



Der nächste Sonnenzyklus und warum er für das Klima wichtig ist

Original <https://www.thegwpf.org/content/uploads/2020/04/SolarCycle25.pdf>

- Press Release, Global Warming Policy Foundation

The Next Solar Cycle and Why it Matters for Climate
David Whitehouse
Note 22, The Global Warming Policy Foundation

© Copyright 2020, The Global Warming Policy Foundation

Für Eike übersetzt durch Andreas Demmig

Zusammenfassung

Die Vorhersagen für den nächsten Sonnenzyklus - Zyklus 25 -reichen von sehr geringer Aktivität bis zu stärkerer Aktivität als Zyklus 24.

Das National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA meint, dass es keine Beweise für eine weitere Sonnenzyklus -Periode mit sehr geringer Aktivität gibt – wie es im Maunder Minimum des späten 17. und frühen 18. Jahrhunderts war, was einen wichtigen Einfluss auf Faktoren hatte, die das Klima der Erde bestimmen.

Eine Übereinstimmung zu dieser Meinung (Vorhersage) gibt es nicht, aber es liegt im Bereich des Möglichen.

Über den Autor

Der Wissenschaftsredakteur der GWPF, Dr. David Whitehouse, ist Schriftsteller, Journalist, Rundfunksprecher und Autor von sechs von der Kritik gefeierten Bücher.

Er hat einen Dokortitel in Astrophysik von dem Jodrell Bank Radio Observatory. Er war der Wissenschafts Korrespondent und Herausgeber von BBC News Online.

Unter seinen vielen Auszeichnungen sind der europäische Internetjournalist des Jahres, der erste Arthur C Clarke Award und beispiellose fünf Netmedia-Auszeichnungen. Der Asteroid 4036 Whitehouse ist nach ihm benannt.

Einführung

2019 war meist ohne Sonnenflecken. Seit einer längeren Periode war die Sonne zu 90% der Zeit fleckenfrei und beschloss mit einer Minimum Aktivität den Sonnenzyklus 24 * - und Zyklus 25 beginnt mit einem der tiefsten Sonnenminima aller Aufzeichnungen.

Es ist wichtig, den 11-jährigen Sonnenzyklus zu verstehen, nicht nur für die Wissenschaft der Sonnenforschung, sondern auch zum Schätzen seines Einflusses auf die Erde und unser Klima. Die Sonne ändert ihr Verhalten und verhält sich nicht so wie vor 50 Jahren, als die Sonnendynamik [im Original „cycles“] stärker waren als heute. Wie bedeutend ist diese Änderung?

Könnten die Sonnenzyklen im Begriff sein, das Erdklima zu beeinflussen, wie manche es denken, dass auch vor 350 Jahren passiert sein könnte? Sind wir in der Lage, Vorhersagen über zukünftige Sonnenzyklen und Abschätzungen des klimatischen Einfluss zu treffen?

In dieser Ausarbeitung erläutern wir einige dieser Probleme.

* .Die Sonnenzyklen wurden ab 1755 nummeriert, beginnend mit dem Zyklus 1. Seit dem 1. Juli 2015 wurden die ursprünglichen Zyklen-Nummern durch eine neue, vollständig überarbeitete Datenreihe ersetzt.

Sonnenvariabilität

Es kann sehr leicht sein, die Variabilität der Sonne als viel zu gering abzutun, als dass sie Auswirkungen auf das Erdklima haben könnte. Die über das elektromagnetische Spektrum gemittelten Schwankungen der gesamten Sonnenstrahlung betragen nur 0,1%.

Eine größere Variabilität ist im Fluss energetischer Teilchen und der kurzwelligen Strahlung über den 11-jährigen Sonnenzyklus zu erkennen, und diese Änderungen haben Auswirkungen in den oberen Regionen der Atmosphäre.

Änderungen von bis zu 10% treten in der Menge von ultraviolettem Licht auf, das die Sonne über einen Sonnenzyklus verlässt. Es wird geschätzt, dass im Durchschnitt über den Globus der Erde die Oberfläche sich im 11-Jahres-Zyklus - vom Sonnenminimum zum Sonnenmaximum - um bis zu 0,1 ° C davon erwärmt. Einige Regionen können erheblich mehr Erwärmung als der Durchschnitt erfahren.

