

Wie der große El Niño 2015 anhand eines Mondzyklus' Jahre im Voraus vorhergesagt worden ist

geschrieben von Chris Frey | 23. Juli 2023

Javier Vinós

Die Ozeane der Erde enthalten eine riesige Menge an kaltem Wasser unter einer dünnen Schicht warmen Wassers, und die begrenzte Durchmischung zwischen ihnen spielt eine entscheidende Rolle für unsere Existenz. Die Gezeiten, die in erster Linie durch Veränderungen der Mondumlaufbahn beeinflusst werden, sind die Hauptursache für diese Durchmischung, die das Potenzial hat, das Klima abzukühlen. Keeling, der Pionier der CO₂-Messungen, glaubte an diese Theorie und sagte für das nächste Jahrzehnt eine Abkühlung voraus. Die Auswirkungen des 18,6-jährigen Mondzyklus' auf das Klima sind schon länger bekannt, aber neuere Forschungen haben seinen Einfluss auf die El Niño Southern Oscillation (ENSO) offenbart. Im Jahr 2007 gelang es zwei kanadischen Wissenschaftlern, die die Auswirkungen dieses Zyklus' auf die nordamerikanische Pazifikküste untersuchten, auf der Grundlage von Daten aus der Mondumlaufbahn das Auftreten eines großen El-Niño-Ereignisses im Jahr 2015 vorherzusagen. Bemerkenswerterweise erwies sich ihre Vorhersage als zutreffend.

Die potenzielle Einzigartigkeit des Erde-Mond-Systems

Wenn Astrophysiker über die Fülle potenziell bewohnbarer Planeten um sonnenähnliche Sterne diskutieren, übersehen sie oft eine entscheidende Tatsache: Die Entstehung der Erde war wahrscheinlich ein unglaublich seltenes Ereignis. Vor etwa 4,5 Milliarden Jahren wurde unser Planet durch eine zufällige Kollision zwischen der frühen Erde und einem Planeten von der Größe des Mars geboren. Dieses zufällige Ereignis erklärt zwei außergewöhnliche Merkmale der Erde, die unter anderen erdähnlichen Planeten außergewöhnlich selten sind. Das erste bemerkenswerte Merkmal ist der große Metallkern der Erde, der trotz der Größe des Planeten ein starkes Magnetfeld erzeugt. Dieses Magnetfeld spielt eine wichtige Rolle beim Schutz unserer Atmosphäre vor dem Sonnenwind und verhindert den Verlust von leichten Gasen. Der zweite ungewöhnliche Aspekt der Erde ist, dass sie einen für ihre Größe ungewöhnlich großen Satelliten hat. Normalerweise beträgt das Massenverhältnis zwischen einem Planeten und seinem Satelliten etwa 1:10.000. Das Erde-Mond-System hat jedoch ein Massenverhältnis von nur 1:81 und liegt damit so nah beieinander, dass es manchmal auch als Doppelplanet bezeichnet wird.

Die Anwesenheit eines so großen Satelliten übt einen starken Einfluss auf die Erde aus. Möglicherweise war sie für die Existenz und Erhaltung

von komplexem Leben im Laufe der Zeit von entscheidender Bedeutung. Die Anziehungskraft des Mondes stabilisiert die Neigung der Erdachse. Eine Änderung der Achsneigung der Erde um nur $2,4^\circ$ kann zu einer Vereisung führen. Ohne den Mond wäre das Klima der Erde also möglicherweise zu instabil gewesen, als dass sich komplexes Leben hätte entwickeln können.

Die wichtigste Wirkung des Mondes auf die Erde ist seine Anziehungskraft. Diese Anziehungskraft wirkt sich durch die Gezeiten, die er in den Ozeanen, der Atmosphäre und der Erdkruste erzeugt, erheblich auf das Klima der Erde aus.

Der Einfluss der Gezeiten auf das Klima

Die Mondbahn ist gegenüber der Erdbahnebene, auch Ekliptik genannt, um 5° geneigt (siehe Abbildung 1). Die Punkte, an denen die Mondbahn die Ekliptik schneidet, werden als Knotenpunkte bezeichnet. Finsternisse treten nur dann auf, wenn sich der Mond in der Nähe eines Knotens befindet und die Verbindungslinie zwischen den beiden Knoten auf die Sonne ausgerichtet ist. Diese Ausrichtung findet etwa alle sechs Monate statt, wodurch eine Sonnenfinsternis-Saison entsteht.

