

Ein Mäander durch Sonne und Wind

geschrieben von Chris Frey | 30. Dezember 2021

[Willis Eschenbach](#)

Ich bin neulich über eine interessante [Studie](#) in einer Fachzeitschrift mit dem Titel „Solar forcing of the semi-annual variation of length-of-day“ [etwa: Solare Einflüsse auf die halbjährliche Variation der Tageslänge] gestolpert:

- Durch Sonnenflecken bedingte Schwankungen beeinflussen irgendwie die Geschwindigkeit der „zonalen“ Winde. Dies sind die Komponenten der Winde, die parallel zum Äquator wehen. Ob diese Schwankungen die „meridionalen“ Winde, die Komponente der Winde senkrecht zum Äquator, beeinflussen, wird in der Studie nicht gesagt.
- Diese Schwankungen der zonalen Winde wirken sich dann nicht auf die Tageslänge (LOD) aus, sondern laut der Studie auf die „Amplitude A der halbjährlichen Variation der Tageslänge“.

Diese Wirkungskette erschien mir ziemlich ... hmmm ... nennen wir es mal „dünn“, also beschloss ich, einen Blick darauf zu werfen. Beginnen möchte ich mit den Gesamtdaten zur Tageslänge (LOD).

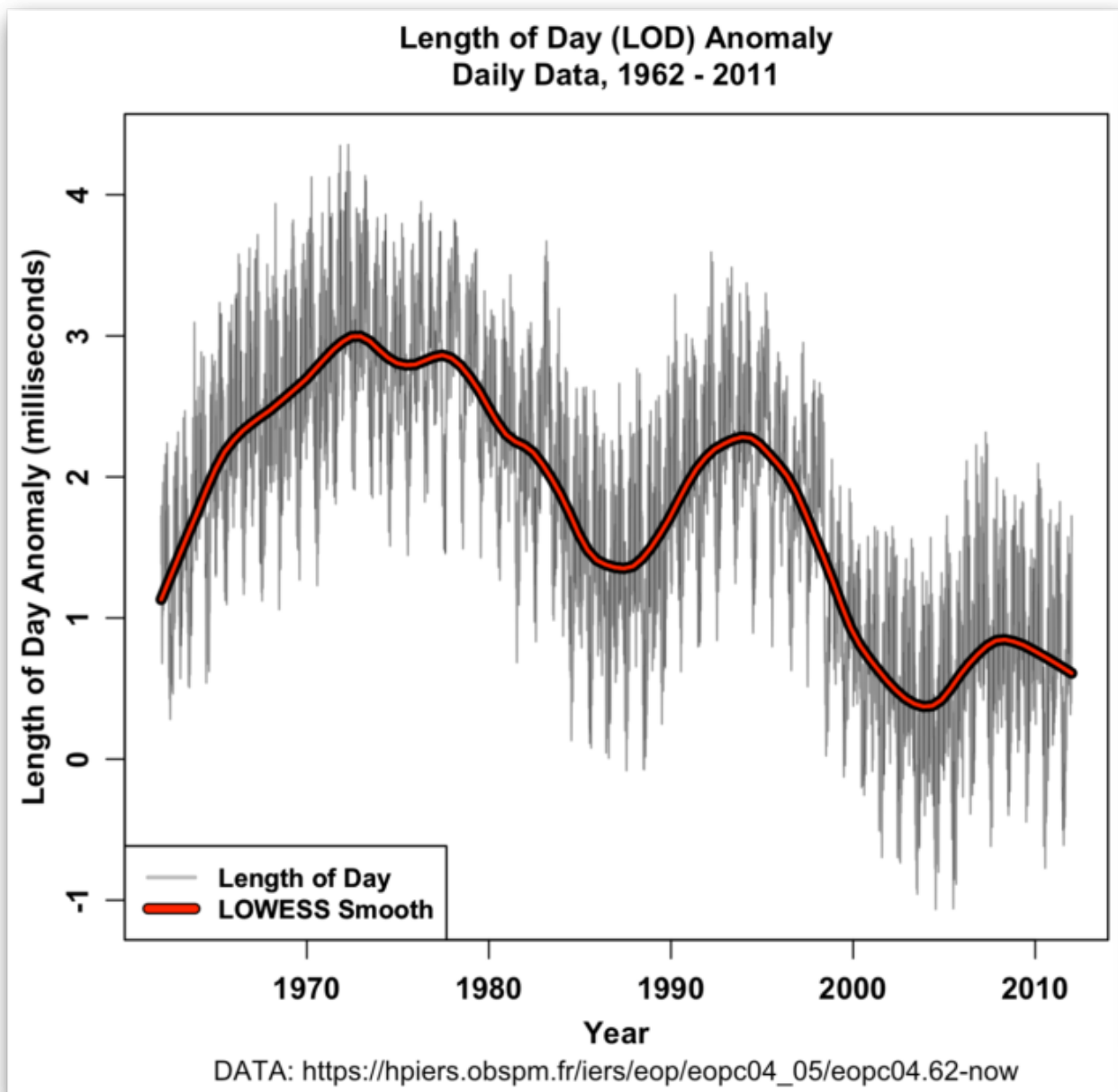


Abbildung 1: Anomalie der Tageslänge

Wie man sieht, variiert die Länge des Tages auf verschiedenen Zeitskalen. Aus der Studie:

Die Tageslänge (lod) unterliegt einem breiten Spektrum von Schwankungen.

Die dekadischen Schwankungen (10 bis 30 Jahre) werden hauptsächlich auf den Austausch von Drehimpulsen zwischen dem Kern und dem Mantel des Planeten zurückgeführt [z. B. Lambeck, 1980; Jault und Le Mouél, 1991; Gross, 2007].

Die saisonalen Schwankungen, die halbjährliche, jährliche und zweijährliche Komponenten umfassen, sind fast ausschließlich auf Variationen der atmosphärischen zonalen Windzirkulation zurückzuführen (abgesehen von einer wichtigen Gezeitenkomponente). Die Amplituden der

saisonalen Schwankungen sind nicht von Jahr zu Jahr konstant, und es wurden verschiedene Hypothesen vorgeschlagen, um diese Variabilität zu erklären.

Von Interesse für die Studie sind die halbjährlichen Schwankungen. Hier ist eine Überlagerung der jährlichen Anomalien der Tageslänge, wobei die Anomalie um den Mittelwert des jeweiligen Jahres gelegt wurde. Ich habe jedes Jahr wiederholt, damit wir einen Blick auf den Gesamtzyklus werfen können.

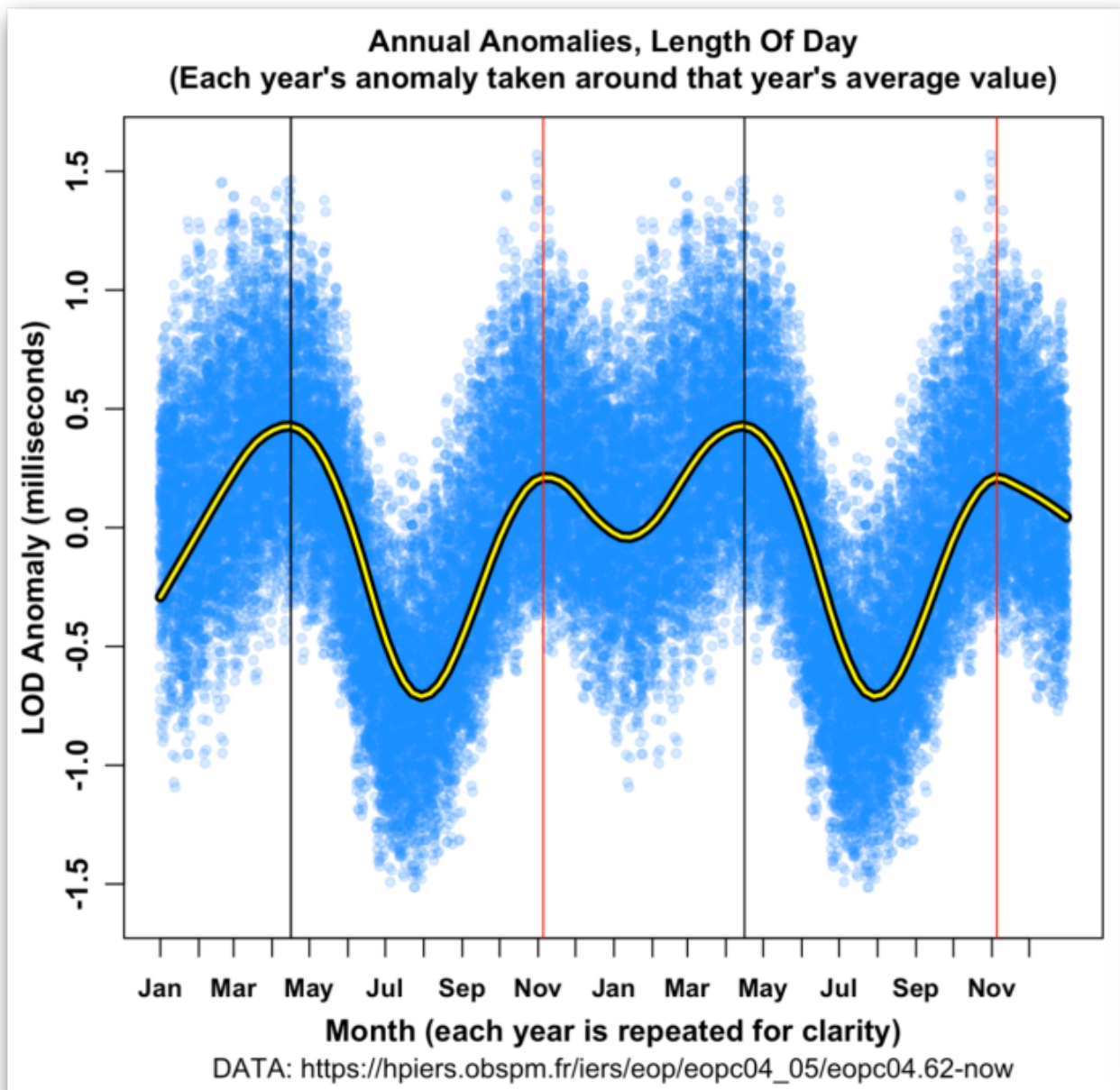


Abbildung 2: Anomalie der Tageslänge

Wie die Autoren erörterten, gibt es in der Tat eine starke halbjährliche Schwankung der Tageslänge. Am längsten ist sie im Allgemeinen um den 15. April herum, mit einer zweiten Spitze im November, und am niedrigsten im

Juli mit einem zweiten Tiefpunkt im Januar.

Da ich ein einfacher Mensch bin, dachte ich mir, dass man, wenn man an der „Amplitude A der halbjährlichen Schwankung der Tageslänge“ interessiert ist, jedes Jahr vom Höchststand zum Tiefststand messen sollte. Ist das nicht das, was „Amplitude“ bedeutet?

Aber nicht diese guten Leute. Hier ist ihr Verfahren:

2. LOD Analysis

[4] Length-of-day data, measured in seconds, are provided by the International Earth Rotation and Reference System Service (IERS), Earth Orientation Center at the Paris Observatory (http://hpiers.obspm.fr/iers/eop/eopc04_05/eopc04.62-now). We use a 48-yr long time series of daily values without gap from Jan 1 1962 to Sep 2 2009. We restrict our analysis to the semi-annual variation, which has a sharp spectral peak. In order to eliminate the strong irregular longer-term variation, we first compute, for each day k , the slope of the straight line regression (in a least squares sense) through the daily values $lod(j)$ over a one month-long interval centered on day k . This slope provides an estimate of the first derivative $lod'(k)$ and is measured in seconds per day. We then calculate the amplitude and phase of the Fourier coefficient $C(k)$ of the 6-month spectral line of lod' . This is computed for each day k in a sliding window of 4-yr length centered on day k . As we wish to study the evolution of $C(k)$ over the period from 1962 to 2009, we need a large enough window to estimate it accurately. We have:

$$C(k) = A(k) + iB(k) = \frac{\Delta t}{2\tau + 1} \sum_{p=k-\tau}^{p=k+\tau} lod'(k) (\cos(\omega p) + i \sin(\omega p)) \quad (1)$$

with $\omega = 360^\circ/T$ (in degrees per day), $T = 6$ months = 182.62 days and $\tau = 2$ years = 730 days (we express time in days; the sampling interval Δt is one day). The amplitude and phase of the spectral line are:

$$A(k) = (A^2(k) + B^2(k))^{1/2} \quad (2)$$

$$\phi(k) = \tan^{-1}(B(k)/A(k)) \quad (3)$$

In the 4-year interval centered on day k , the semi-annual variation (upper index T for $T = 6$ months = 182.62 days) of lod' has the expression:

$$lod'^T(t) = A(k) \cos(\omega t - \phi(k)) \quad (4)$$

where t is in days numbered from January 1st, 1960 (starting year arbitrary, starting day used to evaluate the phase), ω in degrees per day, and ωt and ϕ are in degrees. For the sake of comparison with previous studies, we compute the amplitude $\alpha(k)$ and phase $\gamma(k)$ of the six-month variation of lod itself:

$$\alpha(k) \cong (182.62/2\pi) \cdot A(k) \quad (5)$$

$$\gamma(k) = \phi(k) + 90^\circ \quad (6)$$

$$lod^T(t) = \alpha(k) \cos(\omega t - \gamma(k)) \quad (7)$$

Abbildung 3: Das Berechnungsverfahren der Amplitude der Autoren

Ich kann nur staunend den Kopf schütteln. Sie verwenden eine auf vier Jahre zentrierte Fourier-Analyse, um die Amplitude des 6-Monats-Zyklus zu ermitteln ... was mir so vorkommt, als würden sie behaupten, dass die Sonnenflecken-bedingten Schwankungen die Zukunft beeinflussen können.

Darüber hinaus gibt es ein großes Problem mit ihrem Verfahren – es gibt keinen tatsächlichen Sechsmonatszyklus. Der Abstand zwischen dem November-Peak und dem April-Peak beträgt fünf Monate, nicht sechs ... und folglich könnten wir ein stärkeres Fourier-6-Monats-Ergebnis erhalten, sowohl durch eine Änderung der Amplitude als auch durch eine Änderung des Timings der Peaks.

Aber ich bin gestern geboren, was weiß ich schon?

Auf jeden Fall möchte ich mich nicht auf ein solches Verfahren einlassen, ohne einzelne Jahre zu betrachten. Hier sind einige der besagten Jahre, mit einer LOWESS-Glättung (schwarze/gelbe Linien) und einer Angabe der halbjährlichen Schwankungen (schwarze/rote Linien):

