

Sonnenaktivität: Zyklus 25 stärker als Zyklus 24

geschrieben von Chris Frey | 9. Juli 2023

Javier Vinós

In den letzten zwei Jahrzehnten war die Sonnenaktivität durch ein ausgedehntes Sonnenminimum gekennzeichnet, das sich über zwei Sonnenzyklen erstreckt und als Clilverd-Minimum bekannt ist. Dieses Phänomen wirkt sich derzeit auf das Klima aus, doch bevor wir seine Auswirkungen verstehen können, müssen wir uns mit der erheblichen Diskrepanz zwischen den solaren Effekten, die in paläoklimatischen Proxy-Aufzeichnungen beobachtet wurden, und modernen Beobachtungen befassen. Die Beziehung zwischen den Sonnensignalen und der Reaktion des Klimas ist komplex und nicht vollständig geklärt. Es gibt jedoch zahlreiche Hinweise aus Modellen und Re-Analysen, dass diese Beziehung besteht. Eine neuere Hypothese besagt, dass das Sonnensignal den Wärme- und Feuchtigkeitstransport in die Arktis moduliert, was seine relativ geringe Wirkung während eines einzelnen Sonnenzyklus erklärt. Wenn jedoch eine Anomalie der Sonnenaktivität über mehrere Zyklen hinweg anhält, wie es während des 70-jährigen [Sonnenmaximums](#) [in deutscher Übersetzung [hier](#)] der Fall war, akkumuliert sich ihre Wirkung und hat einen großen Einfluss auf den Energiehaushalt des Planeten. Das Verständnis dieses Prozesses ist von entscheidender Bedeutung für das Verständnis der Gesamtauswirkungen der Sonnenaktivität auf unser Klima.

Die gegenwärtige Sonnenaktivität

Die monatliche Sonnenfleckenanzahl für Juni 2023 erreichte 163,4. Auch wenn diese Zahl noch leicht revidiert werden könnte, wird sie wahrscheinlich die höchste Zahl seit über zwei Jahrzehnten sein, seit September 2002. Der Sonnenzyklus 25 ist relativ jung, nur dreieinhalb Jahre alt, was bedeutet, dass es in den nächsten drei Jahren reichlich Möglichkeiten gibt, den 20-jährigen Rekord dieses Monats zu übertreffen. Ausgehend von den jüngsten Daten scheint es sehr wahrscheinlich, dass der Sonnenzyklus 25 den Sonnenzyklus 24 in Bezug auf die Aktivität übertreffen wird.

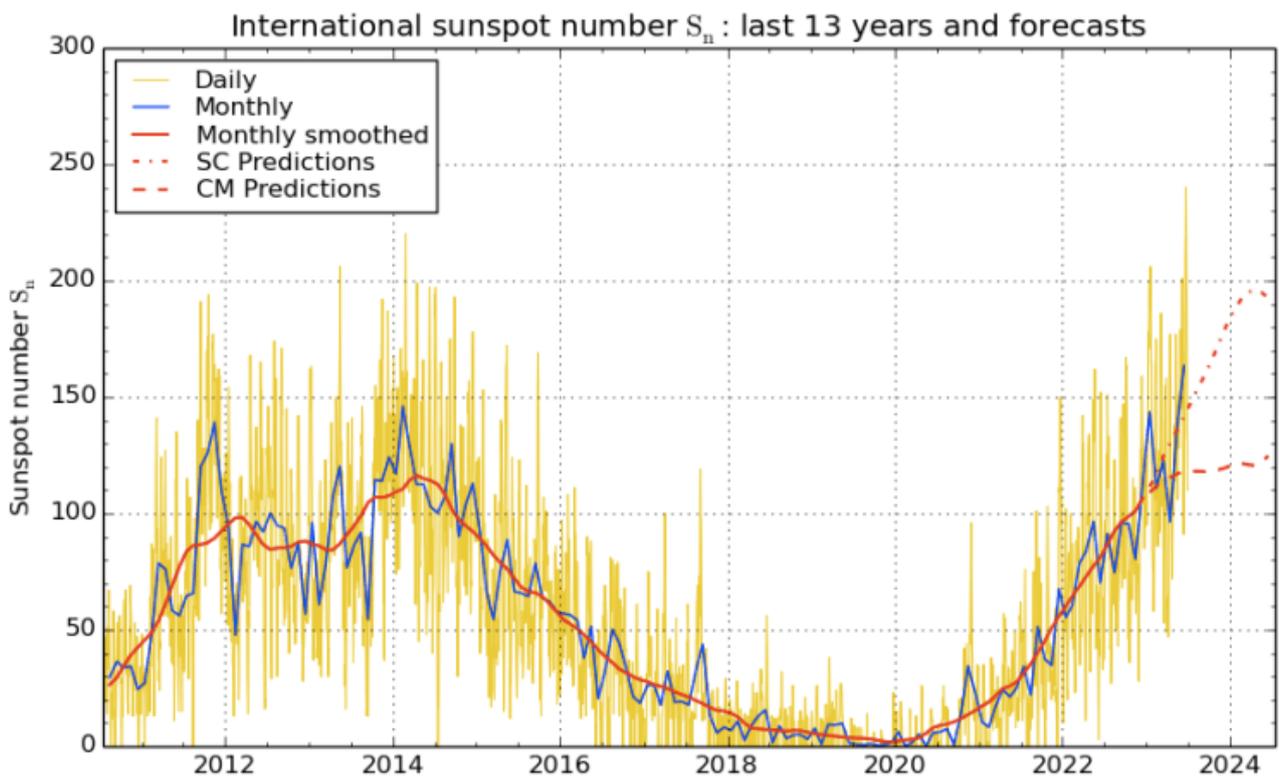
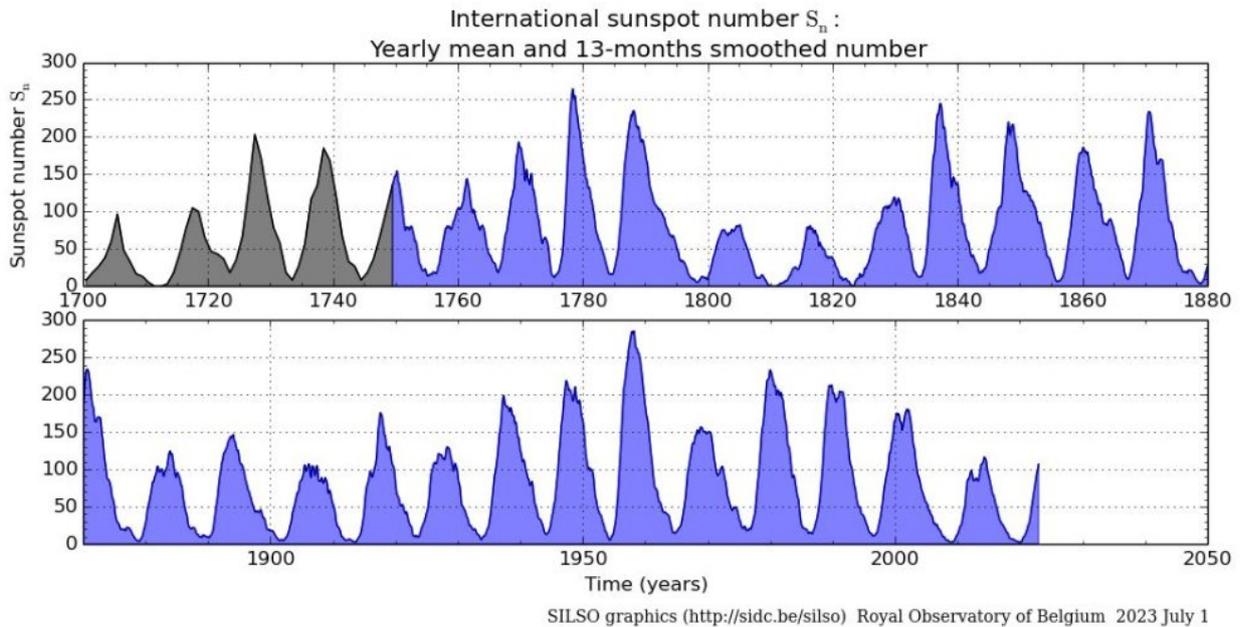


Abbildung 1. Tägliche und monatliche Sonnenfleckenzahlen der letzten 13 Jahre, wie von [SILSO](#) bereitgestellt.

Die beiden Sonnenzyklen 24 und 25 weisen im Vergleich zum Durchschnitt der letzten 300 Jahre eine deutlich geringere Aktivität auf. Zusammen bilden sie ein ausgedehntes Sonnenminimum, das kürzlich als Clilverd-Minimum [1] bezeichnet wurde, nach einer 2006 veröffentlichten Arbeit von Mark Clilverd und Kollegen, in der sie das Auftreten dieses Ereignisses erfolgreich vorhersagten.[2]

Einschub des Übersetzers: Auch hier gilt es wohl, etwas genauer hinzuschauen. Auf dem Blog des [Schneefans](#) weist dieser in einem Kommentar auf eine vollständige Darstellung der Sonnenzyklen hin (gleiche Quelle wie Abb. 1):



Daraus ergibt sich ein guter Überblick, wie das Ganze verglichen mit geologischen Zeiträumen aussieht. – Ende Einschub.

