

Eigenschaften von Sonnenflecken

Bezug nehmend auf »Aktuelles am Himmel / Das Sonnensystem / Sonnenaktivität aktuell« auf der S. 66 in SuW 1/2015, WIS-ID: 1183911

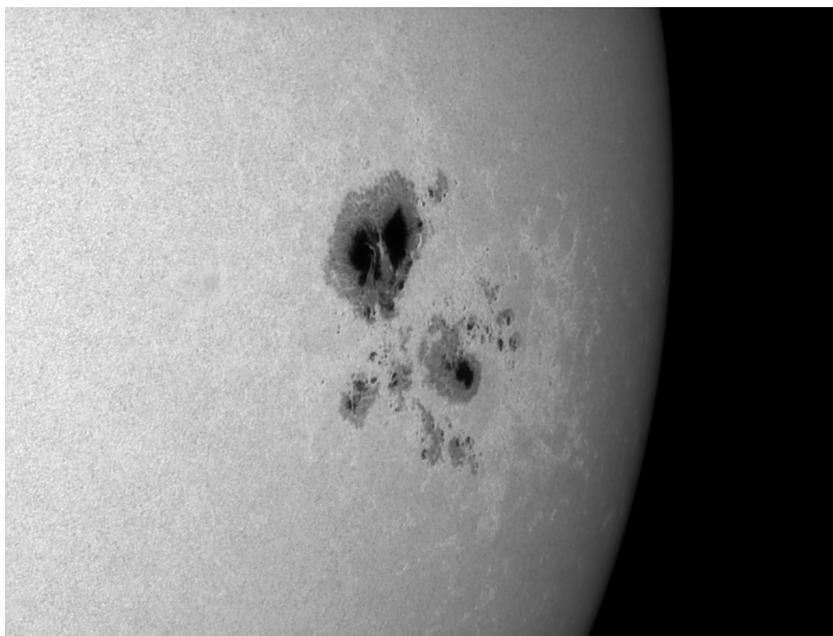
Olaf Hofschulz

Im Oktober 2014 konnte mit der Aktiven Region AR 2192 die größte Fleckengruppe seit 24 Jahren beobachtet werden. Sie war mühelos mit bloßem Auge bei entsprechender Lichtdämpfung (z.B. mit Sonnenfinsternisbrille) sichtbar. Im Teleskop mit Sonnenfilter (Achtung! – Sonnenbeobachtung nur mit geeigneten und sicheren Filtern, sonst besteht ernsthafte Verletzungsgefahr!) zeigten sich Tag für Tag starke Veränderungen mit zahlreichen Lichtbrücken und bizarren Strukturen. Eine wunderbare Möglichkeit um die vielfältigen Formen und Veränderungen von Sonnenflecken zu studieren.

Im Blickpunkt des vorliegenden Materials stehen die Eigenschaften von Sonnenflecken. Die Aufgaben liegen in Form von Arbeitsblättern vor, sie beinhalten Erkundungsaufträge, „klassische“ Aufgaben, Aktivitäten, Anregungen für eigene Beobachtungen, Simulationen mit einem selbst gebauten Modell und längerfristige Forschungsaufträge. So werden verschiedene Kompetenzen entwickelt, der Schwerpunkt liegt im Bereich der Erkenntnisgewinnung, im Nachvollziehen wissenschaftlicher Beobachtungs- und Auswertungsmethoden. Unbedingt sollte im Zusammenhang mit allen praktischen Sonnenbeobachtungen eine Belehrung bezüglich der Gefahren erfolgen. Darüber hinaus werden Beobachtungsergebnisse der Satellitenmissionen SDO und SOHO mit einbezogen, die über das Internet oder eine entsprechende App unkompliziert und kostenfrei zur Verfügung stehen.

