

Wenn die Sonnenflecken fehlen

Das Maunder Minimum

Dipl.-Ing. Jürgen A. Weigl
OE5CWL/OE6CWL
oe5cwl@energiesdetektiv.com

Wir Funkamateure merken jeden Tag, daß die Sonnenaktivität auf das nächste Minimum zusteuert. Schließlich wissen wir alle um den 11-jährigen Zyklus, dem die Sonnenaktivität unterliegt. Und so sicher wie wir jetzt auf ein Minimum zusteuern, so sicher sind wir auch, daß das nächste Maximum kommt. Wenn man die Sonnenaktivität jedoch über einen langen Zeitraum von vielleicht 1000 Jahren betrachtet, dann entdeckt man ein Verhalten der Sonne, daß jedem DXer einen Alptraum bescheren könnte: da gibt es beachtlich lange Zeiträume mit stark reduzierter Sonnenaktivität.

Der Sonnenfleckenzyklus:

Heute wird die Sonnenfleckenanzahl täglich registriert. Um die Ergebnisse verschiedener Beobachter miteinander vergleichen zu können, wird eine Sonnenfleckenrelativzahl ermittelt. Diese berücksichtigt neben Zahl der Flecken und Fleckengruppen auch die Art des Teleskops und die Beobachtungsbedingungen.

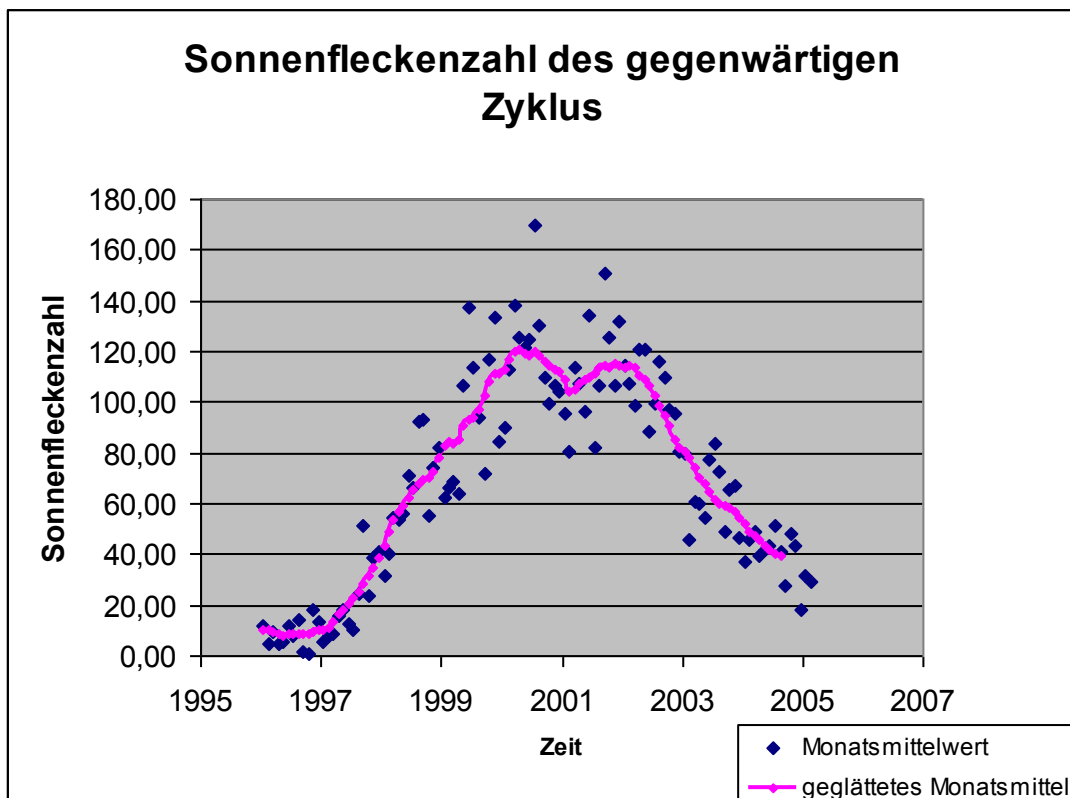


Bild 1: Monatlicher Mittelwert und geglättetes Monatsmittel der Sonnenfleckenrelativzahl des gegenwärtigen Sonnenfleckenzyklus

