

# Ozeanversauerung auf den Punkt gebracht

geschrieben von Chris Frey | 29. August 2022

[\*\*Craig D. Idso\*\*](#), MasterResource

*„Die Befürchtungen hinsichtlich der Versauerung und Erwärmung der Meere sind jedoch stark übertrieben und gehen im Allgemeinen weit an der Realität vorbei. In fast allen Fällen ist das vorhergesagte Ausmaß der Schäden übertrieben, da die extremsten Szenarien für die zukünftige Temperatur und den pH-Wert des Meerwassers verwendet werden. Außerdem berücksichtigen ihre Prognosen nicht die Fähigkeit der Arten, sich innerhalb und über Generationen hinweg anzupassen.“*

Die [\*\*Shark Week\*\*](#) [Haifisch-Woche] ist ein fester Bestandteil des amerikanischen Fernsehens geworden. Seit ihrer Premiere im Sommer 1988 hat sich die Veranstaltung zu einem einwöchigen Programmblöck des Discovery Channel entwickelt, der alle Arten von unterhaltsamen und lehrreichen Sendungen zum Thema Haie zeigt.

Unmittelbar nach der diesjährigen Veranstaltung wurde ich auf den Titel eines [\*\*Artikels\*\*](#) aufmerksam, der sich mit diesen bedrohlichen, aber oft missverstandenen Fischarten befasst: „Haifischzähne können der Ozeanversauerung widerstehen“.

In dem von Leung et al. (2022) verfassten und in der Fachzeitschrift Global Change Biology veröffentlichten Artikel wird untersucht, wie sich das vermeintliche Zwillingsübel der radikalen Umweltbewegung, d. h. die globale Erwärmung und die Versauerung der Ozeane, auf Haie und insbesondere auf ihre Zähne auswirken könnte.

## Hintergrund

Um hier ein wenig Hintergrundwissen einzubringen: Seit Jahrzehnten behaupten Klimaalarmisten auf der Grundlage modellgestützter Prognosen, dass die globale Erwärmung und die Versauerung der Ozeane der Flora und Fauna der Erde schweren Schaden zufügen. Und wenn dieser Schaden nicht gestoppt wird, so sagen sie, wird er letztendlich zum Aussterben zahlreicher Arten führen.

Die Versauerung der Ozeane und die Erwärmung der Meere werden jedoch weit überschätzt und haben im Allgemeinen nichts mit der Realität zu tun. In fast allen Fällen ist das vorhergesagte Ausmaß der Schäden übertrieben, da die extremsten Szenarien für die zukünftige Temperatur und den pH-Wert des Meerwassers verwendet werden. Darüber hinaus berücksichtigen die Prognosen nicht die Fähigkeit der Arten, sich sowohl innerhalb einer Generation als auch über Generationen hinweg zu

akklimatisieren und anzupassen.

Wenn diese und andere Einschränkungen richtig berücksichtigt werden, weichen die Vorhersagen von Untergang und Düsternis hoffnungsvollen Szenarien, in denen Wissenschaftler die globale Erwärmung und die Versauerung der Meere als weitgehend unproblematisch betrachten.

## Irreführende Analyse

Die Arbeit von Leung et al. fällt in die letztgenannte Kategorie, obwohl sie eines der extremeren Szenarien der künftigen globalen Erwärmung und der Versauerung der Ozeane zugrunde gelegt haben. Das sechsköpfige Forscherteam konzentrierte sich auf den Port-Jackson-Hai (*Heterodontus portusjacksoni*) und zog frisch geschlüpfte Junghaie zwei Monate lang unter kontrollierten Laborbedingungen bei zwei Temperatur- (Umgebungstemperatur oder +3°C) und zwei Ozeanversauerungsregimen (pH-Wert des Meerwassers bei Umgebungstemperatur oder -0,3 pH-Einheiten) auf.

Am Ende des Versuchszeitraums untersuchten die Autoren die mechanischen und mineralogischen Eigenschaften der Haifischzähne, um etwaige Unterschiede zwischen den Behandlungen festzustellen. Die Bedeutung ihrer Arbeit liegt in den Auswirkungen auf die Räuber-Beute-Interaktionen und die Energiedynamik in künftigen Meeresumgebungen, die durch die Versauerung und Erwärmung der Ozeane gefährdet sein dürften.

Die Ergebnisse der Studie zeigten leichte Unterschiede in verschiedenen mechanischen Eigenschaften bei alleiniger Ozeanversauerung oder alleiniger Temperatur. So verringerte eine höhere Temperatur sowohl die Elastizität der Zähne (erkennbar an einem höheren Elastizitätsmodul) als auch die mechanische Belastbarkeit, während die Versauerung der Ozeane die Elastizität der Zähne erhöhte und die Härte der Zähne verringerte (siehe Abbildung 1).

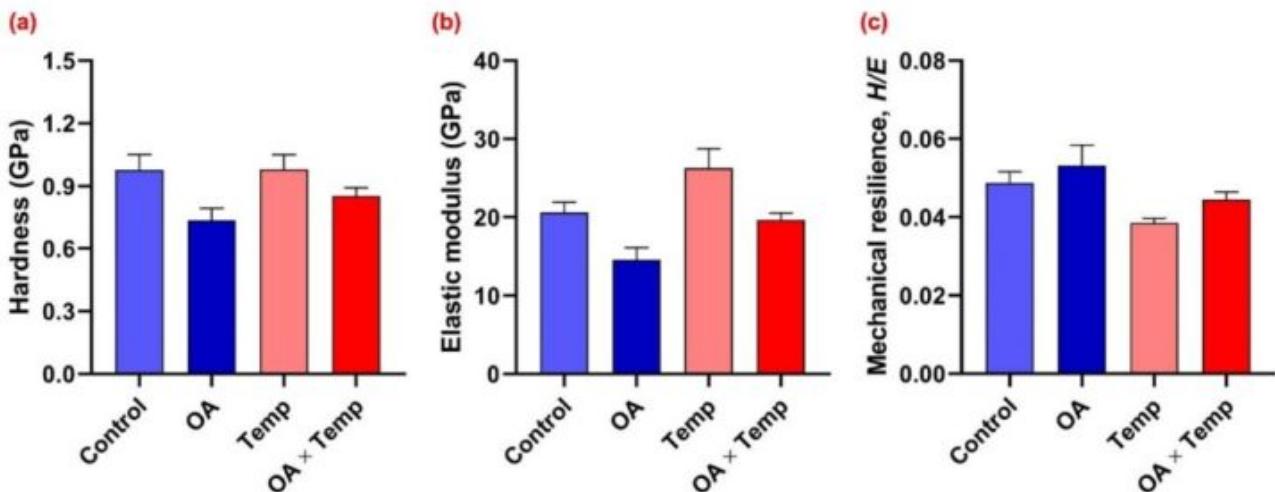


Abbildung 1. Mechanische Eigenschaften von Haifischzähnen, einschließlich (a) Härte, (b) Elastizitätsmodul und (c) mechanische

Belastbarkeit nach Exposition gegenüber verschiedenen Meerwassertemperatur- und pH-Behandlungsbedingungen (Mittelwert + SE, n = 4). Kontrolle = 16°C, pH 8,0; OA = 16°C, pH 7,7; Temp = 19°C, pH 8,0; OA × Temp = 19°C, pH 7,7. Quelle: Leung et al. (2022).

In Kombination fanden Leung et al. jedoch heraus, dass dieser „benthische Hai in der Lage war, die mineralogischen Eigenschaften seiner Zähne anzupassen, um ihre Haltbarkeit unter zukünftigen Meerwasserbedingungen (d. h. erhöhter Säuregehalt und Temperatur) aufrechtzuerhalten, was auf eine potenzielle Fähigkeit zur Akklimatisierung hinweist, um Stressfaktoren des Klimawandels zu tolerieren.“

Mit anderen Worten: Die Forscher beobachteten, dass die Haltbarkeit der Haifischzähne zunahm; sie waren „aufgrund der Produktion elastischerer Zähne weniger anfällig für physische Schäden.“ Folglich kommen Leung et al. zu dem Schluss, dass ihre Ergebnisse „ein optimistischeres Bild von der Fitness und dem Überleben [der Haiarten] in der Zukunft vermitteln.“

### **Schlussfolgerung:**

Eine weitere wissenschaftliche Studie hat also gezeigt, dass die Versauerung und Erwärmung der Ozeane kein Problem darstellt. Und das ist eine gute Nachricht für die Produzenten künftiger Shark Week-Fernsehereignisse – sie werden weiterhin so viel Filmmaterial bekommen, wie sie sich nur wünschen können, nämlich von diesen riesigen Perlweißen, die in einem weiteren guten alten Haifutterrausch mampfen!

### **Reference**

Leung, J.Y.S., Nagelkerken, I., Pistevos, J.C.A., Xie, Z., Zhang, S. and Connell, S.D. 2022. Shark teeth can resist ocean acidification. *Global Change Biology* **28**: 2286-2295, DOI: 10.1111/gcb.16052.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/22/ocean-acidification-cut-down-to-size/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

---

# Zahlen – verzwickte, verzwickte Zahlen: Teil 3

geschrieben von Chris Frey | 29. August 2022

## Kip Hansen

*[Alle Hervorhebungen in diesem Beitrag im Original]*

In dieser Reihe von Essays geht es um Zahlen. Nicht die von der Regierung kontrollierten Lotteriespiele oder die ältere [Version](#), die von kriminellen Organisationen in jeder US-Stadt betrieben wird, sondern nur diese: „Eine **Zahl** ist ein mathematisches [Objekt](#), das zum [Zählen](#), [Messen](#) und [Bezeichnen](#) verwendet wird. Die ursprünglichen Beispiele sind die [natürlichen Zahlen 1, 2, 3, 4](#) und so weiter.“ Ein Großteil der Wissenschaft (in fast allen Disziplinen) beschäftigt sich mit Messungen aller Art – Messungen, die am häufigsten als numerische Größen ausgedrückt werden – eben als Zahlen.

In [Teil 1](#) dieser Reihe [in deutscher Übersetzung [hier](#)] wurde darauf hingewiesen, dass „Zahlen nur Zahlen sind“. Mit Zahlen lassen sich viele interessante Dinge anstellen, und noch viel interessantere Dinge lassen sich mit Zahlenmengen – Datensätzen und Zeitreihen – durch die Magie der statistischen Analyse und statistischer Mathematikprogramme anstellen. Was mit den Zahlen gemacht werden kann, ist jedoch nicht dasselbe wie mit den „Dingen“, die die Zahlen aufzählen. Dinge wie Kilogramm, Hertz-Frequenz als Zyklen pro Sekunde, Längen, Temperaturen in verschiedenen Graden, Farbe als Frequenz des ausgestrahlten oder reflektierten Lichts, Dichte, Härte – all die messbaren Eigenschaften der physikalischen Materie, einschließlich derer, die Qualitäten sind. Wenn die Zahlen einer Sache so behandelt werden, als ob sie die aufgezählte(n) Sache(n) sind (oder mit ihnen identisch sind), dann ist ein Problem entstanden – die Verdinglichung hat stattgefunden, jemand ist dazu gekommen“ ... etwas Abstraktes als eine physische Sache zu [betrachten](#) oder zu behandeln.“

In [Teil 2](#) [in deutscher Übersetzung [hier](#)] dieser Serie ging es um die Gründe, warum man keine Durchschnittstemperaturen bilden kann. Diese Tatsache ist für die meisten etwas schwieriger zu verstehen, da es eine alltägliche Praxis ist, Durchschnittswerte für Temperaturen zu bilden und von der „Durchschnittstemperatur“ eines Tages, einer Stadt, einer Region oder sogar des gesamten Globus‘ zu sprechen. Wenn also gezeigt wird, dass diese Praxis wissenschaftlich nicht korrekt ist und die Ergebnisse unsinnig sind (außer im einfachsten, alltäglichen pragmatischen Sinne), kommt es zu Verwirrung und [Widerspruch](#).

In diesem dritten und letzten Teil der Serie werde ich auf die Gründe eingehen, warum die Temperaturen nicht gemittelt werden können und warum die Ergebnisse nicht das wiedergeben, was sie vorgeben zu sein.

In diesem Aufsatz werde ich die „Mittelwertbildung von Temperaturen“ auf ihre heutige Verwendung in der Klimawissenschaft beschränken, bei der durchschnittliche Temperaturen, die im Laufe der Zeit an unterschiedlichen Orten gemessen wurden, als Beweis dafür verwendet werden, dass das Erdklima insgesamt mehr Energie speichert und somit „wärmert“ wird. Auf [Climate.gov](https://www.climate.gov) wird es so ausgedrückt:

*„Indem die Menschen der Atmosphäre mehr Kohlendioxid zuführen, verstärken sie den natürlichen Treibhauseffekt, wodurch die globale Temperatur ansteigt. Nach Beobachtungen des NOAA Global Monitoring Lab war im Jahr 2021 Kohlendioxid allein für etwa zwei Drittel der gesamten Erwärmung aller vom Menschen erzeugten Treibhausgase verantwortlich.“*

Oder [dies](#) aus dem Abschnitt der NY Times „*The Science of Climate Change Explained: Facts, Evidence and Proof – Definitive answers to the big questions*“:

*„Wir wissen, dass dies wahr ist, dank einer überwältigenden Fülle von Beweisen mittels Temperaturmessungen an Wetterstationen und auf Schiffen ab Mitte des 18. Jahrhunderts. Später begannen Wissenschaftler, die Oberflächentemperaturen mit Satelliten zu verfolgen und in geologischen Aufzeichnungen nach Hinweisen auf den Klimawandel zu suchen. Zusammengenommen erzählen diese Daten alle die gleiche Geschichte: Die Erde wird heißer.“*

Es gibt viele unterschiedliche Meinungen darüber, ob diese Aussage wirklich den Tatsachen entspricht, aber ich will mit dem Zitat nur zeigen, dass die „**globale Temperatur**“ als Maß für die „**globale Erwärmung**“ dargestellt wird. Aber wie ich in Teil 2 gezeigt habe, ist die Temperatur kein Maß für die Wärme (oder den Wärmeinhalt). Selbst wenn also die globale Temperatur (falls es so etwas gibt) steigt, sagt uns dieses Maß [„ein System zur [Messung](#) von etwas“] nicht, ob das Klima der Erde an Wärme gewinnt oder nicht.

