

Sonnenflecken

Wo bleibt der Zyklus Nr. 24?

von Eike Roth

e-mail Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - vereinfachte Kurzfassung

Sonnenflecken sind massive Energieausbrüche der Sonne. Sie treten in etwa 11-jährigem Zyklus auf, der allerdings starken Schwankungen unterliegt. Seit Jahren wird darüber diskutiert, welchen Einfluss sie auf unsere Erde und insbesondere auf deren Klima haben. Im 20. Jahrhundert waren sie überdurchschnittlich stark aktiv und Manche meinen, dass die beobachtete Klimaerwärmung der Erde auch darauf zurückzuführen wäre. Nachweis oder Widerlegung dieser Theorie waren bisher nicht möglich.

Jetzt bietet sich aber eventuell eine Chance dazu: Der Sonnenfleckenzyklus Nr. 23 ist vorbei und seit Jahren wartet die Fachwelt gespannt auf den Beginn des Zyklus Nr. 24. Aber der will nicht kommen. Alle Erfahrungen zeigen, dass nach einer langen Pause zwischen 2 Zyklen nur ein sehr schwacher Zyklus kommt, vielleicht sogar eine ganze Serie schwacher Zyklen. Dann würden die Sonnenflecken noch für längere Zeit schwach bleiben. Das wäre ein abrupter Wechsel gegenüber der intensiven Phase im

20. Jahrhundert. Wenn denn die Sonnenflecken tatsächlich einen gravierenden Einfluss auf unser Klima haben, muss sich dieser Wechsel in der Temperaturentwicklung der Erde bemerkbar machen. In einigen Jahren werden wir vermutlich wissen, was an der Theorie der Klimabeeinflussung durch die Sonnenflecken dran ist. Indirekt wird das uns auch sagen, was an der Theorie des Treibhauseffektes dran ist.

Sonnenflecken

Wo bleibt der Zyklus Nr. 24?

von Eike Roth

e-mail Eike.Roth@energie-fakten.de

Hier die Fakten - Langfassung

Sonnenflecken

Die Sonne ist nicht immer makellos rein, sondern sie zeigt oft dunkle Flecken. Diese sogenannten „Sonnenflecken“ sind eine Folge von Störungen im solaren Magnetfeld. Es sind relativ eng begrenzte Stellen kühlerer Temperatur, bis herunter zu etwa 4000 K, auf der ansonsten ca. 6000 K heißen Sonnenoberfläche (K bedeutet Grad Kelvin, das ist die absolute Temperatur; sie ist stets um etwa 273 Grad höher als die Temperatur in Grad Celsius). Da die Sonnenflecken aber mit Begleiterscheinungen wie Fackeln und Protuberanzen verbunden sind, ist die Sonnenaktivität bei vielen Sonnenflecken insgesamt stärker als bei wenigen.

Ursache und Mechanismus der Sonnenflecken werden nicht völlig verstanden. Die Sonnenflecken sind aber wahrscheinlich eine Folge von Konvektionsströmungen in der Sonne. Ihre Zahl schwankt im Wesentlichen in einem etwa 11-jährigen Zyklus, wobei allerdings aufeinanderfolgende Zyklen Flecken mit entgegengesetzter magnetischer

Polarität haben, so dass sich physikalisch gesehen eigentlich Zyklen mit einer Dauer von insgesamt ca. 22 Jahren ergeben. Man hat sich jedoch darauf geeinigt, die Zyklen nur nach der Zahl der Flecken zu betrachten, daher der etwa 11-jährige Zyklus. Allerdings sind diese 11 Jahre nicht konstant, Werte von etwa 9 bis 14 Jahren wurden beobachtet. Auch die Stärke der Zyklen (Zahl und Größe der Sonnenflecken) ist großen Schwankungen unterworfen. Wahrscheinlich sind dem 11-jährigen Zyklus längerfristige Zyklen überlagert, vermutet werden Zyklen mit etwa 100, 400 und 1500 Jahren, doch ist die längerfristige Periodizität umstritten.