Zur Betrachtung eines längeren Zeitraumes zieht man dann aber nicht die täglichen Sonnenfleckenrelativzahl heran, sondern ermittelt ein Monatsmittel. Da selbst dieses

Das Maunder Minimum

Monatsmittel noch stark variiert, wird aus jeweils 13 Werten ein geglättetes Monatsmittel errechnet, um den Verlauf der Sonnenaktivität zu beschreiben (Bild 1).

Regelmäßige Aufzeichnungen zur Sonnenfleckenanzahl liegen seit Mitte des 18. Jahrhunderts vor. Heinrich Schwabe, ein Apotheker aus Dessau, der Astronomie als Hobby betrieb, entdeckte so den Sonnenfleckenzyklus. Aus den regelmäßigen Beobachtungen war zu erkennen, daß die Sonne einer gewissen Regelmäßigkeit folgt. Etwa alle 11 Jahre wird ein Maximum bzw. Minimum bei der Sonnenaktivität beobachtet. Wir wissen heute allerdings, daß es sich eigentlich um einen etwa 22-jährigen Zyklus handelt, bei dem sich das Magnetfeld umdreht. Vergleichen kann man das mit einer Sinuswelle, die ein Maximum nach oben und nach unten aufweist. Allerdings ist schon bei der Dauer eines Zyklus die Sonne recht unberechenbar. Die üblicherweise angegebenen 11 Jahre können deutlich über- oder unterschritten werden.

Während eines Sonnenfleckenminimums gibt es Zeitspannen von einigen Tagen bis Wochen, wo keine Sonnenflecken beobachtet werden können. Aber ein monatliches Mittel von Null Sonnenflecken ist unüblich und bisher wurde erst ein Jahr (1810) beobachtet, bei dem das Jahresmittel Null war.

Beobachtung von Sonnenflecken

Es gibt Aufzeichnungen, daß bereits im 4. Jahrhundert v. C. dunkle Flecken auf der Sonne beobachtet wurden. Tatsächlich kann man größere Flecken durchaus mit freiem Auge entdecken, wenn beispielsweise Nebel die Strahlung filtert. Eindringlich sei davor gewarnt, direkt ohne Schutz in die Sonne zu blicken. Ein Erblinden wäre die Folge.

Um 1610 wurde das Fernrohr erfunden und soweit wir wissen, war Galileo Galilei der erste, der damit die Sonne beobachtete. Er beobachtete dabei auch die Sonnenflecken und hielt sie für Objekte nahe der Sonnenoberfläche, wo sie ständig produziert und wieder aufgelöst werden. Aufgrund der Bewegung der Flecken folgerte Galileo, daß die Sonne rotiert und bestimmte ihre Drehzahl mit 27 Tagen. Daß er sich durch diese Beobachtungen die Augen schädigte und im Alter fast erblindete, gehört zu den tragischen Kapiteln des anbrechenden Wissenschaftszeitalters.

Es vergingen aber noch etwa 230 Jahre, bis Heinrich Schwabe 1843 in seiner Publikation auf einen Sonnenfleckenzyklus hinwies. Rudolf Wolf, Direktor des Observatoriums in Bern und später Zürich organisierte dann ab 1848 eine regelmäßige Beobachtung durch mehrere Observatorien. Er initiierte damit ein internationales Programm, das heute noch fortgeführt wird. Wolf forschte auch nach alten Aufzeichnungen in der Literatur und in den Archiven von Observatorien.

Im 18. und 19. Jahrhundert hielten manche Wissenschaftler die Sonnenflecken für kalte Bergspitzen, andere nahmen an, daß es durch Wirbelwinde verursachte Löcher in einer die Sonne umhüllenden strahlenden Wolke wären. Nachdem man dann im 20. Jahrhundert spektrographische Messungen machte und auch die mit Sonnenflecken verbundenen starken Magnetfelder feststellte, kam man zu der Auffassung, daß Sonnenflecken um etwa 1200 Grad kühlere Stellen auf der Sonnenoberfläche sind. Diese werden durch außerordentlich starke Magnetfelder hervorgerufen.

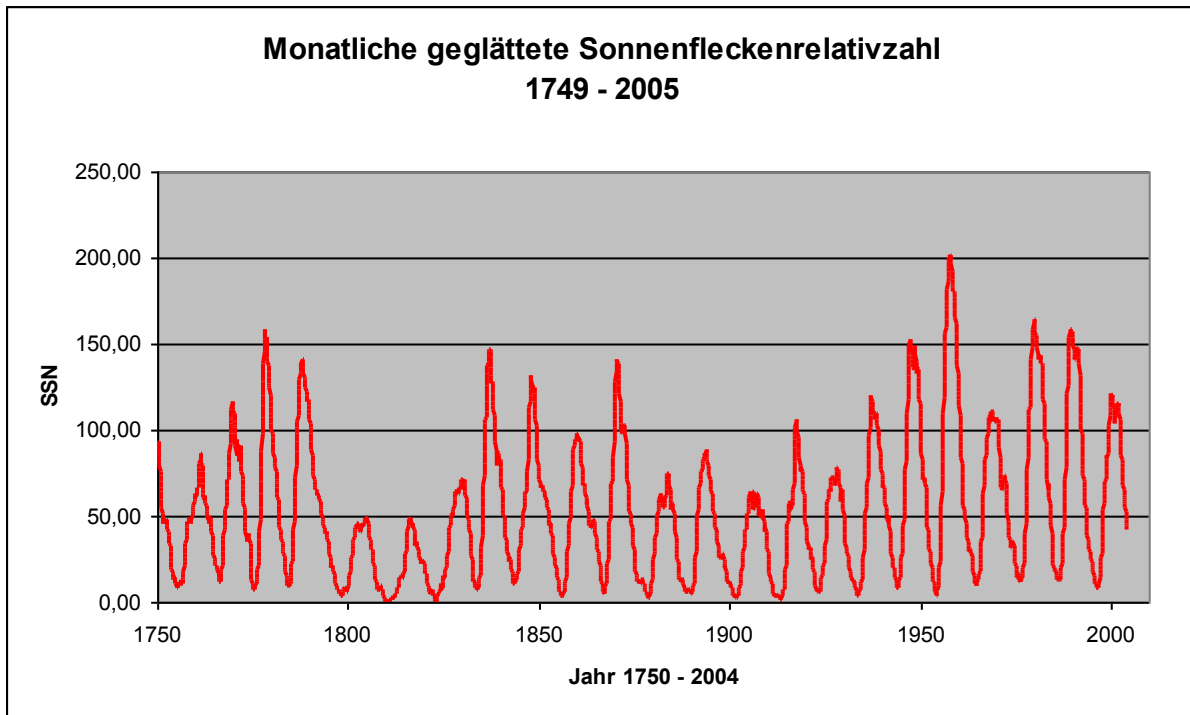


Bild 2: Der Verlauf der Sonnenfleckenrelativzahl seit 1749.

Deutlich ist der etwa 11-jährige Zyklus zu erkennen

Wenn wir die Zahl der Sonnenflecken seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen betrachten, so erkennt man recht deutlich den Zyklus der Sonnenaktivität (Bild 2). Nun ist die Versuchung natürlich groß, davon auszugehen, daß es sich um ein kontinuierliches Phänomen handelt ähnlich einer Wellenfunktion am Oszilloskop. Die meisten Funkamateure gehen wohl davon aus, daß auch das zukünftige und vergangene Verhalten der Sonne diesem Bild entspricht. Dem scheint aber tatsächlich nicht so zu sein.

Beweis des Mangels oder Mangel an Beweisen?