Angesichts der Zeiträume ist eine zyklische Erwärmung von 0,1 ° C wichtig, in Bezug auf den globalen Temperaturanstieg in diesem Jahrhundert beobachtet. Weiterhin ist anzunehmen, dass eine längere Verringerung der Sonnenaktivität jahrzehntelange Auswirkungen auf die Erdtemperatur haben könnte.

Es ist wichtig den Sonnenzyklus und [die Vorhersagen] seines Verhaltens in der Zukunft zu verstehen. Einige haben vorgeschlagen, dass die signifikanten Variationen im Klima erklären, dass der Einfluss der Sonne um den Faktor fünf unterschätzt wurde.¹

Svensmark erhält ein ähnliches Ergebnis aus Temperaturen seit der Mittelalterlichen Warmzeit, geschätzt aus Bohrlöchern.² Diese impliziert, dass es eine Abnahme von mindestens 1 ° C geben würde, wenn eine neues tiefes Sonnenminimum auftritt.

Die kleine Eiszeit

Es gibt viele Möglichkeiten, das Erdklima in den letzten 1000 Jahren oder so abzuschätzen. Wissenschaftler waren genial darin, das zu finden, was sie als "Proxies" bezeichnen - Messungen, die in einigen Fällen das sich wandelnde Klima widerspiegeln. Bei diesen Proxies handelt es sich um eine beeindruckende Reihe von Phänomenen: Baumringe, Stalagmiten, Bohrlöcher, Pollenzahlen, Seesedimente, Korallen, Eisbohrkerne und Ablagerungen unter Gebirgsgletschern.

Das Bemerkenswerte ist, dass (abgesehen von den letzten 30 Jahren oder so) alle diese Proxies darauf hinweisen, dass es im letzten Jahrtausend zwei globale Klimaerwärmungen gab: die sogenannte Kleine Eiszeit (LIA), die sich von 1300 bis 1900 gerechnet wird und die mittelalterliche Warmzeit (MWP) von 800–1200 n. Ch.

Beweise lassen auf der ganzen Welt finden: In Sedimenten, die mit dem Indochina Warm Pool [[Indopazifisches Warmwasserbecken](#)], (der größten Ansammlung von warmen Wasser auf der Erde), in Seesedimenten in Südamerika und aus der Radioisotopenanalyse von Muscheln an den Ufern von Grönland. Diese beiden Klimaereignisse sind nicht nur europäisch, wie früher gedacht, sondern globaler Natur. In London wurden jährlich [Frostmärkte auf der zugefrorenen Themse](#) veranstaltet.

Seit Jahrhunderten haben viele französische Dörfer das Datum aufgezeichnet, an dem die lokalen Trauben gereift sind. Diese Daten zeigen ab Mitte des 17. Jahrhunderts, dass die Ernten eine oder

zwei Wochen später begannen als zuvor. Auch die Getreideproduktion brach Mitte des 17. Jahrhunderts ein.

Die LIA wirkte sich zum falschen Zeitpunkt auf Europa aus. Als Reaktion auf das mildere Klima der MWP hat sich die Bevölkerung etwa verdoppelt. Mehr Menschen heirateten, die meisten taten dies früher und brachten sechs oder sieben Kinder zur Welt, obwohl - oder vielleicht weil - die Kindersterblichkeit hoch war.

Aber Mitte des 17. Jahrhunderts hörte das demografische Wachstum auf und in einigen Gebieten sank dies teilweise aufgrund der verringerten Ernteerträge. Die Brotpreise verdoppelten sich und verfünffachten sich dann. Brot [oder überhaupt Essen] kaufen erforderte jetzt fast das gesamte Familieneinkommen. Dies wiederum verursachte einen Einbruch der Nachfrage nach Handwerksleistungen und zu hoher Arbeitslosigkeit.

Hohe Preise und reduzierte Einkommen zwangen viele Paare später zu heiraten; das Durchschnittsalter der Bräute stieg: Im späten 16. Jahrhundert waren die Brautpaare typischerweise Teenager, aber in der Mitte des siebzehnten wurde erst im Alter von siebenundzwanzig oder achtundzwanzig Jahren geheiratet, wodurch auch die Geburtenrate verringert wurde. Der Hunger tat sein Übriges dazu, die Bevölkerung zu schwächen.

