

Sonnenbeobachtung im Kontinuum (Weißlicht)



ALLE Bilder – mit Ausnahme der Sonnengranulation und des Wilson Phänomens - wurden mit 2 Refraktoren (5 und 6 Zoll Öffnung) aufgenommen. Die maximalen Brennweiten lagen bei rund 2.500 Millimeter.

ALLE Bilder wurden mit einem Videomodul Celestron SkyRis 445 Mono und der „Lucky Imaging“ Technik aufgenommen.



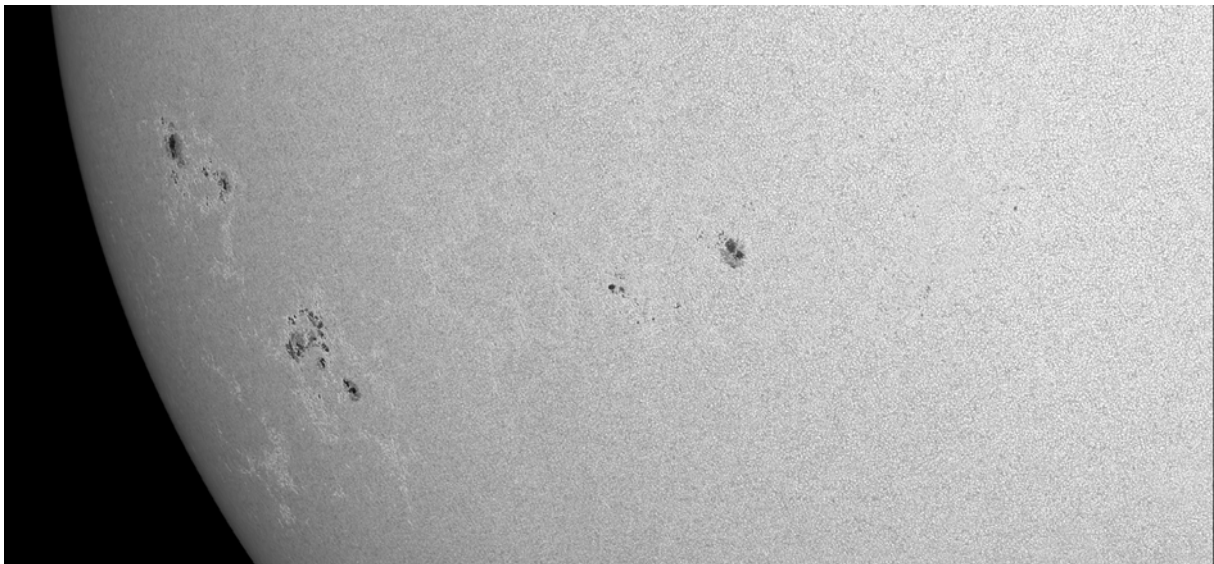
Eine ausführliche Anleitung zur „Lucky Imaging“ Aufnahmetechnik finden Sie unter folgender URL:

<http://astrosolar.com/de/informationen/tipps-tricks-zur-sonnenbeobachtung/sonnenfotografie/bildsensor-und-aufnahmetechnik/>

Solare Strukturen, beobachtbar im Kontinuum bei einer Wellenlänge von 400 bis 700 Nanometer

- Photosphärische Fackelgebiete
- Sonnenflecken
 - Penumbrafilamente
 - Lichtbrücken
 - Umbral dots und Bright Points
 - Wilson Phänomen
- Granulation und
- Weißlichtflares

Photosphärische Fackeln treten in der oberen Photosphäre der Sonne auf und lassen sich im weißen Licht (Kontinuum) nur am Sonnenrand beobachten, wo durch die Randverdunklung¹ der Kontrast erhöht ist. Fackelgebiete sind fast immer mit Sonnenflecken assoziiert, können aber auch nach dem Verschwinden der Flecken weiter bestehen. Es sind Gebiete erhöhter Temperatur mit einer Lebensdauer von Wochen bis Monate.



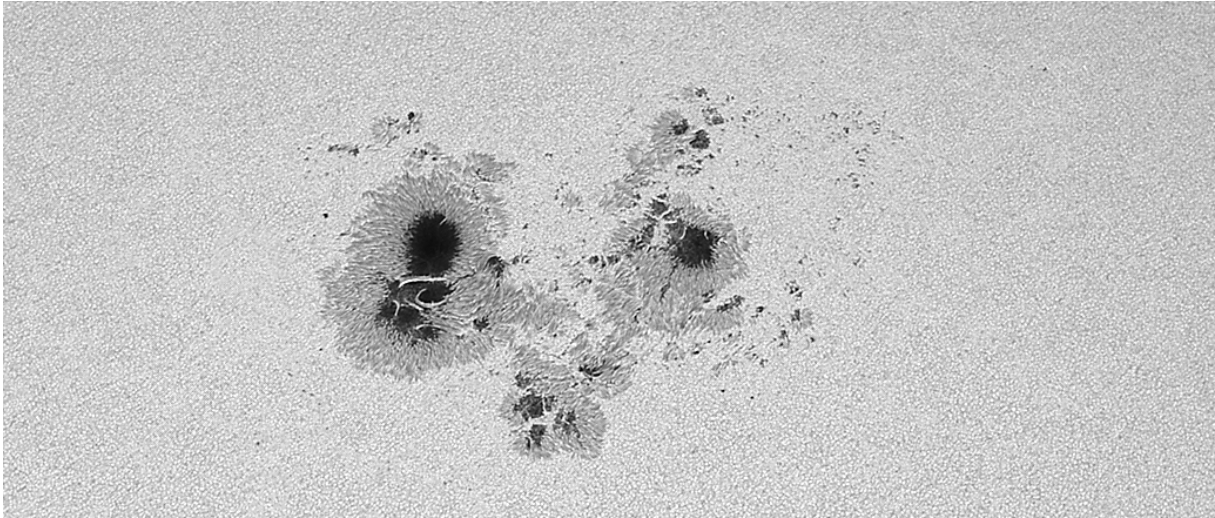
Das Bild oben zeigt 2 größere Sonnenfleckengruppen im Juni 2015 mit den sie umgebenen photosphärischen Fackelgebieten. Deutlich wird sichtbar, dass sie nur am Sonnenrand, nicht aber in Richtung zur Sonnenmitte sichtbar sind. Aufnahme mit 5" Refraktor, Baader Herschel Prisma und Solar Continuum Filter.

In den Spektralbereichen des Kalzium Lichtes – wird sehr schmalbandig gefiltert - sind die Fackelgebiete über die gesamte Sonnenscheibe beobachtbar.

Sonnenflecken sind dunkle Stellen auf der sichtbaren „Sonnenoberfläche“ (Photosphäre), die kühler sind und daher weniger sichtbares Licht abstrahlen als der Rest der Oberfläche. Ihre Zahl und Größe ist das einfachste Maß für die so genannte Sonnenaktivität (Stichwort Sonnenfleckenzahl). Ursache der Flecken sind starke Magnetfelder, die aus dem Sonneninnern die Photosphäre durchbrechen und dort gebietsweise den Wärmetransport aus der Konvektionszone (unterhalb der Photosphäre) an die Sonnenoberfläche blockieren.

¹ Stichwort Randverdunklung: Da die Sonne eine Gaskugel ohne feste Oberfläche ist, kann man in die Photosphäre knapp 300 Kilometer hinein sehen. Schaut man in die Mitte der Sonne blickt man tiefer in heißere Schichten als bei der Beobachtung am Rand der Sonne. Die Randverdunklung der Sonne ist wellenlängenabhängig und im blauen Spektralbereich am deutlichsten.

Komplexere Sonnenflecken bestehen aus der so genannten Umbra (Kernschatten, Temperatur ca. 4.000 Grad Celsius) und der Penumbra (Halbschatten, Temperatur um die 5.000 Grad Celsius). Sonnenflecken sind keine physikalischen Strukturen, sondern zeigen nur Temperaturdifferenz zur ungestörten Sonnenoberfläche.