Rudolf Wolf hat bei seiner historischen Recherche monatliche Mittelwerte zurück bis 1749 und Jahresmittelwerte zurück bis 1700 angegeben. Allerdings ist die Qualität der frühen Daten eingeschränkt. Der deutsche Astronom Gustav Spörer wies 1887 und 1889 erstmals in seinen Publikationen darauf hin, daß die Sonnenfleckenzahl in einem Zeitraum von etwa 70 Jahren bis 1716 sehr niedrig gewesen sein muß und es scheinbar eine Unterbrechung des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus gab. Kurz darauf starb Spörer leider. E.W. Maunder vom Greenwich Observatorium griff den Fall auf und veröffentlichte 1894 einen Artikel mit dem Titel „Ein verlängertes Sonnenfleckenminimum“. Er wies dabei auch darauf hin, daß nicht nur Berichte über Beobachtungen von Sonnenflecken fehlen, sondern daß es für den fraglichen Zeitraum auch keine Beobachtungen von Aurora gab.

Bereits mit einem einfachen Amateurteleskop kann man heute Sonnenflecken gut beobachten. Man muß sich nun in Erinnerung rufen, daß seit der Erfindung des Fernrohrs um 1610 die Sonne sicher beobachtet wurde. Aber nach ersten Beobachtungen von Sonnenflecken kam es plötzlich zu einem langen Zeitraum, in dem praktisch keine Sonnenflecken mehr beobachtet wurden. Gleichzeitig wurden die verwendeten Instrumente immer besser. Aber dennoch ist die Beobachtung von Sonnenflecken

Das Maunder Minimum

etwas so seltenes, daß sie Begeisterungstürme bei den Astronomen auslösen. Der bekannte Astronom Cassini schreibt zum Beispiel, als er 1671 Sonnenflecken beobachtet:

„...es ist wohl 20 Jahre her, daß Astronomen irgendwelche bemerkenswerte Flecken auf der Sonne beobachten konnten, obwohl solche nach der Erfindung des Teleskops von Zeit zu Zeit beobachtet wurden...“

Und Picard schrieb, als er im August 1671 ebenfalls diesen Sonnenfleck beobachtete:

„Es machte mich umso glücklicher, einen Sonnenfleck zu entdecken, wenn man bedenkt, daß es zehn ganze Jahre sind, seit ich den letzten sah, egal wie sorgfältig ich auch von Zeit zu Zeit danach suchte...“

Der königliche Astronom Flamsteed von Observatorium in Greenwich berichtet 1684 ebenfalls von der Beobachtung eines Sonnenflecks:

„... diese Erscheinungen sind so selten, daß dies der erste Sonnenfleck ist, den ich seit Dezember 1676 beobachten konnte...“

Spörer und Maunder wiesen nun auf solche Beobachtungen hin und daß es scheinbar so etwas wie ein langes Minimum gab. Die Wissenschaft blieb allerdings vorerst skeptisch. Ihr Argument war, daß der Grund für so wenige Beobachtungen von Sonnenflecken im Zeitraum zwischen 1650 und 1715 einfach darauf zurückzuführen sei, daß die Sonne eben nicht oder zumindest nicht systematisch beobachtet wurde.

1976 veröffentlichte John A. Eddy, Astronom am Observatorium in Boulder eine Untersuchung [1], in der er diese Ansicht widerlegt. Er führt die bekanntesten Astronomen, die Sonnenbeobachtungen im 17. Jahrhundert durchführten, an und beschreibt deren Arbeit. Unter anderem Hevelius, der in Danzig zwischen 1652 und 1658 die Sonne regelmäßig beobachtete. Oder Picard in Paris, der zwischen 1653 und seinem Tod 1685 an jedem klaren Tag die Sonne beobachtete. Seine Arbeit wurde von La Hire bis zu dessen Tod 1718 fortgesetzt.

Die Sonne wurde also im fraglichen Zeitraum tatsächlich regelmäßig beobachtet. Dennoch wurden beispielsweise im Zeitraum von 1672 bis 1699 weniger als 50 Sonnenflecken beschrieben. In einem gleich langen Zeitintervall hat man im 19. Jahrhundert hingegen etwa 40.000 bis 50.000 Sonnenflecken beobachtet.

John Eddy gibt aufgrund der vorliegenden Beobachtungen in seiner Arbeit auch eine Abschätzung der Sonnenfleckenrelativzahl während des Maunder Minimums. Diese Werte sind in Abbildung 3 dargestellt.