[Wie ich bereits [sagte](#), erwärmt sich das Erdklima nach meinem Verständnis seit Mitte oder Ende der 1700er Jahre, als die Erde die kleine Eiszeit hinter sich ließ. ]

Inwiefern ist die Temperatur kein Maß für die Wärme?

Die folgenden Definitionen und Formeln stammen von der [technischen Website BrightHubEngineering](#):

„**Gesamtwärmegehalt** der Luft – Der Gesamtwärmegehalt der Luft ist die Summe aus der fühlbaren Wärme der Luft und der latenten Wärme der Luft. Daraus folgt:

Gesamtwärme der Luft = SH + LH

Die fühlbare Wärme (SH) hängt von der potentiellen Temperatur der Luft ab, während die latente Wärme (LH) von der Taupunktstemperatur der Luft

abhängt, so dass die Gesamtwärmemenge der Luft von der fühlbaren und der latenten Temperatur (Taupunkt) der Luft abhängt. Außerdem kann es für jede Kombination von potentieller- und Taupunkttemperatur nur eine pseudopotentielle Temperatur geben, so dass die Gesamtwärmemenge in der Luft auch von der Feuchttemperatur abhängt.“

Die aktuellen Versionen der [globalen mittleren Lufttemperatur](#) (und davon gibt es viele) werden oft als „Anomalien“ (Differenzen) der Durchschnittstemperatur des aktuellen Zeitraums (täglich, monatlich, jährlich) gegenüber der Durchschnittstemperatur eines früheren 30-jährigen Basiszeitraums angegeben (es gibt keinen Standard – Earth Observatory – der vorherige Link – verwendet 1951-1980 – andere gemeldete Anomalien verwenden 1981-2010 und 1991-2020). Bei diesen Anomalien handelt es sich um Differenzen von Durchschnittswerten zu anderen Durchschnittswerten, die so verwendet werden, als ob die numerischen Ergebnisse in Grad (normalerweise °F oder °C) angegeben werden könnten, als ob es sich bei der Zahl um eine tatsächliche Temperatur handelte. In keinem Fall – selbst wenn die Zahl tatsächlich eine Temperatur darstellen würde – würde die gemeldete numerische Zahl ein größeres oder kleineres Maß an Wärme darstellen. Wie im obigen Absatz erwähnt, benötigt man mehr Informationen, um aus der **Temperatur** die **Wärme** zu ermitteln.

*[Gemeint ist Folgendes {vereinfacht!}: Eine Luftmasse aus der Sahara mit einer Temperatur von 40°C und einem Taupunkt von 0°C hat einen **geringeren** Gesamt-Wärmeinhalt als eine Luftmasse über tropischen Ozeanen mit einer Temperatur von 28°C und einem Taupunkt von 26°C. Konkretes Beispiel: **Fall 1:** Lufttemperatur 17°C, Taupunkt -1°C ergibt 47°C Gesamt-Wärmeinhalt. **Fall 2:** Lufttemperatur 16°C, Taupunkt 13°C ergibt einen solchen von 63°C! Oder anders erklärt: Würde man im Fall 2 die gesamte latente Wärme in fühlbare Temperatur umwandeln, ergäbe sich eine Lufttemperatur von 63°C bei einer Relativen Luftfeuchtigkeit von Null Prozent! Die dabei frei werdende Wärme entspricht genau der Wärme, die durch die Verdunstung dieser Feuchtemenge verbraucht worden ist. Man erkennt hierbei auch, welche Größenordnung die latente Wärme hat. A. d. Übers.]*

[Im Folgenden finden Sie die Formeln zur Bestimmung des Wärmeinhalts einer beliebigen Luftmenge – denken Sie zum Beispiel an den Kubikmeter Luft, der eine MMTS oder einen Stevenson Screen in einer Wetterstation umgibt. Es ist nicht unbedingt notwendig, diese Formeln zu verstehen, um den Sinn dieses Aufsatzes zu begreifen – die Leser können sie überfliegen, wenn sie nicht besonders an den komplizierten Details interessiert sind.]

Zunächst müssen wir die [fühlbare Wärme](#) (ganz einfach „die Wärme, die gefühlt werden kann“) bestimmen, was wie folgt geschieht:

Die **fühlbare Wärme** der Luft wird wie folgt berechnet:

$$SH = m \cdot 0,133 \cdot DBT$$

Dabei ist  $m$  die Masse der trockenen Luft, 0,133 ist die [spezifische Wärme](#) der Luft in Kcal/kg und DBT ist die [Trocken-Temperatur](#) der Luft.

Wir müssen auch die latente Wärme bestimmen:

Die [latente Wärme](#) der Luft wird wie folgt berechnet:

$$LH = m \cdot w \cdot hw$$

Dabei ist  $m$  die Masse der trockenen Luft,  $w$  die spezifische Feuchtigkeit der trockenen Luft und  $hw$  die spezifische [Enthalpie](#) des Wasserdampfes, die aus den Dampftabellen als Enthalpie des Wasserdampfes bei [Taupunkttemperatur](#) entnommen wird.

Wenn wir uns die Temperaturaufzeichnungen einer Wetterstation ansehen, sehen wir nicht immer die Messgrößen, die wir brauchen, um herauszufinden, wie viel Wärme in der Luft um den Stevenson Screen oder den MMTS Deep L Sensor enthalten ist.

Um den Gesamtwärmegehalt der Luft (ein bestimmtes Luftvolumen) zu berechnen, benötigen wir Folgendes:

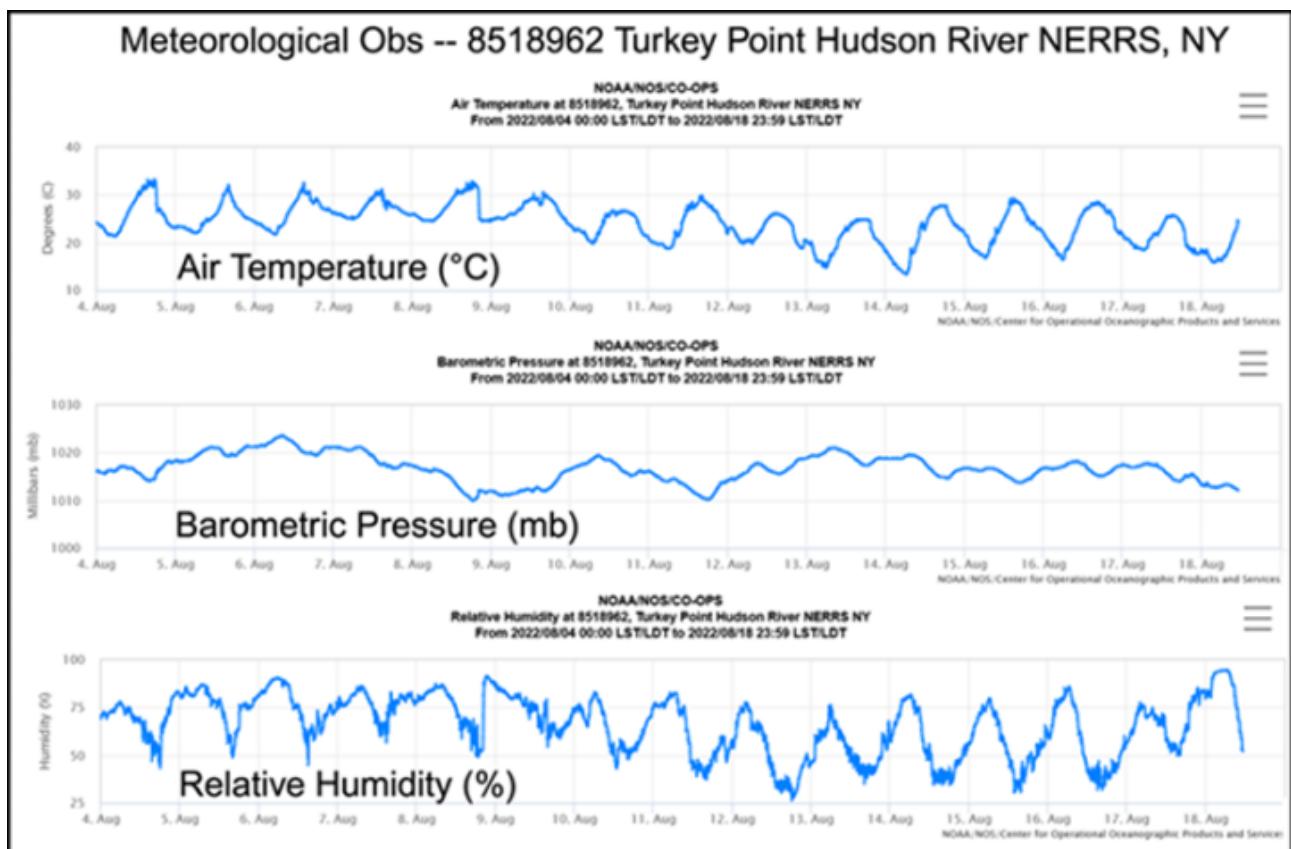
1. Die Masse der fraglichen Luft. Die Masse der Luft erfordert „Volumen“ und „Luftdruck“ – die Masse der Luft in einem Kubikmeter Luft nimmt mit steigendem Luftdruck zu.

2. Die relative Luftfeuchtigkeit – und hier geraten wir ein wenig ins Ungewisse, denn die [Luftfeuchtigkeit](#) ist nicht einfach. Aber wir werden von der modernen Technologie gerettet – denn „dafür gibt es eine [Website](#)“. Um diese Parameter zu sortieren, können wir den praktischen Rechner zur [Berechnung](#) von Taupunkt und Feuchttemperatur aus der relativen Luftfeuchtigkeit verwenden.

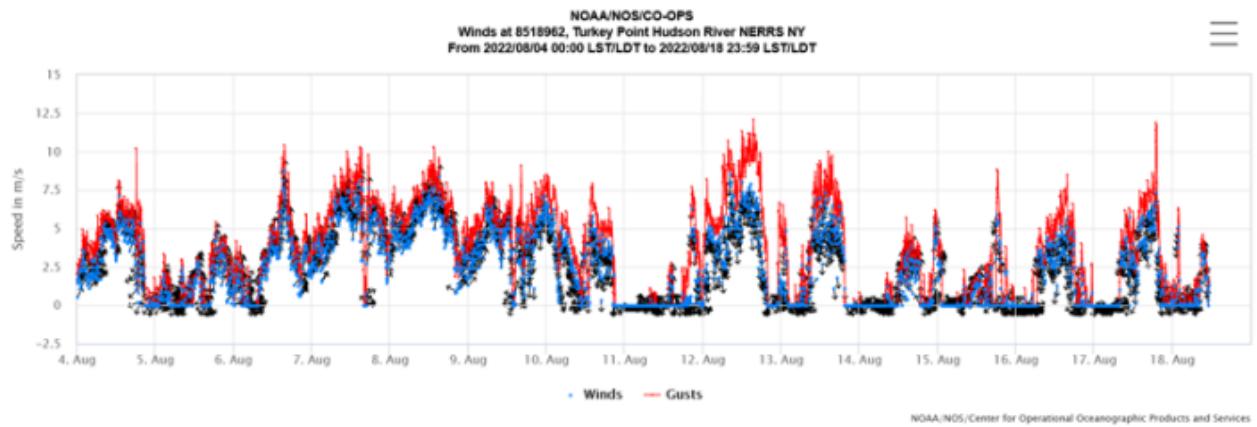
Ich hoffe, die Leser erwarten nicht von mir, dass ich den Wärmeinhalt der Luft an einer Wetterstation zu einem bestimmten Zeitpunkt berechne. Ich möchte nur klarstellen, dass dies möglich ist, aber nicht gemacht wird – und weil es nicht gemacht wird, haben wir kein zuverlässiges Maß für den Wärmeinhalt der Luft zu einem bestimmten Zeitpunkt und somit auch kein zuverlässiges Maß für die regionale oder globale Wärme.

Versuchen wir herauszufinden, warum sie nicht berechnet und verwendet wird, obwohl der Taschenrechner auf Ihrem Smartphone leistungsfähig genug ist, um die Berechnungen durchzuführen. Hier sind die meteorologischen Beobachtungen einer CO-OPS-Wetterstation, die ausgewählt wurde, weil sie Temperatur, Luftdruck und relative Luftfeuchtigkeit meldet (nicht alle Stationen tun dies oder haben diese Informationen öffentlich zugänglich). Beachten Sie, dass sich diese Wetterstation direkt am Wasser befindet – buchstäblich nur wenige Meter vom Flussufer entfernt.

(Die Leser können die Diagramme und Erklärungen schnell überfliegen – bis zur Zeile mit den Tilden (~~~))

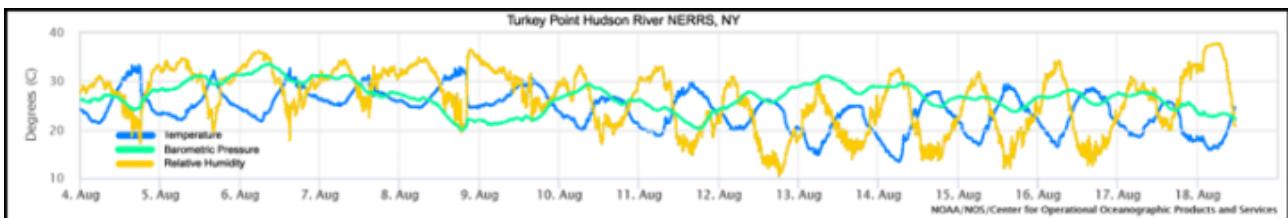


Diese Wetterstation zeigt auch Windgeschwindigkeit und -richtung an (die Windrichtung ist auf diesem Bild schwer zu erkennen, siehe Link oben):

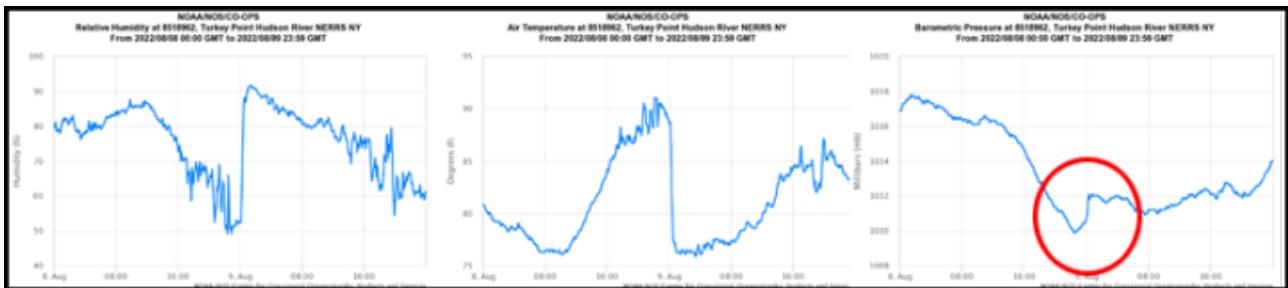


Die Windgeschwindigkeit wird in Metern pro Sekunde angegeben. Der eine Kubikmeter Luft, der den MMTS-Sensor umgibt, ist in der Regel nicht von einer Sechs-Sekunden-Messung zur nächsten gleich, schon gar nicht bei den Sechs-Minuten-Mittelwerten.