Das vorliegende Material stellt zudem eine Ergänzung zu den Aufgaben aus dem WIS-Dokument „Die Erforschung der Sonne“ (8/2013) dar.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Sonne, Astropraxis	Astronomische Beobachtungsgeräte und Arbeitsmethoden, Sonnenaktivität, Aktivitätszyklus, Rotationsdauer, Aufbau der Sonne, Sonnenmagnetfeld, Beobachtungs- und Erkenntnismethoden, Geschichte der Astronomie, Satellitenfernerkundung
Physik	Optik, Atomphysik, Magnetismus	Optische Instrumente und Bauteile zur sicheren Beobachtung der Sonne, Struktur und Eigenschaften von Magnetfeldern, Funktionsweise von Filtern, Spektroskopie / Sonnenspektrum, elektromagnetisches Spektrum
Lehre allgemein	Kompetenzen (Fachwissen und Erkenntnisgewinnung)	(sichere) Methoden zur Sonnenbeobachtung, Eigenschaften der Sonne (insbesondere Photosphäre und Chromosphäre), Protokollieren, Auswertung von Bildmaterial, Abschätzung von Größenordnungen, Flächenberechnungen, astronomische Forschungsmethoden, Experimentieren, eigenständiges „Forschen“, Modelle



Aktive Region AR2192 am 27. 10. 2014, aufgenommen mit einem Refraktor ($D = 130 \text{ mm} / f = 780 \text{ mm}$) mit Herschelkeil, 2x Barlowlinse, Solarkontinuumsfilter und der CCD-Kamera DMK41.

Die Aktive Region AR2192

Im Oktober 2014 konnte mit der Aktiven Region AR 2192 die größte Fleckengruppe seit 24 Jahren beobachtet werden. Sie war mühelos mit bloßem Auge bei entsprechender Lichtdämpfung (z.B. mit einer Sonnenfinsternisbrille) sichtbar. Im Teleskop mit Sonnenfilter (Achtung! – Sonnenbeobachtung nur mit geeigneten und sicheren Filtern, sonst besteht ernsthafte Verletzungsgefahr!) zeigten sich Tag für Tag starke Veränderungen mit zahlreichen Lichtbrücken und bizarren Strukturen. Die Fleckengruppe erreichte dabei einen Durchmesser, der den des Planeten Jupiter übertraf!

1. Sammelt mit Hilfe des Lehrbuches bzw. im Internet Informationen zur Struktur und den Eigenschaften einer Sonnenfleckengruppe. Erläutert die Einteilung der Flecken bzw. Fleckengruppen in Waldmeierklassen (nach Max Waldmeier 1912-2000).

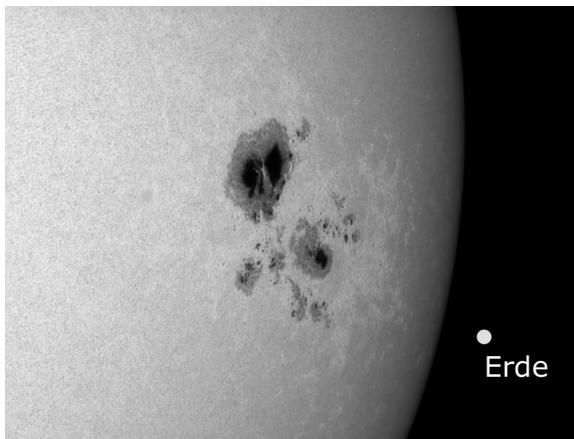


Abbildung 1: Aktive Region AR2192 am 27. 10. 2014., Re-fraktor 130/780 mit Herschelkeil, 2x Barlowlinse, Solarkontinuumfilter, CCD Kamera DMK41. Im Vergleich dazu die Erde als Modell im gleichen Maßstab.

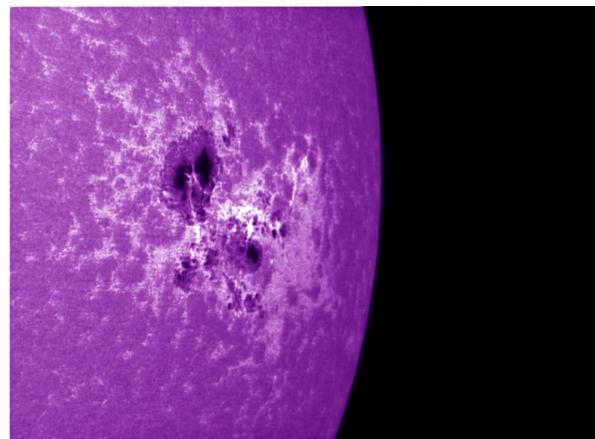


Abbildung 2: Aktive Region AR2192 am 27. 10. 2014., Refraktor 130/780 mit CaK Filter, CCD Kamera DMK41.