Die Bahnebene des Mondes um die Erde unterliegt jedoch einer allmählichen Präzession, die dazu führt, dass einer der Mondknoten innerhalb von 18,61 Jahren eine vollständige Umdrehung relativ zu einem der Äquinoktien (dem Punkt, an dem keiner der beiden Mondpole zur Erde zeigt) vollzieht. Dieses Phänomen wird als Mondknotenzyklus bezeichnet. Infolge dieser Präzession wird die 5° -Neigung der Mondbahn entweder zur axialen Neigung der Erde addiert oder von ihr subtrahiert, was zu einer Änderung der Deklination des Mondes (seiner Position relativ zum Erdäquator) führt. Diese Deklination schwankt zwischen einem Maximum von $28,5^\circ$ während eines großen Mondstillstands (siehe [hier](#) für eine Diskussion über Stillstände) und einem Minimum von $18,5^\circ$ während eines kleinen Mondstillstands, was einen vollen Zyklus im Laufe von 18,61 Jahren ausmacht. Diese Veränderungen beeinflussen die Gezeitenmuster der Erde.

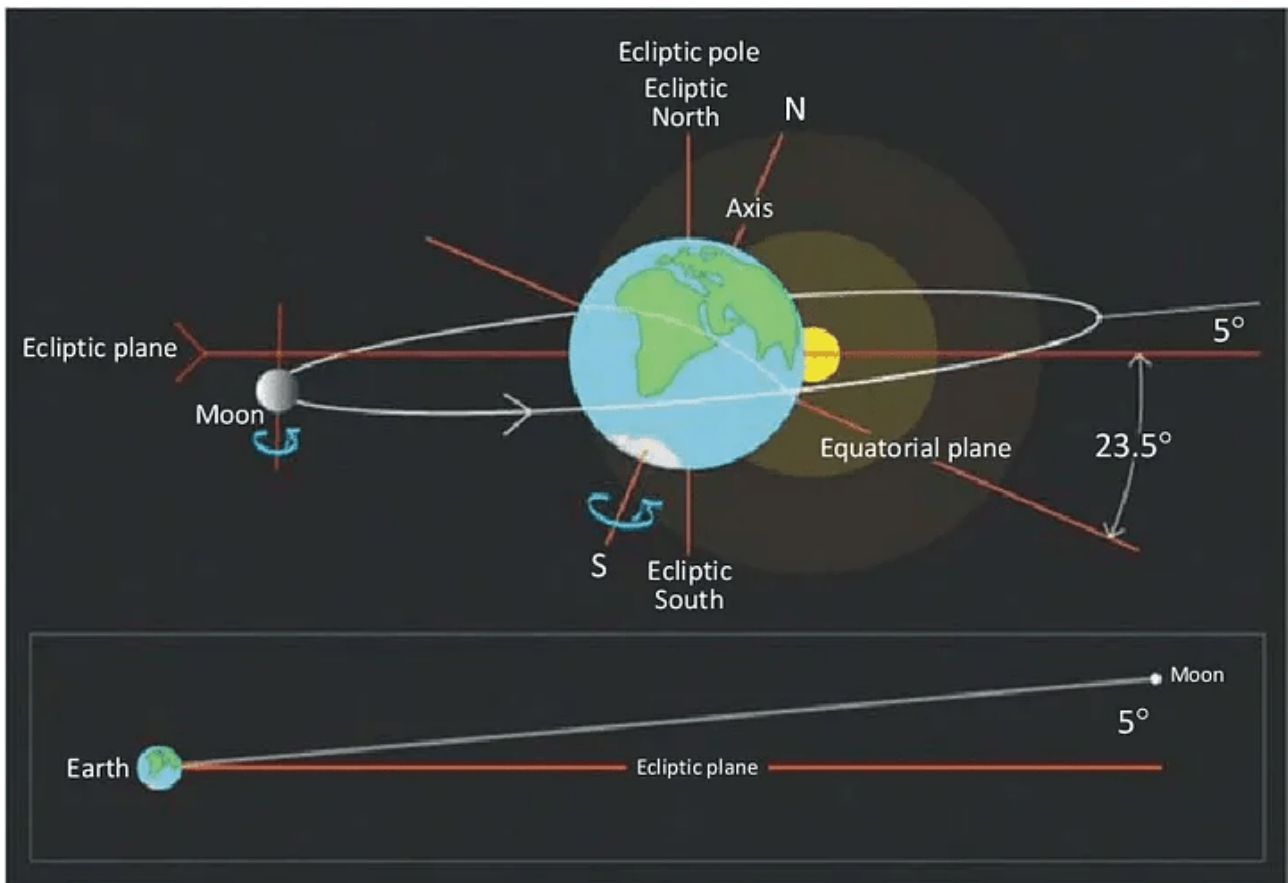


Abbildung 1. Elemente der Mondumlaufbahn. Die Mondbahn um die Erde hat eine Neigung von 5° (Deklination) gegenüber der Ekliptikebene der Erde um die Sonne (Sonneneklptik). Die Drehachse der Erde hat eine Deklination von $23,5^\circ$ gegenüber der solaren Ekliptikebene. Die fünf Grad können zu den $23,5^\circ$ für einen großen Stillstand addiert oder für einen kleinen Stillstand subtrahiert werden. Quelle: (Saraf, Zia, Das, Sharma, & Rawat, 2011).

Gezeiten sind ein komplexes Phänomen. Da der Mond die Erde in der gleichen Richtung wie die Erdachse umkreist, dauert es 24,84 Stunden, bis der Mond den gleichen Ort überquert, so dass alle 12,42 Stunden eine halbtägliche Flut auftritt. Dies ist jedoch nur einer der vielen Bestandteile der Gezeiten, der M2 genannt wird (M für Mond und 2 für halbtäglich). Die nächste Komponente ist die Deklination des Mondes und der Sonne. Sie ist tageszeitlich mit einer Periode von 23,93 Stunden und wird K1 genannt. Animationen der NASA zu diesen grundlegenden Gezeitenkomponenten sind [hier](#) zu sehen.

Da die Stärke dieser täglichen Gezeitenkomponente direkt mit der Deklination des Mondes über dem Erdäquator zusammenhängt, beobachten wir einen 18,6-Jahres-Zyklus in der Stärke der lunisolaren täglichen Gezeiten. Auch die halbtäglichen Gezeiten sind davon betroffen, allerdings in geringerem Maße. So schwanken beispielsweise die Amplituden der größten diurnalen und semidiurnalen Gezeitenkomponenten, K1 und M2, innerhalb eines 18,6-Jahres-Zyklus um 13 % bzw. 5 %.

Der Mondknotenzyklus beeinflusst die Wassertemperaturen der Ozeane durch vertikale Durchmischung, die je nach Phase des Zyklus durch verstärkte oder verminderte Gezeitenströmungen beeinflusst wird. Zahlreiche Studien, die ozeanische und atmosphärische Zeitreihen analysieren, haben einen 18,6-Jahres-Zyklus der Meerestemperatur und des Meeresspiegeldrucks an verschiedenen Orten im Pazifik und in anderen Regionen festgestellt. Zu diesem Thema gibt es umfangreiche Literatur (Yasuda, 2018).

Im Pazifik beeinflussen zwei bemerkenswerte niederfrequente Oszillationen die Temperatur der Meeresoberfläche und den Luftdruck auf dem Meeresspiegel. Die erste und bekannteste ist die Pazifische Dekadische Oszillation (PDO). Es gibt jedoch auch eine niederfrequente Oszillation mit kürzerer Periode, die als Nordpazifische Bidekadische Oszillation bekannt ist. Diese Oszillation wurde erstmals 1998 in Alaska entdeckt. Ein Jahr später, 1999, stellte Shoshiro Minobe eine Korrelation zwischen der PDO und der Bidekadischen Oszillation her und zeigte, dass beide Oszillationen synchron auftreten [1].

Abbildung 2a zeigt den Nordpazifik-Index (NPI) im Winter (Dezember bis Februar). Der NPI dient als Indikator für Änderungen des Meeresspiegeldrucks im Aleutentief, einer großen Region im Nordpazifik. Er steht in engem Zusammenhang mit der Pazifischen Dekadischen Oszillation (PDO). Wenn die PDO niedrigere Temperaturen widerspiegelt, zeigt der NPI höhere Luftdruckmuster an und umgekehrt. Das Diagramm zeigt den NPI und zwei Gauß-geglättete Kurven. Die dicke durchgezogene Linie verdeutlicht die langfristigen, mehrdekadischen Schwankungen, während die dicke gestrichelte Linie die kurzfristigen, bidekadischen Schwankungen darstellt.

