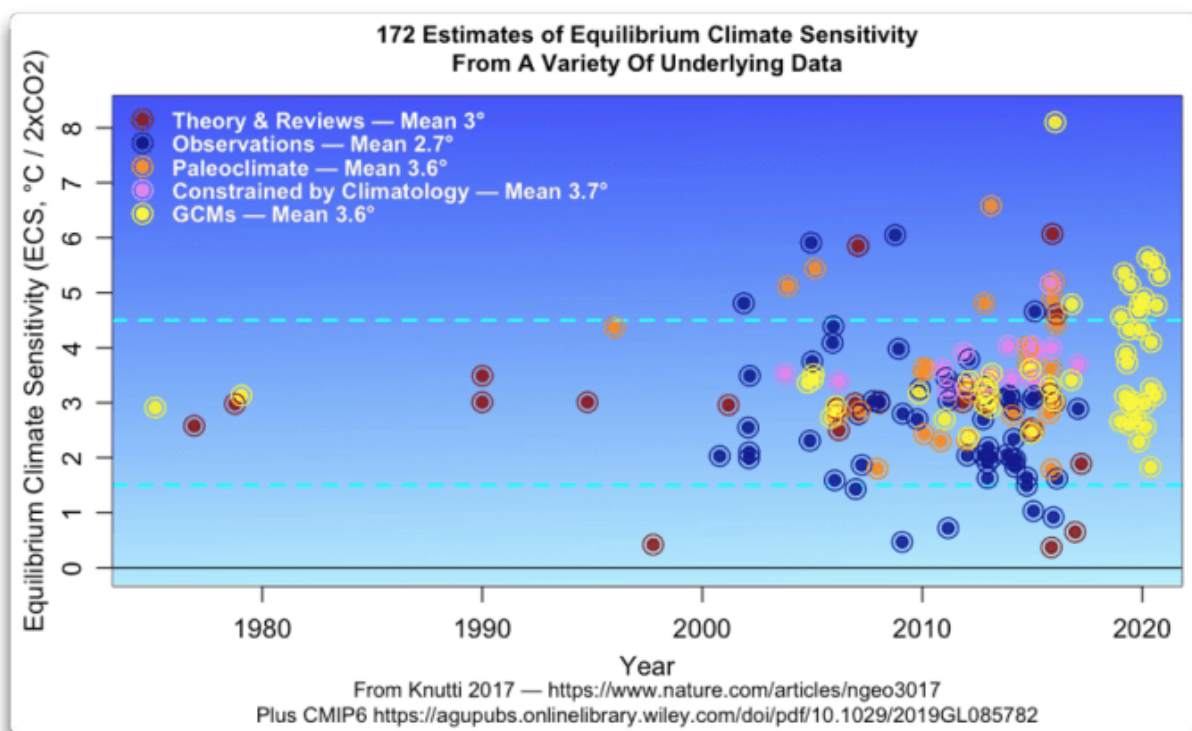


Abbildung 6. ECS-Schätzungen im Laufe der Zeit aus 172 verschiedenen Quellen.

In jeder anderen Wissenschaft würde ein halbes Jahrhundert, das mit der Untersuchung einer solchen zentralen Zahl verbracht wird, zu einer

Verringerung der Unsicherheit führen ... aber in der Klimawissenschaft geht es in die andere Richtung.

Für mich **ist dies ein Beweis dafür, dass das grundlegende Paradigma der Klimawissenschaft falsch ist**. Dieses Grundparadigma ist die Behauptung, dass die Temperaturänderung eine lineare Funktion der Änderung des Antriebs ist. Ich glaube nicht, dass das wahr ist. Ich halte das für vereinfachenden Unsinn. Ich glaube, dass das Klima aktiv auf sich ändernde Bedingungen reagiert und dass es eine Vielzahl von **Klimaphänomenen** gibt, die sich jeder Erwärmung entgegenstellen, egal aus welcher Quelle, einschließlich Änderungen des Antriebs.

Das ist jedenfalls die Geschichte meines letzten Streifzugs durch die Modelle ... Am Ende wusste ich weniger als zu Beginn.

Link: <https://wattsupwiththat.com/2024/05/13/modeling-the-mysteries/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE