

Auf die Sonne geschaut

In Bezug auf den Kurzbeitrag „GREGOR-Teleskop nimmt gestochen scharfe Bilder auf“ in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ 12/2020, Zielgruppe: Unter- bis Mittelstufe, WIS-ID: 1421044

Oliver Debus

Die Sonnenbeobachtung ist ein weites Feld und gibt auch Amateuren und Schülern Möglichkeiten zur Beschäftigung. Der WIS-Beitrag gibt einen Einblick in das Thema der Sonnenbeobachtung und in die optischen Grundlagen der Teleskoptechnik. In der Praxisanwendung lernen die Schüler, wie sie die Sonne mit einem selbst gebauten Sonnenfilter oder mit einem kleinen Sonnenprojektor beobachten können.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Sterne, Astropraxis	Sonne, Sonnenbeobachtung, Teleskop, Sonnenfilter
Fächer- verknüpfung	Astro-Technik	Selbstbau-Sonnenfilter
Lehre allgemein	Kompetenzen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung), Unterrichtsmittel	Lesekompetenz, Wissensabfrage, Recherche, kennen Möglichkeiten der Sonnenbeobachtung, können Sonnenfilter selbst herstellen, Aufgaben, Arbeitsblatt, Anleitungsvideos



Abbildung 1: Teleskop und Fernglas mit selbstgebauten Objektivsonnenfilter. © Oliver Debus.

Die Sonne im Detail

Die Sonne ist das mit Abstand größte und massereichste Objekt in unserem Sonnensystem. Von der Gesamtmasse des Systems entfallen allein fast 99,9 % auf die Sonne. Der Rest steckt in den Planeten, Monden, Asteroiden, Kometen und planetarem Staub. Ihre Gravitation zwingt die Planeten auf ihre Bahnen. Ihr Licht lässt Planeten und Monde aufleuchten und verwandelt die eher unscheinbaren Kometen in spektakuläre Himmelserscheinungen. Ihr täglicher Lauf ist Taktgeber für das irdische Leben. Auch wenn unseren Vorfahren diese Zusammenhänge nicht bekannt waren, erkannten sie doch die besondere Bedeutung unseres Zentralgestirns als Quelle des Lebens auf der Erde. Die Sonne schickt Licht und Wärme und lässt die Natur erblühen.

Die Erfindung des astronomischen Teleskops und seine Anwendung zur Himmelsbeobachtung durch Galileo Galilei ließ Astronomen auch die Sonne ins Visier nehmen. Sie entdeckten, dass deren Oberfläche von Zeit zu Zeit dunkle Stellen aufwies, die Sonnenflecken. Sie erkannten, dass die Zahl der Sonnenflecken in einem Zyklus von gut 11 Jahren ansteigt und wieder abfällt. Mit besser werdenden Instrumenten fand man auf der einstmals so perfekt anzusehenden Sonne neben den Sonnenflecken immer mehr Details, wie Filamente, Fackeln etc. Mit speziellen Sonnentelestopen wurden am Rand der Sonnenscheibe Gasausbrüche sichtbar, die wir als Protuberanzen bezeichnen. Und sogar auf der scheinbar gleichmäßigen, ungestörten Sonne entdeckte man Anzeichen, dass es auf der Sonne zugeht wie in einem Topf mit kochendem Wasser. Die Granulation zeigt aufsteigende und abfallende Gasmassen an, die mal größer, mal kleiner sind.

Die Raumfahrt erlaubte die Sonne nun auch vom Weltraum aus zu beobachten und brachte uns neue Erkenntnisse über die Physik der Sonne, die uns das Innenleben der Sonne verstehen lässt und die Wechselwirkung zwischen Sonne und Erde, die uns einen neuen Blick auf unser Zentralgestirn gewährt. Weltraumobservatorien wie SOHO, Stereo, SDO oder Solar Orbiter haben unsere Sonne genau im Blick.

