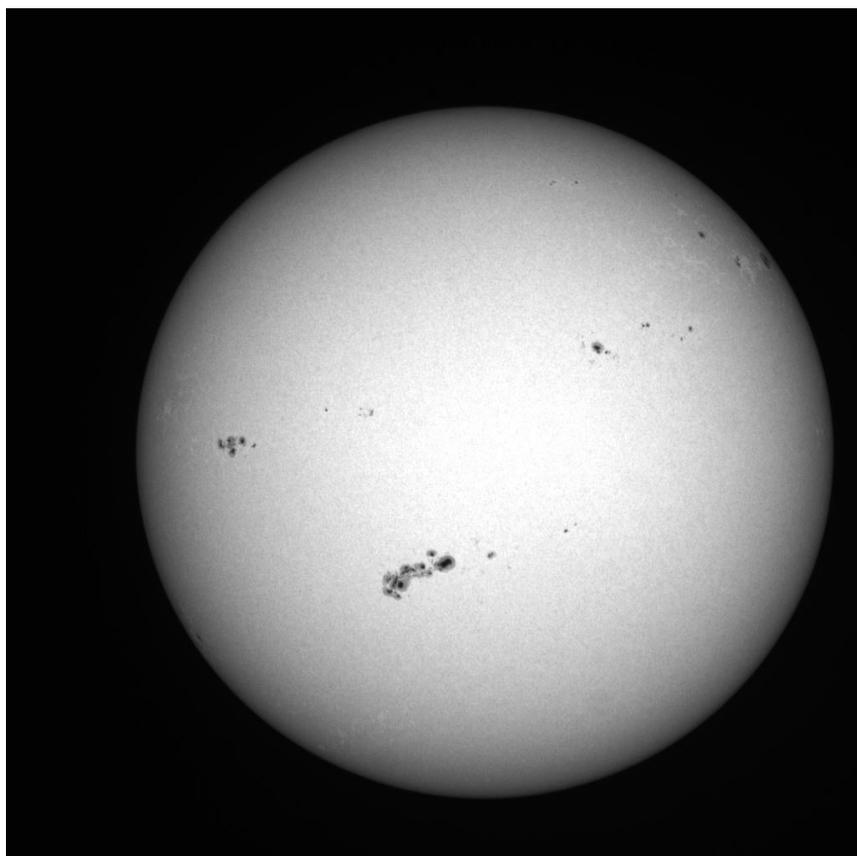


Sonnenflecke und der Lebensrhythmus der Sonne

Olaf Fischer

Das wohl bekannteste und offensichtlichste Phänomen beim Anblick der Sonnenscheibe sind die Flecke. Diese können mit einfachen schulischen Mitteln beobachtet, gezählt, ausgewertet und erklärt werden. Schüler können aktiv werden. Entsprechend wird die Bestimmung der Sonnenfleckenzahl als **Praktikumsaufgabe** vorgestellt. Ein Modellexperiment macht klar, dass es sich bei den Sonnenflecken durchaus um hell leuchtende Gebiete in einer noch heller leuchtenden Umgebung handelt. Die Entstehung und Entwicklung der Flecke im Zusammenhang mit dem Magnetfeld der Sonne wird durch verschiedene Medien veranschaulicht.

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag		
Physik	Optik, Elektromagnetismus	Fernrohre , Okularprojektion , Abbildungsgleichung , magnetische Feldlinien
Astronomie	Astropraxis, Sterne	Sonne, Sonnenbeobachtung , Sonnenflecke , Sonnenaktivität, Praktikumsaufgabe , Sonnenfleckenzahl
Fächer- verknüpfung	Astro-Ma, Astro-Bio	Strahlensatz , Modellexperiment zum Kontrastsehen



Astrobilder lesen lernen

Bilder enthalten meist eine Menge an Information. Man muss sich nur die Zeit nehmen, diese aufzuspüren. Welche Auffälligkeiten sind auf dem Bild der Sonne erkennbar? Das Bild sollte auf dem Bildschirm in kleinen Gruppen betrachtet werden.

Lösung:

- die Sonnenscheibe besitzt eine Randverdunklung, d. h. eine Helligkeitsabnahme von der Mitte hin zum Rand
- die Sonnenoberfläche sieht „krieselig“ aus (Granulation)
- Sonnenflecke: in Gruppen, mit Struktur (Umbra/Penumbra), nur in zentralen Breitenbereichen und längs dieser
- Helle Gebiete (Fackeln)

Abbildung 1: Die Sonnenscheibe im Weißlicht am 15. 11. 1999. ©: Mees White Light Telescope, Copyright 2010 Institute for Astronomy, http://www.solar.ifa.hawaii.edu/MWLT/Archive/1999/991115_2235_mwlt.jpg, Datei [Sonnenscheibe.jpg](#), Aufnahmeort: [C. E. K. Mees Solar Observatory](#) auf Haleakala, Maui, Mees White Light Telescope, weitere Bilder unter <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/MWLT/archive.html>.

Sonnenfleckbeobachtung durch Okularprojektion

[\(→zurück zum Anfang\)](#)



Abbildung 2: Die Projektionsmethode eignet sich zur Beobachtung der Sonne zu Demonstrationszwecken und im Sinne der Sicherheit am besten. Man achte aber auf die Wärmebelastung der Projektionsokulare! Links: Einfache Selbstbauvariante mit einem Fernglas und einer Bananenkiste. Im Folgenden wird klar, dass der Abstand zwischen Projektionsschirm und Okular beliebig sein kann. Rechts: Teilnehmer eines Sommerkurses der Deutschen Schülerakademie zeigen und beschreiben Passanten auf der Strandpromenade in Warnemünde die Sonne im Projektionsbild (Fernrohr mit Projektionsschirm). ©: Olaf Fischer.

Wie groß ist das Bild der Sonnenscheibe auf dem Projektionsschirm? Kann man darauf Einfluss nehmen? Welche Ausmaße muss eine Projektionseinrichtung haben?

Diesen Fragen gestatten die Auffrischung von etwas geometrischer Optik. Abb. 3 zeigt den Verlauf markanter Strahlen, die vom oberen und unteren Randpunkt der Sonnenscheibe kommen und mittels **Okularprojektion** mit einem Fernrohr zur Abbildung gelangen. Im Bild wird die Ähnlichkeit von Dreiecken ersichtlich, die für mathematisch-physikalische Betrachtungen wichtig ist.

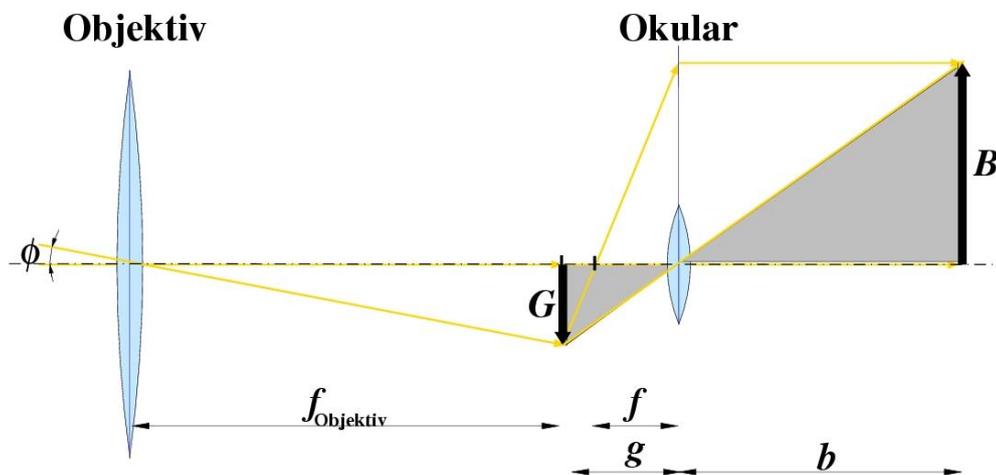


Abbildung 3: Strahlengang im Keplerschen Fernrohr. Die Bildgröße für das Objektiv entspricht gleichzeitig der Gegenstandsgröße G für das Okular. ©: Olaf Fischer.

Es gilt der **Strahlensatz**

$$\frac{B}{G} = \frac{b}{g}.$$

Die in der Abbildung vorkommenden Größen sind außerdem durch die **Abbildungsgleichung** miteinander verknüpft.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}.$$

Diesen nach g umzustellen, kann für Schüler schon eine kleine Herausforderung sein.

$$g = \frac{f \cdot b}{b - f}.$$

Nun kann B berechnet werden, indem g im Strahlensatz ersetzt wird:

$$B = G \cdot \frac{b}{g} = G \cdot \frac{b \cdot (b - f)}{f \cdot b} = G \cdot \frac{b - f}{f} = G \cdot \left(\frac{b}{f} - 1 \right).$$

Die Größe von G kann auf Grundlage der Kenntnis der Objektivbrennweite f_{Objektiv} und des Winkeldurchmessers der Sonne φ bestimmt werden.

$$\tan \varphi = \frac{G}{f_{\text{Objektiv}}} \quad \Rightarrow \quad G = \tan \varphi \cdot f_{\text{Objektiv}},$$

$$B = \tan \varphi \cdot f_{\text{Objektiv}} \cdot \left(\frac{b}{f} - 1 \right).$$

Nun kann der Schüler selbst rechnen und konstruieren!

Die Größe des projizierten Sonnenbildes kann bei gegebenem Fernrohr also durchaus beeinflusst werden. Zum einen kann man Okulare mit verschiedenen Brennweiten einsetzen (Achtung, auf Hitzebeständigkeit achten!). Zum anderen kann man die Entfernung des Projektionsschirms vom Okular ändern. Beide Fälle erfordern eine Neufokussierung.