Um die Beziehung zwischen den drei wichtigen Messgrößen zu verdeutlichen, habe ich sie übereinander gelegt:



Temperatur (blau) und relative Luftfeuchtigkeit (bernsteinfarben) scheinen einander entgegengesetzt zu sein, während der Luftdruck (grün) mehr oder weniger unabhängig ist. Diese Beziehungen sind jedoch eng miteinander verknüpft, wie diese eintägige Grafik zeigt:



Bei der rot eingekreisten Luftdruckverschiebung handelt es sich um eine Front, die gegen Mitternacht durchzieht und einen radikalen Temperaturabfall und einen ebenso radikalen Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit verursacht.

~~~~~

Wärme ist eine extensive Eigenschaft der Materie – sie ist eine Energiemenge – und kann daher addiert, geteilt und gemittelt werden. Dies steht im Gegensatz zur Temperatur, die eine qualitativ intensive Eigenschaft ist. Temperatur lässt sich nicht zu Temperatur addieren und kann daher nicht gemittelt werden (siehe Teil 2).

Ein großer Teil der Klimawissenschaft befasst sich mit der Energiespeicherung im Klimasystem – die möglicherweise stattfindet – aber in einem Punkt können wir uns sicher sein: *gemittelte Temperaturaufzeichnungen sind kein Beweis dafür.*

Der Beweis für einen zunehmenden Wärmeinhalt des Erdklimas erfordert wissenschaftliche Messungen der Wärme über den Zeitraum des Klimas – mindestens 30 Jahre. Es gibt eine ganze Reihe von Proxies, die nach Ansicht des IPCC und anderer in dieser Hinsicht brauchbar sind, darunter verschiedene Formen von Temperaturmittelwerten und sogar kombinierte Mittelwerte der Temperaturen verschiedener Arten von Objekten, wie z. B. die aus Satellitenbeobachtungen berechnete Hauttemperatur der Meeresoberfläche und krigierte Anomalien der Oberflächenlufttemperatur aus gemittelten Thermometerablesungen. Keines dieser Verfahren ist natürlich in Bezug auf die Physik der Thermodynamik gültig (siehe Teil 2).

[Proxy: „Eine Variable, die zur Modellierung oder Generierung von Daten

verwendet wird, von denen angenommen wird, dass sie den Daten ähneln, die mit einer anderen Variablen verbunden sind, die normalerweise schwieriger zu erforschen ist.“ [\[Quelle\]](#) ]

Einige dieser Näherungswerte für die (zunehmende oder abnehmende) Erwärmung des Erdklimas sind bekanntlich alles andere als streng wissenschaftlich. Die von Satelliten gemessene Temperatur der **Meeresoberfläche** misst die Temperatur der obersten paar Millimeter des Meeres. Es handelt sich nicht um die Temperatur eines bestimmten Volumens des Meerwassers oder des Wassers unter der Oberfläche, dessen Temperatur sich in der Tiefe ändert. Die tatsächlichen Temperaturen des Meeres sind äußerst **kompliziert** und können teilweise nicht einmal gemessen werden.

Es liegt auf der Hand, dass die Mittelung der Temperaturen an der Meeresoberfläche mit den 2-Meter-Lufttemperaturen auch kein Maß für die Wärme im Klimasystem der Erde ergibt.

### **Unter dem Strich:**

1. Um die Behauptung zu untermauern, dass das Klimasystem der Erde „heißer wird“, muss man eine langfristige Zeitreihe von Messungen der Wärme im Klimasystem haben.
2. Die derzeitigen Datensätze zur globalen Mitteltemperatur messen keine Wärme und können daher keinen Beweis für Punkt 1 liefern.
3. Das Fehlen einer solchen Zeitreihe bedeutet nicht, dass das Erdklima nicht an Energie (Wärme) zunimmt – es bedeutet lediglich, dass wir keine verlässlichen Messwerte dafür haben.
4. Die Klimawissenschaft hat vielleicht einige Beweise für den langfristigen Energiegewinn oder das, was gemeinhin als „Energiebudget der Erde“ bezeichnet wird – Energiezufuhr/Energieabfuhr – aber es scheint in der laufenden Klimakontroverse nicht zu dominieren. Die neueste **Studie** zeigt, dass wir den momentanen Strahlungsantrieb immer noch nicht direkt messen können. „*Diese fundamentale Messgröße wurde bisher weltweit nicht direkt beobachtet, und frühere Schätzungen stammen aus Modellen.* Dies liegt zum Teil daran, dass die derzeitigen weltraumgestützten Instrumente nicht in der Lage sind, den momentanen Strahlungsantrieb von der Strahlungsantwort des Klimas zu unterscheiden“. Es kann sein, dass zukünftige Satellitenmissionen in der Lage sein werden, die ein- und ausgehende Energie der Erde direkt und genau zu messen.

### **Kommentar des Autors:**

Diese Reihe baut auf den Grundlagen der Quantifizierung auf – dem Zählen der Anzahl von Dingen. Riesige und schwerwiegende wissenschaftliche Fehler entstehen, wenn die gezählten Dinge nicht wirklich das sind, was

man zu zählen glaubt. Einer dieser Fehler ist die seltsame, unphysikalische Behauptung, die Temperatur sei ein Ersatz für die gemessene Wärme.

Was die Behauptung angeht, dass die Erde „heißer“ wird – die globale Durchschnittstemperatur (wie sie behauptet wird) liegt derzeit bei knapp 15°C oder etwa 58,8°F. Nach meinen Maßstäben kühlt, aber sicher nicht heiß.

In diesem speziellen Fall habe ich das Konzept vorgestellt, dass Temperaturen, Temperaturmessungen in beliebigen Graden, intensive Eigenschaften der Materie sind und nicht addiert, multipliziert oder anschließend geteilt werden können, was die Bildung von Durchschnittswerten für Temperaturen ausschließt. Man kann sicherlich eine Zahl finden, indem man die Temperatur von Los Angeles heute Mittag zur Temperatur von Chicago gestern Mittag addiert und durch 2 dividiert, aber das Ergebnis wird nicht die Temperatur eines beliebigen Ortes zu einem beliebigen Zeitpunkt sein. Dies gilt auch für eines der Probleme der globalen, regionalen, staatlichen, nationalen, wöchentlichen und jährlichen Temperaturen und ihrer Anomalien über verschiedene Zeiträume und Räume hinweg.

Temperaturdurchschnittswerte (oder ihre gemittelten Anomalien) haben auch alle [Probleme](#) von Durchschnittswerten im Allgemeinen (und Gesetze des Durchschnitts [Teil 2](#) und [Teil 3](#)).

Viele Leute sind echte Fans der globalen Durchschnittstemperaturen ..., aber ich möchte an ihre wahre Anwendung erinnern, wie sie von Steven Mosher beleuchtet wird: „Die globale Temperatur existiert. Sie hat eine präzise physikalische Bedeutung. Es ist diese Bedeutung, die es uns erlaubt zu sagen ... Die LIA war kühler als heute ... Es ist die Bedeutung, die es uns erlaubt zu sagen, dass die Tagseite des Planeten wärmer ist als die Nachtseite ... Die gleiche Bedeutung, die es uns erlaubt zu sagen, dass Pluto kühler ist als die Erde und Quecksilber wärmer ist. [\[Quelle\]](#) Und ich stimme von ganzem Herzen zu. Aber nur das und nur das allein.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/23/numbers-tricky-tricky-numbers-part-3/>

Übersetzt und ergänzt von Christian Freuer für das EIKE

---

# Zahlen – verzwickte, verzwickte Zahlen: Teil 2: Man darf (kann) Temperaturwerte nicht mitteln

geschrieben von Chris Frey | 29. August 2022

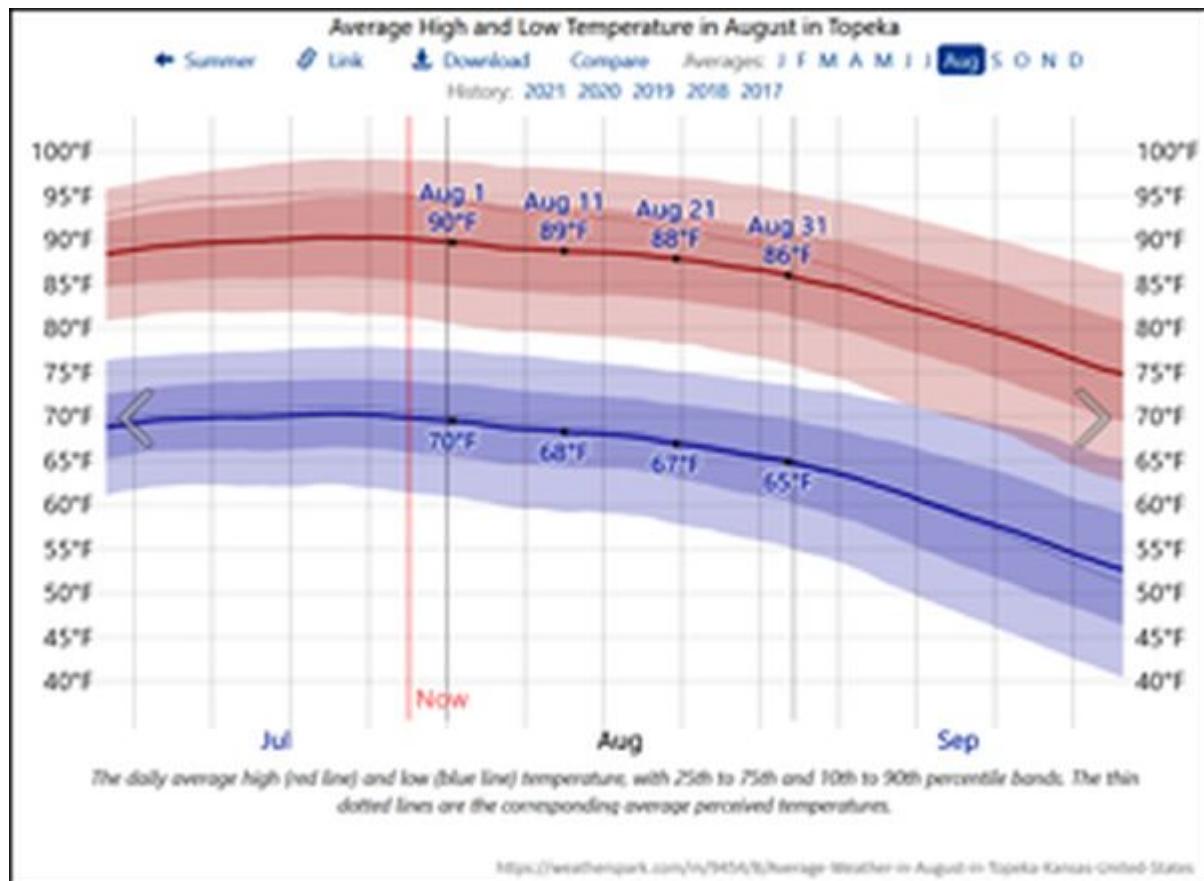
[Kip Hansen](#)

*[Alle Hervorhebungen in diesem Beitrag im Original! A. d. Übers.]*

Beginnen wir mit dieser einfachen Aussage – sie ist wahr, aber mit einigen Vorbehalten gegenüber dem gesunden Menschenverstand verbunden.

In diesem Aufsatz geht es um einen wissenschaftlichen Punkt: Man kann keine durchschnittliche Temperatur messen! Diese Tatsache kann sich auf Ihr Verständnis einiger unterstützender Punkte der Klimawissenschaft auswirken.