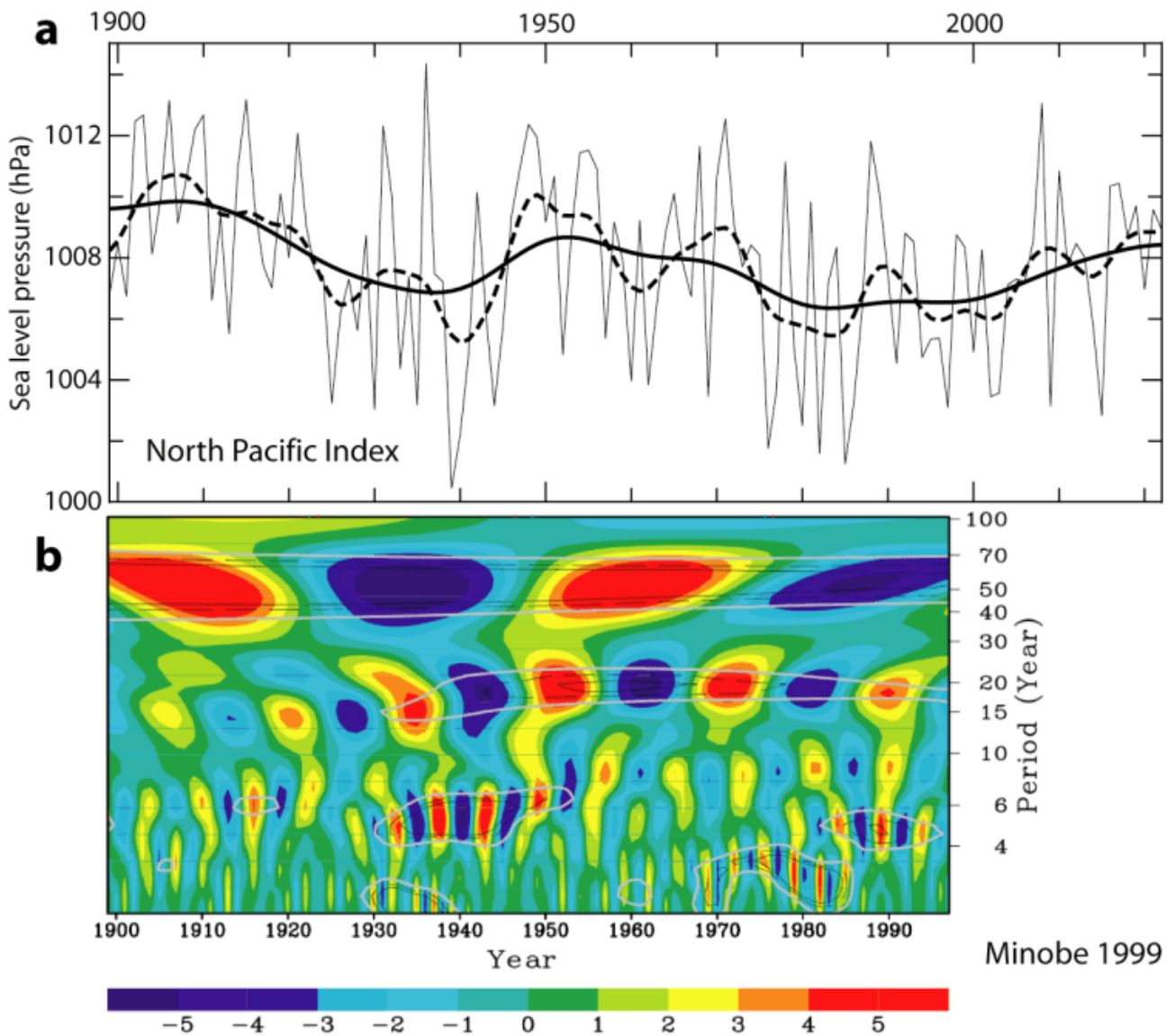


Abbildung 2. Multidekadische Schwankungen des Nordpazifik-Index'. (a) Winter-NPI-Daten und zwei Gauß-geglättete Kurven. (b) Wavelet-Analyse. Quelle: (Minobe, 1999).

Abbildung 2b von Minobe 1999 zeigt eine Analyse der Wellenlänge der Daten. Das Diagramm zeigt die Zeit auf einer Achse und die Frequenz auf einer anderen, während die dritte Dimension durch die Farbskala dargestellt wird, die die in hPa gemessene Druckanomalie anzeigt. Diese Analyse zeigt zwei auffällige Oszillationen: eine alle 60 Jahre und eine weitere alle 20 Jahre. Bedeutende Klimaverschiebungen, die zu plötzlichen Veränderungen des Klimas und der Ökologie des Pazifiks führen, wie die von 1976, welche die globale Erwärmung auslöste, fallen mit einem gleichzeitigen Phasenwechsel beider Oszillationen zusammen.