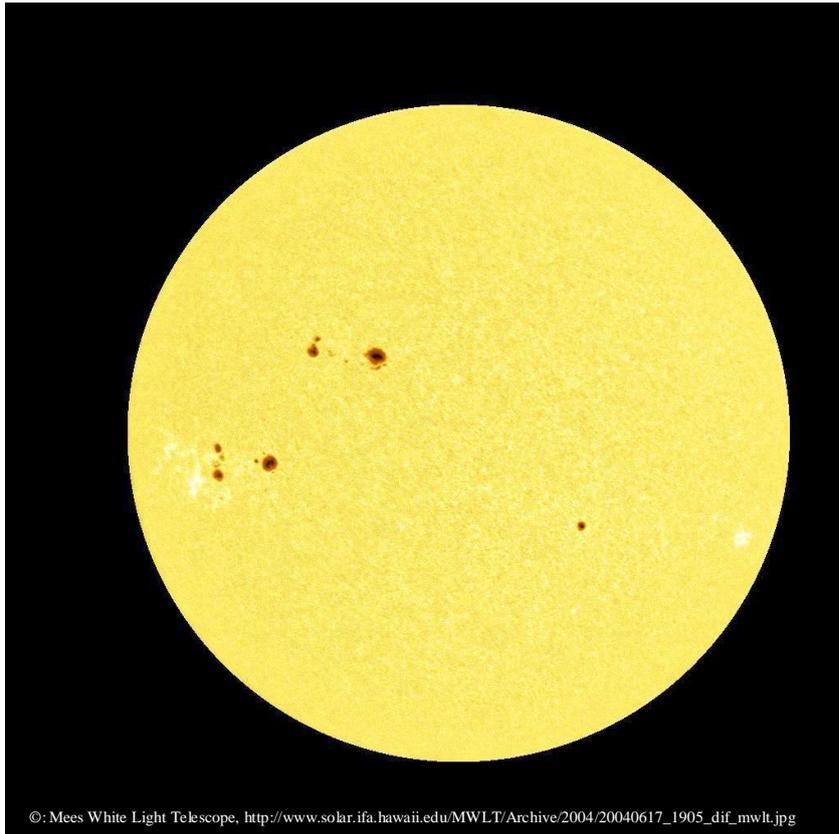
Das in Abb. 2 rechts ersichtliche Schulfernrohr Telementor hat ein Objektiv mit einer Brennweite von $f_{\text{Objektiv}} = 840$ mm. Die Brennweite des Projektionsokulars beträgt $f = 25$ mm und der Abstand der Projektionsebene vom Okular ist $b = 500$ mm. Die Sonne mit einem Winkeldurchmesser von $\varphi = 0,5^\circ$ hat dann im Projektionsbild eine Größe von etwa 139 mm.

$$B = \tan 0,5^\circ \cdot 840 \text{ mm} \cdot \left(\frac{500 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} - 1 \right) \approx \underline{\underline{139 \text{ mm}}}.$$

Sonnenfleckenrelativzahl und Aktivitätszyklus - eine Praktikumsaufgabe

Vorbemerkung

Die Sonnenfleckenrelativzahl ist ein einfach zu bestimmendes Maß für die Sonnenaktivität. Ihre Aufzeichnung reicht schon ca. 150 Jahre zurück. Für ihre Bestimmung ist es notwendig, die Anzahlen der Fleckengruppen und aller Flecken zu ermitteln. Fleckengruppen zeichnen sich durch eine bipolare Anordnung der enthaltenen Flecken aus und grenzen sich durch diese auch voneinander ab. Auch ein einzelner Fleck zählt als Gruppe, weil aus ihm eine Gruppe hervorgeht/hervorgegangen ist.



©: Mees White Light Telescope, http://www.solar.ifa.hawaii.edu/MWLT/Archive/2004/20040617_1905_dif_mwlt.jpg

Die Relativzahl R errechnet sich aus der Summe der Fleckenzahl f und der mit zehn multiplizierten Anzahl g der Fleckenruppen: $R = 10 \cdot g + f$.

