

(Abb. 1, Sonne)

Sonne

Einfluss der Sonnenaktivität auf das Klima der Erde

Jannek Barthel

Carl-Fuhlrott-Gymnasium

Jahrgangsstufe Q1

Kursleiter: Bernd Koch

Abgabedatum: 20.05.2020

Inhalt

Aufbau:	3
Motivation:	3
These:	3
Sonne:	3
Physikalischer Aufbau:	3
Kern:	4
Strahlungszone	4
Photosphäre	5
Granulation.....	5
Protuberanzen.....	5
Chromosphäre.....	6
Korona	6
Magnetfeld der Sonne.....	7
Daten zur Sonne	7
MK- respektive Yerkes-Klassifikation	7
Spektraltypen	7
Leuchtkraftklassen:	8
Indizien zur Bestimmung der Sonnenaktivität	10
Sonnenflecken:	10
Sonnenfackeln	11
Radiointensität	11
Indirekte Ermittlung aus Radionukliden.....	11
Erklärung Sonnenzyklus.....	11
Daltonminimum	12
Geringe Sonnenaktivität in den Jahren 1880-1914.....	13
Modernes Maximum	13
Prognostiziertes Modernes Minimum	13
Zusammenfassung der Exemplarisch ausgesuchten Phasen der Sonnenaktivität:	13
Auswirkungen der Sonnenaktivität auf das Klima:.....	13
Fazit:	14
Praktischer Teil Anfertigung von Sonnenbildern.....	14
Danksagung:	19
Persönliches Fazit:	19
Selbstständigkeitserklärung:	20

Aufbau:

Die Projektarbeit ist gegliedert in drei Abschnitte. In dem ersten Abschnitt werde ich das Thema Sonne einleiten und die allgemeine Funktionsweise verdeutlichen. Desweiteren wird zu Beginn eine These von aufgestellt welche mit der Projektarbeit belegt oder widerlegt werden soll. Desweiteren wird die praktische Arbeit, die Sonnenfotografie und Erstellung von aufnahmen Thematisiert. Im zweiten Abschnitt werde ich die These Argumentativ anhand von Daten und Fakten analysieren um im letzten Abschnitt ein Fazit zuziehen.

Motivation:

Ich hatte schon für das Thema der Astronomie für einen langen Zeitraum ein gewisses Grundinteresse welchem ich wegen Zeitlicher Einschränkungen bis vor der Q1 nicht nachgehen konnte. Daher bot das Schülerlabor Astronomie mit dem zugehörigen Projektkurs für die Q1 geleitet von Bernd Koch eine äußerst gute und passende Möglichkeit dieses Interesse zu verfolgen. Abseits der Astronomie habe ich desweiteren ein großes Interesse an der Politik sowie der Biologie wodurch ich in Kontakt kam mit dem Thema Klimawandel. Ein Argument welches ich in dem Zusammenhang hörte welches immer wieder aufgetreten ist, ist das es sich bei der Temperaturerhöhung (Klimawandel) um einen natürlichen Vorgang handelt welcher mit einer Änderung der Aktivität der Sonne zu tun hat. Demzufolge habe ich die folgende These aus Äußerungen von Kritikern des Klimawandels zusammengestellt und Untersucht mit den mir zur Verfügung stehenden Mitteln.

These:

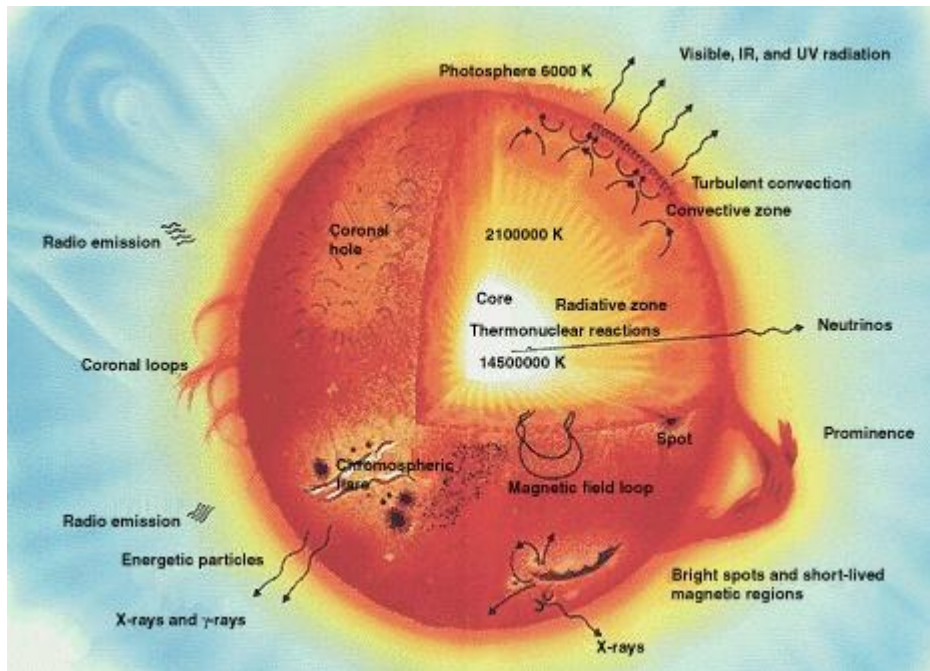
Die Sonnenaktivität beeinflusst aktiv das Klima der Erde und kann Temperaturschwankungen von mehreren Grad Celsius verursachen. Die verschiedenen Sonnenzyklen mit verschiedenen aufeinanderfolgenden Phasen mit geringerer Sonnenaktivität beziehungsweise erhöhter Sonnenaktivität übertragen sich auf die globale Temperatur wenn nicht durch weitere Faktoren beeinflusst.

Sonne:

Die Sonne ist ein Zwergstern im Entwicklungsstadium der Hauptreihe befindet. Die Sonne ist der Mittelpunkt unseres Sonnensystems. Mit einem Durchmesser von 1,4 Millionen Kilometern ist die Sonne rund 110-mal so groß wie der Durchmesser der Erde.

Physikalischer Aufbau:

Die Sonne besteht aus verschiedenen schalenförmigen Zonen welche sich teilweise deutlich abgrenzen lassen.



(Abb. 2: Aufbau der Sonne)

Kern:

Die Hälfte der Sonnenmasse konzentriert sich auf 1,5% des Sonnenvolumens wodurch es zu einer sogenannten Fallbeschleunigung am Rand der Kernzone kommt. Die Fallbeschleunigung sorgt für eine Erhöhung der Schwerkraft um den Faktor x8 (x220 bezogen auf die Erdanziehungskraft) und baut dadurch einen Druck von 200 Milliarden bar auf. Aufgrund geringer Temperaturen von lediglich 15,6 Millionen K (Kelvin, Kelvin ist eine Temperatureinheit welche um 273,15 zum Celsius verschoben ist. 0 Celsius = 273,15 Kelvin. Anwendung vor allem in Naturwissenschaften und Technik zur Angabe von Temperatur.) muss der Kern den Gegendruck alleinig durch die Dichte aufbringen. Um diese Aussage zu präzisieren, die Dichte ist nicht direkt der Gegendruck sondern die Teilchenkonzentration, im Zentrum nahezu 250.000 mol. Dieser Druck erlaubt einen Kernfusionsprozess.

Strahlungszone

Der Sonnenkern wird umhüllt von einer ca. 5 Millionen Kelvin heißen Strahlungszone. Sie verfügt über eine deutlich niedrigere Dichte als im Kern. Aufgrund der niedrigen Dichte können in dieser Zone keine Kernfusionsprozesse ablaufen. Die Strahlungszone umgibt den Sonnenkern wodurch sämtliche freiwerdende Photonen (Lichtteilchen) die Strahlungszone durchqueren müssen. Bei der Durchquerung der Strahlungszone können die Photonen mit Plasmateilchen zusammenstoßen wodurch Photonen reflektiert werden können sodass bis zu 10 Millionen Jahre vergehen können bis ein Photon die Sonne verlässt oder erneut absorbiert wird. Die Strahlungszone nimmt ca. 70% des Sonnenradius ein.