Im Gegensatz zu früheren Vorhersagen wird die Wahrscheinlichkeit eines solaren Grand Minimums im 21. Jahrhundert immer geringer. Auch die Vorhersagen, dass das derzeitige ausgedehnte solare Minimum zu einem deutlichen Temperaturrückgang führen würde, sind falsch. Das bedeutet jedoch nicht, dass das Clilverd-Minimum überhaupt keine Auswirkungen hat. Veränderungen in der Sonnenaktivität wirken sich indirekt auf die Temperaturen aus, und zwar auf komplexe Weise. Um die Auswirkungen dieser solaren Schwankungen auf das Klima zu erkennen, muss man verstehen, wie sie sich auswirken.

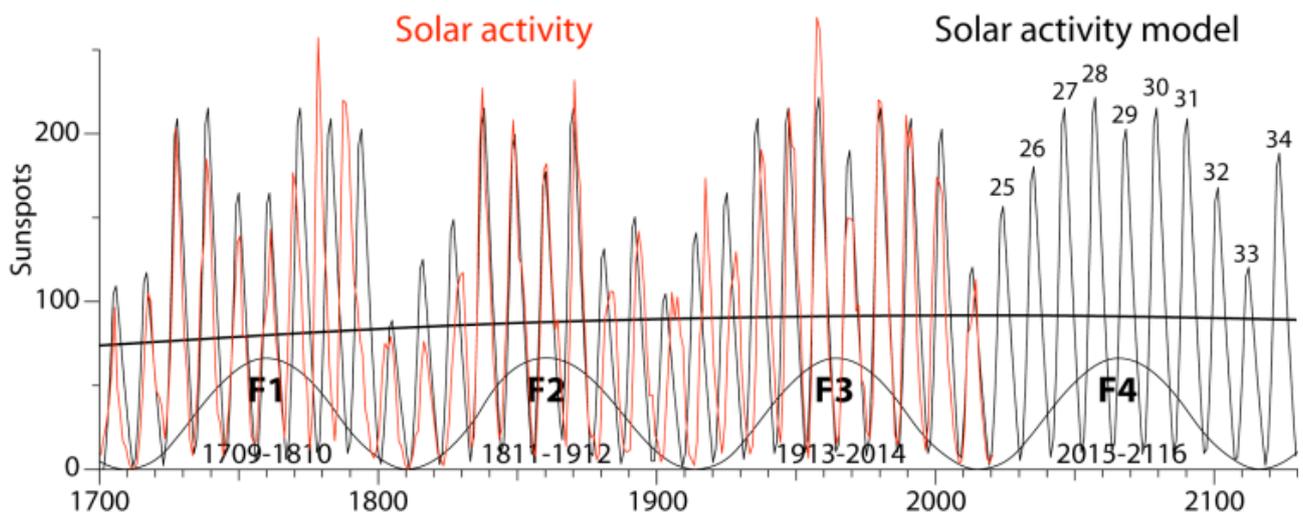


Abbildung 2. Prognostizierte Sonnenaktivität auf der Grundlage meines Modells für 2018, das auf langperiodischen Sonnenzyklen beruht. Das Modell verwendet die Gesamtzahl der Sonnenflecken in einem Zyklus, nicht die Spitzenaktivität, und geht von regelmäßigen 11-Jahres-Zyklen aus. An jedem Punkt schätzt es die Auswirkungen von fünf verschiedenen langen

Zyklen unter Berücksichtigung ihrer historischen Auswirkungen auf Sonnenflecken oder ^{14}C -Aufzeichnungen. Vier Feynman-Zyklen (100 Jahre) sind am unteren Rand angegeben.

Solare Auswirkungen auf das Klima (I): aktuelle Beobachtungen

Es besteht eine große Diskrepanz zwischen den in paläoklimatischen Proxy-Aufzeichnungen beobachteten Sonneneffekten und aktuellen Beobachtungen. Satelliteninstrumenten zufolge beläuft sich die während des Sonnenzyklus' beobachtete Veränderung auf lediglich $1,1 \text{ W m}^2$, und die in den letzten 9.000 Jahren beobachtete Variabilität scheint nicht viel höher zu sein, nämlich etwa $1,5 \text{ W m}^2$. [3] Dies stellt eine weitere Herausforderung dar, da die Veränderung so gering ist, dass ihre Auswirkungen im Rauschen der Klimadaten nicht erkennbar sein sollten. In zahlreichen Studien wird jedoch durchweg ein Klimaeinfluss von etwa $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ festgestellt, der dem Sonnenzyklus zugeschrieben wird, was etwa viermal größer ist als die geringe Strahlungsänderung. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit eines Verstärkungsmechanismus', um diese zweite Diskrepanz zu erklären.

