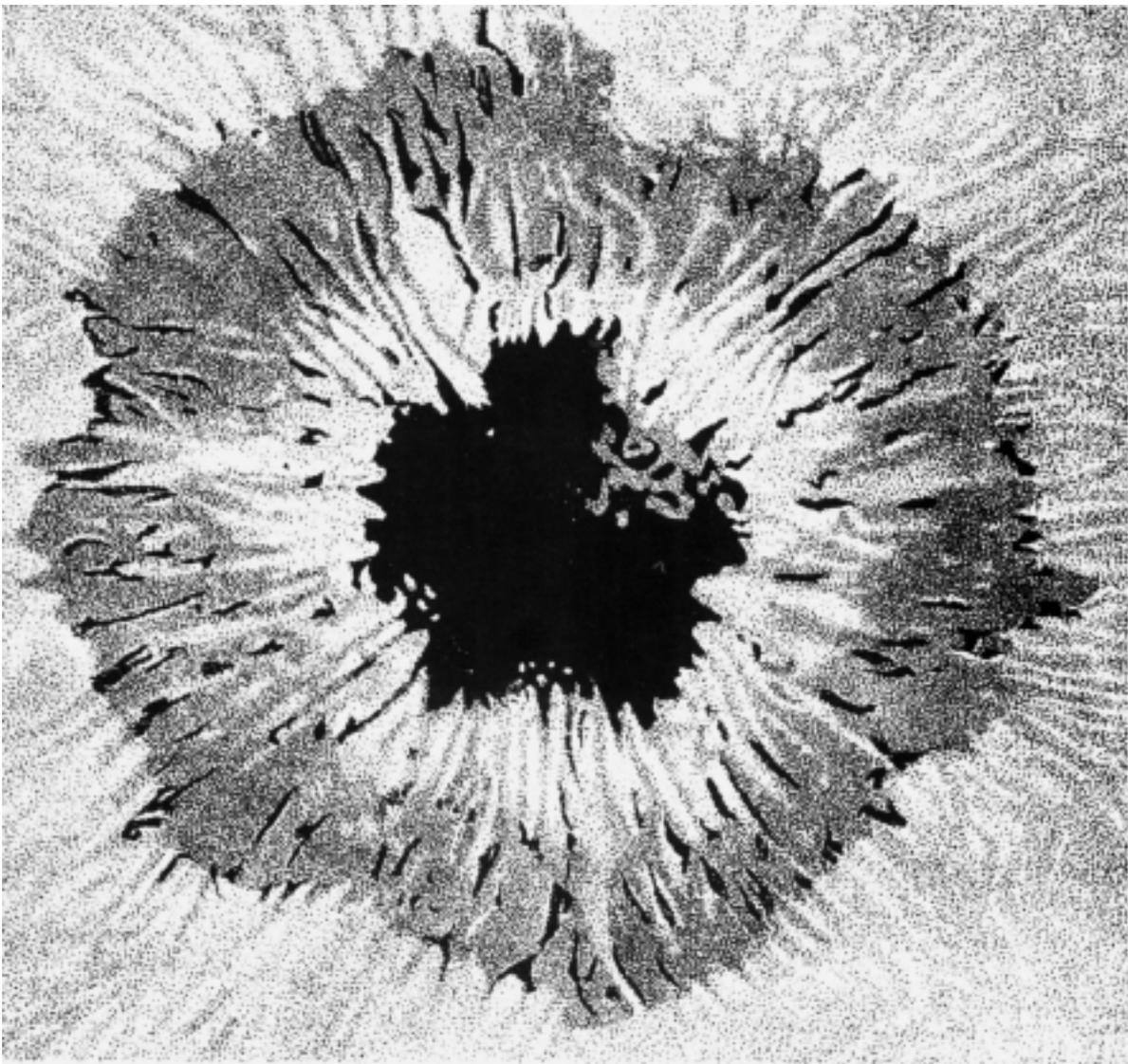


SONNE

EINFÜHRUNG IN DIE SONNENBEOBACHTUNG



– Eine Veröffentlichung der VdS-Fachgruppe Sonne –

4. überarbeitete Auflage, 2006

IMPRESSUM

SONNE – Mitteilungsblatt der Amateursonnenbeobachter – wird herausgegeben von der Fachgruppe Sonne der Vereinigung der Sternfreunde e.V. Das Mitteilungsblatt **SONNE** erscheint viermal im Jahr. Es dient dem überregionalen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Amateursonnenbeobachtung. Senden Sie Ihre Beiträge, Auswertungen, Erfahrungen, Kritik, neue Ideen, Probleme an **SONNE** zur Veröffentlichung ein, damit andere Sonnenbeobachter davon Kenntnis erhalten und mit Ihnen Kontakt aufnehmen können. **SONNE** wird von den Lesern selbst gestaltet - ohne Ihre Artikel bestände **SONNE** nur aus leeren Seiten! Verantwortlich i. S. d. P. ist immer der Unterzeichnete eines Beitrages, nicht die Redaktion.

Kontaktadresse: Steffen Janke, c/o Sternfreunde im FEZ e.V., An der Wuhlheide 197, D-12459 Berlin. Hierhin senden Sie bitte Ihre Abonnement-Bestellung, sowie Fragen und Wünsche, die Sie zur Sonnenbeobachtung und zu SONNE haben. Bitte vergessen Sie bei allen Anfragen nicht das Rückporto!

SONNE im Internet:

www.SONNEonline.org www.SONNE-Tagung.de
www.VdS-Sonne.de www.SONNE-Datenblatt.de

Layout: Manfred Holl (Hamburg), Steffen Janke (Berlin), Martin Hörenz (Dresden)

Ausgabe: 4. überarbeitete Auflage, 2006

Ansprechpartner

Beobachternetz (Wolfsche) Sonnenfleckenrelativzahl:

Andreas Zunker, SiFEZ, An der Wuhlheide 197, D-12459 Berlin, email: Relativzahl@VdS-Sonne.de

Beobachternetz Fleckenzahl mit bloßem Auge:

Steffen Fritsche, Steinacker 33, D-95189 Köditz, email: A-netz@VdS-Sonne.de

Beobachternetz Weißlichtfackeln:

Michael Delfs, WFS, Munsterdamm 90, D-12169 Berlin, email: Sonnenfackeln@arcor.de

Beobachternetz Positionsbestimmung von Flecken:

Daten: Michael Möller, Steiluferallee 7, D-23669 Timmendorfer Strand, email: Position-Daten@VdS-Sonne.de

Anfragen: Andreas Grunert, SiFEZ, An der Wuhlheide 197, D-12459 Berlin, email: Position@VdS-Sonne.de

Beobachternetz Differentielle Rotation:

Hubert Joppich, Heideweg 5, D-31840 Hessisch Oldendorf, email: Rotation@VdS-Sonne.de

Beobachternetz: Lichtbrücken:

Heiko Bromme, c/o Vstw. Wertheim, Geißbergstr. 24, D-97877 Wertheim-Reicholzheim, email: Lichtbruecken-Daten@VdS-Sonne.de

Archiv für Amateurveröffentlichungen:

Dietmar Staps, Schönbergstr. 28, D-65199 Wiesbaden, email: Archiv@VdS-Sonne.de

Provisorische Relativzahlen:

Andreas Bulling, SiFEZ, An der Wuhlheide 197, D-12459 Berlin, email: ProvRel@VdS-Sonne.de

SONNE-Datenblatt:

Rico Hickmann, c/o Sternwarte Radeberg, Stolpener Strasse 74, D-01454 Radeberg, email: Datenblatt@VdS-Sonne.de

Sonnenfinsternisse und Korona:

Dietmar Staps, Schönbergstr. 28, D-65199 Wiesbaden, email: SoFi@VdS-Sonne.de

Fotografie:

Wolfgang Lille, Kirchweg 43, D-21726 Heinbockel, email: Redaktion-Foto@VdS-Sonne.de

Instrumente und H-Alpha:

Wolfgang Lille, Kirchweg 43, D-21726 Heinbockel, email: Instrumente@VdS-Sonne.de

Betreuung von Anfängern und Jugend-forscht Teilnehmern auf dem Gebiet der Amateursonnenbeobachtung:

N/N, email: Anfaenger@VdS-Sonne.de

Beobachternetz Neue Relativzahlen:

N/N (Daten werden weiterhin erfasst, email: Pettis-Daten@VdS-Sonne.de)

Titelbild: Zeichnung eines Sonnenflecks von Pater Angelo Secchi vom 16.7.1866; Reproduktion aus dem Buch „Le Soleil“, Volume I, Seite 83 (1875)

Fotoseite: Aufnahmedaten siehe Seite 26

INHALT

1. Einleitung (H. Hilbrecht, W. Paech)	4
2. Die Sonnenflecken (H. Hilbrecht)	4
2.1 Die äußere Form der Sonnenflecken	4
2.2 Klassifikation und Entwicklung von Sonnenflecken	5
3. Erste Beobachtungsversuche (M. Hörenz, H. Hilbrecht)	7
3.1 Beobachtungen mit bloßem Auge	7
3.2 Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl	8
4. Der Sonnenfleckenzyklus (H. Hilbrecht)	9
5. Instrumente und Zubehör für die Sonnenbeobachtung (W. Paech)	10
5.1 Linsen- oder Spiegelfernrohr?	10
5.2 Die Beobachtungsmethoden und ihr Zubehör	11
6. Beobachtungsalltag (W. Paech)	13
7. Dokumentation der Beobachtung (W. Paech, M. Delfs, C.-H. Jahn)	17
7.1 Fotografieren (klassisch bzw. digital) oder Zeichnen?	17
7.2 Die Sonnenzeichnung	17
7.3 Die klassische Fotografie	18
7.4 Die digitale Fotografie	22
8. Aller Anfang ist schwer (S. Hammerschmidt, H. Hilbrecht, W. Paech)	24
9. Literatur	26

Weiterführende Informationen und Links zur Sonne im Internet:

<http://www.sonneonline.org>

<http://www.vds-sonne.de>

1. Einleitung

Heinz Hilbrecht und Wolfgang Paech

Die Sonne ist eines der interessantesten Beobachtungsobjekte für den Amateurastronomen. Schon mit geringem Aufwand, einem kleinen Fernrohr und verhältnismäßig wenig finanziellem Einsatz kann man eines der dynamischsten Objekte am Himmel beobachten und Veränderungen aufzeichnen. Für den fortgeschrittenen Sonnenbeobachter bereitet dies keine Schwierigkeiten, denn die meisten Probleme kann er schnell mit Hilfe der Literatur und Diskussionen mit seinen Sternfreunden ausräumen. Der Anfänger hat es da viel schwerer, denn es existieren kaum echte Einführungen in die Sonnenbeobachtung, einige sind zu kurz und manche sogar fehlerhaft. Wir haben versucht, Erfahrungen geübter Beobachter in diese neue Einführung einfließen zu lassen, aber auch andere, teils ältere, Anleitungen zu sichten und

gute Ideen weiter zu verwenden. Die Idee zu einer „Einführung für Sonnenbeobachter“ entstand bereits 1977 – geworden ist daraus das „Handbuch für Sonnenbeobachter“. Mittlerweile ist es in der 3. Auflage unter dem Titel „Die Sonne beobachten“ erschienen. Dieses Buch ist aber zu umfangreich und wegen des notwendigen Umfangs auch zu teuer, um es in Kursen an Volkshochschulen, Volksternwarten und Schulen einzusetzen. Diese Einführung richtet sich deshalb gezielt an die Neulinge. Dabei sollen die „Neulinge“ nicht als „Anfänger“ behandelt werden. Das englische Wort „beginner“ hat eine viel positivere Bedeutung, und Beginner war schließlich jeder von uns. Nur zu gut erinnern wir uns an die oft etwas überheblichen Erklärungen mancher „alter Hasen“.

Wir wollen mit dieser Schrift nicht den Wissenschaftler motivieren, sondern die vielen Sternfreunde, deren Interesse es zu wecken gilt, die so oft mit ihren Problemen vor schwer lösbaren Aufgaben stehen. Wir wollen eine Beobachtungsanleitung geben, die auf die wichtigsten Fragen Antwort gibt und konkrete Beispiele, wo dies möglich ist. So kann jeder kontrollieren, ob das Gelesene auch verstanden wurde und dieses Wissen in der Praxis anwenden. Diese Anleitung soll Kontakt und Austausch mit Gleichgesinnten nicht ersetzen. Sie kann aber Werkzeug sein, sich die ersten eigenen Erfahrungen zu verschaffen und die wichtigsten Grundbegriffe kennen zu lernen. Sie soll Zeit sparen, denn sie steht bei auftretenden Problemen am Fernrohr und zu jeder Zeit zur Verfügung.

2. Die Sonnenflecken

2.1 Die äußere Form der Sonnenflecken

Heinz Hilbrecht

Manchmal schon mit bloßem Auge (geeignetes Filter zur Lichtdämpfung benutzen!!), aber besonders mit dem Feldstecher oder Teleskop, sind kleine dunkle Gebilde auf der Sonnenscheibe sichtbar – die Sonnenflecken. Oft ist zu beobachten, daß sie sich in großen und kleinen Gruppen zusammenscharen – den Sonnenfleckengruppen (siehe Abbildung 1). Kleine Gruppen mit wenigen Flecken zeigen keine regelmäßige Ordnung. Sie erscheinen einfach als Ansammlung von Flecken. Große Fleckengruppen aber bestehen in der Regel (seltene Ausnahmen sind möglich) aus zwei Gebieten,

in denen sich die Flecken häufen und zwischen denen nur wenige oder keine Flecken sind. Diese Anordnung heißt bipolar, d.h. die Flecken sind an zwei Polen konzentriert. Einfachere Gruppen ohne deutlich getrennte Fleckenzentren werden unipolar genannt. Die wichtigsten Formen, aus denen sich Sonnenflecken aufbauen, sind in Abbildung 1 schematisch dargestellt. Sehr kleine Sonnenflecken erscheinen als dunkle punktförmige Gebilde. Bei ihnen unterscheidet man zwischen Sonnenflecken und Poren, deren Lebensdauer meist nur wenige Minuten beträgt. Poren werden bei der Bestim-

mung der Relativzahl (vgl. Abschnitt 3.2) nicht berücksichtigt. Größere Sonnenflecken bestehen aus einem dunklen Kern, der Umbra, und einem etwas helleren Hof, der Penumbra. Bei direkter Beobachtung mit dem Auge am Okular (Filter benutzen, Erblindungsgefahr!!) sieht man eine mehr oder weniger gleichmäßig schwarze, rotbraune und manchmal fast graue Umbra. Die Penumbra scheint aus vielen hellen und dunklen Fäden, den Penumbra-Filamenten, zu bestehen. Diese sind von der Umbra weg nach außen orientiert.

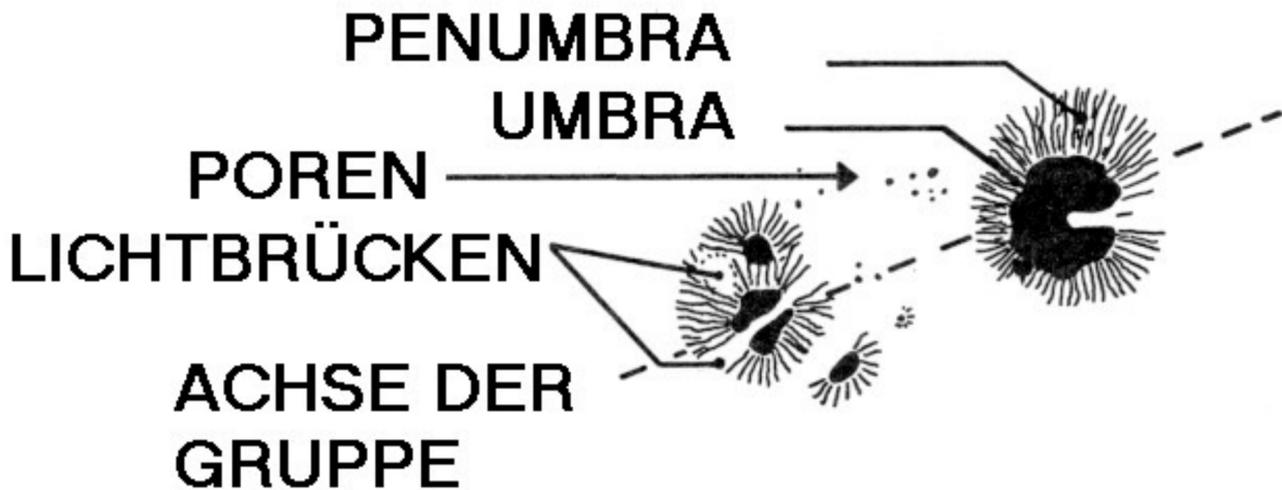


Abbildung 1: Schema einer bipolaren Sonnenfleckengruppe mit den wichtigsten Begriffen für die beobachtbaren Details

Die wenigsten Sonnenflecken mit Penumbra haben eine wirklich kreisförmige Gestalt. In aller Regel wird man auch helle schmale Einkerbungen in den Fleck sehen, die Penumbra und Umbra manchmal wie helle Zungen durchschneiden. Diese Strukturen werden Lichtbrücken genannt.

Beobachtet man einen regelmäßigen runden Fleck nahe dem Zentrum der Sonnenscheibe und verfolgt ihn über einige Tage, so wird er zum Sonnenrand hin immer schmaler. Die Sonne ist eine rotierende Kugel und so ergibt sich eine perspektivische Verzerrung des Sonnenflecks auf ihrer Oberfläche.

Die Verbindungslinie zwischen den beiden Hauptflecken einer bipolaren Gruppe wird als Achse der Fleckengruppe bezeichnet. Bei Gruppen ist diese Achse in Rotationsrichtung der Sonne mehr oder weniger stark zum

Sonnenäquator geneigt, gelegentlich aber auch senkrecht oder sogar entgegen der Rotationsrichtung. Mit wachsendem Alter der Gruppe kann sich die Achse verändern.

Wie alle gasförmigen Körper im Sonnensystem (z.B. auch Jupiter und Saturn) rotiert die Sonne an ihrem Äquator schneller, wo sie sich in 25 Tagen einmal um ihre Achse dreht (siderische Rotation). In 40 Grad Breite braucht sie schon 27 Tage für eine Rotation. Objekte in niedrigeren Breiten „überholen“ also solche in höheren Breiten. Diesen Effekt nennt man die differentielle Rotation der Sonne. Die Bewegung der Erde um die Sonne und die Rotation der Sonne selbst überlagern sich, so dass man nach etwa 27 – 29 Tagen wieder den gleichen Punkt auf der Oberfläche der Sonne (Photosphäre) beobachten kann.

Nähert sich ein Fleck dem Sonnenrand, werden in seiner Umgebung helle Gebiete sichtbar, die Sonnenfackeln. Sobald die Fleckengruppe in den etwas dunkler erscheinenden Randbereich (Randverdunklung der Sonne) gelangt, werden sie deutlich sichtbar. Fackeln können auch ohne Flecken vorkommen. Die genaue Beobachtung der Fackeln lohnt sich aber, da sich in ihnen kleine Flecken bilden können. Helligkeit und Dunkelheit sind Ausdruck der auf der Sonne herrschenden Temperaturen. Während in Sonnenflecken das Gas nur etwa 3000 Grad Celsius heiß ist, hat die übrige Photosphäre eine Temperatur von etwa 5500 Grad. In den Fackeln ist es noch um einige hundert Grad heißer, aber vor der hellen Photosphäre im Zentrum der Scheibe heben sie sich nicht kontrastreich genug ab.

2.2 Klassifikation und Entwicklung von Sonnenflecken

Heinz Hilbrecht

Fleckengruppen unterscheiden sich durch das Vorhandensein von Penumbren, dem Vorhandensein einer Bipolarität, Größe und

Form der Flecken. Auf diesen Merkmale hat Max Waldmeier seine Klassifikation der Fleckengruppen aufgebaut.

Tabelle 1 gibt jeweils einige Beispiele für die einzelnen Gruppenklassen, die mit A bis J bezeichnet werden.

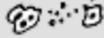
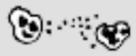
A	Ein einzelner Fleck oder eine Gruppe von Flecken ohne Penumbra und ohne bipolare Struktur	
B	Gruppe von Flecken ohne Penumbra aber in bipolarer Anordnung	
C	Bipolare Fleckengruppe, deren einer Hauptfleck von einer Penumbra umgeben ist	
D	Bipolare Gruppe, deren beide Hauptflecken eine Penumbra besitzen. Ein Hauptfleck ist einfach und der andere meistens, aber nicht immer, etwas komplizierter aufgebaut.	
E	Große bipolare Gruppe, deren Hauptflecken Penumbren besitzen. Beide zeigen im allgemeinen eine komplizierte Struktur. Zwischen den Hauptflecken zahlreiche kleinere Flecken. Die Gruppe hat eine Länge von mindestens 10° auf der Sonne.	
F	Sehr große bipolare Gruppe oder komplexe Sonnenfleckengruppe. Länge mindestens 15° (sonst wie E).	
G	Große bipolare Gruppe ohne kleine Flecken zwischen den Hauptflecken. Die Länge beträgt mindestens 10°.	
H	Unipolarer Fleck mit Penumbra, Durchmesser größer als 2,5°	
J	Unipolarer Fleck mit Penumbra, Durchmesser kleiner als 2,5°	

Tabelle 1: Klassifikation von Sonnenflecken nach Max Waldmeier (Zürich)

Große E-, F- und G- Gruppen sind vergleichsweise selten. Wegen ihrer Größe werden aber gerade sie häufig in der Literatur abgebildet. Man lasse sich nicht täuschen. Wichtig sind deshalb die Längen- und Durchmesserangaben in der Definition der einzelnen Fleckenklassen. Besonders am Anfang überschätzt man leicht die Größe einer Fleckengruppe. Schwierigkeiten bereitet auch die perspektivische Verzerrung am Sonnenrand. Mit etwas Routine und Anschauung durch das

Gradnetz sind solche Probleme leicht zu überwinden.

Grundsätzlich kann eine Fleckengruppe während einer vollständigen Entwicklung alle Klassen von A bis J durchlaufen, aber nur die wenigsten Gruppen entwickeln sich bis zu den sehr großen Klassen E, F, und G. Entwicklungswege können die großen Gruppenklassen überspringen. Der Weg A – B – A ist sicherlich der häufigste, nach dem einfachsten Fall, da eine A-Gruppe nach 1 bis 2 Tagen

wieder verschwindet. Ein typischer Entwicklungsweg einer größeren Fleckengruppe könnte auch A – B – C – D – C – J – A sein. J- Flecken sind fast immer Endstadien der Gruppenentwicklung, aber die „frühen“ Gruppenklassen C und D werden beim Überschreiten des Aktivitätsmaximums einer Gruppe (Klassen E, F und G) auf dem Weg zu H- und J- Flecken manchmal erneut ausgebildet.

3. Erste Beobachtungsversuche

3.1 Beobachtungen mit bloßem Auge

Martin Hörenz

Mit geeigneten Filtern können große Sonnenflecken auch ohne Fernrohr oder andere vergrößernde Hilfsmittel beobachtet werden. So wurden bereits vor mehreren tausend Jahren beispielsweise in China zu Sonnenauf- oder -untergang Sonnenflecken beobachtet. Mit einer Sonnenfinsternisbrille oder einem Schweißerglas (Nr. 14 o. 15) kann man die Sonnenaktivität auch ohne Fernrohr überwachen. Auch wenn oft über längere Zeit nichts zu beobachten ist, kann es plötzlich

spannend werden, wenn am linken (östlichen) Sonnenrand ein kleiner schwarzer Punkt auftaucht und an den folgenden Tagen über die Sonnenoberfläche wandert. Während des Sonnenfleckenmaximums können manchmal vier oder sogar noch mehr Flecken zu sehen sein. Sehr große Fleckengruppen, welche man mit dem Fernrohr als Waldmeier-Typ E oder F klassifizieren würde, können in einigen Fällen bereits mit bloßem Auge flächig gesehen werden, bei großen Gruppen,

deren bipolare Struktur sehr ausgeprägt in Erscheinung tritt, ist oft eine Trennung der beiden Hauptflecken möglich. Die Fachgruppe Sonne sammelt solche Beobachtungen im „A-Netz“. Um mitzumachen, brauchen Sie nur Tag und Anzahl der beobachteten Flecken aufzuschreiben. Bitte vergessen Sie dabei aber nicht, auch die fleckenfreien Tage zu notieren. Erst durch die Bildung von Monatsmittelwerten ist es möglich, die Aktivität mit einer guten Genauigkeit zu dokumentieren.

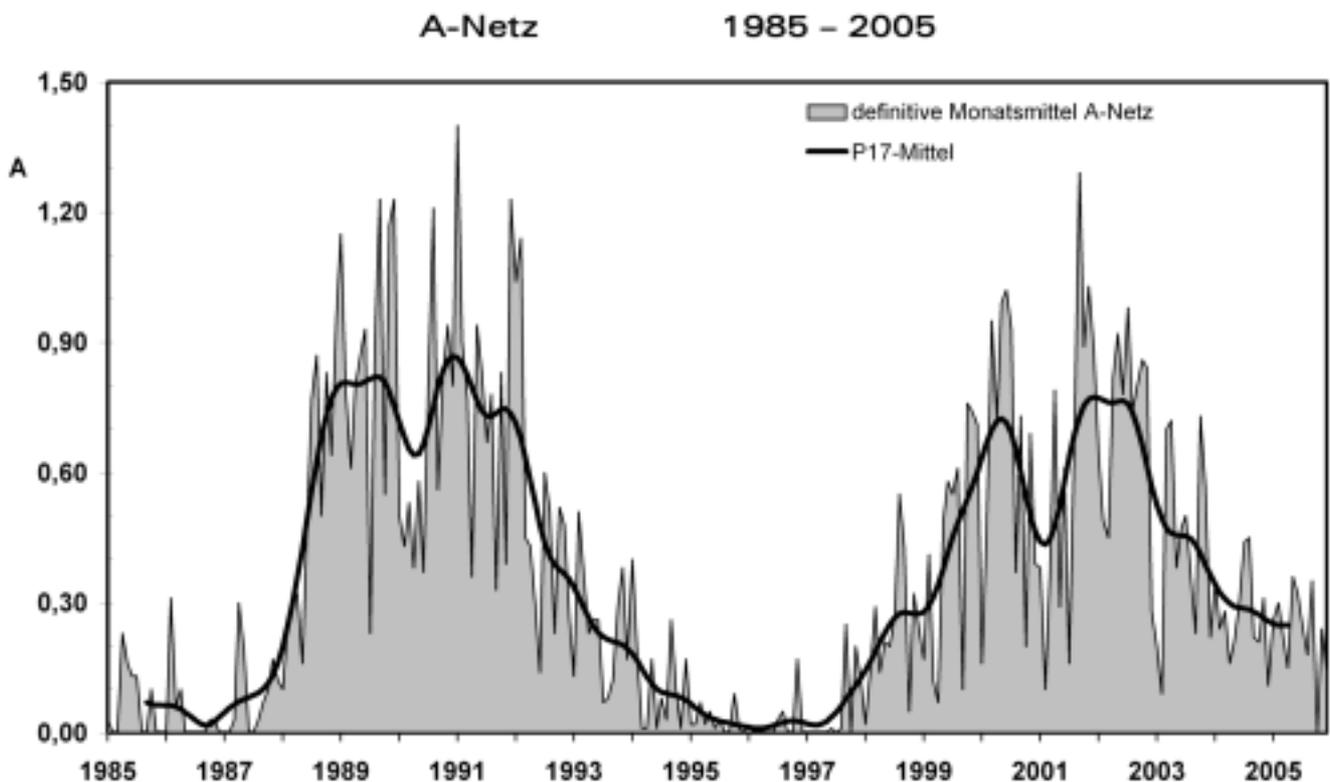


Abbildung 2: Sonnenfleckenzahlen nach dem A-Netz (bloßes Auge)

3.2 Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl

Heinz Hilbrecht

Die Anzahl der sichtbaren Sonnenflecken ändert sich sowohl von Tag zu Tag als auch langfristiger. Diese Veränderungen auf möglichst einfache Weise zu beschreiben, ist das Ziel der Sonnenfleckenrelativzahl, oder kurz der Relativzahl (R bzw. R_E), die Mitte des 19. Jahrhunderts von dem Schweizer Astronomen Rudolf Wolf definiert wurde. Nach ihm wird sie auch die Wolfsche Relativzahl genannt. Sie ist festgelegt als die Summe aller sichtbaren Sonnenfleckenumbren auf der Scheibe und der mit 10 multiplizierten Zahl der Fleckengruppen. Als allgemeine Gleichung also:

$$R = 10 \times g + f$$

Dabei ist g die Anzahl der Fleckengruppen und f die Anzahl aller sichtbaren Einzelflecken auf der Sonnenscheibe, egal zu welchen Gruppen sie gehören. Der Rechenweg ist in Abbildung 3 dargestellt (ein Beispiel finden Sie in Abbildung 10). Man setzt die beobachteten Zahlen einfach in die Gleichung ein. Bevor addiert wird, ist natürlich $10 \times g$ zu berechnen: Punktrechnung vor Strichrechnung! Mit Hilfe eines Gradnetzes kann man die Relativzahl auch getrennt für die

Nord- und Südhalbkugel der Sonne bestimmen. Oft sind die Flecken über viele Monate auf einer Halbkugel häufiger als auf der anderen – eine Eigenheit der Sonne, die physikalisch noch ungeklärt ist.

Die Relativzahl-Formel findet man manchmal auch anders geschrieben:

$$R = k \times (10 \times g + f) = k \times R_E$$

Der Faktor „ k “ (Reduktionsfaktor) macht die eigene Relativzahl vergleichbar mit anderen Beobachtungen der Relativzahl. Abhängig von vielen Einflüssen (z.B. der Größe des Teleskops, der Beurteilung durch den Beobachter, den Beobachtungsbedingungen) sehen die Beobachter immer eine unterschiedliche Zahl von Einzelflecken oder Fleckengruppen. Deshalb reduziert man alle Relativzahlen auf eine internationale Standardrelativzahl (R_I). Diese Beobachtungsreihe wurde früher in Zürich erstellt (Zürcher Relativzahl), und seit 1980 hat diese Aufgabe das „Solar Influences Data analysis Center“ (früher: „Sunspot Index Data Center“) in Uccle (Belgien) übernommen. Die Standardrelativzahl wird geteilt durch die eigene Relativzahl:

$$k = R_I / R_E$$

Den Reduktionsfaktor k bestimmt man nicht aus den täglichen Beobachtungen. Die Schwankungen (Wetter, Verfassung des Beobachters, kurzperiodische Schwankungen der Fleckenzahl) sind viel zu groß, um dabei zu einem zuverlässigen Wert zu kommen. Es ist besser, Mittelwerte der Relativzahlen eines Monats oder besser den Mittelwert eines ganzen Jahres zu vergleichen. Der Anfänger kann dabei beobachten, wie in den ersten Monaten sein Reduktionsfaktor noch stark schwankt. Mit der Zeit ergibt sich aber durch wachsende Erfahrung bei der Beobachtung ein stabiles k , das sich von Monat zu Monat kaum noch verändert. Erst dieser stabile Wert sollte zur Reduktion der Beobachtungen benutzt werden. Wer seine Beobachtungen einer überregionalen Auswertung zur Verfügung stellt, darf nicht reduzieren, sondern muss seine beobachtete Relativzahl einsenden, damit die Reduktion auf verschiedene Relativzahlreihen möglich bleibt. Solche Reihen gibt es international von vielen Amateurbeobachtergruppen, die ihre Daten auch untereinander austauschen.

