Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 40 (1982)
Heft: 188

Artikel: Sonnenbeobachtung für den Amateur : die Sonnenflecken-Relativzahl
Autor: Beck, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899314

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Sonnenbeobachtung für den Amateur

Die Sonnenflecken-Relativzahl

R. BECK

1. Einleitung

Mit diesem Beitrag wird die von W. LÜTHI [1]) begonnene Serie zur Einführung in die Sonnenbeobachtung fortgesetzt. Die Arbeitsgruppe *«Sonne»* der deutschen *Vereinigung der Sternfreunde e. V.* mit ihrem Mitteilungsblatt *SONNE* entwickelte in den vergangenen Jahren grosse Aktivitäten. Die Zusammenarbeit mit den Sonnenbeobachtern in der Schweiz ist ein Hauptanliegen bei der Fortsetzung dieser Serie.

In jedem einführenden Astronomiebuch ist die Definition der Sonnenflecken-Relativzahl R als Mass für die Sonnenaktivität zu finden, aufgestellt von RUDOLF WOLF im Jahre 1848:

$$R = k(10g + f)$$

Darin ist *g* die Zahl der Fleckengruppen auf der sichtbaren Sonnenhalbkugel, *f* die Zahl aller sichtbaren Einzelflecken in den Gruppen und *k* der mittlere Reduktionsfaktor auf die Standardreihe der Relativzahlen. Die Einfachheit dieser Definition täuscht über die Probleme hinweg, die sich bei der praktischen Bestimmung von *R* ergeben können – und darüber ist in kaum einem Buch etwas zu finden.

2. Die Zahl der Gruppen g

Sonnenflecken treten in der Regel in Gruppen auf, in denen meist zwei Flecken dominieren (der *p*- und der *f*-Fleck [1])). Im Früh- und Spätstadium einer Gruppe ist nur ein magnetischer Pol (meist der westliche bzw. *p*-Pol) mit einem Fleck markiert. Auch solche alleinstehenden Flecken sind als *Gruppen* anzusehen.

Die Einteilung in Gruppen wird schwierig bei Ansammlungen von Flecken mit komplizierter Struktur, wie sie gerade zur Zeit hoher Sonnenaktivität häufig auftreten. Nur Magnetogramme können hier Klarheit bringen. Dem Amateur können einige Regeln helfen [2]):

a) Üblich ist, Flecken in einem Gebiet von etwa 5° x 5° auf der Sonne zu *einer* Gruppe zusammenzufassen, sofern keine paarweise Anordnung zu erkennen ist. Bipolare Gruppen können dagegen eine Länge von 20° und mehr erreichen.
b) Zwei bis zu 15° voneinander entfernte Einzelflecken sind als *eine* Gruppe anzusehen, wenn es sich bei ihnen um den Rest einer grossen, ehemals zusammenhängenden Gruppe handelt.
c) Eine paarweise Anhäufung von Flecken ist als *eine* Gruppe anzusehen, wenn der westliche Teil der Anhäufung die gleiche oder eine geringere heliographische Breite aufweist als der östliche Teil. Die mittlere Neigung der Längsachse einer Fleckengruppe beträgt 1–2° in ± 10° und etwa 4° in ± 30° heliographischer Breite.

Für die übrigen unklaren Fälle ist es jedem Beobachter gestattet, aufgrund eigener Erfahrungen weitere Regeln hinzuzufügen, die ebenso genau einzuhalten sind. Unterschiedliche Regeln verschiedener Beobachter werden im Mittel durch den k-Faktor ausgeglichen. Amateure mit langer Beobachtungserfahrung sollten ihre neu entwickelten Regeln öffentlich zur Diskussion stellen, damit sie evtl. zur allgemeinen Annahme empfohlen werden können.

