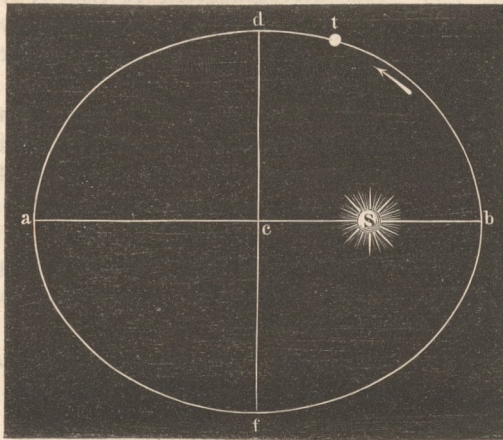


eingereicht worden ist, kein Kreis, sondern eine Ellipse, und die Sonne befindet sich in dem einen Brennpunkte derselben.

Die große Ase *ab*, Fig. 65, dieser Ellipse führt den Namen der Absidenlinie; die Entfernung der Sonne von dem Mittelpunkt *c* ist die Excentricität der Erdbahn;

Fig. 65.



tricität der Erdbahn; sie beträgt ungefähr  $\frac{1}{60}$  der halben großen Ase *ca*, und daraus folgt, daß die Ellipse, welche die Erde innerhalb eines Jahres durchläuft, sehr wenig von der Kreisgestalt abweicht. In unserer Figur ist die Excentricität viel zu groß genommen, damit die elliptische Gestalt deutlicher hervortrete. Die kleine Ase *df* der Erdbahn verhält sich zur großen Ase *ab* wie 0,99986 zu 1.

Wenn sich die Erde in *b*, dem einen Endpunkte der großen Ase, befindet, so ist sie in der Sonnennähe, im Perihelium; ihre größte Entfernung von der Sonne erreicht sie im anderen Endpunkte *a* der großen Ase; hier ist die Erde in der Sonnenferne, im Aphelium.

Am 1. Januar ist die Sonne im Perihelium, am 1. Juli ist sie im Aphelium.

Die Absidenlinie macht einen Winkel von ungefähr 10 Grad mit der geraden Linie, welche die Solstitialpunkte verbindet.

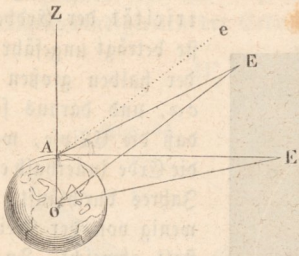
Im Perihelium ist die fortschreitende Bewegung der Erde in ihrer Bahn am schnellsten, im Aphelium ist sie am langsamsten.

**Entfernung der Sonne von der Erde.** Wir haben bisher nur 42 das Verhältniß betrachtet, in welchem die Entfernung der Sonne von der Erde im Laufe eines Jahres sich ändert, ohne daß von der absoluten Größe dieser Entfernung die Rede gewesen wäre.

Zur Bestimmung der Entfernung eines Gestirnes von der Erde werden dieselben Grundsätze in Anwendung gebracht, welche man auch anwendet, um die Entfernung eines unzugänglichen Punktes auf der Erde zu ermitteln. — Wenn man von einem Punkte *A* der Erdoberfläche aus ein Gestirn *E*, Fig. 66 (s. f. S.), beobachtet, so sieht man es nicht genau in derselben Richtung, als wenn man sich im Mittelpunkte *O* der Erde befände; *OE* oder die damit parallele Linie *Ae* macht einen kleineren Winkel mit der Verticalen

$OAZ$  als die Bistlinie  $AE$ . Der Winkel  $eAE$  oder der ihm gleiche Winkel  $AEO$  wird nun die Parallaxe des Gestirnes  $E$  genannt. Die Parallaxe

Fig. 66.



ist also nichts Anderes als der Winkel, um welchen sich die Zenithdistanz des Gestirnes vermindern würde, wenn man vom Beobachtungsorte  $A$  zum Mittelpunkte der Erde herabsteigen und von dort aus das Gestirn  $E$  beobachten könnte.