Nehmen wir an, Sie betreiben eine Website für Unternehmen, die im August eine Tagung in Topeka, Kansas, abhalten wollen, und Sie möchten die Teilnehmer darüber informieren, welches Wetter sie in Bezug auf die Temperatur erwarten können, damit sie geeignete Kleidung für die Reise einpacken können. Ein Diagramm wie unten ist sehr gut geeignet. Sie zeigt den Durchschnitt der historischen Höchst- und Tiefsttemperaturen für jeden Tag des Monats und **stellt diese als Spanne und nicht nur als Zahl dar**. Sie gibt eine vernünftige Antwort auf die Unternehmensfrage: „Wie ist das Wetter im August in Topeka?“ Die Antwort: Heiße Tage und angenehm warme Nächte. Also, tagsüber Reden und Präsentationen im klimatisierten Auditorium und abends das [Tiki-Bar-Luau](#) am Hotelpool, das ist definitiv angesagt!



In diesem Fall haben sie nicht wirklich versucht, die „Durchschnittstemperaturen“ zu ermitteln – sie haben einfach die Zahlen über die Temperaturen gemittelt, um einen erwarteten Bereich historischer Höchst- und Tiefstwerte zu finden – sie glauben nicht, dass es sich dabei um eine reale Temperatur handelt, die gemessen werden könnte – sie räumen ein, dass es sich um einen eher vagen, aber nützlichen Bereich erwartbarer täglicher Höchst- und Tiefstwerte handelt.

Dieser akzeptable und vernünftige Ansatz ist etwas ganz anderes, als die Höchsttemperaturen von San Diego, Los Angeles, Mohave und Palm Springs zu nehmen, sie zu addieren, durch vier zu teilen und zu verkünden, dass man den Temperaturdurchschnitt der südwestlichen kalifornischen Wüste ermittelt hat. Sie mögen ein absolut korrektes – auf viele Dezimalstellen genaues – mathematisches Mittel der verwendeten Zahlen haben, aber Sie werden nichts wie eine numerische Temperatur oder ein physikalisch sinnvolles Ergebnis erhalten haben. Welchen numerischen Mittelwert Sie auch immer gefunden haben, er wird die physikalische Realität der „Temperatur“ nirgendwo repräsentieren, schon gar nicht in der Region, die Sie interessiert.

„Aber, aber, aber, aber“ .... kein Aber!

**Man kann die Temperatur nicht mitteln!**

Warum nicht? Die Temperatur ist doch nur eine weitere Zahl, oder nicht?

Die Temperatur ist nicht nur eine Zahl – die Temperatur ist die Zahl der – die Zählung oder Messung einer der verschiedenen Temperatureinheiten.

*Temperatur, Maß für Hitze oder Kälte, ausgedrückt in einer beliebigen Skala, die die Richtung angibt, in die die Wärme-Energie spontan fließt, d. h. von einem heißen Körper (mit einer höheren Temperatur) zu einem kälteren Körper (mit einer niedrigeren Temperatur). Die Temperatur ist nicht das Äquivalent der Energie eines thermodynamischen Systems. [Quelle]*

Wir können also sagen, dass Objekte mit höheren Temperaturen, unabhängig davon, welche Skala man verwendet ( $^{\circ}\text{F}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , K), „heißer“ sind und Objekte mit niedrigeren Temperaturen (unter Verwendung derselben Skala) „weniger heiß“ oder „kälter“ sind (...), und wir können davon ausgehen, dass die Wärmeenergie vom „Heißeren“ zum „Kälteren“ fließt.

Die Multiplikation von Temperaturen als Zahlen ist möglich, führt aber zu unsinnigen Ergebnissen, zum Teil, weil die Temperaturen in willkürlichen Einheiten unterschiedlicher Größe angegeben werden, vor allem aber, weil die Temperaturen nicht die Wärmeenergie des gemessenen Objekts, sondern die relative „Hitze“ und „Kälte“ darstellen. „Doppelt so heiß“ in Fahrenheit, sagen wir doppelt so heiß wie  $32^{\circ}\text{F}$  (Gefriertemperatur von Wasser) ist  $64^{\circ}\text{F}$  – offensichtlich wärmer/heißer, aber nur unsinnigerweise „doppelt so heiß“. In Celsius-Graden müssten wir  $1^{\circ}\text{C}$  sagen (wir können die Null nicht verdoppeln), und wir hätten  $2^{\circ}\text{C}$  oder  $35,6^{\circ}\text{F}$  (ganz anders als die obigen  $64^{\circ}\text{F}$ ). Ja, das liegt daran, dass die Größen der Einheiten selbst unterschiedlich sind. Wenn wir jedoch wissen wollen, um wie viel „Wärme“ es sich handelt, sagen uns weder Grad Fahrenheit noch Grad Celsius etwas ... *Temperatur ist kein Maß für den Wärmeinhalt oder die Wärmeenergie.*

Ein Kubikmeter Luft bei normalisiertem Luftdruck auf Meereshöhe (etwa 1.013,25 hPa) und 60 % Luftfeuchtigkeit bei einer gemessenen Temperatur von  $21^{\circ}\text{C}$  enthält weit weniger Wärmeenergie als ein Kubikmeter Meerwasser bei gleicher Temperatur und Höhe. Ein ein Kubikmeter großer Block aus rostfreiem Stahl mit einer Temperatur von  $21^{\circ}\text{C}$  enthält sogar noch mehr Wärmeenergie. Die relative Hitze oder Kälte eines Körpers kann durch seine Temperatur ausgedrückt werden, aber die Menge an Wärmeenergie in diesem Körper wird nicht durch die Angabe seiner Temperatur ausgedrückt.

| Units of Heat |       |                                   |
|---------------|-------|-----------------------------------|
| Calorie       | 1 cal | 4184 J                            |
| Joules        | 1 J   | 0.000239006 kcal / 0.000947817Btu |
| BTU           | 1 Btu | 1055.06 J                         |

Wie wird Wärme in der Wissenschaft ausgedrückt – quantifiziert – ?: Die Einheiten der Wärmeenergie sind Kalorien, Joule und BTU (Quelle). Wir sehen, dass keine der Wärmeeinheiten eine Temperatureinheit ( $^{\circ}\text{F}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , K) ist.) (Anmerkung: Wenn Thermodynamik einfach wäre, hätte ich diesen Aufsatz nicht schreiben müssen).

Die Temperatur ist eine *Eigenschaft der Materie* – und die Temperatur ist insbesondere eine Intensive Eigenschaft.

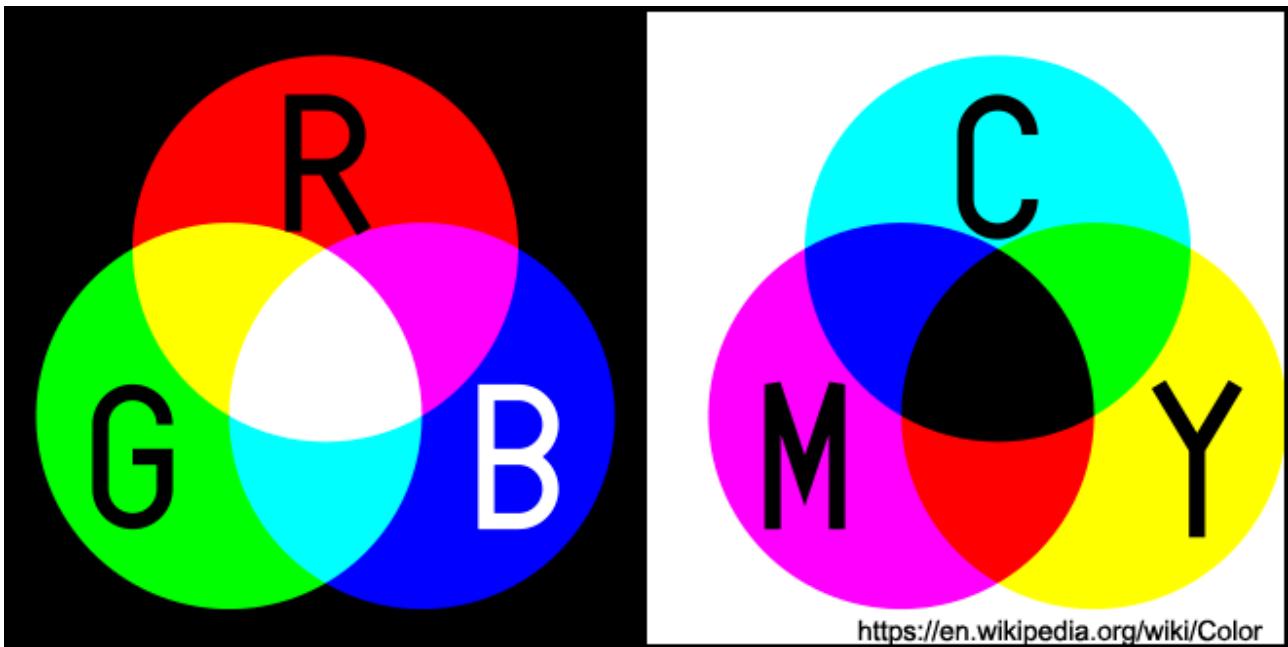
| Some examples of extensive properties                                             |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   | Some examples of intensive properties                                               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  |    |    |  |  |
| Size                                                                              | Volume                                                                            | Mass                                                                              | Length                                                                            | Lust                                                                                | Color                                                                               | Hardness                                                                            | Boiling point                                                                       |
|  |  |  |  |  |  |                                                                                     |                                                                                     |
| Weight                                                                            | Entropy                                                                           | Energy                                                                            | Temperature                                                                       | Refractive index                                                                    | Melting point                                                                       |                                                                                     |                                                                                     |

<https://psilberg.com/intensive-vs-extensive-properties/>

Umfangreiche Eigenschaften können addiert werden – Volumen: Die Addition von 1 Kubikmeter Mutterboden zu einem neuen Kubikmeter Mutterboden ergibt zwei Kubikmeter Mutterboden und füllt das doppelte Volumen des Hochbeetgartens in Ihrem Garten. Länge: Wenn man eine Meile Fahrbahn zu einer Meile bestehender Fahrbahn hinzufügt, erhält man zwei Meilen Fahrbahn.