Durch die Sonnenforschung verstehen wir, wie wichtig die Sonne für das irdische Leben ist, wie sie das Wetter und auch das Klima beeinflusst. Wir sehen sie aber auch als ständige Gefahrenquelle besonders für unsere technische Zivilisation. Von der Sonne geht ein beständiger Strom geladener Teilchen, wie Protonen, Heliumkerne und Elektronen aus. Wir nennen das den Sonnenwind. Von Zeit zu Zeit kann sie besonders viele dieser Teilchen herausschleudern und es entwickeln sich Sonnenstürme. Treffen diese auf die Erde, sehen wir nicht nur Nordlichter am Himmel, nein, diese Stürme können schwere Schäden an unserer Stromversorgung und an unserer Kommunikationsinfrastruktur verursachen. Es ist wie beim Wetter, je genauer wir die Sonne und die Vorgänge auf ihr beobachten, desto genauer können wir das Weltraumwetter bestimmen und so Vorkehrungen bei drohenden Extremereignissen treffen.

Mit dem Sonnentelestokp GREGOR, das Teil des Observatoriums del Teide auf der kanarischen Insel Teneriffa ist, konnten die Forscher nun Bilder der Sonnenoberfläche mit besonders großer Auflösung machen. Diese Bilder zeigen Details der Sonne mit einer Größe von nur 50 km. Damit ist es möglich Magnetfelder, Turbulenzen, Sonnenflecken und Sonneneruptionen im Detail zu untersuchen.

Die Sonne im Modell

Wie bereits beschrieben, ist die Sonne der mit gewaltigem Abstand größte Himmelskörper in unserem Sonnensystem. Sie übertrifft den Gasriesen Jupiter, den größten Planeten, im Durchmesser um das Zehnfache und in der Masse um das Tausendfache. Um die Größenverhältnisse der Sonne besser zu verstehen, möchten wir sie einmal im Modell verkleinert darstellen (siehe Abb. 2). Zunächst schauen wir uns ein paar Daten der Sonne an und vergleichen diese mit der Erde. Unser Zentralgestirn ist ein gewaltiger, hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium bestehender Gasball mit einem Durchmesser von gut 1,392 Millionen km. Wollten wir den Sonnendurchmesser mit Erdkugel darstellen, so bräuchten wir 109 Erdkugeln mit einem Durchmesser von 12,756 km.

Die Sonnenmasse beträgt unvorstellbare 1,99 Quintillionen (10^{30}) kg, was gut 333.000 Erdmassen entspricht. Wollten wir den Sonnenball mit seinem Volumen von gut 1,4 Trillionen km^3 ausfüllen, so bräuchten wir annähernd 1,3 Millionen Erdkugeln. Im Mittel ist die Erde gut 149,6 Millionen km von der Sonne entfernt. Diese Entfernung bezeichnet man in der Astronomie als Astronomische Einheit. Der wahre Durchmesser des Sonnenballs und seine Entfernung zur Erde sorgt dafür, dass die Sonne uns am Himmel als ein Scheibchen mit einem scheinbaren Winkeldurchmesser von gut einem halben Winkelgrad oder 30 Bogenminuten groß erscheint.

Auf Grundlage dieser Daten von Sonne und Erde wollen wir nun ein maßstabgerechtes Modell von Sonne und Mond erstellen und sowohl die Größe beider als auch die Entfernung zu einander um einen Faktor von 1 Milliarde verkleinern. Wie groß werden im Maßstab 1:1 Milliarde die Sonne und die Erde werden und im welchem Abstand stehen beide zu einander? Dies gilt es heraus zu finden. Daraufhin kann man ein entsprechende Abstandsmodell auf dem Schulhof realisieren. Spannend wird es nun zu zeigen, wie groß ein vom GEGOR Teleskop auf der Sonne beobachtete Detail von einer Größe von 50 km in unserem Modell ist.