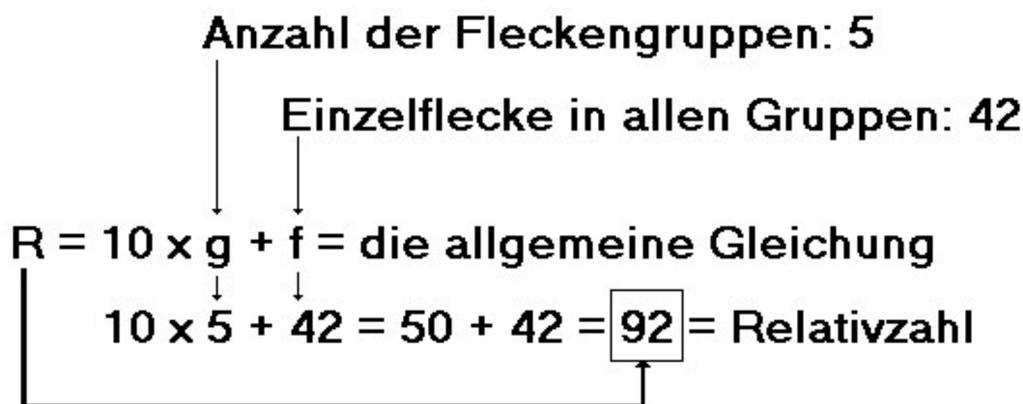


Abbildung 3: Die Berechnung der Relativzahl

Es ist leider weit verbreitet, ein möglichst kleines k (also viele beobachtete Flecken) mit einer besseren Qualität der Beobachtungen gleichzusetzen. Dies ist falsch! Vielmehr ist ein guter Beobachter an einem über lange Zeit stabilen Reduktionsfaktor zu erkennen.

Veränderungen der Sonnenaktivität werden durch sie nicht dadurch vorge-täuscht, da sie in einem Monat sorgfältig und im nächsten Monat sorglos gezählt haben, z.B. weil sie plötzlich auch die kleinsten Flecken mitgezählt haben, die vorher nicht beachtet wurden, oder sie

ihr Teleskop gewechselt haben. Eine gute Relativ-zahlreihe muss langfristig immer am gleichen Instrument erstellt werden. Dabei ist ein großes Teleskop nicht erforderlich – die Standard-relativzahl wird an einem Fernrohr mit 80 mm Öffnung ermittelt.

4. Der Sonnenfleckenzyklus

Heinz Hilbrecht

Schon nach wenigen Wochen der Beobachtung wird man feststellen, daß die Sonnenaktivität, ausgedrückt durch die Relativzahl, unregelmäßigen Schwankungen unterliegt. Beobachtet man über einen längeren Zeitraum gibt es auch regelmäßige Veränderungen der Aktivität, die Sonnenflecken-zyklen. Der Zyklus hat im Mittel eine

Dauer von etwa 11 Jahren. Es gibt wahrscheinlich auch längere, deren Dauer aber noch umstritten ist, da erst seit 1750 kontinuierliche Relativzahl-beobachtungen vorliegen.

Abb. 4 zeigt die monatlichen Mittelwerte der Relativzahlen, die die Beobachtergruppe des SONNE-Relativzahl-netzes seit 1977 gesammelt

hat. Man erkennt, daß nach einer Zeit sehr geringer Sonnenaktivität (also niedriger Relativzahl) die Anzahl der Flecken zunimmt und ein Maximum, das Sonnenfleckenmaximum, erreicht. Danach nimmt die Relativzahl wieder zum nächsten Sonnenfleckenminimum hin ab. Ein vollständiger Zyklus wird von Minimum zu Minimum gezählt.

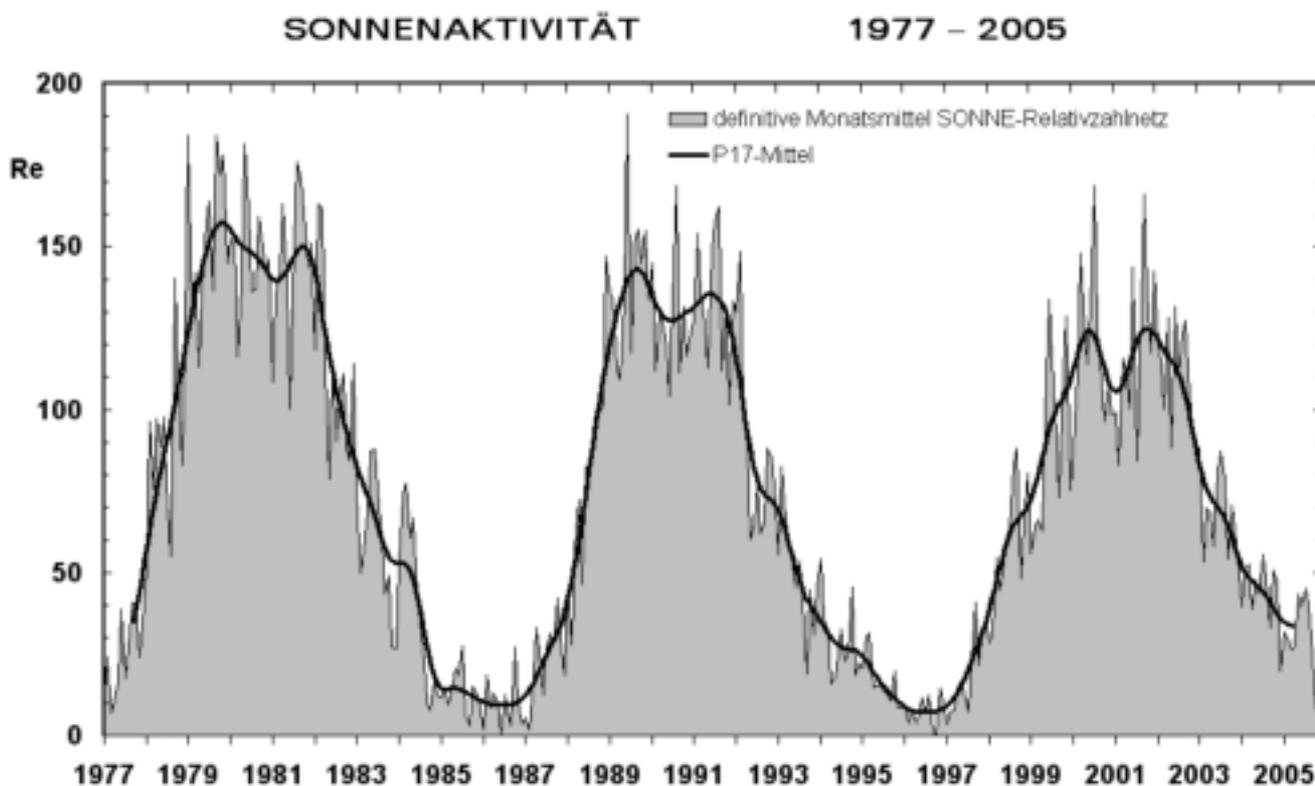


Abbildung 4: Monatsmittel der Relativzahlen des SONNE- Netzes, einer Gruppe von knapp 100 Amateurastronomen, die ihre Relativzahlen einer zentralen Auswertung zur Verfügung stellt. Dadurch werden Beobachtungsreihen möglich, in denen es keine wetterbedingten Lücken mehr gibt.

Die Kurve ist nicht ganz regelmäßig, und auch die Dauer einzelner Zyklen muss nicht genau 11 Jahre betragen. Die Länge schwankt zwischen 8 und 14 Jahren. Die Veränderungen auf der Sonne sind in diesem Zeitraum sehr eindrucksvoll. Im Fleckenmaximum sind große Fleckengruppen häufig, während im Minimum fast nur kleine Gruppen erscheinen. Viele der anderen Erscheinungen auf der Sonne variieren ebenfalls mit dem Zyklus. So unterliegt die Fackelzahl ganz ähnlichen Schwankungen. In der Zeit nach dem Fleckenmaximum erscheinen auch an den Polen der Sonne Fackelgebiete mit Fackelpunkten – die Polfackeln – die

dann einige Jahre vor dem Fleckenmaximum wieder verschwinden. Polfackeln fehlen während des Maximums. Dann sind Fackeln nur noch in den Hauptzonen, in denen auch die Flecken liegen, zu beobachten.

Diese Hauptzonen verschieben sich während eines Fleckenzyklus in der heliografischen Breite, also dem Abstand vom Sonnenäquator (Breitenwanderung der Sonnenfleckenzonen). Sonnenflecken erscheinen immer in einem Gürtel auf der Nord- und Südhalbkugel der Sonne mit einem bestimmten Abstand zum Sonnenäquator. Diese Gürtel sind die Hauptzonen. Im Minimum der Aktivität

haben die Hauptzonen einen großen Abstand vom Äquator. Dieser Abstand verringert sich über das Maximum bis zum Ende des Fleckenzyklus (neues Minimum), bis die Sonnenflecken nur noch in einem schmalen Bereich um den Äquator auftauchen. Die ersten Flecken des neuen Zyklus setzen dann wieder in hohen Breiten ein – ein immer wieder mit Spannung erwartetes Ereignis. Diese Breitenwanderung der Sonnenflecken, über einen Zyklus grafisch aufgetragen, nennt man das Schmetterlingsdiagramm (siehe auch Abbildung 12).

5. Instrumente und Zubehör für die Sonnenbeobachtung

5.1 Linsen- oder Spiegelfernrohr?

Wolfgang Paech

Bei der Beobachtung der Sonne auch mit dem kleinsten Fernrohr, ist darauf zu achten, das Sonnenlicht mit geeigneten Mitteln abzdämpfen. Nur eine Sekunde Beobachtung des grellen Lichtes kann zur Zerstörung der Horn- und Netzhaut und damit zum Verlust des Augenlichtes führen.

Welches Gerät – vor dieser Frage steht jeder Einsteiger. Hier sollen nur die Vor- und Nachteile für die Sonnenbeobachtung diskutiert werden. Der folgende Text bezieht sich nur auf kleine Instrumente, wie sie unter anderem auch in Kaufhäusern zu erwerben sind. Für die Beobachtung der Sonne durch den Amateur gibt es prinzipiell vier Methoden:

- A) Die Beobachtung mit dem Projektionsschirm
- B) Die Beobachtung mit Okularfiltern
- C) Die Beobachtung mit speziellen Sonnenokularen oder Prismen
- D) Die Beobachtung mit Objektivfilter bzw. -folie

Das Hauptübel bei der Sonnenbeobachtung ist die Luftunruhe, das sogenannte Seeing (Kapitel 6). Sie bewirkt, daß das beobachtete Bild mehr oder weniger unscharf und verwaschen erscheint. Die Luftunruhe entsteht unter anderem, wenn warme und kalte Luftzellen aufeinandertreffen und sich vermischen.

Eine klare Feststellung vorneweg: Für die Sonnenbeobachtung mit den Methoden A, B, C sind Refraktoren (Linsenfernrohre) wesentlich günstiger einzusetzen als Reflektoren (Spiegelfernrohre), und zwar aus folgenden Gründen:

Bei den drei ersten Methoden wird objektivseitig mit dem sehr heißen, ungefilterten Sonnenlicht gearbeitet.

Licht und Wärme werden entweder gar nicht (A) oder okularseitig (B, C) gedämpft. Bei einem Refraktor haben wir annähernd ein geschlossenes System, bestehend aus Objektiv, Tubus und Okular. Die Luftsäule, die im Tubus steht, erwärmt sich bei der Beobachtung zwar langsam, hat aber kaum Gelegenheit, mit der Außenluft in Wechselwirkung zu treten. Anders ist die Situation bei einem Reflektorsystem nach Newton. Hier ist der Tubus offen, und die sich erwärmende Luftsäule wird schnell einen permanenten Wärmeaustausch mit der Außenluft eingehen. Bei Reflektoren kommt dazu, da der Fangspiegel in der Nähe des Brennpunktes liegt und sich somit ebenfalls stark erwärmt. Dies bewirkt,

da sich die optische Form des Spiegels ändert, was zu einer weiteren Bildverschlechterung beiträgt. Des Weiteren haben Spiegelsysteme im allgemeinen ein höheres Öffnungsverhältnis (= Verhältnis von Objektivdurchmesser zu Objektivbrennweite, üblicher Wert eines Refraktors 1:15; Reflektor 1:4 bis 1:10) als Refraktoren. Die Beleuchtungsstärke und somit die Wärmeentwicklung im Brennpunkt ist somit bei Reflektoren wesentlich höher als bei den Refraktoren. Bei den anderen Spiegelfernrohrsystemen (Cassegrain, Schmidt-Cassegrain und Maksutov etc.) sitzen meist Plastikteile im Strahlengang, die bei ungefilterter Beobachtung schmelzen können. Außerdem werden auch hier die Fangspiegel außerordentlich heiß. Deshalb ist von der Beobachtung mit A, B, C (D ist möglich) abzuraten. Die Nachteile des Refraktors sind:

Große Baulänge, höherer Anschaffungspreis und Restfarbfehler (Chromasie) der Objektivlinsen. Das heißt: Wer noch kein Instrument besitzt, dem sei angeraten, sich für die Sonnenbeobachtung einen Refraktor anzuschaffen. Andererseits kann man aber auch mit Spiegelteleskopen – hauptsächlich mit Methode D – sehr gute Sonnenbeobachtungen durchführen. Zum Schluss soll noch die Fernrohrgröße, die für die Sonnenbeobachtung sinnvoll ist, diskutiert werden.

Die kleinsten Details, die der Amateur beobachten kann, liegen bei einem Winkeldurchmesser von etwa 1 – 2 Bogensekunden (Granulation), die größten bei etwa 10 bis 150 Bogensekunden (Sonnenflecken). Einfache Faustformeln für die Berechnung des Auflösungsvermögens eines Fernrohrobjektives lauten:

Refraktor:

Auflösungsvermögen (in Bogensekunden) = $120 / \text{Objektivdurchmesser (in mm)}$

Reflektor:

Auflösungsvermögen (in Bogensekunden) = $240 / \text{Spiegeldurchmesser (in mm)}$

Das Seeing lässt für den Amateur tagsüber die Beobachtung einer Winkelauflösung von der Größe 1 – 2 Bogensekunden zu. Da ein Einsteiger nicht mit der Beobachtung der Granulation anfangen wird, ist für ihn ein Refraktor mit 6 – 8 cm Objektivdurchmesser oder ein Reflektor mit 10 – 15 cm Spiegeldurchmesser ausreichend. Der Fortgeschrittene liegt mit einem 10 – 15 cm Refraktor oder einem 20 – 30 cm Spiegel an einer Grenze, deren Überschreitung nur in wenigen Fällen sinnvoll ist.

5.2 Die Beobachtungsmethoden und ihr Zubehör

Wolfgang Paech

A – Die Beobachtung mit dem Projektionsschirm

Bei dieser Beobachtungsart wird das objektivseitig ungefilterte Licht der Sonne auf einen Schirm projiziert. Die Beobachtung ist gefahrlos und die einfachste. Das Hauptproblem ist jedoch, dass das Projektionsokular sehr dicht am Brennpunkt des Teleskops steht und somit sehr heiß wird. Es ist deshalb zu beachten, dass bei dieser Art der Beobachtung niemals verkittete Okulare benutzt werden dürfen. Es sollten nur Huygens-, Mittenzwey- oder Ramsden-Okulare zur Anwendung kommen. Ist der Okulartyp unbekannt, sollte dieses Okular nicht zur Sonnenprojektion verwendet werden.