Sonnenflecken sind seit mindestens 2000 Jahren belegt und werden seit Erfindung des Fernrohres vor etwa 400 Jahre intensiv beobachtet. Als Anfang eines Zyklus hat man das Minimum der Sonnenflecken definiert und die Zyklen dann einfach durchnummeriert. Der Beginn dieser Nummerierung wurde (einigermaßen willkürlich) auf 1749

festgelegt. Zyklen davor haben negative Nummern.

Derzeit sind wir im Übergang vom 23. zum 24. Zyklus. Der 23. Zyklus begann im September 1996 und erreichte sein Maximum im März 2000. Der Beginn des 24. Zyklus wurde zunächst für Ende 2006 vorausgesagt, dann für 2007, dann für 2008 und jetzt – im Mai 2009 – ist immer noch kein Anfang zu erkennen. Seit über 1000 Tagen gibt es praktisch keine Sonnenflecken. Eine so lange Zeit ohne Sonnenflecken hat es seit 100 Jahren nicht mehr gegeben. Auch der Sonnenwind (ein Strom geladener Teilchen, der von der Sonne ausgesandt wird) ist so schwach wie noch nie seit Beginn der Aufzeichnungen vor etwa 100 Jahren und auch die magnetische Achse der Sonne zeigt in eine ungewöhnliche Richtung. Was das alles wirklich bedeutet, wissen wir noch nicht, aber nach aller Erfahrung wird ein Sonnenfleckenzyklus umso schwächer, je länger das Minimum an seinem Beginn dauert. Zyklus Nr. 24 wird daher vermut-

LANGFASSUNG

lich sehr schwach ausfallen. Und wenn die Sonne sich auch jetzt so benimmt wie in früheren Zeiten, dann dürfte nach einer so langen Pause zumindest auch noch der übernächste Zyklus (Nr. 25) sehr schwach ausfallen. Vielleicht ist es sogar der Beginn vieler schwacher Zyklen? Frühere Aufzeichnungen waren nicht präzise genug, um eine definitive Aussage machen zu können, aber sie begründen einen ernsthaften Verdacht in dieser Richtung. Wesentlich stärkere Sonnenfleckenzyklen sollten dann erst wieder in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts eintreten.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Sonnenfleckenzyklen seit Mitte des letzten Jahrhunderts. Die „Sonnenfleckenrelativzahl“ ist dabei ein Maß für die Stärke der Sonnenflecken in einem Zyklus.

Blickt man länger zurück, so hat es etwa 1790 bis 1830 und 1645 bis 1715 Zeiten mit sehr wenig Sonnenflecken (schwachen Zyklen) gegeben. Diese werden nach ihren Entdeckern als „Dalton-Minimum“ und „Maunder-Minimum“ bezeichnet. Sind wir jetzt am Beginn eines ähnlichen,

lang anhaltenden Minimums? Niemand weiß es, die Zukunft wird es zeigen.

Klimaeinfluss

Wie bereits gesagt, ist die Aktivität der Sonne umso höher, je mehr Sonnenflecken vorhanden sind. Im Maximum eines „normalen“ Sonnenfleckenzyklus ist die Sonnenaktivität um ca. 0,1 % höher als ohne Sonnenflecken. Das ist nicht viel, aber da die Sonne der Antriebsmotor für das Klima auf der Erde ist, wäre ein Einfluss der Sonnenflecken hierauf immerhin möglich. Und tatsächlich findet man bei sorgfältiger Analyse in den stark schwankenden global gemittelten, bodennahen Lufttemperaturen ziemlich eindeutig einen 11-jährigen Zyklus in Übereinstimmung mit den Sonnenfleckenzyklen. Nicht dominant, aber doch einigermaßen klar zu erkennen. Eine viel stärkere Übereinstimmung findet man aber bei längerfristigen Untersuchungen. Die beiden erwähnten etwas längeren Zeiten mit nur sehr schwachen Sonnenfleckenzyklen, das Maunder-Minimum und das Dalton-Minimum, waren besonders kalte Pe-

rioden innerhalb der „Kleinen Eiszeit“, die vom 15. bis etwa zur Mitte des 19. Jahrhunderts gedauert hat. Im 20. Jahrhundert war die Sonne dann überdurchschnittlich stark aktiv und es ist auch eindeutig wärmer geworden. Und jetzt, da der Zyklus Nr. 24 auf sich warten lässt und aller Voraussicht nach auch viel schwächer ausfallen wird, scheint auch die Erwärmung zumindest eine Pause einzulegen (global, in Europa ist es auch in den letzten Jahren teilweise noch wärmer geworden). Sind alle 4 Beobachtungen (11-jähriger Zyklus, sehr kaltes Klima bei länger anhaltenden schwachen Zyklen, Erwärmung bei wieder stärkeren Zyklen, Erwärmungsstopp bei verzögertem und schwachem Zyklus Nr. 24) nur Zufall?

Um diese Frage näher zu untersuchen, sei die Änderung der Sonnenintensität mit den Sonnenflecken in Relation zu 2 anderen Größen gesetzt. Zunächst zu den Auswirkungen der Exzentrizität der Erdumlaufbahn: Die durchschnittliche Strahlungsstärke der Sonne in Erdentfernung (ohne Abschirmung durch die Atmosphäre)

Tabelle 1 Sonnenfleckenzyklen seit 1944

Zyklus Nr.	Beginn [Jahr – Monat]	Maximum [Jahr – Monat]	Sonnenfleckenrelativzahl
18	1944-02	1947-05	201
19	1954-04	1957-10	254
20	1964-10	1968-03	125
21	1976-06	1979-01	167
22	1986-09	1989-02	165
23	1996-09	2000-03	139
24	2009?	2014?	70?

LANGFASSUNG

beträgt 1367 W/m^2 . Dieser Wert wird auch als „Solarkonstante“ bezeichnet. Dabei ist er bei genauerer Betrachtung gar nicht konstant, weil die Bahn der Erde um die Sonne eine Ellipse und kein Kreis ist, die Entfernung Erde – Sonne sich also dauernd ändert. Im sonnennächsten Punkt (Perihel) beträgt die Strahlungsstärke der Sonne 1429 W/m^2 und im sonnenfernsten Punkt (Aphel) nur 1325 W/m^2 , das sind 62 W/m^2 mehr, bzw. 42 W/m^2 weniger, als der Mittelwert. Demgegenüber stehen die $0,1 \%$ Änderung der Sonnenintensität mit den Sonnenflecken, was in Erdentfernung etwa $1,3 \text{ W/m}^2$ ausmacht. Das ist sehr viel weniger. Aber die Sonnenflecken sind längerfristig vorhanden und ihre Wirkungen können daher über Jahre anwachsen, während die Änderungen entsprechend der Erdumlaufbahn jeweils nur sehr kurz einwirken und dann wieder durch gegengerichtete Änderungen abgelöst werden.

Wenn dieses „Anwachsen“ der Wirkungen stimmt, sollten aber auch die Klimaauswirkungen der langanhaltenden Schwachzeiten (Maunder-Minimum und Dalton-Minimum) deutlich stärker ausfallen, als die Klimaauswirkungen der einzelnen Sonnenfleckenzyklen. Genau das ist es, was man sieht. Das Maunder-Minimum und das Dalton-Minimum sind als kalte Perioden sehr viel stärker ausgeprägt, als der 11-jährige Temperaturzyklus im 20. Jahrhundert. Es kann immer noch Zufall sein, aber der Verdacht auf Ursache und Wirkung erscheint nicht abwegig.

Der zweite Vergleich gilt gegenüber den (anthropogenen) Treibhausgasen. Seit Beginn der Industrialisierung (der übrigens zusammenfällt mit dem Ende der „Kleinen Eiszeit“) haben sich CO_2 und andere Treibhausgase verstärkt in der Atmosphäre angesammelt. Weil sie kurzweiliges (Sonnen)licht ungehindert durchlassen und die langwellige Infrarotabstrahlung von der Erde teilweise absorbieren und davon die Hälfte wieder als Gegenstrahlung auf die Erde zurückstrahlen („Treibhauseffekt“), wirken sie insgesamt wie eine Verstärkung der die Erde treffenden Strahlung. Dieser „Strahlungsantrieb“ beträgt derzeit für die (anthropogenen) Treibhausgase etwa $1,6 \text{ W/m}^2$ und wird von den meisten Klimaexperten für die beobachtete Erwärmung seit Beginn der Industrialisierung verantwortlich gemacht.