Beispiel:

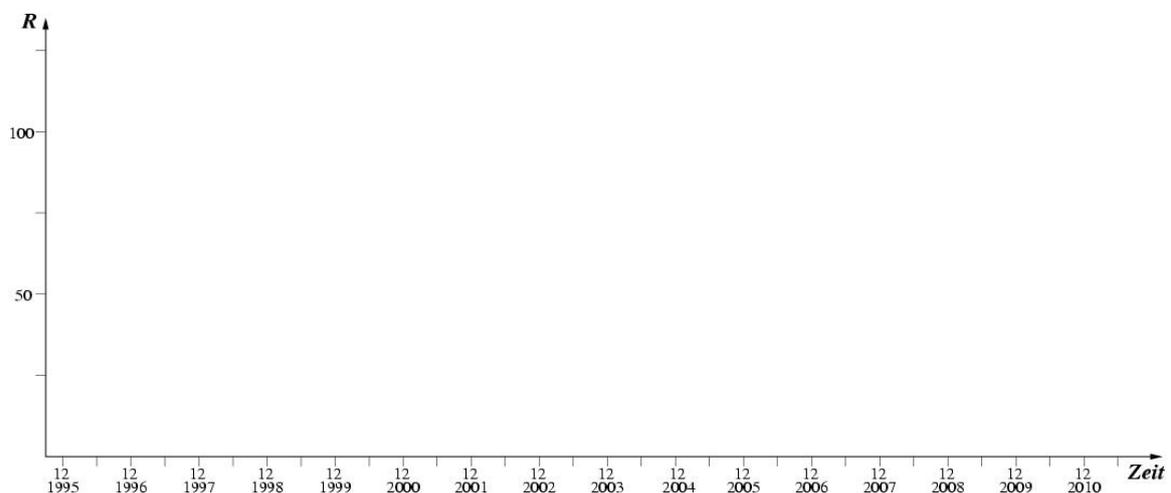
Auf dem gezeigten Bild der Sonnenscheibe (vom 17. 06. 2004) sieht man 3 Fleckenruppen mit insgesamt 12 Flecken. Man erhält also $R = 0 \cdot 3 + 12 = 12$.

Aufgabe

Gegeben sind Weißlichtaufnahmen der Sonne, die in den Monaten Juni und Dezember jeweils zur Monatsmitte und am Monatsende (Vorder- und Rückseite der Sonne) im Zeitraum von 1995 - 2006 aufgenommen wurden (Datei

Sammlung-Sonnenbilder). Man bestimme jeweils für Juni und Dezember des (der) gegebenen Jahres (Jahre) die gemittelte Sonnenfleckenrelativzahl R .

Die Ergebnisse sollen abschließend in ein Diagramm $R(t)$ an der Tafel und im Heft eingetragen werden. Der Verlauf von $R(t)$ ist zu beschreiben.

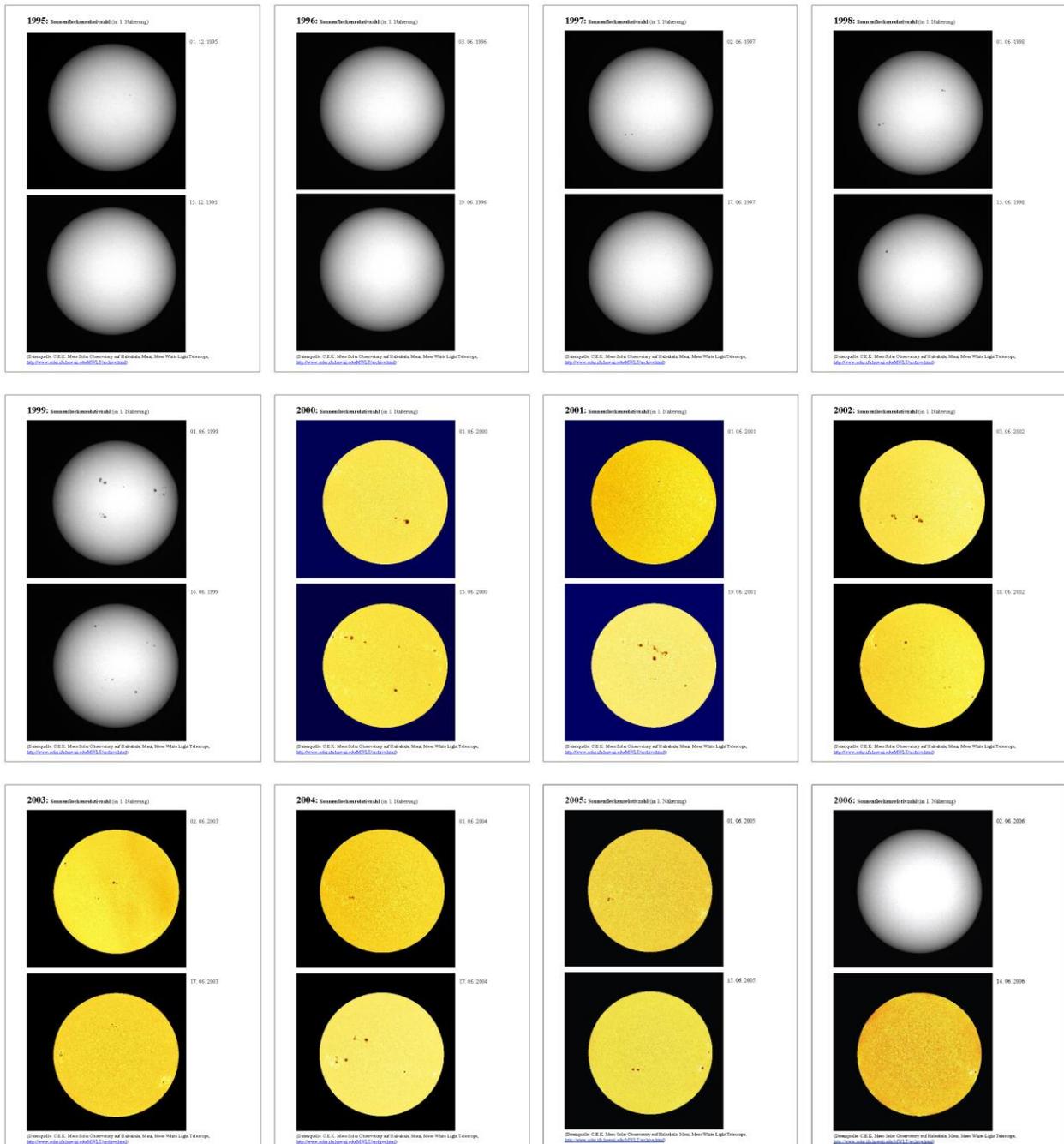


Didaktische Hinweise

[\(→zurück zum Anfang\)](#)

Zur Bestimmung der Sonnenfleckenzahl liegen Bildsätze mit meist je 4 Sonnenbildern (Frontseiten siehe unten) für 12 Jahre vor (Datei **Sammlung-Sonnenbilder**). Hinsichtlich der Arbeitsorganisation wäre eine Möglichkeit, die Klasse in entsprechend viele (hier 12) Kleingruppen zu unterteilen. Jede Gruppe hat die Aufgabe, die Sonnenfleckenzahlen für Juni und Dezember für ein Jahr zu bestimmen, wobei jeweils aus zwei Monatsbildern ein gemittelter Wert bestimmt wird. Zur Verbesserung der Ergebnisse wäre es günstig, die Sonnenbilder durch die Gruppen rotieren zu lassen, so dass jede Gruppe im Endeffekt mehrere, wenn nicht alle Bilder auszuwerten hat.

Die Bilder werden auf Papierausdrucken ausgewertet. Die Ausdrücke auf Papier werden im Anschluss wieder eingesammelt. Weitere Bilder – gerade auch für die Folgejahre nach 2006 – können unter <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/MWLT/archive.html> abgerufen werden, so dass die Kurve fortgeführt wird.



Erfahrungen und Resultate

[\(→zurück zum Anfang\)](#)

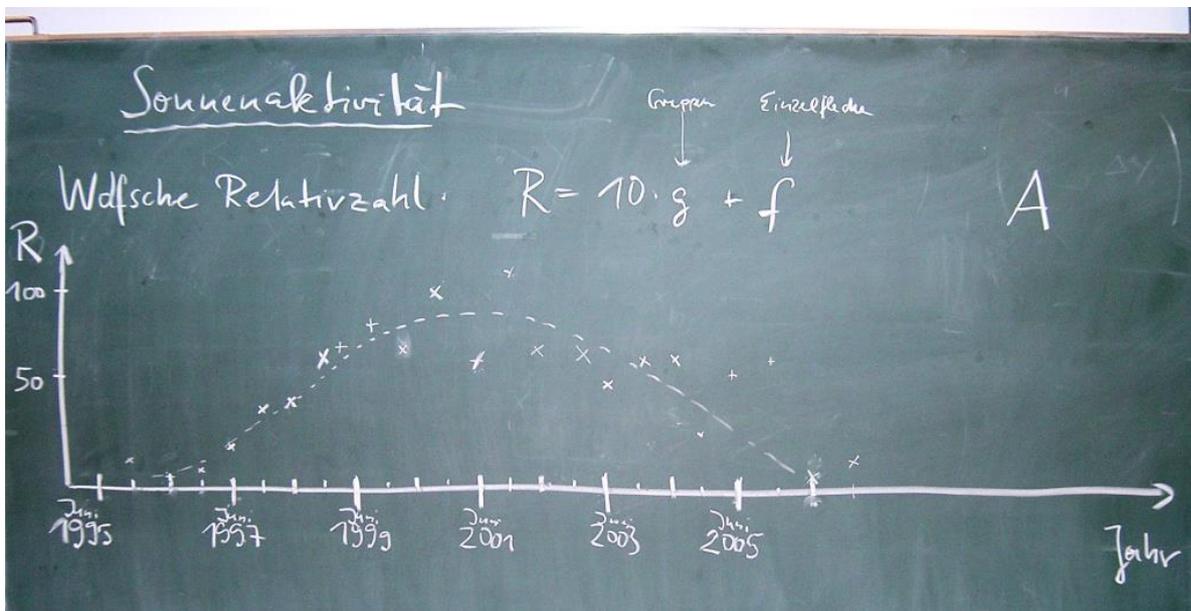
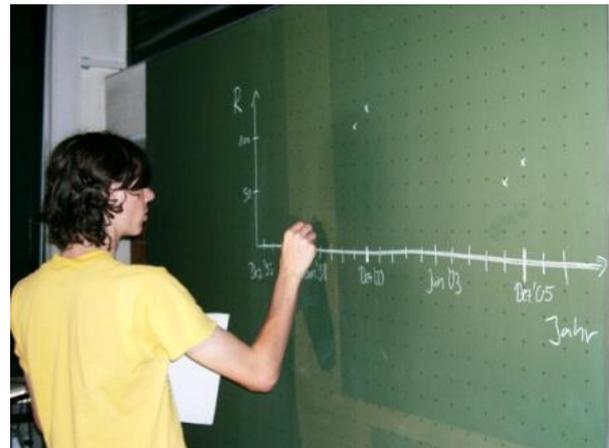
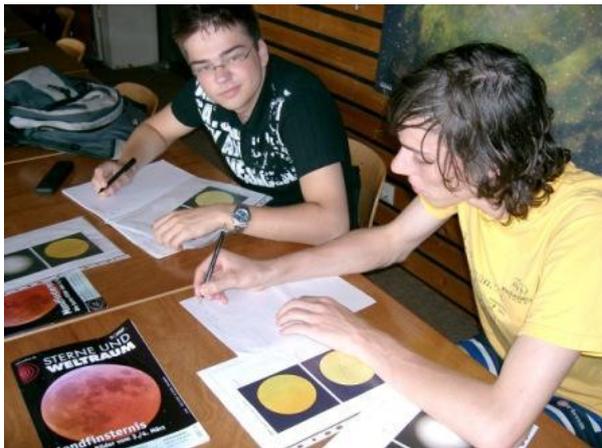