Dave Keelings wenig bekannte Gezeitenforschung

Der Ozean spielt eine entscheidende Rolle bei der Milderung der Temperaturschwankungen auf unserem Planeten. Diese Tatsache wird

deutlich, wenn man die größeren jahreszeitlichen Temperaturschwankungen vergleicht, die in kontinentalen Klimazonen im Vergleich zu ozeanischen Klimazonen beobachtet werden. Unsere Existenz hängt davon ab, dass es keine nennenswerte Durchmischung zwischen einer dünnen, nur wenige hundert Meter dicken Schicht warmen Wassers und einem eiskalten Ozean mit einer Durchschnittstemperatur von unter 4 °C gibt [2]. Es ist also klar, dass die vertikale Durchmischung im Ozean ein Klimafaktor sein kann. Die einzigen beiden Kräfte, die diese vertikale Durchmischung beeinflussen können, sind der Wind und der Mond, da sie dem Ozean die notwendige mechanische Energie zuführen. Der Mond steuert etwa 4 TW (Terawatt) Energie bei, während der Wind etwa 2 TW beiträgt.

Charles David Keeling (1928-2005) war ein herausragender Wissenschaftler. In den späten 1950er Jahren entwickelte er ein akribisches System zur genauen Messung der Hintergrundkonzentration von CO₂ in der Atmosphäre. Keelings Engagement führte schnell zu der Entdeckung, dass diese Konzentrationen stetig zunahmen. Trotz mehrerer Versuche, die Mauna-Loa-Station aufgrund von Budgetkürzungen zu schließen, sorgte er im Alleingang dafür, dass sie weiter betrieben wurde. Viele hielten diese ständigen Bemühungen für kostspielig und routinemäßig, doch Keelings Beharrlichkeit setzte sich durch. In Anerkennung seiner bemerkenswerten wissenschaftlichen Leistungen wurde er 2002 mit der National Medal of Science ausgezeichnet, der höchsten Auszeichnung für wissenschaftliche Leistungen auf Lebenszeit in den Vereinigten Staaten. Die Aufzeichnung des atmosphärischen CO₂-Gehalts auf dem Mauna Loa, die sogenannte „Keeling-Kurve“, wurde 2015 zum National Historic Chemical Landmark erklärt.

Es ist nicht allgemein bekannt, dass sich Dave Keeling in seinen späteren Forschungsjahren auf den Mond konzentrierte, um die Klimavariabilität auf der Erde zu verstehen. Er war zwar der festen Überzeugung, dass der CO₂-Anstieg die Ursache für die globale Erwärmung ist, suchte aber nach zusätzlichen Faktoren, die für frühere Abkühlungsperioden verantwortlich sein könnten, die sich nicht durch CO₂-Veränderungen erklären ließen. Keeling stellte die Theorie auf, dass Veränderungen in der Wirkung des Mondes auf die Durchmischung der Ozeane die Temperaturen beeinflussen könnten – ein einfacher und wissenschaftlich fundierter Zusammenhang. Die einzige Frage, die blieb, war das Ausmaß dieser Veränderungen.

Abbildung 3 ist einem Artikel von Keeling aus dem Jahr 1997 entnommen. [3] Die stärksten Gezeiten treten unter bestimmten Umständen auf:

- (1) während einer Sonne-Erde-Mond-Syzyklik oder einer linearen Ausrichtung,
- (2) wenn sich der Mond an seinem erdnächsten Punkt befindet (Perigäum),
- (3) wenn sich der Mond an einem der Knotenpunkte der Ekliptik der Erde befindet, und

(4) wenn die Erde der Sonne am nächsten ist (Perihel).

Im Durchschnitt fallen diese Bedingungen etwa alle 1800 Jahre zusammen (1682, 1823 oder 2045 Jahre \pm 18 Jahre). Oberschwingungen und kürzere Periodizitäten treten jedoch auf, wenn nur eine Teilmenge dieser Bedingungen erfüllt ist.

Abbildung 3 veranschaulicht ein 93-jähriges zyklisches Muster der Gezeitenamplitude, das sich aus der Abfolge von fünf Knotenzyklen ergibt. Es ist wichtig zu beachten, dass der Gezeitenzwang nicht kontinuierlich über Jahrzehnte hinweg zunimmt. Vielmehr nimmt er an einigen Tagen während einiger Mondmonate zu, wenn Ausrichtungen stattfinden, wie die vertikalen Linien in der Abbildung zeigen. Danach können sich die Gezeitenkräfte in den folgenden Jahren abschwächen, um dann 18 Jahre später wieder an Stärke zu gewinnen. Die Bögen, die die Spitzen der Gezeitenkräfte miteinander verbinden, dienen nur zur Veranschaulichung des wiederkehrenden Musters, das durch ein 18-jähriges Intervall getrennt ist.