Konvektionszone

Die Konvektionszone folgt auf die Strahlungszone und ist ungefähr 140.000 km breit (20% des Sonnenradius) in ihr werden die Photonen durch Strömungen weitergegeben.

Photosphäre

Sichtbare Oberfläche der Sonne mit einer Dicke von 400 km dünn im Vergleich zu anderen Schichten der Sonne. Die Photonen entweichen aus der Photosphäre in das Weltall bei einer effektiven Temperatur von 5778 Kelvin. In einigen Fällen kann es zu sogenannten Sonnenprotuberanzen kommen bei welchen ein Materiestrom sich von der Sonne löst und in das Weltall geschleudert wird.

Granulation

In der Photosphäre kann beobachtet werden das auf der Sonnenoberfläche kontinuierlich Veränderungen stattfinden. Dies äußert sich in Form einer Ungleichmäßigkeit der Helligkeit da verschiedene Teile der Sonnenoberfläche kontinuierlich abkühlen und absinken und dadurch heißere Wasserstoffgasblasen bilden. Der Durchmesser von einem Granulen beträgt bis zu 1000 Kilometer und ihre Lebenserwartung ist beschränkt auf wenige Minuten.

Protuberanzen

In unregelmäßigen Abständen können Protuberanzen auftreten bei welchen Gasströme von der Sonne in den Weltraum freigesetzt werden. Eine gewöhnliche Protuberanz ragt bis zu 40.000 km in den Weltraum wobei besonders heftige Protuberanzen bis zu 1 Millionen Kilometern in das Weltall hinausschießen können.

Die Bildquelle wurde nicht genannt. Aus rechtlichen Gründen wurde das Bild gelöscht. (Anmerkung Bernd Koch, 11.6.2020)

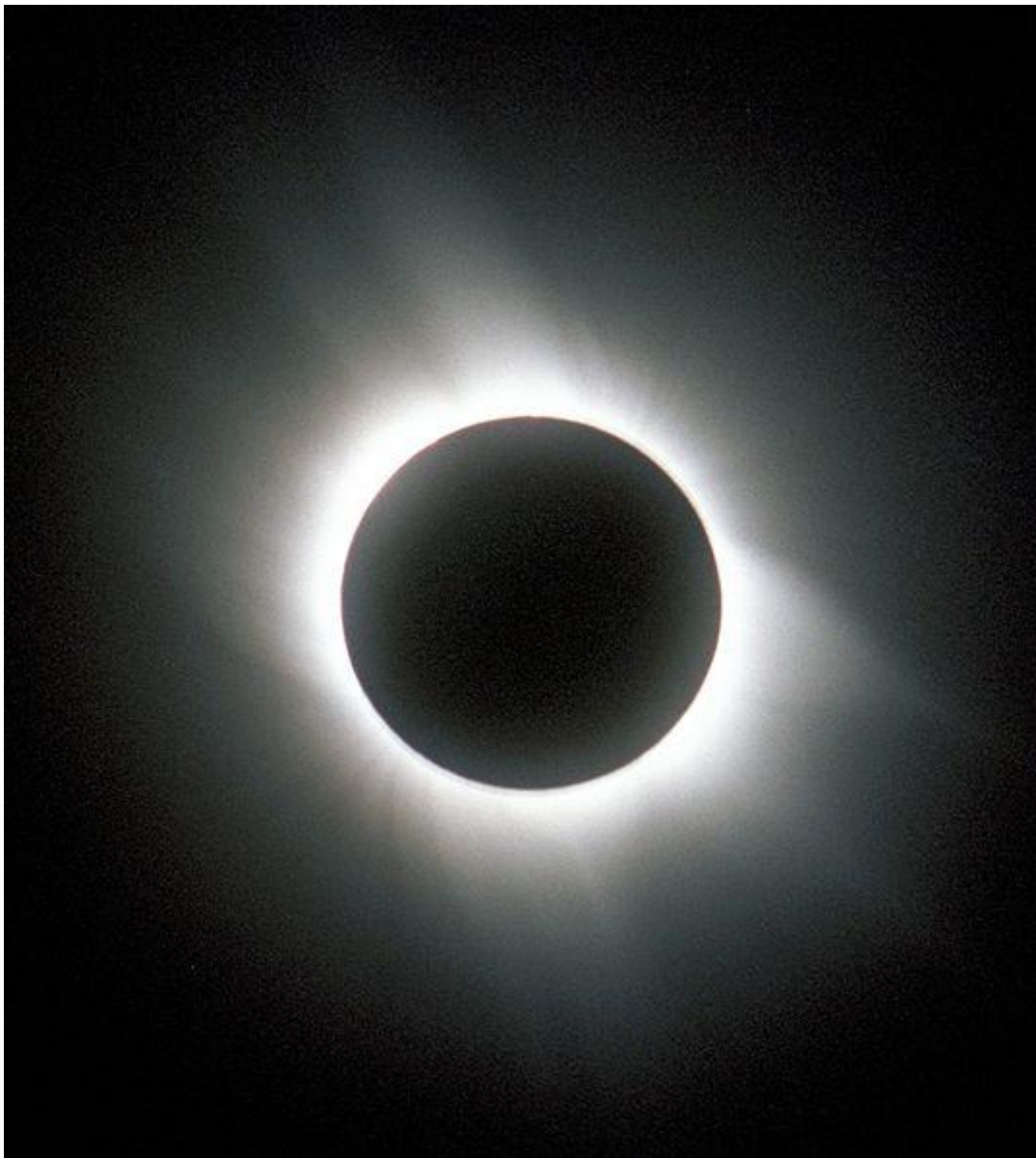
(Abb. 3, Sonnenprotuberanz)

Chromosphäre

Die Chromosphäre umgibt die Photosphäre als 12.000 km Schicht und ist komplex zu beobachten. Bei einer Sonnenfinsternis wird sie zum Beispiel als rötlicher Saum sichtbar welcher die Sonne umgibt oder bei Nutzung von Filtern zur Beobachtung der Chromosphäre. Die Temperatur in dieser Zone beträgt 10.000 Kelvin. In der Chromosphäre findet zudem eine Filterung der Photonen statt wodurch die charakteristischen Fraunhoferschen Linien im Spektrum entstehen. Fraunhofersche Linien ermöglichen die Bestimmung der Chemischen Zusammensetzung der Sonne.

Korona

Die Korona ist lediglich bei einer totalen Sonnenfinsternis zu beobachten. Die Korona kann im deutschen auch als „Krone“ bezeichnet werden. Das Aussehen der Korona verändert sich ständig und ist abhängig vom Sonnenfleckenzyklus.



(Abb. 4, Korona der Sonne bei einer Sonnenfinsternis)

Magnetfeld der Sonne

Das Magnetfeld der Sonne ist ein nahezu unsichtbares Attribut der Sonne aber es lässt sich messen und in Form von Sonnenflecken beobachten. Das Magnetfeld der Sonne ist das größte Magnetfeld im Sonnensystem. Die genaue Funktion des Magnetfeldes ist noch nicht komplett ergründet. Bekannt ist, dass Kraftlinien durch die Sonne laufen an denen der Magnetismus wirkt. Das Magnetfeld sorgt des Weiteren zu sogenannten Sonnenflecken bei welchen die Kraftlinien die Photosphäre durchdringen.

Daten zur Sonne

Die Sonne in unserem Sonnensystem ist klassifiziert, nach Spektralklasse, als G2V Stern. Die Einstufung G steht für die Charakteristiken des Sternes. So besteht die Klasse G aus Calcium (Ca II), Eisen und weiteren Metallen, die Temperatur in Kelvin beträgt 5000-5900 und die abgestrahlten Photonen erscheinen für das menschliche Auge gelblich. Für die feinere astronomische Spektralbestimmung wurden mit der Zeit genauere Einstufungen vorgenommen welche das Spektrum genauer definieren mit den Zahlen 0 bis 9. Der letzte Teil der Einstufung das V steht für die Leuchtkraftklasse, welche im Fall der Sonne V für die römische fünf ist. Die römische fünf steht im konkreten Fall für eine Einstufung als Zwerg (Hauptreihenstern).

