ASTRONOMIE Série C. Tome XXII. 1957

Güneş leke rasatları üzerine mevsimin tesiri olup olmadığı meselesi

Zur Frage eines Einflusses der Jahreszeit auf die Sonnenfleckenbeobachtungen*

von W. GLEISSBERG
(Observatorium der Universität Istanbul)

Özet: Astronomi literatüründe, en büyük Güneş leke gruplarının tercihen ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde zuhur ettiği iddiasına tesadüf edilmektedir. Aşağıdaki makalede bu iddianın doğru olup olmadığı incelenmiştir. Bunun için 1874—1954 yıllarında Greenwich Observatuarında yapılan rasatlara dayanan bir istatistikten faydalanılmıştır. Elde edilen netice en büyük leke gruplarının çoğunun yaz mevsiminde rasatlandığını gösteriyorsa da bu netice bir tesadüfün eseri telâkki edilebilir.

* * *

Summary: The present paper deals with a suspected preponderance of large sunspot groups in spring and autumn. The investigation is based on statistical result which were derived from solar observations published by the Royal Greenwich Observatory for the years 1874—1954. Although these results seem to indicate a preponderance of large sunspot groups in summer, it is proved by probability calculations that this preponderance must not be considered as real.

* * *

1. Statistik der jährlichen Verteilung der grossen Sonnenfleckengruppen.

Nachdem schon früher die Vermutung eines Einflusses der Jahreszeit auf die Sonnenfleckenhäufigkeit geäussert und widerlegt worden war [1][2], ist neuerdings behauptet worden, dass die grössten Sonnenfleckengruppen für ihr Auftreten anscheinend das Frühjahr und den Herbst bevorzugen ([3], S. 380). Der Katalog grosser Flekkengruppen, den die kürzlich veröffentlichte Sammlung der Greenwicher Beobachtungsergebnisse über Sonnenflecken und magnetische Stürme enthält ([4], S. 43-60), verschafft die Möglichkeit, nachzuprüfen, ob der vermutete Einfluss der Jahreszeit auf das Erscheinen

* Erweiterte Fassung eines am 4. Oktober 1956 in Hannover auf der Tagung der Astronomischen Gesellschaft gehaltenen Vortrages.

grosser Sonnenfleckengruppen wirklich existiert. Der genannte Katalog enthält alle in der Zeit von April 1874 bis Juni 1954 beobachteten grossen Fleckengruppen, wobei unter grossen Fleckengruppen solche verstanden werden, deren mittlere, wegen perspektivischer Verkürzung korrigierte Fläche nach den Greenwicher Messungsergebnissen wenigstens 500 Millionstel der Sonnenhalbkugel betrug. Die Gesamtzahl dieser Gruppen innerhalb des genannten Zeitraumes beläuft sich auf 762.

Ordnet man die 762 Fleckengruppen des Katalogs nach Monaten, so erhält man die in Spalte g der Tabelle 1 mitgeteilten Zahlen. Sie geben an, wieviele grosse Sonnenfleckengruppen in den gleichnamigen Kalendermonaten des 80jährigen Zeitraumes 1874—1954 den Zentralmeridian der Sonne passiert haben. Die in der Spalte $S_3(g)$ der Tabelle 1 mitgeteilten Zahlen sind die Dreimonatssummen der Zahlen g; sie geben also an, wieviele grosse Sonnenfleckengruppen in den Trimestern der Jahre 1874—1954 durch den Zentralmeridian der Sonne gegangen sind. Die Reihe der Werte $S_3(g)$ weist 2 Maxima (in den Trimestern Juli-September und Dezember-Februar) und 2 Minima (in den Trimestern Januar-März und Oktober-Dezember) auf. Eine Bestätigung der Behauptung, dass die grössten Sonnenfleckengruppen mit Vorliebe im Frühjahr und Herbst erscheinen, kann jedoch aus diesen Zahlen nicht herausgelesen werden.

Tabelle 1.

Anzahl der grossen Sonnenfleckengruppen in den Monaten der Jahre 1874-1954 und ihre Dreimonatssummen.

Monate	g	Monate	$S_3(g)$
Januar	61	Januar-März	180
Februar	65	Februar-April	183
März	54	März-Mai	183
April	64	April-Juni	192
Mai	65	Mai-Juli	193
Juni	63	Juni-August	203
Juli	65	Juli-September	206
August	75	August-Oktober	199
September	66	September-November	188
Oktober	58	Oktober-Dezember	184
November	64	November-Januar	187
Dezember	62	Dezember-Februar	188

Hingegen verrät die Statistik der grossen Sonnenfleckengruppen ein merkliches Überwiegen dieser Gruppen im Sommerhalbjahr. Man erkennt dieses Überwiegen sofort, wenn man aus den Zahlen g der Tabelle 1 Halbjahrssummen bildet, indem man immer 6 aufeinanderfolgende Werte von g addiert. Diese Halbjahrssummen G werden in Tabelle 2 mitgeteilt. Sie offenbaren einen deutlichen Gang mit einem Maximum im Sommerhalbjahr (April-September) und einem Minimum im Winterhalbjahr (Oktober-März). Während bei ganz genauer Gleichverteilung der grossen Fleckengruppen über die 12 Monate des Jahres alle G Werte gleich 381 wären, fallen ins Sommerhalbjahr 398 und demnach ins Winterhalbjahr nur 364 Gruppen; die Extremwerte weichen also vom Mittewert um etwa 4.5 % ab.

Tabelle 2.

Anzahl der grossen Sonnenfleckengruppen in je 6 Monaten der Jahre 1874 - 1954

Monate	G
Januar-Juni	372
Februar-Juli	376
März-August	386
April-September	398
Mai-Oktober	392
Juni-November	391
Juli-Dezember	390
August-Januar	386
September-Februar	376
Oktober-März	364
November-April	370
Dezember-Mai	371

2. Diskussion der Statistik.

Nun ist zu prüfen, ob der jährliche Gang, der sich in den Werten $S_3(g)$ und G offenbart, reell ist oder nicht. Zu diesem Zweck müssen wir untersuchen, ob auch bei zufälliger Anordnung der Zahlen g solch ein jährlicher Gang in den $S_3(g)$ und in den G zu erwarten ist. Dabei müssen wir uns vergegenwärtigen, dass Zahlen, die durch Summierung zufällig angeordneter Zahlen gewonnen werden, selbst nicht mehr als zufällig angeordnet betrachtet werden dürfen, sondern sich wesentlich anders verhalten als Zahlen in zufälliger Anordnung. Dass in einer Folge zufällig angeordneter Beobachtungswerte durch Summierung (oder, was auf dasselbe hinausläuft, durch gleitende Mittelbildung) Wellen erzeugt werden können, ist zwar schon oft bemerkt worden; da mir aber in der astronomischen Literatur die mathematische Begründung dieser Erscheinung nicht begegnet ist, will ich hier kurz darauf eingehen.

Es sei

$$a_1, a_2, a_3, \cdots \tag{1}$$

eine Folge voneinander verschiedener, zufällig angeordneter Zahlen.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass irgendeine dieser Zahlen grösser oder kleiner als beide benachbarten Zahlen der Folge ist? Bezeichnen wir irgendeine Zahl der Folge mit a_i, so fragen wir also nach der Wahrscheinlichkeit des Bestehens einer der beiden Ungleichungen

$$a_{i-1} < a_i > a_{i+1} \quad \text{oder} \quad a_{i-1} > a_i < a_{i+1}. \tag{2}$$

Von den drei Zahlen a_{i-1}, a_i, a_{i+1} ist eine die kleinste, eine die grösste und eine die mittlere; die kleinste wollen wir mit a_k, die grösste mit a_g und die mittlere mit a_m bezeichnen. Da die Folge (1) als zufällig angeordnet vorausgesetzt wird, entspricht die ihr entnommene Teilfolge a_{i-1}, a_i, a_{i+1} irgendeiner der 6 möglichen Permutationen der drei Zahlen a_g, a_k, a_m, wobei jede dieser Permutationen als gleich wahrscheinlich anzusehen ist. Unter den 6 möglichen Permutationen von a_g, a_k, a_m gibt es nur zwei, in denen a_m zwischen a_g und a_k steht, und nur in der diesen beiden Permutationen entsprechenden Anordnung der Zahlen a_{i-1}, a_i, a_{i+1} ist keine der beiden Ungleichungen (2) erfüllt. In 4 von 6 möglichen Fällen besteht also eine der beiden Ungleichungen (2), ein Resultat, das sich folgendermassen ausdrücken lässt:

In einer Folge zufällig angeordneter Zahlen ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass irgendeine Zahl der Folge grösser oder kleiner als die beiden benachbarten Zahlen der Folge ist, gleich $\frac{2}{3}$.

Zu einem ganz anderen Resultat gelangt man, wenn man anstelle der Folge (1) eine Folge

$$b_1,\ b_2,\ b_3,\ \cdots\cdots \tag{3}$$

betrachtet, die aus der Folge (1) durch gleitende Summen- oder Mittelbildung entsteht. Nehmen wir an, es würden hierbei immer n aufeinanderfolgende Zahlen der Folge (1) summiert. Dann ist

$$b_1 = a_1 + a_2 + a_3 + \cdots\cdots + a_n,$$
$$b_2 = a_2 + a_3 + a_4 + \cdots\cdots + a_{n+1}, \quad \text{usw.,}$$

so dass allgemein

$$b_i = \sum_{j=0}^{n-1} a_{i+} \tag{4}$$

ist.

Jetzt fragen wir wieder nach der Wahrscheinlichkeit dafür, dass irgendeine Zahl der Folge (3) grösser oder kleiner als beide benachbarten Zahlen der Folge ist. Für das Bestehen einer der beiden Ungleichungen

$$b_{i-1} < b_i > b_{i+1} \quad \text{oder} \quad b_{i-1} > b_i < b_{i+1} \tag{5}$$

ist wegen (4) notwendig und hinreichend, dass

entweder: $a_{i-1} < a_{i+n-1}$ und zugleich $a_{i+n} < a_i$
oder: $a_{i-1} > a_{i+n-1}$ und zugleich $a_{i+n} > a_i$

ist. Da diese beiden Fälle die Hälfte aller möglichen Vorzeichenkombinationen bilden und letztere wegen der Voraussetzung zufälliger Anordnung der Folge (1) sämtlich gleich wahrscheinlich sind, so ist die Wahrscheinlichkeit des Bestehens einer der beiden Ungleichungen (5) gleich $\frac{1}{2}$. Dieses Ergebnis ist unabhängig von n; über wieviele Zahlen die Summenbildung in der Folge (1) erstreckt wird, spielt also keine Rolle. Offenbar würde sich das Ergebnis auch dann nicht ändern, wenn Mittelwerte anstatt der Summen gebildet würden, wenn also in der Definition (4) vor das Summenzeichen der Faktor $\frac{1}{n}$ gesetzt würde. So haben wir folgendes Resultat gefunden:

In einer Zahlenfolge, die aus einer Folge zufällig angeordneter Zahlen durch gleitende Summen- oder Mittelbildung entsteht, ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass irgendeine Zahl der Folge grösser oder kleiner als die beiden benachbarten Zahlen der Folge ist, gleich $\frac{1}{2}$.

Demnach nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass irgendeine Zahl der Folge ein Extremum (d.h. grösser oder kleiner als ihre beiden Nachbarn) ist, durch die Summenbildung im Verhältnis 4:3 ab. Durch die gleitende Summenbildung wird also die Anzahl der Extrema vermindert und so das Entstehen längerer Wellen gefördert. Andererseits ist bekannt, dass in den $N!$ Permutationen von N Zahlen die durchschnittliche Zahl der Extrema gleich $\frac{2N-4}{3}$ ist. In einer Folge zufällig angeordneter N Zahlen haben wir also mit grösster Wahrscheinlichkeit eine in der Nähe von $\frac{2N-4}{3}$ liegende Anzahl von Extremen zu erwarten. Handelt es sich aber um eine Folge von N Zahlen, die aus einer Folge zufällig angeordneter Zahlen durch gleitende Summen- oder Mittelbildung entstanden ist, so wird die Zahl der Extrema mit grosser Wahrscheinlichkeit von $\frac{2N-4}{4}$ nur wenig verschieden sein, da ja nach den oben durchgeführten Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen eine Abnahme der Anzahl der Extrema im Verhältnis 4:3 zu erwarten ist.