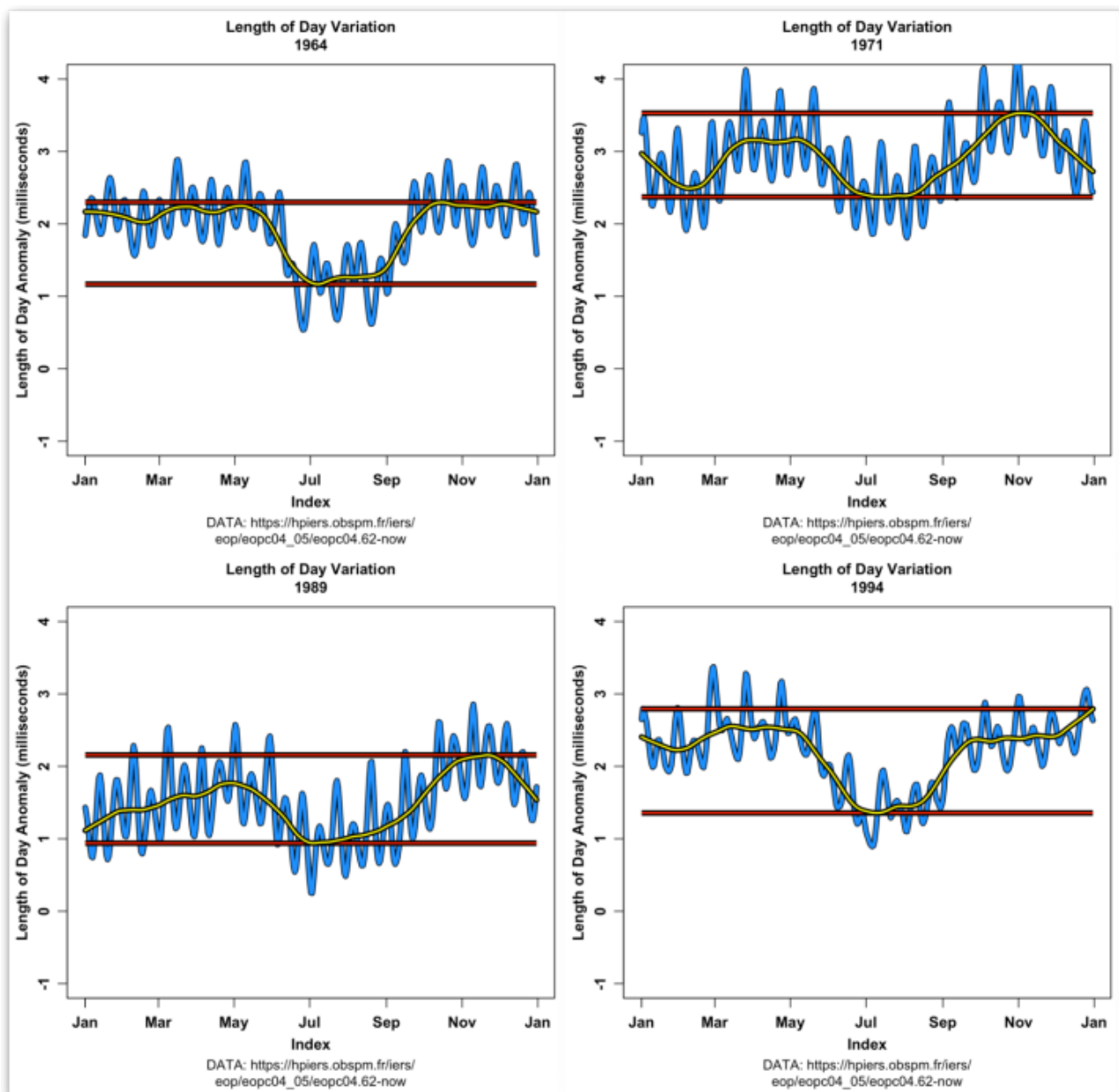


Abbildung 4: Das Berechnungsverfahren der Amplitude der Autoren

Ich bezweifle sehr, dass eine Fourier-Analyse dieser Art von Schwankung etwas aussagen wird. Es ist nicht einmal klar, wie wir die „Amplitude A der halbjährlichen Variation der Tageslänge“ nennen können.

Deshalb habe ich diese Frage beiseite gelassen und mich der Frage der zonalen Winde gewidmet. Leider sind die einzigen langfristigen Informationen dazu die Ergebnisse eines Reanalyse-Computermodells ... aber „was sein muss, muss sein“, also habe ich das verwendet. Hier sind die durchschnittlichen zonalen Winde:

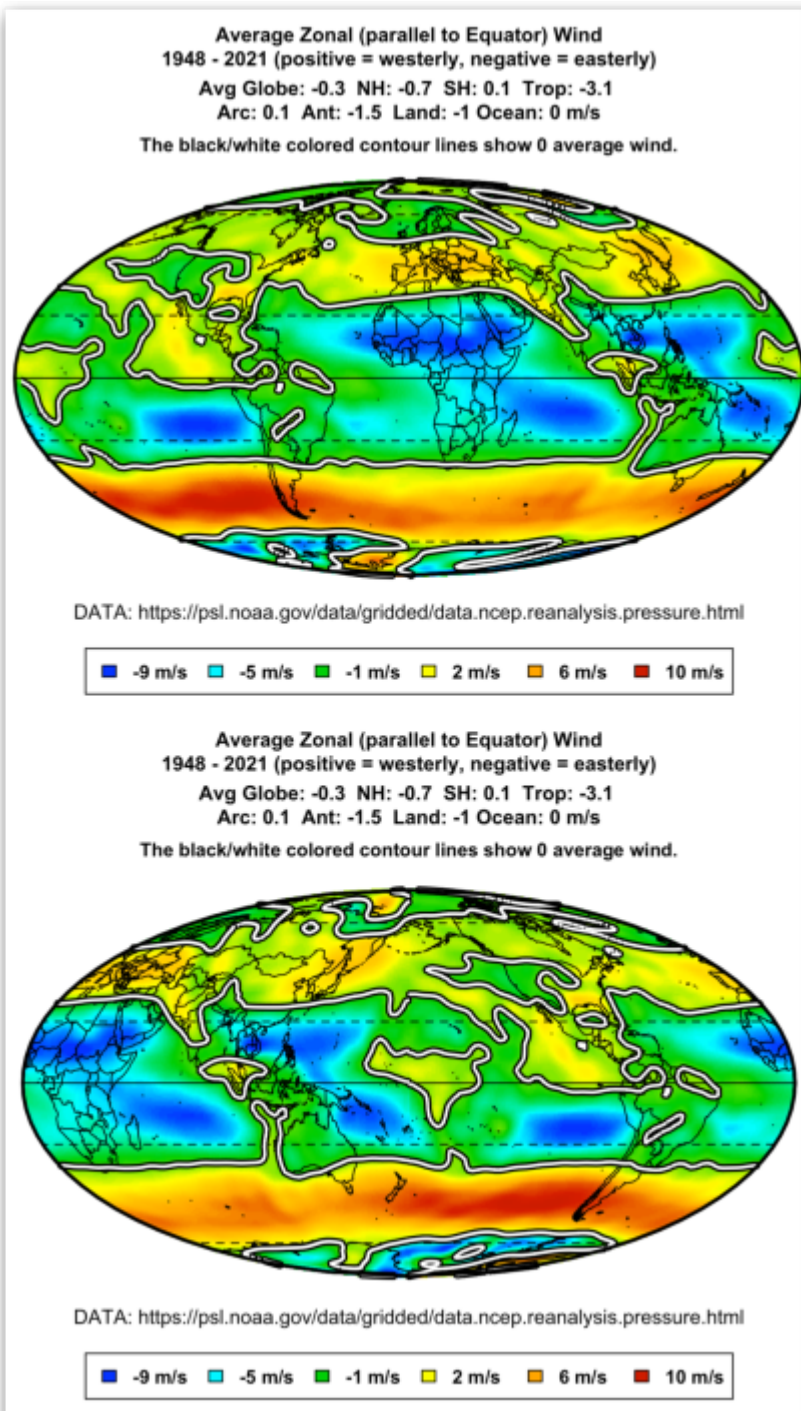


Abbildung 5: Mittlerer zonaler Wind, jeweils mit Blick auf Atlantik und Pazifik

Man sieht, was die starken Winde im Südlichen Ozean anrichten, den Breitengraden, die Segler wie ich die „Brüllenden Vierziger“ und die „Heulenden Fünfziger“ nennen.

Beachten Sie, dass der Windwert im Durchschnitt negativ ist, was im Durchschnitt Ostwind bedeutet. Und die Richtung der Erdrotation bedeutet, dass stärkere Ostwinde die Rotation tendenziell verlangsamen und somit die Länge des Tages erhöhen.