MK- respektive Yerkes-Klassifikation

Die MK-Klassifikation auch Yerkes-Klassifikation genannt wurde von William Wilson Morgan, Phillip C. Keenan und Edith Kellman eingeführt.

Bei der MK-Klassifikation handelt es sich um ein zweiteiliges Klassifikationsschema welche aus Spektraltypen und Leuchtkraftklassen besteht. Die einzelnen Teile der Klassifikation können auch einzeln zum Klassifizieren von Sternen verwendet werden.

Spektraltypen

Die Spektralklassen definieren verschiedene Bereiche von Oberflächentemperaturen. Die Klassifikation erfolgt aufgrund von Spektrallinien da durch verschiedene Oberflächentemperaturen unterschiedliche Elemente ionisiert werden.

Kurzdefinition Spektrallinie: Eine Spektrallinie ist das Licht einer definierten Frequenz, welche von einem Atom oder Molekül emittiert oder absorbiert wird. Die Frequenz wird über die Energie des Photons bestimmt.

Die Spektralklassen O-A werden als frühe Spektralklassen eingestuft, F-G als mittlere Spektralklasse und sämtliche weitere Spektralklassen gelten als späte Spektralklassen. Die Bezeichnungen früh, mittel und spät entstammen der mittlerweile überholten Annahme wonach die Spektralklasse ein bestimmungsmerkmal für den Entwicklungsstand eines Sterns.

Für eine genauere Klassifizierung der Sterne werden die einzelnen Spektren in einzelne Klassen eingestuft. Diese gehen von 0-9 wobei ein Stern mit der Klassifikation G0 heißer ist als ein Stern mit der Klassifikation G9. Dies entstand da durch eine Weiterentwicklung von Techniken Spektrallinien genauer bestimmt werden konnten und die Spektralklassen nicht mehr vollends zutrafen.

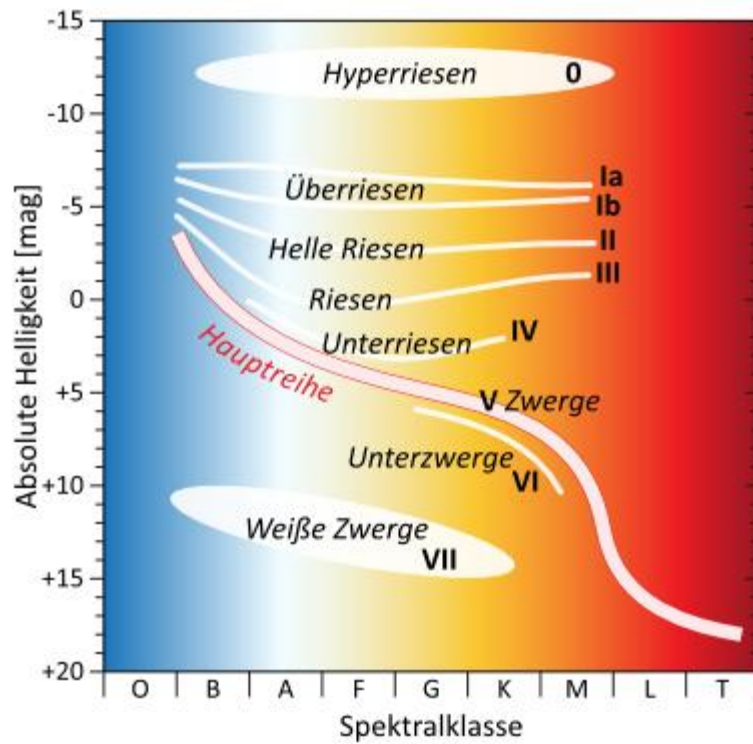
Auflistung der Spektralklassen und eindeutiger Merkmale:

Klasse	Charakteristik	Farbe	Temperatur in <u>K</u>	typ. Masse für Haupt- reihe (<u>M_☉</u>)	Beispielsterne
O	<u>ionisiertes Helium</u> (He II)	blau	30000–50000	60	<u>Mintaka</u> (δ Ori), <u>Naos</u> (ζ Pup)
B	neutrales Helium (He I), <u>Balmer-Serie</u> <u>Wasserstoff</u>	blau-weiß	10000–28000	18	<u>Rigel</u> , <u>Spica</u> , <u>Achernar</u>
A	Wasserstoff, <u>Calcium</u> (Ca II)	weiß (leicht bläulich)	7500–9750	3,2	<u>Wega</u> , <u>Sirius</u> , <u>Altair</u>
F	Calcium (Ca II), Auftreten von Metallen	weiß-gelb	6000–7350	1,7	<u>Prokyon</u> , <u>Canopus</u> , <u>Polarstern</u>
G	Calcium (Ca II), <u>Eisen</u> und andere Metalle	gelb	5000–5900	1,1	<u>Tau Ceti</u> , <u>Sonne</u> , <u>Alpha Centauri A</u>
K	starke Metalllinien, später <u>Titan(IV)-oxid</u>	orange	3500–4850	0,8	<u>Arcturus</u> , <u>Aldebaran</u> , <u>Epsilon Eridani</u> , <u>Albireo A</u>
M	<u>Titanoxid</u>	rot-orange	2000–3350	0,3	<u>Beteigeuze</u> , <u>Antares</u> , <u>Kapteyns Stern</u> , <u>Proxima Centauri</u>

(Wörtlich entnommen aus https://de.wikipedia.org/wiki/Klassifizierung_der_Sterne#MK-_respektive_Yerkes-Klassifikation)

Leuchtkraftklassen:

Innerhalb der Spektralklassen unterscheiden die Spektren sich besonders durch die verschiedene Stärke und schärfe der Absorptionslinien. Allgemein gilt je schmaler, je schärfer eine Absorptionslinie ist desto Leuchtkräftiger ist der Stern. Eine solche Einstufung wird benötigt da Sterne mit der gleichen Temperatur verschiedene Leuchtkraft entwickeln können.

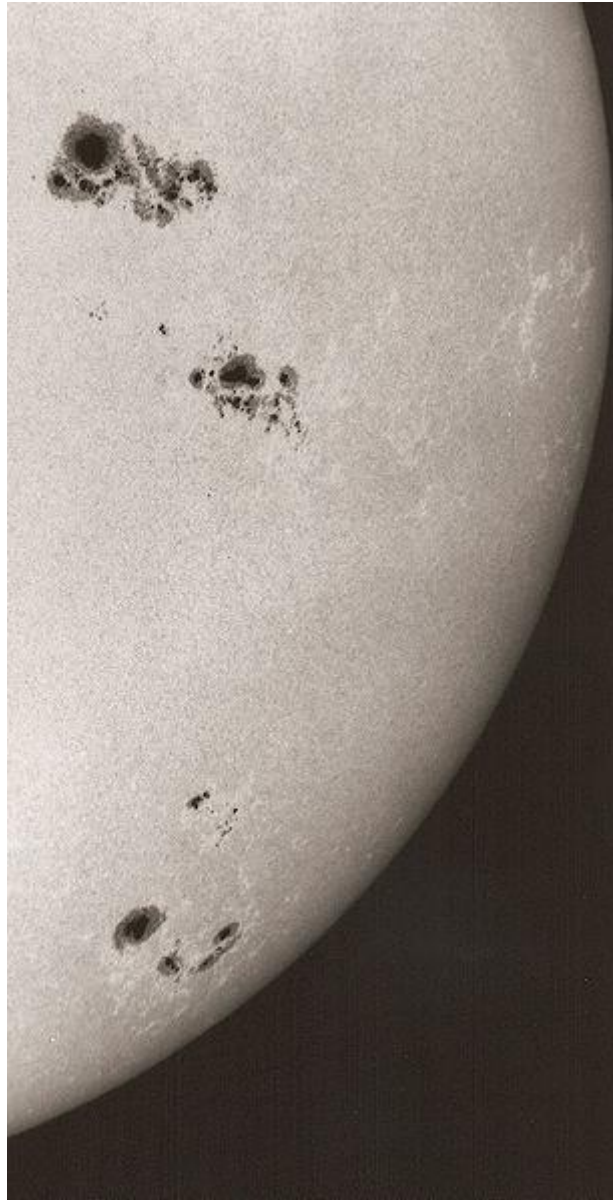


(Abb. 5, Spektralklassen im Vergleich)