Erschwerend kommt hinzu, dass die Auswirkung des Sonnenzyklus' auf die Temperaturen nicht dem entspricht, was man von einem geringfügigen Anstieg der Gesamtbestrahlungsstärke auf der gesamten Oberfläche erwarten würde. Vielmehr zeigt sich ein hochdynamisches Muster, gekennzeichnet durch bestimmte Regionen mit einer Erwärmung von mehr als 1°C , während andere eine Abkühlung aufweisen (Abbildung 3). Interessanterweise ähnelt dieses Muster der Erwärmung, die zwischen 1976 und 2000 beobachtet wurde. In diesem Zeitraum erwärmte sich die nördliche Hemisphäre stärker als die südliche Hemisphäre, die Landoberflächen erwärmten sich stärker als die Ozeane, und die mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre erfuhren die stärksten Erwärmungseffekte.

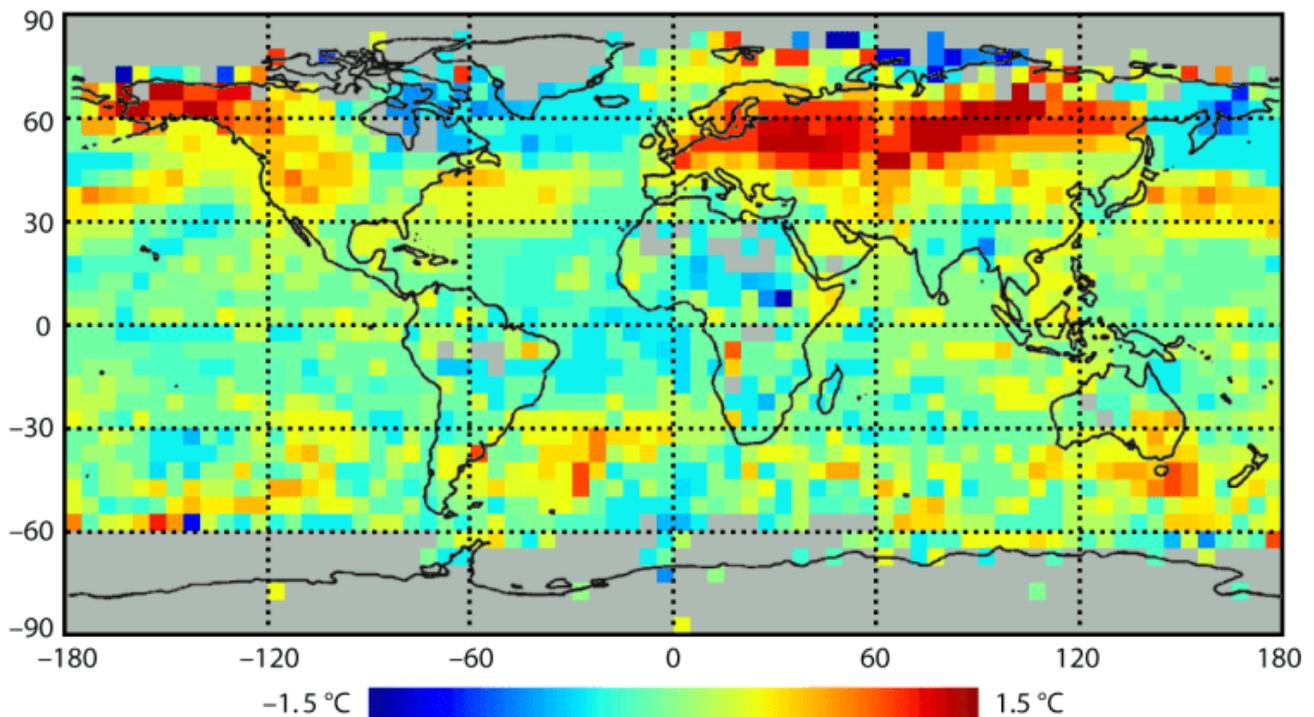


Abbildung 3. Regionale Veränderungen der Temperatur vom Minimum bis zum Maximum des 11-Jahres-Zyklus' [4].

Man geht davon aus, dass dieses Muster auf einen Verstärkungsmechanismus zurückzuführen ist, der in den Auswirkungen einer erhöhten Sonnenaktivität auf die Ozonschicht begründet ist und zu einem Anstieg der Ozonwerte und der Stratosphärentemperaturen führt. Folglich wirken sich diese Veränderungen auf die Geschwindigkeit der zonalen (West/Ost-) Winde und die Stabilität des Polarwirbels aus. Durch die Kopplung zwischen Stratosphäre und Troposphäre wird das Sonnensignal in die Troposphäre übertragen. Die Stärke des Polarwirbels spielt eine entscheidende Rolle bei der Bestimmung des Winterzustands der Nordatlantischen Oszillation, die in Zeiten hoher Sonnenaktivität deutlich positiv ausfällt. Darüber hinaus wird die Position des Jetstreams durch die Stärke des Wirbels beeinflusst, so dass er sich während dieser Perioden hoher Sonnenaktivität polwärts verlagert und kreisförmiger wird (im Gegensatz zu den Mäandern, siehe Abbildung 4). Infolge dieser Bewegung werden kalte arktische Luftmassen in der arktischen Region eingeschlossen, was zu mildereren Wintern in den mittleren Breiten der nördlichen Hemisphäre führt.

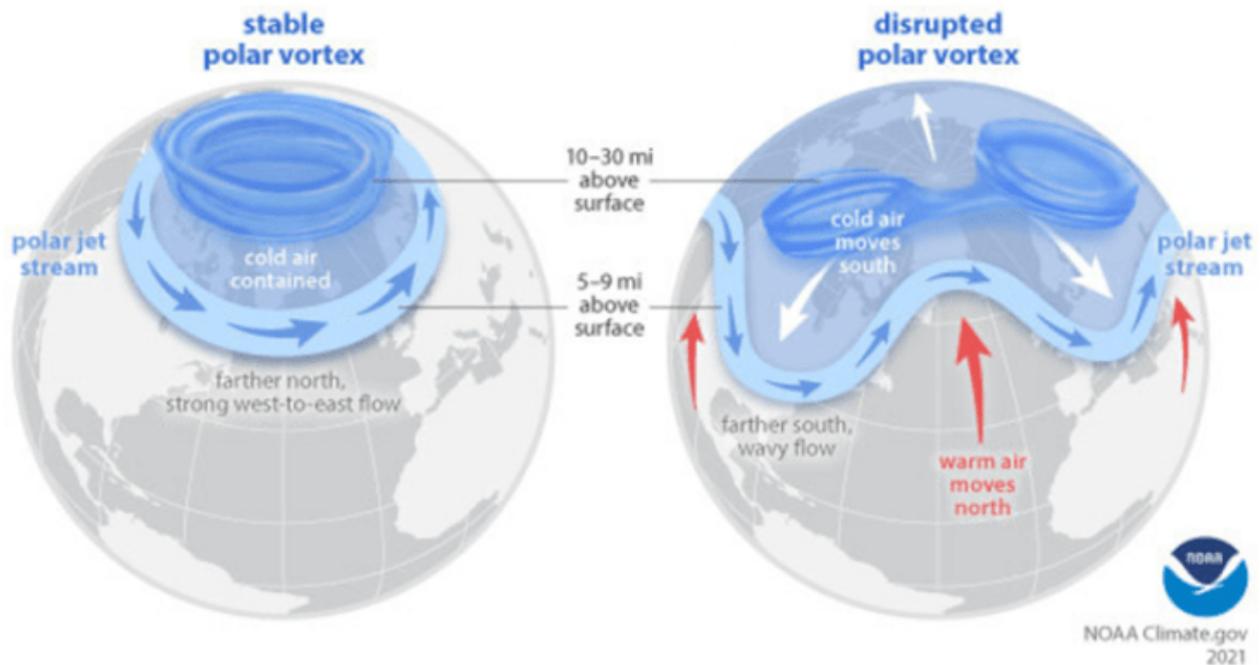


Abbildung 4. Auf der linken Seite ist ein stabiler Polarwirbel mit einer kalten Arktis und warmen Kontinenten dargestellt, auf der rechten Seite ein schwacher Polarwirbel mit einer warmen Arktis und kalten Kontinenten. Die linke Konfiguration tritt häufiger bei hoher Sonnenaktivität auf, die rechte eher bei einem Sonnen-Minimum. [5]

In tropischen Regionen kommt es aufgrund der polwärts gerichteten Bewegung des Jetstreams und einer Verringerung des aufwärts gerichteten Zweigs der Brewer-Dobson-Zirkulation zu Veränderungen in der atmosphärischen Zirkulation. Infolgedessen weitet sich die Hadley-Zirkulation aus, was zu einer entsprechenden Verschiebung des subtropischen Jets führt. Diese Veränderungen haben erhebliche Auswirkungen auf die Niederschlagsmuster und tragen zur Erwärmung in den mittleren Breiten bei, da aufgrund des verstärkten Polarwirbels weniger Wärme in die Arktis transportiert wird.

Sowohl Datenassimilationsprodukte aus Reanalysen als auch Klimamodelle, die die Ozonchemie und die stratosphärische Zirkulation berücksichtigen, können diese Effekte als Reaktion auf die vorgeschriebenen Änderungen der Sonnenaktivität reproduzieren. Sie tun dies jedoch in etwas abgeschwächter Form, so dass die Veränderungen geringer ausfallen als beobachtet.

Da die Sonnenaktivität im Laufe eines Sonnenzyklus ansteigt und abfällt, wird die kumulative Wirkung ihrer Veränderungen über mehrere Zyklen hinweg jedoch oft als unbedeutend angesehen.

Solare Auswirkungen auf das Klima (II): Paläoklimatische

Beobachtungen

Wie bereits erwähnt besteht ein eklatanter Widerspruch zwischen den relativ geringen klimatischen Auswirkungen, die während eines einzelnen Sonnenzyklus' beobachtet werden, und den Beweisen, die von Paläoklima-Proxydaten geliefert werden. Bemerkenswerterweise stimmen die in den letzten 2000 Jahren beobachteten Klimamuster mit einem tausendjährigen Zyklus der Sonnenaktivität überein, der als Eddy-Zyklus bekannt ist (siehe [hier](#), Abbildung 1), benannt nach dem Astronomen John Eddy, der in den 1970er Jahren das Interesse am Maunder-Minimum wiederbelebte. Bemerkenswert ist, dass die Kleine Eiszeit, die kälteste Periode des Holozäns, mit drei solaren Grand Minima zusammenfiel, die in einem Zeitraum von weniger als 500 Jahren auftraten.

Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass der Beginn der Kleinen Eiszeit nicht auf Veränderungen der Treibhausgaskonzentration zurückgeführt werden kann, da die CO₂-Konzentration zwischen 1100 und 1500 n. Chr. konstant blieb. Außerdem kann die Kleine Eiszeit nicht allein durch Vulkanausbrüche erklärt werden, da über einen längeren Zeitraum von dreihundert Jahren, von 1458 bis 1765, keine bedeutenden vulkanischen Ereignisse verzeichnet worden sind.

Die Beweise, welche die Sonnenaktivität mit großen Klimaveränderungen in Verbindung bringen, deuten stark darauf hin, dass der Eddy-Zyklus eine wichtige Rolle bei der Gestaltung des Klimas der letzten 2000 Jahre gespielt hat. Dies wird in Abbildung 5 veranschaulicht, die die ¹⁴C-Aufzeichnung – als Maßzahl für die Sonnenaktivität – mit ihrer 1000-jährigen Bandpassfrequenz-Sinuskurve zeigt. Darüber hinaus zeigt die Abbildung einen Stellvertreter für das Klima: die Messung petrologischer Indikatoren in benthischen Bohrkernen, die die Menge des Eisbergabflusses im Nordatlantik reflektieren. [6] Diese Indikatoren werden von Eisbergen getragen und beim Schmelzen freigesetzt. In kälteren Perioden mit vermehrten Schneefällen im Winter stoßen die Küstengletscher vor und setzen mehr Eisberge frei, was zu einer höheren Menge an Indikatoren führt.

Auch wenn die beiden Kurven nicht perfekt übereinstimmen, ist ihr Gesamtzusammenhang zu zwingend, um ihn als reinen Zufall abzutun. Jede Zunahme der Eisbergaktivität, die auf niedrigere Temperaturen und mehr Schneefall hindeutet, entspricht einer Abnahme der Sonnenaktivität. Folglich bedeutet diese beobachtete Beziehung, dass die Sonnenaktivität in den letzten 2000 Jahren auf einer hundertjährigen Zeitskala die Hauptantriebskraft des Klimas gewesen ist.