Bei intensiven Eigenschaften funktioniert dies jedoch nicht. Die Härte ist eine Intensive Eigenschaft. Man kann die numerische [Mohs-Härte](#) von [Apatit](#), die einen Wert von 5 hat, nicht mit der numerischen Mohs-Härte von [Diamant](#), die einen Wert von 10 hat, addieren und erhält überhaupt keine sinnvolle Antwort – sicherlich nicht 15 und auch nicht „5 plus 10 geteilt durch 2 gleich 7,5“.

Farbe ist eine intensive Eigenschaft. Farbe hat zwei Maße: Wellenlänge/Frequenz und Intensität. Die meisten von uns können die Farbe einer Materie leicht erkennen – unsere Augen teilen unserem Gehirn die allgemeine Wellenlänge des Lichts mit, das von einem Objekt reflektiert oder ausgestrahlt wird, was wir in einen Farbnamen übersetzen. Wissenschaftlich gesehen kann die Wellenlänge (oder gemischte Wellenlängen) des reflektierten oder ausgestrahlten Lichts als Frequenzen (in [Terahertz](#) – Terahertz,  $10^{12}$  Hz) und Wellenlängen (in [Nanometern](#)) gemessen werden. Farben lassen sich nicht als Zahlen addieren. Bei farbigem Licht ergibt die gleichmäßige Addition der drei Grundfarben „weißes“ Licht. Bei Pigmenten ergibt die Addition der drei Grundfarben „Schwarz“, und andere Kombinationen, wie Magenta und Gelb, führen zu überraschenden Ergebnissen.



Auch die Temperatur, eine intensive Eigenschaft, kann nicht hinzugefügt werden.

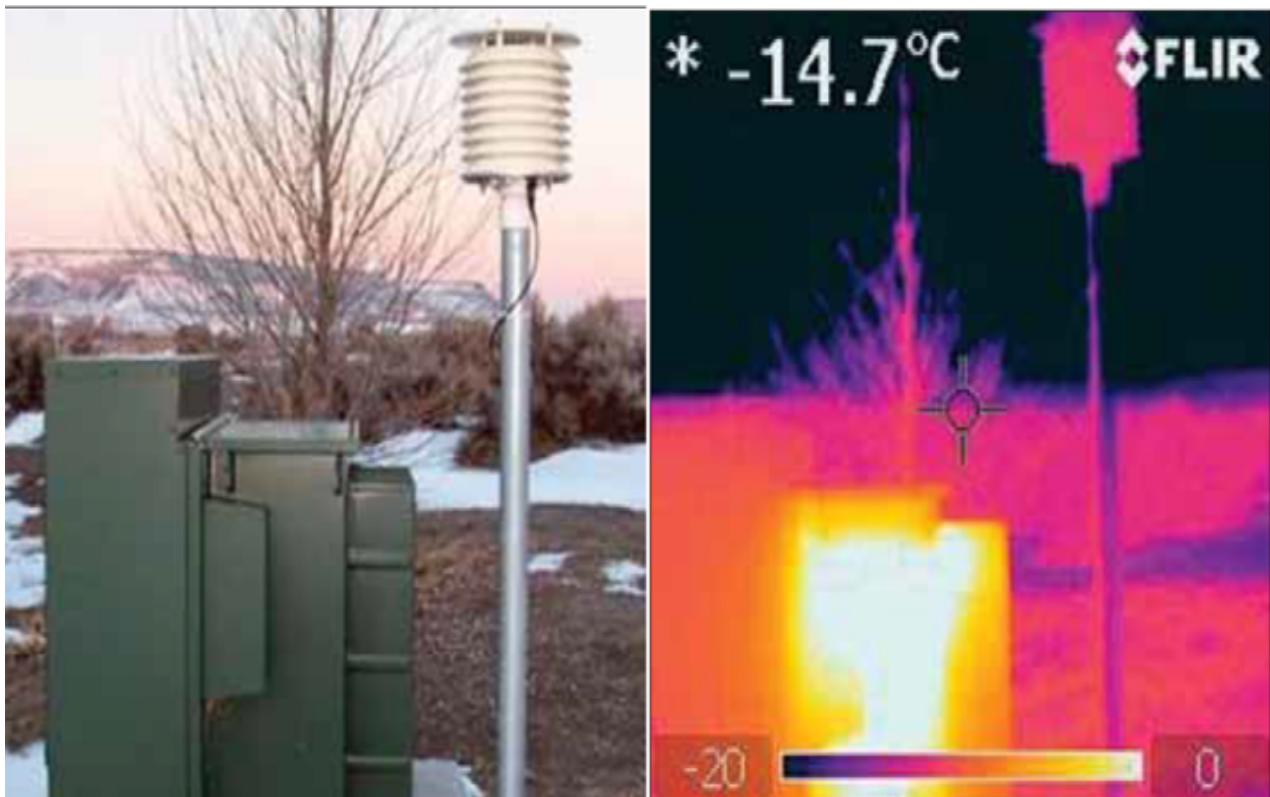
*„Intensive Variablen hingegen sind unabhängig von der Systemgröße und stellen eine Eigenschaft des Systems dar: Temperatur, Druck, chemisches Potenzial usw. In diesem Fall führt die Kombination zweier Systeme nicht zu einer intensiven Gesamtgröße, die der Summe ihrer Komponenten entspricht. Zwei identische Teilsysteme haben zum Beispiel nicht die doppelte Gesamttemperatur oder den doppelten Druck ihrer Komponenten. Eine Summe über intensive Größen hat keine physikalische Bedeutung. Die Division sinnloser Summen durch die Anzahl der Komponenten kann dieses Ergebnis nicht umkehren. Unter besonderen Umständen kann die Mittelwertbildung eine Annäherung an die Gleichgewichtstemperatur nach der Vermischung bewirken, doch ist dies für die Analyse eines nicht im Gleichgewicht befindlichen Falles wie des Erdklimas irrelevant.“* [ Quelle: [Does a Global Temperature Exist?](#) von [Christopher Essex](#), Ross McKittrick und Bjarne Andresen (.pdf) ]

Das ist eine wunderbare, aber dichte Erklärung. Schauen wir uns die wichtigsten Punkte einzeln an:

1. Die Temperatur, eine intensive Eigenschaft, ist unabhängig von der Systemgröße und stellt eine Qualität des Systems dar.
2. Die Kombination von zwei Systemen (z. B. die Temperaturen von zwei verschiedenen Kubikmetern Atmosphäre, die zwei Stevenson Screens oder zwei MMTS-Einheiten umgeben) ergibt keine intensive Gesamtgröße, die der Summe ihrer Komponenten entspricht.
3. Eine Summe über intensive Variablen hat keine physikalische Bedeutung – die Addition der Zahlenwerte zweier intensiver Variablen, wie der Temperatur, hat keine physikalische Bedeutung, sie ist unsinnig.

4. Das Dividieren von bedeutungslosen Summen durch die Anzahl der Komponenten – mit anderen Worten, die Mittelwertbildung oder die Ermittlung des Mittelwerts – kann dieses Ergebnis nicht umkehren, der Durchschnitt oder Mittelwert ist immer noch bedeutungslos.

5. Lufttemperaturen (2 Meter über der Oberfläche) sind alle punktuellen Temperaturmessungen innerhalb einer Luftmasse, die sich nicht in allen Maßstäben hinsichtlich Temperatur, Druck, Feuchtigkeit oder Wärmeinhalt mit ihrer Umgebung im Gleichgewicht befindet.



Figures 9 and 10. Glenns Ferry, Idaho—near power transformer; infrared view.

Anthony Watts, Is the U.S. Surface Temperature Record Reliable? Chicago, IL: The Heartland Institute, 2009.

Wir können sehen, dass selbst auf sehr kleinem Maßstab, d. h. auf den wenigen Metern, die den MMTS-Sensor an der Wetterstation in Glenns Ferry, Idaho, umgeben, das Lufttemperatursystem weit davon entfernt ist, sich im Gleichgewicht zu befinden – Luft über einem heißen Transformator, gefrorenes kahles Gras, Schneeflecken und Gestrüpp, die alle Wärmeenergie von der Sonne absorbieren und einen unterschiedlichen Wärmeinhalt aufweisen. Alle diese kleineren Teilsysteme geben aktiv Wärme ab oder nehmen Wärmeenergie aus den ungleichen Systemen um sie herum auf. Praktisch gesehen würde man, wenn man neben dem Sensor stünde, wissen, dass es dort „kalt“ ist, da die Luft am Sensor weit unter dem Gefrierpunkt liegt – aber im Notfall könnte man sich an den Transformator kuscheln und sich durch seine Wärme wärmer fühlen. Es ist jedoch wissenschaftlich nicht möglich, die Lufttemperaturen selbst innerhalb des zwei Meter großen Luftwürfels um den Sensor herum zu „mitteln“.

**Man kann die Temperatur nicht mitteln.**

**Kommentar des Autors:**

Ich mache mir keine Illusionen darüber, dass dieser Aufsatz von allen, die hier lesen, akzeptiert werden wird. Er ist jedoch wissenschaftlich und physikalisch korrekt und könnte viele fest verankerte Überzeugungen erschüttern.

Ich werde einen Folgeartikel, Teil 3, schreiben, in dem es um die Ausreden geht, mit denen CliSci behauptet, sie könnten gültige Durchschnittstemperaturen ermitteln – einschließlich der lahmen Ausreden: „Wir bilden keine Mittelwerte, sondern Anomalien“; „Wir finden nicht nur Mittelwerte, sondern gewichtete Mittelwerte“; „Wir bilden keine Mittelwerte, sondern Krig“; „Wir erfinden keine Daten, sondern verwenden die Zahlen der nächstgelegenen verfügbaren Stationen, solange sie innerhalb von 1.200 Kilometern liegen“ [750 Meilen]. (Anmerkung: Das ist die ungefähre Entfernung von Philadelphia **nach** Chicago oder von London **nach** Marseille, die, wie wir alle wissen, kein gemeinsames Klima haben, geschweige denn Lufttemperaturen); und viele mehr. **In allen Fällen werden die Temperaturen in unangemessener Weise gemittelt, was zu sinnlosen Zahlen führt.**

Man kann jedoch einen Mittelwert bilden und mit dem Wärmeinhalt arbeiten, der eine umfassende Eigenschaft der Materie ist. Es ist der Wärmeinhalt des „gekoppelten nichtlinearen chaotischen Systems“, das das Erdklima darstellt, mit dem sich die Klimawissenschaft beschäftigt, wenn sie darauf besteht, dass steigende atmosphärische CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mehr Wärme im Erdsystem einschließen. Aber CliSci misst den Wärmeinhalt des Systems nicht, sondern besteht darauf, die bedeutungslosen Zahlen zu ersetzen, die verschiedene Gruppen als globale durchschnittliche Oberflächentemperatur bezeichnen.

Sie können Ihre Meinung gerne in den Kommentaren kundtun – ich werde den Punkt nicht bestreiten – er ist einfach zu grundlegend und wahr, um sich darüber zu streiten. Wenn Sie spezifische Fragen stellen, werde ich versuchen, diese zu klären. Wenn Sie sich an mich wenden, beginnen Sie Ihren Kommentar mit etwas wie „Kip, ich frage mich ...“.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/09/numbers-tricky-tricky-numbers-part-2/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

---

# Ein Balance-Akt

geschrieben von Chris Frey | 29. August 2022

## Willis Eschenbach

Ich bin ein visueller Typ. Ich verstehe Zahlen, aber nicht in Tabellen. Ich stelle sie in Diagrammen und Karten dar, damit ich verstehe, was vor sich geht. Ich habe noch einmal über die gesamte absorbierte Strahlung an der Erdoberfläche nachgedacht. Die gesamte von der Erdoberfläche absorbierte Strahlung ist eine Mischung aus langwelliger (thermischer) und kurzwelliger (solarer) Strahlung. In meinem vorigen [Beitrag](#) „Putting It Into Reverse“, [in deutscher Übersetzung [hier](#)] habe ich die Korrelation dieser absorbierten Strahlung mit der Temperatur untersucht.