In der Formel für die Relativzahl geht die Zahl der Gruppen mit dem Gewichtsfaktor 10 ein, d.h. das Auftreten einer neuen Gruppe wird zehnmal höher bewertet als ein neuer Fleck innerhalb einer Gruppe. Dieser von WOLF willkürlich eingeführte Faktor erwies sich im nachhinein [3]) als sinnvoll, da mit einem kleinen Fernrohr (k = 1.0) 10 Flecken pro Gruppe beobachtet werden, gemittelt über einen Zeitraum von Jahrzehnten. Für kürzere Zeiträume verfälscht der Faktor 10 die Beschreibung der Sonnenaktivität, da er keine Rücksicht auf die *Ausdehnung* der Flecken nimmt: Eine winzige A-

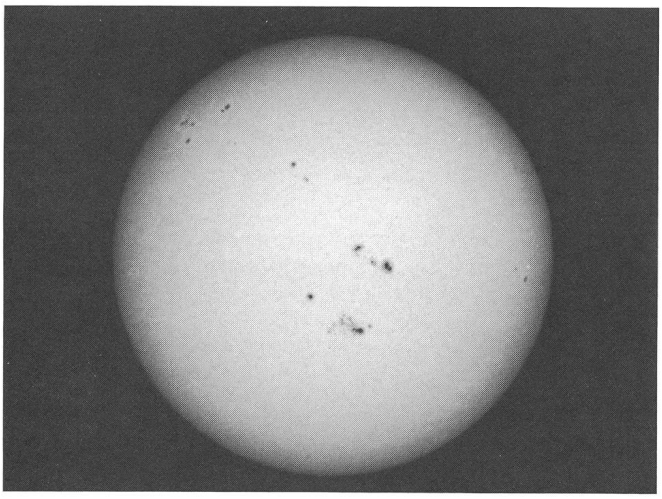

Abb. 1: Beispiel für das Auftreten bipolarer Sonnenfleckengruppen der Typen D, E und F (aufgenommen am 3.9.1980 von Ulrich Bendel, Darmstadt, mit einem Refraktor 60/750 mm mit Objektivfilter Dichte 3, Okular-Grünfilter und Barlowlinse, bei 1/500 sec Belichtungszeit auf Agfaortho 25)

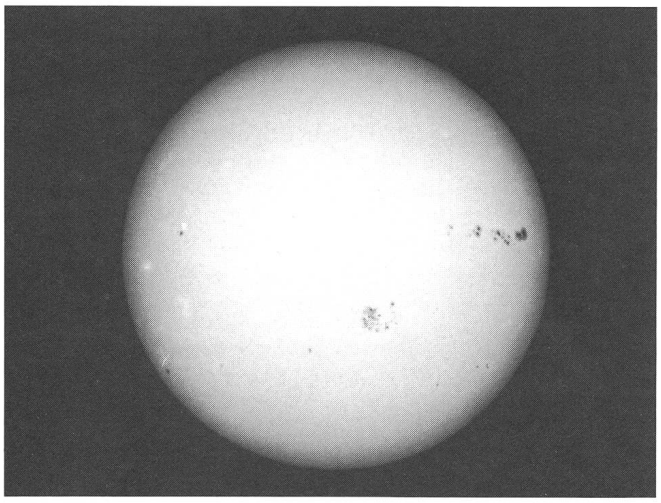

Abb. 2: Beispiel für eine komplexe, nicht in das Waldmeier-Schema einordbare Fleckengruppe (unten) sowie eine komplexe Gruppe mit nicht offensichtlicher Verteilung der magnetischen Polaritäten (links, Westrand) (aufgenommen am 14.10.1980 von Ulrich Bendel, Darmstadt, Aufnahmedaten wie unter Fig. 1)

Gruppe trägt ebensoviel zur Relativzahl bei wie eine riesige H-Gruppe! Hierdurch wird zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums eine relativ zu hohe, zur Zeit des Maximums eine relativ zu niedrige Aktivität angegeben. Die Form der Relativzahlkurve ist verschieden von der der Fleckenflächen, die als gutes Mass für die Magnetfeldstärken in Sonnenflecken gelten. In der Tat sind die Epochen von Minimum und Maximum davon abhängig, ob die Relativzahl oder die Fleckenflächen zu ihrer Bestimmung herangezogen werden.

Durch die den Fleckenflächen proportionale *Neue Relativzahl* kann diese Differenz beseitigt werden[4]). Ob dieses neue Mass der Sonnenaktivität jedoch allgemein empfohlen werden kann, müssen Tests über einen längeren Zeitraum zeigen.

3. Die Zahl der Einzelflecken f

Noch schwieriger als die Frage «Was ist eine Sonnenfleckengruppe?» lässt sich die Frage «Was ist ein Sonnenfleck?» beantworten. Die physikalischen Bedingungen zur Entstehung eines Flecks sind nur teilweise verstanden; phänomenologisch kann kein Zeitpunkt festgelegt werden, zu dem ein Fleck erscheint, da er sich allmählich aus dem intergranularen Raum entwickelt. Bei extrem ruhiger Luft scheint die Sonne mit kleinen A-Gruppen übersät zu sein – Verdickungen des intergranularen Raumes mit einer Lebensdauer von nur wenigen Minuten, die sogenannten *Poren*. MAX WALDMEIER definierte einen Sonnenfleck folgendermassen[5]):

a) Ein Sonnenfleck hat einen Durchmesser von mindestens 3 Bogensekunden bzw. 0.18 heliographischen Grad (rund 2000 km) auf der Sonne.
b) Ein Sonnenfleck hat eine Lebensdauer von mindestens 30 Minuten.

Die Mindestgrösse in dieser Definition stellt sicher, dass ein Fleck bei ruhiger Luft auch schon von kleinen Amateurinstrumenten beobachtet werden kann.

In der Fachliteratur werden die Begriffe *Pore* und *Fleck* uneinheitlich verwendet. Im «Wörterbuch der Sonnenphysik»[6]) wird unter *Pore* ein Sonnenfleck ohne Penumbra mit 1–5″ Durchmesser und bis zu 1 Tag Lebensdauer verstanden, während ein *Fleck* im engeren Sinne mindestens 10″ Durchmesser haben muss. Diese Definition ist für den Amateur weniger geeignet.

Sehr grosse Sonnenflecken stellen den Beobachter ebenfalls vor Probleme: Häufig enthält eine Penumbra mehrere Umbren; Umbren werden durch Lichtbrücken geteilt; Penumbra-Filamente zeigen Verdickungen. Hier gelten folgende Regeln:

a) Jede Umbra innerhalb einer gemeinsamen Penumbra wird als Fleck gezählt.
b) Erst nach vollständiger Teilung einer Umbra durch eine Lichtbrücke werden zwei Flecken gezählt.
c) Verdickungen von Penumbra-Filamenten werden *nicht* als Fleck gezählt.

Bei der Eidgenössischen Sternwarte Zürich wurden grosse Umbren 3- oder sogar 5-fach gezählt[3]). Diese Zählweise ist bei Amateuren nicht üblich.

4. Der k-Faktor

Die Relativzahlen eines beliebigen Beobachters R werden mit denen des Standardbeobachters R_S verglichen, indem man den *mittleren k-Faktor* berechnet:

$$k = R_S / R$$

Die täglichen Werte für R_S und deren Monatsmittel wurden bis Ende 1980 von der Eidgenössischen Sternwarte Zürich bestimmt und veröffentlicht. Nach Schliessung der Zürcher Sternwarte übernahm das *Sunspot Index Data Center* (SIDC) in Uccle/Belgien diese Aufgabe.

Die Sonnenbeobachter in der Bundesrepublik verwenden als Standardreihe R_S die Relativzahlen eines Bezugsbeobachters, der möglichst häufig und unter möglichst gleichen Bedingungen beobachtet[7]).

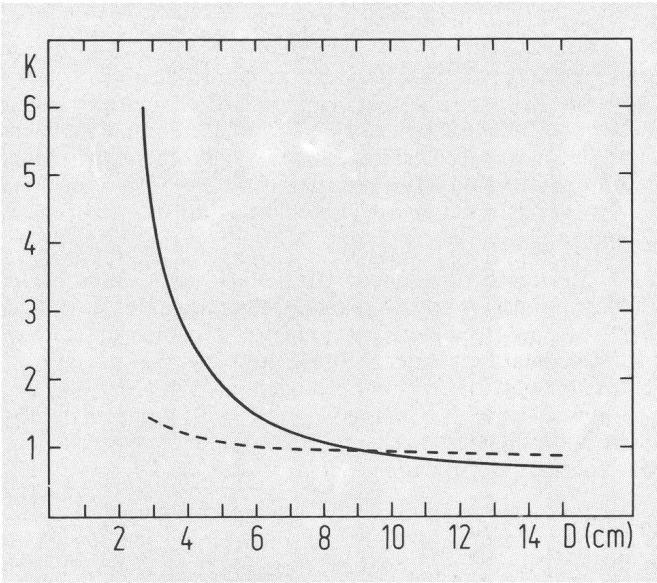

Abb. 3: Abhängigkeit des k-Faktors der Sonnenflecken-Relativzahl vom Objektivdurchmesser des Beobachtungsinstrumentes nach[9]), aufgeteilt nach der Abhängigkeit des k-Faktors für Gruppen (unterbrochene Kurve) und für Einzelflecken (durchgezogene Kurve). Die Kurven geben nur ungefähre Werte für k an, in der Praxis können erhebliche Abweichungen auftreten.

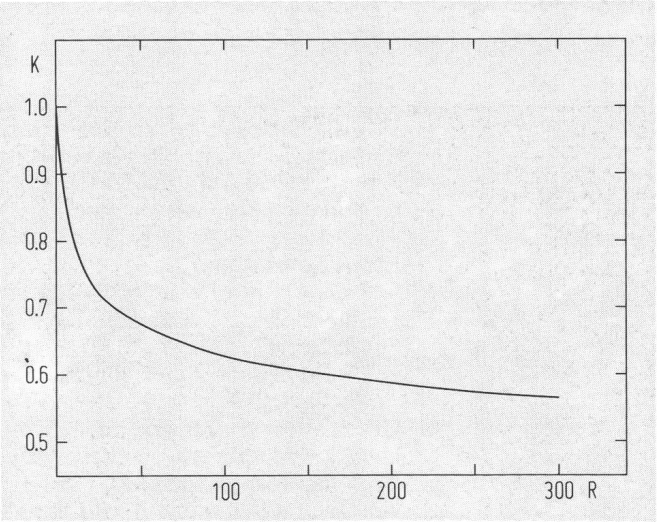

Abb. 4: Abhängigkeit des k-Faktors von der Relativzahl nach [13]), normiert auf k = 1.0 bei R = 0.

Falsch (aber leider weit verbreitet) ist es, den k-Faktor für jeden Tag zu berechnen und die so erhaltenen Werte über z.B. ein Jahr zu mitteln[8]). Statt dessen müssen die R- und R_S-Werte über den gleichen Zeitraum gemittelt und daraus der

Quotient gebildet werden. Noch besser ist die beim Beobachternetz der Bundesrepublik realisierte Methode der *linearen Regression*. Zusammengehörige Wertepaare (R, R_S) werden in ein Diagramm eingetragen und durch eine Ursprungsgerade nach dem Verfahren der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Der *mittlere k-Faktor* ist nichts anderes als die Steigung der Ausgleichsgeraden. Als Nebenprodukt erhält man den *Korrelationskoeffizienten* als Mass für die Streuung zwischen Beobachter und Standardreihe [7]).

Der Wert des k-Faktors sagt nichts über die Güte der Beobachtungen aus. Ein niedriger k-Faktor kann zwar bedeuten, dass Adleraugen am Werk waren, aber auch, dass Gruppen und Flecken grosszügig gezählt wurden, so dass die Relativzahlen höher waren als bei der Standardreihe. Andererseits besteht bei hohem k-Faktor kein Grund, die Sonnenbeobachtung an den Nagel zu hängen, sondern vielleicht nur, die Qualität des Sonnenfilters zu verbessern.

Der k-Faktor hängt von zahlreichen Einflüssen ab, die in vier Gruppen aufzuteilen sind:

a) Witterungsbedingungen (Luftruhe und Bildschärfe, Temperatur, Wind, Wolken, Sonnenhöhe)
b) Instrument (Objektivdurchmesser, Qualität der Optik, Vergrösserung, Filter, Montierung)
c) Beobachter (Erfahrung, Augenqualität, Sitzposition, physische und psychische Verfassung, Sorgfalt bei der Beobachtung, etc.)
d) Höhe der Relativzahl

Unabdingbar für gute Beobachtungen ist, dass die unter b und c genannten Einflüsse möglichst wenig variieren. Wird ein neues Teleskop oder Filter angeschafft, so ist von diesem Zeitpunkt an der k-Faktor neu zu bestimmen. Vor allem die Zahl der Flecken *f* hängt stark vom Objektivdurchmesser des Teleskops ab [9]).

Der grösste Störenfried für die Homogenität einer Beobachtungsreihe ist die Variation der Luftverhältnisse. Der k-Faktor variiert mit Luftruhe und Bildschärfe [10]), [11]). Eine nachträgliche Korrektur ist kaum möglich, da die wenigsten

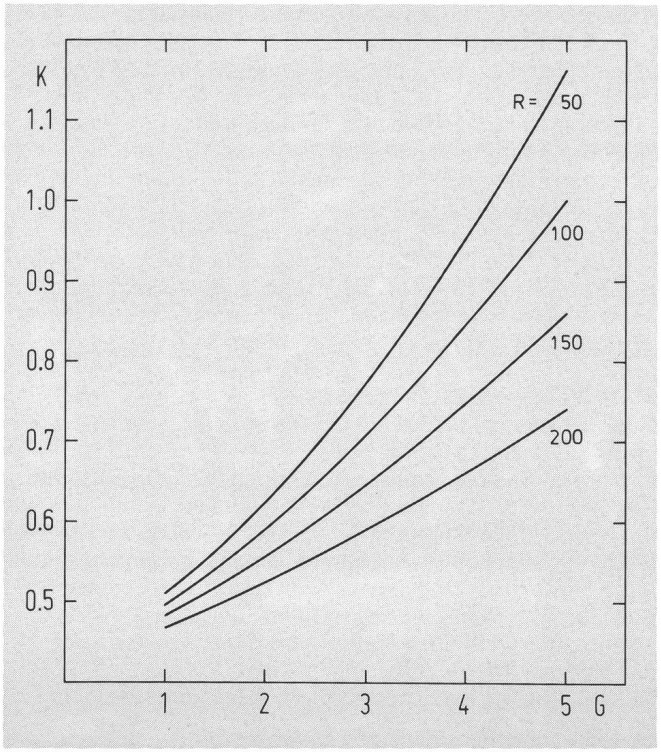

Abb. 5: Abhängigkeit des k-Faktors von der Luftgüte G (Mittel aus Luftruhe und Bildschärfe) nach [10]) aufgetragen für verschiedene Werte der Relativzahl R, normiert auf k = 1.0 bei G = 5 und R = 100.

Amateure die Luftbewegung wirklich messen, wie es die Kiepenheuer-Skala [12]) verlangt. Hierzu ist eine Mikrometerskala im Okular nötig.

Langjährige Beobachtungen zeigten, dass der k-Faktor von der Relativzahl selbst abhängt [13]), d.h. der Zusammen-

Wertstufe	Schärfe	Ruhe
1,0	Etwas Feinstruktur in grossen Umbrae, sehr scharfe Feinstruktur in der Penumbra	Keine Oberflächenbewegung wahrnehmbar, weder am Rand noch auf der Sonnenscheibe
1,5	Scharfe Feinstruktur in der Penumbra, Granulation sehr gut sichtbar	Amplitude der Oberflächenbewegung am Rand <0.5″, keine wahrnehmbare Bewegung in Flecken
2,0	Etwas Feinstruktur in der Penumbra und der Umbra-Penumbra-Grenze, Granulation gut sichtbar	Oberflächenbewegung am Rand 1.0″ - 1.5″, schwach wallend, Bewegung in Flecken fast unmerklich
2,5	Granulation sichtbar, die Grenzen zwischen Umbra, Penumbra und Photosphäre sind scharf, aber ohne Feinstruktur	Oberflächenbewegung am Rand 2.0″ - 2.5″ und gut auf der Sonnenscheibe sichtbar, wallender Sonnenrand
3,0	Granulation schwer erkennbar, Umbra-Penumbra-Grenze noch scharf	Oberflächenbewegung am Rand 3.0″ - 3.5″, Sonnenrand stark wallend
3,5	Granulation nicht sichtbar, Umbra und Penumbra noch trennbar	Oberflächenbewegung am Rand 4.0″ - 5.0″
4,0	Umbra und Penumbra nur bei grossen Flecken noch trennbar, Granulation nicht sichtbar	Oberflächenbewegung am Rand 6″ - 7″
4,5	Umbra und Penumbra nur bei sehr grossen Flecken unterscheidbar, Granulation nicht sichtbar	Oberflächenbewegung am Rand 8″ - 10″
5,0	Umbra und Penumbra nicht unterscheidbar	Oberflächenbewegung am Rand > 10″