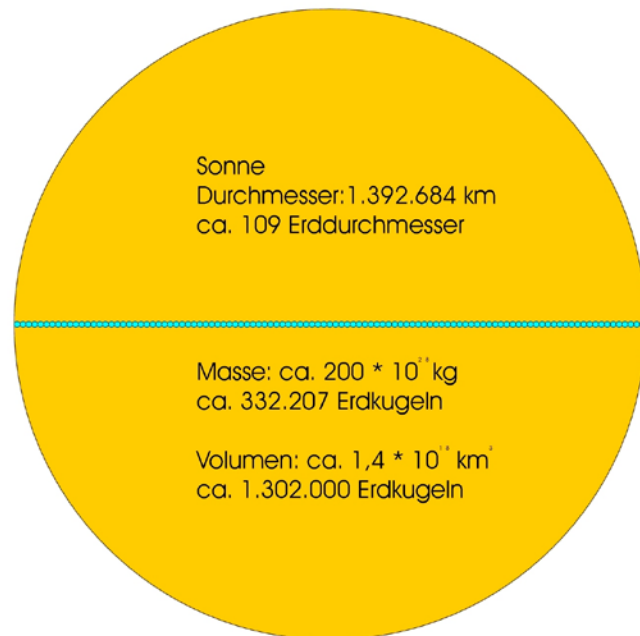


Abbildung 2: Die Größe der Sonne im Vergleich zur Erde.
© Oliver Debus.

Sonne und Erde

Welchen Einfluss die Sonne auf die Erde hat, das ist das Untersuchungsgebiet der aktuellen Sonnenforschung und der auf Satelliten gestützten Erdbeobachtung, wie sie auch von der europäischen Raumfahrtorganisation ESA betrieben wird. Aktuell betreibt die ESA zwei Satelliten Missionen, um das irdische Magnetfeld genau zu untersuchen und den Einfluss Sonnenwindes darauf zu bestimmen. Die 4 Cluster II umkreisen die Erde in elliptischen Bahnen und messen das Magnetfeld in einem Bereich von etwa 16.000 km – 120.000 km Entfernung. Die drei SWARM-Satelliten umkreisen die Erde in Höhen von etwa 440 km – 520 km und erforschen dabei das Magnetfeld nahe der Erdoberfläche.

Der offensichtlichste Einfluss der Sonne auf die Erde können wir mit dem Wetter beobachten. Die Sonne erwärmt die Erdoberfläche und die Meere. Diese erwärmen die darüber liegende Luft, die nun aufsteigt. So wird die Luft in Bewegung gebracht und es entstehen Tiefdruckgebiete und bei fallender Luft Hochdruckgebiete.

Neben der elektromagnetischen Strahlung kommt von der Sonne der sogenannte Sonnenwind, bestehend aus geladenen Teilchen. Diese sind hauptsächlich negativ geladenen Elektronen und positive Protonen (Wasserstoffkerne), sowie in geringerer Menge Heliumkerne. Bei einem koronalen Massenauswurf setzt die Sonne besonders viele von diesen Teilchen frei und es entsteht ein Sonnensturm. Trifft dieser nun auf die Erde, werden die geladenen Teilchen vom Erdmagnetfeld zu den Polen hin abgelenkt. Hier können sie tief in die Atmosphäre eindringen und mit den Luftmolekülen wechselwirken. Auf diese Weise entstehen die Polarlichter.

Der Einfluss kann aber auch sehr viel heftiger ausfallen. Besonders unsere hochtechnisierte Zivilisation kann durch besonders starke elektromagnetischen Stürme in Mitleidenschaft gezogen werden. So bricht bei Sonnenstürmen die Funkverbindung zusammen, da die die Funkwellen reflektierende Atmosphärenschicht, die Ionosphäre, gestört wird. Unser Energienetz ist anfällig für durch Sonnenstürme in Überlandleitungen und Leistungstransformatoren induzierte Spannungen, die das Stromnetz überlasten und zum Ausfall bringen können. Die satellitengestützte globale Kommunikation, die Navigation und weitere auf erdumkreisende Satelliten beruhende Infrastrukturen können von solchen Extremereignissen massiv gestört werden. Satelliten können ausfallen oder sogar aus ihrer Bahn gebracht werden und so zur Gefahr für andere werden.

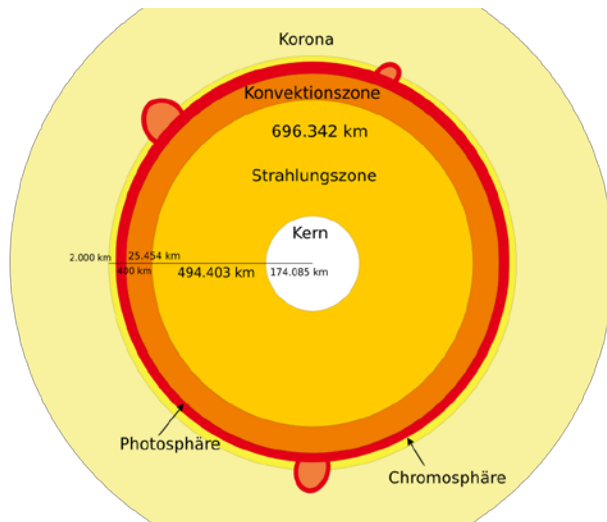


Abbildung 3: Schematischer Aufbau der Sonne.
© Oliver Debus.

Natürlich gibt es Schutzmaßnahmen die ergriffen werden, sobald man die Gefahr erkannt hat. Von der Entstehung eines Sonnensturms bis dieser die Erde erreicht, vergehen in der Regel 18 bis 36 Stunden. Je früher man die Entstehung solcher Extremereignisse auf der Sonne erkennt, desto länger ist die Vorwarnzeit und desto besser können wir uns schützen.

Dies kann nun mit den Bildern von **GREGOR** erreicht werden. Diese sollen helfen die Vorgänge auf der Sonnenoberfläche die zur Entstehung von Sonnenflecken und im Prinzip auf von koronalen Massenauswürfen kleinräumiger zu untersuchen und besser zu verstehen. Dadurch wird es dann auch möglich werden solche Extremereignisse auf der Sonne frühzeitiger zu erkennen.

Sonne beobachten

Die Sonne ist der einzige Stern, den wir am Tageshimmel beobachten können und der uns so nahe steht, dass wir Oberflächendetails erkennen. Die Sonnenphysiker beobachten die Sonne mit verschiedenen Instrumenten über das gesamte elektromagnetische Spektrum, also nicht nur im Bereich des sichtbaren Lichtes, sowie deren Teilchenstrahlung und die von der Sonne kommenden Neutrinos. Auf diese Weise gelingt es in das Innere der Sonne zu schauen und ihren Aufbau annähernd zu bestimmen.

Nach den Beobachtungen ergibt sich für den Aufbau unseres Zentralgestirns derzeit das folgende Bild. Im Innern der Sonne befindet sich der Kern in dem die Energieerzeugung durch die Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Helium stattfindet. Der etwa 174.085 km im Radius messende Kern ist so heiß und es herrscht ein so hoher Druck, dass der Wasserstoff ionisiert ist, also seiner Elektronen beraubt ist, diese Art Gas nennen wir Plasma. Interessant ist hier, dass mittlerweile das Helium stärker vertreten ist als der Wasserstoff. An den Kern schließt sich die Strahlungszone an. Diese hat eine Dicke von über 494.000 km. An die Strahlungszone schließt sich die Konvektionszone mit einer Dicke von 25.454 km an. Darauf folgt die gut 400 km dicke Photosphäre, die annähernd 2000 km dicke Chromosphäre und letztlich die Korona.

Wenn wir nun mit dem Teleskop auf die Sonne gucken (**bitte immer nur mit entsprechenden Schutzmaßnahmen!**), dann können wir im Wesentlichen zwei Bereiche der Sonne beobachten. Dies ist zum einen die Photosphäre, die wir im sogenannten Weißlichtbereich sehen und die darüber liegende Chromosphäre. Um letztere beobachten zu können, benötigen wir allerdings Spezialteleskope, sogenannte H-Alpha-Teleskope, die über eine besondere Filterkombination verfügen und nur das langwellige rote Licht des Wasserstoffs passieren lässt.