Der englische Philosoph Thomas Hobbes schrieb über Politik und Philosophie im Jahre 1651: „Das Leben des (einfachen) Menschen ist einsam, arm, unangenehm, brutal und kurz“.

Die Sonnenflecken sind Schuld

Während des englischen Bürgerkriegs (1642–1651) sagte ein Prediger dem Unterhaus in London: "Dies sind Tage des Schüttelns ... und dieses Schütteln ist universell: Die Pfalz, Böhmen, Deutschland, Katalonien, Portugal, Irland, England." Später wurde dem Zaren von ⁵ Muscovy gesagt: "Die ganze Welt zittert und die Menschen sind beunruhigt." Es gab Umwälzungen im Osmanischen Reich, in Portugal, Sizilien, Spanien, Schweden und der Ukraine sowie in Brasilien, Indien. und China in der Welt dahinter. Ralph Josselin, ein englischer Pfarrer, schrieb: "Ich finde nichts als Verwirrung." Josselin blickte auf Gottes unergründlichen Zweck, aber andere schauten woanders hin. Der italienische Historiker Majolino Bisaccioni schlug vor, dass die Welle der Revolutionen auf den Einfluss der Sterne zurückzuführen sein könnte, aber der Jesuitenastronom Giovanni Battista Riccioli spekulierte, dass Schwankungen in der Anzahl der Sonnenflecken schuld sein könnten.

Mit der Sonne geschah etwas, und Astronomen und Philosophen der damaligen Zeit wussten es. Die frühen Benutzer von Teleskopen hatten zahlreiche Sonnenflecken gesehen, aber von den 1640er Jahren bis zum frühen 18. Jahrhundert bemerkten sie alarmiert deren fast vollständige Abwesenheit. Als Giovanni Cassini, der Direktor des Pariser Observatoriums, 1671 einen Sonnenfleck sah, berichteten die Philosophischen Transaktionen der Royal Society of London sofort darüber und fügten eine Beschreibung der Sonnenflecken hinzu, da der letzte ein Jahrzehnt zuvor verblasst war und die Leser dies möglicherweise vergessen haben.

Im Mai 1684 schrieb John Flamsteed, der erste königliche Astronom, "es ist fast siebeneinhalb Jahre her, seit ich einen Sonnenfleck gesehen habe, bevor sie in letzter Zeit so selten wurden, jedoch sie in den Tagen von Galileo und Scheiner häufiger waren".

Nach fast einem Jahrhundert Abwesenheit kamen im zweiten Jahrzehnt des 18. Jahrhunderts plötzlich Sonnenflecken und Nordlichter zurück. Die Sonne war lange Zeit in geringer Aktivität gewesen, aber jetzt war sie aufgewacht und die Partikel, die sie in den Weltraum schleuderte, trafen die obere Erdatmosphäre und ließen die verdünnte Luft den Nachthimmel Nordeuropas und Amerikas erleuchten. Insbesondere die 1780er Jahre waren ein gutes Jahrzehnt für das Nordlicht. Niemand hatte in lebendiger Erinnerung so schöne Darstellungen gesehen. Darüber hinaus brachen zwei große Vulkane aus - Laki in Island und Asama in Japan - und häuften die Stratosphäre mit genügend Staub an, um die Sonne abzuschirmen und die globalen Temperaturen zu senken. Monatelang bedeutete der Staub herrliche Sonnenaufgänge und Sonnenuntergänge. Das alles hat die Jugend der Zeit tief beeindruckt. Wordsworth nannte sie "nördliche Schimmer", während Coleridge sagte, sie seien die "strömenden Banner des Nordens" und "schwebende Gewänder aus rosigem Licht".

Zyklus der Sonnenflecken

Einige Jahrzehnte später kam eine wichtige Entdeckung. Der deutsche Amateurastronom Samuel Heinrich Schwabe (1789–1875) stellte sich 1826 die Aufgabe, Planeten in der Merkur-Umlaufbahn zu entdecken, deren Existenz seit Jahrhunderten vermutet wurde. Wie viele vor ihm erkannte er, dass seine beste Chance, sie zu entdecken, darin bestand, dass sie die Sonne durchquerten, aber die Hauptschwierigkeit bestand darin, 6 solcher Planeten von kleinen Sonnenflecken zu unterscheiden.

Er begann akribisch die Position eines auf der Sonnenscheibe sichtbaren Sonnenflecks an jedem Tag aufzuzeichnen, den das Wetter zuließ. Nach 17-jährigen Beobachtungen hatte er 1843 keinen einzigen intra-mercurialen Planeten gefunden, sondern eine zyklische Zunahme und Abnahme der Anzahl der auf der Sonne sichtbaren Sonnenflecken: einen Sonnenzyklus mit einem Zeitraum, den er ursprünglich auf 10 Jahre geschätzt hatte.

Anfangs glaubten ihm viele nicht, aber 1852, innerhalb eines Jahres nach Veröffentlichung von Schwabes Ergebnissen in einem Buch namens Kosmos, gab der irische Astronom und Entdecker Edward Sabine (1788–1883) bekannt, dass die Sonnenfleckenzyklus-Periode dieselbe sei wie die von Schwankungen im Erdmagnetfeld, für die seit Mitte der 1830er Jahre zuverlässige Daten gesammelt wurden. Langsam erlangte Schwabes Entdeckung Anerkennung, und andere fragten sich, ob der Zyklus anhand historischer Beobachtungen in der Vergangenheit weiter verfolgt werden konnte. Rudolf Wolf (1816–1893) übernahm die ungeheure Fleissaufgabe, Sonnenfleckenbeobachtungen zu vergleichen, die von vielen verschiedenen Astronomen mit verschiedenen Instrumenten und Beobachtungstechniken durchgeführt wurden.

Das Maunder Minimum

Es war der englische Astronom am Royal Observatory in Greenwich, Edward Walter Maunder (1851–1928), der zuerst die Fäden des Geheimnisses der fehlenden Sonnenflecken zusammenzog. Ab etwa 1877 begann er mit der Messung der Flächen von Sonnenflecken und der Größe heller Flecken auf der Sonne, den so genannten Faculae. Er sammelte Daten für sein „Schmetterlingsdiagramm“, das die von Richard Carrington (1826–1875) beobachtete Bewegung von Sonnenflecken am Äquator während des Sonnenzyklus zeigt. Es ist immer noch ein großartiges Diagramm, das auf 9000 Fotografien der Sonne und 5000 verschiedenen Gruppen von Sonnenflecken über 30 Jahre basiert. Es faßt viel zusammen, was über die Sonne bekannt und unbekannt ist.

Die Frage nach den fehlenden Sonnenflecken faszinierte Maunder. Jahre zuvor hatte William Herschel (1738–1822), Entdecker des Uranus, etwas Besonderes bemerkt. In fünf unregelmäßigen Zeiträumen schien es an Sonnenflecken zu mangeln: 1650–70, 1676–84, 1686–88, 1695–1700 und 1710–13. 1801 führte er die Idee einer Verbindung zwischen Sonnenflecken und Klima ein, als er auf Perioden im 17. Jahrhundert hinwies - von zwei Jahrzehnten bis zu einigen Jahren - in denen kaum Sonnenflecken beobachtet worden waren. Er wies darauf hin, dass in diesen Zeiträumen der Weizenpreis hoch gewesen sei, was vermutlich auf Dürreperioden zurückzuführen sei.

Für Maunder kamen die Fäden durch die Arbeit eines amerikanischen Wissenschaftlers, Andrew Ellicott Douglass (1867–1962), zusammen, der die fehlenden Sonnenflecken mit einem Effekt auf die Erde verband. Douglass war ein bemerkenswerter Wissenschaftler, der mit seinem Chef Percival Lowell (1855–1916), dem großen Befürworter künstlicher Kanäle auf dem Mars, über Kreuz kam⁷, weil er zu Recht vermutete, dass sie nicht real waren. Nachdem er von Lowell schändlich behandelt worden war, machte er schließlich eine neue Karriere und begründete die neue Wissenschaft der Dendrochronologie - das Studium von Baumringen, die in trockenen Jahren dünner waren. Er veröffentlichte einige bemerkenswerte Zufälle zwischen dem Sonnenfleckenzyklus und Ringen in Bäumen, nachdem er Balken von alten Gebäuden sowie Mammutbäume und andere langlebige Bäume untersucht hatte. Er fand Hinweise auf eine längere Trocken- und Kälteperiode im 17. Jahrhundert.

Dies war ein wichtiger Beweis für Maunder und 1922 las er in einem Brief von Douglass zum Treffen der British Astronomical Association:

Sequoias [Mammutbäume] zeigen die Abflachung der Kurve von 1670 oder 1680 bis 1727 sehr stark an. Wiederum scheint es unter Berücksichtigung der gesamten Beweise wahrscheinlich, dass der Sonnenfleckenzyklus seit 1400 n. Chr. - mit einer möglichen Störung in einem beträchtlichem Intervall vor dem Ende des 17. Jahrhundert andauerte.

Maunder starb 1928 und seine Arbeit erhielt nicht die Aufmerksamkeit, die sie verdiente; seine Aufzeichnungen lagen fast 50 Jahre lang halb verborgen, ebenso wie die fehlenden Sonnenflecken im 17. Jahrhundert. Der Wert von Baumringen für die Klimastudie wurde erst in den 1960er Jahren fest etabliert. In der Neuzeit war es der amerikanische Solarphysiker Jack Eddy (1931–2009), der das wiederentdeckte. Als Eddy die Idee entwickelte, dass das 17. Jahrhundert eine Zeit geringer Sonnenaktivität gewesen sein könnte, erzählte ihm ein Kollege von der Arbeit von Walter Maunder vor 100 Jahren. "Das hat meine Neugier geweckt", sagte Eddy.

Eddy kämpfte hart, um seine Kollegen von der Realität des sogenannten Maunder-Minimums zu überzeugen³, da er sich ausschließlich auf Berichte von vor langer Zeit stützte. Aber er suchte auch nach anderen Beweisen und fand sie. Da er in Astro-Geophysik ausgebildet worden war und etwas über die weiteren Auswirkungen der Sonne auf die Erde wusste, sah er sich historische Aufzeichnungen über Auroren genau an. Er lernte auch das Labor für Baumringforschung in Tucson, Arizona, kennen. Kohlenstoff-14-Daten von Bäumen zeigten eindeutig ein Muster langsamen Wachstums im selben Zeitraum, was darauf hinweist, dass sich die Erde ein wenig erkältet hatte, als die Sonnenflecken verschwunden waren. So war es auch mit dem sogenannten Spörer Minimum (1460–1550) und dem Dalton Minimum (1790–1830).

Ein magnetischer Zyklus

Seit vielen Jahren haben Wissenschaftler über den scheinbaren Zufall des Zusammentreffens nachgedacht, als die Sonne ruhig wurde und die kleine Eiszeit einsetzte. Die Kontinuität unserer Sonne über Milliarden von Jahren war für das Leben auf der Erde von entscheidender Bedeutung. Das kurzfristige Verhalten innerhalb eines Sonnenzyklus oder über mehrere Zyklen hinweg wird jedoch angesichts unserer technologischen Lebensweise immer wichtiger, dieses zu verstehen. Das „Weltraumwetter“ und wie es sich während des gesamten Sonnenzyklus verändert, hat Auswirkungen auf die Satellitenumlaufbahnen, die Gesundheit der Astronauten, den Zustand der Atmosphäre, die Energieübertragung und die Kommunikation. Es hat auch einen Einfluss auf Wolken und Klima, inzwischen Themen von erheblicher Bedeutung.

Ein wichtiger Meilenstein für das Verständnis der Sonnenaktivität war die Arbeit von George Ellery Hale (1868–1938), der erstmals die magnetische Natur von Sonnenflecken und den Sonnenzyklus demonstrierte. Dies führte in den 1950er Jahren zur Entwicklung der Idee des Solardynamos durch E. N. Parker (geb. 1927).

Unter dem Grundmechanismus des Sonnenzyklus wird nun die zyklische Umwandlung des Magnetfeldes von Nord-Süd- nach Ost-West-[Ausrichtung] verstanden. Tatsächlich sind diese Veränderungen die Wurzel aller Phänomene, die als „Sonnenaktivität“ eingestuft werden. Wir wissen, dass in der Konvektionszone der Sonne durch das Zusammenspiel von Konvektion und Differenzialrotation ein magnetischer Fluss erzeugt wird. Zu Beginn eines Sonnenzyklus ist das Magnetfeld beim Erreichen der Oberfläche grob von Nord nach Süd ausgerichtet, wird jedoch durch Rotation, die am Äquator schneller ist als in höheren Breiten, in eine Ost-West-Konfiguration verdreht.