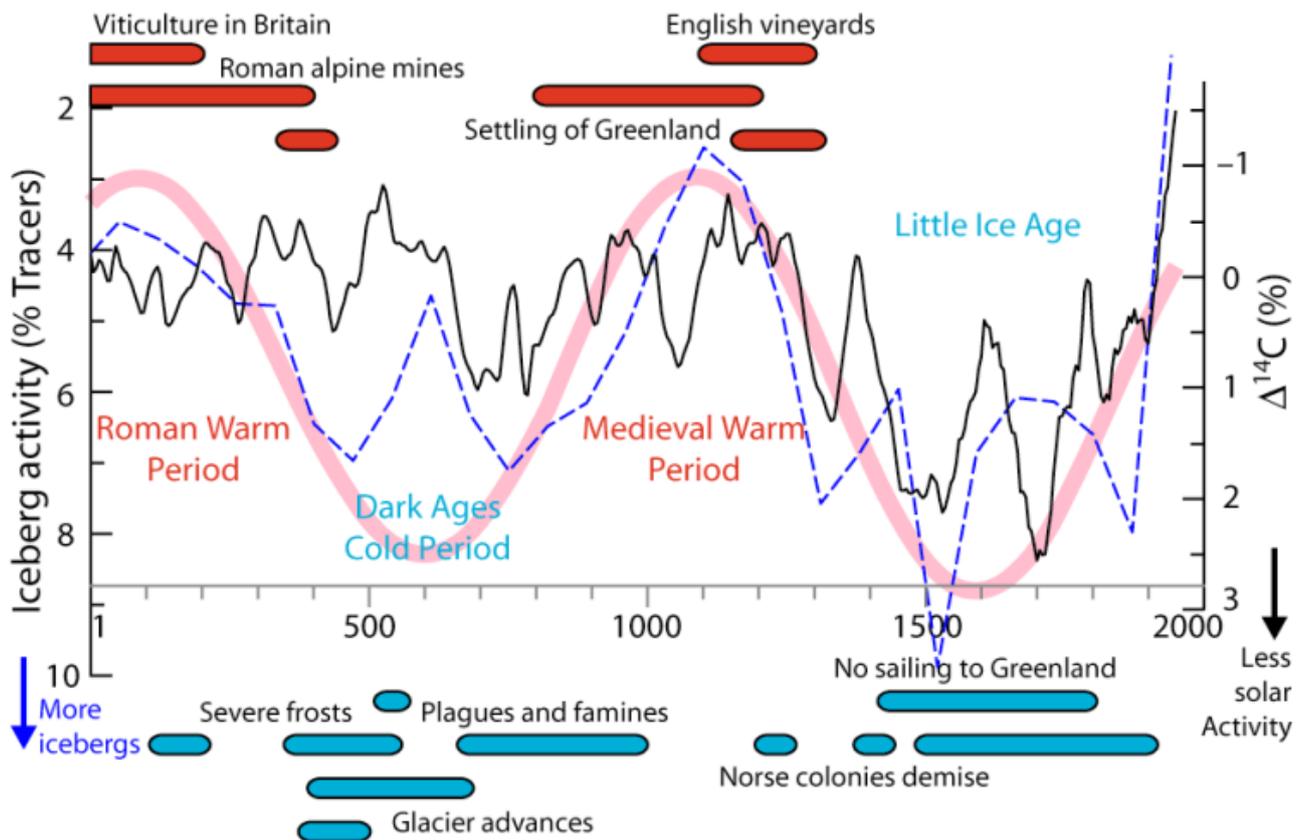


Abbildung 5. Der tausendjährige Sonnen-Klima-Zyklus der letzten 2000 Jahre. Die Anomalie des ^{14}C -Produktionsniveaus (schwarze Kurve), ein Indikator für die Sonnenaktivität, wird mit der Eisbergaktivität im Nordatlantik (gestrichelte blaue Kurve), einem Indikator für das Klima, verglichen. Die rosafarbene Sinuskurve zeigt die Jahrtausendfrequenz. Sie definiert zwei warme und zwei kalte Perioden, die durch eine große Anzahl von Belegen gestützt werden, von denen einige durch rote und blaue Balken dargestellt sind (siehe Haupttext).

- Das Klima der letzten zwei Jahrtausende lässt sich in vier verschiedene Phasen unterteilen:
- Die römische Warmzeit (die um 400 n. Chr. endet)
- Die Kaltzeit des dunklen Mittelalters, die aus zwei Teilen besteht – einem frühen Teil um 500 n. Chr. und einem späten Teil um 700 n. Chr.
- Die mittelalterliche Warmzeit (um 1100 n. Chr.)
- Die Kleine Eiszeit (Beginn um 1300 n. Chr.)

Dieses Schema, das sich durch seine tausendjährige Quasi-Periodizität auszeichnet, wird durch eine Fülle historischer, biologischer, geologischer und klimatischer Belege gestützt. In einer kürzlich erschienenen Veröffentlichung werden einige dieser überzeugenden Beweise in Form von farbigen Balken dargestellt (Abbildung 5), wobei warme Indikatoren durch rote Balken und kalte Indikatoren durch blaue Balken

dargestellt werden [7].

Das Problem lässt sich wie folgt zusammenfassen: Wenn wir den erheblichen Einfluss der geringen Sonnenaktivität nicht anerkennen, haben wir keine befriedigende Erklärung für das Auftreten der Kleinen Eiszeit. Die Anwendung von Verfahren zur Kausalidentifizierung im Rahmen der Systemtheorie bringt Licht in dieses Problem der Erklärbarkeit [8]. Bei diesen Verfahren wird die erzwungene Identifizierung, bei der die vom IPCC ermittelten Antriebe verwendet werden, mit der freien Identifizierung verglichen, bei der keine spezifischen Antriebe angenommen werden. Diese Analyse zeigt, dass ein großer solarer Antrieb erforderlich ist, um sowohl die mittelalterliche Warmzeit als auch die kleine Eiszeit zu erklären. Die IPCC-Hypothese einer geringen Empfindlichkeit des Klimas gegenüber der Sonnenaktivität erweist sich somit als falsch.

Klärung der Diskrepanz über den Einfluss der Sonne auf das Klima

Das Ignorieren von einer Hypothese widersprechenden Beweisen ist in der Wissenschaft nie eine gute Idee. Die IPCC-Berichte stützen sich auf paläoklimatische Proxy-Beweise, um zu behaupten, dass der laufende Klimawandel höchst ungewöhnlich ist und dass die derzeitigen Temperaturen höchstwahrscheinlich so hoch sind wie seit langem nicht mehr. Wenn es jedoch darum geht, die paläoklimatischen Folgen vergangener Schwankungen der Sonnenaktivität zu untersuchen, sind die IPCC-Berichte nicht schlüssig.