Abbildung 4: Oben: Schüler bei der Bestimmung und Darstellung der Sonnenfleckenrelativzahl R (Kurs im Astronomiezentrum des Helmholtz-Gymnasiums Heidelberg). Schon nach kurzer Einführung ist eine ungefähre Bestimmung von R möglich. Offensichtlich wird, dass die R -Werte mit der Zeit stark schwanken. Die noch nicht erkennbare Periodizität muss mitgeteilt werden (Bild unten). Die Periodendauer von ca. 11 Jahren kann abgelesen werden. ©: Olaf Fischer.

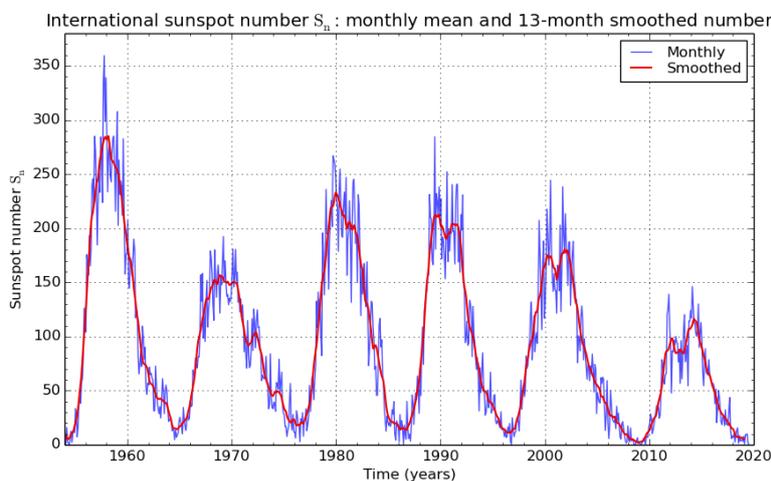


Abbildung 5: Zum Vergleich der Ergebnisse der Praktikumsaufgabe wird hier eine Relativzahlenkurve gegeben, die von erfahrenen Sonnenbeobachtern gewonnen wurde.
©: SILSO data/image, Royal Observatory of Belgium, Brussels, <http://www.sidc.be/silso/ssngraphics>, <http://www.sidc.be/images/wolfmms.png>.