Da ich ein visueller Typ bin, habe ich eine globale Karte erstellt, die zeigt, wo diese gesamte Strahlung an der Oberfläche absorbiert wird. Doch bevor ich dieses Ergebnis zeige, möchte ich kurz auf die abwärts gerichtete kurzwellige (solare) und abwärts gerichtete langwellige (thermische) Strahlung eingehen. (Beachten Sie, dass „absteigende Strahlung“ die Strahlung ist, die auf die Erdoberfläche gerichtet ist, und „aufsteigende Strahlung“ die, die in den Weltraum gerichtet ist).

Die Sonnenstrahlung ist an der Oberfläche der Atmosphäre zunächst relativ konstant. Sie beträgt im globalen Durchschnitt rund um die Uhr 340 Watt pro Quadratmeter ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Sie schwankt nur um  $\pm 0,1 \text{ W}/\text{m}^2$  während des Sonnenfleckencyklus‘.

Außerdem wird zu jeder Zeit und an jedem Ort ein mehr oder weniger großer Teil der einfallenden Sonnenstrahlung von Wolken und Aerosolen reflektiert. Die reflektierte Menge variiert je nach Datum, Jahreszeit, Temperatur, Ort, Höhe und lokalem Wetter.

Von der nach der Reflexion an diesem Ort verbleibenden Sonnenstrahlung wird ein mehr oder weniger großer Teil in der Atmosphäre absorbiert, hauptsächlich durch Wolken, Wasserdampf und Aerosole (Rauch, Dunst, vulkanische Aerosole, Mineralstaub). Auch hier variiert die absorbierte Menge je nach Datum, Jahreszeit, Temperatur, Ort, Aerosolart und lokalem Wetter.

Wenn schließlich die Sonnenstrahlen die Oberfläche erreichen, wird ein mehr oder weniger großer Teil der Strahlung von der Oberfläche selbst in den Weltraum zurückgeworfen. Auch hier variiert die reflektierte Menge je nach Datum, Jahreszeit, Wasserzustand (flüssig vs. Eis vs. Schnee), Windstärke, Bodenbedeckung, Ort, Höhe und lokalem Wetter.

Kurz gesagt, die Menge der vom Boden absorbierten Sonnenstrahlen schwankt in Raum und Zeit auf allen Skalen enorm.

Die abwärts gerichtete Wärmestrahlung hingegen wird von verschiedenen

Dingen in der Atmosphäre über uns ausgesandt – von Treibhausgasen [?] wie Wasserdampf und CO<sub>2</sub>, von Aerosolen und von Wolken.

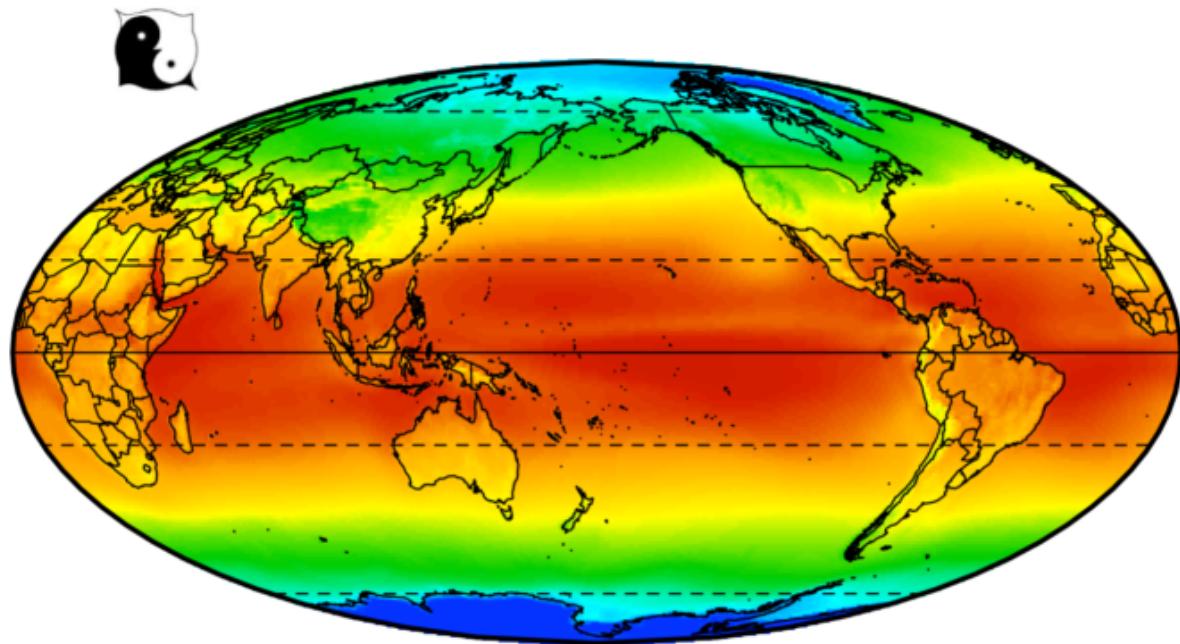
Die großen Schwankungen in der abwärts gerichteten Strahlung sind auf die unterschiedlichen Mengen an Wolken, Wasserdampf und Aerosolen zurückzuführen. CO<sub>2</sub> ist ein relativ gut durchmisches Gas, während Wasserdampf in kurzer Entfernung von nahezu Null bis zu Mengen schwanken kann, die groß genug sind, um zu kondensieren. Die Menge der von Wasserdampf, Treibhausgasen, Aerosolen und Wolken abgegebenen Wärmestrahlung variiert je nach Datum, Jahreszeit, Windstärke, Standort und lokalem Wetter.

Und wie bei der Sonnenstrahlung sind auch hier die Wolken die große Variable. Wolken sind in Bezug auf die Wärmestrahlung ein nahezu perfekter Schwarzer Körper. Wenn in einer klaren Winternacht eine Wolke vorbeizieht, kann man die Wärme sofort spüren. Und wie oben erwähnt, variiert die von den Wolken abgegebene Wärmestrahlung je nach Datum, Jahreszeit, Temperatur, Ort und lokalem Wetter.

*Kurz gesagt, genau wie bei der Sonneneinstrahlung variiert die vom Boden absorbierte Wärmestrahlung in Raum und Zeit auf allen Ebenen enorm.*

In Abbildung 1 ist die Gesamtmenge der von der Erdoberfläche absorbierten Strahlung (kurzwellig + langwellig) dargestellt:

Average Total Radiation Absorbed By The Surface, 2000-2021  
 Shortwave (solar) plus Longwave (thermal)  
 Avg Globe: 508.7 NH: 508.7 SH: 508.7 Trop: 618.5  
 Arc: 285.3 Ant: 215.7 Land: 446.1 Ocean: 532.9 W/m<sup>2</sup>



DATA: CERES EBAF 4.1 <https://ceres.larc.nasa.gov/data/>

|                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ■ 175 W/m <sup>2</sup> | ■ 275 W/m <sup>2</sup> | ■ 375 W/m <sup>2</sup> | ■ 475 W/m <sup>2</sup> | ■ 575 W/m <sup>2</sup> | ■ 675 W/m <sup>2</sup> |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|

Abbildung 1. Eine Karte von 1° Breitengrad mal 1° Längengrad der Gesamtmenge der von der Erdoberfläche absorbierten Strahlung.

Ich muss zugeben, dass ich mir diese Grafik anschaut, als ich sie zum ersten Mal erstellte, mich am Kopf kratzte und sagte: „Wie seltsam!“. Ich liebe Überraschungen in der Wissenschaft, und dies war eine davon.

Folgendes fand ich merkwürdig: Die südliche Hemisphäre besteht größtenteils aus Wasser, mit einem Block aus eisbedecktem Gestein unten. Das ist ein großer Unterschied zur nördlichen Hemisphäre, die viel mehr Land und Wasser anstelle von eisigem Gestein oben hat.

Aus Abbildung 1 geht hervor, dass der Ozean pro Quadratmeter etwa 20 % mehr abwärts gerichtete Strahlung absorbiert als das Land. Man sollte also meinen, dass die südliche Hemisphäre mit ihrem wesentlich größeren Anteil an Ozeanen wesentlich mehr Energie absorbieren müsste als die nördliche.

Das ist aber nicht der Fall. Tatsächlich sind die beiden Hemisphären auf ein Zehntel W/m<sup>2</sup> genau gleich ... deshalb habe ich mich am Kopf gekratzt und gesagt: „Wie seltsam“.

Natürlich wollte ich wissen, ob dies nur ein Zufall ist, oder ob diese Gleichheit der Hemisphären ein dauerhaftes Merkmal des Klimasystems ist. Also habe ich mir die Veränderungen im Laufe der Zeit angesehen. Hier sind die jährlichen Durchschnittswerte für den Zeitraum der CERES-Satellitendaten:

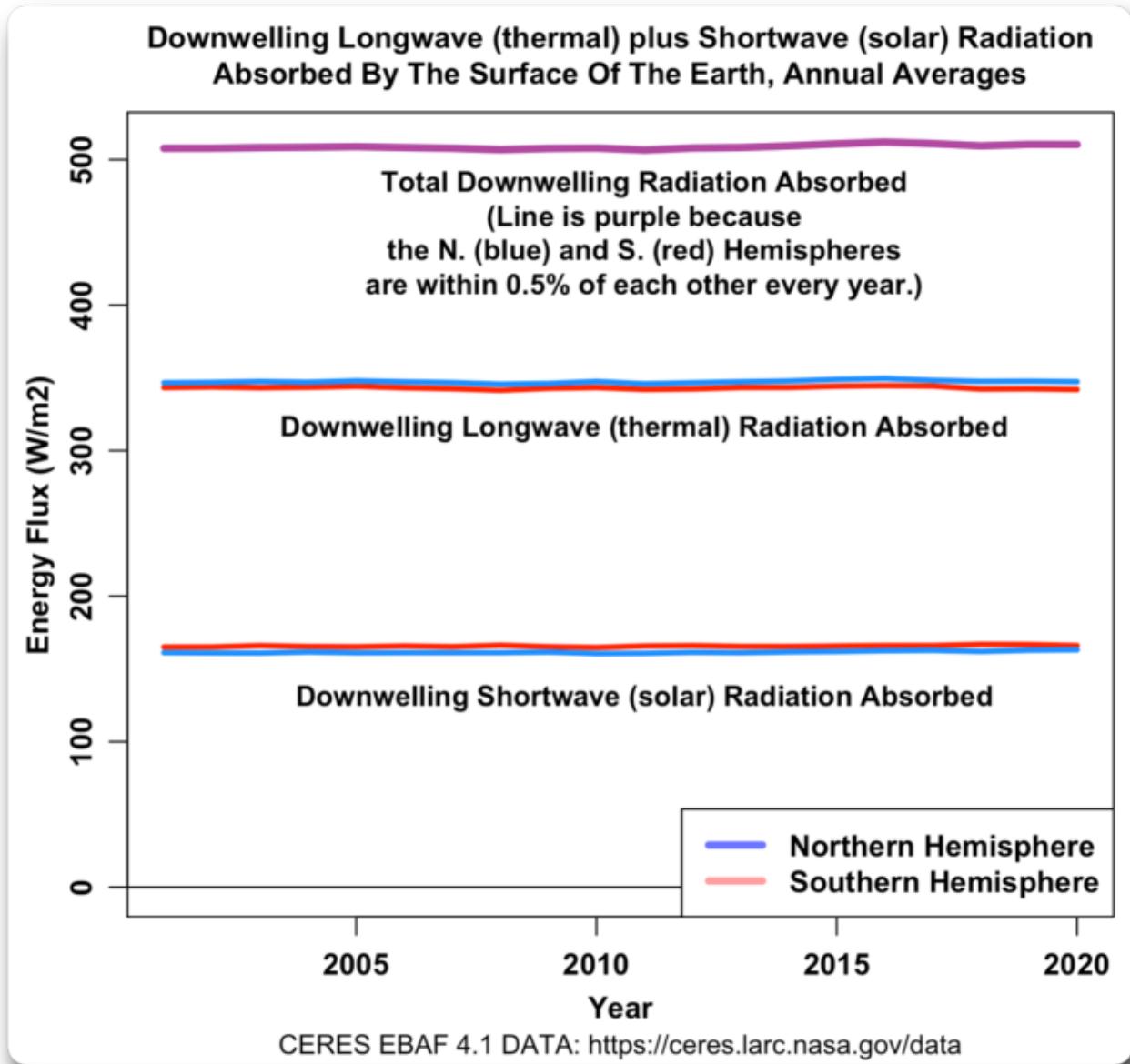


Abbildung 2. Jahresdurchschnittswerte, gesamte absorbierte Strahlung, kurzwellige und langwellige Strahlung.

Es wird immer kurioser. Jahr für Jahr ist die absorbierte Gesamtenergie des Nordens und des Südens fast identisch – in der Hälfte der Jahre lag die Differenz zwischen beiden Hemisphären innerhalb eines Zehntelprozentes (~ ein halbes Watt pro Quadratmeter).

Die lang- und kurzwelligen Komponenten sind ebenso interessant. Jedes Jahr wird auf der Nordhalbkugel etwas mehr langwellige als kurzwellige

Strahlung absorbiert. Bei der kurzweligen Strahlung verhält es sich jedoch umgekehrt. Möglicherweise wird auf der Südhalbkugel wegen der größeren Meeresfläche mehr Sonnenenergie absorbiert als langwellige. Wenn man die lang- und die kurzwellige Strahlung addiert, ist die gesamte von den beiden Hemisphären absorbierte Strahlung fast identisch.

Ich habe eingangs gesagt, dass sowohl die Sonnen- als auch die Wärmestrahlung von einer Vielzahl von Faktoren abhängt, allen voran von den Wolken, und dass sie sich in Raum und Zeit ständig ändern. Wir haben also a priori keinen Grund anzunehmen, dass die beiden Hemisphären an der Oberfläche die gleiche Strahlung absorbieren würden, und wir haben allen Grund anzunehmen, dass dies nicht der Fall ist.

Ich meine, es gibt Vulkane, Überschwemmungen, Dürren, Waldbrände und eine ganze Reihe von Dingen, die sich auf die abwärts gerichtete lang- und kurzwellige Strahlung auswirken ... und trotzdem erhält jede Hemisphäre Jahr für Jahr die gleiche Menge an Strahlung wie die andere.

Lässt man diese Merkwürdigkeit einmal beiseite, so lässt sich das Klima gewinnbringend als eine riesige Wärmekraftmaschine analysieren. Es verwandelt die eintreffende Sonnenenergie in die endlose physikalische Arbeit, die Ozeane und die Atmosphäre gegen Turbulenzen und Reibung in Bewegung zu setzen. Diese ozeanischen und atmosphärischen Bewegungen tragen die Wärme aus den Tropen polwärts, wo sie in den Weltraum abgestrahlt wird.

