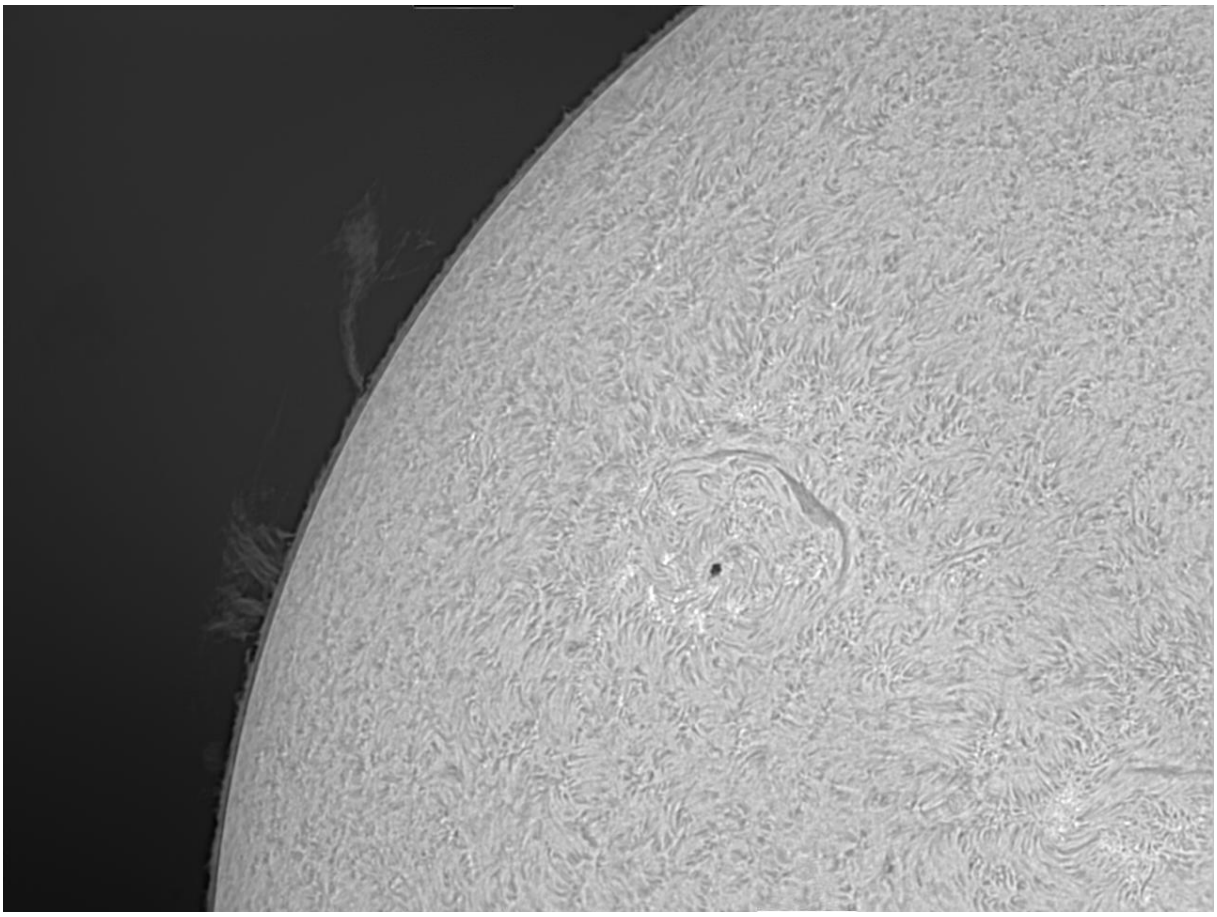
Untersuchung der Chromosphäre der Sonne

Adrien Halbach und Luca Chiriminisi



Carl – Fuhlrott – Gymnasium, Wuppertal

Projektkurs Astronomie Q1, Jahrgang 2015/16

Kursleiter: Bernd Koch

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS **2**

1. INHALT: **3**

EINLEITUNG: **3**

1.1 THEMENWAHL: 3

2. THEORETISCHE GRUNDLAGE ZUM THEMA **4**

2.1 BEOBACHTUNGSDATEN 5
2.2 PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN 6
2.3 AUFBAU DER SONNE 7
2.3.1 Der Kern *8*
2.3.2 Strahlungszone *9*
2.3.3 Konvektionszone *9*
2.3.4 Photosphäre *10*
2.3.5 Chromosphäre *11*
2.3.6 Korona *12*

3. ERSCHEINUNGEN AUF DER SONNEN OBERFLÄCHE **13**

3.1 PROTUBERANZEN UND RUHENDE PROTUBERANZEN 13
3.2 ERUPTIVE PROTUBERANZEN 14
3.3 ENTSTEHUNG DER PROTUBERANZ 15
3.4 SONNENFLECKEN 17
3.4.1 Entstehung *18*
3.4.2 Eigenschaften *19*
3.4.3 Sonnenflecken-Gruppen *19*

4. BEOBACHTUNG DER SONNEN CHROMOSPHÄRE **20**

4.1 TELESKOPE DES SCHÜLERLABORS ASTRONOMIE 20
4.2 VIDEOKAMERA 21
4.3 HA – SONNENFILTER 22
4.4 DER EXPERIMENTELLE AUFBAU UND DIE DURCHFÜHRUNG DER MESSUNG 23
4.5 AUSWERTUNG DER VIDEOAUFNAHMEN 25
4.5.1 Maßstab der Sonne *28*
Maßstab Berechnung *29*
4.6 ERGEBNISSE SCHLUSSFOLGERUNG (FEHLERBETRACHTUNG) 30

5. AUSBLICK **32**

6. ANHANG **33**

6.1 PERSÖNLICHE BAUTEN 33
6.2 DANKSAGUNGEN 36
6.3 ABSCHLUSSERKLÄRUNG 37
6.4 QUELLEN - UND BILDVERZEICHNIS 38
6.4.1 Quellenverzeichnis *38*
6.4.2 Bildverzeichnis *38*
6.5 PERSÖNLICHE ADRESSE 40

1. Inhalt:

Einleitung:

Nun möchte ich Sie ein wenig in unser Thema einführen. Unser Stern die Sonne ist ein gigantischer, einzigartiger, interessanter Stern, da er den zentralen Körper in unserem Sonnensystem repräsentiert, und ohne diesen ein Überleben für uns nicht möglich wäre. Deshalb halten wir das Thema für ausgesprochen interessant und spannend, auch für Personen, welche sich nicht für Astronomie interessieren. Wir haben uns auf die Sonnenoberfläche und die Erscheinungen in der Sonnenatmosphäre fokussiert. Zum Verständnis der Themen werden Bilder und informative, ausführliche Texte verwendet.

Unser Projekt dient zum Verständnis der Sonnenoberfläche und der Ereignisse, welche sich in der Sonnenatmosphäre abspielen. Dafür widmeten wir uns mehrere Monate dem Thema, um es verständlich und in vereinfachter Form zu vermitteln.

Diese Arbeit beinhaltet Fotografie der Sonnenoberfläche, Sonnenflecken und Aufnahmen der Protuberanzen. Zur Erklärung des Themas werden die Ergebnisse beschrieben und analysiert. Die Aufnahmen der Sonne wurden von uns selber an der Sternwarte des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums aufgenommen.

1.1 Themenwahl:

Wir haben das Thema „Erscheinungen in der Sonnen Atmosphäre“ gewählt, da die Sonne ein faszinierender Stern ist, der uns das Leben ermöglicht. Außerdem weist die Sonne viele besondere Aktivitäten auf, die unser Handeln auf der Erde beeinflusst. Das Carl – Fuhlrott – Gymnasium gab uns die Möglichkeit, eine Beobachtung der Sonne durchzuführen und ermöglichte uns, dass wir eine unglaubliche und seltene Beobachtung erleben konnten.

Durch unser Vorwissen, welches wir bereits in der 7. Klasse durch unseren Klassenlehrer Herrn Winkhaus erhielten, wussten wir mit der Sternenwarte um zu gehen. Damals erweckte Herr Winkhaus unser Interesse in den nächtlichen Sternenhimmel und zeigte uns die Vielseitigkeit des Himmels. Durch die Wahl des Astronomiekurses haben wir uns mehr Wissen über unser Sonnensystem erhofft.

2. Theoretische Grundlage zum Thema

In diesem Abschnitt wollen wir uns mit ein paar grundlegenden Informationen zu der Sonne beschäftigen, da unsere gesamte Arbeit von der Sonne handelt und wir somit die Basis für das Verständnis legen wollen. Wir denken, dass viele Menschen die Sonne gar nicht so wahrnehmen, wie sie wahrgenommen werden sollte, da sie den Mittelpunkt unserer Existenz bildet. Unser Leben und unser Sonnensystem wären ohne sie nicht möglich. Da die Sonne der erdnächste Stern ist, ist er auch am gründlichsten von der Menschheit erforscht, folglich bestehen mehr Informationen über die Sonne als über alle anderen Sterne.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Sonne unvorstellbar wichtig für unser Sonnensystem ist, da die Sonne den Mittelpunkt bildet. Unser Sonnensystem befindet sich im äußeren Drittel der Milchstraße, welche die Heimatgalaxie unseres Sonnensystems darstellt. Auch wenn unser Stern für uns riesig erscheint, ist er im Vergleich zu den anderen Sternen nicht besonders groß. Die Sonne lässt sich als Hauptreihenstern bezeichnen und ist somit ein gelber Zwergstern, dennoch lässt er sich nicht definitiv einordnen. Die Sonne besitzt 99,86 % der gesamten Masse des Sonnensystems und bildet dadurch, mit Hilfe der Gravitation, den Mittelpunkt unseres Sonnensystems. Um sich die Ausmaße der Sonne besser vorstellen zu können, vergleichen wir sie mal mit der Erde.

Der Durchmesser unseres Sternes beträgt 1,4 Millionen Kilometer und ist somit das 109-Fache der Erde, ebenfalls erstaunlich sind die Unterschiede der Massen. Die Erde hat eine Masse von $5{,}9722*10^{24}$ Kilogramm was ausgeschrieben eine Masse von 5,97 Trilliarden Tonnen ist. Im Vergleich dazu hat die Sonne eine Masse von $(1{,}98892-+0{,}00025)*10^{30}$ was ausgeschrieben eine Masse von 1,99 Quadrilliarden Tonnen ergibt. Somit hat die Sonne eine Masse von 332.946 Erdmassen. Jedoch gibt es andere Sterne, welche eine Masse von 250 Sonnenmassen besitzen. Wie wir alle wissen, ist die Sonne ein wichtiger Punkt damit das Leben auf der Erde entstehen konnte, durch ihre enorme Temperatur von 6000° Celsius herrscht auf der Erde die ideale Temperatur, damit Leben entstehen kann.

2.1 Beobachtungsdaten

Nun wollen wir uns auf die Beobachtungsdaten beziehen. Die Erde liegt in der habitablen Zone der Erde, somit herrscht auf der Erde die ideale Temperatur um leben zu ermöglichen. Der Abstand Erde - Sonne beträgt 149,6 Millionen Kilometer. Bei dieser Entfernung handelt es sich genau um 1 astronomische Einheit, wird auch mit AE abgekürzt. Der kleinste Abstand zu Erde beträgt 147,1 Millionen Kilometer und der größte Abstand beträgt 152,1 Millionen Kilometer. Der scheinbare Durchmesser am Himmel beträgt zwischen 31,5 und 32,5 Bogenminuten. Die Angabe Bogenminute ist eine Unterteilung der Maßeinheit Grad. Die scheinbare Helligkeit unserer Sonne beträgt -26,74 mag und ist somit für unser Auge klar sichtbar, sogar sehr schädigend. Den Fixsternen am Himmel wird ein bestimmter mag Wert zugeteilt. Je höher dieser Wert ist desto schlechter ist er zu erkennen. Ab einem Wert von 6 mag oder höher ist der Stern für das menschliche Auge nicht mehr zu erkennen. Von 6 bis 14 mag bräuchte man ein 280 mm Teleskop um den Stern für den Menschen sichtbar zu machen. Von 14 bis 21 mag bräuchte der Mensch schon ein 5m Teleskop, um den Stern für sich sichtbar zu machen.

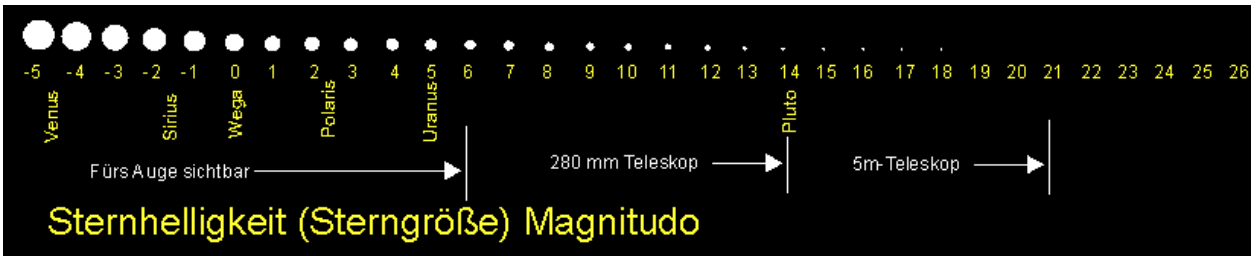


Abb. 1: Helligkeit der Fixsterne

Die Abkürzung mag steht für Magnituden. Je niedrig der mag Wert ist desto heller erscheint der Stern, in Folge dessen je größer dieser Wert ist, desto schwächer ist der Stern sichtbar.

2.2 Physikalische Eigenschaften

Nun wollen wir uns mit den physikalischen Eigenschaften beschäftigen. Der Äquatordurchmesser beträgt bei der Sonne 1.392.684 Kilometer und entspricht damit 2 Sonnenradien. Die Masse der Sonne beläuft sich auf 1,99 Quadrilliarden Tonnen. Die mittlere Dichte der Masse beträgt 1,408 Gramm pro cm^3. Die Dichte wird auch Massendichte genannt und beschreibt das Verhältnis zweier Größen zueinander, in diesem Fall zwischen der Masse und dem Volumen des Körpers.

Die Sonne hat sechs Hauptbestandteile, aus denen sie besteht. Der mit Abstand am meisten vorkommende Stoff ist Wasserstoff. Die Sonne besteht nämlich aus 92,1 % aus Wasserstoff.

Der zweite Hauptbestandteil der Sonne ist Helium, die Sonne hat einen 7,8 prozentigen Anteil an Helium. Die vier anderen Hauptbestandteile der Sonne sind deutlich weniger als Helium oder Wasserstoff vorhanden. Bei den anderen Elementen handelt es sich um Sauerstoff, Kohlenstoff, Neon und Stickstoff. Sauerstoff ist zu 500 ppm vorhanden, Kohlenstoff zu 230 ppm, Neon zu 100 ppm und Stickstoff zu 70 ppm. Ppm ist die Abkürzung für „parts per million“ und bedeutet auf Deutsch „Teile pro Million“, heißt so viel, wie ein millionstel. Die Fluchtgeschwindigkeit der Sonne beträgt 617,3 Kilometer pro Sekunde. Ausformuliert ist die Fluchtgeschwindigkeit nichts anderes als die kinetische Energie, die ein Körper braucht, um sich gerade so der Gravitation der Sonne zu entziehen. Auf der Sonne herrscht eine Fallgeschwindigkeit von 274 Metern pro Sekunde. Das bedeutet, wenn man einen Gegenstand auf der Sonne fallen lassen würde, würde dieser Gegenstand in einer Sekunde eine Strecke von 274 Metern zurücklegen. Die Neigung der Rotationsachse beträgt bei der Sonne eine Neigung von 7,25°. Ein ebenfalls beachtenswerter Punkt bei der Sonne ist die Leuchtkraft, sie beträgt $3{,}846*10^{26}$ Watt. Als Leuchtkraft versteht man die abgestrahlte Energie pro Zeit. Die absolute Helligkeit beträgt bei der Sonne 4,83 Magnituden. Im Vergleich zur scheinbaren Helligkeit ist es wichtig zu unterscheiden, dass es bei der absoluten Helligkeit um die tatsächliche Helligkeit handelt. Damit kann man die Sterne direkt miteinander vergleichen, weil durch die scheinbare Helligkeit nur die Helligkeit vor Ort verglichen wird.

Die Oberflächen Temperatur beträgt 5778 Kelvin. Die Oberflächentemperatur sagt jedoch nichts über die Temperatur im inneren des Sterns aus, weil im Inneren des Sterns durch die sich abspielende Kernfusion eine Menge Wärme freigesetzt wird. Die Spektralklasse der Sonne wird als „G2V“ bezeichnet und hat somit ein gelbes, weißgelbes Lichtspektrum. In unserem Sonnensystem kreisen 8 Planeten um die Sonne.

2.3 Aufbau der Sonne

Sie Sonne besteht aus verschiedenen Schichten und Sphären und ähnelt teilweise unserer Erde. Im Inneren der Sonne befindet sich der Kern, den man als Kraftwerk sehen kann. Darauf folgt das Sonnenzentrum, welches aus der Strahlungszone und der der Konvektionszone besteht. Die Strahlungszone umgibt den Kern. Über der Strahlungszone liegt die Konvektionszone. In der Konvektionszone erfolgt der Energietransport durch Konvektion. Darauf folgt die Atmosphäre, die aus der Photosphäre, der Chromosphäre und der Korona besteht. Die Photosphäre ist der kühlste Bereich der Sonne und der Dünnste.

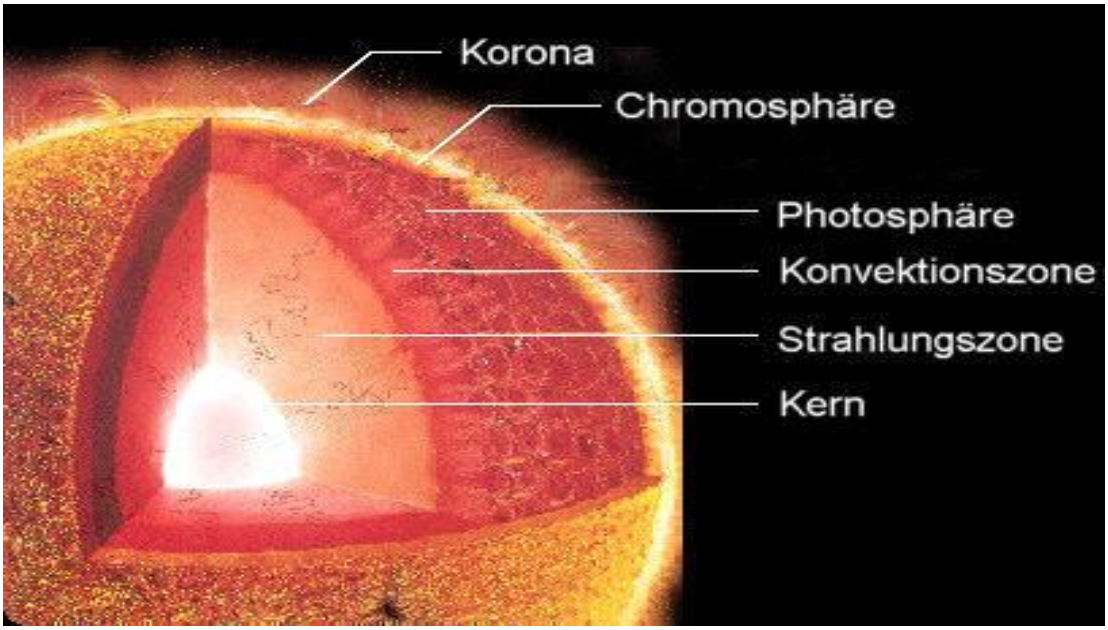


Abb. 2: Aufbau der Sonne

2.3.1 Der Kern

Nun gehen wir genauer auf das Sonneninnere ein. Zunächst beschäftigen wir uns mit dem Kern der Sonne, welcher auch als „Brennofen“ der Sonne angesehen wird. Der Kern der Sonne ist bis heute mit keiner Technologie beobachtbar. Dennoch weiß man, dass der Druck und die Temperatur in der Sonne so hoch sind, dass dort die Materie Form von Plasma hat. Im tiefsten Inneren der Sonne, also im Kern wird Wasserstoff zu Helium verbrannt, auch Wasserstoffbrennen genannt. Dies ist bereits als Kernfusion bekannt. Seit über 4 Milliarden Jahren verbrennt die Sonne pro Sekunde sechs Tonnen Wasserstoff in Helium um. Die Kernfusion beginnt mit zwei aufeinander treffenden Wasserstoffatomen, wodurch ein Neutrino und ein Positron entstehen. Die Neutrinos gelangen ohne Widerstand durch die Sonnenschichten und brauchen 8 min. bis zur Erde. Durch das Aufeinandertreffen der Wasserstoffatome schmelzen die Kerne zu einem ^{2}H bestehend aus einem Proton und einem Neutron. Trifft nun ein weiteres Wasserstoffatom auf ein ^{2}H, so entsteht Gammastrahlung und diese verschmelzen zu einem Helium ^{3}He mit zwei Protonen und einem Neutron. Treffen schließlich zwei Helium ^{3}He mit zwei Wasserstoffatomen zusammen, so erhält man Helium ^{4}He. Die Temperatur im Sonnen Inneren beträgt ca. 10 -15 Millionen Kelvin. Das beim Fusionsprozess entstehende Helium, ist leichter als das Ausgangsprodukt Wasserstoff. Die Massendifferenz wird gemäß der Masse-Energie-Äquivalenzformel $E=\Delta mc^2$ von Einstein in Energie umgewandelt und nach außen abgegeben.

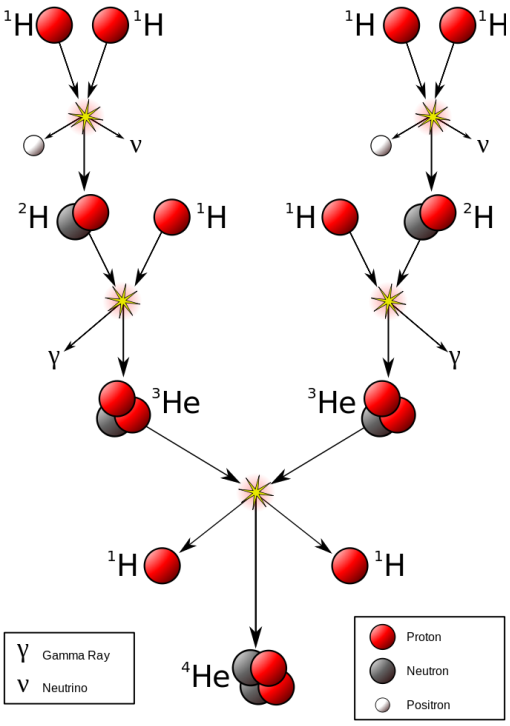


Abb. 3: Kernfusion

Wissenschaftler schätzen, dass die Sonne bis heute knapp 50% ihres Vorkommens an Wasserstoff bereits verbrannt hat.

Bei der Kernfusion wird Energie freigesetzt und anhand von Strahlung (Licht- und Wärmestrahlung, Radiostrahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung) an die Strahlungszone abgegeben. Bei dem Vorgang werden pro Sekunde 370 Quadrillionen Watt erzeugt. Es ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass somit die Hälfte der Leistung der Sonne in einem Tausendstel des Volumens entsteht.

2.3.2 Strahlungszone

In der Strahlungszone herrschen Temperaturen zwischen 2-15 Kelvin. Ebenso ist die Dichte im Verhältnis zum Zentrum weitaus geringer und ermöglicht dadurch keine Kernfusion mehr. Diese Zone nimmt die entstandene Energie vom Kern auf und leitet diese weiter. Bis jedoch ein Photon (Lichtteilchen) die Zone verlässt können bis zu 10 Millionen Jahre vergehen. Dies liegt daran, dass das Lichtteilchen beim Durchqueren der Zone von Plasmateilchen abgelenkt wird oder sogar komplett absorbiert wird. Wenn die Photonen die Strahlungszone passiert haben, treffen sie auf die Konvektionszone.

Die Strahlungszone ist für die Stabilität der Sonne nicht so wichtig wie der Kern, dennoch nimmt die Zone ca. 70% des Sonnenradius ein. Durch Absorptions- und Emissionsvorgänge wird die Sonnenenergie in Form von Gammastrahlung nach außen getragen.

2.3.3 Konvektionszone

Die Konvektionszone liegt etwa 200.000 Kilometer unterhalb der Sonnenoberfläche und ist circa 140.000 Kilometer breit. Trotzdem macht sie gerade einmal 2% der Sonnenmasse aus. Der Name der Schicht kommt durch den Konvektionsvorgang. Bei diesem Vorgang wird das Plasma, welches sich nahe am Zentrum der Sonne befindet, nach oben in Richtung der Sonnenoberfläche transportiert. Das kalte Plasma, welches sich weiter oben befindet, bewegt sich in Richtung des Zentrums der Sonne. Dort wird es wieder erhitzt und bewegt sich danach wieder nach Oben.

Dieser Vorgang wird immer wieder wiederholt. Dieser Vorgang lässt sich sehr gut beobachten.

Bei geeignetem Filter auf dem Teleskop lässt sich die Plasmaströmung beobachten. Heißes Plasma ist dabei heller zu beobachten, als kühleres Plasma. Dieses Phänomen lässt sich durch das Teleskop als eine Granulation beobachten, welches sich als eine körnige Struktur erkennen lässt. Die Konvektionen erreichen Geschwindigkeiten von bis zu über 1 Kilometer pro Sekunde.

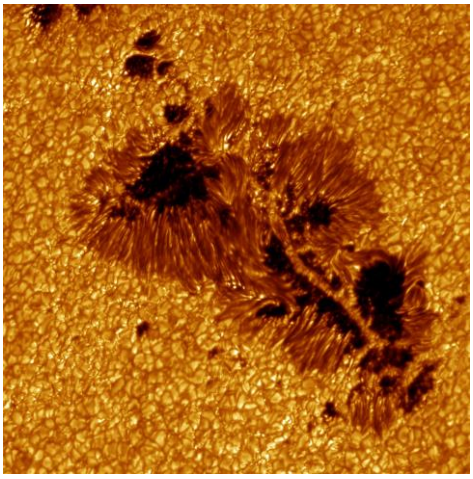


Abb. 4: Plasmagranulation

2.3.4 Photosphäre

Die Photosphäre ist die innerste Schicht der Sonne, die noch direkt beobachtbar ist. Aus dieser Schicht stammt der meiste Teil des Lichts (grch. phos). Die Schichtdicke beträgt etwa 300 - 350 Kilometer. Die Sonnenstrahlungen die im sichtbaren Spektralbereich liegen, die in den Weltraum abgestrahlt werden, stammen größtenteils von ihr. Innerhalb der Schichtdicke fällt die Intensität der sichtbaren Strahlungen nahezu auf null ab, sodass die Sonnenscheibe scharf begrenzt wirkt. Die Temperatur der Schicht liegt im inneren bei 7000 Kelvin und nimmt nach außen hin ab bis zur Grenze der Chromosphäre, wobei die Temperatur ein Minimum von 4800 Kelvin erreicht. Die Abnahme der Temperatur führt zur Variationen der Flächenhelligkeit vom Sonnenscheibenzentrum zum Rand, dies wird auch Mitte - Rand - Variation genannt. Deshalb erscheint uns der Rand der Sonne beim genaueren Betrachten dunkler, da die Photosphäre kühler als der Rest der Sonne ist. Ebenso nimmt die Gasdichte von etwa 10^{-7} g/cm³ innerhalb der Photosphäre um eine Zehnerpotenz ab.

Von der Erde aus gesehen ist das Photosphärenspektrum identisch mit dem Sonnenspektrum, somit handelt es sich um das kontinuierliche Spektrum eines schwarzen Körpers mit einer Strahlungstemperatur von 5780 Kelvin. Diesem Spektrum sind Absorptionslinien überlagert, die erst beim Durchgang der Sonnenstrahlen durch die Erdatmosphäre entstehen. Die Fraunhofer'schen Linien sind die stärksten Absorptionslinien. Aus den Absorptionslinien kann man Rückschlüsse zur chemischen Zusammensetzung und Temperatur der Gasatmosphäre der Sonne schließen. 73% dieser Linien wurden bis heute identifiziert und belegen, dass mindestens 67 verschiedene Elemente in der Sonne vorhanden sind.

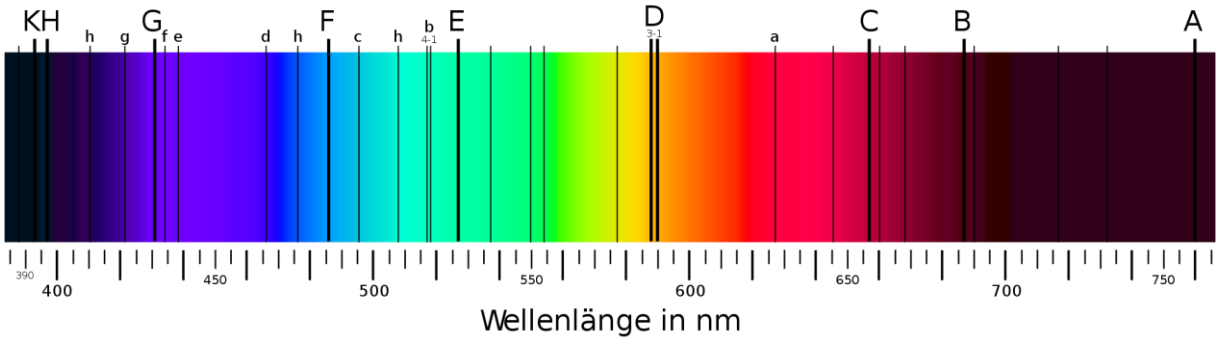


Abb. 5: Fraunhoferlinie

Im sichtbaren Spektralbereich weißt die Sonne eine körnig Struktur auf, auch Granulation genannt. Jedoch sind die Störerscheinungen, wie Sonnenflecken sowie die photosphärischen Fackeln weitaus auffälliger in der Sonnenphotosphäre zu beobachten.

2.3.5 Chromosphäre

In diesem Kapitel beleuchten wir konkreter die Chromosphäre. Die Chromosphäre ist die Gasschicht, welche an der Photosphäre anschließt und geht im oberen Bereich in die Sonnenkorona über. Sie hat eine Höhe von ungefähr 2000 Kilometern und besteht hauptsächlich aus Helium und Wasserstoff. Erstaunlich ist die hohe Abnahme der Dichte in diesem Bereich der Sonne. Sie nimmt bei einer Höhe von 10^{-11} auf 10^{-15} g/cm³ ab. Durch die geringe Dichte der Schicht trägt sie zur Gesamtstrahlung der Sonne kaum bei. Ebenfalls sehr bemerkenswert ist das Verhalten der Temperatur. In der Photosphäre beträgt die Temperatur 5.900 Kelvin und sinkt dann auf bis auf unter 4.000 Kelvin ab. Jedoch am äußeren Ende der Chromosphäre steigt die Temperatur dann wieder auf bis zu 10.000 Kelvin an. In der Übergangsschicht von der Chromosphäre zur Sonnenkorona entstehen dann durch noch unerklärte Vorgänge Temperaturen bis zu 2 Millionen Kelvin.

Leider ist die Chromosphäre mit dem menschlichen Auge nur bei einer Sonnenfinsternis zu sehen, da sie sonst von der Photosphäre überstrahlt wird. Bei einer Sonnenfinsternis ist sie als sehr schmaler, gezackter, dunkelroter Ring zu entdecken. Diese Formen sind den Spikulen zu verdanken. Spikule sind Flusskanäle aus Plasma, welche entlang der Magnetfelder laufen. Diese röhrenartigen Kanäle werden durch Konvektions-Wirbel unterhalb der Photosphäre hervorgerufen und transportieren die Strahlungshitze nach außen. Spikulen haben einen Durchmesser von bis zu 1.000 Kilometer und können innerhalb kürzester Zeit bis zu 10.000 Kilometer hoch werden. Diese fallen dann aber nach einer gewissen Zeit wieder in sich zusammen. Jedoch kann man die Chromosphäre heutzutage durch optische Mittel wie den H-alpha-Filter auch ohne eine Sonnenfinsternis am Himmel beobachten.

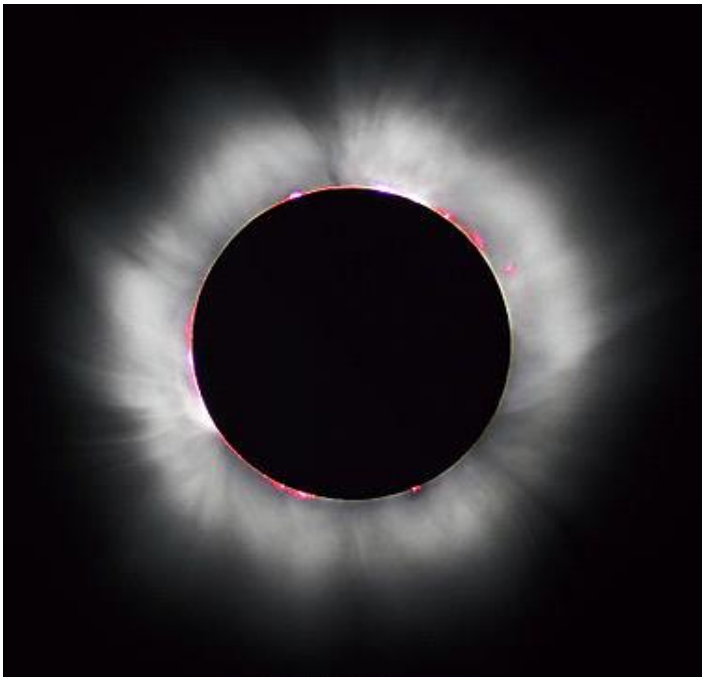


Abb. 6: Die Chromosphäre während einer Sonnenfinsternis

2.3.6 Korona

Die Korona ist für uns selten zu beobachten. Sie wird erst sichtba,r wenn eine totale Sonnenfinsternis herrscht. Das Heißt, erst wenn der Mond die gesamte Sonnenscheibe überdeckt, wird die Korona sichtbar. Das liegt daran, dass der restliche Teil der Sonne deutlich heller ist als die Korona.

Abb. 7: Durch eine totale Sonnenfinsternis wird die Korona sichtbar

Wie man auf der Abbildung erkennen kann, erstrecken sich die Strahlen über mehrere Millionen Kilometer in das interplanetare Medium hinein. Die Strahlen der Korona können bis zu 2 Millionen Grad heiß sein. Die Form der Korona hängt sehr stark von der Sonnenaktivität ab. Bei geringer Sonnenaktivität ist die Korona sehr stark am Äquator ausgeprägt. Bei starker Sonnenaktivität ist die Korona überall gleich ausgeprägt.

Auf der Sonnenkorona können ebenfalls Erscheinungen auftreten, genauso wie auf der Chromosphäre. Es können koronale Löcher entstehen, welche sich immer bei Sonnenflecken befinden. Die koronalen Löcher erscheinen dunkler. An diesen Stellen können Sonnenwinde entstehen, welche mit Geschwindigkeiten von 300 bis 600 Kilometer pro Sekunde ins All geschleudert werden. Flairs können ebenfalls entstehen.

3. Erscheinungen auf der Sonnen Oberfläche

3.1 Protuberanzen und ruhende Protuberanzen

Die Protuberanzen sind eines unserer Hauptthemen, mit denen wir uns über das gesamte Jahr beschäftigt haben. Zunächst schienen sie nicht sonderlich interessant, jedoch bei näherer Betrachtung durch Informationen und sogar einiger Bilder, die wir durch die Ausstattung der Sternwarte und mit Hilfe von Herr Koch selbst aufgenommen haben, wurden die Protuberanzen der Sonne für uns zunehmend interessanter. Nach Abschluss dieses Themas wollen wir noch ein selbst aufgenommenes Foto einer Protuberanz präsentieren. Kurz zusammengefasst sind Protuberanzen Ströme aus Materie, welche aus der Sonne geschossen werden und dann oberhalb der Sonnenoberfläche abkühlen. Sie sind besonders aktive Regionen in der Chromosphäre, welche mit Hilfe eines Ha-Filters sichtbar gemacht werden. Protuberanzen „Flares“ entstehen in sehr aktiven Regionen der Sonne.

Zunächst wollen wir uns mit den zwei verschiedenen Arten der Protuberanzen auseinandersetzen. Bei den beiden Arten spricht man von ruhenden Protuberanzen und eruptiven Protuberanzen. Zunächst beschäftigen wir uns mit den ruhenden Protuberanzen.

Wie sich schon aus dem Namen entnehmen lässt, ruht diese Art von Protuberanz. Sie ändern meistens über Monate ihre Form und Lage nicht. Sie treten häufig in der Nähe von Sonnenflecken auf. Sonnenflecken sind auch eines unserer Hauptthemen, diese werden jedoch in einem anderen Kapitel erläutert. Die ruhende Lage und Form lässt sich auf die starken Magnetfelder zurückführen. Bei dieser Art von Protuberanz fließt Materie an den magnetischen Feldlinien entlang, und durch das Abkühlen oberhalb der Sonnenoberfläche wirkt dieser Teil dunkler als der Rest der Sonne. Diese gigantischen Protuberanzen werden bis zu 7.000 Kilometer dick, 50.000 Kilometer hoch und 200.000 Kilometer lang. Außerdem können Protuberanzen über ein Jahr ihre Position halten, somit überstehen sie mehrere Sonnenrotationen. Jedoch können sie durch Störungen der Magnetfelder in sich zusammenfallen, dadurch regnet die Materie zurück auf die Sonnenoberfläche. Das Zusammenfallen der Materie wird auch koronaler Regen bezeichnet. Die dabei entstehenden Leuchterscheinungen werden auch „Hyder Flares“ genannt.

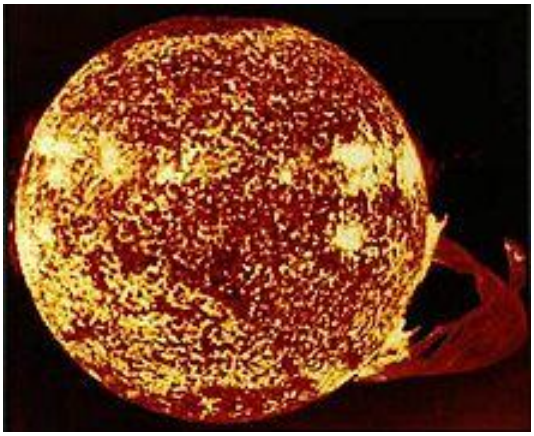


Abb. 8: ruhende Protuberanz

3.2 Eruptive Protuberanzen

Neben den ruhenden Protuberanzen gibt es auch eruptive Protuberanzen. Diese sind meistens mit Sonnenfleckengruppen verbunden. Sie sind ständig in Bewegung und erhalten ihre Form durch das Abkühlen der herausgeschleuderten Materie. Die Materie wird mit einer Geschwindigkeit von 1.000 Kilometer pro Sekunde aus der Sonne geschleudert, in diesem Fall nennt man die Protuberanz „Sprays“, bei Geschwindigkeiten von 50 bis 200 Kilometer pro Sekunde nennt man diese Protuberanzen „Surges“. „Surges“ sind oft in der Gruppe von Sonnenflecken zu entdecken. Ein großer Unterschied zwischen den beiden Arten der Protuberanzen besteht in der Beständigkeit. Während die ruhenden Protuberanzen bis zu einem Jahr bestehen bleiben, bleiben die eruptiven nur einige Minuten und Stunden erhalten.

Es gibt auch Protuberanzen, welche als „Loops“ bezeichnet werden. Diese entstehen durch die Magnetfelder, welche die Materie in ringförmige Form bringt.

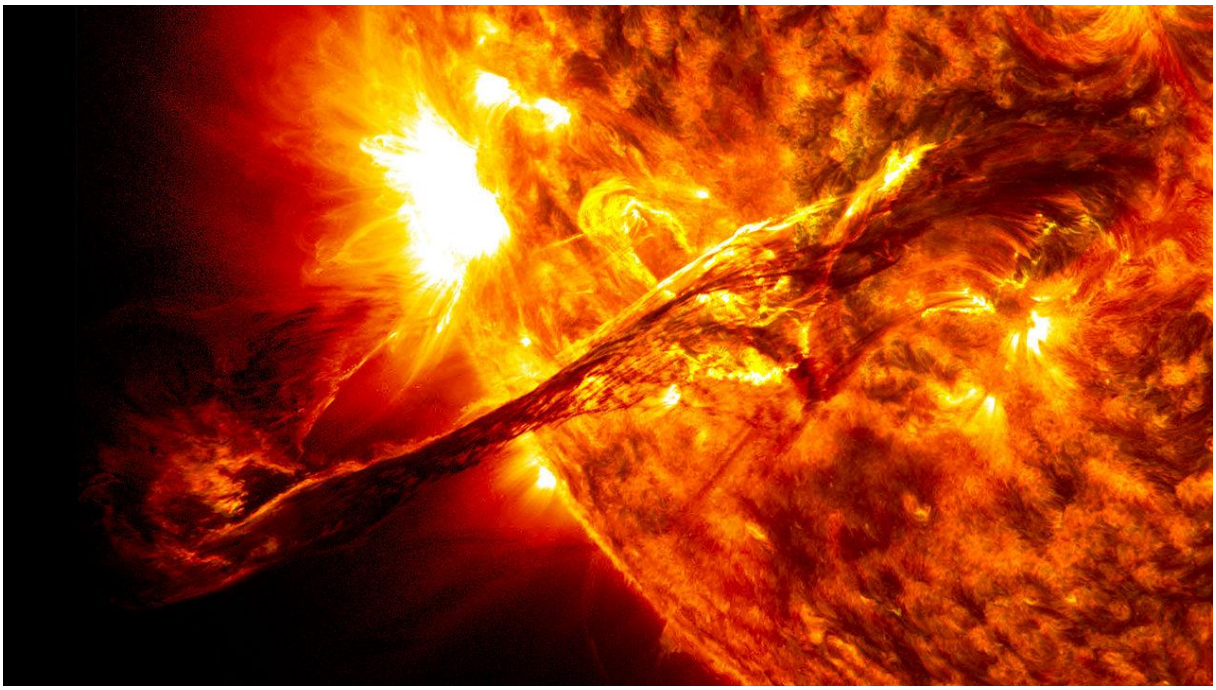


Abb. 9: eruptive Protuberanz

3.3 Entstehung der Protuberanz

Protuberanzen entstehen durch eine abrupte Änderung des Magnetfeldes der Sonne. Bei dieser Änderung gelingt es magnetischen Feldlinien sich aus dem komplexen Magnetfeld der Sonne herauszuziehen und nimmt dabei solares Plasma mit sich. Dieses Plasma wird durch die deutlich höhere Dichte als alles andere im Umfeld von den Magnetfeldern getragen und regelmäßig ausgetauscht. Das Plasma der Protuberanzen erreicht Temperaturen von 10^4 Kelvin bis zu 2*10^4 Kelvin.

Die Entstehung der Protuberanzen und die Sonnenaktivität stehen in einer engen Beziehung zueinander. Meistens lässt sich ein Zyklus dahinter entdecken. Ähnlich ist es bei den Sonnenflecken. Bei hoher Sonnenaktivität ist auch eine vermehrte Entstehung von Protuberanzen zu entdecken. Dieser Zyklus hält meistens über mehrere Jahre. Während zunehmender Entstehung starker Protuberanzen, lässt sich das meistens von der Erde in Form von Polarlichtern an Polargebieten beobachten.

Abb. 10: Polarlichter

Die Beobachtung von Protuberanzen ist heutzutage einfacher als früher, da die Leuchtkraft der Protuberanzen deutlich geringer ist als die der Photosphäre lassen sie sich schwer beobachten. Am besten lassen sich die Protuberanzen bei einer Sonnenfinsternis entdecken, da sie dann als große Bögen außerhalb der Sonne sichtbar sind.

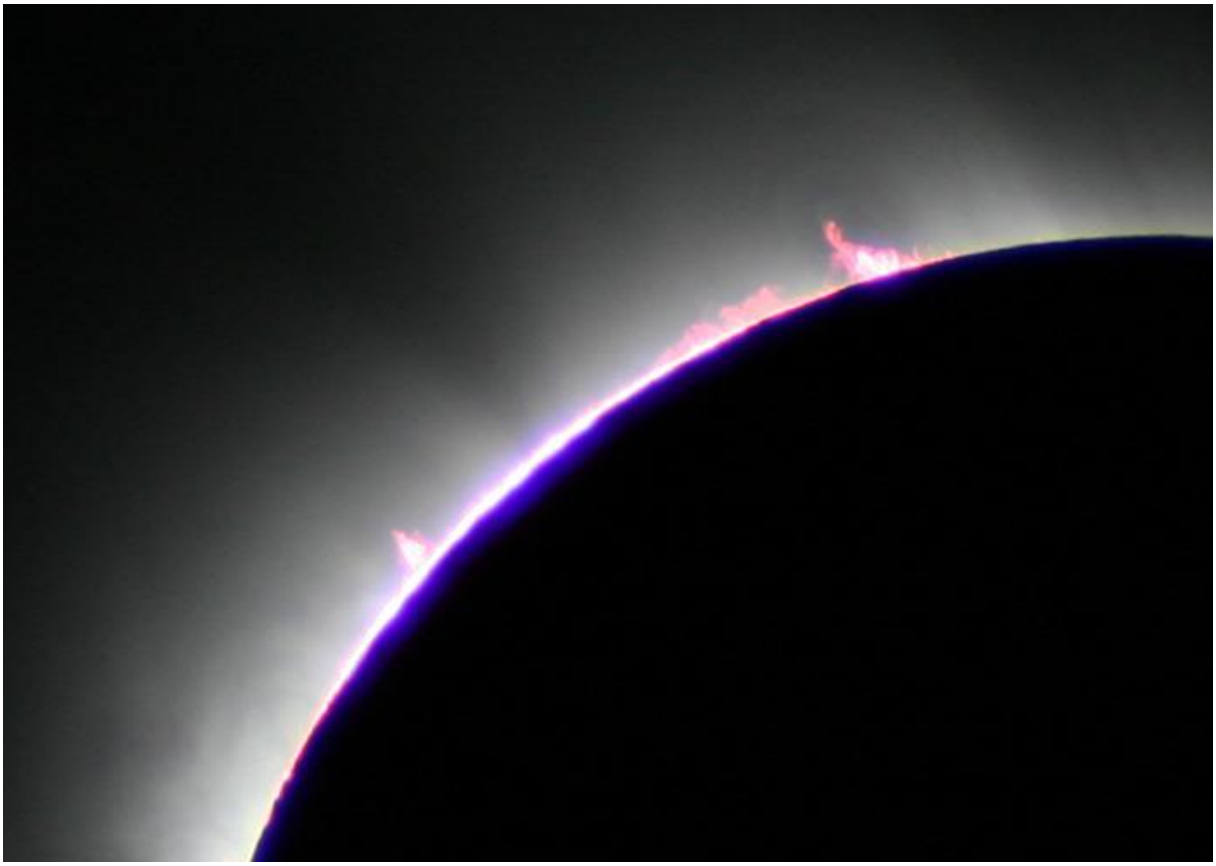


Abb. 11: Protuberanzen während einer Sonnenfinsternis

Aktuell lässt sich durch verschiedene Techniken eine künstliche Sonnenfinsternis erzeugen und dadurch können die Protuberanzen zu jederzeit beobachtet werden.

3.4 Sonnenflecken

In der Photosphäre können viele Erscheinungen entdeckt werden, eine von diesen sind Sonnenflecken. Diese werden in diesem Kapitel genauer untersucht.

Die Sonnenflecken sind die bekanntesten von den verschiedenen Erscheinungen, welche in der Photosphäre beobachtet werden können. Sonnenflecken können gut gesehen werden, da sie kühler als ihre Umgebung sind und weniger sichtbares Licht ausstrahlen. Die Häufigkeit von Sonnenflecken erfolgt periodisch. Meistens hat die Periode eine Dauer von 11 Jahren.

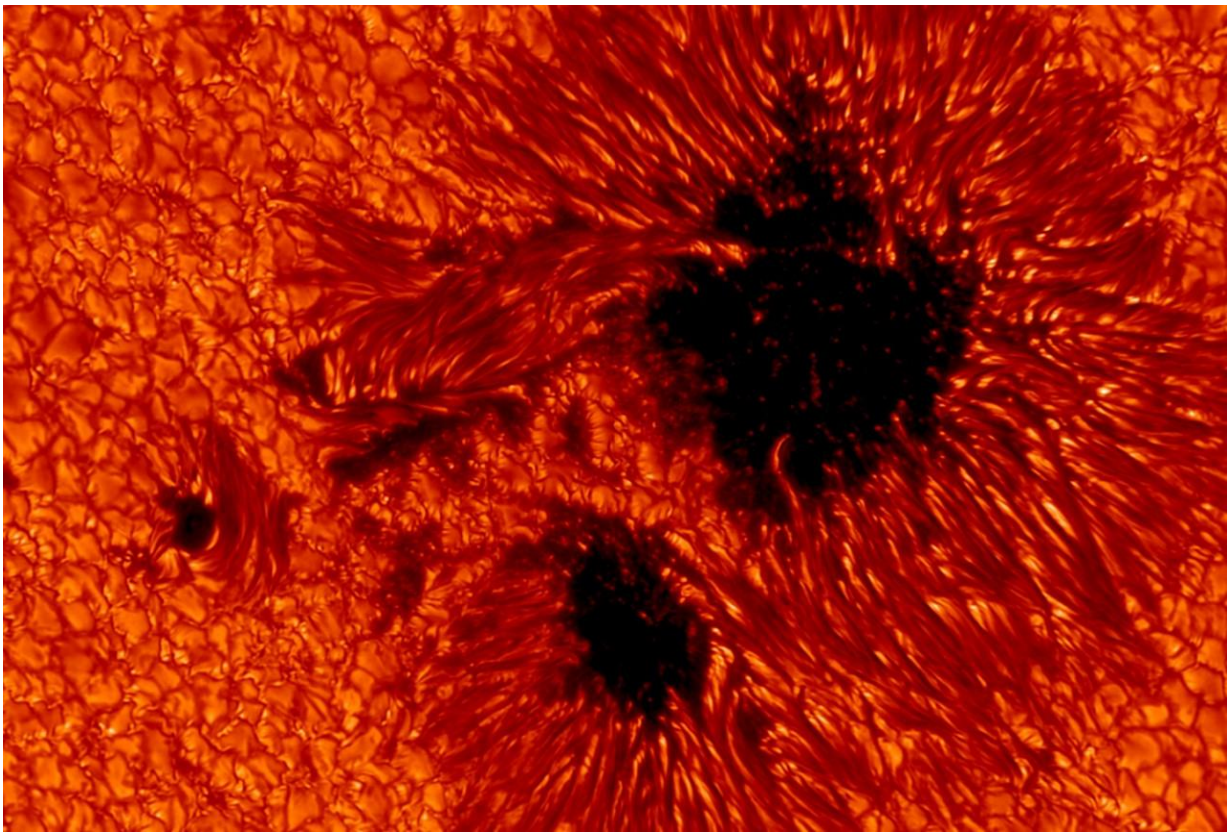


Abb. 12: Sonnenfleck

3.4.1 Entstehung

Zunächst beschäftigen wir uns mit der Entstehung der Sonnenflecken. Da sich die Oberfläche nicht einheitlich bewegt, kann es zu einer Verzerrung des inneren Magnetfeldes kommen. Dabei bricht Materie in die Korona hinein und die daraus resultierende Abkühlung der Oberfläche wollen wir nun untersuchen. Bei diesen Abkühlungen handelt es sich um Sonnenflecken. Bei den Sonnenflecken unterscheidet man zwischen Arten. Wenn an den Ausbruchsstellen die Feldlinien lotrecht stehen, entsteht an dieser Stelle ein dunkler Fleck, welcher auch „Umbra“ genannt wird. An den Stellen an denen schräge Feldlinien stehen, entstehen hellerer Flecken, diese Flecken werden auch „Penumbra“ genannt. Diese Flecken entstehen nur Paarweise, da die Aus- und Eintrittsstelle immer bei einander liegen. Die Entstehung von Sonnenflecken erfolgt meistens periodisch, während der Periode von elf Jahren entstehen immer mehr Sonnenflecken, und sie werden immer größer. Am Ende einer Periode sammeln sich die Sonnenflecken am Äquator und neutralisieren sich. Die restlichen magnetischen Felder wandern zu den Polen, danach wird das Magnetfeld der Sonne wieder einheitlich. Jedoch kehrt sich die Polarität der Sonne um.

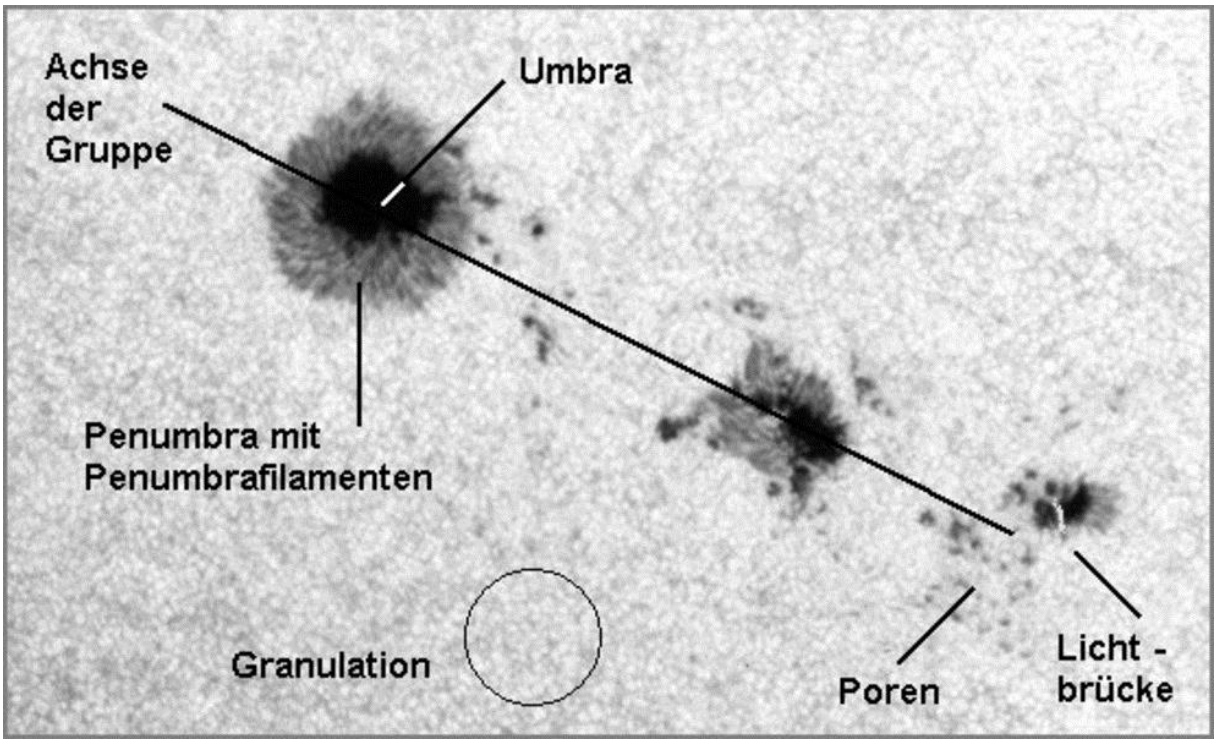


Abb. 13: Penumbra und Umbra

3.4.2 Eigenschaften

Zunächst wollen wir uns mit den Eigenschaften der Sonnenflecken beschäftigen. Die Sonnenflecken sind nur durch den immensen Temperatur unterschied im Vergleich zu der Sonnenoberfläche sichtbar. Während die Sonnenoberfläche eine Temperatur von 5770 Kelvin besitzt, haben die Sonnenflecken, welche bis zu 200.000 Kilometer lang werden eine Temperatur von 4000 bis 5000 Kelvin. Und damit strahlen sie deutlich weniger sichtbares Licht ab und sind deshalb durch einen Sonnenfilter so gut sichtbar.

Die Ursache für die starken Abkühlungen sind die Magnetfelder. Die Magnetfelder stören den Hitzetransport aus dem Inneren. Somit zeigen Stellen mit einer hohen Anzahl von Sonnenflecken, dass an dieser Stelle eine hohe Sonnenaktivität vorhanden ist. Auf Grund dieser ist ein Sonnenfleck ein potentieller Nährboden für Protuberanzen. Ein starker Strahlungsausbruch in Richtung Erde kann viele Probleme verursachen. Es kann Störungen im Erdmagnetfeld verursachen und Satelliten stören oder sie sogar außer Betrieb nehmen. In Jahren, welche eine geringe Aktivität an Sonnenflecken aufweisen, ist ebenfalls die Sonnenstrahlung vermindert. Es ist nicht bewiesen, jedoch könnte die Veränderung der Sonnenaktivität auch das Klima verändern. So existierte zwischen dem Jahr 1645 und 1720 eine kleine Eiszeit, da genau zu dieser Zeit wurde eine geringe Sonnenaktivität wahrgenommen.

3.4.3 Sonnenflecken-Gruppen

Sonnenflecken entstehen meistens in Gruppe. Zunächst entstehen einzelne Sonnenflecken, allmählich entstehen dann immer mehr. Sonnenflecken entstehen in verschiedenen Größen und Gruppen, dabei unterscheidet man zwischen verschiedenen Typen. Bei dieser Art von Klassifizierung spricht man von dem Klassifikationsschema von Waldmeier. Dabei werden die Sonnenflecken in Typen von A bis I eingeordnet. Diese Klassifizierung ist weltbekannt und wird auch von der NASA verwendet.

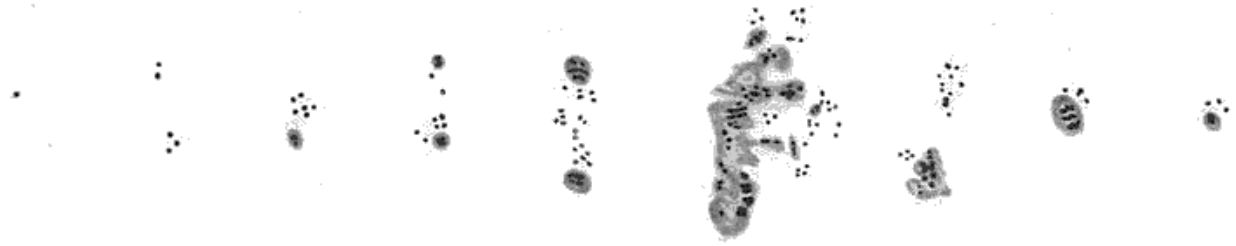


Abb. 14: Sonnenflecken Typen von A bis I

4. Beobachtung der Sonnen Chromosphäre

4.1 Teleskope des Schülerlabors Astronomie

Abb. 15: Pentax 75 SDHF

Geeignet zur Aufnahme der Sonne, haben wir uns für das Pentax 75 SDHF entschieden. Diese wurde vom Schülerlabor des CFGs zur Verfügung gestellt. Das Besondere am Pentax 75 SDHF ist, dass es heutzutage nicht mehr hergestellt wird und technisch als auch architektonisch anderen Teleskopen weit voraus ist. So ist das Pentax sehr beliebt und verkörpert eine hohe optischer Qualität.

Das Pentax 75 SDHF ist ein ED – Apochromat mit Bildfeldebenungslinse. Bei der Optik handelt es sich um einen Zweilinser, wobei eine davon eine Extra Low Dispersion Linse (ED) ist. Diese Extra Low Dispersion beinhaltet eine nur geringe Farbabweichung, sodass weitestgehend ein farbreines Bild entsteht. Daher kommt auch die Bezeichnung Apochromat. Für unsere Aufnahmen ist diese Funktion jedoch überflüssig, da wir nur mit der Hα Wellenlänge arbeiten. Die zweite Linse wird als Bildfeldebnunglinse genutzt, so ist das Bild scharf bis zum Rand (Vollformat) und der Fischaugeneffekt wird damit geglättet. Die Besonderheit des 75 SDHF ist, dass man jegliche Kamera, d.h. sowohl Video-Kameras mit C-Mount, als auch eine Vielzahl beliebiger Kleinbildkameras mittels Primärfokuskameraadapter anschließen kann.