- Leuchtkraftklasse O - Hyperriesen
- Leuchtkraftklasse I - Überriesen
- Leuchtkraftklasse II - Helle Riesen
- Leuchtkraftklasse III - Riesen
- Leuchtkraftklasse IV - Unterriesen
- Leuchtkraftklasse V - Zwerge
- Leuchtkraftklasse VI - Unterzwerge
- Leuchtkraftklasse VII - Weiße Zwerge

Indizien zur Bestimmung der Sonnenaktivität

Sonnenflecken:



(Abb. 6, Sonnenflecken auf der Sonne)

Ein Sonnenfleck entsteht wenn das komplexe und nachwievor großteilig unerforschte Magnetfeld der Sonne die Sonne verlässt. Dies sorgt für ein sichtbar werden der Umbra und Penumbra welche kühler sind als der Rest der Sonne und zwar um nicht unwesentliche 2000 Grad. Die Umbra wirkt für uns komplett Schwarz aufgrund des Temperatur Unterschiedes zum Rest der Sonne wobei die Penumbra nichtmehr komplett Schwarz wirkt da die Temperatur an den Rändern des Sonnenflecks wieder ansteigt. Es handelt sich um einen ähnlichen Effekt wie bei der Granulation.

Zur Bestimmung der Sonnenfleckenrelativzahl wird folgende Formel verwendet mit welcher seit dem Jahr 1610 die Anzahl der Sonnenflecken erfasst wurde.

$$R=k(10g+f)$$

R steht für die Anzahl der Sonnenflecken.

k ist ein Korrekturfaktor welcher die Größe des Teleskopes und die aktuellen Sichtbedingungen auf die Sonne mit einbezieht.

g steht für die Anzahl der Fleckengruppen.

f steht für die Zahl der Einzelflecken.

Die Sonnenflecken stellen eine höhere Sonnenaktivität dar, reduzieren jedoch die „Leistung“ der Sonne da Teile der Sonnenoberfläche weniger Energie abstrahlen jedoch besitzen sie eine Begleiterscheinung die Sonnenfackeln welche die Energie anstatt der Sonnenflecken und mehr abstrahlen.

Sonnenfackeln

Die Sonnenfackeln treten im Gebiet um die Sonnenflecken typischerweise auf. Sie bilden ein Gebiet erhöhter Sonnenaktivität mit rund 7200 Kelvin im Gegensatz zu den 5800 Kelvin welche andere Teile der Sonnenoberfläche aufweisen. Desweiteren können sie als Indikator für entstehende Sonnenflecken genommen werden da in einigen Fällen im Bereich der Sonnenfackel ein Sonnenfleck. Die Lebensdauer der Sonnenfackeln übertrifft die, der Sonnenflecken mit ungefähr 15 Tagen im Durchschnitt da die Sonnenfackeln auch fortbestehen kann nachdem der Sonnenfleck verschwunden ist. Im Bereich der Sonnenfackeln ist die Sonnenstrahlung erhöht.

Radiointensität

Bei der Untersuchung der Sonne mittels der solaren Radioastronomie werden die Radiowellen der Sonne von Instituten wie zum Beispiel dem Astrophysikalischen Instituts Potsdam (AIP) aufgezeichnet und Rückschlüsse auf die Sonnenaktivität erstellt. Bei geringer Sonnenaktivität ist das Signal der Sonne stetig, bei steigender kommt es zu Variablen welche die konstanten deutlich übertreffen. Dies passiert durch eine Erhöhung der Intensität der Wellenlängen bei kurzen Wellen im Bereich des 20-40 Fachen und bei hohen Wellenlängen wird das bis zu 100.000 Fache des normalen Wertes erreicht.

Indirekte Ermittlung aus Radionukliden

Bei der Indirekten Ermittlung aus Radionukliden werden die Radionuklide ^{14}C und ^{10}Be analysiert wodurch die Aktivität der Sonne von mehreren Jahrtausenden rekonstruiert werden kann.

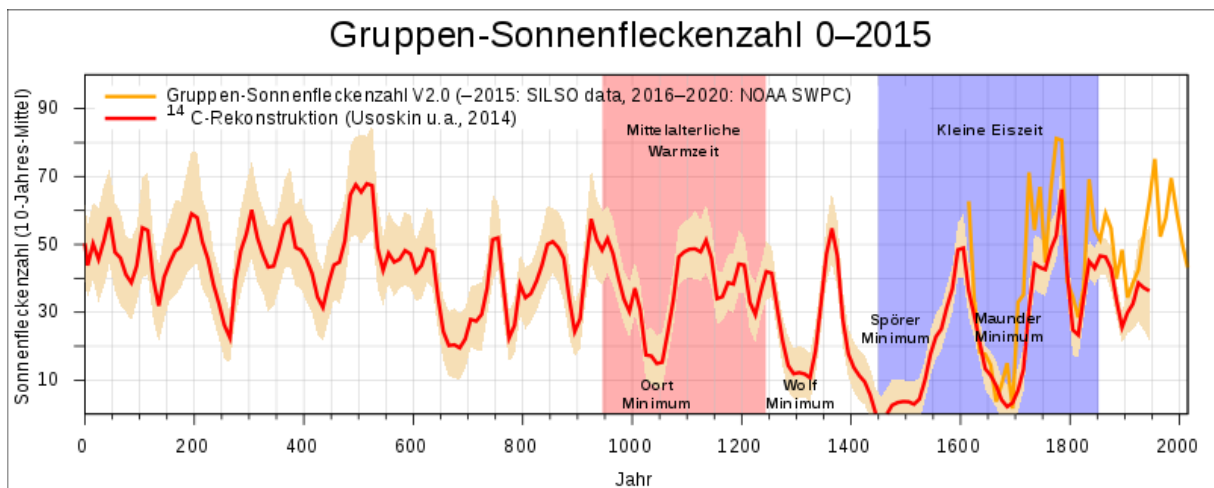
Die Radionuklide entstehen in Zeiten geringer Sonnenaktivität da in jenen mehr energiereiche Kosmische Strahlung die Erde das Erdmagnetfeld durchdringt und in die Atmosphäre gelangt. In der Atmosphäre kommt es zu Wechselwirkungen welche durch eine Kernreaktion die Nuklide ^{14}C und ^{10}Be erzeugt. Die Nuklide werden anschließend in einem komplizierten Transportprozess eingelagert und können zum Beispiel durch Bohrungen nahe der polaren Eisschilden nachgewiesen werden.

Mittels dieser Daten kann die Sonnenaktivität vergangener Jahrtausende rekonstruiert werden ähnlich wie andere Daten bezogen auf die allgemeinen Lebensbedingungen auf der Erde unter anderem auch die Zusammensetzung der Luft welche nicht auffällig war bis auf geringere Kohlenstoff Werte.

Erklärung Sonnenzyklus

Ein Sonnenzyklus dauert durchschnittlich 11 Jahre die Dauer kann aber Variieren zwischen neun und 14-Jahren. Jeder Sonnenzyklus beginnt mit einem Zeitraum minimaler

Sonnenaktivität in welcher die Sonne wenige bis keine Sonnenflecken und Sonnenfackeln zeigt. Bei der ungefähren Hälfte des Zyklus erreicht die Sonnenaktivität ein temporäres Maximum nach welchem die Sonnenaktivität sich größtenteils in Form von Protuberanzen entladen hat. Am Ende des Sonnenzyklus mit dem Erreichen eines erneuten Zeitraums minimaler Sonnenaktivität kommt es zu einer Umpolung des Magnetfeldes. Wie diese Umpolung des Dipolen Magnetfeldes stattfindet ist nicht bekannt jedoch gibt es Thesen der Universität Stanford wonach besonders starke Sonnenprotuberanzen beim Maximum der Auslöser für eine Umpolung sein könnten.



(Abb. 7: Sonnenfleckenanzahl mit rekonstruierten Daten)

Seit dem Jahr 1700 liegen detaillierte Grafiken vor welche den Verlauf der Sonnenaktivität präzise unter Rekonstruktion der Sonnenaktivität nach den obig genannten Indikatoren. Auch wenn eingeschränkt die ersten 53 Jahre des Graphen gesehen werden müssen da für sie keine eindeutigen Monatswerte vorliegen. Auf dem Graphen können 4 herausstechende Stellen mit minimal Werten oder maximal Werten festgelegt werden an welchen ich Schlüsse ziehen werde.