Diese unerwartete Stabilität der von der Oberfläche absorbierten Gesamtenergie über die Zeit zeigt deutlich, dass es sich um eine Wärmekraftmaschine mit einem Regler handelt. Und es gibt nicht nur einen Begrenzer. Der Regler funktioniert zum Teil durch die Steuerung der Drosselklappe der Klima-Wärme-Maschine.

Eine „Drosselklappe“ ist ein Mechanismus, der die Energiemenge regelt, die in eine Wärmekraftmaschine eintritt. In Ihrem Auto wird die Drosselklappe durch das Gaspedal gesteuert. Die Wolken übernehmen diese Funktion für das Klima. Sie regeln die Energiemenge, die in das System eintritt, indem sie einen Teil der einfallenden Sonnenenergie zurück ins All leiten. Und zwar nicht nur eine kleine Menge. Hunderte von Watt pro Quadratmeter. Hier ist ein Beispiel, die Aufzeichnung eines Tages von einer verankerten TA0-Boje am Äquator auf 110° West (östlicher Pazifik):

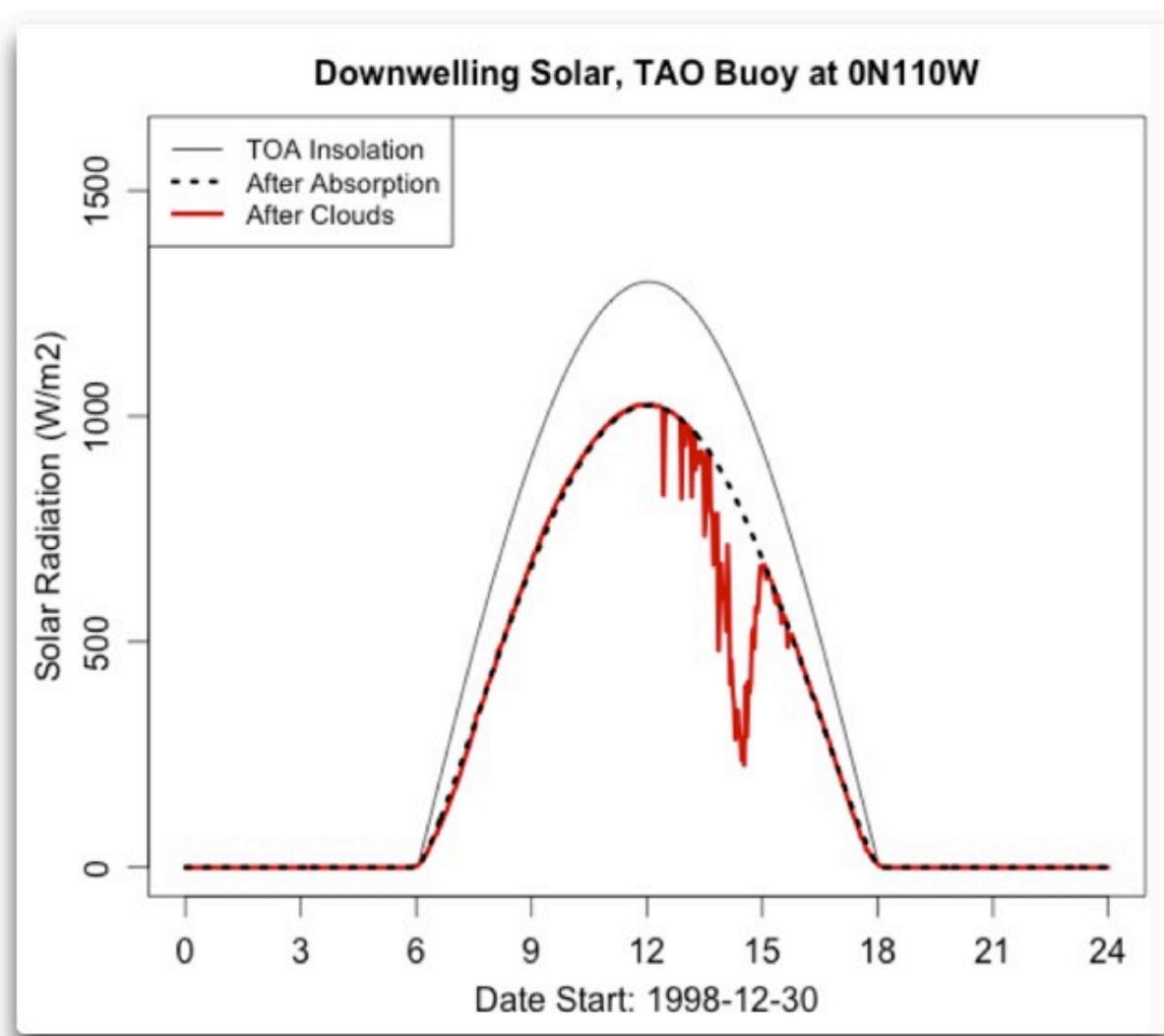


Abbildung 3. Absteigende Sonnenenergie nach Tageszeit, 30. Dezember 1998.

Man kann sehen, wie die Wolken die Menge der absteigenden Sonnenenergie innerhalb von etwa einer Stunde um mehrere hundert Watt pro Quadratmeter verändern.

Und diese Drosselung der einfallenden Sonnenenergie muss ein wesentlicher Grund dafür sein, dass die Menge an Sonnenenergie, die von jeder Hemisphäre einzeln und von beiden Hemisphären zusammen absorbiert wird, Jahr für Jahr stabil bleibt.

Meine Hypothese ist, dass eine Hierarchie von aufkommenden Klimaphänomenen, hauptsächlich in den tropischen Ozeanen, aber auch anderswo, die eintreffende Energie reguliert. Wie in Abbildung 3 oben zu sehen ist, beginnt ein typischer tropischer Tag klar.

*[Einschub des Übersetzers: Im Folgenden beschreibt Eschenbach aus seiner Sicht den typischen Verlauf eines Tages in den Tropen. Ihm zufolge ist*

es morgens wolkenlos, vormittags bilden sich erste Quellwolken, nachmittags gibt es dann Gewitter. Dieser Ablauf ist aus heutiger Sicht meteorologisch nicht haltbar, wie z. B. dieses Satellitenbild des tropischen Atlantik zeigt:

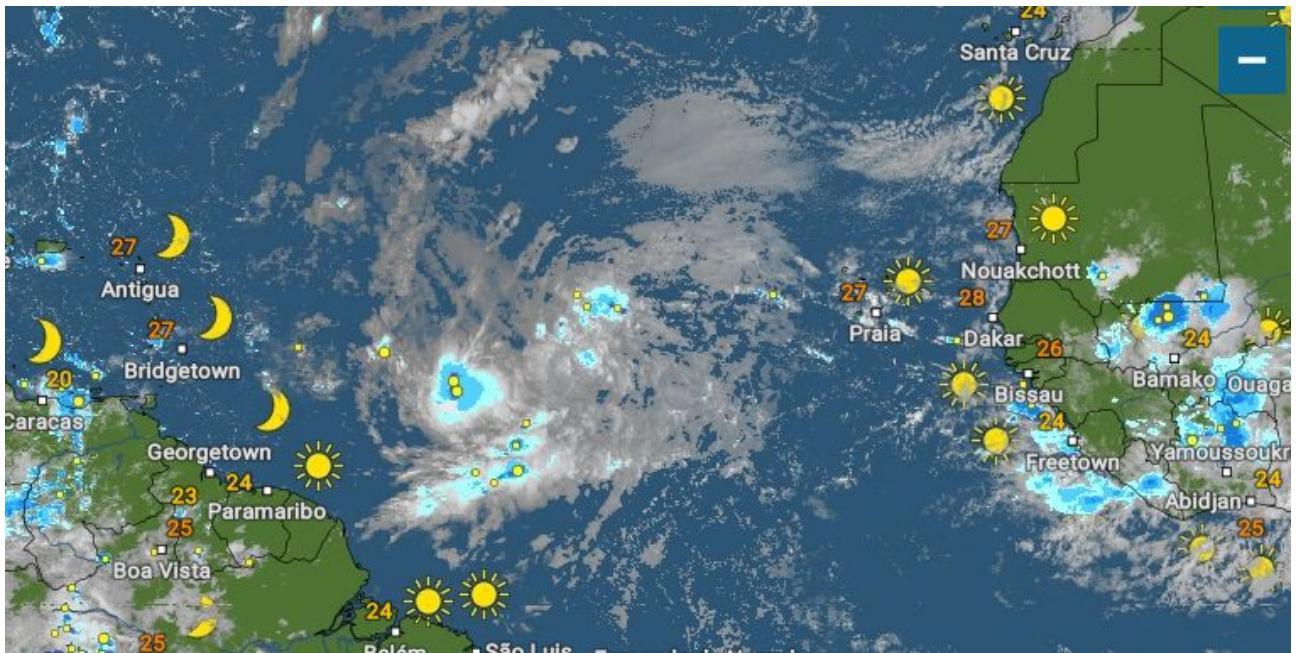


Abbildung: Wolken und Wetter im tropischen Atlantik vom 27. August 2022, 9 UTC (11 Uhr MESZ). Die Wolken sind willkürlich verteilt und folgen nicht der Uhrzeit. (Nebenbei: Es sieht so aus, als stünde da der erste große Hurrikan der Saison in den Startlöchern).

Das Anliegen des Autors, die Rolle der Bewölkung zu beschreiben, wird dadurch aber nicht geshmälert!

Ende Einschub]

Alle diese Übergänge erhöhen den Anteil des Sonnenlichts, der entweder in den Weltraum zurückreflektiert oder absorbiert wird, bevor er die Oberfläche erreicht. Und der Zeitpunkt des Auftretens, die Anzahl und die Stärke dieser Phänomene werden alle durch die Temperaturschwelle geregelt.

Das Ergebnis ist, dass sich bei Temperaturanstieg Wolken bilden und die Gesamtenergie, die von der Oberfläche absorbiert wird, verringern. Das folgende Diagramm zeigt eine Streuung zwischen der Temperatur und dem Netto-Wolkenabstrahlungseffekt (CRE) der Oberfläche, aufgeschlüsselt nach Gitterzellen. Der Netto-Wolkenabstrahleffekt (CRE) an der Oberfläche ist die durchschnittliche Änderung der gesamten abwärts gerichteten Oberflächenstrahlung, die sich aus der Anwesenheit von Wolken ergibt:

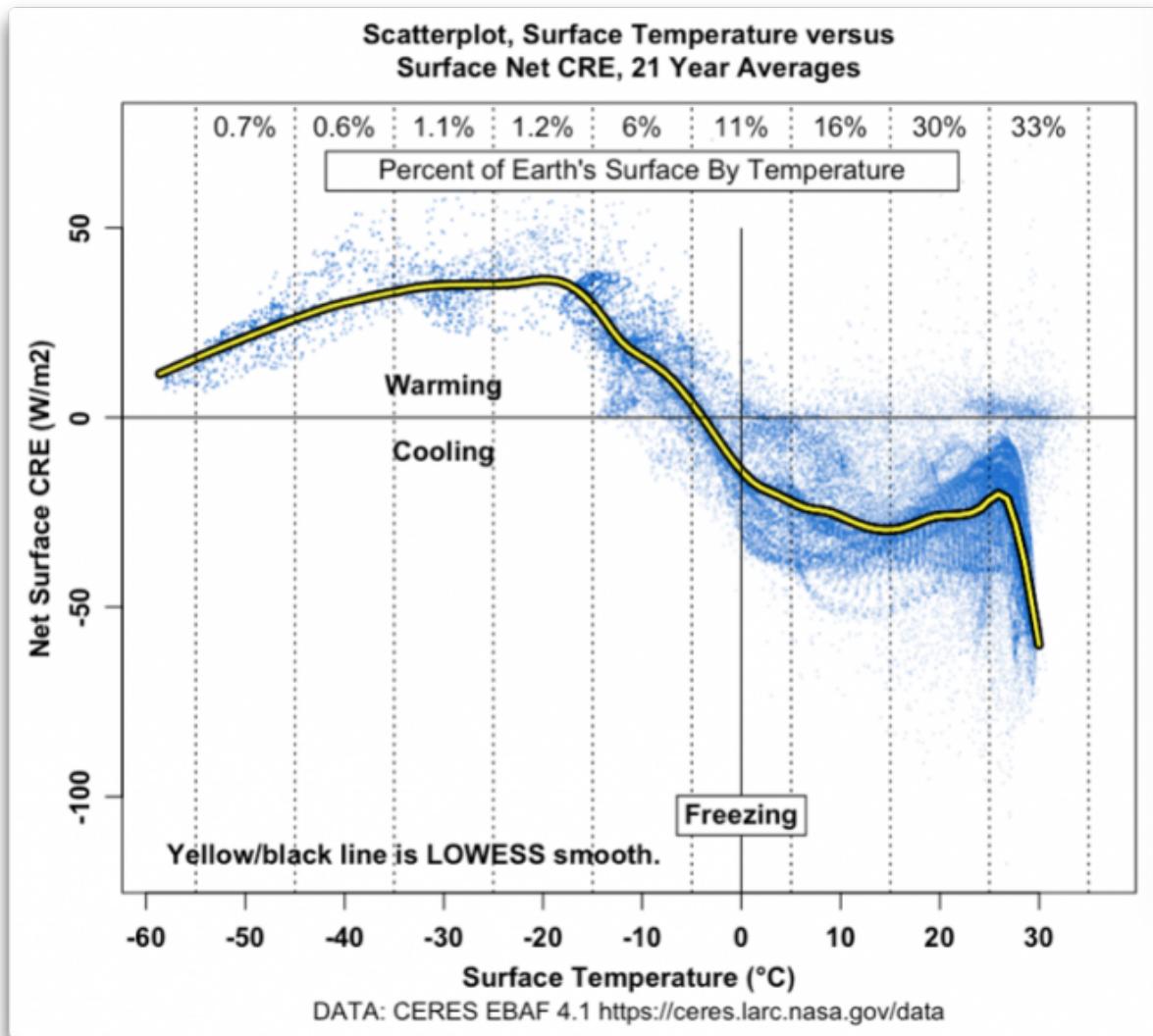


Abbildung 7. Streudiagramm, Gitternetzzelle für Gitternetzzelle Temperatur gegen Gesamt-Wolkenstrahlungseffekt (CRE). Die Gitterzellengröße beträgt  $1^{\circ}$  Breitengrad mal  $1^{\circ}$  Längengrad. Insgesamt sind 64.800 Gitterzellen dargestellt.

Wie man sieht, wirken die Wolken bei hohen Temperaturen stark auf die Verringerung der Energie, die die Oberfläche erreicht. In vielen Gitterzellen verhindern die Wolken, dass mehr als  $50 \text{ W/m}^2$  an Energie an der Oberfläche ankommen.

Das ist jedenfalls meine Erklärung dafür, warum trotz der enormen zeitlichen und räumlichen Schwankungen von Wolken, Wasserdampf und Aerosolen auf beiden Hemisphären jedes Jahr etwa die gleiche Menge an Gesamtstrahlung absorbiert wird. Von Temperaturschwellen abhängige Klimaphänomene sorgen dafür, dass die mögliche absorbierte Energie begrenzt wird.

Ich bin gerne bereit, alternative Theorien für die ungewöhnliche

Stabilität der absorbierten Strahlung an der Oberfläche zu hören. Bitte sagen Sie nicht „thermische Trägheit“, es sei denn, Sie können erklären, wie die „thermische Trägheit“ die Menge der herabströmenden Sonnenenergie kontrolliert.

Link: <https://wattsupwiththat.com/2022/08/25/a-balancing-act/>

Übersetzt und bearbeitet von [Christian Freuer](#) für das EIKE

---

## **Europas Stromkrise überholt die Gaskrise**

geschrieben von Chris Frey | 29. August 2022

**Paul Homewood, [NOT A LOT OF PEOPLE KNOW THAT](#)**

Diese neueste Analyse von Timera deckt sich mit meinem gestrigen Beitrag über den zerrütteten Strommarkt:

August 22, 2022

# Europe's power crisis overtaking gas crisis

We look at Europe's growing power crisis, how it's causing a renewed surge in gas prices & the mechanism driving the power vs gas price relationship.

## *Europas Stromkrise überholt die Gaskrise*

*Europa steht nun vor einer parallelen Gas- und Stromkrise. Dass die steigenden Gaskosten die Strompreise in die Höhe treiben, ist hinlänglich bekannt. Weniger beachtet wird jedoch die sich rasch verschärfende Stromkrise, die einen erneuten Anstieg der Gaspreise bewirkt.*

*Die geopolitischen Aspekte der russischen Lieferdynamik beherrschen derzeit die weltweiten Schlagzeilen. Der derzeitige Konflikt hat das Ausmaß der Abhängigkeit Europas von billigen Kohlenwasserstoffen aus einem feindlichen Nachbarland deutlich gemacht. Die Kürzung der russischen Lieferungen an Europa war der Hauptgrund für den Anstieg der Gaspreise in Europa im ersten Halbjahr 2022.*

*Die parallele Energiekrise in Europa hat sich im Laufe des Sommers verschärft. Sie wird durch Probleme bei der Verfügbarkeit von*

Kernkraftwerken, erschöpfte Wasserkraftwerke und eine rückläufige Wärmeerzeugung (sowohl aufgrund von Problemen beim Zugang zu Brennstoffen als auch aufgrund von Kraftwerksschließungen) verursacht. Die Strompreise sind in ganz Europa auf ein Rekordniveau gestiegen und liegen nun deutlich über dem Anstieg der Gaspreise.

Der TTF-Gaspreis für Lieferungen im Jahr 2023 schloss letzte Woche bei über 237 €/MWh (70 \$/mmbtu) und ist damit seit Anfang Juli um 120 % gestiegen! Die Strompreise sind im gleichen Zeitraum noch viel stärker gestiegen. Uns gehen die Adjektive aus, um das Tempo dieses Preisanstiegs zu beschreiben.

Die akute Verknappung auf dem europäischen Strommarkt war ein wichtiger Faktor, der die Gaspreise in den letzten sechs Wochen nach oben getrieben hat. Europa braucht mehr Stromerzeugung, um die Lichter am Leuchten zu halten, und die einzige verbleibende Option ist Gas.

Im heutigen Artikel befassen wir uns mit der zirkulären Preisdynamik, die eine Aufwärtsspirale der Nachfragevernichtung bei den europäischen Gas- und Strompreisen in Gang setzt.

### **Anstieg der Forward-Gas-Kurve**

Wir veröffentlichen selten dieselbe Grafik in aufeinander folgenden Artikeln. Um jedoch das Ausmaß des Anstiegs der Gaspreise während des Sommers zu verdeutlichen, handelt es sich bei Grafik 1 um eine Aktualisierung der Grafik, die wir im Juli gezeigt haben.

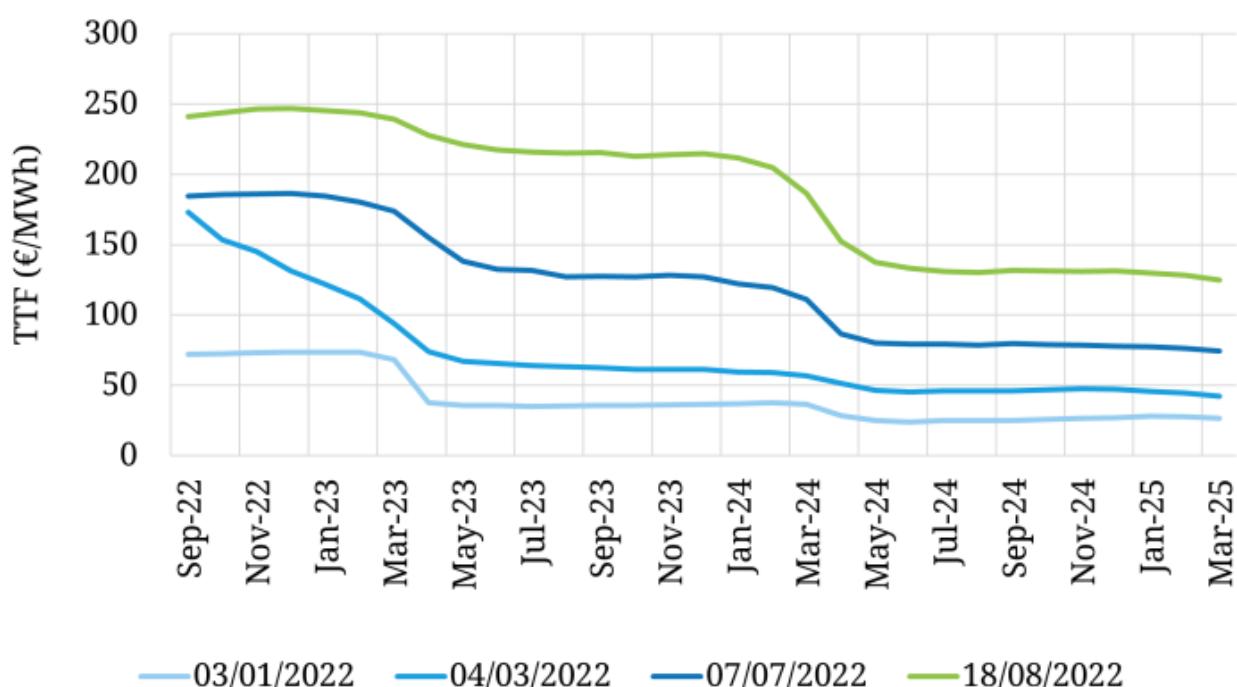


Abbildung 1: Der Anstieg der TTF-Terminpreise seit Anfang Juli

Der vordere Teil der TTF-Kurve findet in den Medien große Beachtung. Die Preise für die Lieferung am 22. September sind seit der Veröffentlichung dieses Diagramms um etwa 35 % gestiegen (grüne Linie gegenüber dunkelblauer Linie).