Wie sieht nun der Jahreszyklus der zonalen Winde aus? Ich habe einen monatlichen Durchschnitt des zonalen Windmoments und der Tageslänge gebildet. Hier ist der Vergleich.

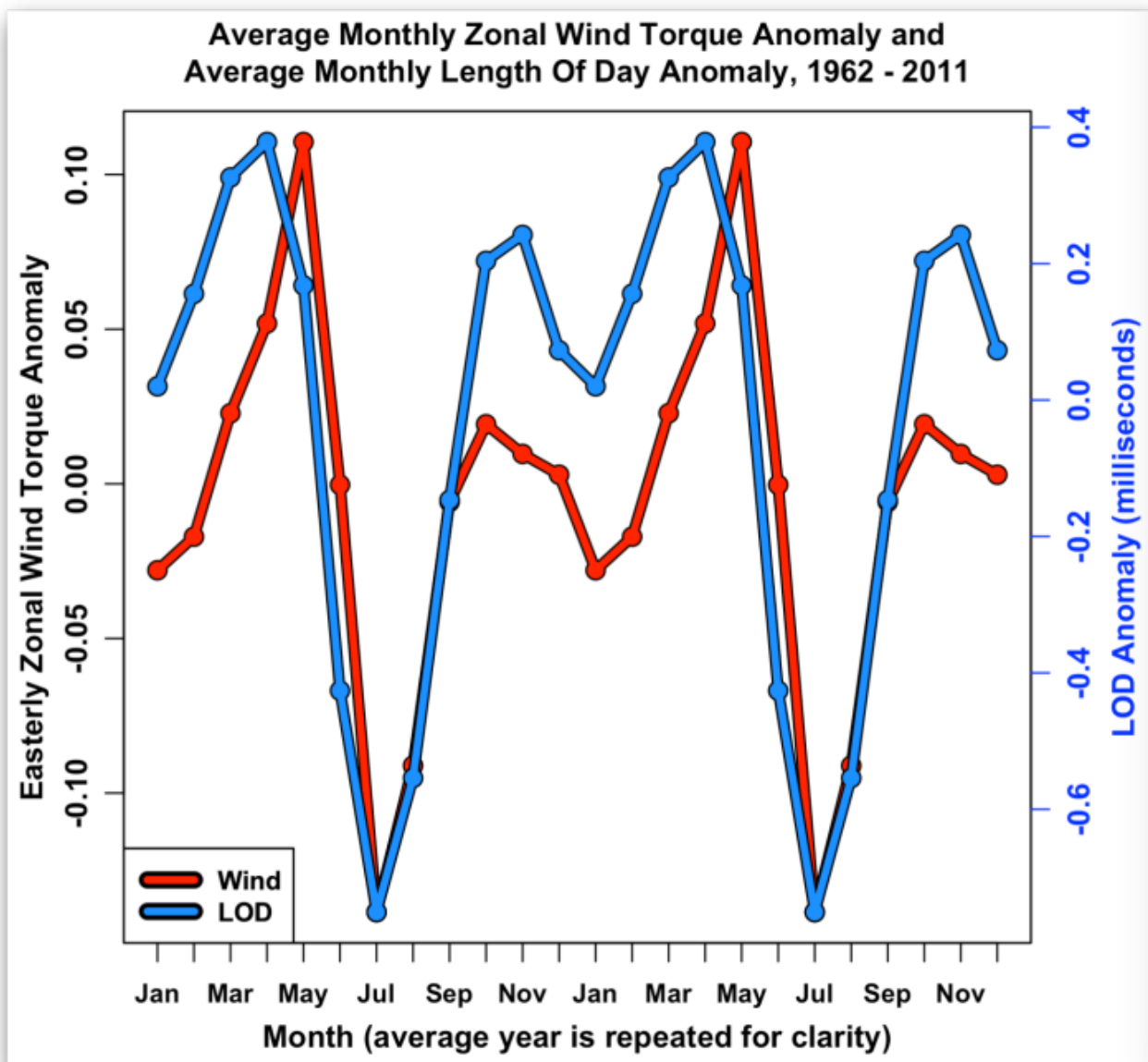


Abbildung 6: Durchschnittliches monatliches zonales Wind-Drehmoment und monatliche Tageslänge

Wie man sieht, beschleunigen und verlangsamen die zonalen Winde eindeutig die Erdrotation auf jährlicher Basis.

Gibt es also eine Korrelation zwischen Sonnenflecken und zonalen Windgeschwindigkeiten? Um das zu untersuchen, habe ich eine [CEEMD-Analyse](#) verwendet, die die zugrunde liegenden Frequenzen der beiden Signale aufschlüsselt. Hier ist ein Vergleich der Periodogramme der CEEMD-Analyse der beiden Datensätze, zonale Winde und Sonnenflecken.