4.2 Videokamera

Die The Imaging Source DMK 41AU02.AS ist eine schwarz/weiß Video-Kamera mit einer Auflösung von 1280 x 960 Pixel und ist besonders für detailreiche Aufnahmen geeignet. Trotz dieser hohen Auflösung bietet diese Teleskop-Kamera Aufnahmen mit bis zu 15 Bildern/s. Mit der beiliegenden Software IC Capture.AS speichert man verlustfrei und unkomprimiert in eine AVI-Datei.

Abb. 16: Die DMK 41AU02.AS

In der DMK 41AU02.AS ist der ICX205 Sensor von Sony verbaut.

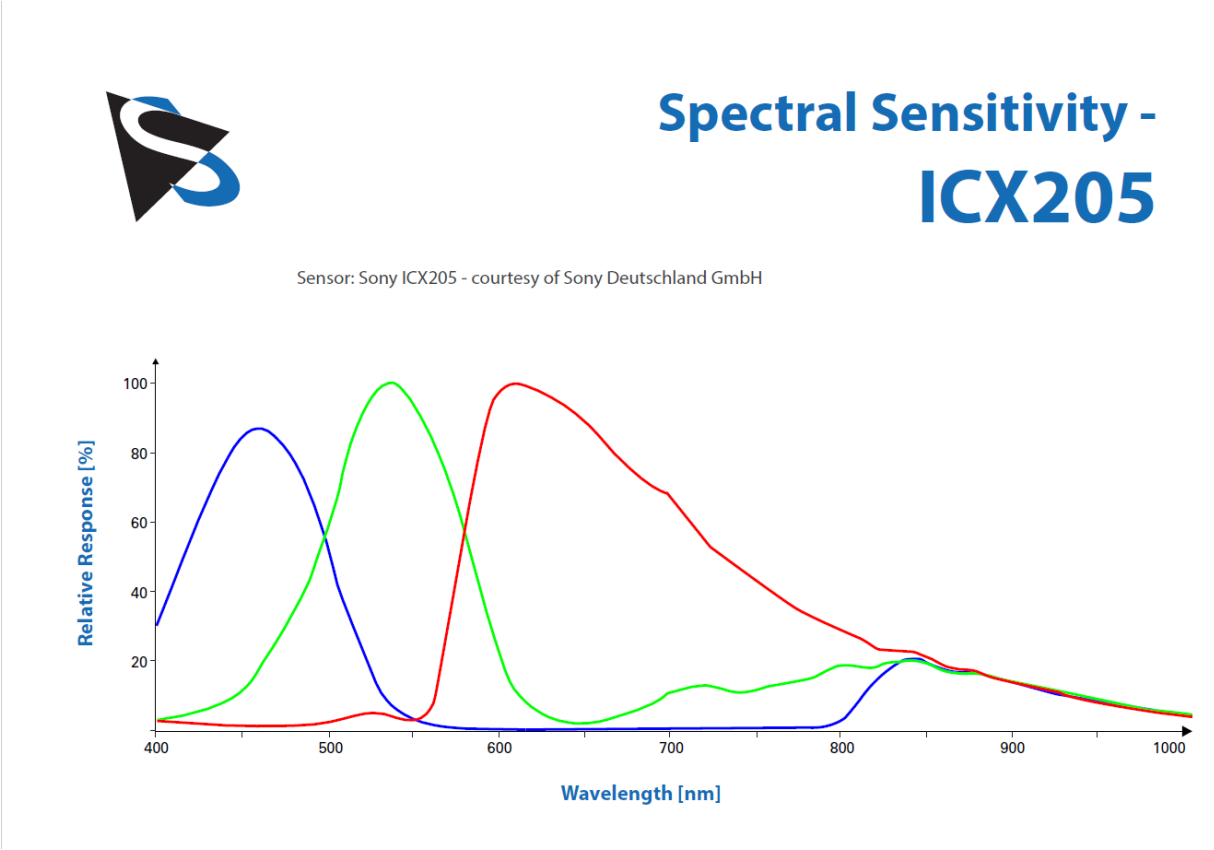
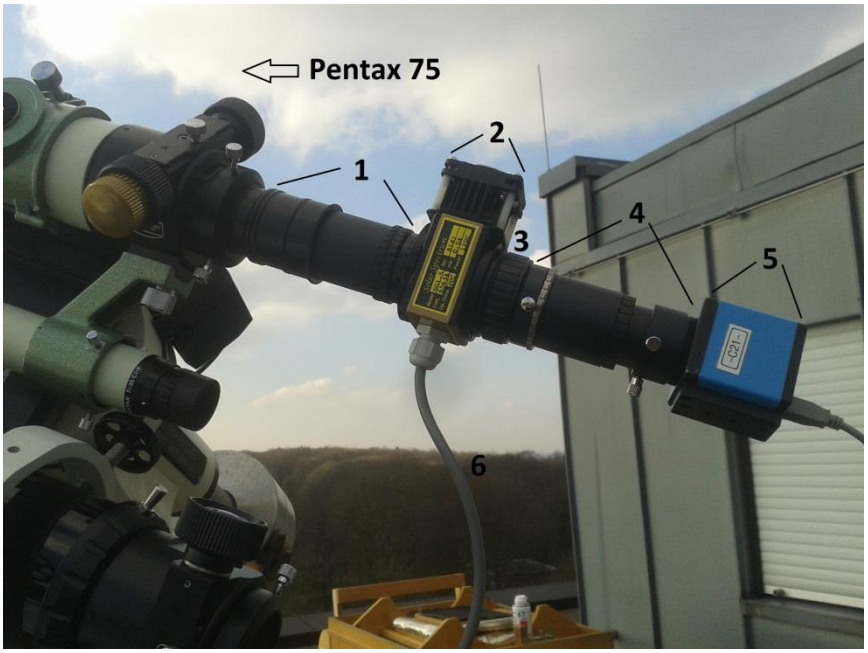


Abb. 17: Zu erkennen ist die spektrale Empfindlichkeit vom Sony Sensor der DMK 41AU02.AS

4.3 Hα – Sonnenfilter

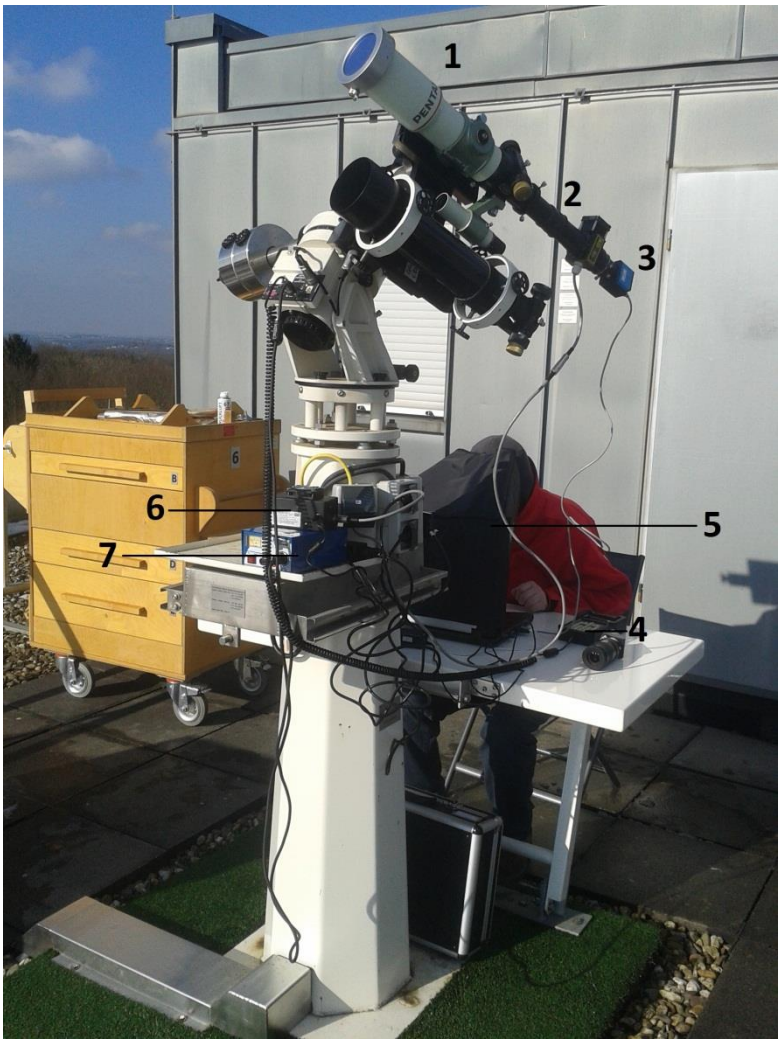


1. TZ-4
2. Hα- Filter
3. 2“ Solar – Telekompressor 0,6x
4. Verlängerungshülse
5. DMK 41AU02.AS
6. Anschlussstecker für Temperaturregelung

Abb. 18: Selbstaufnahme des Hα – Sonnenfilters mit der DMK Videokamera (rechts)

Der 0,5Å Hα-Sonnenfilter der Firma SolarSpectrum befindet sich an jeder der sechs Stationen an unserer Sternwarte. Er dient zur Aufnahme der Sonne im Hα–Bereich und ermöglicht den Schülern, Aktivitäten auf der Sonne zu erkennen, die man im Weißlicht nicht sehen kann. Zum größten Teil besteht der 0,5Å Hα-Sonnenfilter aus sechs Teilen. Das TZ-4 (Nr.1) sorgt für den Parallelverlauf des Lichts hinter dem Pentax 75 SDHF. Der Hα – Filter (Nr.2) lässt, wie der Name schon verrät, nur die Wellenlänge 6563 Å durch. Hinter dem Hα-Filter wird der 2“ Solar – Telekompressor 0,6x (Nr.3) verwendet. Mit der Verlängerungshülse (Nr.4) hinter dem 2“ Solar – Telekompressor 0,6x (Nr.3) wird der Vergrößerungsfaktor eingestellt. Die wichtigste Funktion hat der Temperaturregler (Nr.6). Er hat die Aufgabe die Temperatur so zu regeln, dass nur die Wellenlänge 656,28±0.5nm (Hα) durchgelassen wird. Dies erfolgt durch die richtige Temperatur des Glasfilters, der sich individuell durch die Temperatur und der Bedampfungsschichten verändert. Die Bedampfungsschichten sind bei jedem Hα- Filter unterschiedlich, sodass die Temperaturregelung bei jedem individuell ist. Vor das Teleskop, in diesem Fall das Pentax 75 SDHF wird ein Filter gesetzt, der den Infrarotanteil des Sonnenlichts absorbiert und ein zu starkes Erhitzen des Filters vermeidet.

4.4 Der experimentelle Aufbau und die Durchführung der Messung



2. Pentax 75 SDHF
3. 0,5Å Hα-Sonnenfilter der Firma SolarSpectrum
4. DMK 41AU02.AS
5. Keypad
6. Laptop mit Sonnenschutz
7. Temperaturregler des Hα-Sonnenfilter
8. Netzteil- 12V

Add. 19: Aufbau zur Aufnahme der Sonne in Hα, auf dem Schuldach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums

Ein optimales Video der Sonne hängt erheblich von den Wetterbedingungen ab. Am 17.02.2016 bot sich das Wetter hervorragend an, um diese Aufnahmen zu tätigen. So bauten wir mit Herrn Koch die Station sechs auf. Um Hα-Aufnahmen der Sonne zu machen, benötigten wir das "Pentax 75 SDHF" (Nr.1 (siehe 1.4)), den 0,5Å Hα-Sonnenfilter der Firma SolarSpectrum mit dem dazu gehörigen Temperaturregler (Nr.2 u. Nr.6 (siehe 1.6)), die schwarz/weiß Video-Kamera DMK 41AU02.AS (Nr.3 (siehe 1.5)) sowie das zur Station gehörige Keypad (Nr.4) und das Netzteil - 12V (Nr.7). Um die zeitigen Aufnahmen zu beobachten, und die Einstellungen der Aufnahme zu regulieren, ist auch ein Laptop (Nr.5) an die Video-Kamera angeschlossen. Auf dem Laptop ist das dazugehörige Aufnahmeprogramm installiert. Hierbei handelt es sich um FireCapture v2.4.12, welches uns die Möglichkeit gibt, die Aufnahmen zu überwachen und die richtigen Einstellungen zu ändern, um ein möglichst scharfes Bild zu erhalten. Jedes aufgenommene Video umfasst zwischen 1 und 1:30 Minute.

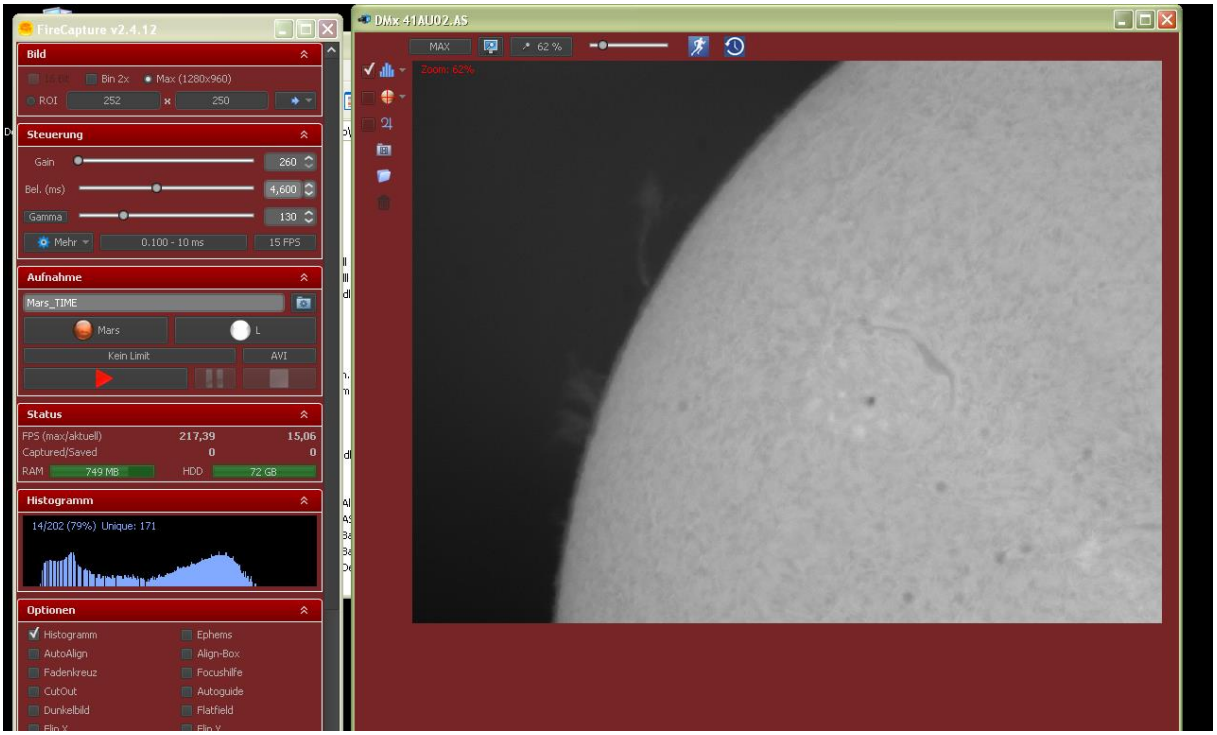


Abb. 20: Screenshot von FireCapture v2.4.12 im Zusammenhang mit der Aufnahme der Sonne in Hα und die Einstellungen zur Aufnahme

Sehr schön auf dem Screenshot erkennbar ist ein Sonnenfleck und ein Protuberanz, auch Sonnenflare genannt.