Von weitaus größerer Bedeutung ist die Tatsache, dass der Preis für die Lieferung von Gas im Kalenderjahr 2023 seit Anfang Juli um 120 % gestiegen ist. Der bereits extrem hohe Preis für die Lieferung von Gas im nächsten Jahr hat sich in den letzten 6 Wochen mehr als verdoppelt. Das Gleiche gilt für das Kalenderjahr 2024 (ebenfalls mehr als verdoppelt).

Dies sind seismische Verschiebungen in der Energiekostenbasis der europäischen Wirtschaft. Sie deuten auf eine bevorstehende Zerstörung der industriellen Nachfrage auf breiter Basis und eine erhebliche Zunahme der Wahrscheinlichkeit einer administrativen Gas-Rationierung hin.

## **Europas wachsende Stromkrise**

Der wichtigste Faktor für den Anstieg der europäischen Strompreise in der ersten Hälfte des Jahres 2022 war der starke Anstieg der Gaspreise. Gas- und Dampfturbinenkraftwerke (GuD) dominieren bei der Festlegung der Grenzstrompreise auf den europäischen Strommärkten. Infolgedessen schlagen sich die Gaspreiserhöhungen direkt in höheren Strompreisen nieder.

Eine weitere europäische Stromkrise hat sich bis zum Sommer verschärft. Die treibenden Kräfte hinter dieser weiteren Krise sind:

1. Sehr niedrige Verfügbarkeit der französischen Kernenergie (EDF hat vor kurzem seine Produktionsprognose für 2023 auf 300-330 TWh gesenkt und sieht sich nun mit Kühlungsproblemen konfrontiert, die die ohnehin schwache Verfügbarkeit für 2022 beeinträchtigen)
2. Historisch niedrige Wasserspeicherstände von Skandinavien bis zur Iberischen Halbinsel (aufgrund der weit verbreiteten Trockenheit)
3. Schließung von Wärmekraftwerken in ganz Westeuropa (überalterte Kohle-, Kernkraft- und Gaskraftwerke)
4. Logistik der Brennstoffversorgung durch eine Kombination aus sehr niedrigem Rheinwasserstand (z. B. mit Auswirkungen auf die Lieferung von Kohle per Binnenschiff an deutsche Kraftwerke) und logistischen Problemen aufgrund des Russlandkonflikts
5. Zeiträume mit geringer Wind- und Solarleistung, in denen die oben genannten Faktoren zu einem Defizit bei der Reststromerzeugung führen.

Die Kombination dieser Faktoren rückt die Stromkrise ins Zentrum der Aufmerksamkeit.

## **Stromkrise treibt jetzt die Gaskrise an**

Europa hat in den nächsten drei Jahren zu wenig Gas. Da es in diesem Zeitraum keine nennenswerte Reaktion auf der Angebotsseite gibt (sofern die russischen Gasflüsse nicht wieder ansteigen), gibt es drei Möglichkeiten zur Reduzierung der Nachfrage, um den Markt auszugleichen:

1. Industrielle Nachfrage (die aufgrund der höheren Preise bis 2022 bereits um ~15 % gesunken ist)
2. Nachfrage des Stromsektors
3. Nachfrage von Privathaushalten und Gewerbebetrieben (der Sektor, den die Regierungen im Falle einer Rationierung am ehesten zu schützen versuchen werden).

Normalerweise würden sehr hohe Gaspreise einen Anreiz für eine geringere Nachfrage des Stromsektors bieten. Aber in Zukunft fehlen Europa jetzt auch Elektronen und Moleküle. Und die marginale Quelle für zusätzliche Elektronen kommt aus der Verbrennung von Molekülen.

Mit anderen Worten: Um die Lichter am Leuchten zu halten, hat Europa keine andere Wahl, als mehr Gas zu verbrennen, abgesehen von Eingriffen zur Senkung der Stromnachfrage, die ebenfalls bevorstehen könnten.

## **Ein Barometer für die Auswirkungen der Strom- und Gaskrise**

Das Marktpreisbarometer, das die Schwere der Krise zwischen Strom und Gas am besten widerspiegelt, ist der Clean Spark Spread (CSS). Dabei handelt es sich um die Spanne zwischen den Strompreisen und den variablen Erzeugungskosten von GuD-Kraftwerken (d. h. den GuD-Erzeugungsmargen). Abbildung 2 zeigt, wie stark der französische CSS seit Anfang 2022 explodiert ist (vor allem in den letzten Wochen):

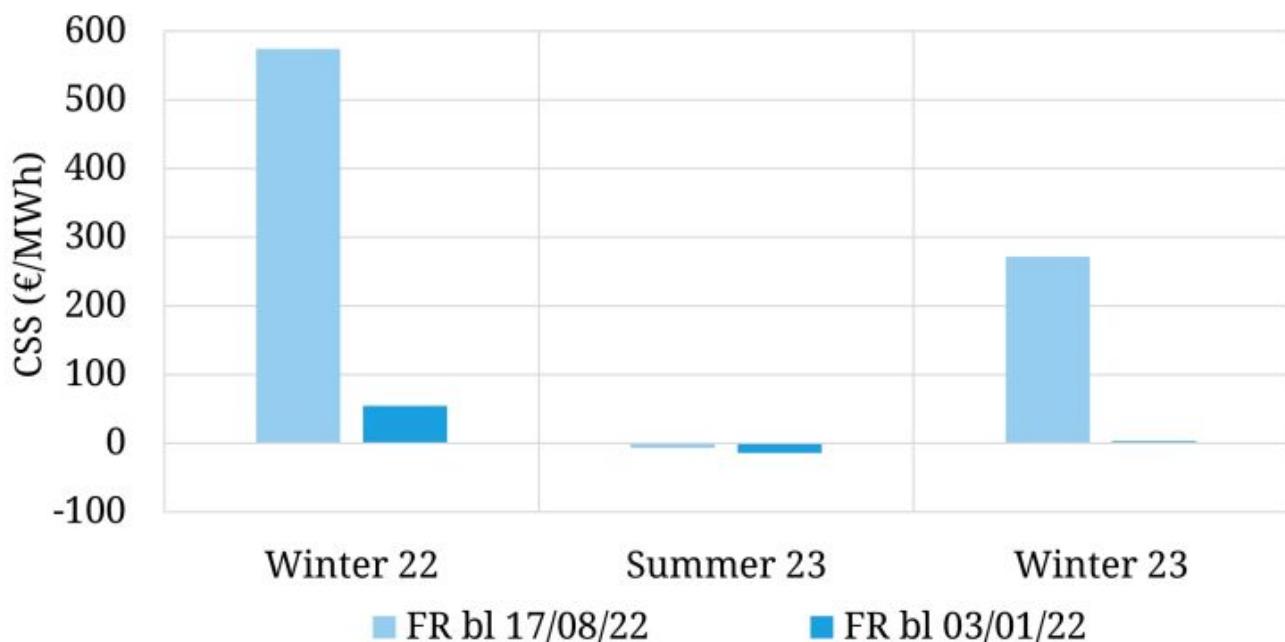


Abbildung 2: Französischer Forward-Baseload-CSS im Januar 22 gegenüber August 22 Quelle: Timera Energy, ICE

Wenn der CSS steigt, bedeutet dies, dass die Strompreiserhöhungen die Weitergabe der Kosten durch steigende Gaspreise übersteigen. Dies ist in diesem Sommer zuhauf geschehen. Am akutesten ist es auf dem französischen Markt, aber auch auf den meisten anderen europäischen Märkten steigt der CSS auf ein Rekordniveau. Abbildung 3 zeigt den CSS in Frankreich im Vergleich zu zwei anderen Schlüsselmärkten: Großbritannien und Deutschland:

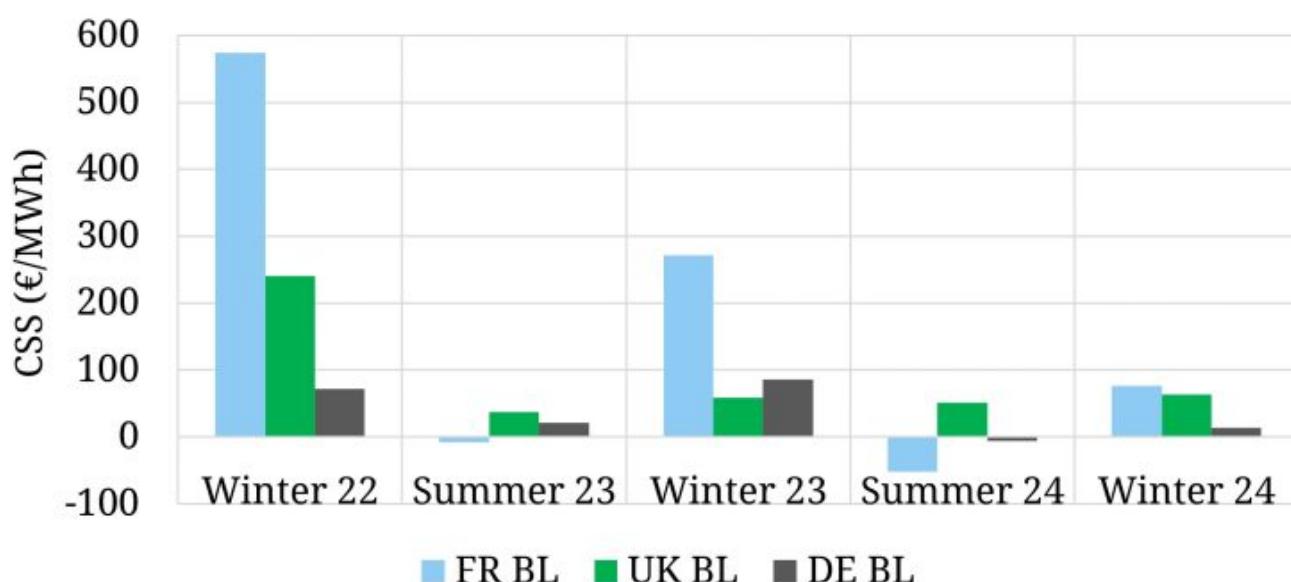


Abbildung 3: Forward Baseload CSS in Frankreich, Großbritannien und Deutschland (18. August 2022)

Die Forward-CSS-Werte für das Vereinigte Königreich und Deutschland mögen im Vergleich zu den französischen Werten gering erscheinen. Lassen Sie sich nicht täuschen... auch diese sind auf Rekordniveau. So bewegen sich die deutschen Baseload-CSS typischerweise im negativen Bereich bis in den niedrigen einstelligen Bereich, während sie für den Winter 2023 derzeit bei über 80 €/MWh liegen.

## **CSS-Übertragung und die Liquiditätsherausforderung**

Forward CSS ist ein wichtiger Übertragungsmechanismus, der die TTF-Gaskurve durch steigende Strompreise nach oben zieht. Wenn die Forward-CSS steigt, erhöht sich der Anreiz für die Gaserzeuger, ihre Erzeugung auf Termin abzusichern. Dies beinhaltet den Verkauf von Strom auf Termin und den Kauf von Gas (und Kohlenstoff).

Mit anderen Worten: Eine völlig rationale Absicherung der Erzeugung treibt die Kosten für Termingas als Reaktion auf höhere Strompreise (und CSS) in die Höhe.

Die Entwicklung der Gas- und Strompreise wird derzeit durch eine sehr geringe Marktliquidität verschärft. Dies ist eine Funktion von:

1. Margen- und Sicherheitsprobleme, die die Fähigkeit der Marktteilnehmer zum Terminhandel einschränken
2. Risikokapazitätsprobleme (z.B. VaR/Limit), die das Engagement in Termingeschäften begrenzen.

In einem Markt, in dem die Gebote in die Höhe schießen, gibt es nur sehr wenig Angebotsliquidität, um den Preisanstieg zu dämpfen. Diese Bedingungen werden auch weiterhin zu extremer Preisvolatilität führen. Die Marktbewegungen gehen nicht nur in eine Richtung. So würde beispielsweise eine Zunahme des russischen Angebots wahrscheinlich zu einem Rückgang der [Preise auf den] Terminmärkten führen.

Eine wichtige Information, nach der der Markt sucht, ist eine gewisse Klarheit über die Struktur der politischen Intervention, z.B. in Form von Rationierung oder Versteigerung von Industriemengen. Diese Informationen sind eine wichtige Grundlage für die Quantifizierung des Volumens und der Preise für die zur Marktbereinigung erforderliche Nachfragevernichtung.

Ein erheblicher Teil der derzeitigen Terminpreise für Strom und Gas wird durch Risikoprämien bestimmt, die diese Unsicherheit widerspiegeln. Die Märkte sind daran gewöhnt, die Preise für Elektronen und Moleküle auf der Grundlage der Flexibilität auf der Angebotsseite zu bestimmen, nicht auf der Nachfrageseite durch Zerstörung und Eingriffe.

Extreme Preise schaffen extreme Anreize für alle Energieverbraucher, die Nachfrage zu senken. Wie auch immer die Rationierung aussehen mag, hoffen wir, dass sie die Preissignale des Marktes aufgreift und nicht

*versucht, sie zu dämpfen oder aufzuheben.*

Aus Obigem ergibt sich eine Reihe von Schlussfolgerungen:

1) Der Mangel an Kapazitäten zur Stromerzeugung treibt die Nachfrage nach Gas und damit die Gaspreise in die Höhe, was natürlich wiederum die Strompreise in die Höhe treibt.

2) Die hohen Gaspreise werden wohl mindestens die nächsten drei Jahre anhalten.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2022/08/23/europe-s-power-crisis-overtaking-gas-crisis/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE