

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.

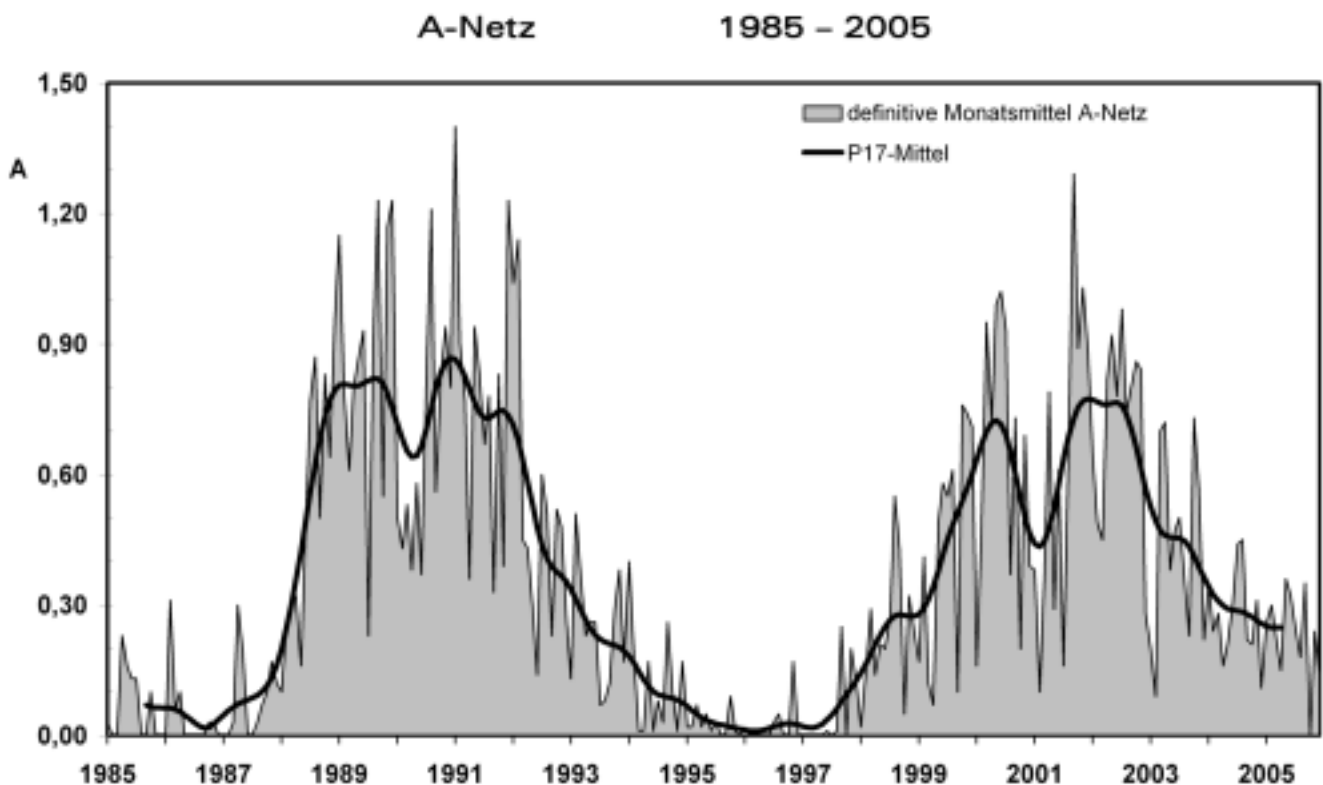


Abbildung 2: Sonnenfleckenzahlen nach dem A-Netz (bloßes Auge)

3.2 Bestimmung der Sonnenfleckenzahl

Heinz Hilbrecht

Die Anzahl der sichtbaren Sonnenflecken ändert sich sowohl von Tag zu Tag als auch langfristig. Diese Veränderungen auf möglichst einfache Weise zu beschreiben, ist das Ziel der Sonnenfleckenzahl, 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 Sonnenfleckenzahlen 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.

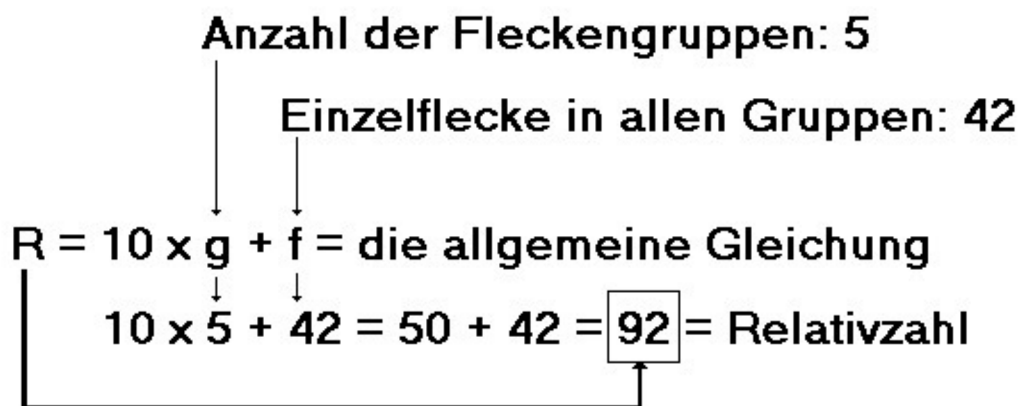


Abbildung 3: Die Berechnung der Relativzahl

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-Relativzahlnetzes 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.