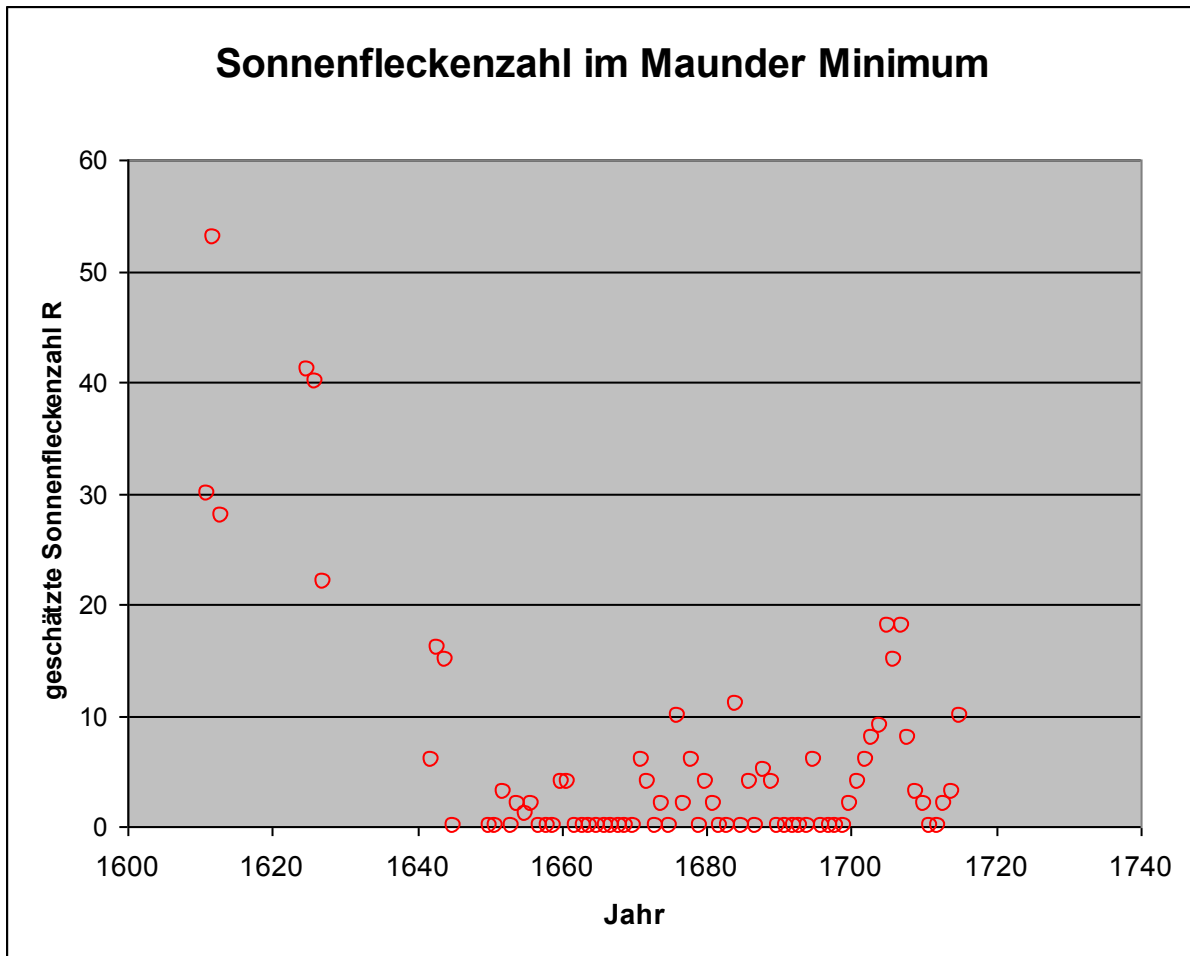


Abbildung 3: abgeschätztes Jahresmittel der Sonnenfleckenanzahl nach John Eddy [1]

Wie Abbildung 3 zeigt, liegt die Sonnenfleckenanzahl ab 1610, wo die ersten Beobachtungen mit dem Fernrohr durchgeführt wurden, noch relativ hoch. Ab 1645 bis etwa 1700 ist die Zahl der beobachteten Flecken äußerst gering und liegt meist deutlich unter 10. Während langer Zeiträume gibt Eddy die Sonnenfleckenanzahl gar mit Null an. Erst ab 1700 kommt es wieder zu einem Anstieg der beobachteten Flecken, wobei sich bereits so etwas wie ein Maximum um 1707 -1709 zeigt. In diesen Jahren wird die Sonnenfleckenanzahl immerhin schon mit 15 - 18 angegeben. Ein Wert, der aber immer noch weit weg von den in modernen Maxima beobachteten Werten liegt.