hang zwischen R und R_S ist *nicht* linear: Bei hoher Sonnenaktivität nimmt der k-Faktor ab. Hohe Relativzahlen werden vor allem durch eine grosse Zahl von Flecken und weniger durch die Zahl der Gruppen verursacht: Die Zahl der Flecken pro Gruppe steigt mit der Aktivität. Die oben genannten Einflüsse wirken vor allem auf *f*, weniger auf *g*, was den Beobachtungsbefund erklären kann[14]). Die Nichtlinearität zwischen R und R_S sollte bei Verwendung der *Neuen Relativzahl* verschwinden.

Der *Korrelationskoeffizient* der Beziehung zwischen R und R_S gibt Aufschluss darüber, wie homogen die Beobachtungsbedingungen beider Beobachter waren und wie gut die Regeln, *f* und *g* zu bestimmen, eingehalten wurden. Eine schlechte Korrelation kann durchaus auch zu Lasten der Standardreihe gehen, denn auch diese ist äusseren Einflüssen unterworfen und liefert keine *wahren* Relativzahlen[7]). Mit der Umstellung der Standardreihe von Zürich auf Uccle sanken die Korrelationskoeffizienten zu den meisten Beobachtern des bundesdeutschen Netzes – ein Anzeichen, dass die Umstellung nicht so reibungslos funktioniert wie gehofft.

5. Die Mittelung der Relativzahl

Die täglich ermittelte Relativzahl ist von geringer Bedeutung, da sie trotz k-Faktor erheblich von Beobachter zu Beobachter schwankt und ausserdem die Aktivität der Sonnenrückseite nicht berücksichtigt. Für die Sonnenflecken-Vorhersage finden daher nur Monats- und Jahresmittel der Relativzahl Verwendung. Leider rotiert die Sonne nicht genau einmal pro Monat um ihre Achse, so dass eine aktive Sonnenfleckengruppe über mehr als einen Umlauf erfasst wird und das Monatsmittel verfälscht. *Rotationsmittel* über 27 Tage (die synodische Rotationsdauer am Äquator) können hier abhelfen. Statt über ein Jahr sollten die Relativzahlen über 9 Monate (etwa 10 Rotationen) oder 17 Monate (etwa 19 Rotationen) gemittelt werden.

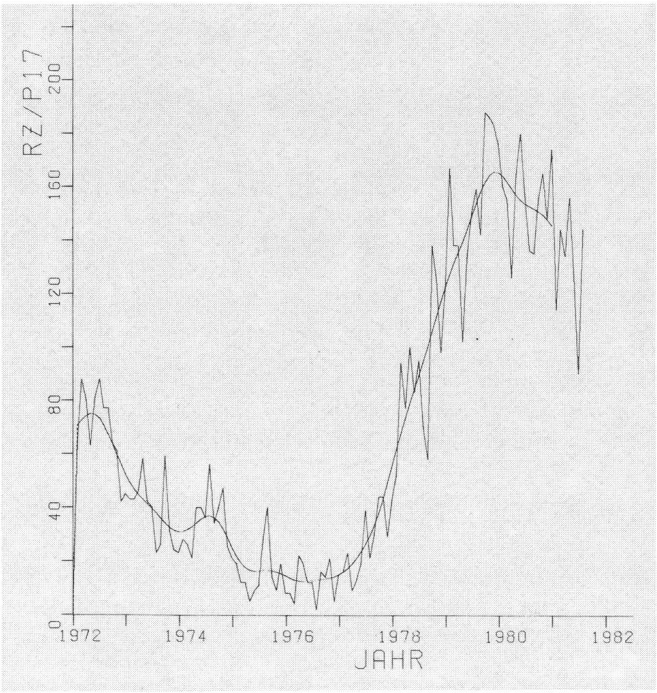

Abb. 6: Monatsmittel der Züricher Relativzahl 1972-1981 sowie die nach der P17-Mittelung ausgeglichene Kurve (berechnet von Dietmar Staps, Wiesbaden)