1. Daltonminimum
Massiver abfall der Sonnenaktivität welcher zwei Sonnenzyklen anhält und sich auf ungefähren Durchschnittswerten wieder fängt.
Beginn mit dem Sonnenzyklus ab 1790 endet 1830.
2. Geringe Sonnenaktivität in den Jahren 1880-1914.
3. Modernes Maximum 1914-2000.
Endet abrupt mit einem Abfall der Sonnenaktivität bezogen auf den nächsten Zyklus.
Es ist keine typische Abflachung der Kurve zu erkennen.
4. Übergang vom Modernen Maximum in ein prognostiziertes Modernes Minimum

Das Maunder Minimum ist nicht mit analysiert worden da Aufzeichnungen in der Qualität wie für die anderen analysierten Sonnenzyklen nicht vorliegen.

Daltonminimum

Das Daltonminimum hat nach genauerer Recherche keine Aussagekraft bezüglich des Einflusses der Sonnenaktivität da weitere Umweltfaktoren eine entscheidende Rolle spielen. So kam es zur Tambora-Eruption welche die größte Vulkaneruption darstellte seit über 20.000 Jahren und dadurch das Klima entscheidend veränderte. Jedoch kann dennoch eine verringerte Sonnenaktivität als untergeordnetes Indiz gelistet werden.

Geringe Sonnenaktivität in den Jahren 1880-1914

In den Jahren 1880 bis 1914 kam es zu einem Zeitraum mit reduzierter Aktivität. Besonders ist das zu diesem Zeitpunkt keine Klimatischen Veränderungen auftraten welche das Weltklima senken konnten. Zu beobachten an der globalen Temperatur ist ein leichter Abfall der Temperatur für den es keine bekannte Klimatische Veränderung gibt welche für einen solchen Temporären abfall von ungefähr 0,1 Grad Celsius erklären könnte. Besonders ist zudem, dass damit der Trend einer steigenden Temperatur nach dem Daltonminimum gestoppt wurde.

Modernes Maximum

Während des Modernen Maximums ist mit dem einsetzen des Klimawandels durch Treibhausgase zu rechnen. Zu welchem Zeitpunkt dies geschieht ist nicht eindeutig festzustellen jedoch liegt das ungefähre Jahr 1960 nahe. Da dort mit dem Erreichen des Modernen Maximums es zu einem äußerst kurzen Stopp der Erderwärmung gekommen ist. Daraus kann gefolgert werden, dass die Sonnenaktivität einen Einfluss auf die Klimatischen Bedingungen auf der Erde hat.

Prognostiziertes Modernes Minimum

Folgend auf die fortlaufende Erderwärmung während und nach dem Modernen Maximums folgt das prognostizierte Moderne Minimum. Dieses Minimum ist noch nicht erreicht jedoch deuten vergangene Zyklen der Sonnenaktivität auf ein Minimum hin. Die Sonnenaktivität der vergangenen Zyklen lag bereits deutlich unter den Durchschnittswerten vergangener Zyklen.

Zusammenfassung der Exemplarisch ausgesuchten Phasen der Sonnenaktivität:

Bei allen Exemplarisch ausgesuchten Phasen der Sonnenaktivität können Tendenzen im Klima erkannt werden. Besonders ausgeprägt sind Tendenzen aus der frühen Zeit der Industrialisierung (Daltonminimum, Geringe Sonnenaktivität 1880-1914) im Gegensatz dazu hat das Ende des Modernen Maximums lediglich geringfügige Auswirkungen auf die Klimatischen Bedingungen gehabt. Bei dem Modernen Minimum sind keine Auswirkungen zu erkennen.

Auswirkungen der Sonnenaktivität auf das Klima:

Im direkten Vergleich der Globalen Temperatur und der Sonnenaktivität können parallelen zwischen Temperatur und Sonnenaktivität festgestellt werden. Als Beispiel hierfür können die Exemplarisch ausgewählten Maximal beziehungsweise Minimal Phasen der Sonnenaktivität genutzt werden. Der Theorie zufolge müsste die Sonne in Phasen erhöhter Sonnenaktivität oder reduzierter Sonnenaktivität die Temperatur um mehrere Grad Celsius (oder Kelvin) verändern, dies ist aber in keinem der betrachteten Fälle der Fall wodurch Temperaturschwankungen um mehrere Grad Celsius (oder Kelvin) im analysierten Bereich der Weltgeschichte allein durch Sonnenaktivität nicht möglich sind. Demzufolge kann die These bereits insofern widerlegt werden, dass die Sonne keine Veränderung des Klimas der Erde um mehrere Grad Celsius ohne weitere Faktoren herführen kann. Gestützt wird dies von der Phase einer geringen Sonnenaktivität von 1880-1914 in welcher die globale Temperatur sich lediglich um 0,1 Grad Celsius (oder Kelvin) sinkt. Besonders ist bei dieser Phase das keine weiteren bedeutenden Umweltfaktoren eine Rolle spielen. Einzige Einschränkung wäre das bereits mögliche Einsetzen eines Treibhaus Effektes. Dies ist da die Industrialisierung

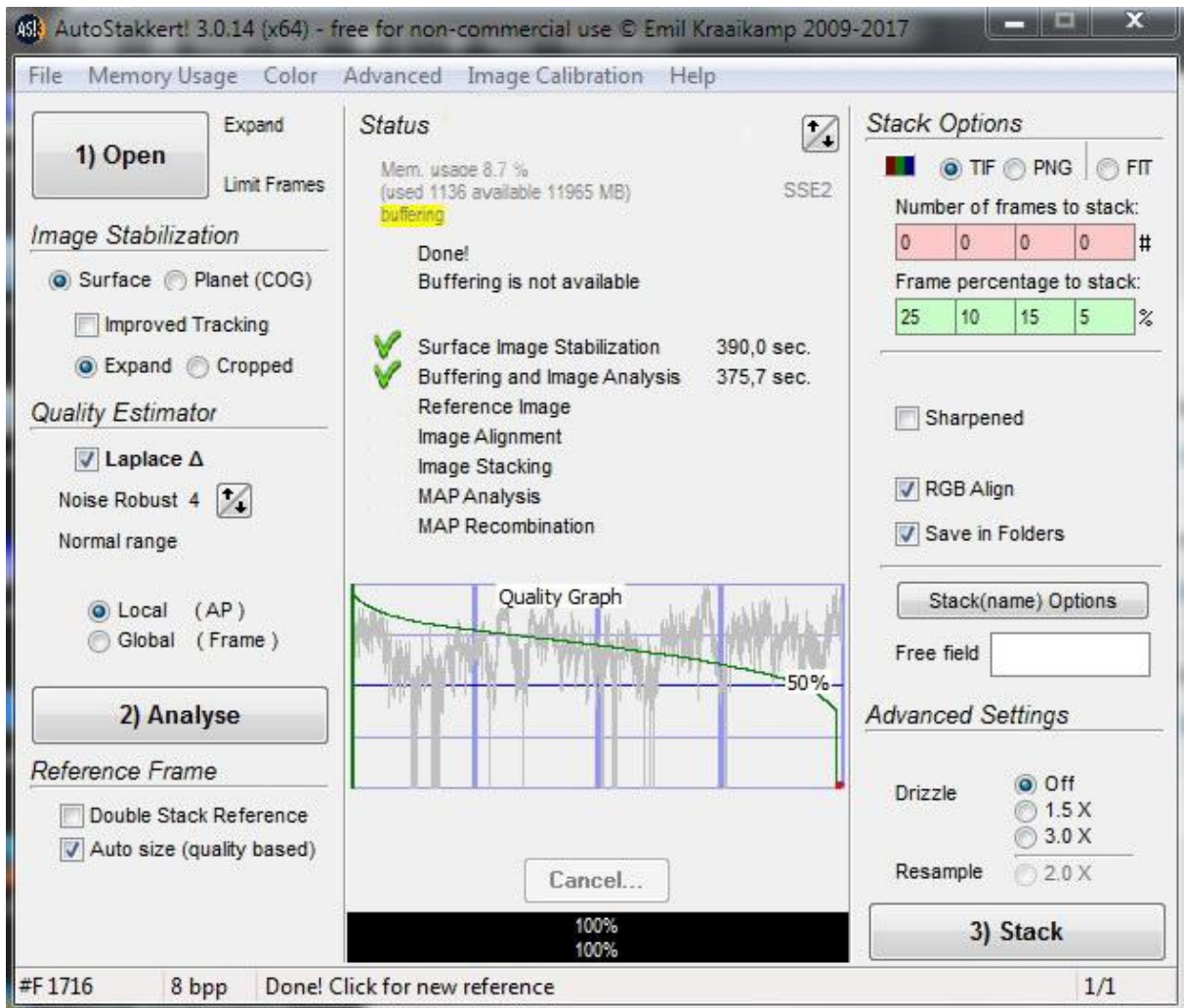
bereits lief und Treibhausgase (z.B. Methan oder Kohlenstoffdioxid (CO₂)) freigesetzt worden sind. Die Treibhausgase sind eine unbekannte Variable die nicht festgelegt werden kann da zum einen die Aufzeichnungen bis 1950 ungenau sind und desweiteren auch mit der Konzentration an Gasen bisher die Erwärmung der Erde durch die Gase nicht Isoliert analysiert werden konnte. Mit der steigenden Sonnenaktivität zum Modernen Maximum geht eine Erwärmung der Globalen Durchschnittstemperatur einher welche kurz vor 1970 mit dem Abfall der Sonnenaktivität stagniert. Dies ist ein deutliches Indiz auf eine Mitwirkung der Sonne zur Bildung des Klimas. Die Stagnation der Globalen Erwärmung hält nicht lange an und beginnt wieder zu steigen. Spätestens ab 1980 geht die Sonnenaktivität drastisch zurück und beginnt sich dem prognostizierten Modernen Minimum zu nähern. Ab diesem Zeitpunkt ist eine kurzfristige Relevanz der Sonne auf das Klima auszuschließen. Die erhöhte Aktivität der Sonne kann das Klima der Erde minimal bis zum Jahr 1970 erwärmt haben. Jedoch kann spätestens ab 1980 festgestellt werden das die Veränderungen des Klimas welche sich im letztem Jahrhundert ereignet haben, nicht oder minimal von der Sonne ausgehen. Zu bedenken gilt der geringe Zeitraum der Analysierbar ist. Die weitreichendsten Daten bezüglich Sonnenaktivität reichen 12.000 Jahre zurück wobei diese Indirekt über die Radionuklide ermittelt worden sind und nicht akkurat sind wie moderne Werte. Das gleiche trifft auf die Aufzeichnung der Temperatur zu.