2. Klassifiziert die Fleckengruppe AR2192 in der obigen Abbildung nach Waldmeier. Vergleicht die linke Aufnahme (Weißlicht) mit der CaK-Aufnahme.
3. Beschreibt die Veränderungen innerhalb der Fleckengruppe AR2192. Nutzt dazu Aufnahmen des SDO Satelliten (Solar Dynamics Observatory).

Findet entsprechende Aufnahmen aus der Zeit vom 16. 10. 2014 bis zum 30. 10. 2014 mit Hilfe des SDO-Datenarchives (Solar Dynamics Observatory) und erstellt damit ein Video:

<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>

→ data → AIA/HMI Browse Data → Datum eingeben → HMI Intensitygram → Display one image per nth: 5 → Video bzw. Bilder ansehen oder downloaden

4. Schätzt mit Hilfe der einzelnen Fotos, die man dem SOHO Archiv entnehmen kann, bzw. mit einer aus diesen Fotos erstellten Animation, die Rotationsdauer der Sonne ab.
5. Bei welcher heliographischen Breite befindet sich die Fleckengruppe AR2192 auf den Aufnahmen ungefähr (unter der Annahme, dass sich der Nordpol der Sonne auf den Aufnahmen am oberen Sonnenrand befindet)? Analysiert die Veränderung der heliographischen Breite während der Rotation.

1908 Magnetfelder von Sonnenflecken

Der US-amerikanische Astronom George Ellery Hale (1868-1932) entdeckte 1908, dass Sonnenflecken Orte mit sehr starken Magnetfeldern von bis zu 0,4 Tesla sind. Dabei verbinden magnetische Feldlinien mehrere Flecken zu einer bipolaren Fleckengruppe. Sonnenflecken sind Störungen des solaren Magnetfeldes. Die Sonnenflecken der Nordhalbkugel besitzen dabei die entgegengesetzte Polarität der Sonnenflecken der Südhalbkugel. Die Polarität wechselt dabei alle 11 Jahre, also nach einem Sonnenfleckenzyklus. Den 22-jährigen Magnetfeldzyklus bezeichnet man als Hale-Zyklus.

1. Ermittelt den Durchmesser des großen Sonnenflecks AR2192 auf der beiliegenden Aufnahme ausgehend vom bekannten Durchmesser der Sonne oder ausgehend vom Erd- bzw. Jupiterdurchmesser.
2. AR2192 ist die größte aktive Region seit mindestens 24 Jahren, am 18. 11. 1990 überdeckte die AR 6368 eine Fläche von 3080 MH¹. Bestimmt den ungefähren Flächeninhalt des von AR2192 am 23. 10. 2014 in km² und gibt an wie viel Millionstel der sichtbaren Hemisphäre (MH) der Sonne das sind. Vergleicht die Größe mit der des Fleckes von 1990. Geht dabei von der Näherung aus, dass der Fleck kreisförmig ist.

3. Zwischen der Fläche des Sonnenflecks und der magnetischen Feldstärke des Fleckes besteht ein Zusammenhang, der in dem folgenden Diagramm veranschaulicht wird. Interpretiert das Diagramm.

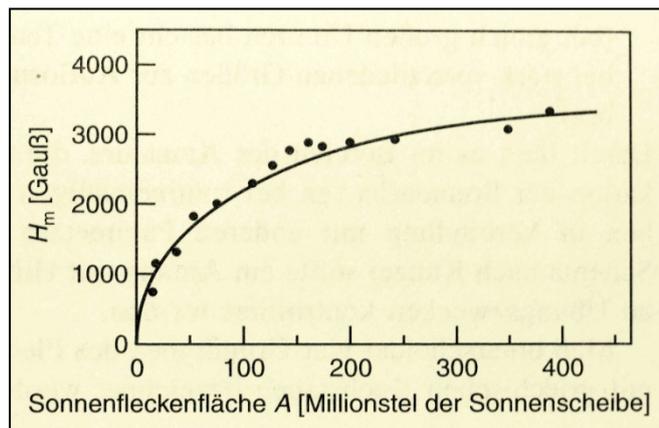
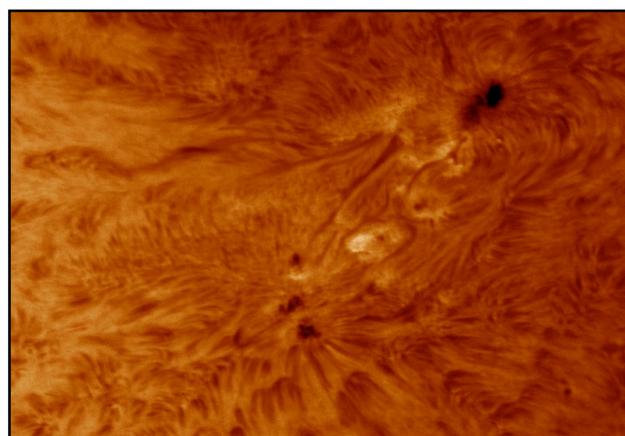


Abbildung: Abhängigkeit der Magnetfeldstärke von der Sonnenfleckenfläche (in MH). Quelle: Reinsch, K. et. al.: Die Sonne beobachten. Sterne und Weltraum. Heidelberg 1999

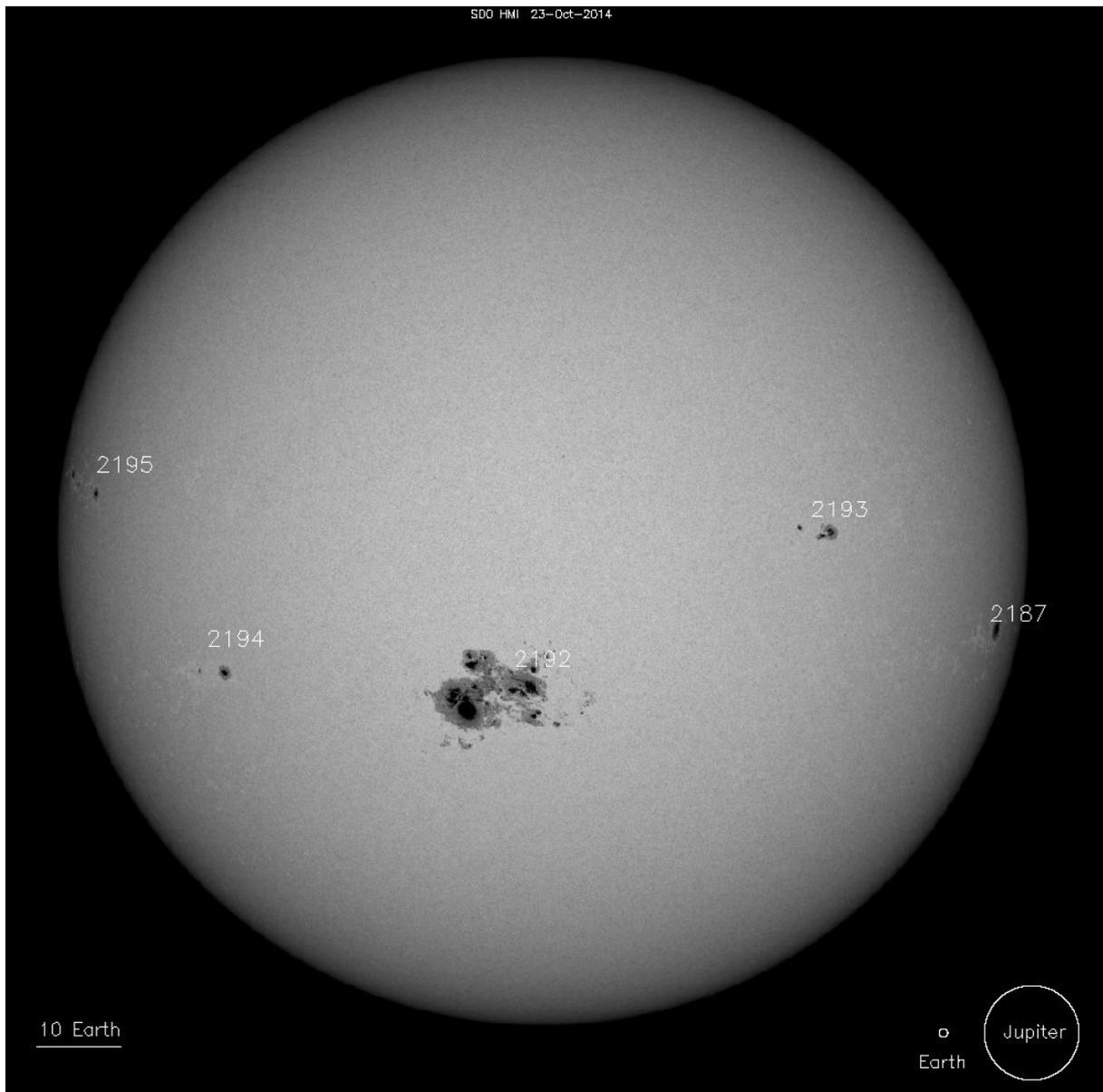
4. Ermittelt mit Hilfe des Diagramms die Magnetfeldstärke (in Gauß, 1 G = 0,1 mT) in AR2192 und auch für andere Flecken in der gegebenen Aufnahme.
5. Vergleicht die filamentartigen Strukturen zwischen den beiden Flecken in dem untenstehenden Foto mit der Feldlinienstruktur eines Stab- bzw. Hufeisenmagneten.