4.5 Auswertung der Videoaufnahmen

Nachdem wir am 17.02.2016 unsere Sonnenbeobachtung beendet haben, wollten wir die gemachten Videos stacken. Unsere Idee hinter dem Stacken lag, dass wir mehrere hochauflösende Bilder der Sonne erhalten und diese zu einer Animation zusammenführen. Wir hatten sehr viel Glück, da auf unseren Videos sowohl ein Sonnenfleck, als auch eine Protuberanz zu sehen war.

Jedes Video beinhaltet ungefähr 1 Minute Filmmaterial. Die fertig gestakten Bilder müssen dann fertig bearbeitet und übereinander gelegt werden, die dann als Video hintereinander abgespielt werden müssen.

Nun musste man jedes Video erst mal stacken, das heißt, dass jedes Bild im Video überprüft wird und gegebenenfalls ausgesondert wird. Dann werden alle ausgewählten Bilder übereinander gelegt.

Dafür benutzen wir das Stacking-Programm „AutoStakkert! 2.5.1.7“. Als erstes wird ein Bereich auf der Sonne ausgewählt, der wenig Bewegung aufweist. Dann analysiert das Programm das Bildmaterial. Der ausgewählte Bereich sorgt dafür, dass das Programm erkennt, wie die Fotos nachher übereinander gelegt werden sollen.

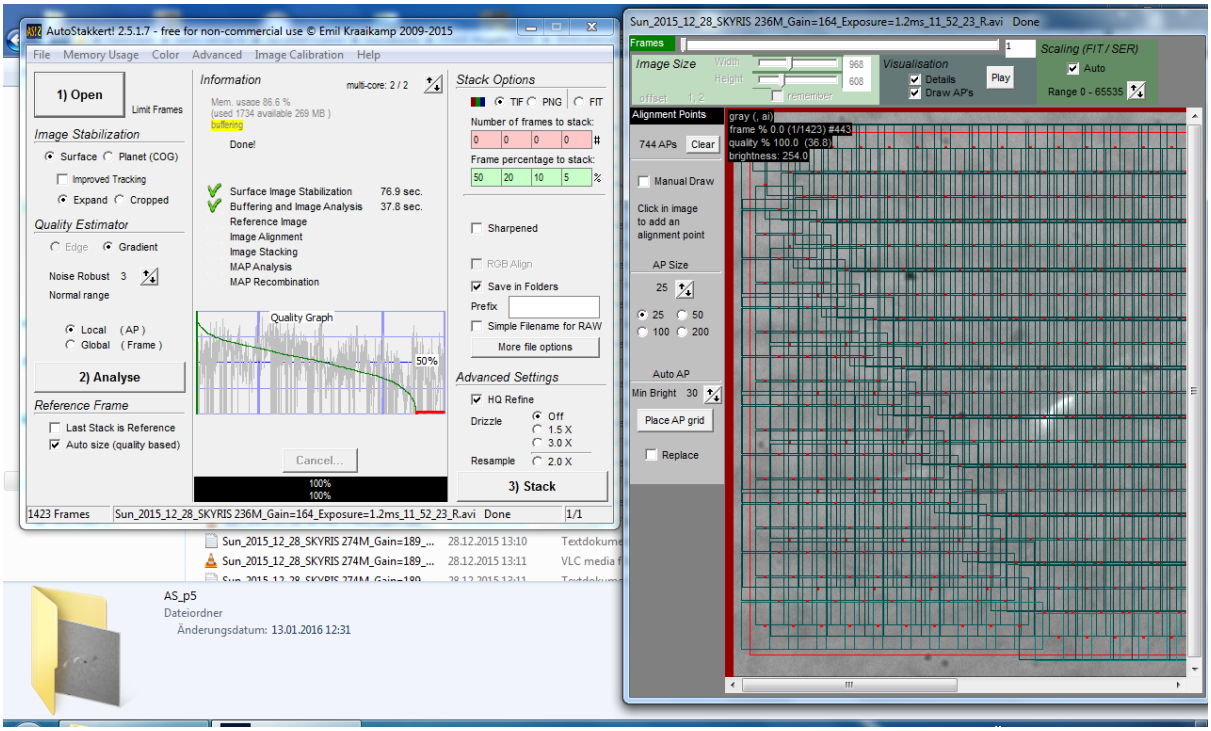


Abb. 21: Screenshot vom Staken der Aufnahmen mit Hilfe von AutoStakkert 2.5.1.7

Sobald das Bild fertig gestakt ist, wird dieses geschärft. Dies erreicht man mit einem weiteren Programm namens „Giotto 2.12“. Zur Schärfung der Bilder muss man verschiedene Kriterien beachten.:

Das wichtigste beim Schärfen ist, dass die Sonne keinen unnatürlichen Rand erhält und das Bild nicht überschärft ist, sodass es unnatürlich aussieht. Wir haben uns für die in Abb. 22: dargestellten Kriterien entscheiden, sodass wir ein scharfes, natürliches Bild erhalten. Für jedes Bild muss man die Kriterien individuell einstellen, bzw. die Bilder dürfen nicht zu unterschiedlich voneinander aussehen. Als „Filterform“ haben wir „Rechteck“ angegeben und als „Charakteristik“ die „Kritische Dämpfung“. Bei der Schärfung muss ein Gleichgewicht zwischen „Rauschfilter in der Mitte“ und „Filtergröße“ herrschen, sodass der erkennbare Rand, der Sonne nicht allzu sehr hervorgehoben wird. Hinzu kommt noch die „Filterwirkung“, diese wird auch unter der Betrachtung der anderen Kriterien eingestellt. Zur Folge erhält man ein scharfes Bild der Sonne.

Filterform: *Rechteck*

Charakteristik: *Kritische Dämpfung*

Rauschfilter in der Mitte: *3*

Filterwirkung: Filtergröße: *7*

Filterwirkung: *1630%*

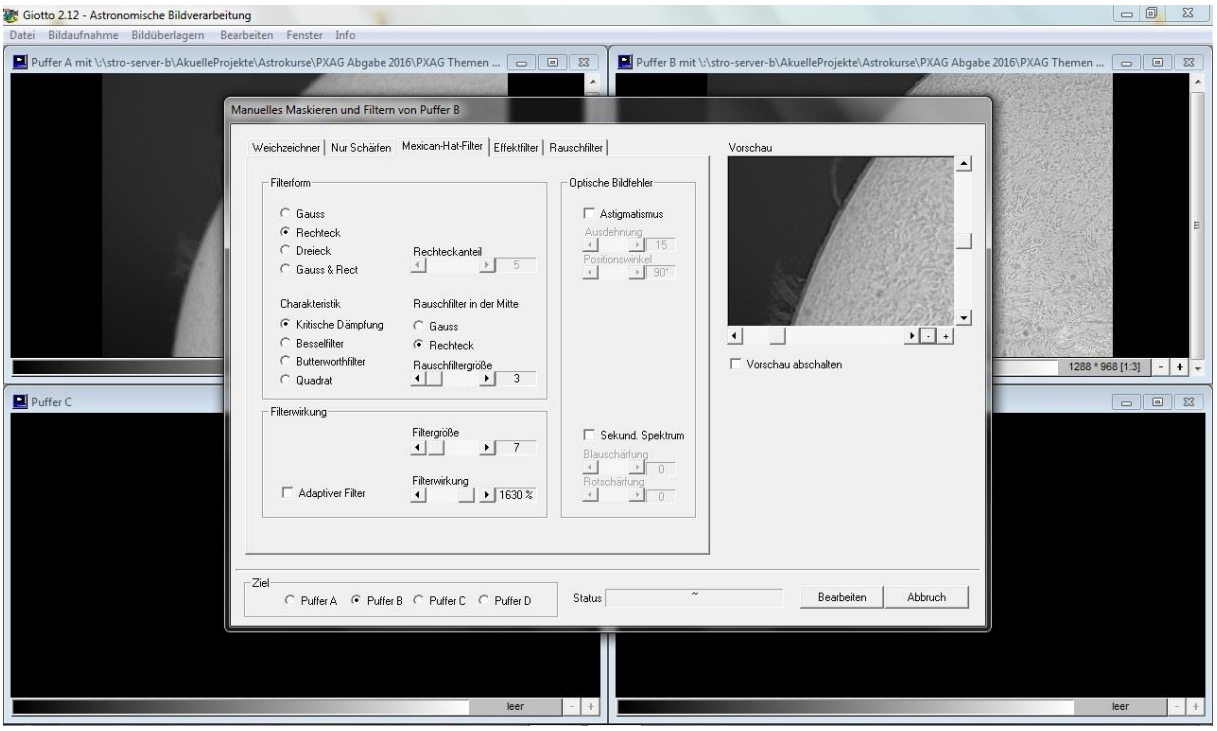


Abb. 22: Screenshot von den Einstellungen zur Schärfung der Sonne Bilder mit Giotto 2.12

Dennoch ist die Bearbeitung des Bildes nicht vollendet, da sich durch den Staub auf den Objektiven und den Filtern kleine Flecken auf dem Bild wiederfinden. Diese sind bei einer Animation sehr unvorteilhaft, da diese im Video sehr stark herausstechen und Scheinaktivitäten hervorrufen. Mit Hilfe von Photoshop wurden diese Flecken raus retuschiert. Das Abwedler-Werkzeug ermöglicht, dass die ausgewählten Stellen auf dem Bild heller werden, und somit der Fleck kaum noch erkennbar ist.

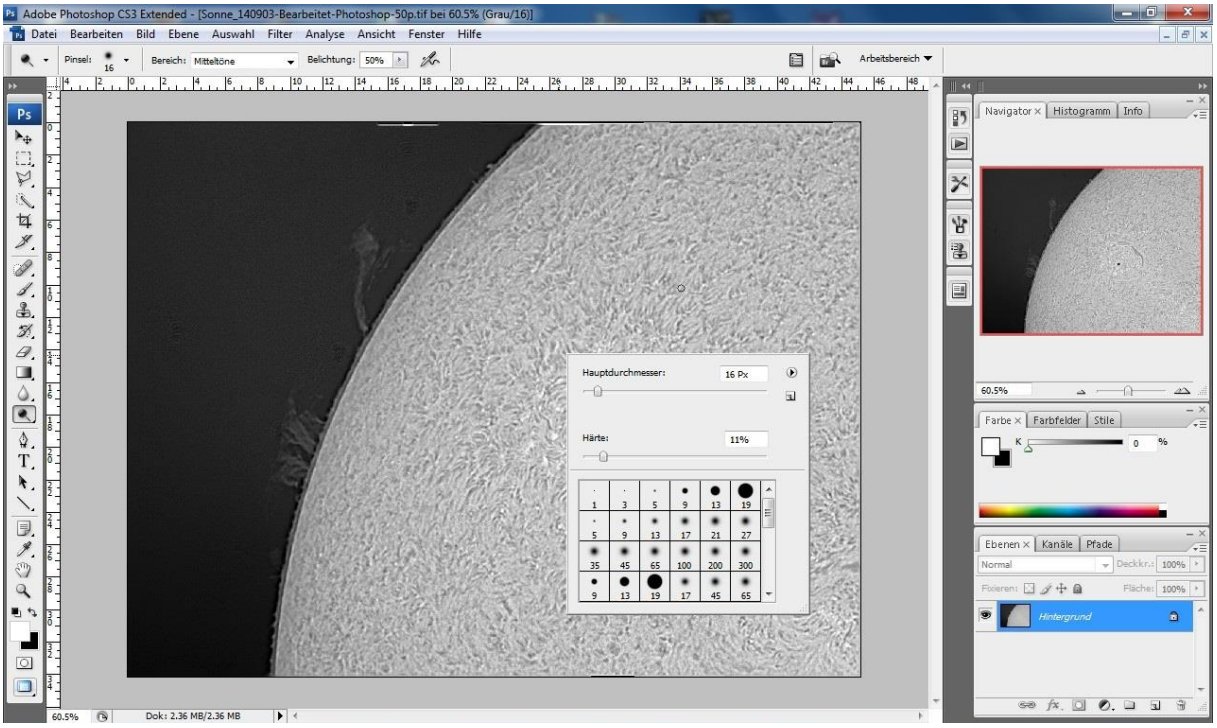


Abb. 23: Screenshot vom Retuschieren der Staubkörner auf den Bildern

Ebenso wurden andere Werkzeuge verwendet, da der Abwedler an manchen Stellen nicht ausreichte. Hierbei boten sich auch an, Stellen, die sich nicht veränderten, von Bild zu Bild einfach auf das folgende Bild zu kopieren.

Sobald die Unreinheiten des Bildes beseitigt waren, konnte man mit der Animation fort fahren. Bei der Animation musste man beachten, dass jegliches Bild exakt über dem anderen liegt, da sonst in der Animation die Verschiebung auffallen würde. Mit Hilfe von Photoshop konnte man die fertig bearbeiteten Bilder in eine Animation einfügen.

4.5.1 Maßstab der Sonne

Zu unserem Bild wollten wir einen Maßstab und den Vergleich zur Erde, da meistens eine solche Protuberanz, wie auf dem Bild zu sehen, verhältnismäßig sehr groß gegenüber der Erde ist.

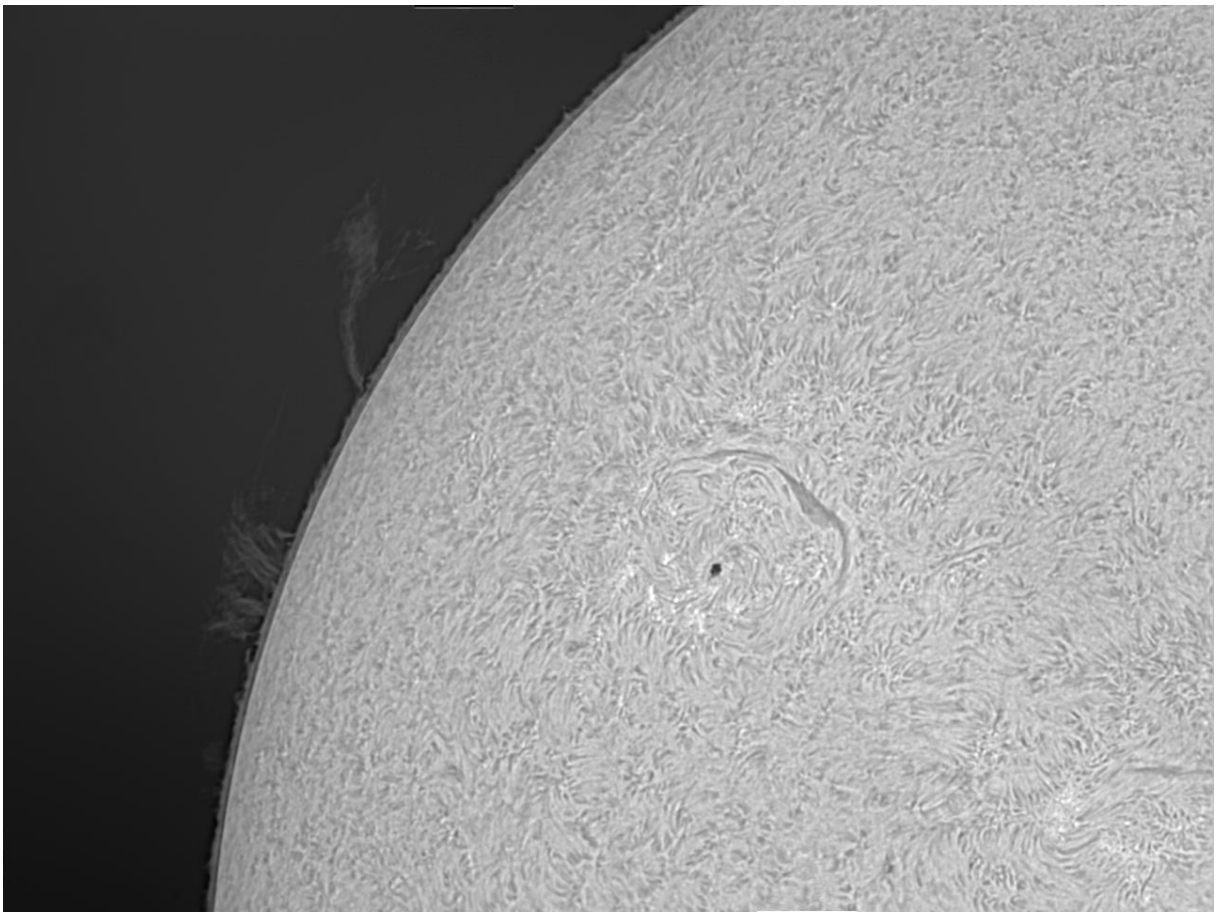


Abb. 24: Erstes Ergebnis unserer Bearbeitung der Aufnahmen

So haben wir das Bild, welches wir aufgenommen haben, über eine Gesamtaufnahme der Sonne aus dem Internet auf das selbe Datum gelegt. Unser Ergebnis der Aufnahmen würde so skaliert, dass die Sonnenränder übereinstimmten. Daraus folgte folgende Rechnung:

Maßstab Berechnung

Sonnendurchmesser 1/2 (in px):	949px
Sonnendurchmesser (in km):	1.392.684km
Sonnendurchmesser 1/2 (in km):	696.342km
Erddurchmesser (in km):	12.756,32km

1px

949px = 696.342km |:949

1px = 733,76km

1km

949px = 696.342km |:696.342

0,0013628361px = 1km

Erddurchmesser in Pixel: 0,0013628361px * 12.756,32km = 17,3847734px

Skala

50.000km:	0,0013628361px * 50.000km = 68,14px
100.000km:	2 * 68,14px = 136,28px
150.000km:	68,14px + 136,28px = 204,43px
200.000km:	68,14px + 204,43px = 272,57px
250.000km:	68,14px + 272,57px = 340,71px

Protuberanz

Uns schien es auch wichtig, die Protuberanz zu berechnen, da es mit zum Hauptthema der Arbeit gehört.

Bild Höhe =	125px
125px * 733,76km =	91.720km

Die Protuberanz liegt 91.720km über der Sonnenoberfläche.

4.6 Ergebnisse Schlussfolgerung (Fehlerbetrachtung)

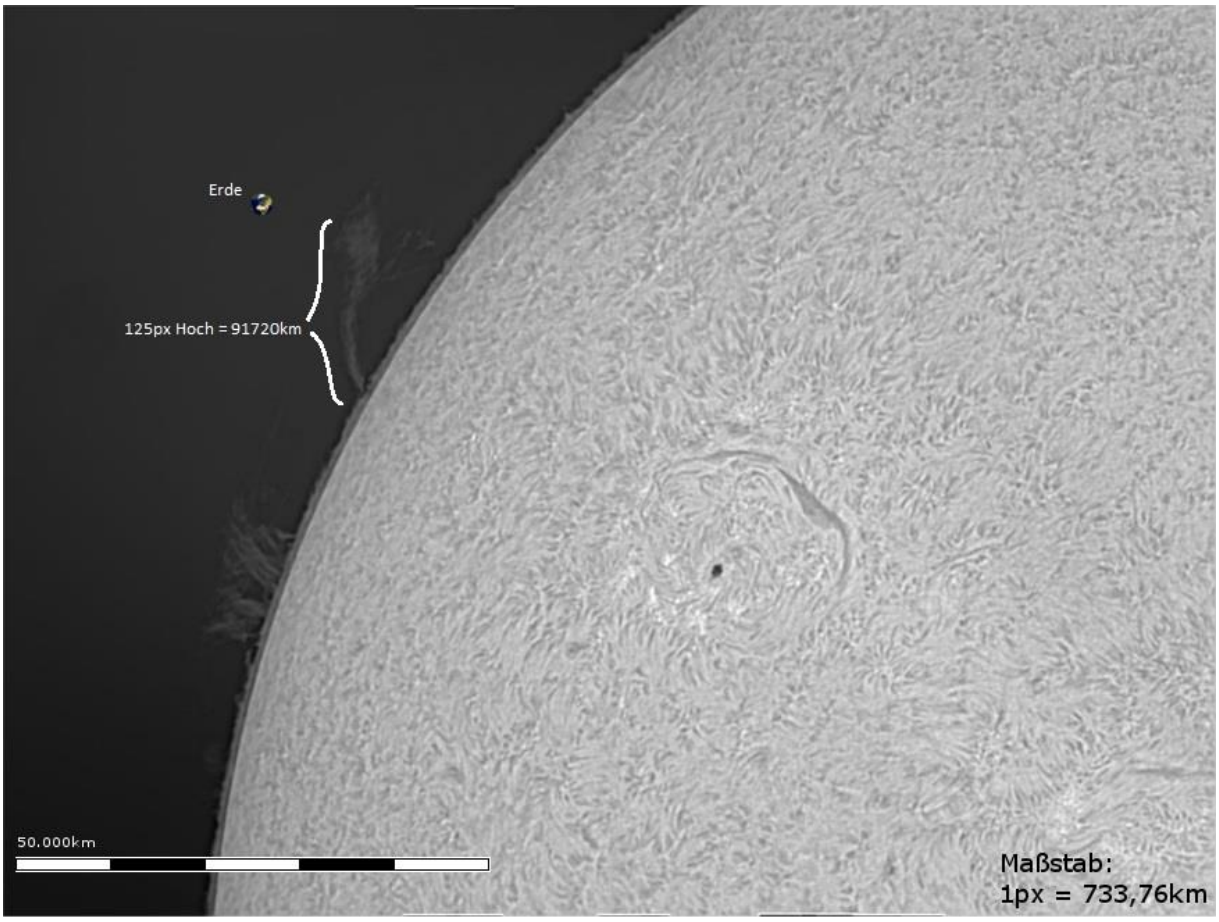


Abb. 25: Die Sonne mit Maßstab und Berechnung der Protuberanz

Auf dem Bild zu sehen, ist das Ergebnis der Maßstabsberechnung der Sonne im Verhältnis zur Erde. Der Durchmesser der Erde beträgt gerade mal 17 Pixel auf dem Bild. Die Skala unten links im Bild ist in 50.000 Kilometerschritten aufgeteilt und umfasst eine Gesamtlänge von 250.000 Kilometern, was ca. 340 Pixel entspricht.

Der Maßstab im Zusammenhang mit den Pixeln (unten rechts im Bild) entspricht 1 Pixel = 733,76 Kilometer. Die Protuberanz ist siebenmal größer als der Erddurchmesser. Daraus kann man schlussfolgern, wenn es zu einem Kurzschluss der Protuberanz , und somit zu einer Explosion kommt, setzt sich das Plasma durch die enorme Energie frei und es kommt zu einer Plasmawolke, auch Koronalermassenauswurf genannt. Diese Plasmawolken können auch durch ihre massive Energie die Erde erreichen und können ganze Stromnetze außer Betrieb setzen. 1989 fiel das Stromnetz in Kalifornien durch einen solchen Koronalenmassenauswurf aus. Darum sind Prognosen solcher Winde von Forschern sehr ernst zu nehmen, um großen Schadensfällen in Großstädten entgegen zu wirken. Zudem ist auf dem Bild ein Sonnenfleck zu erkennen. Dieser ist potentieller Nährboden für Protuberanzen, und der Fleck entspricht ungefähr der Größe der Erde.

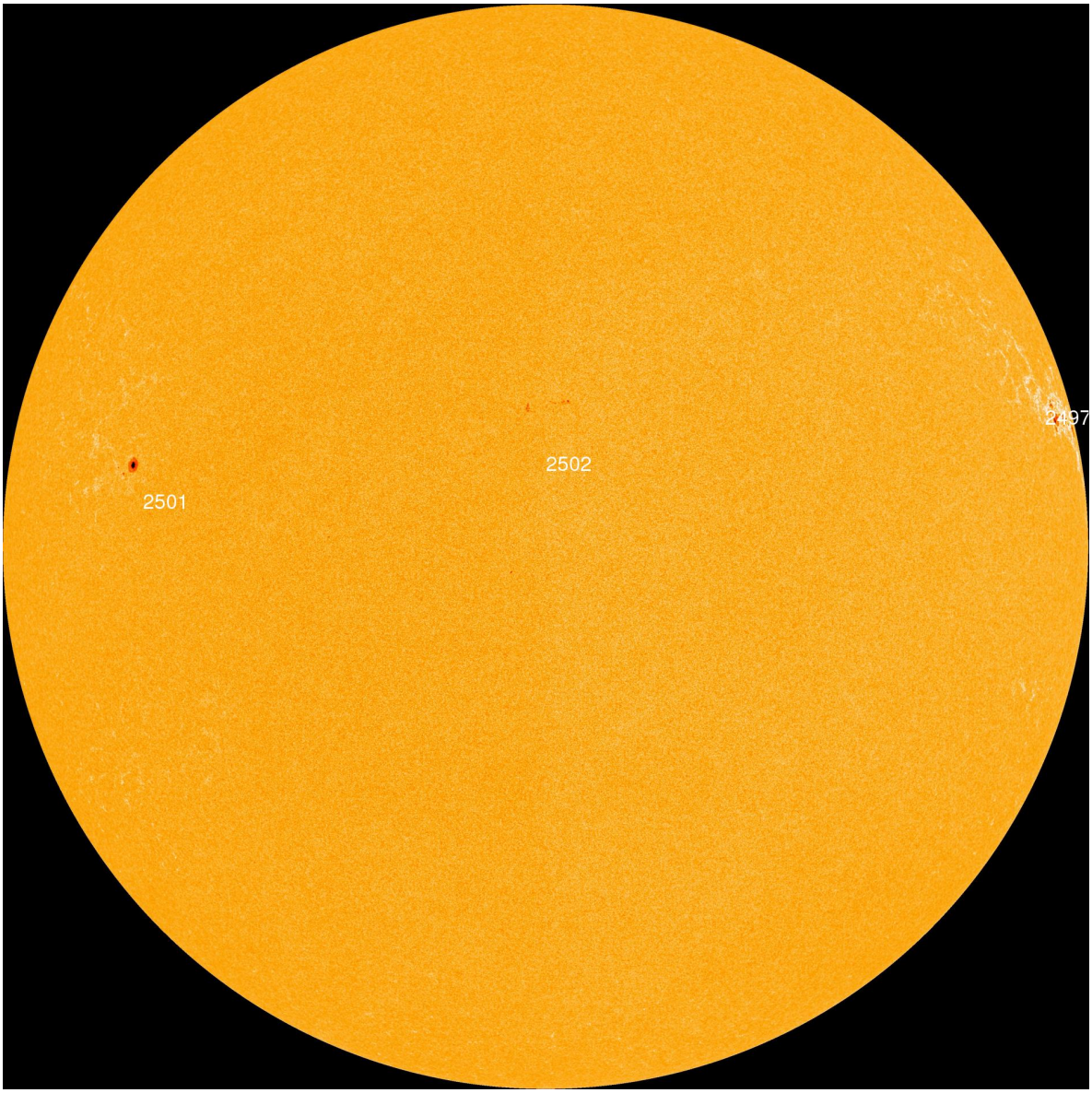


Abb. 26: Aufnahme der Sonne vom 17.02.2016 in Weißlicht mit Beschriftung der Sonnenflecken

Nun haben wir unser vollumfassendes Ergebnis mit einer Sonnenaufnahme von SpaceWeather.com verglichen. Sowohl bei unserem Bild, als auch bei dem Bild aus dem Internet, ist der selbe Sonnenfleck zu erkennen. Seine Bezeichnung lautet gem. Spaceweather.com **2501** und befindet sich oben links auf dem Bild. Auf dem Bild aus dem Internet ist jedoch keine Protuberanz zu erkennen, da es sich um eine Weißlichtaufnahme handelt.

5. Ausblick

In Zukunft wäre es möglich eine Gesamtaufnahme der Sonne zu tätigen, und diese so zu bearbeiten, dass man das Bild auf eine Leinwand zieht. Aber man könnte auch Teilaufnahmen der Sonne fertigen, und diese dann wie ein Mosaik zusammenführen. Die Schule könnte dies zur Veranschaulichung der Sonne für den Unterricht sehr gut nutzen.

Ebenso könnte man das Spektrum der Sonne erstellen, und nachweisen, dass die Sonne größtenteils aus Helium und Wasserstoff besteht. Folglich könnte man auch den Prozess erklären, der die Sonne zum dauerhaften Energielieferanten macht, und das Leben auf der Erde ermöglicht. Man könnte ebenso die Fraunhofer'schenlinien nachweisen und damit die Bestandteile der Sonne aufzeigen.

An einem definitiven Projekt kann man sich zurzeit nicht festhalten, da es sehr verschiedene Möglichkeiten gibt, die Projektarbeit zu erweitern. Die Sonne ist sehr vielseitig und ermöglicht viele Experimente und Entdeckungen, die man genauer betrachten kann oder beweisen kann. Anhand der genaueren Betrachtung kann man einen definitiven Entschluss noch nicht festlegen und benötigt Überlegungszeit.

6. Anhang

6.1 Persönliche Bauten

Als wir am 17.02.2016 unsere Aufnahmen tätigten, haben wir versucht auch einmal die Sonne komplett aufzunehmen. Dafür musste man eine Kappe mit einer Öffnung vor das 75 SDHF setzen und das TZ-4 durch ein TZ-2 beim 0,5Å Hα-Sonnenfilter der Firma SolarSpectrum (siehe: 1.6) ersetzen. Aber die Einstellung bei FireCapturev2.4.12 reichte nicht aus, um ein gelungenes Bild der Sonne zu erstellen. Es gab bei der Belichtungszeit keinen passenden Wert, zu den aktuellen Wetterbedingungen der Sonne. Auf Empfehlung von Herrn Koch hielten wir einen Graufilter vor das Pentax 75 SDHF. Würde man diesen jedoch mit der bloßen Hand halten, könnte man keine Aufnahmen fertigen, da man mit der Hand den Filter, nicht ohne zu wackeln, festhalten kann.