Die Bestimmung von Minimum und Maximum eines Sonnenfleckenzyklus beruht auf den *ausgeglichenen Monatsmitteln*. Bei diesem in Zürich eingeführten Verfahren werden die Monatsmittel gleitend über 13 Monate gemittelt (6 Monate vor dem betreffenden Monat bis 6 Monate danach), wobei der erste und letzte Monat dieses Zeitraums nur das halbe Gewicht erhalten. Eine solche trapezförmige Gewichtsfunktion ist in der Mathematik unüblich und konnte nur durch die Einfachheit der Anwendung entschuldigt werden. Im Zeitalter der programmierbaren Taschenrechner bringen sinnvollere Funktionen (Gauss-Verteilung, sin t/t, Polynome) keinen Kopf mehr zum Qualmen. Die Amateure *E. Karkoschka, U. Bendel* und *D. Staps* entwickelten die *P17-Mittelung*[15]), [16]). Sie verwenden ein Polynom der Form $(1-t^2)^3$, wobei der Mittelungszeitraum 17 Monate beträgt. Dieses Verfahren ist weniger anfällig gegenüber Nebenmaxima der Relativzahlkurve als die traditionelle Methode und erlaubt eine präzisere Bestimmung der Minima und Maxima der Sonnenfleckenzyklen.

6. Schlussbemerkungen

Diese Ausführungen sollten aufzeigen, welche interessanten Probleme sich hinter der scheinbar einfachen Bestimmung der Relativzahl verbergen. Wer Interesse bekommen hat, sich an einem Beobachternetz zu beteiligen, wende sich an den Autor oder an den Leiter der SAG-Sonnengruppe (Peter Altermatt, Im Ischlag 5, CH-4446 Buckten).

Literatur:

1) W. Lüthi: Sonnenbeobachtung für den Amateur, ORION *36*, S. 30, 76, 190 (1978)
2) H. Künzel: Hinweise für die heute übliche Zählweise von Sonnenflecken zur Bestimmung der Relativzahl, Astronomie und Raumfahrt 4/1976, S. 121
3) M. Waldmeier: Die Beziehung zwischen der Sonnenfleckenrelativzahl und der Gruppenzahl, Mitt. Eidgen. Sternw. Zürich Nr. 285 (1968)
4) R. Beck: Eine neue Definition der Sonnenfleckenrelativzahl, Sonne *1*, S. 56 (1977)
5) D. Husar: Klarstellung des Gebrauchs der Bezeichnung «Pore» bei Sonnenbeobachtungen, VdS-Nachrichten 8/1967, S. 45
6) A. Bruzek und C.J. Durrant: Illustrated Glossary for Solar and Solar-Terrestrial Physics, Dordrecht 1977, S. 74
7) K. Reinsch: Das Relativzahlnetz der Amateursonnenbeobachter, Sonne *4*, S. 34 und 168 (1980)
8) R. Beck: Probleme der Relativzahl und Relativzahlstatistik, Sonne *2*, S. 142 (1978)
9) A. Seeck und A. Hinrichs: Untersuchungen der k-Faktoren der Sonnenfleckenrelativzahl, Sonne *1*, S. 101 (1977)
10) R. Beck: Die Abhängigkeit des k-Faktors von der Luftgüte, Sonne *2*, S. 79 (1978)
11) W. Schulze: Sonnenbeobachtungen des Amateurastronomen, Astronomie und Raumfahrt 5/1978, S. 145
12) Sonne *3*, S. 127 (1979)
13) R. Beck und U. Bendel: Neues vom k-Faktor, Sonne *3*, S. 16 (1979)
14) R.D. Schindler: Bemerkungen über Reduktionsfaktoren, Sonne *5*, S. 62 (1981)
15) E. Karkoschka: Neue Relativzahl-Mittelung, Sonne *3*, S. 33 (1979)
16) U. Bendel und D. Staps: Kurzfristige Sonnenfleckenprognose mit der P 17-Mittelung, Sonne *4*, S. 50 (1980) und Sterne und Weltraum *19*, S. 180 (1980)

Adresse des Verfassers:
Rainer Beck, Volkssternwarte Bonn e.V., Poppelsdorfer Allee 47, D-5300 Bonn 1