Fazit:

Die Sonnenaktivität hat keinen bis minimalen Einfluss auf die Globale Temperatur kurzfristig gesehen. Ihre Wirkung tritt üblicherweise in Kombination mit weiteren Naturereignissen auf und kann Verstärkend wirken ist jedoch nicht der Hauptfaktor. Die verschiedenen Phasen der Zyklen zeigen keine Messbaren Veränderungen der Temperatur auf der Erde. Eine Phase stellt hier einen Abschnitt eines Zyklus dar, hier konkret Maximum eines Zyklus und Minimum eines Zyklus. So kann die erhöhte Sonnenaktivität den Temperatur Anstieg in den Jahren 1920-1960 begünstigt haben jedoch ist die Sonne allgemein gesehen kein treibender Faktor da spätestens nach dem Abfall der Sonnenaktivität die Temperaturen auf ein altes Maß langsam fallen müssten. Ein gegenteiliger Effekt ist zu beobachten. Die Sonne kann jedoch langfristig einen erheblichen Einfluss auf das Klima haben der mit den vorliegenden Datensätzen nicht untersucht werden kann.

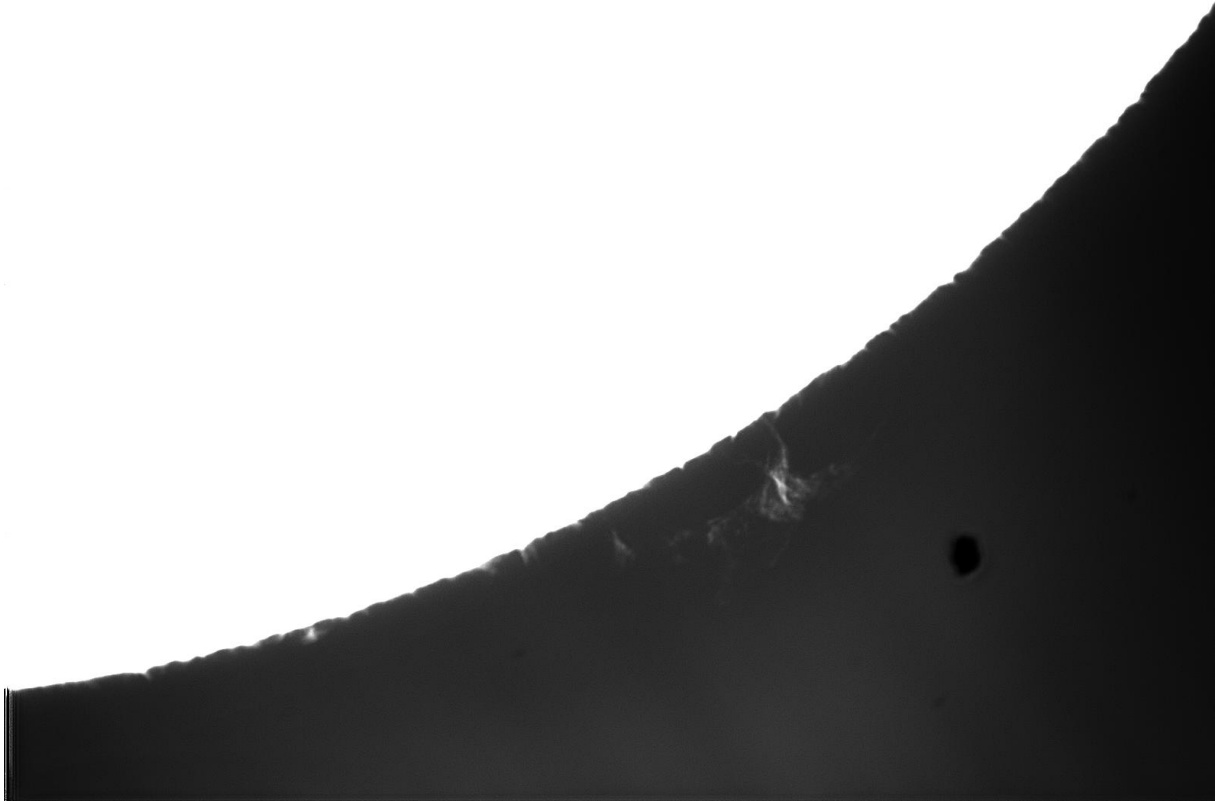
Praktischer Teil Anfertigung von Sonnenbildern

Im Rahmen meiner Arbeit habe ich an einem Mittag die Sonne, mit dem Teleskop auf Station 7 der Sternwarte (Planewave CDK 20-Teleskop mit 50cm Öffnung auf einer 10Micron GM4000HPS-Montierung), beobachtet. Die Aufnahmen wurden gemacht mit folgender An diesem Tag waren durch das aktuelle Minimum keine Sonnenflecken zusehen. Auch Sonnenprotuberanzen waren selten. Am beobachtungstag dem 20. November 2019 waren die Bedingungen wechselhaft wodurch viele aufnahmen nicht auswertbar waren durch Wolkendurchzug. Einige Auswertbare Aufnahmen bei welchen durchaus sehenswerte Aufnahmen entstanden sind waren dennoch dabei.