So bauten wir vor den Filter des 0,5Å Hα-Sonnenfilter der Firma SolarSpectrum eine Apparatur, die den Graufilter davor fixiert.

Dafür haben wir uns die Kappe die man auf den Filter des 0,5Å Hα-Sonnenfilter zu nutzen gemacht. Außerdem haben wir eine zusätzliche Schutzkappe, die passte, dazu genutzt.

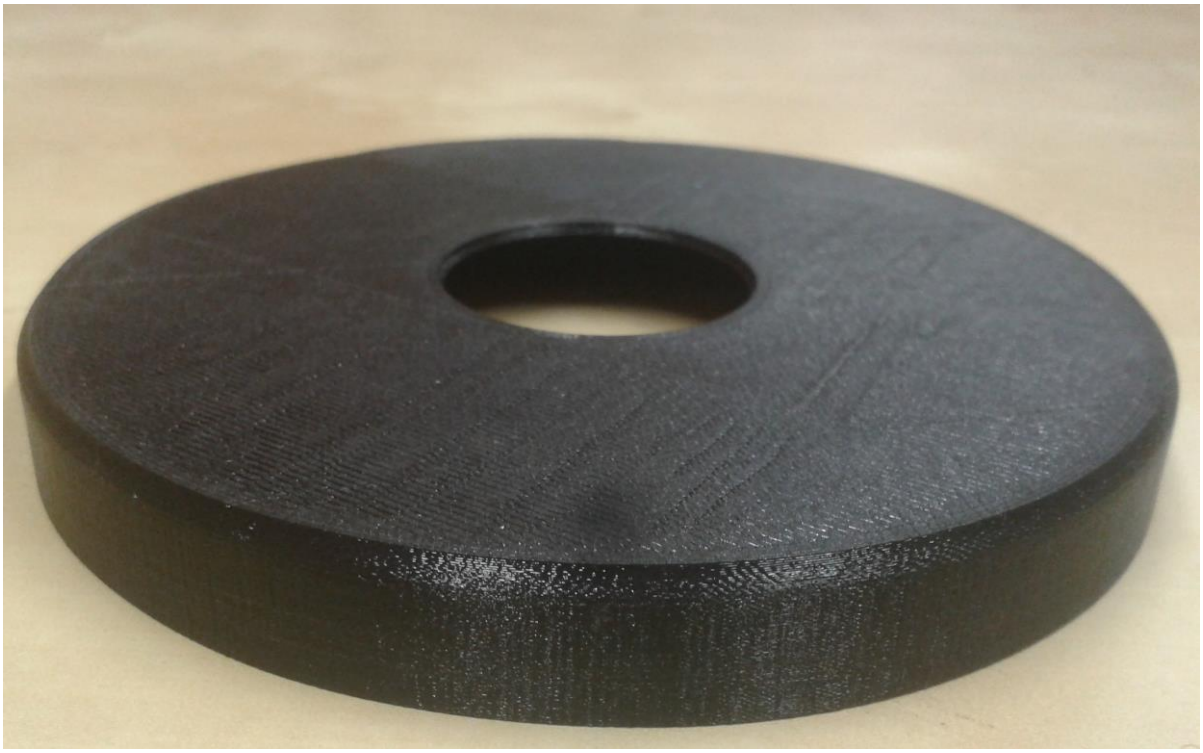


Abb. 27: Kappe vom Hα – Sonnenfilter mit einem Loch von 34mm

Abb. 28: Schutzkappe mit Ausgeschnittenem inneren

Aus dieser Schutzkappe haben wir dann die Mitte ausgeschnitten und so dass sie passgerecht in die Kappe des Graufilters eingefügt werden konnte.

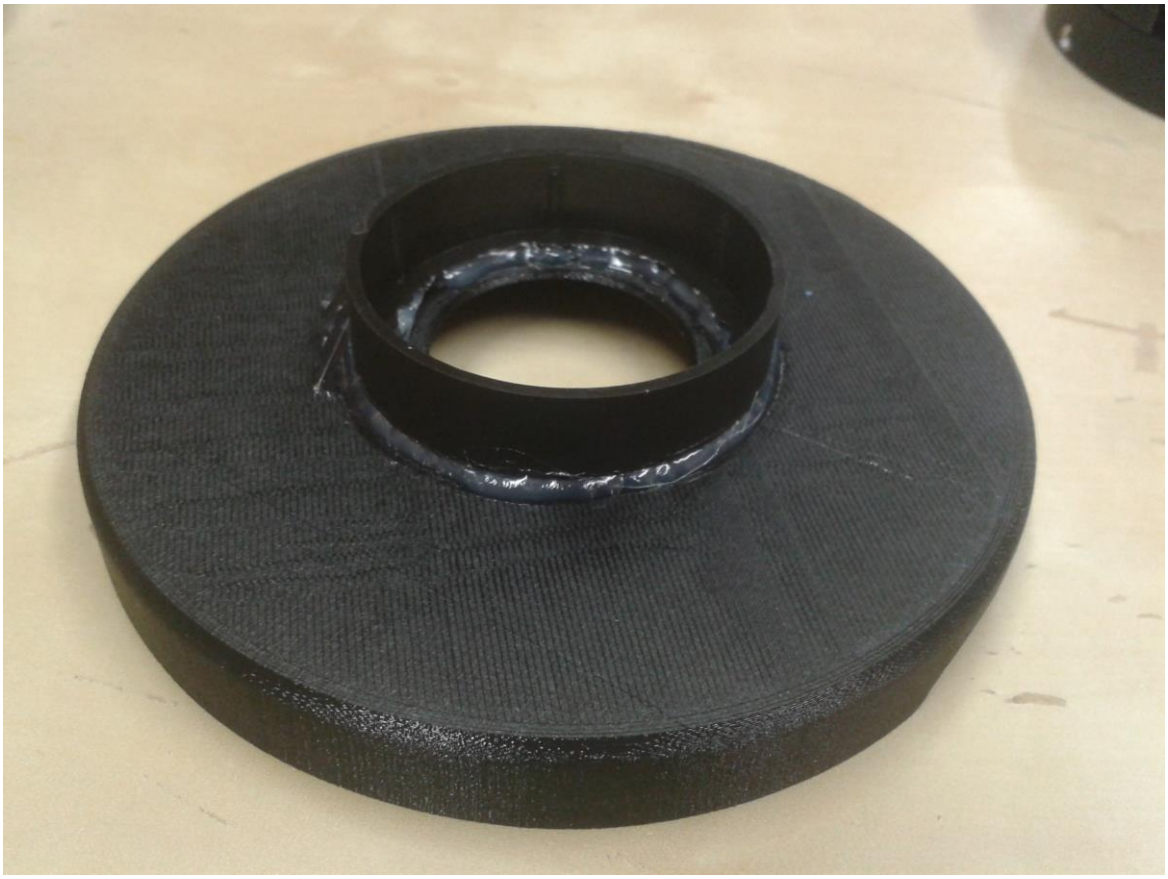


Abb. 29: Zusammen kleben der beiden Kappen mit Heizklebepistole

Die beiden Kappen wurden dann mit einer Heißklebepistole zusammen geklebt. Dabei war es sehr wichtig, dass die beiden Teile sehr fest miteinander verbunden wurden, sodass der Filter in der Halterung passgenau saß.

Abb. 30: Fertig geklebte Kappe mit Graufilter auf dem Pentax 75 SDHF

Hier sieht man das Pentax 75 SDHF mit der selbst gebauten Halterung, die den Graufilter trägt. Außerdem kann man jeglichen anderen Filter in die Halterung setzen, der dort hinein passt. Leider war nach der Fertigstellung der Halterung das Wetter so schlecht das wir keine Aufnahmen machen konnten, trotzdem eine nützliche Idee. Dies erleichtert die Arbeit für folgende Aufnahme und erstellt mehr Flexibilität.

6.2 Danksagungen

Wir beide, Adrien Halbach und Luca Chirminisi, wollen uns herzlich für die Möglichkeit bedanken diese(s) Arbeit/Projekt wahrnehmen zu können.

Als erstes wollen wir uns bei den Personen bedanken, welche die Sternwarte hier möglich gemacht haben. Nur durch die diversen Spenden und Preise war es möglich die Sternwarte inklusive gesamter Ausrüstung auf dem Dach des Carl-Fuhlrott-Gymnasiums zu bauen, somit gibt uns das Carl-Fuhlrott-Gymnasium als einzige Schule in Nordrhein-Westfalen die Möglichkeit den Projektkurs „Astronomie“ in diesem Maße zu belegen.

Ein weiteres Dankeschön gilt unserem Physik-Leistungskurs Lehrer Herrn Winkhaus, welcher uns schon vor Beginn des Projektkurses für das Fach überzeugte und faszinierte. Schon in der 8. Klasse weihte Herr Winkhaus viele Schüler/-in schon weitestgehend in die Astronomie und legte für viele damit den Grundstein. Ebenfalls betreute Herr Winkhaus uns ab und zu an den Wochenenden und brachte einen guten Einstieg in die Themen Spektroskopie und allgemeine Informationen zur Astronomie.

Ein großes Dankeschön gilt unserem Projektkursleiter Herr Koch. Herr Koch betreute uns über das gesamte Schuljahr jeden Mittwochnachmittag von 15:30 h bis in den Abend hinein. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen, weil er uns alle notwendigen Programme nahelegte und uns bei Problemen bei der Arbeit immer zur Verfügung stand. Ebenfalls wird nur durch ihn der Projektkurs an unserer Schule möglich gemacht.

Unser letzter Dank geht an den gesamten Projektkurs. Während der Unterrichtszeit und bei der Arbeit an den Projekten war das Arbeitsklima immer sehr angenehm und die Schüler hielten ein gepflegtes Verhältnis zueinander, welches gerade an den längeren Arbeitstagen sehr wichtig war.

Zusammenfassend war es ein tolles Jahr mit vielen Erkenntnissen. Wir wurden nicht enttäuscht und unserer Erwartungen wurden alle erfüllt, dafür DANKEN wir!

6.3 Abschlusserklärung

Zum Abschluss bedanken wir uns noch einmal bei allen die das Projekt möglich gemacht haben. Auch wenn das Projekt mit einer Menge Arbeit in Verbindung stand, hat es uns eine Menge Spaß bereitet und wir bereuen es nicht den Projektkurs gewählt zu haben. Ebenfalls erfreulich ist der Fakt, dass wir uns eine Menge Wissen über das Thema angeeignet haben und uns generell in dem Gebiet der Astronomie fortbilden durften. Durch den tiefen Einblick, den wir erhalten haben, können wir uns auch vorstellen im nächsten Jahr mit diesem Thema weiterzuarbeiten und dadurch eine zusätzliche Lernleistung zu erhalten. Von Woche zu Woche hat uns das Thema immer mehr gefesselt, es ist beeindruckend gewesen zu erfahren wie die Sonne funktioniert und wie wichtig sie für unser Sonnensystem ist. Jedoch sind das nicht die einzigen Dinge, die wir während der Arbeit gelernt haben. Das Jahr hat dazu beigetragen viel Erfahrung zu sammeln, um mit solch einer Arbeit, welche so ein großes Ausmaß besitzt, umzugehen und vor allem damit Abgabetermine einzuhalten und sich die Zeit sinnvoll einzuteilen.

6.4 Quellen - und Bildverzeichnis

6.4.1 Quellenverzeichnis

- Pentax 75 SDHF Info: http://www.baader-planetarium.de/pentax/pentax.htm
- Video Kamera Info : http://www.teleskop-express.de/shop/product_info.php/info/p824_USB-Kamera---s-w---1280-x-960--Pixel.html
- Photosphäre: http://www.spektrum.de/lexikon/physik/photosphaere/11225

  https://de.wikipedia.org/wiki/Photosph%C3%A4re

  http://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/photosphaere/343
- Fraunhoferlinien: https://de.wikipedia.org/wiki/Fraunhoferlinie
- Aufbau der Sonne: https://astrokramkiste.de/sonne-aufbau

  http://www.ajoma.de/html/sonne1.html

6.4.2 Bildverzeichnis

- Abb. 1: Helligkeit der Fixsterne:

  http://www.leifiphysik.de/astronomie/fixsterne/scheinbare-sternhelligkeit
- Abb. 2: Aufbau der Sonne: http://www.vanaheim.de/sonne.jpg
- Abb. 3: Kernfusion: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/78/FusionintheSun.svg/678px-FusionintheSun.svg.png
- Abb. 4: Plasmagranulation: http://www.scilogs.de/kosmo/gallery/16/25sep02_7057.282-283_color.jpg
- Abb. 5: Fraunhoferlinien: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Fraunhofer_lines_DE.svg/2000px-Fraunhofer_lines_DE.svg.png
- Abb. 6: Die Chromosphäre während einer Sonnenfinsternis: https://de.wikipedia.org/wiki/Chromosph%C3%A4re
- Abb. 7: Durch eine totale Sonnenfinsternis wird die Korona sichtbar: https://astrokramkiste.de/images/sonne/korona.jpg

- Abb. 8: ruhende Protuberanz: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/89/Gro%C3%9Fe_Sonnenprotuberanz.jpg/220px-Gro%C3%9Fe_Sonnenprotuberanz.jpg
- Abb. 9: eruptive Protuberanz: https://de.wikipedia.org/wiki/Protuberanz#/media/File:Giant_prominence_on_the_sun_erupted.jpg
- Abb. 10: Polarlichter:

  https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Red_and_green_auroras.jpg
- Abb. 11: Protuberanzen während einer Sonnenfinsternis: http://www.sternfreunde-kelheim.de/chronik/2006/images/protuberanz.jpg
- Abb. 12: Sonnenfleck: https://www2.mps.mpg.de/images/aktuelles/pressenotizen/pressenotizen_2008/pressenotiz_20080901_1_xga.jpg
- Abb. 13: Penumbra und Umbra
- Abb. 14: Sonnenflecken Typen von A bis I
- Abb. 16: Die DMK: http://nimax-img.de/Produktbilder/normal/11772_1/The-Imaging-Source-DMK-41AU02-AS-Schwarz-Weis-Kamera-USB.jpg
- Abb. 17: Die Empfindlichkeit des Sensors: http://s1.dl.theimagingsource.com/api/2.0/packages/publications/whitepapers-cameras/wpspectsens/4c2de55255/wpspectsens_1.9.en_US.pdf
- Abb. 26: Spaceweather.com Aufnahme der Sonne in Weißlicht: http://www.spaceweather.com/images2016/17feb16/hmi1898.gif?PHPSESSID=i0o6vvohehld3f09a0df5vqgg2

6.5 Persönliche Adresse

Luca Chiriminisi

Mastweg 70

42349 Wuppertal

chiriminisi@unitybox.de

Adrien Halbach

Gärtnerstraße 18a

42369 Wuppertal

peter.halbach@yahoo.de