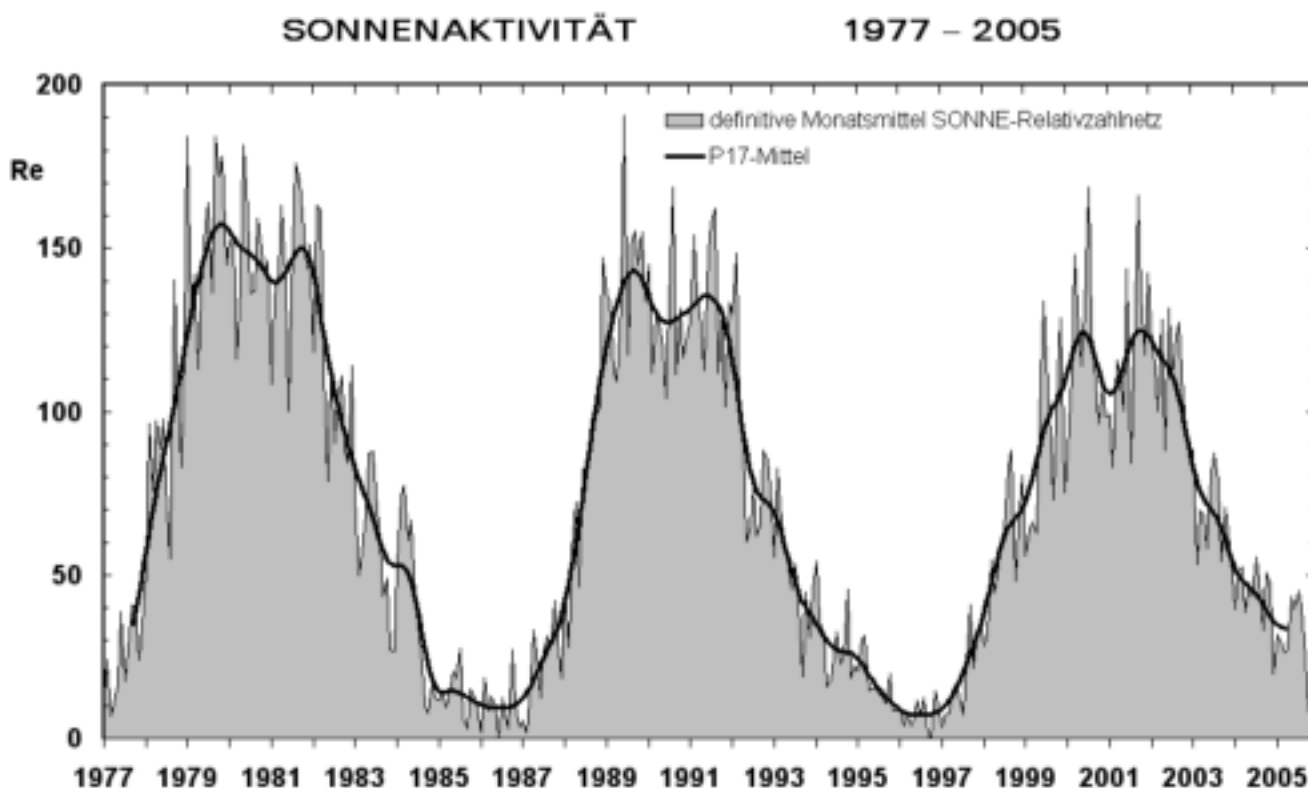


Abbildung 4: Monatsmittel der Relativzahlen des SONNE- Netzes, einer Gruppe von knapp 100 Amateurastronomen, die ihre Relativzahlen einer zentralen Auswertung zur Verfügung stellt. Dadurch werden Beobachtungsreihen möglich, in denen es keine wetterbedingten Lücken mehr gibt.

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 Fleckenzklus 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 Fleckenzklus (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:

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

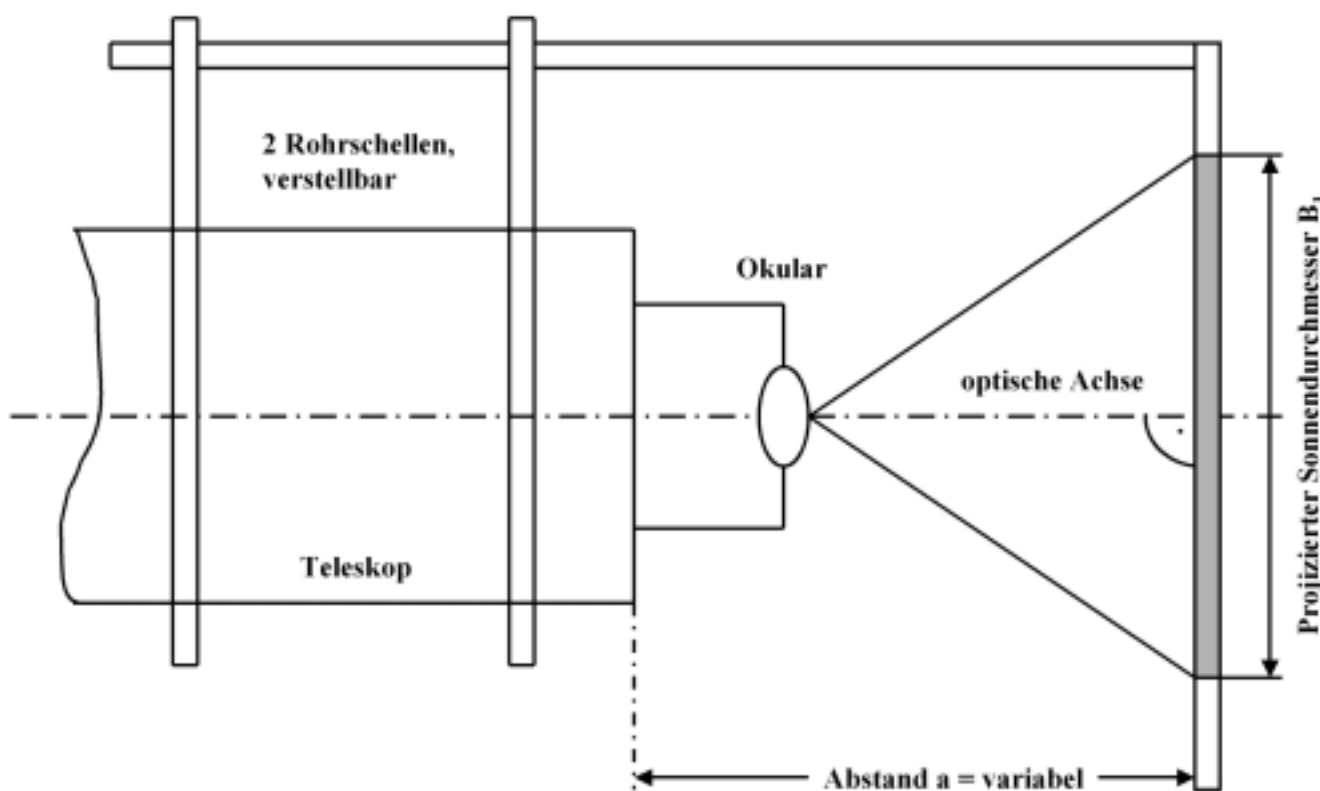


Abbildung 5: Bauskizze eines Sonnenprojektionschirmes

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

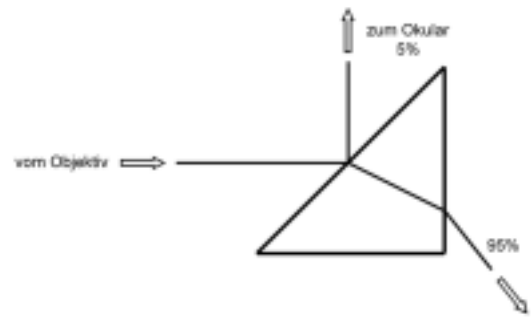


Abbildung 6: Strahlengang in einem Sonnen- bzw. Herschelprisma

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)

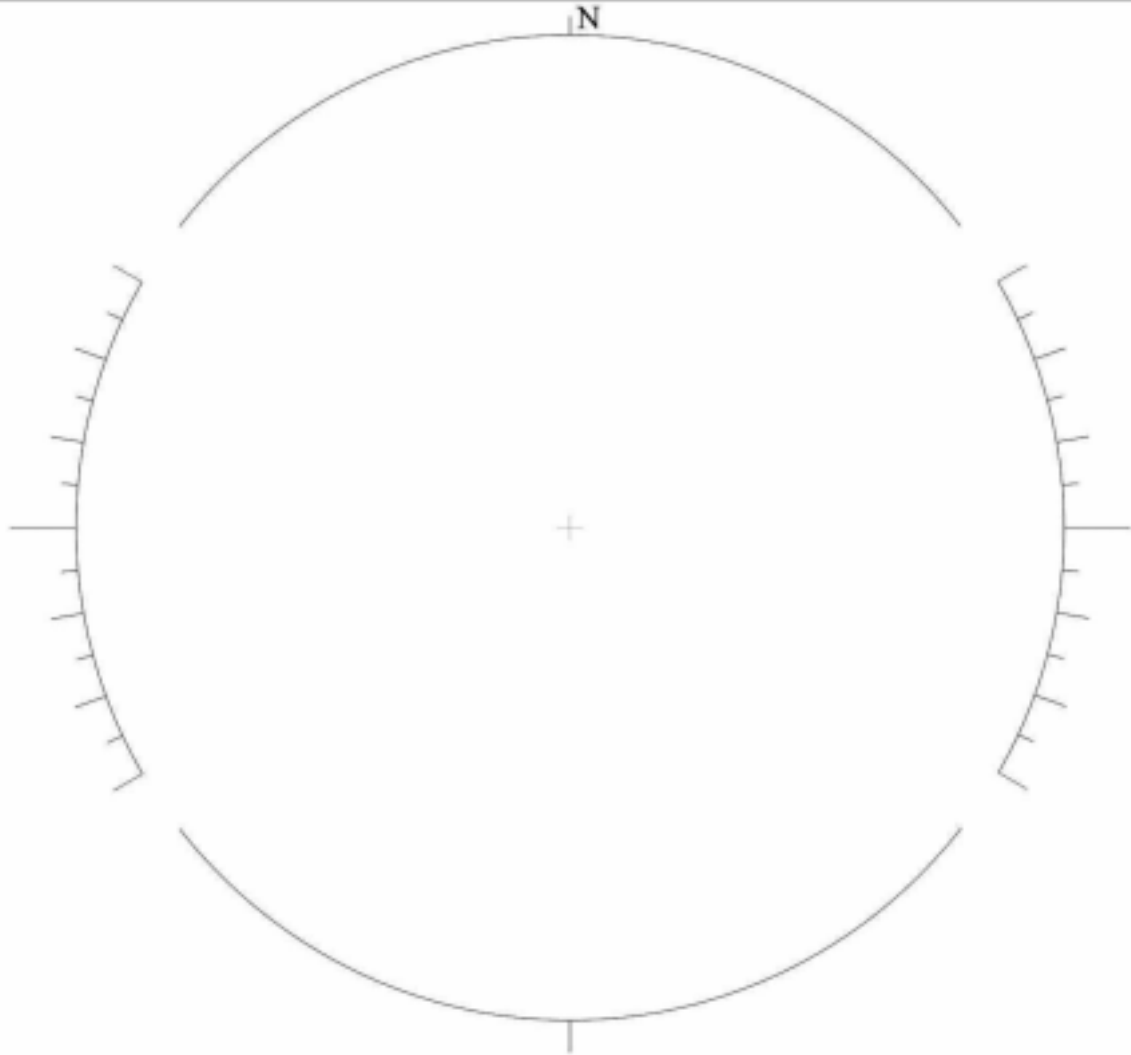
im Tageslauf entsteht meistens etwa 1–2 Stunden nach Sonnenaufgang und vor Sonnenuntergang. Man sollte also nach Möglichkeit am frühen Vormittag oder am späten Nachmittag die Sonne beobachten.