¹ Die Größe von Sonnenflecken wird oft in der Einheit „Millionstel Hemisphäre der Sonne (MH)“ angegeben, das heißt in Millionstel Anteilen der sichtbaren Hemisphäre / Halbkugel der Sonne (Halbkugeloberfläche mit $r = r_{\text{Sonne}}$).

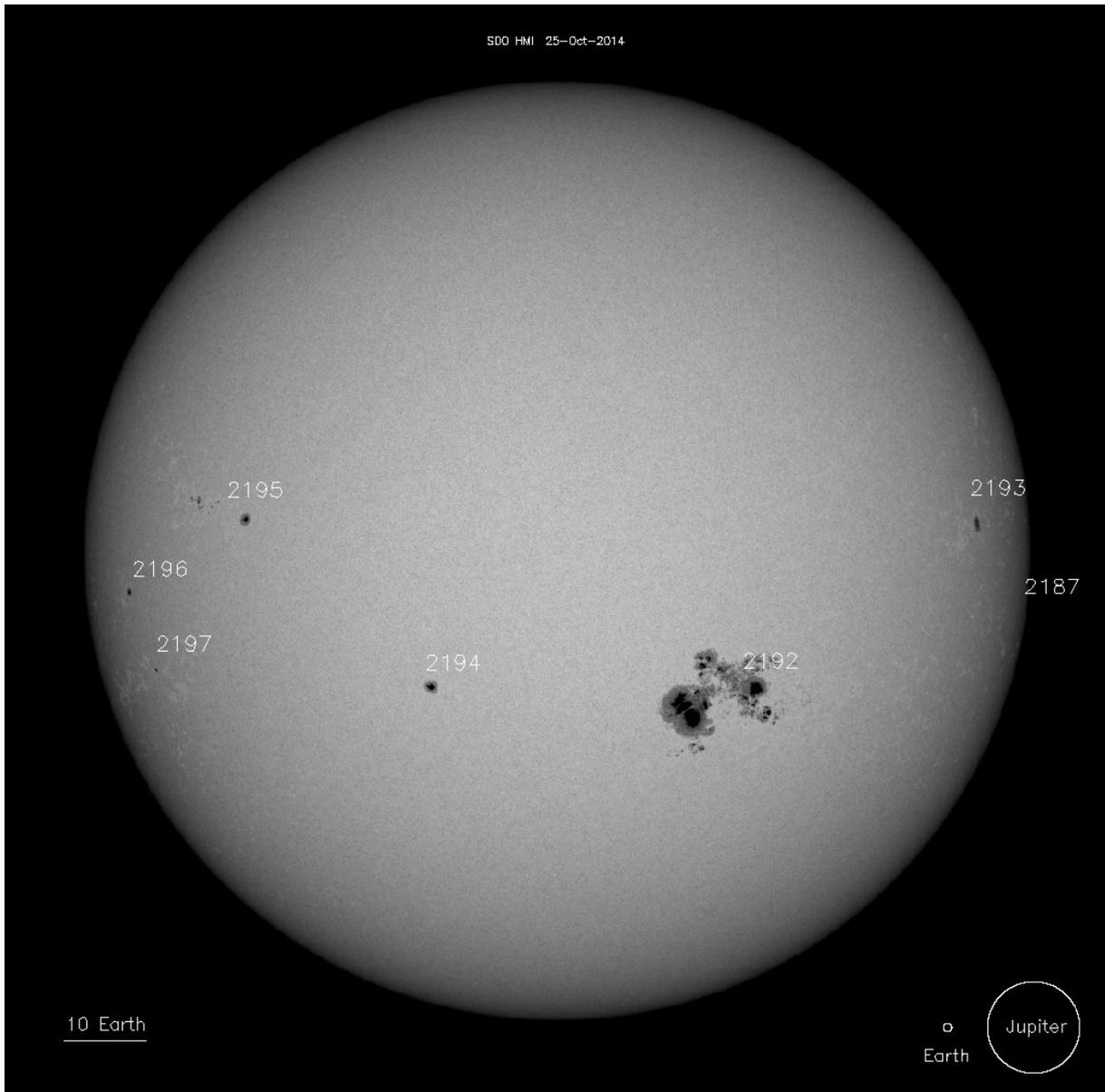
Sonne am 23. 10. 2014 mit dem großen Aktivitätsgebiet AR2192