Das ist klar [bewiesen] und wir haben in den letzten Jahrzehnten viel mehr dazu gelernt. In der Tat konnten Svalgaard et al. die Erkenntnis nutzen, dass die Zyklusstärke mit der solaren poloidalen Feldstärke am solaren Minimum zusammenhängt, um erfolgreich vorherzusagen, dass Zyklus 24 sehr schwach sein würde. Es bleiben jedoch erhebliche Schwierigkeiten. Insbesondere Computermodelle des Dynamos, die strampeln, das zu reproduzieren, was auf der Sonne beobachtet wird. Die unterschiedliche Rotation im Inneren der Sonne, wie die jüngsten Fortschritte in der Helioseismologie zeigen, scheint sich stark von den Erwartungen der Wissenschaftler zu unterscheiden. Sie können nicht erklären, wie es Magnetfelder erzeugen könnte. Darüber hinaus wurde kürzlich erkannt, dass der meridionale Fluss nicht so einfach ist wie bisher angenommen. Früher wurde angenommen, dass die Konvektionsgeschwindigkeiten 100 m / s betragen, aber Beobachtungen legen nahe, dass 10 m / s eine Obergrenze sind.

Infolgedessen besteht ein Jahrhundert nach Hales ersten Beobachtungen des solaren Magnetfelds immer noch keine einheitliche Meinung über die Besonderheiten des Mechanismus, der das Magnetfeld der Sonne erzeugt. Es gibt kein Standardmodell des Solardynamos.

Zyklus 24

Bevor wir überlegen, was in Zukunft passieren könnte, sollten Sie sich die Vorhersagen für Zyklus 24 ansehen, den Zyklus, in dem wir uns derzeit befinden. Als Zyklus 23 in den mittleren Jahren des ersten Jahrzehnts des 21. Jahrhunderts zu Ende ging, glaubten viele Sonnenastrophysiker, die die Sonne beobachteten, um die ersten Bewegungen von Zyklus 24 zu sehen, dass sie ein gutes

Verständnis dafür hatten, was solche Zyklen verursacht. Trotzdem waren die Vorhersagen für Zyklus 24 sehr unterschiedlich. Man sagte sogar voraus, dass es der stärkste Zyklus aller Zeiten sein würde. Am Ende war es der schwächste Zyklus seit 100 Jahren. Die US-amerikanische National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) sagte voraus, dass er im März 2007 beginnen würde. Als dies nicht der Fall war, verschoben sie das auf März 2008 und mussten ihre Vorhersage später erneut überarbeiten. Nur Svalgaard lieferte eine korrekte Vorhersage.⁴

Der erste Hinweis auf einen neuen Zyklus ist das Auftreten kleiner Sonnenflecken in hohen Breitengraden, normalerweise etwa 12 bis 20 Monate vor Beginn des neuen Zyklus. Für Cycle24 wurden sie erst Anfang 2010 angezeigt, wodurch das Sonnenfleckenminimum zwischen den Zyklen 23 und 24 beispiellos lang wurde. In der Tat hatte kein lebender Wissenschaftler gesehen, wie sich die Sonne so verhält: "Dies ist der niedrigste Wert, den wir je gesehen haben. Wir dachten, wir wären jetzt nicht mehr dabei, aber das sind wir nicht", sagte Marc Hairston von der University of Texas im Jahr 2009. Und es sind nicht nur die Sonnenflecken, die Anlass zur Sorge geben. Es gibt auch den sogenannten Sonnenwind - Partikelströme, die die Sonne ausgießt -, der am schwächsten ist, seit die Aufzeichnungen begonnen haben. Außerdem ist die Magnetachse der Sonne in ungewöhnlichem Maße geneigt. "Dies ist die ruhigste Sonne, die wir seit fast einem Jahrhundert gesehen haben", sagt der NASA-Solarwissenschaftler David Hathaway.