Sonnenflecke als Kontrastphänomen - Modellversuch

[\(→zurück zum Anfang\)](#)



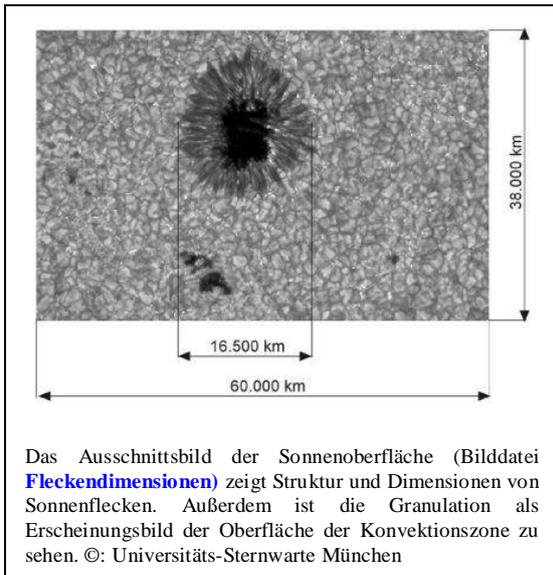
Abbildung 6: Für den Versuch werden benötigt: ein alter Schnellhefter mit einem Kreisausschnitt in der Mitte, ein Bogen Zeichenkarton, eine Folie, etwas Transparentpapier und ein Overheadprojektor.

Die Demonstration von Sonnenflecken als Kontrastphänomen verläuft in drei Schritten. Im ersten Schritt wird die Modellsonnenscheibe ohne Flecke projiziert (Bild rechts oben, Kreisausschnitt im Hefterdeckel). Im zweiten Schritt wird die Zeichenkartonseite auf die Sonnenscheibe geklappt. Diese enthält einige Löcher, die mit Transparentpapier überklebt sind. Diese repräsentieren im Modell die Sonnenflecke allein, d. h. das Licht der Sonnenscheibe ist ausgeblendet (Bild rechts mittig). Im dritten Schritt wird die Zeichenkartonseite wieder herausgeklappt und dafür der zweite Hefterdeckel zur Projektion hereingeklappt. Auch dieser enthält den Kreisausschnitt der Modellsonne, welcher jedoch mit durchsichtiger Folie überklebt ist. Auf die Folie wurden genau die Modellsonnenflecke mit dem gleichen Transparentpapier aufgeklebt, wie sie im 2. Schritt gezeigt wurden (Bild rechts unten).

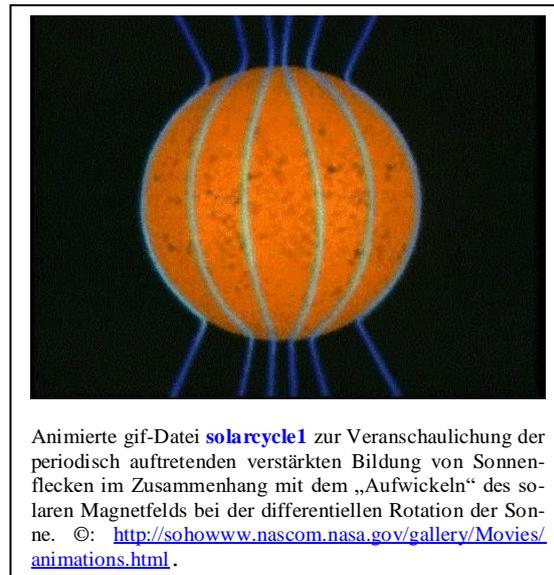
Ganz links sind die mit dem Modellversuch projizierten Bilder zu sehen. Beobachtet man die Modellsonnenflecke ohne das „störende“ Licht der ansonsten hellen Sonnenscheibe (Schritt 2), so sieht man die Flecke als helle Gebilde (Bild oben). Beobachtet man die Flecke dagegen vor dem Hintergrund der noch heller strahlenden Scheibe (Bild 3), so erscheinen diese dunkel (links unten). ©: Olaf Fischer.

Sonnenflecke – Bildmedien

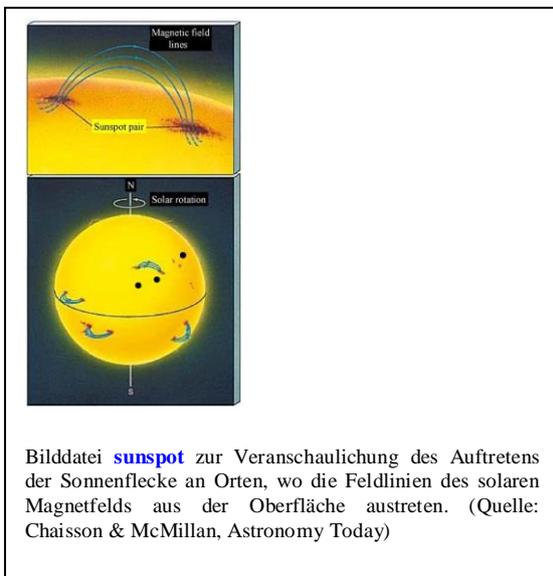
[\(→zurück zum Anfang\)](#)