Durch die Arbeit von John Eddy fanden die Arbeiten von Spörer und Maunder endlich die verdiente Beachtung. Der etwa 70-jährige Zeitraum ohne nennenswerte Sonnenflecken wird heute „Maunder Minimum“ genannt. 1993 haben J.C. Ribes und E. Nesme-Ribes eine Arbeit mit dem Titel „Der Sonnenfleckenzyklus im Maunder Minimum“ veröffentlicht, in der sie das Verhalten der Sonne in diesem Minimum anhand der Daten von Picard und La Hire genauer analysieren [2]. Etwa 8000 tägliche Beobachtungen zwischen 1660 und 1719 liegen dem zugrunde. Auch sie weisen darauf hin, daß die Sonne sehr wohl beobachtet wurde und die Anomalie der Sonne durchaus real war. Die Sonnenfleckenanzahl zwischen 1660 und 1700 war äußerst gering und stieg langsam ab 1701 an. Dennoch wurden dann zwischen 1711 und 1714 keinerlei Flecken beobachtet. Ribes und Nesme-Ribes sehen jedoch Anzeichen, daß auch während des Maunder Minimums ein etwa 10-jähriger Zyklus vorhanden war. Gleichzeitig scheint sich die Sonne langsamer gedreht und einen größeren Durch-

Das Maunder Minimum

messer gehabt zu haben. Darauf haben sie auch bereits in einer früheren Arbeit 1987 hingewiesen [3].

Andere Hinweise

Neben der direkten Beobachtung von Sonnenflecken gibt es auch noch andere Methoden, rückblickend die Sonnenaktivität zu analysieren. Dazu gehören die Aufzeichnungen von Polarlichtern oder die Beschreibung der Korona bei Sonnenfinsternissen. In Frankreich, Dänemark, Deutschland, England und Polen waren zur fraglichen Zeit Astronomen aktiv. Eine statistische Analyse zeigt, daß man für diese Länder normalerweise mit 300 bis 1000 Polarlichtsichtungen rechnen müßte. Tatsächlich wurden nur 77 Polarlichter auf der ganzen Welt in der Zeit zwischen 1645 und 1715 beobachtet. Davon alleine 20 im scheinbar recht aktiven Zeitraum zwischen 1707 und 1708. Wenngleich man diese Analyse mit Vorsicht betrachten muß, so gibt sie doch einen Hinweis, daß die Zunahme der Polarlichtsichtungen zusammenfällt mit einer Zeit, in der wieder regelmäßig Sonnenflecken beobachtet werden konnten.

Auch die Beobachtung der Korona der Sonne liefert ähnliche Hinweise. Die Korona, die als die typischste und spektakulärste Erscheinung bei einer Sonnenfinsternis gilt, variiert mit der Sonnenaktivität. Alle Beobachtungen von Sonnenfinsternissen während des Maunder Minimums scheinen zu zeigen, daß eine Korona wie wir sie heute kennen, fehlte.