Solar Cycle 24 erreichte im April 2014 mit einem Höchststand von 82 Sonnenflecken sein Maximum. Die nördliche Hemisphäre der Sonne führte den Sonnenfleckenzyklus an und erreichte über zwei Jahre vor der südlichen Hemisphäre ihren Höhepunkt. Die relative Schwäche von Zyklus 24 überraschte einige Astronomen. Es gab Wahrsager, die die Statistik der Sonnenfleckendaten verwendeten, um die Zukunft vorherzusagen, was nicht vollständig erfolgreich gewesen war. In den letzten zwanzig Jahren und insbesondere mit den Statistiken von Zyklus 24 ausgestattet, wurde klar, dass der Physik des Sonnenzyklus mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden sollte. Nur wenn die Physik einbezogen wird und nicht nur die Sonnenfleckenstatistik, sind die Vorhersagen besser

Zyklus25

Unser derzeitiges Verständnis der physikalischen Prozesse der globalen Solardynamik und des Solardynamos, der die Magnetfelder erzeugt, ist bestenfalls lückenhaft, und als solches können wir möglicherweise nur unrealistische theoretische und numerische Modelle der Sonnenzyklen erstellen.

Im April 2019 prognostizierte die NOAA, dass der nächste 11-jährige Sonnenzyklus wahrscheinlich schwach sein wird, ähnlich wie der aktuelle.⁵ Die NOAA prognostiziert, dass der Solarzyklus 25 möglicherweise nur langsam startet, und sie erwarten das Sonnenmaximum wird zwischen 2023 und 2026 mit einer maximalen Anzahl von Sonnenflecken von 95–130. Dies liegt weit unter der normalen Anzahl von Sonnenflecken, die zwischen 140 und 220 pro Sonnenzyklus liegt. Das Gremium der NOAA ist sehr zuversichtlich, dass der kommende Zyklus den Trend zur Abschwächung der Sonnenaktivität in den letzten vier Zyklen brechen wird: „Wir erwarten, dass der Sonnenzyklus 25 dem Zyklus 24 sehr ähnlich sein wird¹⁰: ein weiterer ziemlich schwacher Zyklus, dem ein langer Zyklus vorausgeht, tiefes Minimum“, so die Co-Vorsitzende des Panels, Lisa Upton. Wenn Zyklus 25 wirklich vergleichbar mit Zyklus 24 ist, bedeutet dies, dass der stetige Rückgang der Amplitude des Sonnenzyklus, gesehen in den Zyklen 21–24, beendet ist. Upton ist der Ansicht, dass es „keinen Hinweis darauf gibt, dass wir uns derzeit einem Maunder-Minimum an Sonnenaktivität nähern“.

Später in diesem Jahr wird das Panel eine offizielle Kurve der Sonnenflecken veröffentlichen, die die vorhergesagte Anzahl von Sonnenflecken während eines bestimmten Jahres zeigt.

Eine weitere Vorhersage für Zyklus 25 stammt von Sarp und Kilcik.⁶ In dieser Studie wurde ein nichtlinearer Ansatz der Vorhersage auf die Anzahl der Sonnenflecken angewendet und die Leistung des Modells für die letzten fünf Sonnenzyklen getestet. Nach diesen Ergebnissen wurde das Ende von Zyklus 24 im Februar 2020 mit einer geglätteten monatlichen mittleren Sonnenfleckenanzahl von 7,7 erwartet. Das Maximum von Zyklus 25 wird für Mai 2024 mit einer geglätteten monatlichen mittleren Sonnenfleckenanzahl von 119,6 erwartet. Svalgaard prognostiziert einen Peak zwischen 116 und 156.

Mit Blick auf die Zukunft des Zyklus 25 untersucht Ahluwalia die Entwicklung der Sonnenaktivität über bevorstehende Zyklen anhand von geomagnetischen Indizes und der Intensität des solaren polaren Magnetfelds.⁷ Er stellt fest, dass die Basislinie der geomagnetischen Indizes von 1900 bis 1986 monoton anstieg und danach abnahm. Dies führte ihn zu Spekulationen darüber, dass es einen Zyklus mit einer Grundperiode von 86 Jahren gibt. Er prognostiziert daher einen Anstieg der Sonnenaktivität in den 2070er Jahren. Er weist auch darauf hin, dass die Intensität des polaren Sonnenmagnetfelds in den letzten drei Zyklen (22–24) systematisch abgenommen hat, ebenso wie die Sonnenfleckenanzahl am Zykluspeak. Vorhersagen für Zyklus 25 sind in Tabelle 1 angegeben.