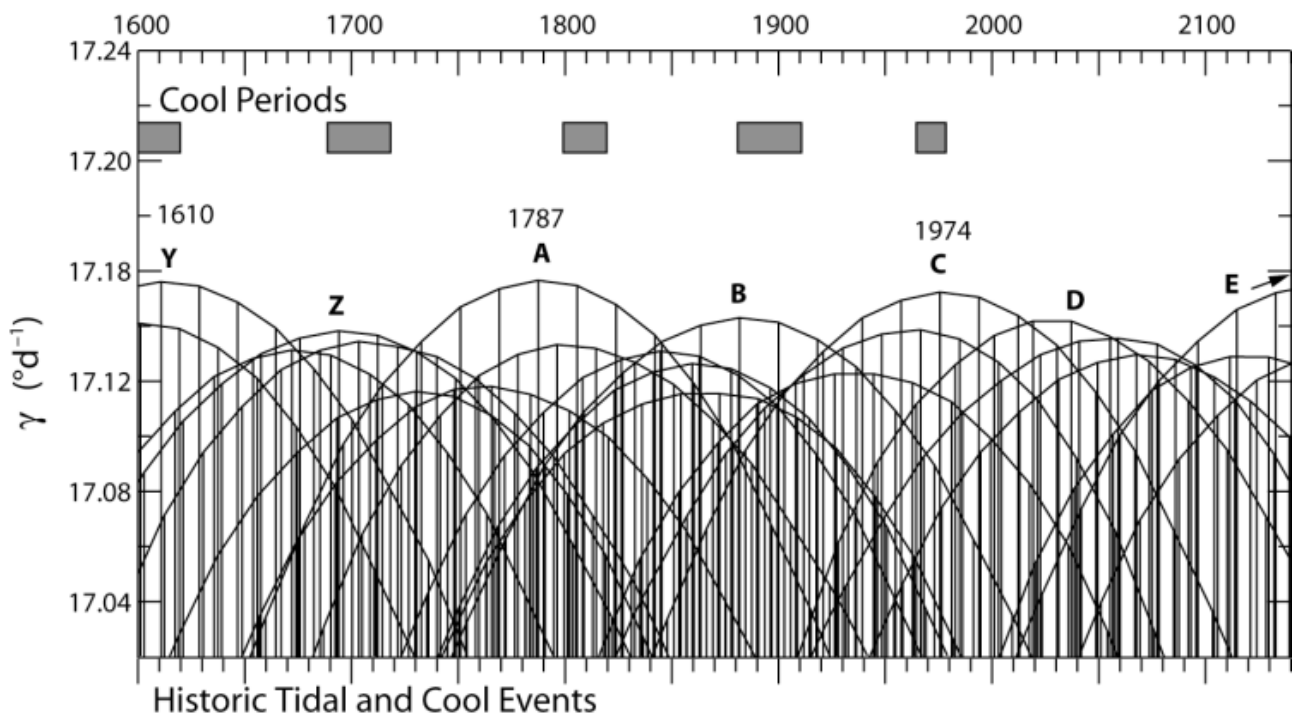


Abbildung 3. Zeitlicher Verlauf der lunisolaren Gezeitenkräfte seit 1600 n. Chr. Jedes Ereignis, das durch eine vertikale Linie gekennzeichnet ist, gibt ein Maß für den Antrieb in Form der Winkelgeschwindigkeit des Mondes in Bogengraden pro Tag an. Die grauen Balken entsprechen den kühlen Klimaepisoden. (Keeling & Whorf, 1997)

Diese Abbildung ist auch in meinem Buch wiedergegeben, in dem ich erkläre, wie der Gezeitenantrieb ein wahrscheinlicher Kandidat für die Auslösung von Dansgaard-Oeschger-Ereignissen während der Eiszeiten ist [4].

Keeling und sein Mitautor Timothy Whorf machten eine interessante Beobachtung über die Ausrichtung signifikanter Erhöhungen des Gezeitenantriebs in den letzten 400 Jahren. Sie stellten eine Korrelation zwischen diesen Perioden und den kühlen Perioden fest, die in einer separaten Veröffentlichung von Phil Jones dokumentiert wurden, der 2016 als Direktor der Hadley Climate Research Unit (HadCRU) in den Ruhestand ging. Diese kühlen Perioden werden durch die grauen Balken am oberen Rand von Abbildung 3 dargestellt.