Die Anwendung dieser Resultate auf die Zahlenfolgen der Tabelle 1 ergibt folgendes: Da für $N = 12$

$$\frac{2N-4}{3} = \frac{20}{3},$$

also annähernd 7 ist, so sind in der Folge der Zahlen g im Falle zufälliger Anordnung, da die Anzahl der Extrema wegen des zyklischen Charakters der Folge offenbar geradzahlig sein muss, mit grösster Wahrscheinlichkeit 6 oder 8 Extrema zu erwarten. Die Abzählung in Spalte g der Tabelle 1 ergibt das Vorhandensein von 8 Extremen. Dies entspricht also der Annahme einer rein zufälligen Anordnung der Zahlen g. In der Spalte $S_3(g)$ treten zwar nur 4 Extrema auf; da aber die Zahlen $S_3(g)$ aus den Zahlen g durch gleitende Summenbildung gewonnen worden sind, haben wir jetzt $N = 12$ in den Ausdruck $\frac{2N-4}{4}$ einzusetzen und erhalten so den Wert 5, woraus wegen der Geradzahligkeit der Extrema als ihre wahrscheinlichsten Anzahlen 4 und 6 folgen. Die Tatsache, dass die Folge der Zahlen $S_3(g)$ nur 4 Extrema aufweist, entspricht also gleichfalls der Annahme einer zufälligen Anordnung der Zahlen g. Diese Betrachtung lehrt ganz allgemein, dass an Hand von Monatsmitteln irgendeiner Beobachtungsgrösse die Realität einer jährlichen Doppelwelle nur dann wahrscheinlich gemacht werden kann, wenn die Doppelwelle schon in den Monatsmitteln selbst auftritt, nicht aber, wenn sie erst nach Vornahme einer Ausgleichung durch gleitende Mittelbildung zum Vorschein kommt.

In der Folge der Zahlen G in Tabelle 2 ist dagegen die Anzahl der Extrema so klein, dass hier der Verdacht, es könnte sich um keine zufällige, sondern um eine systematische Schwankung handeln, begründet erscheint. Um zu diesem Verdacht Stellung zu nehmen, wollen wir die Wahrscheinlichkeit dafür berechnen, dass im Falle zufälliger Anordnung der Zahlen g die Folge der Zahlen G nicht mehr als 2 Extrema aufweist, wie es in Tabelle 2 der Fall ist.

Bezeichnen wir die g-Werte der Tabelle 1 und die G-Werte der Tabelle 2 der Reihe nach mit den Indizes 1 bis 12, so dass $g_1 = 61$, $g_2 = 65, \cdots g_{12} = 62$ und $G_1 = 372$, $G_2 = 376, \cdots G_{12} = 371$ ist, so folgt aus Tabelle 2, dass die Folge der Werte $G_1, G_2, \cdots G_{12}$ ein Maximum bei G_4 und ein Minimum bei G_{10} erreicht. Zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit, mit der bei zufälliger Anordnung der g-Werte nicht mehr als 2 Extrema in der Folge der G-Werte zu erwarten sind, können wir uns auf die Betrachtung der 6 ersten G-Werte der Tabelle 2 beschränken, weil offenbar stets

$$G_h + G_{h+6} = 762 \; (h = 1, 2, \cdots 6)$$

ist. Da nach Definition

$$G_n = \sum_{j=0}^{5} g_{n+j} \; (n = 1, 2, \cdots 12)$$

ist, wo immer dann, wenn $n + j > 12$ wird, $n + j - 12$ anstelle von $n + j$ zu setzen ist, so nimmt die Folge $G_1, G_2, \cdots G_6, G_7$ dann und nur dann beständig zu oder ab, wenn die Differenzen $g_1 - g_7$, $g_2 - g_8$, $g_3 - g_9$, $g_4 - g_{10}$, $g_5 - g_{11}$ und $g_6 - g_{12}$ sämtlich dasselbe Vorzeichen haben. Da jede dieser Differenzen bei zufälliger Anordnung der Werte g_1 bis g_{12} ebenso wahrscheinlich positiv wie negativ ist, so ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass sie alle das gleiche Vorzeichen haben, offenbar gleich 2^{-5}. Eine einfache Überlegung zeigt, dass ebenso wahrscheinlich auch das Auftreten nur eines Extremums bei einem vorgegebenen G-Wert zwischen G_1 und G_7 ist. Demnach ergibt sich die Wahrscheinlichkeit des Auftretens nur eines einzigen Extremums bei irgendeinem der Werte G_2 bis G_6 zu $5 \cdot 2^{-5}$. Die Summe der beiden Wahrscheinlichkeiten, also $6 \cdot 2^{-5}$, ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass bei zufälliger Anordnung der Zahlen $g_1, g_2, \cdots g_{12}$ die Folge $G_1, G_2, \cdots G_7$ kein oder nur ein Extremum besitzt. Da annähernd $6 \cdot 2^{-5} = 0.19$ ist, so sind wir zu folgendem Resultat gelangt:

Im Falle zufälliger Verteilung der in den Jahren 1874 bis 1954 beobachteten grossen Sonnenfleckengruppen auf die Kalendermonate ist mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 19 % zu erwarten, dass die Anzahl G der in je 6 aufeinanderfolgenden Monaten beobachteten Gruppen einen jährlichen Gang mit höchstens einem Maximum und einem Minimum aufweist.