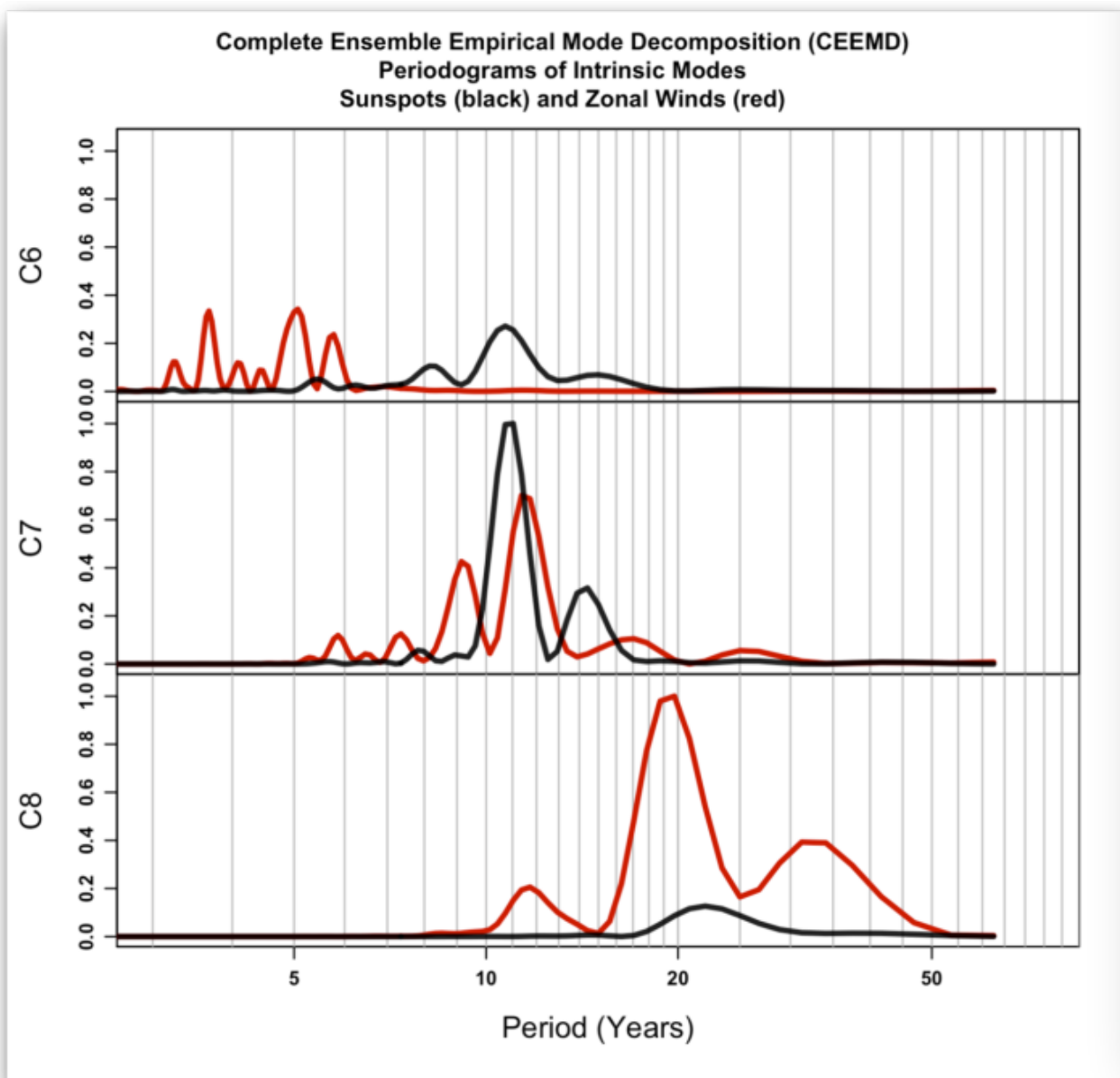


Abbildung 7: PeriodenDiagramme von Sonnenflecken und zonalem Wind von 1948 bis heute

Das erste, was man über die Spektralanalyse wissen muss ist, dass der alte Joe Fourier vor Hunderten von Jahren bewiesen hat, dass JEDE Zeitreihe in einzelne Signale zerlegt werden kann, die, wenn sie addiert werden, die ursprüngliche Zeitreihe wiederherstellen. Das Vorhandensein solcher Einzelsignale bedeutet also nicht unbedingt, dass sie von außen gesteuert werden.

Betrachtet man die verschiedenen Signale in Abbildung 7, so erkennt man, dass die Sonnenflecken (schwarz) ein deutliches 11-Jahres-Signal in den empirischen Modi C6 und C7 aufweisen, mit einem kleineren Signal bei 14 Jahren. Die zonalen Winde (rot) hingegen haben ein Signal von etwa 12 Jahren und ein kleineres Signal von 9 Jahren.

Was dies bedeutet, wird deutlich, wenn wir die beiden tatsächlichen

empirischen Signale der Phase 7 auftragen, die in der obigen Abbildung als „C7“ dargestellt sind.