Es ist zwar unvernünftig zu behaupten, dass die Abkühlung des Klimas in diesen Perioden allein durch den Anstieg des Gezeitenantriebs verursacht wurde, aber es ist plausibel, dass der Gezeitenantrieb eine Rolle bei der Verstärkung der Abkühlung spielte, die ohne ihn nicht eingetreten wäre. Für die kommenden 2030er Jahre wird ein weiterer Höhepunkt des Gezeitenantriebs prognostiziert (in der Abbildung mit „D“ gekennzeichnet). Dies dürfte mit meiner Projektion eines Temperaturrückgangs aufgrund des Zusammentreffens von geringer Sonnenaktivität und dem Übergang der atlantischen multidekadischen Oszillation in ihre kalte Phase zusammenfallen. Die Natur muss unseren übermütigen Klimamodellierern noch ihre wahre Stärke zeigen.

Der Mond als El Niño-Vorhersage-Parameter

2007 führten zwei kanadische Wissenschaftler, McKinnell und Crawford, eine Studie durch, in der sie die Beziehung zwischen dem Mondknotenzyklus und verschiedenen Faktoren wie Lufttemperaturen, Meerestemperaturen und 400-jährigen Baumringaufzeichnungen entlang der nordamerikanischen Pazifikküste untersuchten. [5] Ein bemerkenswertes Ergebnis war die Korrelation zwischen den winterlichen Meerestemperaturen, die am Scripps Pier in San Diego, Kalifornien, gemessen wurden, und dem Gezeitenkomponenten K1, der die tägliche Gezeitenamplitude beeinflusst. Abbildung 4 zeigt diese Beziehung:

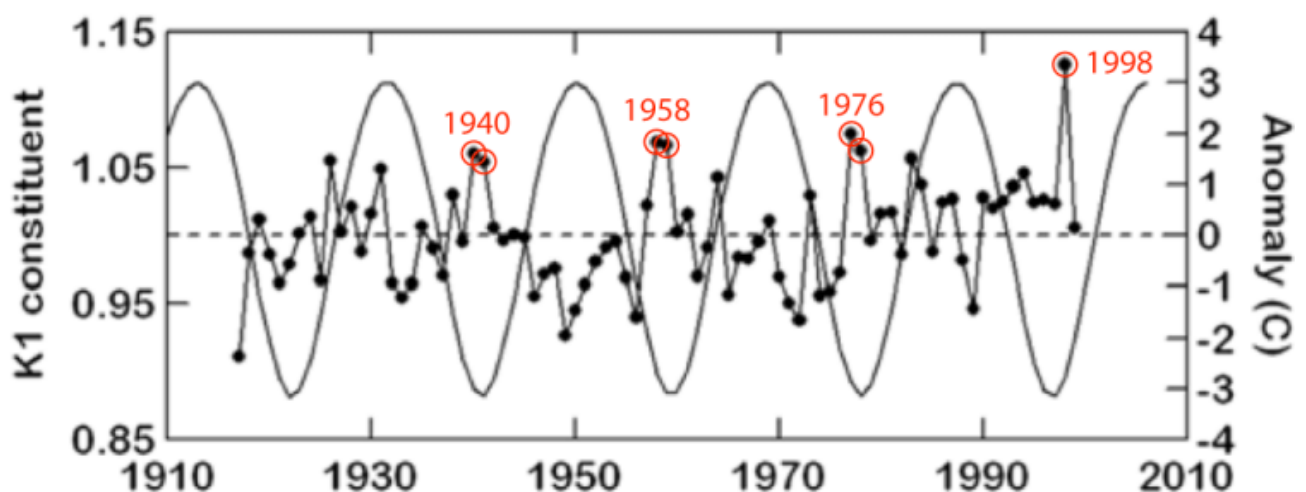


Abbildung 4. Mittlere Anomalien der Meerestemperatur im Januar am Scripps Pier, überlagert mit dem täglichen Mondknotenzyklus. Rote

Kreise, die einige El-Niño-Jahre markieren, wurden der ursprünglichen Abbildung hinzugefügt. (McKinnell & Crawford, 2007)

Bemerkenswert ist, dass die stärksten positiven Temperaturanomalien im Januar am Scripps Pier stets mit einem Minimum des Mondknotenzyklus zusammenfielen. Andererseits wurden die niedrigsten Anomalien häufig, wenn auch nicht immer, innerhalb von ein oder zwei Jahren nach einem Maximum des Mondknotenzyklus beobachtet.