Nochmals die Zahlen: Strahlungsantrieb der (anthropogenen) Treibhausgase ca. $1,6 \text{ W/m}^2$, Strahlungsantrieb im Sonnenfleckenmaximum ca. $1,3 \text{ W/m}^2$. Das ist immerhin in der gleichen Größenordnung. Kann es sein, dass die Sonnenflecken auch einen erheblichen Beitrag zur beobachteten Erwärmung seit dem Ende der kleinen Eiszeit beigetragen haben? Schließlich haben sie ja in dieser Zeit erheblich zugenommen (erst Zyklus Nr. 24 scheint aus der Reihe zu tanzen, siehe oben)?

Die übliche Antwort darauf heißt „Nein“. Man darf ja nicht den Maximalwert der Sonnenflecken nehmen, denn der gilt immer nur für einen kurzen Zeitraum, man muss vielmehr einen

Mittelwert im 20. Jahrhundert nehmen. Vielleicht kann man etwa $0,7 \text{ W/m}^2$ als Strahlungsantrieb der verstärkten Sonnenflecken ansetzen. Das aber ist so viel kleiner als der Strahlungsantrieb des (anthropogenen) Treibhauseffektes, dass eben auch nur ein sehr viel kleinerer Beitrag zur Erwärmung möglich ist. Der Löwenanteil der Erwärmung wurde durch die Treibhausgase verursacht. Ende der „üblichen Antwort“.

Aber so eindeutig ist das nicht. Rechnungen zu der Temperaturerhöhung durch den Strahlungsantrieb als Folge der erhöhten Treibhausgaskonzentration zeigen übereinstimmend, dass der Strahlungsantrieb allein nicht ausreicht, die beobachtete Erwärmung im 20. Jahrhundert zu erklären. Auch für die Zukunft ergeben solche Rechnungen keine besorgniserregenden Werte. Selbst bei einem Strahlungsantrieb von 4 W/m^2 , wie er für eine Verdoppelung der äquivalenten CO_2 -Konzentration (alle Treibhausgase zusammen genommen und auf CO_2 umgerechnet) in der Atmosphäre abgeschätzt wird, erhält man für den Strahlungsantrieb allein nur eine Temperaturerhöhung von etwa 1 Grad Celsius . Dieser Wert von „etwa 1 Grad Celsius “ ist in der Fachwelt so gut wie unbestritten (dem stimmen, von ein paar Außenseitern abgesehen, „Klimawarner“ und „Klimaskeptiker“ gleichermaßen zu, unterscheiden tun sie sich, von unbedeutenden Nachkommastellen abgesehen, nur hinsichtlich möglicher Verstärkungseffekte, siehe gleich). Dass „etwa 1 Grad

LANGFASSUNG

Celsius“ von einer echten Katastrophe noch weit entfernt ist, zeigt ganz einfach ein Vergleich mit dem Istzustand. Seit Beginn der Industrialisierung ist ja bereits eine Erwärmung um etwa 0,8 Grad Celsius eingetreten (obwohl sich die CO₂-Konzentration „erst“ um gut 30 % erhöht hat), mit der leben wir also jetzt schon. Natürlich zeigen sich negative Folgen, aber es gibt durchaus auch positive Folgen (wie z. B. ein geringerer Heizbedarf) und insgesamt lässt sich dieser Istzustand noch ganz gut aushalten. Wenn uns nicht mehr passiert, kommen wir mit einem blauen Auge davon.