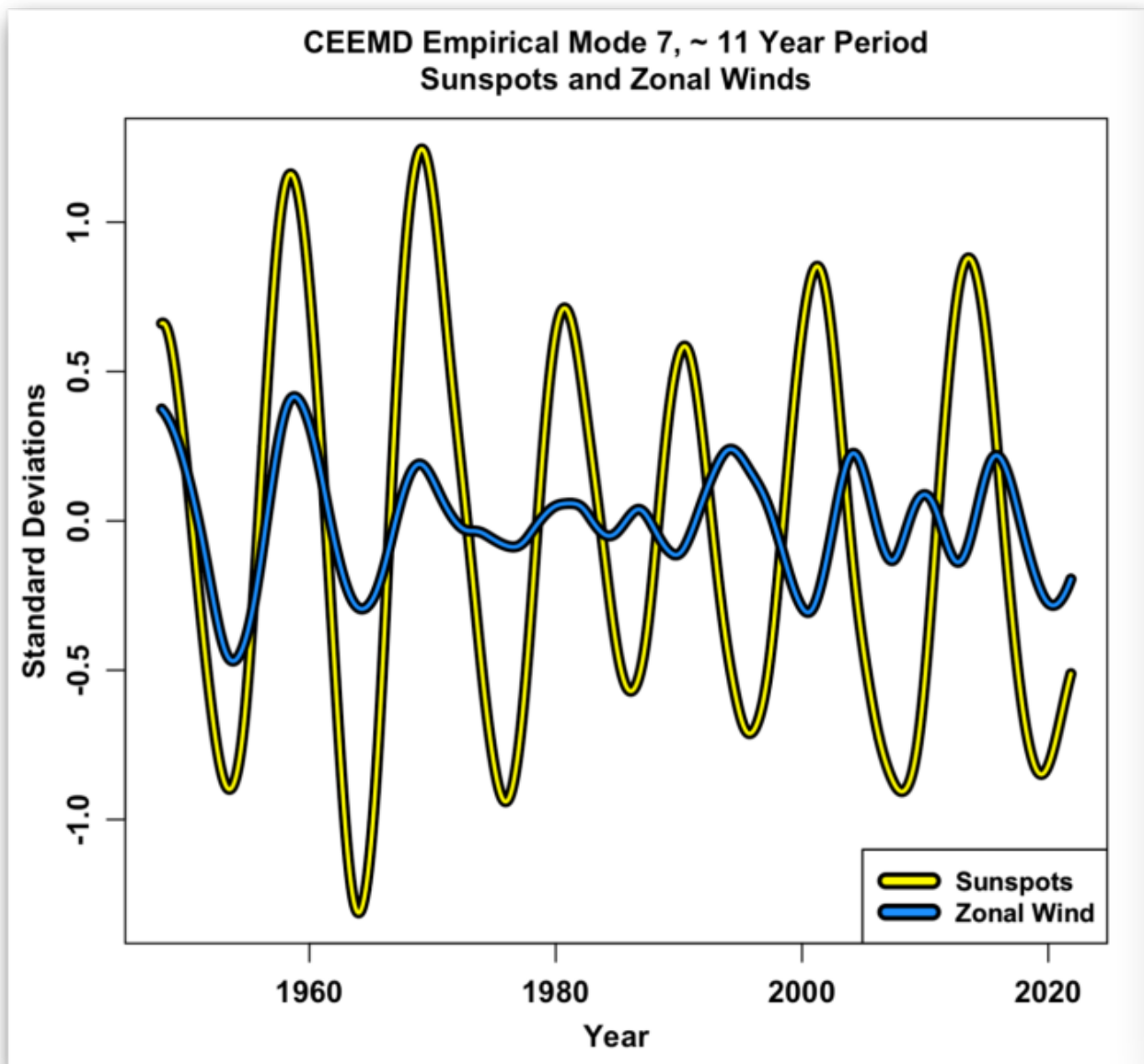


Abbildung 7a: Periodendiagramme von Sonnenflecken und zonalem Wind von 1948 bis heute

Wie Sie sehen können, zeigen beide Signale eine ~ 11-jährige Komponente ... aber da sie nicht die gleiche Periode haben, beginnen sie in Phase und enden völlig phasenverschoben.

Mit anderen Worten: Obwohl die jährlichen Schwankungen der zonalen Winde eindeutig für einen Teil der jährlichen Schwankungen der LOD verantwortlich sind, finde ich keinen Hinweis darauf, dass sonnenfleckenbedingte Schwankungen der Sonnenenergie die zonalen Winde antreiben.

Abschließend möchte ich sagen, dass mich mein Ausflug in die zonalen und

meridionalen Winde dazu gebracht hat, über die durchschnittlichen globalen Windgeschwindigkeiten im Allgemeinen nachzudenken. Die tatsächliche Windgeschwindigkeit ist die Quadratwurzel aus der Summe der Quadrate der zonalen und meridionalen Winde. Hier ist ein globaler Überblick über die langfristige durchschnittliche Windgeschwindigkeit:

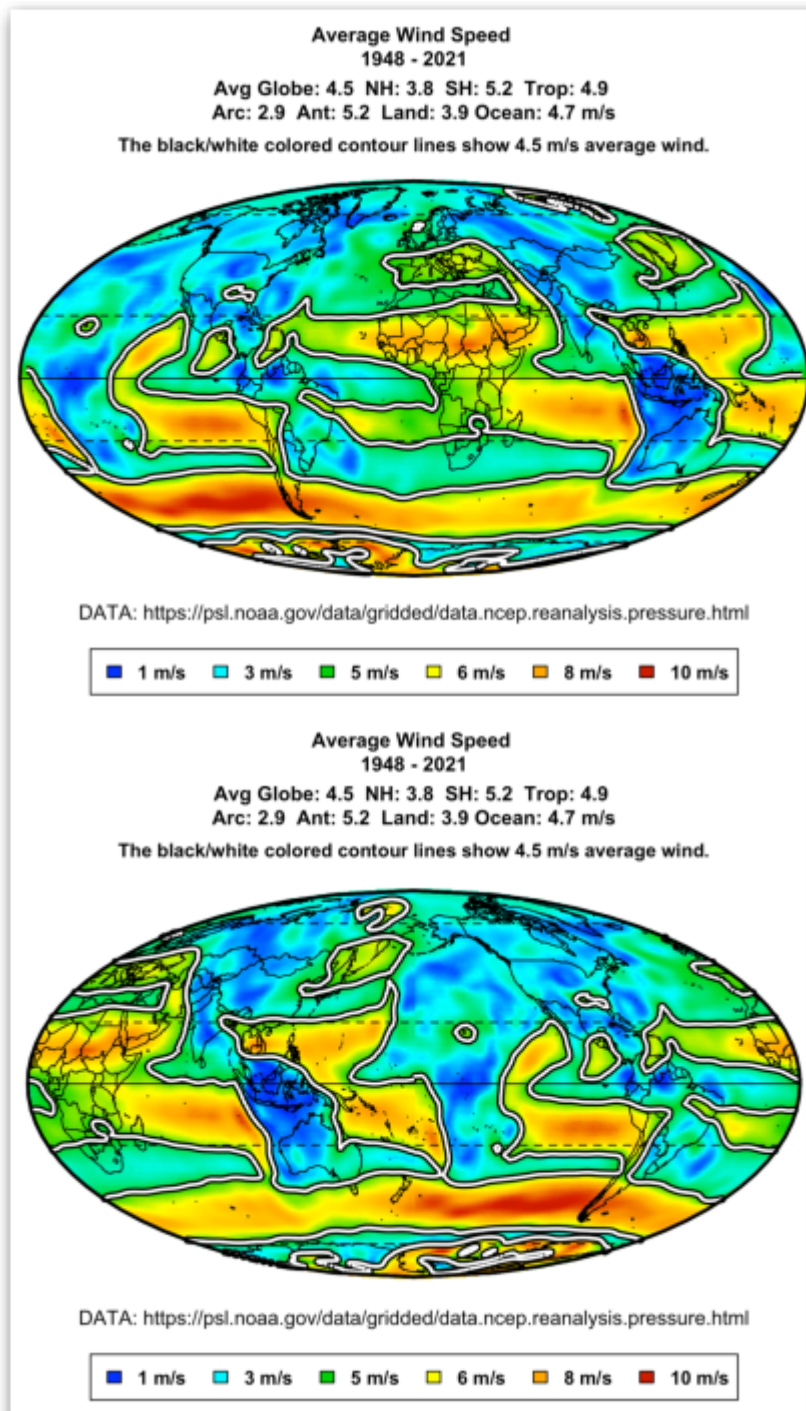


Abbildung 8: Mittlere Windgeschwindigkeit von 1948 bis heute, jeweils zentriert auf Atlantik und Pazifik.