McKinnell und Crawford beobachteten auch eine bemerkenswerte Synchronisation zwischen dem Mondknotenzyklus und einigen der größten El-Niño-Ereignisse des 20. Jahrhunderts, wie etwa 1940/41, 1957/58 und 1997/98. Die Ursache von El Niño allein dem Mond zuzuschreiben, wäre ungenau, da es Fälle gibt (z. B. 1972/73, 1982/83), in denen El-Niño-Ereignisse nicht mit dem Knotenzyklus übereinstimmen.

Dennoch wurde der Zusammenhang zwischen dem 18,6-jährigen Mondzyklus und El Niño bereits in einem Artikel aus dem Jahr 2001 beschrieben und in neueren Studien weiter hervorgehoben: [6] [7] Die in dem Artikel aus dem Jahr 2001 dargelegte Erklärung legt nahe, dass auf den pazifischen Wirbel einwirkende Gezeitenkräfte den Transport von kaltem Wasser in die Äquatorialregion verändern und dadurch die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß von El Niño-Ereignissen beeinflussen.

Selbst wenn es kein größeres El-Niño-Ereignis gab, zeigen die in Abbildung 4 dargestellten Daten am Scripps-Pier das Vorhandensein aufeinanderfolgender Niño-Episoden während der Mondknotenzyklus-Minima. Dies sind die Niño-Ereignisse von 1940/41 und 1941/42, 1957/58 und 1958/59 sowie 1976/77 und 1977/78.

Auf der Grundlage der verfügbaren Daten schlagen McKinnell und Crawford vor:

„Wir stellen auch fest, dass die Reaktion der nordamerikanischen Küsten-SST auf viele große El Niños des 20. Jahrhunderts mit der durch den [Mondknotenzyklus] erwarteten SST-Reaktion verwechselt wird. Dieses unwahrscheinliche Zusammentreffen wird größere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, falls um 2015 ein größerer El Niño auftritt“. – (McKinnell & Crawford, 2007)

Wie wir jetzt wissen, trat 2015 tatsächlich ein größerer El Niño auf.

Angesichts der Schwierigkeiten, die mit der Vorhersage des Auftretens eines El-Niño-Ereignisses verbunden sind, ganz zu schweigen von dessen Ausmaß, ist es wirklich bemerkenswert, dass die Autoren in der Lage waren, einen größeren El Niño acht Jahre im Voraus erfolgreich vorherzusagen. Noch erstaunlicher ist die Tatsache, dass diese Vorhersage auf dem 18,6-jährigen Mondzyklus beruhte. Es wird empfohlen, dass jeder, der sich mit ENSO-Vorhersagen beschäftigt, das gesammelte Wissen über den Einfluss des Mondes auf ENSO berücksichtigt. Es ist zwar

keine feste Regel, aber es ist offensichtlich, dass die Wahrscheinlichkeit eines größeren El-Niño-Ereignisses oder sogar aufeinander folgender Niño-Episoden für 2034 höher ist. Ein solches Ereignis könnte den erwarteten Abkühlungstrend möglicherweise vorübergehend abschwächen, obwohl nach dem El Niño eine Abkühlung zu erwarten wäre.

Literatur:

1. [Minobe, S., 1999](#). Geophys. Res. Lett. 26 (7), pp.855–858. ↑
2. Data from Viktor Gouretski, U of Hamburg, shows that the global average ocean temperature from 1000 to 6500 meters is 1.7°C. Overview: (Gouretski, 2019). ↑
3. Keeling, C.D. & Whorf, T.P., 1997. PNAS, 94 (16), pp.8321–8328. doi.org/10.1073/pnas.94.16.8321 ↑
4. Vinós, J., 2022. Climate of the Past, Present and Future: A scientific debate. 2nd ed. Critical Science Press. www.amazon.com/dp/B0BCF5BLQ5 Also in French www.amazon.fr/dp/B0BRJ94Z2H/ ↑
5. McKinnell, S.M. & Crawford, W.R., 2007. J. Geophys. Res. Oceans, 112 (C2). doi.org/10.1029/2006JC003671 ↑
6. Cervený, R.S. & Shaffer, J.A., 2001. Geophys. Res. Lett. 28 (1), pp.25–28. doi.org/10.1029/2000GL012117 ↑
7. Yasuda, I., 2018. Sci. Rep. 8 (1), p.15206. doi.org/10.1038/s41598-018-33526-4 *Download the bibliography [here](#).* ↑

An earlier version of this post appeared on [Climate Etc.](#)

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2023/07/19/how-the-2015-major-el-nino-was-predicted-years-in-advance-using-a-lunar-cycle/>

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