Die Carbon-14 Methode

Als Grundlage weiterer Untersuchungen wird das radioaktive Isotop ^{14}C genommen. Da die Bildung dieses Isotops durch die Sonnenaktivität mitbestimmt wird, kann man aus seiner Konzentration Rückschlüsse auf die Sonnenaktivität ziehen. ^{14}C wird durch kosmische Strahlung erzeugt, die ihrerseits durch die Sonnenaktivität moduliert wird. Bei hoher Sonnenaktivität wird dadurch weniger ^{14}C gebildet. Dieses Isotop wird von Pflanzen aufgenommen und zerfällt in einem radioaktiven Prozeß. Zur Untersuchung des ^{14}C -Gehalts in der Atmosphäre werden Proben aus den Jahresringen von Bäumen genommen. Damit bekommt man eine chronologische Darstellung der ^{14}C -Konzentration. Dies ermöglicht nun auch Rückschlüsse auf den Verlauf der Sonnenaktivität. Und tatsächlich zeigt diese Analyse, daß die Konzentration im Maunder Minimum deutlich höher als durchschnittlich ist. Ein weiteres klares Indiz für eine geringe Sonnenaktivität.

Nun liegt die Überlegung nahe, auch die Zeit vor ersten Sonnenbeobachtungen mittels Fernrohr zu untersuchen. Dabei stellt man 3 Zeiträume möglicher Anomalie der Sonnenaktivität in den letzten 1000 Jahren fest. Neben dem schon genannten Maunder Minimum ein weiteres Minimum zwischen etwa 1460 und 1550, das heute Spörer-Minimum genannt wird. Auch dieser Zeitraum ist durch die geringe Zahl von Polarlichtsichtungen gekennzeichnet. Im 12. und 13. Jahrhundert wiederum zeigt sich eine Periode mit anscheinend hoher Sonnenaktivität, die man als das „große Maximum“ bezeichnet. Auch diese Periode fällt zusammen mit einer Häufung an Beobachtungen von Sonnenflecken mit dem bloßen Auge und an Polarlichtsichtungen.

Heute beobachtet man auch Sonnen außerhalb unseres Sonnensystems, um deren Zyklus zu studieren. 1960 hat S.C. Wilson am Mount Wilson Observatorium mit der Untersuchung magnetischer Zyklen von Sternen begonnen. Ein Projekt, das von seinen Schülern fortgeführt wurde. Die Frage ist zwar noch nicht endgültig gelöst, jedoch gibt es gewisse Anzeichen für Sterne mit deutlich reduzierter Aktivität.

Das Maunder Minimum

Die Frage von lang andauernden Maxima oder Minima hat im übrigen nicht nur Bedeutung für den Funkverkehr. Viele Wissenschaftler sehen darin auch Einflüsse auf das Klima auf der Erde [4]. Das Maunder Minimum fiel zeitlich zusammen mit der kleinen Eiszeit, während der Europa und Nordamerika, und wahrscheinlich auch der Rest der Welt, sehr kalte Winter erlebte.

Zusammenfassung

Für uns Funkamateure ist die Sonnenaktivität von entscheidender Bedeutung für die Ausbreitungsbedingungen auf Kurzwelle. Die Sonne ist bei weitem nicht so berechenbar, wie wir uns das wünschen. Uns sollte jedoch die Möglichkeit längerer Perioden mit sehr geringer Sonnenaktivität nicht schrecken. Wie es scheint, gibt es auch die Möglichkeit längerer Perioden mit hoher Sonnenaktivität. 1957 wurde das bisher höchste Sonnenfleckenmaximum mit einer Sonnenfleckenrelativzahl von 201 beobachtet. Funkamateure hatten es damals gut, die MUF ging bis auf 70 MHz! Und die letzten Maxima waren ja auch deutlich stärker als im langjährigen Durchschnitt. Wer weiß, vielleicht befinden wir uns ja in einem „großen Maximum“ und können der Zukunft gelassen entgegensehen.

Weiterführende Literatur:

- [1] Eddy, John A.; The Maunder Minimum, Science Vol. 192, Juni 1976, S 1189 - 1202
- [2] Ribes, J.C.; et al., The solar sunspot cycle in the Maunder Minimum AD 1645 to AD 1715, Astronomy and Astrophysics 276, S 549-563, 1993
- [3] Ribes, E.; Ribes, J.C., Garthlot, R.; Evidence for a larger Sun with a slower rotation during the seventeenth century, Nature Vol. 326, Mar. 1987, S 52 - 55
- [4] Grothkopf, U.; Andernach, H.; Stevens-Rayburn, S; Gomez, M.; The Maunder Minimum and Climate Change, ASP Conference Series, Vol. 153, 1998