Die Windgeschwindigkeit über dem Meer ist größer als über dem Land, und die Windgeschwindigkeit über den Tropen ist größer als die Windgeschwindigkeit über dem Meer. Und hier ist die Veränderung der Windgeschwindigkeit in diesem Zeitraum:

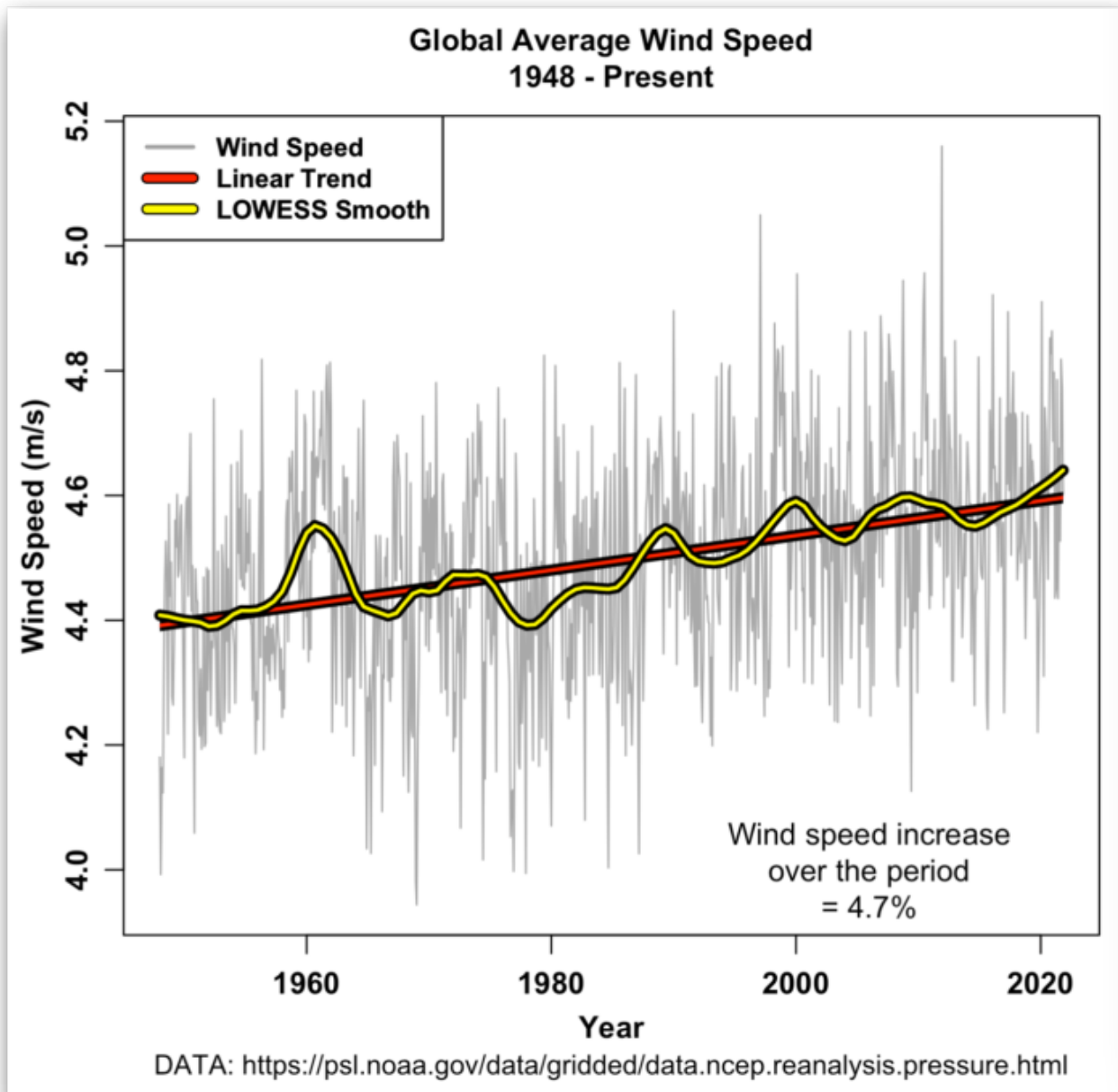


Abbildung 9: Mittlere monatliche Windgeschwindigkeit von 1948 bis heute

Und warum ist der geringe Anstieg der Windgeschwindigkeit um ein paar Prozent so wichtig?

Nun, die Verdunstung variiert grundsätzlich linear mit der Windgeschwindigkeit. Und global gesehen kühlt die Verdunstung die Oberfläche um etwa 80 Watt pro Quadratmeter (W/m^2) pro Jahr ab. Ein Anstieg der Windgeschwindigkeit um 4,7% sollte also zu einer zusätzlichen Oberflächenabkühlung von etwa $3,7 \text{ W/m}^2$ führen ... Ich will

damit nur sagen, dass in dieser riesigen Wärmemaschine, die wir „Klima“ nennen, eine ganze Reihe von Dingen vor sich geht, die nichts mit CO₂ zu tun haben.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2021/12/27/a-meander-through-sun-and-wind/>

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