Tatsächlich gibt es zahlreiche und konsistente Belege, die eindeutig darauf hindeuten, dass die Auswirkungen der Sonneneinstrahlung auf das Klima nicht auf kleine Schwankungen der Gesamt-Sonneneinstrahlung an der Oberfläche zurückzuführen sind. Vielmehr wirken sich die solaren Veränderungen in erster Linie auf die atmosphärische Zirkulation und damit auf die Intensität des Wärme- und Feuchtigkeitstransports in die Arktis aus, insbesondere während der Wintersaison, wenn die atmosphärische Zirkulation verstärkt ist.

Im Winter hat die Arktis einen schwachen Treibhauseffekt, weil ihre Atmosphäre nur wenig Wasserdampf enthält – eine entscheidende Komponente, die zusammen mit der Wolkenbildung für 75 % des Treibhauseffekts verantwortlich ist. Folglich wirken die Polarregionen als Kühlsysteme innerhalb der thermodynamischen Wärmekraftmaschine des Klimas. Eine Veränderung der Wärmemenge, die im Winter in die Arktis transportiert wird, hat spürbare Auswirkungen auf die Energiebilanz des Planeten. Auch wenn die Auswirkungen in einem einzigen Jahr gering erscheinen mögen, summieren sie sich schnell zu einem großen Effekt, wenn die Veränderungen der Sonnenaktivität über mehrere Jahrzehnte anhalten, wie es während des aktuellen [Sonnenmaximums](#) während des größten Teils des 20. Jahrhunderts der Fall war.

Diese Hypothese bringt nicht nur das Paläoklima und die modernen Beweise in Einklang, sondern hat auch eine große Erklärungskraft, d. h. sie erklärt eine größere Anzahl von Fakten, bringt Licht in rätselhafte Beobachtungen, stützt sich weniger auf Autoritäten und mehr auf empirische Beobachtungen, macht ein Minimum an Annahmen und ist leichter falsifizierbar. Dies macht sie zu einer besseren Hypothese als diejenige, die von einer verstärkten Wirkung der CO₂-Veränderungen ausgeht.

Der Autor hat vor kurzem ein akademisches [Buch](#) veröffentlicht, in dem er die neue Hypothese vorstellt [9], die auch in mehreren Blog-Beiträgen auf dieser Website erörtert wurde. Darüber hinaus wird ein demnächst erscheinendes Buch, das sich an ein breiteres Publikum richtet, eine überzeugende, evidenzbasierte Erklärung für den Einfluss von Veränderungen im Wärmetransport auf die jüngsten Klimaveränderungen liefern.

Dieser neue Mechanismus steht nicht im Widerspruch zu bestehenden Theorien, wie z. B. den Auswirkungen erhöhter menschlicher Emissionen, aber er reduziert deren potenzielle Auswirkungen erheblich. Paläoklimatische Belege deuten stark darauf hin, dass dieser Mechanismus die Haupttriebkraft des Klimawandels auf hundertjährigen bis tausendjährigen Zeitskalen ist. Infolgedessen müssen die Existenz einer Klimakrise und die potenziellen positiven klimatischen Auswirkungen einer drastischen Reduzierung unserer Emissionen ernsthaft in Frage gestellt werden.

References:

1. Vinós, J., 2022. Climate of the Past, Present and Future: A scientific debate. 2nd ed. Critical Science Press.
amazon.com/dp/B0BCF5BLQ5/ ↑
2. Clilverd, M.A., et al., 2006. Space Weather, 4 (9).
doi.org/10.1029/2005SW000207 ↑
3. Gulev, S.K., et al., 2021. Climate change 2021: The physical science basis. 6th AR IPCC. p.297. doi.org/10.1017/9781009157896.004 ↑
4. Lean, J.L., 2017. Sun-climate connections. In: Oxford Research Encyclopedia of Climate Science.
doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.9 ↑
5. [Understanding the Arctic polar vortex | NOAA Climate.gov](https://www.noaa.gov/understanding-the-arctic-polar-vortex) ↑
6. Bond, G., et al., 2001. Science, 294 (5549), pp.2130–2136.
doi.org/10.1126/science.1065680 ↑
7. Moffa-Sánchez, P. & Hall, I.R., 2017. Nat. Commun. 8 (1), p.1726.
doi.org/10.1038/s41467-017-01884-8 ↑
8. de Larminat, P., 2016. Annu. Rev. Control, 42, pp.114–125.
doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.09.018 ↑
9. Vinós, J., 2022. Climate of the Past, Present and Future: A scientific debate. 2nd ed. Critical Science Press.
amazon.com/dp/B0BCF5BLQ5/ ↑

Link:

<https://andymaypetrophysicist.com/2023/07/05/solar-activity-cycle-25-surpasses-cycle-24/>

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