Quelle: NASA / Solar Dynamics Observatory (SDO)



Sonne am 25. 10. 2014 mit dem großen Aktivitätsgebiet AR2192

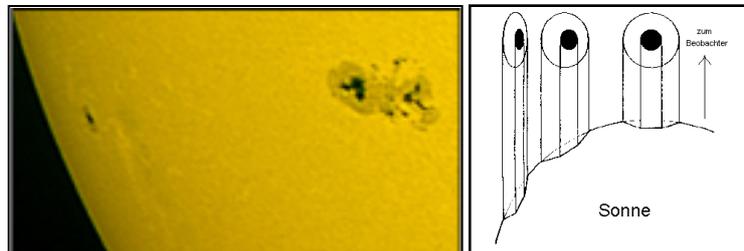
Quelle: NASA / Solar Dynamics Observatory (SDO)



1769 Der Wilson-Effekt

Der schottische Astronom Alexander Wilson (1714-1786) entdeckte im Jahr 1769 den nach ihm benannten Wilson-Effekt. Beobachtet man einen Sonnenfleck im Verlauf der Sonnenrotation, so kann man eine systematische Verformung in der Nähe des Sonnenrandes beobachten, die nicht der erwarteten perspektivischen Veränderung entspricht. Bei einem Fleck mit kreisförmiger Umbra und Penumbra ist eine asymmetrische Verformung beobachtbar, der zum Sonnenscheibenzentrum gerichtete Penumbraanteil erscheint schmaler und verschwindet schließlich ganz während die zum Sonnenrand liegende Penumbraseite ihre Form nahezu beibehält. Wilson erklärte das Phänomen damit, dass es sich bei Sonnenflecken um kegeltumpfförmige Einstellungen in der Sonnenoberfläche handeln müsse. Diese Vorstellung konnte prinzipiell bestätigt werden, das Gas der Sonne ist im Bereich der Sonne durchsichtiger, so dass wir hier „tiefer“ in die Sonne hineinschauen.

1. In der rechts stehenden Abbildung sieht man neben der großen Fleckengruppe einen Sonnenfleck in der Nähe des Sonnenrandes. Erklärt mit Hilfe der nebenstehenden Skizze das Zustandekommen des Wilson-Effektes.



Abbildungen: Links: Sonne am 21.08.2005 aufgenommen mit Webcam und Refraktor + Sonnenfilter. Rechts: Erklärung zur Entstehung des Wilson-Effektes. Quelle: Reinsch, K. et. al.: Die Sonne beobachten.

2. Simuliert den Wilson-Effekt mit Hilfe der Modellsonne. Beschreibt die Veränderung der Form des wahrgenommenen Fleckes.
3. Fertigt mit einer Webcam oder einer Digitalkamera eine Bildserie von 5 Bildern an, die die Veränderungen ausgehend von der Sonnenmitte bis hin zum Sonnenrand dokumentiert. Die Kamera sollte dabei einen festen Abstand zum Modell und eine feste Zoomeinstellung haben.