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

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.

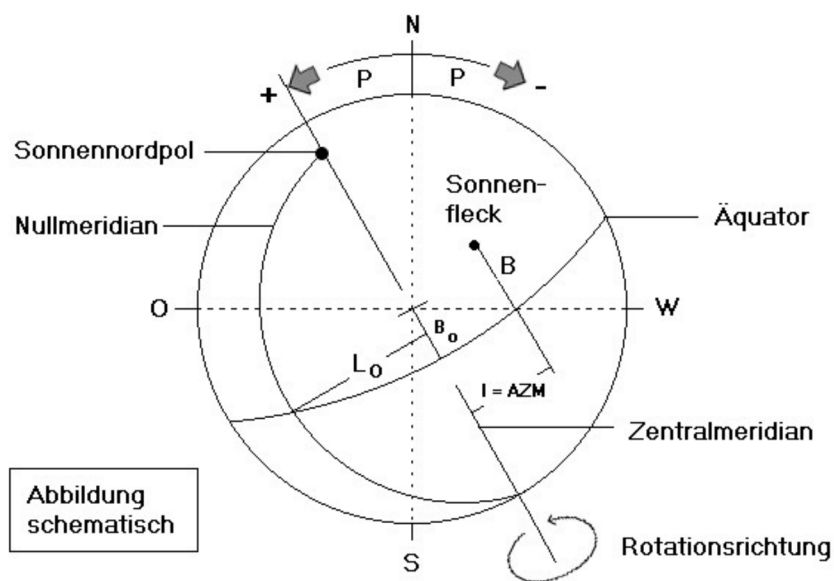


Abbildung 8: Heliografisches Koordinatensystem; der Abstand vom Zentralmeridian (AZM) wird positiv nach Westen gezählt, die Rotationsachse liegt in der Ebene, die durch den Zentralmeridian und die Senkrechte zur Papierebene gegeben ist, sie durchstößt die Sonnenkugel an den Polen

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.