Zum Kauf oder Selbstbau eines Projektionsschirmes sei folgendes angemerkt:

Der Schirm und seine Befestigung sollen so stabil wie möglich (und es die Fernrohrmontierung zulässt) sein. Damit kann nicht nur visuell beobachtet werden, sondern auch die Form der Flecken und deren Position auf einer Schablone markiert werden.

Zum Zubehör von kommerziell gefertigten Instrumenten gehören Projektionsschirme, die optisch und mechanisch an diese angepasst sind. Wer sein Fernrohr selbst gebaut hat und sich zum Kauf eines Schirmes entschließt, dem sollte die Anpassung an sein Instrument keine Probleme bereiten.

Ein Beispiel zeigt die Abbildung 5. Der

komplette Schirm wird mit zwei Rohrschellen am Fernrohrtubus befestigt. Der Abstand des Schirmes vom Okular sollte, wenn auf hohe Genauigkeit der Zeichnungen Wert gelegt wird, variabel sein. Die Sonne ändert ja durch die Ellipsenbahn der Erde ihre scheinbare Größe am Himmel. Man kann dies mit zwei ineinander geschobenen Rohren ausgleichen, die durch eine Schraube miteinander fest verbunden werden können. Der Schirm selber kann aus einer runden oder quadratischen Platte bestehen. Wichtig ist, dass die Platte rechtwinklig zur optischen Achse des Fernrohres steht. Ist dies nicht der Fall, bekommen wir ein verzerrtes Projektionsbild. Die Zeichenschablone wird mit kleinen Klammern oder

Magneten auf dem Schirm befestigt. Diese Methode bietet den Vorteil, da die Schablone jederzeit leicht in Ost-West-Richtung justiert werden kann. Der Kontrast des Sonnenbildes lässt sich durch Projektion in einen wesentlich dunklere Umgebung stark erhöhen. Am einfachsten kann hierbei zur Abschirmung des störenden Nebenlichtes auf dem Fernrohrtube eine Pappscheibe montiert werden. Etwas aufwendiger ist ein dunkles Tuch, das den hinteren Bereich des Fernrohres mit dem Projektionsschirm vom umgebenden Sonnenlicht abschirmt (ACHTUNG: nicht mit dem Tuch in den Strahlengang geraten, Feuergefahr!), oder die Projektion in einen dunklen Raum. Zur weiteren Kontraststeigerung sollte ein stärkeres Blatt Papier oder dünne weiße Pappe

über das Projektionsbild bewegt werden (in einer Art Zitterbewegung), denn so treten bei der Betrachtung Details auf der Sonne deutlich hervor und Flecken lassen sich so besser erkennen und zählen. Als projizierten Sonnenbilddurchmesser empfehlen wir:

Fernrohre mit 50 – 100 mm Öffnung:
Schablonendurchmesser 11 cm

Fernrohre ab 100 mm Öffnung:
Schablonendurchmesser 15 cm

Zum Abschluss nun eine einfache Formel für die Berechnung eines Sonnenprojektionschirmes. Die Formel gilt nur, wenn die Brennweite des Okulars wesentlich kleiner ist, als der Abstand zwischen Okular und Schirm!

- B_1 ... projizierter
Sonnendurchmesser
- A ... Abstand, den der Schirm
vom Okular hat
- f_{OK} ... Okularbrennweite

Außerdem brauchen wir noch den Durchmesser des Sonnenbildes D im Brennpunkt (Faustformel: $1/100$ der Objektivbrennweite). Dann ist:

$$B_1 = D \times A / f_{OK}$$

Ein Beispiel: Fernrohr mit 1000 mm Brennweite, D ist dann 10 mm. B_1 soll 110 mm betragen. Die Okularbrennweite sei 20 mm. Dann ist:

$$A = (110 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}) / 10 \text{ mm} = 220 \text{ mm}$$

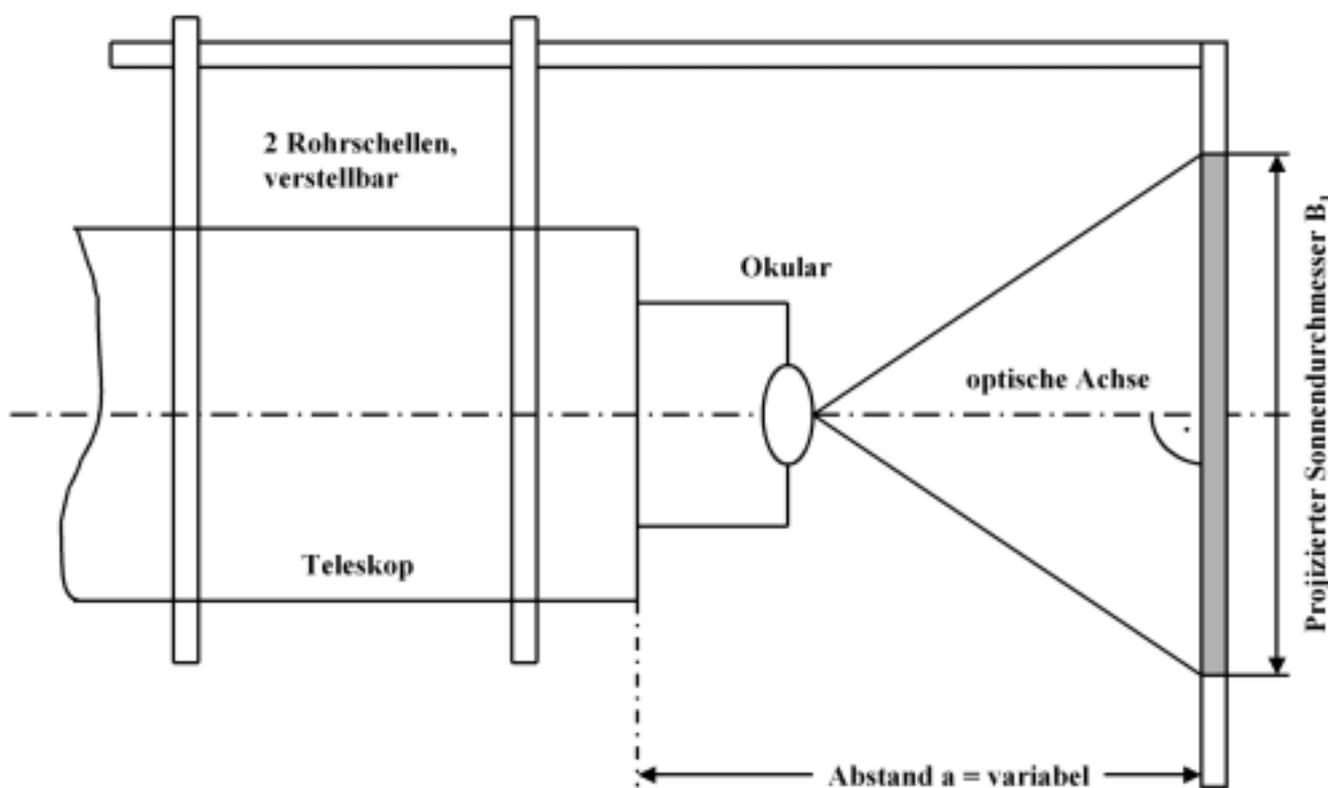


Abbildung 5: Bauskizze eines Sonnenprojektionschirmes

B – Die Beobachtung mit einem Okularfilter

Okularfilter werden meist als Zubehör bei gekauften Instrumenten mitgeliefert.

Von ihrer Benutzung sei – auch bei Verwendung eines Refraktors – in jedem Fall abgeraten, da diese Filter sehr dicht am Brennpunkt montiert werden und dort sehr heiß werden.

Durch die Hitze können diese Filter platzen, was zu schweren Augenschäden führen kann.

C – Die Beobachtung mit speziellen Sonnenprismen

Als Beispiel soll hier das sogenannte Sonnen- oder Herschelprisma vorgestellt werden (siehe Abb. 6), da es als Zubehör von verschiedenen Astrohändlern angeboten wird. Hier wird ein Teil (95%) des Lichts aus dem Strahlengang gelenkt, nur 5% werden in Richtung Okular reflektiert. Um nun gefahrlos beobachten zu können, ist eine weitere Filterung dringend notwendig. Bereits bei nur 60 mm Fernrohröffnung ist ein Graufilter 1:1000 unzureichend! Ein zusätzlicher

Polarisationsfilter kann hier Abhilfe schaffen, da das reflektierte Licht teilpolarisiert ist.

Eine weitere Variante ist das in der älteren Literatur beschriebene Pentaprisma, bei welchem nur noch 0,2% des einfallenden Lichtes zum Okular gelangen. Es gibt noch diverse andere Möglichkeiten okularseitig, Licht und Wärme zu dämpfen, doch alle haben den Nachteil, da die Wärme bereits im

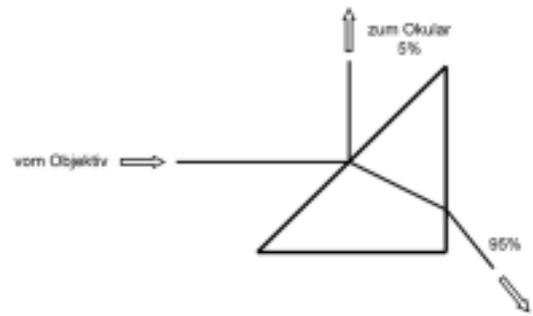


Abbildung 6: Strahlengang in einem Sonnen- bzw. Herschelprisma

Fernrohr tubus ist. Die einzige Möglichkeit für den Amateur dies zu verhindern ist...

D – Die Beobachtung mit Objektivfilter bzw. -folie

Bei der Beobachtung mit einem guten Objektivfilter oder -folie entstehen keine thermischen Probleme mehr. Das am Okular ankommende Sonnenlicht ist „kalt“. Bei einem Refraktor sitzt das Filter bzw. die Folie vor dem Objektiv, bei Reflektoren in der Lichteintrittsöffnung. Bei beiden Instrumententypen werden die Luftsäulen und die folgenden optischen Komponenten kaum noch erwärmt. Objektivfilter sind planparallele Glasplatten, die z.B. mit einer Chrom- oder Aluminiumschicht bedampft sind. Da diese Filter eine sehr genaue Oberfläche haben müssen (sie sitzen ja vor dem Objektiv und müssen mindestens gleiche optische Qualität besitzen) sind diese Filter sehr teuer, und der Preis steigt mit wachsendem Durchmesser an. Dies ist aber der einzige Nachteil. Es gibt aber preiswertere Alternativen, nämlich die

Filterfolien. Dabei handelt es sich um aluminiumbedampfte Folien mit einer Dicke von wenigen μm und sind damit so dünn, da man sie einfach vor dem Objektiv oder beim Spiegelteleskop vorm Tubus anbringen kann, ohne eine wesentliche Bildverschlechterung zu bemerken. Vor der Verwendung von Gummis soll abgeraten werden, da diese reißen können und das Auge somit wieder dem gebündelten Sonnenlicht ausgesetzt wäre. Eine Bastelanleitung für eine stabile Pappfassung wird meist vom Hersteller gegeben.

Generell abzuraten ist von Eigenkonstruktionen wie z.B. berußten Glasplatten (wie in älterer Literatur

immer wieder erwähnt wird), unterbelichtete oder schwarz entwickelte Filmstreifen etc. Sie haben alle den Nachteil, dass die für das Auge schädliche Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) nicht oder nur ungenügend absorbiert wird!

Als Maß für die Lichtdurchlässigkeit aller Filtermethoden gelten die Begriffe: Optische Dichte (D), Transmission (T), Filterfaktor (F) und Absorption (A, in astronomischen Größenklassen). Ein Filter z.B. der optischen Dichte 3 lässt noch 0,1 Prozent des Sonnenlichtes passieren (Transmission) und reflektiert 99,9 Prozent der eintreffenden Licht- und Wärmestrahlung.

Optische Dichte D	Transmission T [%]	Filterfaktor F	Absorption [mag]
3	0,1	1:1 000	-7,5
4	0,01	1:10 000	-10,0
5	0,001	1:100 000	-12,5

Tabelle 2: Gebräuchliche Filterwerte

6. Beobachtungsalltag

Wolfgang Paech

Zur Sonnenbeobachtung gehört nicht nur etwas Wissen über die Sonne selbst. Der Beobachtungsalltag lässt sich mit einigen Hilfen auch so

organisieren, dass möglichst viel Zeit für die Beschäftigung mit der Sonne – immerhin das eigentliche Interesse – übrigbleibt und da die Beobachtung

unter möglichst günstigen Bedingungen durchgeführt wird.

Dabei taucht zuerst die Frage auf: „Wie gut ist eigentlich die gerade

durchgeführte Beobachtung?“ Ihre Qualität hängt von vielen Faktoren ab: der Verfassung des Beobachters, seiner Sorgfalt, der zur Verfügung stehenden Zeit und vieles mehr, aber ganz besonders natürlich von der Bildqualität während der Beobachtung.

Die Qualität des Sonnenbildes hängt entscheidend von der Luftunruhe (Seeing) ab, also von Ruhe (dem Zittern) und Schärfe (der Bildverschmierung) des Sonnenbildes. Diese Störfaktoren hat Karl Otto Kiepenheuer mit seiner Skala zur Beurteilung der Bildqualität erfassbar gemacht. Für den Amateurastronomen wurden die einzelnen Stufen leicht modifiziert.

Für viele Zwecke, z.B. bei der langfristigen Auswertung von Relativzahlen, sind Informationen über die Abweichung von den durchschnittlichen Beobachtungsbedingungen sehr wichtig. Relativzahlen sollen ja im Idealfall immer unter den gleichen Bedingungen beobachtet werden. Auf diese Anforderungen ist eine Skala ausgelegt, die die Qualität der Beobachtung angibt (siehe Tabelle 3). Bei der Beurteilung sollte der Beobachter Luftunruhe, Bildschärfe, Durchsicht (Dunst, Nebel, dünne Wolken) und andere Gegebenheiten berücksichtigen, die die Sichtbarkeit von Details begrenzen. Die Genauigkeit der Beobachtung kann aber auch durch Unterbrechungen, die Verfassung des Beobachters (z.B. Krankheit) etc. gestört werden. Solche Störungen sollten als besondere Bemerkung notiert werden.

Die Luftunruhe ist nicht über den ganzen Tag gleich. Sie wird am größten, wenn die Umgebung sich am stärksten erwärmt, also etwa zur Mittagszeit und am frühen Nachmittag. In dieser Zeit findet der Beobachter die schlechtesten Beobachtungsbedingungen vor, weil das Sonnenbild durch Luftunruhe stark gestört wird. Die geringste Luftunruhe

Ruhe:	
1	Keine Bildbewegung erkennbar, weder am Rand noch auf der Scheibe.
2	Bildbewegung kleiner gleich 2 Bogensekunden (”), nur am Rand nachweisbar, auf der Scheibe meistens unbemerkt.
3	Bildbewegung kleiner gleich 4”, gut am Rand und auf der Scheibe sichtbar, wallender oder pulsierender Rand.
4	Bildbewegung kleiner gleich 8”, verhindert nahezu die Unterscheidung zwischen Umbra und Penumbra (und damit die Schärfebeurteilung), stark wallender oder pulsierender Rand.
5	Bildbewegungsamplitude größer 8”, erreicht Durchmesser von Flecken, heftig pulsierender Rand.
Schärfe:	
1	Granulation sehr gut sichtbar, Feinstrukturen in der Penumbra erkennbar.
2	Granulation gut erkennbar, Penumbra gut sichtbar, aber nahezu ohne Feinstrukturen, Umbra- Penumbra- Grenze und Übergang zur Photosphäre scharf.
3	Granulation nur andeutungsweise erkennbar, aber Strukturen der Oberfläche bei Bewegung des Sonnenbildes leicht nachweisbar, Umbra und Penumbra noch gut trennbar, aber ohne Feinstruktur, Übergang zur Photosphäre schwer zu begrenzen.
4	Granulation nicht sichtbar, Umbra und Penumbra nur noch bei großen Flecken trennbar. Übergang zur Photosphäre verwaschen.
5	Granulation nicht sichtbar, selbst bei großen Flecken kann zwischen Umbra und Penumbra kaum mehr unterschieden werden.
Qualität	
E	excellent / sehr gut – reserviert für Tage, an denen außergewöhnlich deutliche Details sichtbar sind.
G	good / gut – durchschnittliche Sichtbarkeit von Oberflächendetails der Sonne, entsprechend den individuellen Erfahrungen und Gegebenheiten des Einzelbeobachters.
F	fair / befriedigend – unterdurchschnittliche Bedingungen, aber noch keine wesentlichen Beeinträchtigungen.
P	poor / schlecht – erhebliche Bildstörungen, die den Wert der Beobachtung stark einschränken.
W	worthless / wertlos – Sichtbedingungen so schlecht, dass eine Auswertung der Beobachtung nicht sinnvoll ist.

Tabelle 3: Bewertung von Ruhe (R), Schärfe (S) und Qualität (Q)

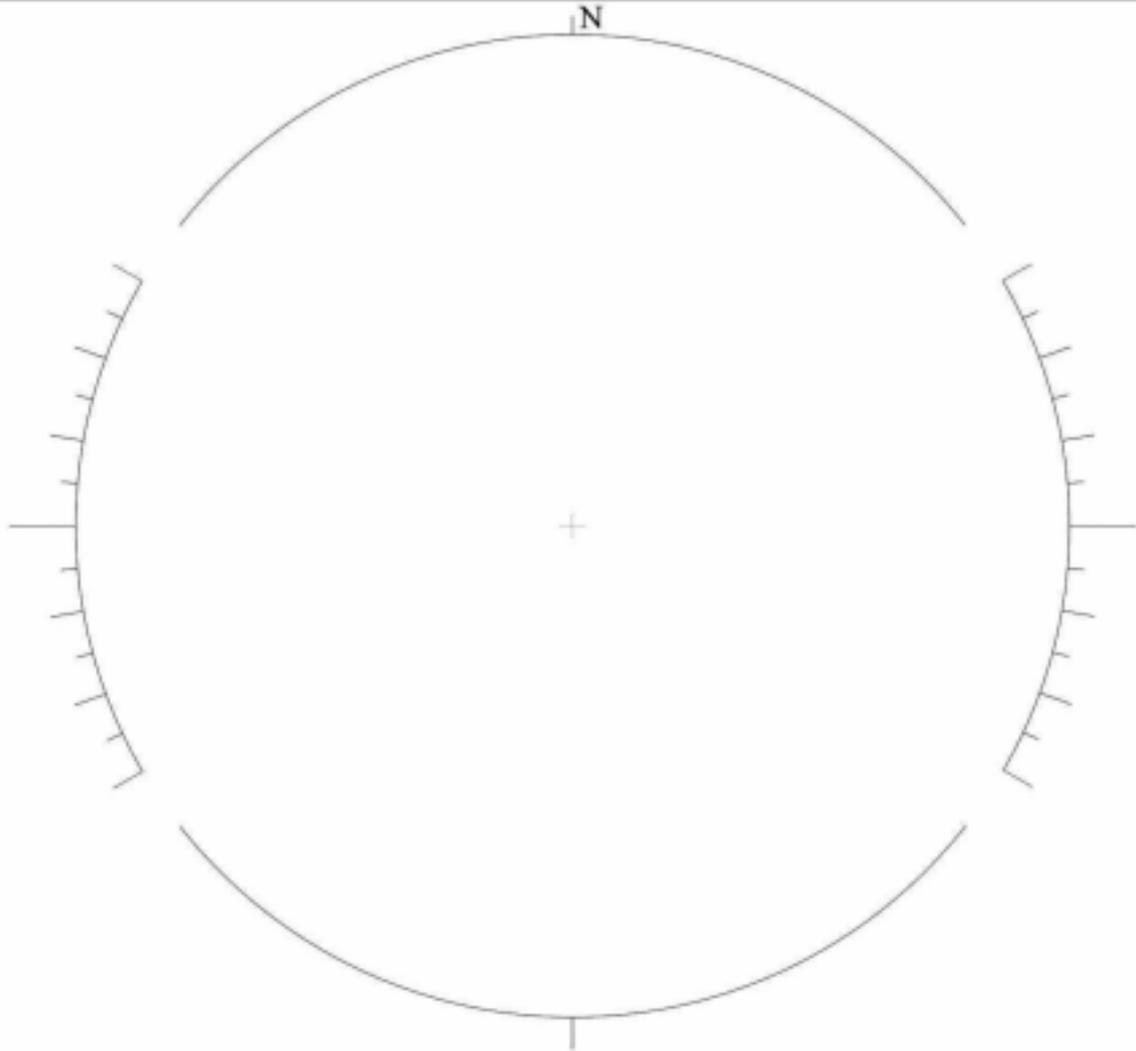
im Tageslauf entsteht meistens etwa 1–2 Stunden nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang. Man sollte also nach Möglichkeit am frühen Vormittag oder am späten Nachmittag die Sonne beobachten.

Erwärmung erzeugt also Luftunruhe und verdirbt dadurch die Abbildung. Verhindern Sie also nach Möglichkeit Aufheizungen in der Nähe Ihres

Beobachtungsortes. Abhilfe schafft hier z.B. Begrünung und Weißen von dunklen Flächen in der Nähe des Teleskops. Eine Blende um das Objektiv des Fernrohres verhindert eine Erwärmung des Instrumentes und verbessert zusätzlich auch den Kontrast auf dem Projektionsschirm, da das projizierte Sonnenbild nicht durch die Sonnenstrahlung aufgehellt wird.

SONNE 20__ WEISSLICHTPROJEKTIONSZEICHNUNG

Datum: _____ ^a _____ ^m _____ ^d _____ ^h _____ ^m UT	Instr.: _____	Okular: _____ mm
Luft: R: _____ S: _____ Q: _____	Beobachter: _____	
Sonnenrotation Nr.: _____	P: _____°	B: _____° L: _____°



Flecken			Fackeln		Hauptzone		Pol	
	Nord	Süd	Gesamt			Nord	Süd	
Gruppen	_____	_____	_____	Flächen- gruppen } Fm: _____	Fo: _____			
Flecken	_____	_____	_____		FEF	_____		
Re	_____	_____	_____	FEP	_____	_____	_____	_____
Re'	_____	_____	_____					

Fotos: Weißlicht: ja nein H α : ja nein Kalzium: ja nein

Bemerkungen: _____

Abbildung 7: Vorlage für die tägliche Zeichenschablone

Wie sollte das Notieren der Beobachtung am besten organisiert werden? Das sonst sehr sinnvolle Beobachtungsbuch hat sich bei der Sonnenbeobachtung nicht bewährt. Abbildung 7 zeigt stattdessen ein Beobachtungsprotokoll, in das alle interessanten Angaben zur Beobachtung (Datum, Uhrzeit – UT ist Weltzeit, also MEZ -1 h, MESZ -2 h, Instrument, Luft – R, S, Q sowie der Name des Beobachters) eingetragen werden. Die Nummer der Sonnenrotation steht in astronomischen Jahrbüchern. Der Positionswinkel der Sonnenachse (P), die Lage des Sonnenäquators gegenüber dem scheinbaren Äquator des Sonnenbildes (B_0) und der Längengreis auf der Sonne, der zu einem bestimmten Tag durch das Zentrum der Sonnenscheibe verläuft (L_0) sind wichtige Angaben, die z.B. für eine Positionsbestimmung und andere Auswertungen benötigt werden.

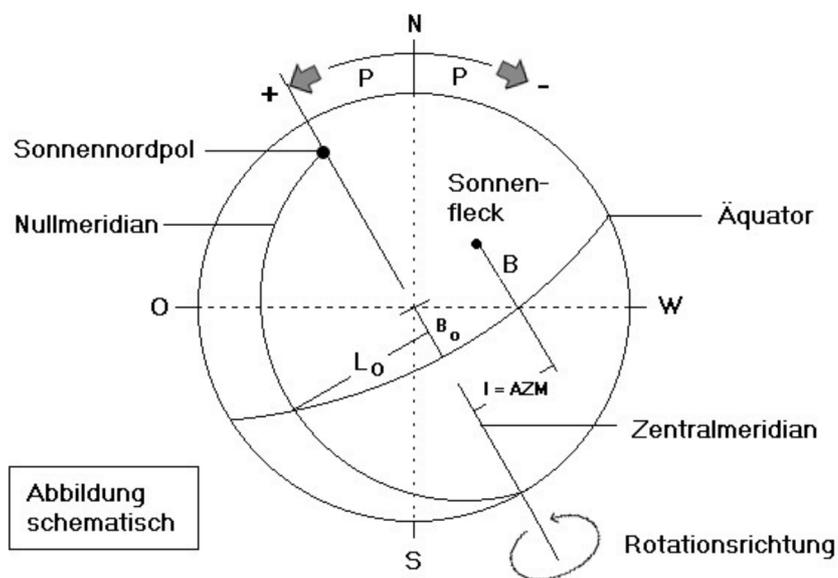


Abbildung 8: Heliografisches Koordinatensystem; der Abstand vom Zentralmeridian (AZM) wird positiv nach Westen gezählt, die Rotationsachse liegt in der Ebene, die durch den Zentralmeridian und die Senkrechte zur Papierebene gegeben ist, sie durchstößt die Sonnenkugel an den Polen

Es empfiehlt sich, eine tägliche Skizze der Sonnenoberfläche anzufertigen. Am besten geht man dabei so vor, dass die Zeichenschablone mit kleinen Magneten oder Klammern auf dem Projektionsschirm befestigt wird.

Da die Sonnenflecken bei abgeschalteter – oder ohne Fernrohrnachführung – entlang der Ost-West-Richtung wandern (sofern die Montierung gut justiert ist), wird die Schablone auf diese Weise sorgfältig ausgerichtet. Damit sind auch nachträgliche Positionsbestimmungen auf der Zeichnung möglich. Bedenken sollte man, dass die jetzigen Interessen sich ändern können. Wer bei der Beobachtung z.B. keine Positionsbestimmungen anstrebt und deshalb auf die genaue Ausrichtung der Schablone verzichtet, verschenkt unter Umständen wertvolles Beobachtungsmaterial für

die Zukunft, oder dessen Beobachtungen sind für einen anderen Sternfreund mit entsprechendem Auswertungsinteresse unbrauchbar. Planen Sie also auch für die Zukunft, denn Interessen sind wandelbar.

Eine genaue Ausrichtung der Schablone wird schon nötig, wenn die Relativzahl getrennt für die Nord- und Südhalbkugel bestimmt werden soll. In die Spalte unter der Zeichnung („Flecken“) wird die Anzahl der Fleckengruppen, der Einzelflecken und die Relativzahl eingetragen. Bei Fackeln wird unterschieden zwischen den Fackeln der Hauptzone und kleinen Fackeln nahe den Polen (Polfackeln). F_O und F_M sind Abkürzungen für Fackelgebiete ohne und solche, die mit Fleck(en) auftreten.

Ein solches Beobachtungsprotokoll enthält alle wichtigen Angaben über die

allgemeine Erscheinung der Sonne für einen bestimmten Tag und erlaubt auch nach Jahren, sich wieder ein Bild davon zu machen. Die Zeichenschablone für das Sonnenbild gibt es mit 11 cm und 15 cm Durchmesser. Besitzern von Fernrohren bis zu 100 mm Öffnung sollten die kleineren benutzen, da sonst das stark vergrößerte Sonnenbild nicht kontrastreich genug ist und auch zu weit hinter dem Okular projiziert werden muss.

Wer darüber hinaus an spezielleren Programmen arbeitet, hat andere Protokolle zur Verfügung, die von den überregional arbeitenden Beobachtergruppen entworfen wurden. Solche Protokollbögen gibt es z.B. auch von der Fachgruppe Sonne für die Sammlung der Relativzahlen, der Fleckenpositionen, der Fackeln oder der Lichtbrückenbeobachtung.

7. Dokumentation der Beobachtung

7.1 Fotografieren (klassisch bzw. digital) oder Zeichnen?

Wolfgang Paech und Michael Delfs

Mit welchem dieser Verfahren soll der Beginner in die Sonnenbeobachtung einsteigen? In fast allen Fällen ist die Antwort klar und eindeutig: mit dem Zeichnen und zwar aus folgenden Gründen:

A) Man braucht für die Beobachtung nur einen Projektionschirm, eine Zeichenschablone, einen nicht zu harten oder weichen Bleistift (etwa 2B), einen Anspitzer und einen Radiergummi. Will man später die Position von Details messen, braucht man einen Satz Gradnetzschablonen. Dies ist die komplette Ausrüstung.

B) Der Einsteiger kann alle im Abschnitt 2.1 beschriebenen Details kennen lernen und sich so langsam in die Sonnenbeobachtung einarbeiten.

C) Mit der einfachen Zeichnung und den darauf folgenden können schon diverse Auswertungen bearbeitet werden, wie z.B. die Relativzahlbestimmung (Flecken und Fackeln),

Positionsbestimmung (und damit Schmetterlingsdiagramm, Eigenbewegung von Flecken etc.).

Die Zeichenmethode hat natürlich auch Nachteile, besonders gravierend ist die Subjektivität des Beobachters. Sie werden es selbst bei ihren ersten Zeichnungen merken. Es ist nicht möglich, alle Einzelheiten zu zeichnen, die auf dem Schirm sichtbar sind, man muss sozusagen „mitteln“ - und das bei allen Zeichnungen möglichst gleichmäßig.

Die Vorteile der Fotografie sind:

Die Objektivität der Beobachtung ohne persönliche Fehler. Bei guten Beobachtungsbedingungen und größeren Teleskopen höhere Detailausbeute, höhere Genauigkeit bei Positionsbestimmungen (nur interessant bei Eigenbewegungsuntersuchungen oder der genauen Bestimmung des Rotationsgesetzes).

Die Nachteile der Fotografie sind:

Wenn eine herkömmliche Kamera mit Film benutzt werden soll, wird eine relativ teure Kameraausrüstung inklusive einigem Zubehör benötigt. Außerdem muss man dann eine Dunkelkammerausrüstung haben und die Dunkelkammertechnik beherrschen, da es sinnlos wäre, die belichteten Filme in ein Großlabor zu bringen und gute Ergebnisse zu erwarten. Die Sonnenfotografie ist ein Spezialgebiet mit entsprechenden Filmen und Entwicklungen, auf die die kommerziellen „Urlaubslabore“ nicht eingerichtet sind. Bei Benutzung einer digitalen Kamera bzw. Webcam muss man über einen PC verfügen und diesen beherrschen. Beide Möglichkeiten der Aufnahmetechnik und ihrer weiteren Bearbeitung haben ihre Vor- und Nachteile und nehmen Zeit in Anspruch. Alle genannten Verfahren liefern jedoch wertvolles Beobachtungsmaterial, auch für spätere Auswertungen, sofern es sorgfältig archiviert wurde.

7.2 Die Sonnenzeichnung

Wolfgang Paech

Wie geht man vor? Eine Auflistung der Arbeitsschritte soll dies verdeutlichen.

1. Den Projektionsschirm am Fernrohr befestigen und das Teleskop auf die Sonne richten. Dazu den Schatten des Instrumentes auf dem Boden benutzen (Niemals direkt schauen oder den Sucher benutzen!!).

2. Die Zeichenschablone auf den Schirm legen, eventuell das Fernrohr nachjustieren und die Sonne in die Mitte der Schablone bringen. Dabei sollten sich die Sonne und damit die Schablone nicht am Rand des Okularbildfeldes befinden, sondern möglichst in der Mitte, da die Verzerrung des Bildes durch die Bildfeldwölbung des Okulars zum Rand hin stark zunimmt.

3. Wenn nötig, den Abstand zwischen Okular und Schirm so verändern, da das projizierte Sonnenbild genau in den Schablonenkreis passt (bei scharf fokussiertem Sonnenbild).

4. Zeichenschablone in O-W-Richtung justieren. Dazu geht man folgendermaßen vor: Deklinationssache des Instrumentes festklemmen. Die Schablone so drehen, dass sich ein

Sonnenfleck, durch Hin- & Herschwenken des Fernrohres in der Stundenachse, auf der O-W-Verbindungsline der Zeichenschablone entlangbewegt. Ist der Fleck sehr groß oder kompliziert aufgebaut, so sollte man die Ober- oder Unterkante des Fleckes benutzen (zur Orientierung des Sonnenbildes siehe Abbildung 9).

5. Jetzt kann man vorsichtig beginnen, die äußeren Formen von Umbren und Penumbren auf der Schablone mit dem Bleistift nachzuzeichnen. Ist man sich bei kleinen Flecken nicht sicher, ob es Sonnenflecken oder nur Schmutzpartikel im Okular sind, so genügt ein leichtes Anstoßen des Fernrohres, so da das projizierte Sonnenbild „zittert“. Sonnenflecken „zittern“ mit, während Schmutzpartikel sich nicht bewegen. Zum Schluss werden noch die Fackelgruppen und evtl. die Einzelfackeln eingezeichnet.

6. Hat man alle Details eingezeichnet, sollten sofort, noch während der Beobachtung, die Gruppen klassifiziert und die Einzelflecken gezählt und auf der Zeichnung neben den Flecken notiert werden (z.B. H/3, E/26, F/32 und D/15 – siehe dazu Abbildung 10).

7. Zum Schluss wird notiert: Der Zustand der Luftgüte (R, S, Q) während der Beobachtung und sämtliche anderen Angaben zur Beobachtung. Später eintragen kann

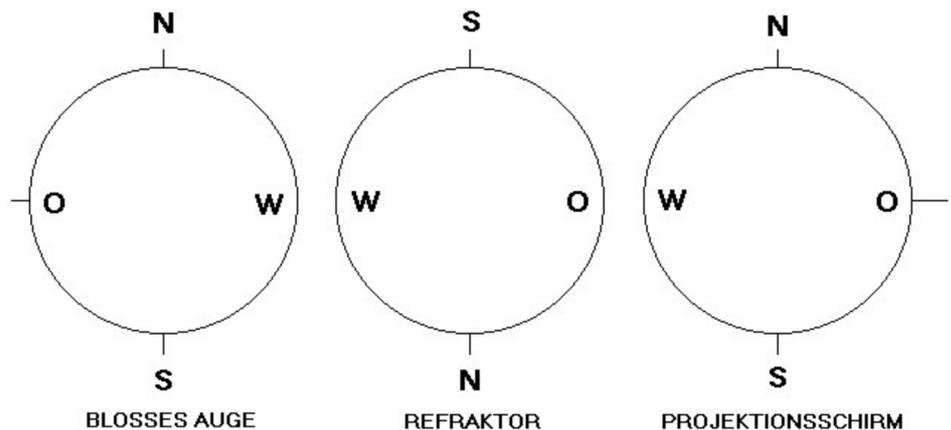


Abbildung 9: Die Orientierung des Sonnenbildes während der Beobachtung

man: Die Nummer der Sonnenrotation, P , B_0 , L_0 (alle Werte aus dem astronomischen Jahrbuch).

Prinzipiell ist die Sonnenfleckenzeichnung und somit die Beobachtung abgeschlossen. Sind auf der Sonne sehr große oder besonders interessante Flecken sichtbar, kann man noch mit einem kurzbrennweitigeren Okular (also höherer Vergrößerung) eine Detailzeichnung, z.B. zum Eintragen von Lichtbrücken oder ähnlichem, anfertigen.

Die anderen Eintragungen in die untere Leiste der Schablone kann man später vornehmen. Man sollte sich aber angewöhnen, es bald nachzuholen, am besten gleich nach der Beobachtung am Schreibtisch (man verliert sonst leicht

den Überblick).

Eine solche Zeichnung sollte nach Möglichkeit (nach einiger Übung) nicht länger als 10 Minuten dauern, da sich in einem solchen Zeitraum die Luftgüte schon merklich ändern kann und somit die Beobachtung nicht mehr einheitlich ist.

Abzuraten ist von Zeichnungen, die in direkter Beobachtung mit einem Objektiv- oder Okularfilter angefertigt werden. Die wenigsten Beobachter dürften in der Lage sein – auch nur annähernd – die Positionen und die Proportionen der Flecken und Gruppen zueinander maßstäblich aufzuzeichnen. Eine Ausnahme bilden hochaufgelöste Detailzeichnungen von einzelnen Flecken.

7.3 Die klassische Fotografie

Wolfgang Paech und Cord-Hinrich Jahn

Neben der visuellen Beobachtung bietet auch die Sonnenfotografie ein umfassendes Betätigungsfeld für Amateure. Schon mit kleinen Instrumenten kann man aussagekräftige Bilder erhalten, wobei kein großer Instrumentenaufwand erforderlich ist. Dem Sonnenfotografen stehen heute hochwertige Filmmaterialien zur Verfügung, die mit geeigneten

Bearbeitungsverfahren allen Wünschen angepasst werden können. Allerdings lässt es sich nicht vermeiden, dass man alle Dunkelkammerarbeiten selbst ausführen muss. Die ersten misslungenen Ergebnisse sollten nicht entmutigen, sondern dazu dienen, die eigenen Techniken zu verbessern. Man muss sich darüber im klaren sein, dass die Sonnenfotografie ein schwieriges

Arbeitsgebiet ist und einige Erfahrung erfordert. Die Fokussierung des Sonnenbildes ist genauso schwierig wie die Beurteilung der Luftgüte. Auch die Wahl der Kamera und des richtigen Films sind ausschlaggebend für die Qualität der Negative. Im folgenden deshalb einige Worte zur Ausrüstung (Seite 20)

SONNE 1984 WEISSLICHTPROJEKTIONSZEICHNUNG

Datum: 84 a 04 m 29 d 10 h 12 m UT Instr.: 8° Refraktor Okular: 50 mm

Luft R: 3 S: 2 Q: G Beobachter: PAECH / HANNOVER

Sonnenrotation Nr.: 1748 P: -24,48° B: -4,32° L: 333,32°

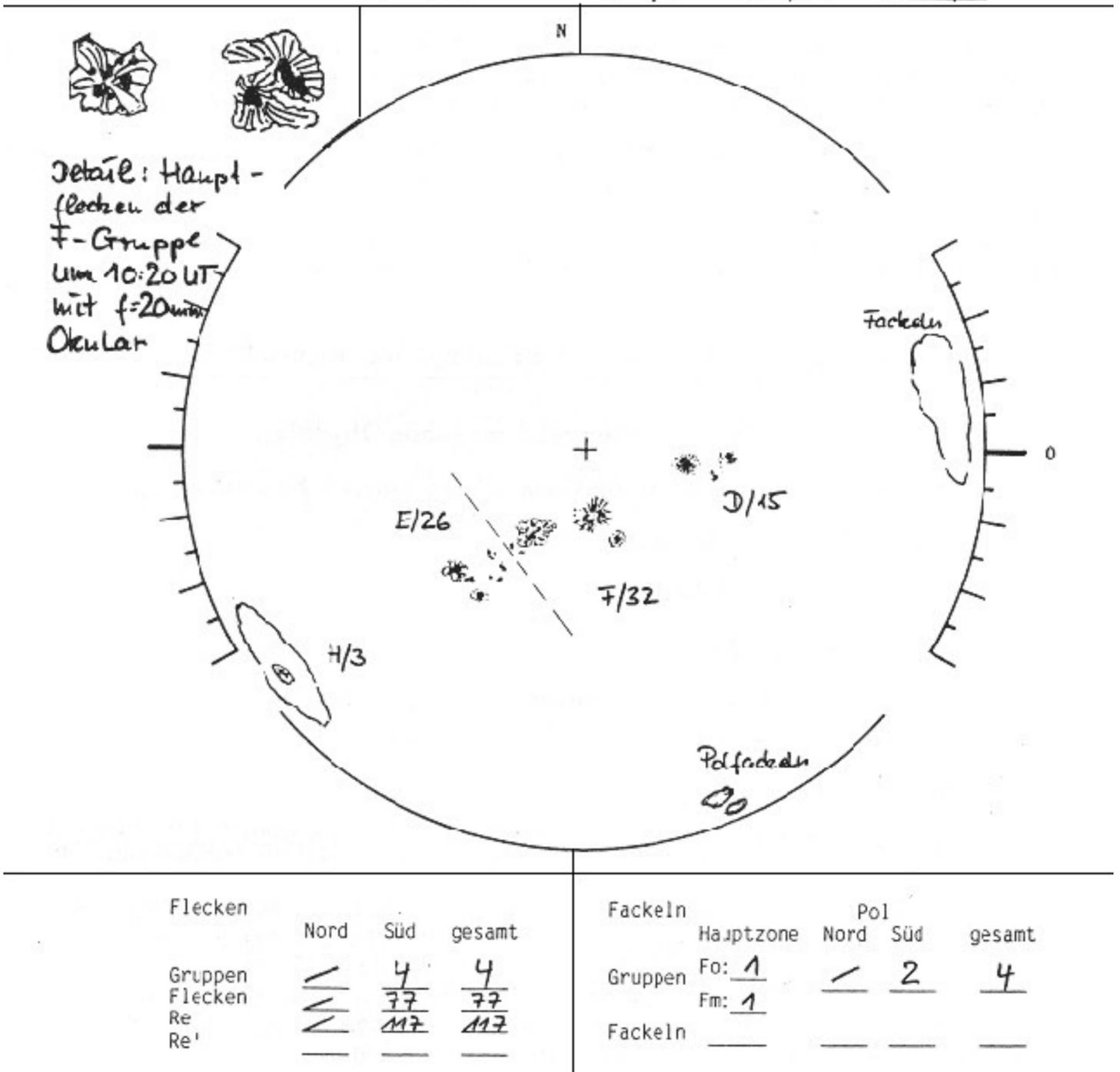


Abbildung 10: Eine Sonnenfleckenzeichnung

Was braucht der klassisch arbeitende Sonnenfotograf?

1) Kamera

Prinzipiell ist jedes Kameragehäuse brauchbar, einige Anforderungen sind jedoch zu stellen: Der Verschluss sollte Belichtungszeiten bis zu 1/1000 Sekunde ermöglichen. Bei dem Kauf einer gebrauchten Kamera darauf achten, da der Schlitzverschluss gleichmäßig abläuft – eventuell ausprobieren. Die Belichtungs-auslösung sollte möglichst erschütterungsfrei erfolgen (sonst Gefahr des Verwackelns). Wird als Arbeitsgebiet die Positionsbestimmung angestrebt, ist darauf zu achten, da das Gehäuse Doppelbelichtungen zulässt. Der wichtigste Teil der Kamera ist ihr Sucher. Schnittbild, Mikrop Prismen oder zu grob strukturierte Mattscheiben-sucher sind ungeeignet. Empfehlenswert ist eine feinkörnige Mattscheibe mit Klarfleck und eingraviertem Fadenkreuz in der Bildmitte. Die beste Wahl ist natürlich ein Kameragehäuse mit auswechselbaren Sucherscheiben (teurer als einfachere Modelle). Ein Tipp: Haben Sie eine ältere Kamera mit grober Mattscheibe, so kann man einen Tropfen Nähmaschinenöl vorsichtig auf der Mattscheibe verteilen und damit das Sucherbild wesentlich verbessern.

2) Kameraadapter

Dieser stellt die feste Verbindung zwischen Kamera und Teleskop her. Für die kommerziell gefertigten Instrumente gibt es solche Adapter serienmäßig für alle Kameragehäuse zu kaufen. Sie heißen z.B. T2 oder M42-Adapter. Sie sind ein sehr wichtiges Detail, und von Basteleien aus Pappe oder Holz (wie in älterer Literatur beschrieben) sei abgeraten. Sie bringen nur Enttäuschungen.

3) Filmmaterial

In Frage kommen nur „hart“ arbeitende, sogenannte Reprofilme, die eine niedrige bis mittlere Empfindlichkeit und eine hohe Auflösung haben. Oft verwendet wurde vor allem Kodak Technical Pan 2415 (TP 2415). Durch verschiedene Entwicklungen kann dieser Film in weiten Bereichen gesteuert werden (kann dann sogar auch für normale bildmäßige Fotografie verwendet werden). Leider hat Kodak aufgrund sinkender Nachfrage die Produktion von TP 2415 zum Jahresende 2004 eingestellt, so daß versucht werden sollte entweder Restbestände aufzukaufen oder auf ähnlich arbeitende Filme anderer Hersteller zurückzugreifen.

4) Lichtdämpfung

Empfehlenswert sind nur die Methoden mit Objektivfilter bzw. -folie und das Herschel- bzw. Pentaprisma (siehe Abschnitt 5.2). Für Gesamtaufnahmen (Übersicht) hat sich das Objektivfilter bewährt, für hochaufgelöste Detailaufnahmen das Herschel oder das Pentaprisma. Beide haben eine höhere Lichttransmission, so dass man bei hoher Bildvergrößerung noch kurze Belichtungszeiten anwenden kann.

5) Telekonverter

Ein praktisches Zubehör ist der Telekonverter. Er verdoppelt (2x) oder verdreifacht (3x) die Primärbrennweite des Teleskops. Haben Sie z.B. ein Fernrohr mit 900 mm Brennweite, so verlängert sich die Brennweite bei Verwendung eines 2x-Konverters auf 1800 mm, bei einem 3x-Konverter auf 2700 mm. Von der Verwendung der 3x- Konvertern sei aber abgeraten, da sie optisch meist schlecht korrigiert sind. Des Weiteren geht bei der Erhöhung der Brennweite natürlich die

Bildhelligkeit zurück, was eine Verlängerung der Belichtungszeit erfordert. Ein Telekonverter wird zwischen Adapter und Kamera montiert. Bei der Verwendung ist zu beachten, dass die Sonne auf ein Kleinbildnegativ (24mm x 36mm) nur noch bis zu einer Brennweite von 2300 mm vollständig abgebildet wird. Die Größe des Sonnenbildes auf dem Film (d in mm) kann überschlagsweise berechnet werden, indem man die Brennweite (f in mm) durch 100 teilt. Die genaue Formel lautet:

$$d [\text{mm}] = (0,00917 \dots 0.00948) \times f [\text{mm}]$$

Der Faktor in der Klammer bestimmt den scheinbaren Sonnendurchmesser am Himmel. Er ändert sich durch die Ellipsenbahn der Erde um die Sonne.

6) Dunkelkammer

Wie anfangs erwähnt, ist es nötig, dass das Sonnenfotograf seine Aufnahmen selber entwickelt und vergrößert. Eine einfache Dunkelkammerausrüstung, bestehend aus Filmentwicklungstrommel und Schwarz-Weiß-Vergrößerungsgerät, genügt völlig. Vielleicht hilft hier am Anfang auch ein Sternfreund. Des Weiteren haben heute viele Volkssternwarten ein eigenes Fotolabor.

Allgemeine Methoden der Sonnenfotografie

1) Die Fokalfotografie

Hier wird das normale Kameraobjektiv praktisch durch das Teleskop (ohne Okular) ersetzt. Die Kamera hat dann beispielsweise ein Teleobjektiv mit 900 mm Brennweite. Die Fokalfotografie ist empfehlenswert für Übersichtsaufnahmen der Sonne (mit oder ohne Telekonverter), für die Verfolgung der

Entwicklung von Fleckengruppen oder für fotografische Positionsbestimmung. Sie stellt keine besonderen Anforderungen an die Stabilität des Fernrohres und seine Montierung. Durch die kurzen Belichtungszeiten (1/500 – 1/1000 Sekunde sollten angestrebt werden) kann ohne Motornachführung gearbeitet werden (auch azimuthal montiert). Die Lichtdämpfung kann wahlweise mit Objektivfilter oder Herschel- bzw. Pentaprisma erfolgen.