Abbildung: Bildserie zur Demonstration des Wilson-Effektes mit einem Sonnenmodell. Aufgenommen mit Digitalkamera. (Sterne und Weltraum, Heidelberg 1999)

4. Ein Sonnenfleck lässt sich nach folgendem Schema vermessen:
 - a) Ermittelt für eure Bilder jeweils die Quotienten d_R/D_S und d_Z/D_S . Formuliert ein Ergebnis. Nutzt ersatzweise die obige Bildserie.
 - b) Stellt das Verhältnis d_Z/D_S in Abhängigkeit vom Abstand des Fleckes zum Sonnenzentrum graphisch dar.

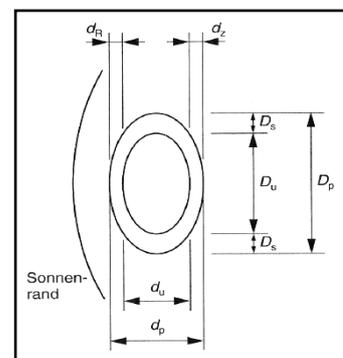


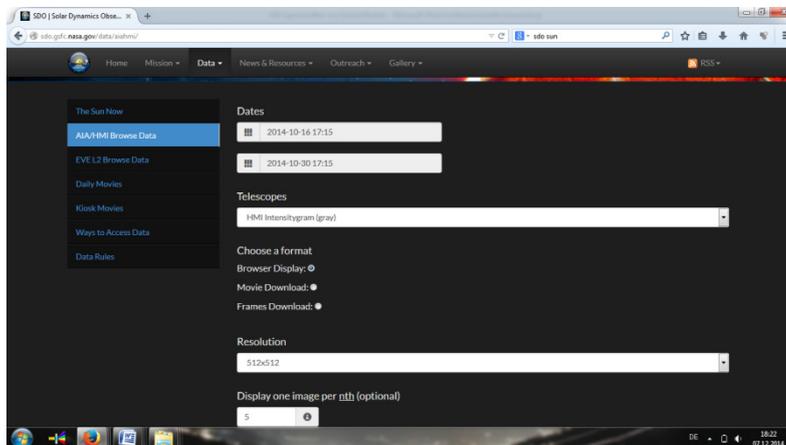
Abbildung: Reinsch, K. et. al.: Die Sonne beobachten. Sterne und Weltraum. Heidelberg 1999.

5. **Forschungsauftrag:**
Führt eine solche Vermessung an realen Aufnahmen von der Sonne durch. Nutzt dazu eigene Fotografien oder Zeichnungen oder Aufnahmen des SDO (Solar Dynamics Observatory; sdo.gsfc.nasa.gov)

Ausgewählte Lösungen und Hinweise:

Die Aktive Region AR2192

- Größe, Strukturierung → Waldmeierklasse F, in der CaK-Aufnahme sind helle Strukturen / Flare sichtbar.
In diesem Zusammenhang kann die Entstehung einer CaK-Aufnahme problematisiert werden.
- Mit Arbeitsblatt (Seite 4) möglich. Beispiel für die Eingabe auf der SDO-Website:



<http://sdo.gsfc.nasa.gov/data/aihmi/>

- ca. 26 Tage bei der gegebenen Breite.
- Abschätzung oder konstruktive geometrische Lösung möglich. Ca. -20° . Die heliographische Breite bleibt nahezu unverändert.

1908 Magnetfelder von Sonnenflecken

- je nach Messung 150.000 km bis 200.000 km.
- Bei Annahme Kreis mit $d = 150.000$ km → ...; verschiedene Näherungen zur Ermittlung des Flächeninhaltes möglich.
- Interpretation des Diagramms, B bis 0,4 T.
- Da B nach dem Diagramm Werte bis 0,4 T annehmen kann, entspricht die magnetische Flussdichte auch für diesen sehr großen Fleck diesem Wert. Für andere Flecke ergeben sich nach dem Diagramm kleinere Werte für die Flussdichte.
- Beschreibung der Ähnlichkeit.

1769 Der Wilson-Effekt

2. Das Modell wurde aus einer großen Styroporkugel (Bastelbedarf) angefertigt. Das Gebiet des Sonnenfleckes wurde durch Eindrücken verformt:



Styropormodell der Sonne mit „Sonnenfleck“

3. Prinzipiell ist jede einfache Digitalkamera geeignet. Es sollte nur eine feste Perspektive gewählt werden. Ideal ist der Einsatz eines Stativs.
4. Wertetabelle / Diagramm.