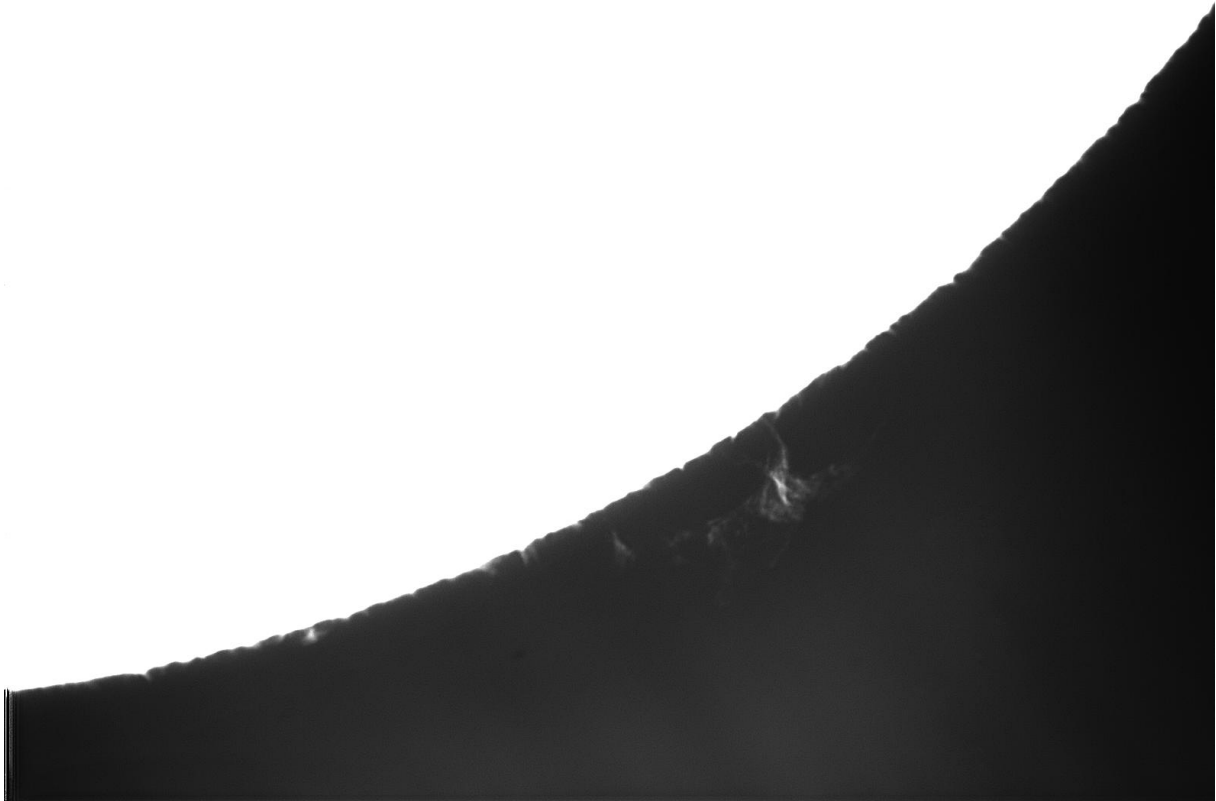
(Abb. 8: Screenshot, Autostakkert beim Stakken des Videos)

Die dargestellten Aufnahmen sind entstanden am 20.11.2019 um 12:22,03 und an folgenden Terminen bearbeitet worden.



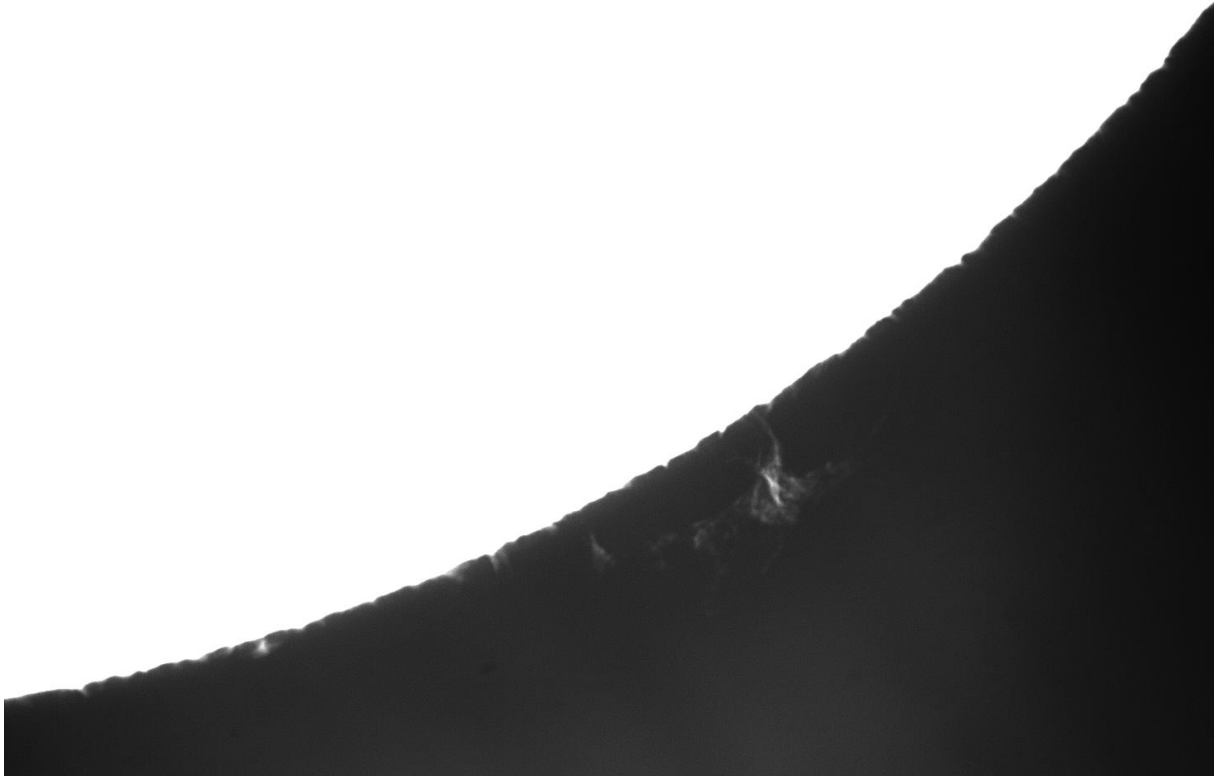
(Abb. 9: Sonnenprotuberanz, unbearbeitet)

Nach dem „Stacken“ durch das Programm AutoStakkert konnte eine saubere Sonnenprotuberanz eindeutig festgestellt werden (Abbildung 9.). Auf der Aufnahme ist eine Verunreinigungen eindeutig zusehen sowie ein kleiner Fehler beim Stacken der Datei am linken unteren Bildrand.