2) Die Projektionsfotografie

Bei der Projektionsfotografie arbeitet man eigentlich wie beim Zeichnen, nur sitzt an der Stelle des Projektionschirmes die Oberfläche des Films oder des CCD-Chips im Kameragehäuse. Die Projektionsfotografie ist anzuraten für die Erfassung von Strukturveränderungen in Flecken (z.B. Lichtbrücken) u.ä. Beobachtungen, die hohe Detailauflösung fordern. Zur Lichtdämpfung empfehlen wir das Herschel- oder das Pentaprisma.

Beide Methoden erfordern eine entsprechende Lichtdämpfung. Versuchen Sie nie, ohne Filterung mit kurzen Belichtungszeiten zu arbeiten. Die Folge ist eine sofortige Zerstörung des Kameraverschlusses oder des CCD-Chips!

Die Wärmeentwicklung im Brennpunkt eines Refraktors mit 100 mm Öffnung und 1300 mm Brennweite reicht aus, um Papier oder eine Zigarette zu entzünden.

Belichtungszeiten

Die erforderliche Belichtungszeit bei Verwendung von Filmmaterial kann nach folgender Formel abgeschätzt werden:

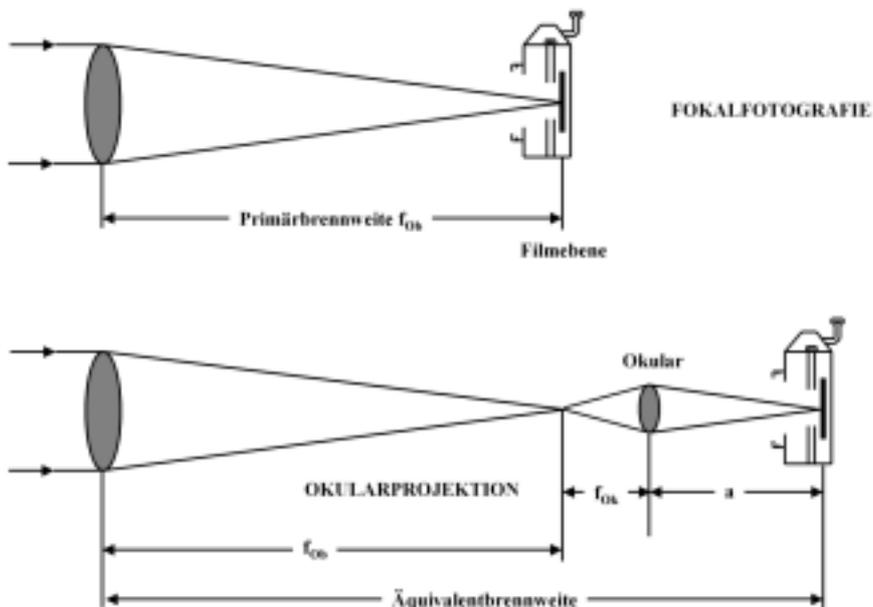


Abbildung 11: Strahlengang im Refraktor bei der Fokal- und der Projektionsfotografie

$$t = (N^2 \times F) / (E \times K).$$

Dabei bedeutet:

- t ... Belichtungszeit in Sekunden,
- N^2 ... Quadrat des Öffnungsverhältnisses (Brennweite/Öffnung),
- F ... Filterfaktor (Dämpfungsfaktor),
- E ... Filmempfindlichkeit in ASA,
- K ... Konstante der Sonnenhelligkeit, abhängig von der Sonnenhöhe (ca. $1 \times 10^7 \dots 7 \times 10^7$).

Besonders kritisch ist die Abschätzung der Konstante der Sonnenhelligkeit. Bei hochstehender Sonne im Sommer kann der Wert die angegebenen 70 Millionen überschreiten, bei Dunst, Nebel etc. kann der Wert auch unter den angegebenen 10 Millionen liegen. Daher ist immer eine Belichtungsreihe zu empfehlen. Wird beispielsweise 1/500s errechnet, sollte mindestens auch eine Aufnahme mit 1/1000s und 1/250s gemacht werden.

Zunächst wollen wir die Belichtungszeit für eine Übersichtsaufnahme berechnen. Benutzt wird ein Refraktor mit 60 mm Objektivöffnung und einer Primärbrennweite von 900 mm mit einem 2x-Telekonverter. Der Film soll

eine Empfindlichkeit von 100 ASA haben, zur Lichtdämpfung verwenden wir ein Objektivfilter der Dichte 4 (Filterfaktor $F = 10\,000$). Als Faktor K setzen wir den oberen Wert von 70 Millionen an.

Dann ist:

$$\begin{aligned} N^2 &= (900 \text{ mm} \times 2 / 60 \text{ mm})^2 \\ &= 30^2 \\ &= 900 \end{aligned}$$

Weiterhin gilt:

$$\begin{aligned} t &= (900 \times 10000) / (7 \times 10^7 \times 100) \\ &= \text{ca. } 0,001 \text{ (s)} \\ &= 1/1000 \text{ (s)} \end{aligned}$$

Das bedeutet z.B. durch Erhöhung der Filmempfindlichkeit oder Weglassen des Telekonverters muss noch ein schwaches Dämpfungsfiter vor der Kamera benutzt werden, es sei denn, der Kameraverschluss ermöglicht Belichtungszeiten von 1/2000 bzw. 1/4000 Sekunde.

Nun soll die Berechnung für eine Detailaufnahme eine großen Fleckengruppe in der Projektionsfotografie wiederholt werden. Hier haben wir jetzt andere Verhältnisse, da uns für die Berechnung des

Öffnungsverhältnisses ja die Angabe für die Primärbrennweite fehlt (wir vergrößern ja das Bild nachträglich mit einem Projektionsokular). Es wird der Begriff der Äquivalentbrennweite f_A eingeführt. Sie berechnet sich näherungsweise wie folgt:

$$f_A = f_{ob} \times (a / f_{ok}).$$

Der Projektionsabstand a (in mm) ist grob der Abstand, den das Okular von der Filmebene hat. Genau ist a der Abstand der Brennebene des Okulars zur Filmebene; f_{ok} ist die Okularbrennweite (in mm) und f_{ob} die Objektivbrennweite (in mm). Als Beispiel für die Berechnung der Belichtungszeit benutzen wir wieder unseren Refraktor mit 60 mm Öffnung und 900 mm Brennweite. Zum Projizieren verwenden wir ein Okular (unverkittet!) mit 10 mm Brennweite. Als Projektionsabstand wählen wir 100

mm. Damit ist:

$$f_A = 900 \times (100 / 10) = 9000 \text{ (mm)}$$

Das heißt, unser Sonnenbild hat auf dem Negativ – nach der Faustformel $1/100$ der Brennweite – bereits einen Durchmesser von 90 mm. Jetzt können wir wieder N^2 berechnen:

$$N^2 = (9000 \text{ mm} / 60 \text{ mm})^2 = 22\,500$$

Daraus folgt für die Belichtungszeit mit einem Objektivfilter der Dichte 4 (Filterfaktor $F = 10000$):

$$t = (22500 \times 10000) / (7 \times 10^7 \times 100) = 0,031 \text{ (s)} = 1/30 \text{ s}$$

Der Luftunruhe wegen sollten Belichtungszeiten über $1/250$ Sekunde

nicht verwendet werden. Kürzere Belichtungszeiten können wir durch verkürzen des Projektionsabstandes oder durch Erhöhung der Okularbrennweite (beides bedeutet eine Verkürzung der Brennweite und damit eine Bildverkleinerung) realisieren oder wir tauschen das Objektivfilter gegen eines mit Dichte 3 aus oder verwenden ein Herschel- oder Sonnenprisma (Filterfaktor 20) in Verbindung mit einem Graufilter (z.B. Filterfaktor 1:64). Jedoch sollte angemerkt werden, dass man die Äquivalentbrennweite nicht zu groß wählt, da man sonst keine scharfen Fotos mehr erzielen kann. So sollte das 100fache des Objektivdurchmesser als Maximalwert gelten, in unserem Fall also 6000 mm.

Es hört sich alles viel komplizierter an, als es in Wirklichkeit ist, also ausprobieren. Einige gelungene Beispiele für Sonnenfotografie mit kleinen Instrumenten sind hier zu sehen.

7.4 Die digitale Fotografie

Michael Delfs

Auch ohne Dunkelkammer und Film lassen sich gute bis sehr gute Sonnenfotos herstellen. Man benötigt dazu eine Digitalkamera bzw. eine Webcam und einen PC. Auch eine Videokamera liefert gute Ergebnisse.

Wie auch in der klassischen Fotografie kann man sagen, daß bereits kleine Instrumente ohne großen Aufwand zu aussagekräftigen Bildern führen können. Erste vielleicht misslungene Ergebnisse sollten nicht entmutigen, sondern dazu dienen, die eigenen Techniken zu verbessern. Man muss sich darüber im klaren sein, dass die Sonnenfotografie ein schwieriges Arbeitsgebiet ist und einige Erfahrung erfordert. Die Fokussierung des Sonnenbildes ist manchmal genauso

schwierig wie die Beurteilung der Luftgüte.

Hier einige Worte zur Ausrüstung, die zum Teil bereits im Abschnitt über die klassische Fotografie erwähnt wurden:

Was braucht der digital arbeitende Sonnenfotograf?

Prinzipiell ist jede digitale Kamera brauchbar. Vorweg ist zu bedenken, daß eine Digitalkamera und vor allem eine Webcam ein wesentlich kleineres Aufnahmeformat haben als eine Kamera, die mit Film arbeitet. Zu den Themen Kameraadapter, Lichtdämpfung, Telekonverter gilt das unter Abschnitt 7.3 Gesagte. Der Wirkungsgrad eines Aufnahme-Chips (CCD,

CMOS) ist in der Regel höher als beim Film, dadurch sind kürzere Belichtungszeiten möglich und der Einfluß der Luftunruhe sinkt.

Die Digitalkamera

Von diesen Kameras gibt es sehr verschiedene Modelle, die sich auch preislich stark voneinander unterscheiden. Wie in der klassischen Fotografie auch benötigt man nur das Kameragehäuse, denn ein Objektiv hat ja bereits das Fernrohr. Digitale Spiegelreflexkameras haben oft auswechsel- und damit abnehmbare Objektive, alle anderen Digitalkameras hingegen sind untrennbar mit ihrem Objektiv verbunden. Beide Kamera-

typen benötigen einen Adapter zur Befestigung am Teleskop, wobei die Kameras mit Fixobjektiv für die Fokussierung oft noch ein afokales Projektiv (Astro-Fachhandel, z.B. Baader) benötigen. Weitere Probleme bei Digitalkameras sind der Autofokus (bei Fixobjektiv) und die schwingungsfreie Auslösemöglichkeit. Am besten eignen sich Kameras mit manueller Fokussiermöglichkeit und der Möglichkeit auszulösen zu können, ohne die Kamera berühren zu müssen. Jede Berührung kann den Fokus bzw. das Fernrohr verstellen oder in Schwingung versetzen, mißlungene Aufnahmen wären die Folge.

Die Webcam

Eine kostengünstige Alternative zur Digitalkamera ist eine Webcam (z.B. eine Philips ToUCam Pro II für ca. 90 EURO). Sie bietet den wesentlichen Vorteil einer sehr hohen Aufnahme rate in sehr kurzer Zeit. Das Objektiv lässt sich leicht heraus schrauben. Auf einem Monitor kann die Sonne in Echtzeit betrachtet und überwacht werden, ohne Aufnahmen machen zu müssen. Das andauernde Betrachten eines winzigen Displays wie bei der Digitalkamera entfällt. Eine Aufnahmeserie kann jederzeit vom PC aus gestartet oder beendet werden. Gegenüber einer Digitalkamera hat die Webcam ein sehr geringes Eigengewicht, die Fernrohrmechanik wird dadurch entlastet. Das USB-Kabel vom PC versorgt die Kamera andauernd mit Strom, Batterie- und Akkuwechsel während der Beobachtung gibt es nicht. Ein Adapter, der die Webcam fest mit dem Fernrohr verbindet, kann über den Astro-Fachhandel besorgt werden. Er passt fernrohrseitig z.B. in eine 1,25-Zoll-Okularsteckhülse, kameraseitig besitzt er das feine Gewinde des Webcam-Objektivs. Man achte jedoch

darauf, den Adapter nicht andauernd hinein- und herauszuschrauben, da sonst Plastikpartikel des Kameragewindes auf die Glasschutzscheibe über dem Aufnahme-Chip geraten und als dunkle unscharfe Punkte auf der Aufnahme zu sehen sind. Diese Partikel sind nicht so einfach zu entfernen. Der Adapter hat außerdem ein Innengewinde für ein Infrarot-Ultraviolettsperfilter aus dem Astro-Fachhandel, das unbedingt eingesetzt werden sollte. Im Infraroten hat der Aufnahme-Chip nämlich seine höchste Empfindlichkeit, darum wären ohne Filter die Aufnahmen überbelichtet. Nur im sichtbaren Teil des Spektrums ist ein Fernrohrobjektiv normalerweise korrigiert, so daß ohne das IR-UV-Filter nicht einmal ein scharfes Bild zustande käme.

Außer der Webcam braucht man einen USB-fähigen PC ab 500 MHz (je schneller, desto besser) mit einer Festplatte ab 80 GB, damit die Bilder ausreichend schnell aufgenommen, gespeichert und verarbeitet werden können. Aufnahmen können bei ausreichender Lichtdämpfung im Weißlicht und im H-Alpha gemacht werden. Dabei werden in der Regel innerhalb von wenigen Minuten 1000 Aufnahmen oder mehr gemacht zu dem Zweck, die schärfsten davon mit einem geeigneten Programm herauszusuchen zu lassen und dann zu überlagern. Anschließend wird das überlagerte Gesamtbild gefiltert und geschärft, so daß eindrucksvolle Details sichtbar werden. Ein sehr empfehlenswertes Programm zur Bildver- und Bildbearbeitung ist GIOTTO von Georg Dittié. Auf seiner Webseite (<http://www.videoastronomy.org/giotto.htm>) findet sich dieses kostenlose Programm, zahlreiche Tipps und Links. Es gibt natürlich auch noch andere Programme im Web (z.B. RegiStax; <http://registax.ccdastro.de>), doch ist es von den Bearbeitungsaufgaben und

dem persönlichen Geschmack abhängig, welches man praktikabler oder besser findet. Weitere Informationen und Links zum Thema Bildaufnahme und -bearbeitung findet man auf der Webseite von Wolfgang Paech (<http://www.sbig.de/universitaet/html/softwaretips.htm>).

Eine Webcam ist außer zur Gewinnung von Einzelbildern zwecks späterer Nachbearbeitung auch für Zeitrafferfilme bei veränderlichen Protuberanzen und Filamenten, sowie Flares hervorragend geeignet, da sich die Anzahl der Aufnahmen pro Sekunde einstellen und an die Dynamik der Veränderungen anpassen lässt.

Die Videokamera

Auch aus Videoaufnahmen lassen sich quasi stationäre Phänomene (Flecken, ruhende Protuberanzen, Filamente) festhalten und daraus gute, geschärfte Standbilder gewinnen. Dazu nimmt man einen Film z.B. eines Sonnenflecks auf und überspielt den Film in den PC. Liegt er dort in einem geeigneten Videoformat (z.B. avi) vor, wird er mit Hilfe der bereits oben erwähnten Programme GIOTTO oder RegiStax in Einzelbilder zerlegt und die besten entsprechend den eigenen Vorgaben ausgesucht und überlagert. Anschließend erfolgt die Filterung und Schärfung, so daß gute Einzelbilder dabei herauskommen können.