Abbildung 4: Links: Die Sonne im Weißlicht durch einen Sonnenfilter gesehen. Deutlich ist die große Fleckengruppe links unten sichtbar. Rechts: In der vergrößerten Ansicht sind bei den Flecken gut Umbra und Penumbra zu unterscheiden. © Oliver Debus.

Im Weißlichtbereich sind besonders eindrucksvoll die Sonnenflecken, deren Zahl und Größe zeitlich variiert. Sonnenflecken entstehen durch Turbulenzen des solaren Magnetfeldes, das durch die differentielle Rotation der Sonne verursacht wird. (siehe hierzu WIS-Material 1421044). Die beinahe schwarze Färbung der Flecken kommt durch den immensen Kontrastunterschied, der vom Temperaturunterschied der Flecken zu der umliegenden Sonnenoberfläche herrührt. Die mittlere Oberflächentemperatur der Photosphäre liegt bei gut bei annähernd 6000 °C. Die Oberfläche in einem Sonnenfleck ist gut 1500 °C kühler, liegt also bei etwa 4500 °C.

Die Sonnenflecken sehen durchaus unterschiedlich aus. Es gibt große Flecken, deren Größe deutlich den Durchmesser der Erde überschreiten und es gibt kleine Flecken. Gerade bei größeren Flecken fällt eine deutliche Unterteilung auf. Es gibt einen fast schwarzen Kernbereich und einen gräulichen Hof, der um gut 500 °C kühler als die helle Umgebung ist. Den Kern nennt man Umbra, den Hof Penumbra. Sonnenflecken können alleine aber auch in Gruppen auftreten. Über die Zeit hinweg kann man die Entwicklung der Sonnenflecken und deren Wanderung, auf Grund der Sonnenrotation über die Sonnenoberfläche beobachten. Neben den Sonnenflecken kann man auf der Photosphäre der Sonne mit mittleren bis großen Teleskopen die Granulation beobachten. Dies sind aufsteigende und abfallende Gasblasen in der Konvektionszone der Sonne. Dieser Effekt ist vergleichbar mit den Gasblasen in einem Topf mit kochendem Wasser.

Neben Sonnenflecken und Granulation kann man im H-Alpha Teleskop noch deutlich mehr Oberflächenstrukturen erkennen. Das sind zum Beispiel die Linien haften Filamente und die hellen chromosphärischen Fackeln. Wirklich Eindrucksvoll sind die am Sonnenrand zu beobachtenden Gasausbrüche, die Protuberanzen, die mal bogenförmig mal speerförmig aussehen.

Im Folgenden wird die Beobachtung im Weißlichtbereich betrachtet.

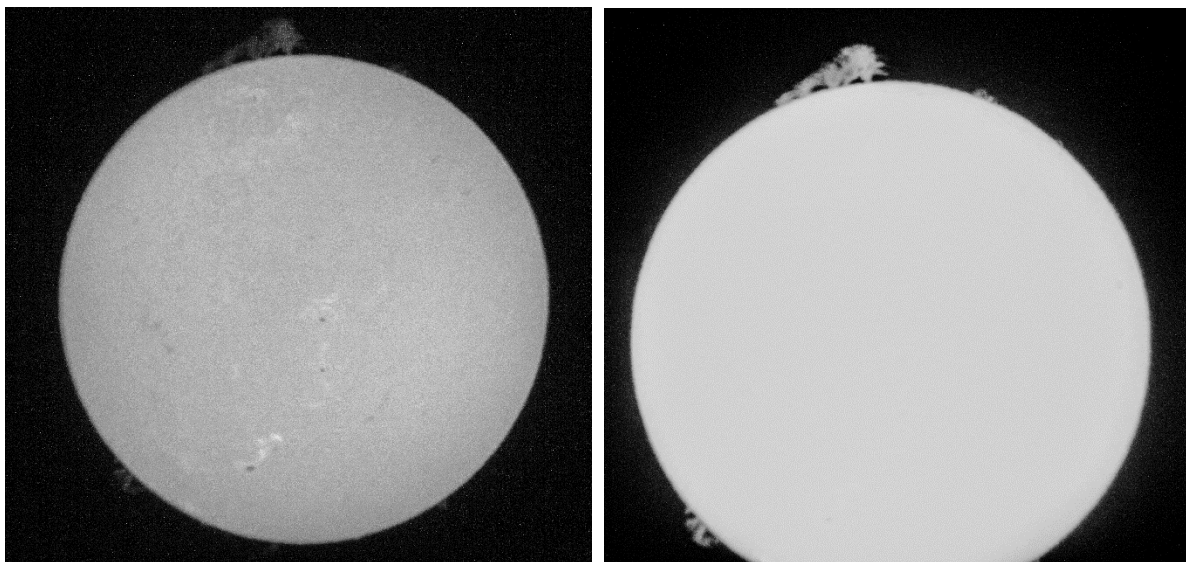


Abbildung 5: Sonne im H-alpha Teleskop. Im linken Bild sind verschiedene Details auf der Sonnenoberfläche sichtbar, während im rechten Bild die Protuberanzen am Sonnenrand hervortreten. © Oliver Debus.

Sonne im Teleskop

Die Sonne mit dem Teleskop zu beobachten ist ein eindrucksvolles Erlebnis. Damit dieses Erlebnis aber nicht getrübt werden kann, muss man besondere Vorsichtsmaßnahmen ergreifen.

WICHTIG: NIEMALS OHNE SCHUTZ DIREKT AUF DIE SONNE SCHAUEN!



Abbildung 6: Sonnenbeobachtung mit einem Sonnenprojektionsschirm, der an ein Teleskop angebracht ist.
© Oliver Debus.

Hier bieten sich verschiedene Möglichkeiten an um gefahrlos die Sonne zu betrachten. Zum einen ist da die Projektion des Sonnenbildes über das Teleskop auf eine helle Fläche, zum Beispiel eine Projektionsscheibe, ein auf einem Notenständer befestigtes Blatt Papier oder eine helle Hauswand, die nicht direkt von der Sonne bestrahlt wird. Hier können gleich mehrere Personen die projizierte Sonne betrachten.

Eine günstige Möglichkeit zur sicheren Sonnenbeobachtung bietet auch der Bau eines kleinen Sonnenprojektors, wie er zum Beispiel als Bausatz von Astromedia angeboten wird. Mit solch einem Sonnenprojektor lassen sich große Sonnenflecken gut beobachten und auch zum Beispiel mit dem Smartphone leicht abfotografieren.



Abbildung 7: Der Sonnenprojektor von Astromedia im Einsatz. © Oliver Debus.

Es gibt auch die Möglichkeit, für das einzusetzende Teleskop einen Sonnenobjektivfilter zu bauen. Dazu verwendet man besondere Sonnenfilterfolie, die im astronomischen Fachhandel angeboten wird. Dieser Filter wird vor das Objektiv des Teleskops angebracht, zum Beispiel aufgesteckt.

Ungeeignet für die Beobachtung der Sonne mit dem Teleskop sind Sonnenokularfilter oder Sonnenfinsternisbrillen, durch die man das Sonnenbild im Teleskop betrachten möchte!



Abbildung 8: Teleskop und Fernglas mit selbstgebauten Objektivsonnenfilter. © Oliver Debus.

Einen Sonnenobjektivfilter zu bauen, ist relativ einfach und es gibt zahlreiche Bauanleitungen im Internet. Aus eigener Erfahrung empfehlenswert sind zum Bau eines Filters die Sonnenfilterfolie AstroSolar von Baader-Planetarium, die es in unterschiedlichen Größen gibt. Wichtig dabei ist die Folie für die visuelle Beobachtung (ND 5) zu nehmen. Gleichwertig ist die Solarix-Sonnenfilterfolie von Explore Scientific. Einziger Unterschied zur Baader Folie ist die gelbliche Färbung der Sonnenscheibe. Beiden Folien liegt eine Anleitung zum Bau eines Filters bei.