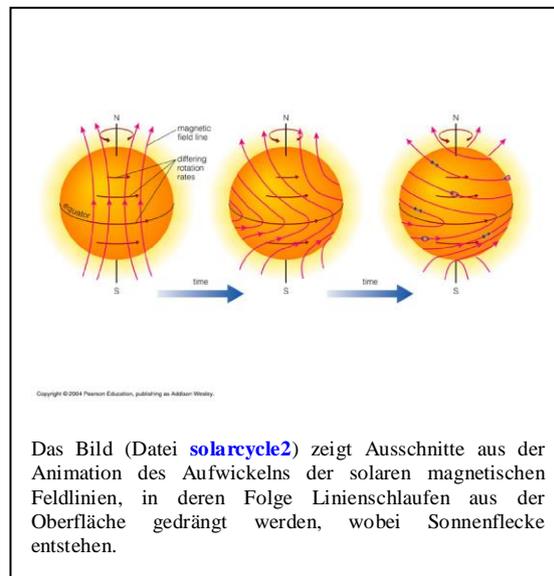
Das Ausschnittsbild der Sonnenoberfläche (Bilddatei [Fleckendimensionen](#)) zeigt Struktur und Dimensionen von Sonnenflecken. Außerdem ist die Granulation als Erscheinungsbild der Oberfläche der Konvektionszone zu sehen. ©: Universitäts-Sternwarte München



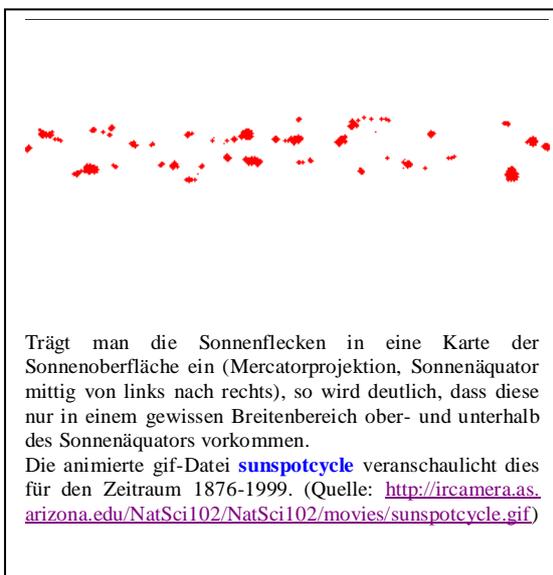
Animierte gif-Datei [solarcycle1](#) zur Veranschaulichung der periodisch auftretenden verstärkten Bildung von Sonnenflecken im Zusammenhang mit dem „Aufwickeln“ des solaren Magnetfelds bei der differentiellen Rotation der Sonne. ©: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/Movies/animations.html>.



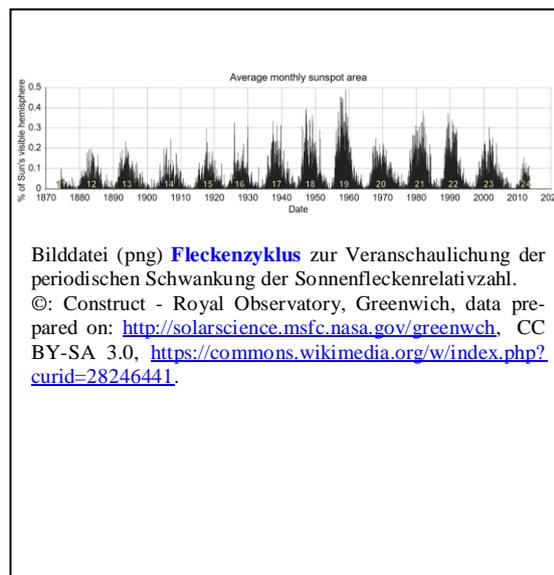
Bilddatei [sunspot](#) zur Veranschaulichung des Auftretens der Sonnenflecke an Orten, wo die Feldlinien des solaren Magnetfelds aus der Oberfläche austreten. (Quelle: Chaisson & McMillan, Astronomy Today)



Das Bild (Datei [solarcycle2](#)) zeigt Ausschnitte aus der Animation des Aufwickelns der solaren magnetischen Feldlinien, in deren Folge Linienschlaufen aus der Oberfläche gedrängt werden, wobei Sonnenflecke entstehen.



Trägt man die Sonnenflecken in eine Karte der Sonnenoberfläche ein (Mercatorprojektion, Sonnenäquator mittig von links nach rechts), so wird deutlich, dass diese nur in einem gewissen Breitenbereich ober- und unterhalb des Sonnenäquators vorkommen. Die animierte gif-Datei [sunspotcycle](#) veranschaulicht dies für den Zeitraum 1876-1999. (Quelle: <http://ircamera.as.arizona.edu/NatSci102/NatSci102/movies/sunspotcycle.gif>)



Bilddatei (png) [Fleckenzyklus](#) zur Veranschaulichung der periodischen Schwankung der Sonnenfleckenrelativzahl. ©: Construct - Royal Observatory, Greenwich, data prepared on: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch>, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28246441>.