Betrachtet man die jährliche Schwankung der G-Werte als reell, so sieht man sich veranlasst, nach ihrer Ursache zu forschen. Man könnte daran denken, dass der niedrige Sonnenstand und die ungünstigen Witterungsverhältnisse im Winter die Beobachtung beeinträchtigt haben und dadurch einige Gruppen, deren mittlere Fläche tatsächlich 500 Millionstel der Sonnenhalbkugel oder etwas mehr betragen hat, unter dieser Grenze geblieben sind. Diese naheliegende Erklärung scheint jedoch deshalb nicht annehmbar, weil die photographischen Sonnenaufnahmen, die den Greenwicher Sonnenfleckenmessungen zugrundeliegen, nicht ausschliesslich in Greenwich, sondern zum Teil in südlicher gelegenen Sternwarten, besonders in Kodaikanal und am Kap der Guten Hoffnung erhalten worden sind. Auch die wechselnde Entfernung der Erde von der Sonne scheidet als Ursache aus, da die Fleckenflächen in Millionstel der Sonnenhalbkugel ausgedrückt werden und so die Grösse des Sonnenbildes bereits eliminiert worden ist. Schliesslich könnte man zu der Annahme Zuflucht nehmen, dass die jährliche Aenderung der Richtung, unter der wir die Sonne beobachten, für den Jahreszeiteffekt verantwortlich sei. Man könnte etwa annehmen, dass die Flecken, aus nördlicher Richtung betrachtet, grösser oder kleiner erscheinen als aus südlicher Richtung. Aber abgesehen von dem Zweifel, den eine ad hoc erfundene Hypothese, die durch keine anderen Beobachtungstatsachen gestützt wird, prinzipiell erweckt, erscheint diese Erklärung schon deshalb abwegig, weil die Halbjahre, in denen nach Tabelle 2 die Anzahl der grossen Fleckengruppen am grössten und am kleinsten ist, nicht mit den Halbjahren zusammenfallen, in denen uns die Sonne den einen oder den anderen Pol zuwendet. Das Hinüberwechseln der Sonnenpole von der sichtbaren auf die unsichtbare Sonnenhalbkugel und umgekehrt tritt nämlich in der ersten Junihälfte und in der ersten Dezemberhälfte ein, so dass, die Richtigkeit dieser Hypothese vorausgesetzt, die G-Werte in Tabelle 2 ihre Extrema in den Halbjahren Juni-November und Dezember-Mai erreichen sollten, was tatsächlich nicht der Fall ist.

3. Schlussfolgerung.

Da einerseits eine Erklärung für einen Jahreszeiteffekt im Erscheinen der grossen Sonnenfleckengruppen wohl kaum gefunden werden kann, andererseits der systematische Gang mit der Jahreszeit weder in den monatlichen Gruppenzahlen selbst noch in ihren Dreimonatssummen zu erkennen ist, sondern erst in ihren Halbjahrssummen auftaucht, fällt es schwer, den Effekt für reell zu halten. Die berechnete Wahrscheinlichkeit von ca. 19 % ist ja auch nicht so gering, dass sie einen Zufall ausschlösse, und man geht daher wohl kaum fehl, wenn man die Verteilung der grossen Sonnenfleckengruppen auf die 12 Monate des Jahres als zufällig betrachtet. Auf keinen Fall besteht die Behauptung, dass sie bevorzugt im Frühjahr und Herbst aufzutreten scheinen (vgl. [3] S. 380), zu Recht.

Literatur.

[1] CLOUGH, H. W.: An apparent earth-effect upon sunspot activity. Popular Astronomy, 57, 122 (1949).
[2] DIZER, M.: On an apparent earth-effect on sunspot activity. Publ. Istanbul Univ. Obs., No. 38 (1950).
[3] WALDMEIER, M.: Ergebnisse und Probleme der Sonnenforschung, 2. Auflage. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft, 1955.
[4] Royal Greenwich Observatory: Sunspot and geomagnetic-storm data 1874-1954. London: Her Majesty's Stationery Office, 1955.

(Manuskript eingegangen am 17. Dezember 1956.)