Was man im Teleskop auf der Sonne sieht, hängt entscheidend vom Teleskop ab. Das soll nun erarbeitet werden. Die **Teleskopöffnung** und die **Teleskopbrennweite** sind die beiden wichtigsten Teleskopmerkmale die im Wesentlichen bestimmen was das Teleskop zu zeigen vermag. Sie sind bei jedem Teleskop angegeben. Für Schulen bietet das in Heidelberg auf dem Königstuhl sitzende Haus der Astronomie (HdA, www.haus-der-astronomie.de) Teleskope zum Verleihen an, die zur Sonnenbeobachtung ideal sind. Diese haben eine Teleskopöffnung von 100 mm und Brennweite von 900 mm.

Die **Teleskopöffnung** gibt an, wie groß die vordere Öffnung des Teleskops ist und wie viel Licht das Teleskop im Vergleich zum menschlichen Auge sammeln kann. Das Auge hat bei Tage eine Pupillenöffnung von gut 2 mm. Somit hat ein Teleskop mit 100 mm Öffnung eine um den Faktor 50 größere Öffnung als das Auge. Von der Öffnung hängt ab wie viel Licht das Teleskop sammeln kann, was man als **Lichtsammelvermögen** bezeichnet. Dazu wird die Größe der Licht sammelnden Fläche betrachtet und mit dem Auge ins Verhältnis gesetzt. Ein oben beschriebenes Teleskop mit 100 mm Öffnung sammelt im Verhältnis zum Auge am Tage 2500-mal mehr Licht. Da sich nachts die Augenpupille zur Adaption an die Dunkelheit stärker öffnet, verringert sich der Wert des Lichtsammelvermögens. Ein 100-mm-Teleskop sammelt am Tage 2500-mal mehr Licht als das Auge, dies Beispiel zeigt, wie wichtig der Schutz der Augen bei der Sonnenbeobachtung ist. Ein Objektivsonnenfilter reduziert das einfallende Sonnenlicht um 99,999 %, damit kann man die gefahrlos in die Sonne schauen.

Weiterhin hängt von der Öffnung das **Auflösungsvermögen** des Teleskops ab. Dieses gibt an, wie gut Details im Teleskop sichtbar sind, egal ob man Doppelsterne im Fernrohr betrachtet, Planeten den Mond oder eben die Sonne. Man erfährt damit wie sehr das Instrument zwei nahe stehende Punkte, zum Beispiel Sterne als Einzelobjekte trennen kann. Da man am Sternhimmel die Abstände der Gestirne in Winkelgrad ($^{\circ}$), Bogenminuten ($'$) und Bogensekunden ($''$) angibt, wird das Auflösungsvermögen der Teleskope in Bogensekunden angegeben. Je größer die Objektivöffnung des Teleskop, desto größer ist das Auflösungsvermögen in Bogensekunden. Das Auflösungsvermögen eines Fernrohrs mit 100 mm Öffnung beträgt etwa 1,2 Bogensekunden ($''$). Wie groß ist demnach das kleinste auf der Sonnenoberfläche noch sichtbare Detail, beispielsweise ein Sonnenfleck?

Wie groß zum Beispiel die Sonne im Teleskop ist, kann man über das **wahre Gesichtsfeld** und den **Bilddurchmesser** bestimmen. Beides wird durch die Teleskopbrennweite definiert. Das **wahre Gesichtsfeld** gibt an wie groß der Himmelsausschnitt in Grad ist, den man durch ein bestimmtes Okular sehen kann. Je größer die Brennweite wird, desto kleiner ist das wahre Gesichtsfeld. Der **Bilddurchmesser** gibt an, wie groß ein Objekt bei einer bestimmten Brennweite des Teleskops ist.