Wichtiger Hinweis zur Bearbeitung der Bilder:

Bei jeder Bearbeitung der überlagerten Bilder sollte Vorsicht walten und nichts 'herbeigeschärft' werden, was nicht vorhanden war. Am besten, man orientiert sich bei der Bearbeitung an einem guten unbearbeitetem Rohbild der Aufnahmeserie, also an der Wirklichkeit.

8. Aller Anfang ist schwer

Sieglinde Hammerschmidt, Heinz Hilbrecht und Wolfgang Paech

Sie haben ein Fernrohr und nun das zur Sonnenbeobachtung nötige Grundwissen um sich auch mit der Beobachtungstechnik etwas vertraut gemacht. Trotzdem bleiben Enttäuschungen und Misserfolge nicht aus. Kurzum: machen Sie sich nichts daraus. Sie sollten wissen, dass jeder Sonnenbeobachter mit genau Ihren Problemen zu kämpfen hatte. Sieglinde Hammerschmidt (Solms) schrieb im „Handbuch für Sonnenbeobachter“ über die Probleme, die auch sie zu Anfang überwinden musste. Leicht gekürzt berichtete sie folgendes:

„Drei Wochen später stand ein länglicher Karton vor mir, und darin befand sich mein bestellter Refraktor 60/900 mm oder anders ausgedrückt, mit 6 cm Objektivdurchmesser und 90 cm Brennweite. Es war ein Versandhausgerät und hatte ca. 120 Euro (1973) gekostet. Wie aber sollte ich nun die einzelnen Teile, die mich so hoffnungsvoll anschauen, zum Leben erwecken? Ein Sternfreund half mir dabei.

Außer Jupiter mit seinen Monden, der Venus mit ihren Phasen und einem Kometen hatte ich nichts Rechtes beobachten können – kam ich doch so gut mit meinem kleinen Fernglas 8 x 25 zurecht!

In jenen Tagen wurde auch noch eine Neonlampe in der Nähe unseres Balkons installiert! Jetzt aufgeben? Da fiel mir der noch kaum benutzte Projektionsschirm ein – sollte ich es mit der Sonne versuchen? Ich hatte ein Ziel! Die Sonne wurde mein Arbeitsgebiet. Nachdem ich in die Vereinigung der Sternfreunde (VdS) eingetreten war, schloss ich mich der Fachgruppe Sonne an. Die Positionsbestimmung von Sonnenflecken hat mir seitdem viel Freude bereitet.

Sie werden sich fragen, was aus dem wackligen Fernrohr wurde? Nun, es entpuppte sich zu einem brauchbaren Gerät, und auch für die anderen Probleme gab es Lösungen. Alleine hätte ich es nicht geschafft. Ich fand Sternfreunde, die mir mit Rat und Tat zur Seite standen“.

Nachstehend sind einige Mängel aufgeführt, die es zu beseitigen galt und noch einige Tipps dazu.

- Einstellen auf den Polarstern: Das Sonnenbild auf dem Projektionsschirm mit Hilfe des Okularbildfeldrandes im wahren Mittag (dieser Begriff ist in Textheften von drehbaren Sternkarten erklärt) zentrieren. Für den betreffenden Tag die Deklination der Sonne aus einem astronomischen Jahrbuch entnehmen und die Stundenachse, die nun zum Polarstern zeigt, ausrichten
- Der Polwinkel verstellt sich oft: Markierungen an der Polachse anbringen
- Auffinden der N-S-Richtung: Im wahren Mittag muss die Stange, die das Gegengewicht trägt, waagrecht liegen (kleine Wasserwaage auflegen)
- Die N-S-Richtung geht verloren: Durch einen Pinselstrich als Markierung für die richtige N-S-Orientierung kann bei einer Dejustierung das Gerät leicht neu eingestellt werden
- Das Fernrohr ist zu leicht, es zittert: Das Stativ durch mehrere Gewichte auf der Ablageplatte beschweren
- Durch das Hin- & Hertragen bleibt das Gerät nicht in der Waage: Eine kleine runde Wasserwaage inmitten der Ablageplatte montieren
- Die Stativfüße finden am Aufstellungsort keinen Halt: Stativfüße in Vertiefungen von aufgeklebten

Plastikscheiben stellen und einen Fuß kennzeichnen

- Die mitgelieferte Stange, die den Projektionsschirm hält, ist zu kurz, der Schirm ist zu klein: Es empfiehlt sich, eine längere Metallstange und einen runden Projektionsschirm (aus magnetischem Material) von ca. 150 mm Durchmesser zu montieren
- Die Zeichenschablone hat keinen Halt und liegt nicht glatt auf dem Schirm: Der Projektionsschirm erhält in der Mitte einen kleinen Stift, kleine Magneten oder Klammern lösen das zweite Problem
- Durch Abdunktungsmaßnahmen und Magnete geht das Gleichgewicht verloren: Das große Gegengewicht verschieben und den vorderen Teil des Tubus beschweren
- Der Rand des Bildfeldes ist unsichtbar: Er liegt dann außerhalb des Projektionsschirmes; nach dem Auflegen einer größeren Kartonscheibe zeigt er sich

LETZTER TIPP: BLEIBEN SIE GUTEN MUTES!

Sieglinde Hammerschmidt hatte es mit ganz alltäglichen Problemen zu tun. Geht es aber an die eigentliche Beobachtung und die Auswertung dieser Beobachtungen, fühlen sich die meisten Amateurastronomen zu Recht überfordert. Sie geben ihr neues Hobby oft schon nach kurzer Zeit auf. Dies muss aber nicht sein.

Ein Hobby wird schnell langweilig, wenn man es nicht mit Gleichgesinnten teilen kann. Der Austausch mit anderen, sei es in einer astronomischen Arbeitsgemeinschaft, einer Volkssternwarte, überregionalen Gruppen oder auch das Internet, macht das Hobby erst schön. Jeder bringt Er-

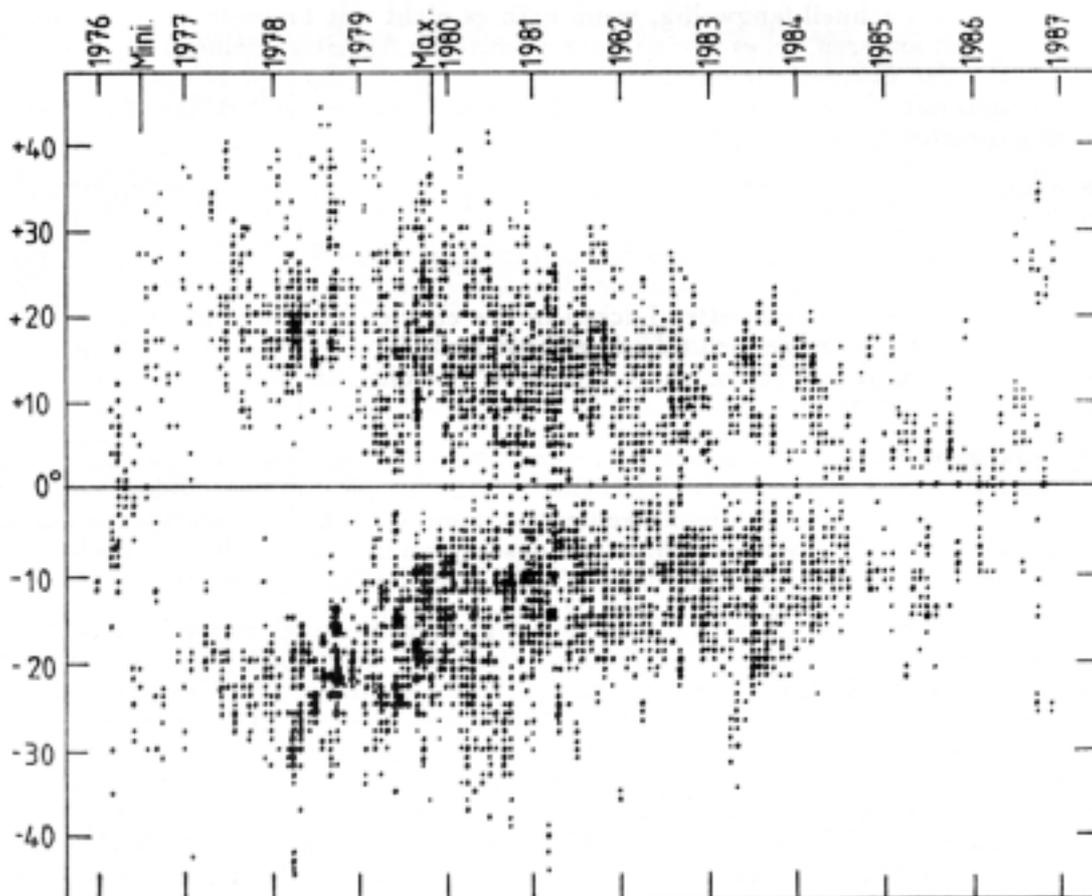


Abbildung 12: Schmetterlingsdiagramm von Sieglinde Hammerschmidt

fahrungen mit, die er anderen zur Lösung ihrer Probleme zur Verfügung stellen kann und erhält selbst Hilfe.

Die Sonnenbeobachter haben sich in den verschiedenen Ländern zu Gruppen zusammengeschlossen. In Deutschland ist die VdS-Fachgruppe Sonne der Ansprechpartner. Über diese Gruppen erhält man Anschluss an überregionale Beobachter- und Auswerternetze. Nur in der Gruppe kann man Schlechtwetter-Lücken in der eigenen Beobachtungsreihe ausfüllen. Viele Sonnenbeobachter kennen Gleichgesinnte auf allen Erdteilen durch diese Zusammenarbeit und sind mit ihnen gut befreundet, obwohl sich die meisten nur brieflich bzw. per E-Mail kennen.

Alle Anfangsschwierigkeiten lassen sich überwinden. Auch Sieglinde Hammerschmidt hat innerhalb der Fachgruppe

Sonne Beobachtungen gemacht, 11 Jahre nach ihrem Anfang, also nach einem Sonnenfleckenzyklus, konnte sie auf ein stattliches Ergebnis zurückblicken: ein komplettes Schmetterlingsdiagramm des 21. Sonnenfleckenzyklus aus eigenen Beobachtungen.

Jeder, der sich nicht von den Anfangsschwierigkeiten in die Knie zwingen lässt, kann zu guten Ergebnissen kommen – es kommt nicht auf Geld, Zeit oder besondere Leistungen an. Leistungsdruck hat hier keinen Platz. Ausdauer und Teamgeist sind die Eigenschaften, die ein Sonnenbeobachter dringender braucht. Hat der eine Spaß mit der Auswertung am Computer, beobachtet der andere die Sonne vielleicht „nur“ mit bloßem Auge. Beide kommen wahrscheinlich nie zu Ergebnissen, die der Wissenschaft weiterhelfen, aber das ist auch nicht das

Ziel. Ein kleines Fernrohr und die vielen Freunde, die man im Lauf der Zeit findet; denen kann man wirklich Jahre widmen, denn an keinem einzigen folgenden Tag wird die Sonne wieder so aussehen, wie sie einmal war.

Die Ansprechpartner der Arbeitsgruppen beobachten mit Sorgen, dass viele Einsteiger und Amateure denken, ohne Computer, Spezialgeräte und komplizierte Beobachtungsprogramme keine sinnvollen Beobachtungen leisten zu können. Dies ist mir Sicherheit falsch! Wir wünschen uns, dass bei Ihren ersten Beobachtungen neben dieser Einführungsschrift auch gute Freunde zur Seite stehen, die helfen, Schwierigkeiten aus dem Weg zu räumen. Wir hoffen, dem gemeinsamen Ziel zu nützen, die Sonnenbeobachtung populär zu erhalten und weiter zu entwickeln.

9. Weiterführende Literatur

- Reinsch, K.; Beck, R.; Hilbrecht, H.; Völker, P. (Hrsg.): Die Sonne beobachten; Spektrum Verlag, 1999
- SONNE – Mitteilungsblatt der Amateursonnenbeobachter, herausgegeben von der Fachgruppe Sonne
- Mattig, W.: Die Sonne; C. H. Beck, 1995
- Kerrod, R.: Die Sonne, Jugendbuch ab 8 Jahre; Franck-Kosmos Verlag, 2001
- Nur noch antiquarisch erhältlich:
- Ekrutt, J. W.: Die Sonne; Gruner und Jahr, Hamburg, 1981
- Giovanelli, R. G.: Geheimnisvolle Sonne; VCH Verlag, Weinheim, 1987
- Kiepenheuer, K. O.: Die Sonne; Springer-Verlag, Berlin, 1957
- Nicolson, I.: Die Sonne; Herder Verlag, Freiburg, 1982
- Eddy, J. A.: The new sun; NASA SP/402, Washington, 1979
- Waldmeier, M.: Sonne und Erde; Zürich, 1959

Weiterführende Informationen und Links zur Sonne im Internet:

<http://www.sonneonline.org>

<http://www.vds-sonne.de>

Aufnahmedaten der Rückseite

Bild 1: 02. April 2002, 11.43 UT, 1/500s fokal belichtet durch einen Starfire-Apo-Refraktor 180/1620 mm mit Baader-Herschelpisma und Neutralfiltern, Rüdiger Buggenthien, Lübeck

Bild 2: 11. Juni 2003, 15.34 UT, 1/1000s belichtet an einem Zeiss-Refraktor 150/2250 mm, $f_{\text{äqui}} = 12,5$ m, Filter OG 550 und Pentaprisma des Vereins Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V. auf Kodak TP-2415, Michael Delfs, Berlin

Bild 3: 10. August 2004, 8.25 UT, 1/500s belichtet, $f_{\text{äqui}} = 13$ m, Starfire-Apo-Refraktor 180/1620 mm mit Intes-Herschelkeil und Neutralfiltern, Rüdiger Buggenthien, Lübeck

Bild 4: 27. Oktober 2003: 13.32 UT, 1/1000s belichtet, Zeiss-Refraktor 150/2250 mm mit Okularprojektion $f_{\text{äqui}} = 12,5$ m, Farbfilter OG 550 und Pentaprisma des Vereins Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V. auf Kodak TP-2415, Michael Delfs, Berlin

Bild 5: 13. September 2005, 15.28 – 15.36 UT, 1/10 000 s belichtet, Zeiss-Refraktor 150/2250 mm mit Okularprojektion $f_{\text{äqui}} \sim 6$ m und Pentaprisma des Vereins Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V. und privater Webcam Philips ToUCam Pro II mit Baader-Infrarotfilter, mit GIOTTO geschärftes Summenbild aus 2700 Aufnahmen, Michael Delfs, Berlin

Bild 6: 27. Oktober 2003, 13.07 UT,

1/1000 s belichtet, Zeiss-Refraktor 150/2250 mm mit Okularprojektion $f_{\text{äqui}} = 12,5$ m, Farbfilter OG 550 und Pentaprisma des Vereins Wilhelm-Foerster-Sternwarte e.V. auf Kodak TP-2415, Michael Delfs, Berlin

Bild 7: 22. Juli 2004, 10.50 UT, 1/500 s belichtet, $f_{\text{äqui}} = 12$ m, Starfire-Apo-Refraktor 180/1620 mm mit Intes-Herschelkeil und Neutralfiltern, Rüdiger Buggenthien, Lübeck

Bild 8: 28. Juli 2002, 7.33 UT, 1/500 s in Okularprojektion ($f_{\text{äqui}} = 12,5$ m) belichtet durch einen Starfire-Apo-Refraktor 180/1620 mm mit Baader-Herschelpisma, Intes-Herschelkeil und Neutralfilter, Rüdiger Buggenthien, Lübeck