Aber es kann durchaus auch mehr passieren. Die errechneten „etwa 1 Grad Celsius“ sind ja, wie gesagt, nur die direkten Auswirkungen des erhöhten Strahlungsantriebes bei CO₂-Verdoppelung. Daneben gibt es auch noch Rückkopplungseffekte im Klimasystem der Erde, die massiv verstärkend wirken können. Die muss man natürlich auch berücksichtigen. Aber beim Ausmaß dieser Verstärkung beginnt der Streit der Klimaexperten. Die Erwartungen reichen von geringfügigen Abschwächungen bis zu Verstärkungen um den Faktor 10 oder sogar noch mehr, wobei die Mehrheit irgendwo im mittleren Bereich angesiedelt ist. Das ist dann die bei einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration insgesamt zu erwartende Erwärmung um etwa 2 bis 5 Grad Celsius und das ist es, wovor die meisten Experten auch Angst haben. Das zu vermeiden, dienen die Anstrengungen zur Bekämpfung des Treibhauseffektes.

Um es nochmals klar auszusprechen: Ohne Verstärkung (also nur über den Strahlungsantrieb allein) ist zwar der Treibhauseffekt deutlich stärker als die Sonnenfleckenwirkung, aber beide sind ganz eindeutig nicht ausreichend, katastrophale Klimaentwicklungen auszulösen. Darüber sind sich die Klimaexperten einig. Uneinig sind sie sich aber nicht nur über die Verstärkungen aufgrund von Rückkopplungseffekten im Klimasystem der Erde (siehe oben), sondern auch über mögliche zusätzliche Verstärkungseffekte speziell für die Klimawirksamkeit der Sonnenflecken. Diese Verstärkungseffekte sollen nicht im Klimasystem der Erde selbst begründet sein, sondern gewissermaßen von außen auf die Erde einwirken. Konkret handelt es sich um den Einfluss der Sonnenflecken auf das Magnetfeld der Erde, um die Beeinflussung der kosmischen Strahlung, die die Erde trifft, durch das Magnetfeld der Erde und um den Einfluss der kosmischen Strahlen auf die Wolkenbildung auf der Erde und damit auf das Klima. Einige Teile dieses postulierten Verstärkungsmechanismus sind bekannt, andere müssen heute noch als spekulativ bezeichnet werden. Aber wenn man diesen Verstärkungsmechanismus annimmt, kann man die Klimaentwicklung seit Ende der Kleinen Eiszeit ganz gut als Folge der Sonnenflecken erklären. Der (anthropogene) Treibhauseffekt würde dann an Bedeutung verlieren.

Da Rechnungen, wie gesagt, zeigen, dass die direkten Auswirkungen der über die Sonnenflecken geänderten Strahlungs-

intensität allein zu klein sind, um sichtbar zu werden, auf der anderen Seite aber synchrone Klimaänderungen mit den Sonnenflecken durchaus sichtbar sind, erscheint die Annahme eines wirksamen Verstärkungsmechanismus (des geschilderten?) zumindest nicht abwegig.

Die Möglichkeit zu einem Test wird vermutlich der Zyklus Nr. 24 bieten. Dass er (stark) verspätet ist, ist – wie angegeben – Tatsache. Dass er schwach sein wird, ist gut begründet, aber erst in der Zukunft nachweisbar. Wenn er aber tatsächlich schwach ist, dann muss sich das auch auf den weiteren Temperaturverlauf auswirken, *wenn die Sonnenflecken wirklich mehr als einen vernachlässigbaren Einfluss auf unser Klima haben*. Dann muss sich der ohnehin vielleicht schon erkennbare Abkühlungstrend weiter fortsetzen. Bleibt das aus, **ist die Theorie des Einflusses der Sonnenflecken auf das Klima widerlegt**. In einigen Jahren werden wir vermutlich Bescheid wissen.

Das soll aber kein Freibrief zum Nichtstun in Sachen Treibhauseffekt sein. Vorsorglich müssen wir den jetzt schon bekämpfen, weil alle realistischen Gegenmaßnahmen lange brauchen und wir ganz einfach keine Zeit mehr zum Abklären der noch offenen wissenschaftlichen Fragen haben, wenn wir Chancen auf Erfolg haben wollen. Wir sollten aber bis zur Klärung der Sonnenfleckenfrage möglichst nur solche Maßnahmen ergreifen, die nicht allzu viel kosten, sie könnten ja letztlich auch unnötig sein. ■