Das Bild zeigt eine sehr große komplexe bipolare (magnetischer Nord- und Südpol) Sonnenflecken-Gruppe vom 24. Oktober 2014, die flächenmäßig die Größe des Planeten Jupiter erreichte. Im linken Hauptfleck liegen im unteren Bereich diverse Lichtbrücken. Aufnahme mit einem 6" Refraktor und einem Baader Herschel Prisma der ersten Generation.

Sonnenflecken treten meistens in Gruppen auf, entstehen aber oft aus kleinen Einzelflecken, die aus der Vereinigung mehrerer Konvektionszellen der Sonnengranulation entstehen. Sie werden nach der so genannten Waldmeierschen Skala klassifiziert. Komplexe große Sonnenfleckengruppen können flächenmäßig Jupitergröße erreichen (siehe Bild oben), sind also ein vielfaches größer als die Erde. Ihre Lebensdauer kann mehrere Wochen betragen, wogegen kleine Einzelflecken schon nach 24 Stunden „vergangen“ sind. Die wechselnde Anzahl der Sonnenflecken sind unter anderem ein Maß für die Sonnenaktivität, bzw. für den Stand des 11.1 jährigen Sonnenzyklus. Große Sonnenfleckengruppen sind bipolar, das heißt sie besitzen einen magnetischen Nord- und einen Südpol. Die Kernbereiche dieser bipolaren Flecken werden als P- und F-Fleck (P für **P**receding (vorangehend), F für **F**ollowing (folgend)) bezeichnet.

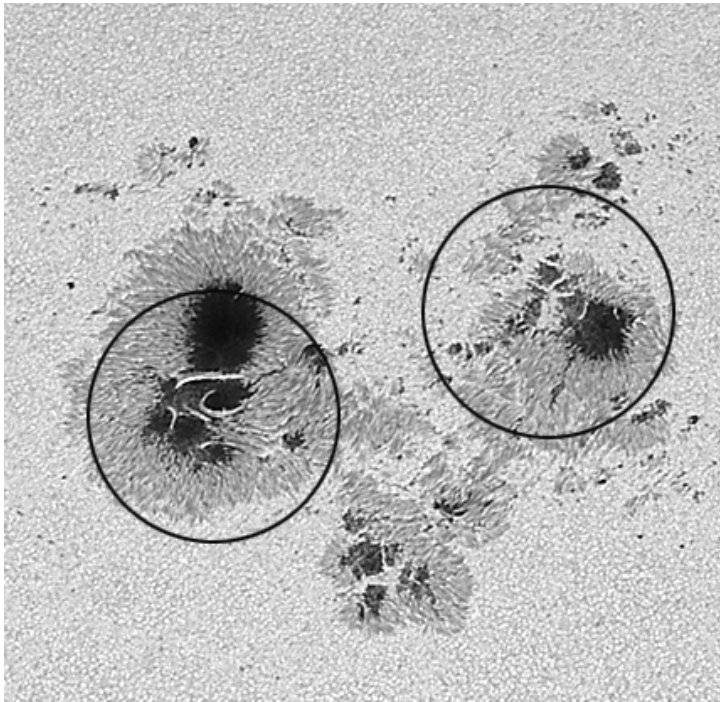
Die Regionen der Sonnenflecken zeigen die aktivsten Gebiete der Sonnenoberfläche an und sind immer mit Flares (Strahlungsausbrüchen) assoziiert, die im Licht der Kalziummehr aber noch in der Chromosphäre auf der H-alpha Linie zu beobachten sind.

Neben Umbra und Penumbra lassen sich in Sonnenflecken die folgenden Detailstrukturen beobachten. Die beiden letzten sind sehr kleinräumig und nur fotografisch mit langen Aufnahmebrennweiten erfolgreich beobachten. Es sind

- Lichtbrücken
- Penumbrafilamente und
- Umbral Dots (Umbragranulen) und Bright Points

Lichtbrücken sind helle dünne filament-ähnliche Strukturen, die einen Sonnenfleck in mehrere Teile auftrennen. Lichtbrücken lösen oft die Auflösung von Sonnenfleckengruppen ein. Ihre Lebensdauer beträgt mehrere Tage. Normalerweise schieben sie sich von außen durch die Penumbra in die Umbra hinein, es gibt aber auch Beispiele wo sie sich direkt aus der Umbra nach außen verlagern.