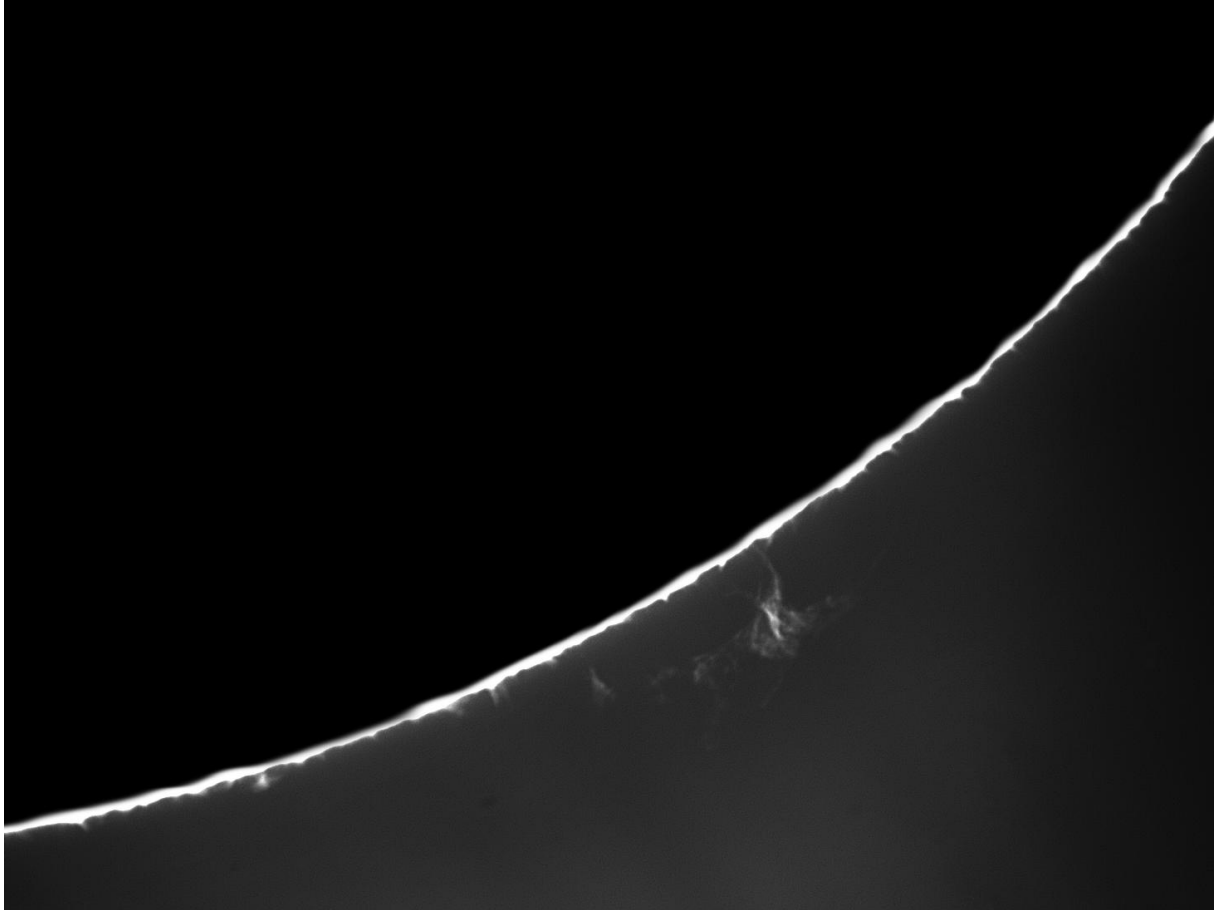
(Abb. 10: Sonnenprotuberanz, Bildfehler retuschiert)

Mittels mehrmaliger Anwendung des sogenannten „Bereichsreperatur-Pinsel-Werkzeugs“ des Programms Adobe Photoshop wurde die Verunreinigung retuschiert. Hierbei wurde der die betroffene Stelle vollends bedeckt und dieser Prozess wiederholt bis das (vermutliche) Staubkorn nichtmehr auf der Aufnahme zu sehen war.



(Abb. 11: Sonnenprotuberanz, retuschierte Bild zugeschnitten)

Um den Rechenfehler zu entfernen ist das Bild zugeschnitten worden. Verwendet worden ist konkret das „Freistellen“ Werkzeug des Programms Adobe Photoshop.



(Abb. 12: Sonnenprotuberanz, zugeschnittenes retuschiertes Bild mit Schwarzer Abdeckung über der Sonne)

Danksagung:

Ich danke allen welche mich in jeglicher Art bei meiner Projektarbeit unterstützt haben. Die Arten wie ich unterstützt worden bin waren vielfältig. Aus den Diskussionen und einhergehenden Ermutigungen habe ich Ideen und Kraft geschöpft um diese Projektarbeit zu schreiben. So können aus Scherzen, Videos zusammenzufügen, plötzlich unglaubliche Bilder entstehen in welchen unglaubliche Zeitliche aufwände stecken. Zuallerletzt und am wichtigsten ist es jedoch Bernd Koch zu danken, welcher als Projektkursleiter im Bedarfsfall mit Rat und Tat beiseite stand und sich die Zeit genommen hat selbst die trivialsten Fragen über die Astronomie zu beantworten. Allgemein ist ebenfalls dem Schülerlabor Astronomie am CFG zu danken mit allen Sponsoren und mitwirkenden denn ohne sie wäre diese Projektarbeit nichtmöglich gewesen.

Persönliches Fazit:

Ich habe im Laufe der Projektarbeit erkannt das solche Arbeiten nicht mein Ding sind wie es doch so schön heißt. Ich bin was die Erfassung von Daten und schreiben angeht eher ein Sprinter als ein Marathonläufer wodurch am Ende die Arbeit nicht so geworden ist wie ich sie mir vorgestellt habe. An manchen Stellen sieht man meine „Sprinter“ Tendenzen welche sich

besonders bei der Bearbeitung des Videos in den letzten Wochen zeigten jedoch mangelt es dann an anderen Aspekten. Für mich ist die Astronomie ein wichtiges Erlebnis welches ich gemacht habe und ich kann mir vorstellen erneut ein Astronomisches Projekt zu verfolgen jedoch dann mit einem kurzfristigen Ziel anstatt einer langwierigen Auseinandersetzung mit einem Thema.

Selbstständigkeitserklärung;

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titelselbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die den verwendeten Quellen und Hilfsmitteln wörtlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Ich bin damit einverstanden, dass die von mir verfasste Arbeit der schulinternen Öffentlichkeit der Schule zugänglich gemacht wird.

Anhang:

Bildquellen:

Anmerkung: Sämtliche Bildquellen die ausgewählt wurden verweisen explizit auf die Nutzbarkeit nach konkreten Maßstäben. Diese Maßstäbe werden mit der hiesigen Nennung als Quelle erfüllt.

Abb. 1: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sun920607.jpg>

Abb. 2: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sun_parts_big.jpg

Abb. 3: Jannek Barthel, durch Merfachstacking ausgewählter Videoausschnitte

Abb. 4: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sofi2006.jpg>

Abb. 5: <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektralklasse>

Abbildung 5 ist mittels eines Screenshots von der angegebenen Seite erstellt worden.

Abb. 6: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspots.JPG>

Abb. 7: <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Sunspots-reconstructed-0-2015-de-mca.svg>

Abb. 8: Screenshot, Jannek Barthel, AutoStakkert

Abb. 9: Identisch zu Abbildung 3.

Quellen:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Daltonminimum>

https://de.wikipedia.org/wiki/Interplanetares_Magnetfeld

https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_cycle

https://de.wikipedia.org/wiki/Solare_Radioastronomie

Arnold Hanslmeier: *Einführung in Astronomie und Astrophysik*. Spektrum Verlag, 2. Auflage 2007.

<https://de.wikipedia.org/wiki/Radioastronomie>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Klimageschichte>

Gordon D. Holman: *Explosive Sonne*. Spektrum der Wissenschaft, Juni 2006

Allan Fallow u. a.: *Die Sonne*. Time-Life-Bücher, Amsterdam 1992,

https://de.wikipedia.org/wiki/Klassifizierung_der_Sterne#MK-_respektive_Yerkes-Klassifikation

<https://de.wikipedia.org/wiki/Spektrallinie>

<https://lp.uni-goettingen.de/get/text/7004>

<https://lp.uni-goettingen.de/get/text/7158>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonne>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptreihe>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hertzprung-Russell-Diagramm>

<https://astrokramkiste.de/sonne-aufbau>

J. Bennett, M. Donahue et al.: *Astronomie. Die kosmische Perspektive* (Hrsg. [Harald Lesch](#)), 5., aktualisierte Auflage

<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnenfleck>

Sonstige Quellen

Auswertung erfolgt aber keine direkten Bezüge hergestellt:

https://www.eike-klima-energie.eu/wp-content/uploads/2019/07/solar_1.png

[https://www.eike-klima-energie.eu/wp-](https://www.eike-klima-energie.eu/wp-content/uploads/2017/05/2015.02.xx_Klima_konkret_hiatus_Climate-Service-Center_K_1_3_K_1.jpg)

[content/uploads/2017/05/2015.02.xx_Klima_konkret_hiatus_Climate-Service-Center_K_1_3_K_1.jpg](https://www.eike-klima-energie.eu/wp-content/uploads/2017/05/2015.02.xx_Klima_konkret_hiatus_Climate-Service-Center_K_1_3_K_1.jpg)

<https://mathematika.de/wp-content/uploads/2016/02/d30.gif>

https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Lebenszyklus_der_Sonne.svg

<https://astrokramkiste.de/sonne-aufbau>