Table 1: Predictions for Cycle 25

Author	Sunspot number prediction
Pishkalo ⁸	116±2
Miao ⁹	121.5±32.9
Labonville ¹⁰	89 (range +29 to -14)
NOAA ³	95–130
Han ¹¹	228±40.5
Ahluwalia ¹²	7
Dani ¹³	159±22.3
Li ¹⁴	168±6.3
Komitov ¹⁵	Same as Cycle 24 or slightly stronger
Bhrowmik ¹⁶	Same as Cycle 24 or slightly stronger
Svalgaard ¹⁷	Between Cycle 24 (116.4) and Cycle 20 (156.6)
NASA ¹⁸	30–50% less than Cycle 24.
Singh ¹⁹	89±9

10

Ausklang

In seinem wegweisenden Buch Die innere Konstitution der Sterne schrieb der Astronom Sir Arthur Eddington: "... es ist zu hoffen, dass wir in nicht allzu ferner Zukunft in der Lage sein werden, eine so einfache Sache wie einen Stern zu verstehen."

Eddington sagt nicht, dass die Sonne einfach sei, sondern dass sie im Vergleich zu vielen anderen Strukturen und Phänomenen in Physik und Astronomie als relativ einfach angesehen werden könne. In vielen Fällen ist es so. Die Erzeugung von Fusionsenergie im Kern und der Transport dieser Energie nach außen, zuerst durch Strahlung und dann durch Konvektion, hat eine Einfachheit und Eleganz, die Eddington gerne gehabt hätte. Er hätte die Erzeugung von Sonnenaktivität und ihre Variabilität nicht annähernd als elegant oder einfach angesehen.

Quellen

1. Scafetta N, Solar and planetary oscillation control on climate change: hind-cast, forecast and a comparison with the CMIP5 GCMs, Energy and Environment 2013; 24: 455–496.
2. Svensmark H, The Sun's Role in Climate Change, Report 33, The Global Warming Policy Foundation, 2019.
3. Eddy JA, 'The Maunder Minimum', Science 1976; 192(4245).
4. Svalgaard L, <https://www.leif.org/research/Cycle%2024%20Smallest%20100%20years.pdf>, 2005.
5. NOAA Cycle 25 Forecast, <https://www.weather.gov/news/190504-sun-activity-in-solar-cycle>.
6. Sarp K, 'Nonlinear prediction of Solar Cycle 25', Proceedings of the International Astronomical Union, vol. 13, February 2018.
7. Ahluwalia HS, 'Evolution of sunspot number timeline for next several cycles beyond 2016'. Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, vol. 176, pp. 57-60, September 2018.
8. Pishkalo MI, 'On polar magnetic field reversal in Solar Cycles 21, 22, 23, and 24', arXiv.org, Aug 2019.
9. Miao WR, 'Prediction verification of solar cycles 18–24 and a preliminary prediction of the maximum amplitude of solar cycle 25 based on Precursor Method', Research in Astron. Astrophys., 2019.
10. Labonville CL, 'A dynamo-based forecast of Solar Cycle 25', Solar Physics, June 2019.
11. Han Y, 'A decline phase modeling for the prediction of Solar Cycle 25', Solar Physics, August 2019.
12. Ahluwalia HS, 36th International Cosmic Ray Conference, vol. 358, July 2019.
13. Dani S, 'Prediction of maximum amplitude of Solar Cycle 25 using machine learning', Journal of Physics: Conference Series, vol. 1231, 2019.
14. Li F, 'Solar cycle characteristics and their application in the prediction of cycle 25', Journal of Atmospheric and Solar-terrestrial Physics, vol. 181, p. 110–115, December 2018.
15. Komitov B, 'The 24th solar cycle: Preliminary analysis and generalizations', Bulgarian Astronomical Journal, vol. 30, 2019.
16. Bhrowmik N, 'Prediction of the strength and timing of sunspot cycle 25 reveal decadal-scale space environmental conditions', Nature Communications, vol. 9, p. 5209, 2018.
17. Svalgaard L, <https://www.leif.org/research/Prediction-of-SC25.pdf>.
18. NASA, <https://www.nasa.gov/feature/ames/solar-activity-forecast-for-next-decade-favorable-for-exploration>.
19. Singh B, 'Prediction of declining solar activity trends during solar cycles 25 and 26 and indication of other solar minimum', Astrophysics and Space Science, vol. 364, no. 12, February 2019.