Morphologisch unterscheidet man zwei Gruppen von Lichtbrücken wobei das Hauptunterscheidungsmerkmal ihre Breite ist:



FLB – Faint light bridges

dünne Filamente, welche die Umbra nicht vollständig zerteilen. Ihre Helligkeit ist mit der Helligkeit der faserigen Penumbra-Strukturen zu vergleichen. Ihre Breite beträgt etwa 0.5".

SLB – Strong light bridges

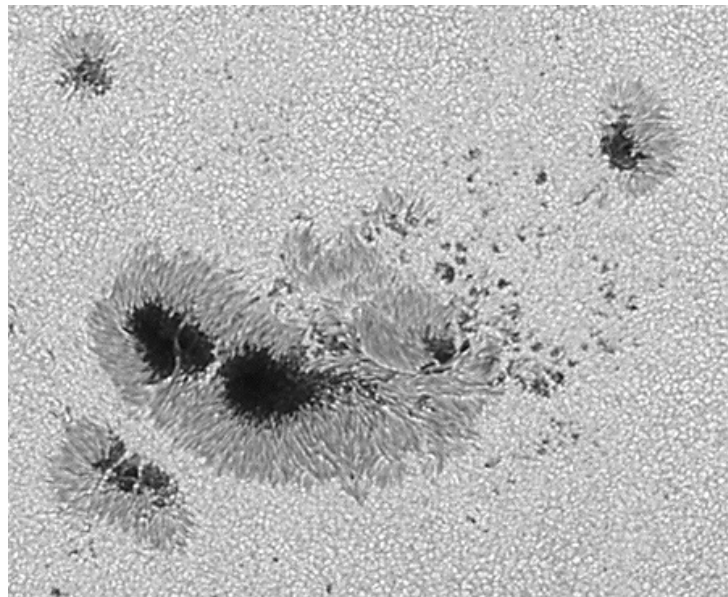
bedeutend breiter als FLB's (> 2"). Diese Strukturen zerteilen immer die Umbra, wodurch zwei oder mehrere dunkle Kerne entstehen. Ihre Feinstruktur wird im Wesentlichen durch Granulen bestimmt, die bei den größeren Brücken den photosphärischen Granulen ähneln und auch deren Helligkeit erreichen. Text aus ².

Die Abbildung oben zeigt diverse Lichtbrücken beider Gruppen in der großen Sonnenfleckengruppe NOAA 2192 vom 24. Oktober 2014. Aufnahme mit 6" Refraktor und Baader Herschel Prisma der ersten Generation.

Penumbrafilamente

Schaut man sich die Penumbra von Sonnenflecken in hoher Bildauflösung an, so sieht man, dass die Photosphäre streifig, in filamentähnlichen Strukturen, abgekühlt wird und somit dunkler erscheint.

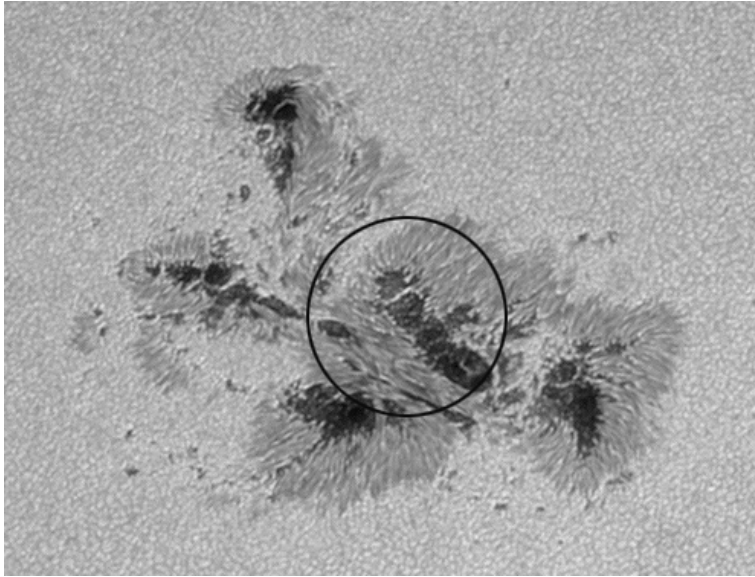
Hier sieht man direkt die Magnetfeldlinien, die aus den Umbren senkrecht aufsteigen und in der Penumbra schon schräg – unter ca. unter 30 Grad - verlaufen.



Das Bild rechts zeigt Penumbrafilamente in der großen Sonnenfleckengruppe NOAA 1520 am 12. Juli 2012. Aufgenommen mit einem 6" Refraktor, Baader Herschel Prisma und Solar Continuum Filter. Lichtbrücken sind ebenfalls sichtbar.

Betrachtet man diese Penumbrafilamente hoch aufgelöst (fotografisch) so erkennt man, dass sie abwechselnd dunkel und hell sind. In den hellen Filamenten bewegt sich die Materie mit einigen km/sek. Von der Umbra weg, während in den dunklen Filamenten die Materie in Richtung auf die Umbra zufließt. Die Breite der Filamente liegt bei ca. 0.5" (300 km) und die Lebensdauer bei im Schnitt um die 12 Minuten. Dieser Effekt wird auch als *Evershed Effekt* bezeichnet.

² http://www.astronomie.de/uploads/media/Kleines_Lehrbuch_der_Astronomie_und_Astrophysik_Band_13.pdf



Umbral Dots, Bright Points

Auch die Umbra eines Sonnenflecks ist nicht komplett dunkel und Schwarz.

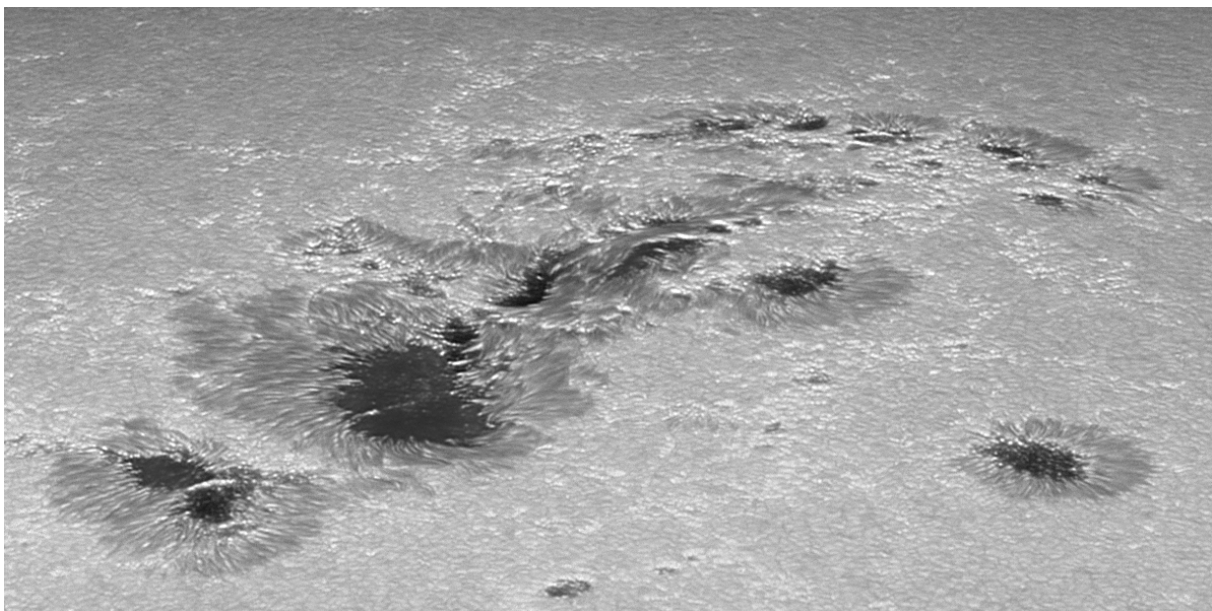
Belichtet man die Umbren von Sonnenflecken sehr kurz, werden auch Strukturen im Kernbereich sichtbar. Es erscheinen annähernd kreisrunde Strukturen. Hier beobachtet man die Feldlinien der Magnetfelder direkt, die in den Umbren der Sonnenflecken lotrecht zur Photosphäre stehen.

Umbral Dots haben Größen von ca. 0.5- bis 1 Bogensekunden und eine Lebensdauer von nur wenigen Minuten. Bright Points sehen ähnlich aus, erscheinen jedoch deutlich heller und existieren deutlich länger als Umbral Dots. Sie sind oft die Vorboten von der Entstehung von Lichtbrücken.

Alle drei Strukturen, Lichtbrücken, Penumbrafilamente und Umbral Dots/Bright Points sind eng verknüpft mit der Entstehung und der Entwicklung von Sonnenflecken/gruppen.

Das Wilson Phänomen

Der Wilson Effekt ist ein Sonderfall der Beobachtung von Sonnenflecken. Er wird nur sichtbar bei der Beobachtung von Sonnenflecken im Randbereich der Sonne.



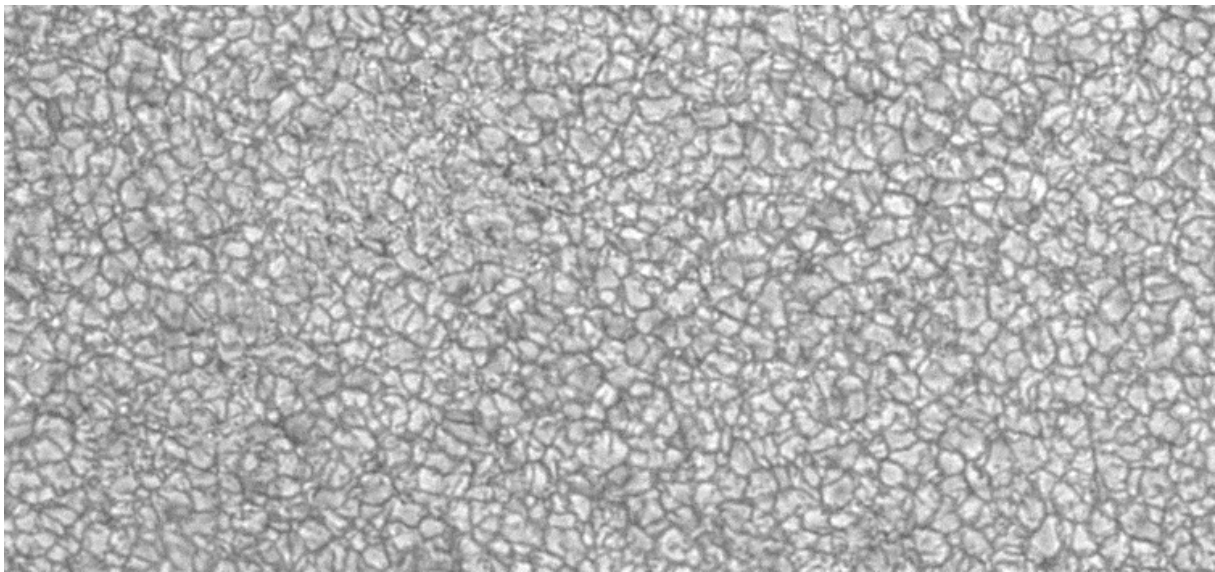
Das Bild oben zeigt die den Wilson Effekt an der Sonnenfleckengruppe NOAA 1520 in der Nähe des Sonnenrandes. Aufnahme mit einem Celestron C14, 2fach Astro Physics Barlowlinse und der Baader AstroSolar Folie (Dichte 3.8) am 07. Juni 2012. © by Cristian Viladrich

Der Wilson-Effekt wurde 1769 von dem schottischen Astronomen und Mathematiker Alexander Wilson entdeckt und betrifft das Erscheinungsbild von Sonnenflecken in der Nähe des Sonnenrandes.

Er beschreibt die Asymmetrie zwischen Umbra in der Penumbra, wenn sich ein Sonnenfleck in Randnähe der Sonne befindet. Es entsteht dann der visuelle Eindruck, als läge die Umbra tiefer als die umliegende Penumbra ähnlich einer Eindellung der Photosphäre. Nach modernem Kenntnisstand ist das tatsächlich der Fall, denn die Magnetfeldveränderungen gestatten es in perspektivischer Ansicht einige hundert Kilometer tiefer in die Photosphäre hinein zu schauen.

Die Granulation der Sonne

Als Granulation wird die körnige Struktur der ungestörten Sonnenoberfläche bezeichnet. Sie zeigt sich als viele kleine „Körner“ mit dunklen Abgrenzungsrändern unterteilt. Diese werden als Granulen bezeichnet. Die einzelnen Granulen haben Größen zwischen 700- bis zu 1.000 Kilometer (etwas größer als die Fläche von Deutschland) und existieren im Mittel für ca. 5 Minuten. Die Granulation entsteht durch Konvektion in der unter der Photosphäre liegende Konvektionszone der Sonne

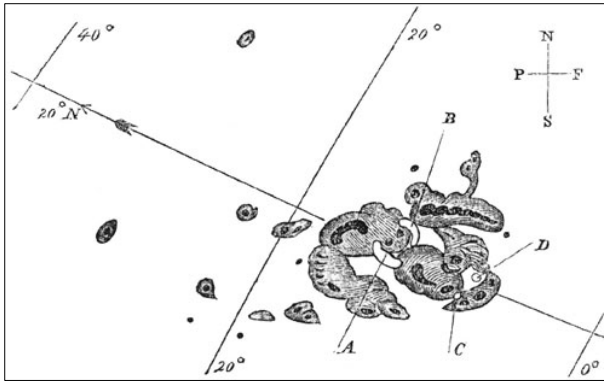


Das Bild oben zeigt die Sonnengranulation der ungestörten Photosphäre. Aufnahme mit einem Celestron C14, 2fach Astro Physics Barlowlinse und der Baader AstroSolar Folie (optische Dichte 3.8) am 24. Juni 2012. © by Cristian Viladrich

Dabei steigt heißes und damit hell leuchtendes Material aus dem Inneren der Sonne an die Oberfläche. Dort geben die Konvektionszellen die Wärme in den Raum ab, erkalten – sind dann dunkler - und sinken dann wieder in die Konvektionszone ab. Die Temperaturdifferenz zwischen heiß und kühl beträgt nur rund 250 Grad Celsius. Die Granulation ist ein rein thermisches Phänomen. Auf Zeitrafferbeobachtungen sieht die Granulation der Sonne aus, wie kochendes Wasser, welches stark in einem Topf sprudelt.

Weißlichtflares

Flares sind Strahlungsausbrüche in sehr aktiven Sonnenfleckengebieten und normalerweise nur in der oberen Chromosphäre (H-alpha Licht) und selten auch im Kalzium Licht zu beobachten sind. Extrem energiereiche Flares sind (extrem selten) auch im Kontinuum sichtbar. Dem Autor ist eine solche Beobachtung jedenfalls noch nie gelungen, obwohl bei der Beobachtung von Lichtbrücken schon extreme helle Bereiche sichtbar werden.



Es sind zwei Berichte bekannt. Der erste Report geht auf den Beobachtungsbericht von Richard Carrington, einem englischen Astronomen, zurück, der am 1. September 1859 ein solches Ereignis in einer Zeichnung festhielt.

Das Bild links zeigt die Originalzeichnung von Carrington, die Flarebereiche sind mit A bis D bezeichnet.

Quelle Wikipedia

Eine ausführliche Beschreibung zu Carringtons Beobachtung finden Sie unter dieser URL

<https://de.wikipedia.org/wiki/Carrington-Ereignis>

Das zweite Ereignis stammt aus dem Jahr 2015. Dort produzierte die Sonnenfleckengruppe AR 12339 einen Röntgenflare der Stufe X 2.7 (extrem energiereich). Dieses Flare am 5. Mai gegen 22 Uhr UTC wurde von einer der NASA Sonnenobservatorien im All im Kontinuum aufgezeichnet. Die Sternfreunde Heppenheim haben einen Film dieses Weißlichtflares im Zeitraffer bei facebook eingestellt. Sie finden den Film unter folgender URL:

<https://www.facebook.com/sternfreunde/videos/vb.520504767969570/953750264645016/?type=2&theater>