Mit Okularen unterschiedlicher Brennweiten kann man die Ansicht des Objektes vergrößern. Dabei hängt die **Vergrößerung** von der Brennweite des Teleskops und der Brennweite des Okulars ab.

Praxisteile:

- **Fragen zur Sonne:** siehe **Arbeitsblatt auf der folgenden Seite** mit Fragen zum Text.
- **Die Sonne im Modell:** Die Fragen 7- 9 über die Sonne eignen sich Vorbereitung eines **Abstands-Größenmodell Erde-Sonne**, dass auf dem Schulhof realisiert werden kann. Eventuell muss man den Maßstab anpassen.
- **Arbeit mit dem Teleskop:** Das **Arbeitsblatt Teleskop** im Anhang kann zur Vorbereitung der Arbeit mit dem Teleskop genutzt werden. Ebenso auch **die anhängende Datei ,Grundlagen Teleskop – Formeln‘** und **das auch anhängende Video zu Teleskopgrundlagen (143 MB):** <https://www.magentacloud.de/lnk/p5AgovrY>.
- **Sonnenfilterbau:** Mit entsprechender Folie (aus dem Fachhandel) kann für ein Teleskop ein Sonnenfilter gebaut werden. Ein **Video mit einer Anleitung befindet sich im Anhang (84,4MB):** <https://www.magentacloud.de/lnk/ZVgAfili>.

Literaturhinweise:

- S. Friedrich, P. Friedrich, K.P. Schröder: Handbuch Astronomie, Oculum 2015
- Jürgen Banisch: Die Sonne – eine Einführung für Hobby-Astronomen, Oculum 2014
- Klaus Reinsch: Die Sonne beobachten, Sterne und Weltraum, Hüthig 1990

Fragen zur Sonne

1. Wie groß ist der Durchmesser der Sonne?
2. Wie weit ist die Sonne von der Erde entfernt?
3. Wie groß erscheint uns die Sonne am Himmel?
4. Wie viele Erdkugeln müsste man aneinander reihen um den Durchmesser der Sonne zu erhalten?
5. Wie viele Erdkugeln bräuchte man um die Masse der Sonne zu bekommen?
6. Wie viele Erdkugeln bräuchte man um das Volumen der Sonne auszufüllen?
7. Welchen Durchmesser hat die Sonne, wenn wir sie um den Faktor 1 Milliarde verkleinern?
8. Wie groß ist die Entfernung zwischen Sonne und Erde im Model bei einem Maßstab von 1:1 Milliarden?
9. Wie groß ist in diesem Model ein Sonnenfleck mit einem realen Durchmesser von 50 km?
10. Wie ist die Sonne aufgebaut?

Fragen zur Sonne – Lösungen

1. Wie groß ist der Durchmesser der Sonne?

1,392 Millionen km

2. Wie weit ist die Sonne von der Erde entfernt?

149,6 Millionen Kilometer

3. Wie groß erscheint uns die Sonne am Himmel?

Etwa 0,5 Winkelgrad oder 30 Bogenminuten oder 1800 Bogensekunden

4. Wie viele Erdkugeln müsste man aneinander reihen um den Durchmesser der Sonne zu erhalten?

ca. 109

5. Wie viele Erdkugeln bräuchte man um die Masse der Sonne zu bekommen?

ca. 333.000

6. Wie viele Erdkugeln bräuchte man um das Volumen der Sonne auszufüllen?

ca. 1,3 Millionen

7. Welchen Durchmesser hat die Sonne, wenn wir sie um den Faktor 1 Milliarde verkleinern?

1,392 m

8. Wie groß ist die Entfernung zwischen Sonne und Erde im Model bei einem Maßstab von 1:1 Milliarden?

149,6 m

9. Wie groß ist in diesem Model ein Sonnenfleck mit einem realen Durchmesser von 50 km?

0,05 mm

10. Wie ist die Sonne von innen nach außen aufgebaut?

1. Sonnenkern, 2. Strahlungszone, 3. Konvektionszone, 4. Photosphäre, 5. Chromosphäre, 6. Korona