Die Parallaxe eines Gestirnes wird ein Maximum sein, wenn sich dasselbe in der Horizontalebene des Beobachtungsortes  $A$  befindet, wie  $E'$ . In diesem Falle wird die Parallaxe mit dem

Namen der Horizontalparallaxe bezeichnet. Die Horizontalparallaxe eines Gestirnes ist der Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erde, von jenem Gestirn aus gesehen, erscheint.

Ist der Durchmesser der Erde und die Horizontalparallaxe eines Gestirnes bekannt, so kann man daraus die Entfernung desselben von der Erde berechnen.

Da der Mittelpunkt der Erde unzugänglich ist, so kann die Horizontalparallaxe auch nicht unmittelbar gemessen werden. Um sie zu finden, muß man gleichzeitig die Zenithdistanz des Gestirnes mit großer Genauigkeit an zwei Orten der Erde messen, welche bei nahe gleicher geographischer Länge möglichst weit von einander entfernt sind. Aus diesen Messungen läßt sich dann, wie wir bald sehen werden, die Horizontalparallaxe ableiten.

Je weiter ein Gestirn von der Erde entfernt ist, desto kleiner wird seine Parallaxe, und desto schwieriger wird es, sie mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen, weil alsdann die unvermeidlichen Beobachtungsfehler einen viel zu bedeutenden Bruchtheil des gesuchten Werthes ausmachen und die geringste Verschiedenheit im Werthe der Horizontalparallaxe schon enorme Veränderungen im Werthe der Entfernung des Gestirnes nach sich zieht. Die Parallaxe der Sonne ist schon viel zu klein, als daß man sie auf dem angedeuteten Wege mit einer Genauigkeit ermitteln könnte, welche auch nur eine angenähert richtige Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde zuließe; nur auf indirectem Wege läßt sich diese für die Astronomie so wichtige Größe mit hinreichender Genauigkeit bestimmen, und daher kommt es denn auch, daß man noch bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts ganz unrichtige Vorstellungen von der Entfernung der Sonne hatte.

Man nahm diese Entfernung früher stets zu klein an. Nach Pythagoras sollte die Sonne 16- bis 18000 Meilen von der Erde entfernt sein. Aristarch von Samos bestimmte die Horizontalparallaxe der Sonne zu 3', wonach ihre Entfernung von der Erde 1146 Erdhalbmesser betragen würde.

Kepler war geneigt, die fragliche Parallaxe auf 1' zu reduciren und Halley nahm sie nur zu 25". Alle diese Werthe waren aber noch zu groß.

Was nun die indirecten Methoden zur Bestimmung der Entfernung der Sonne von der Erde betrifft, so gründen sie sich darauf, daß man zunächst die Entfernung solcher Gestirne zu bestimmen sucht, welche entweder, wie der Mond, der Erde stets näher sind als die Sonne, oder welche, wie Mars und Venus, wenigstens in gewissen Zeiten ihr näher kommen, und alsdann von diesen auf die Entfernung der Sonne schließt.

Wie wir im fünften Capitel sehen werden, ist der Mond sehr nahe um 60 Erdhalbmesser von dem Mittelpunkte der Erde entfernt. Wenn man nun in dem Moment, in welchem der Mond gerade das erste oder letzte Viertel zeigt, wo also die Gränze zwischen dem erleuchteten und dem dunklen Theile des Mondes genau eine gerade Linie bildet, den Winkelabstand zwischen Sonne und Mond mißt, so hat man damit die nöthigen Data, um die Entfernung der Sonne von der Erde zu berechnen. In Fig. 67 sei *T* die Erde, *L* der

Mond, *S* die Sonne. In dem besprochenen Zeitpunkt steht die Linie *SL* rechtwinklig auf *LT*; da man nun den Winkel *STL*, den wir mit  $\beta$  bezeichnen wollen, gemessen hat, so ergiebt sich

$$TS = \frac{LT}{\cos. \beta}.$$

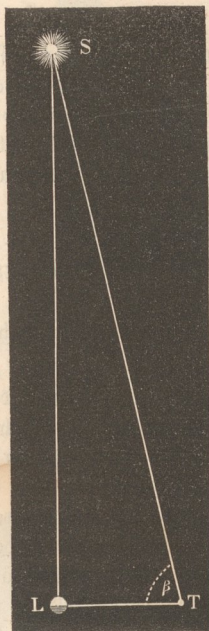
Auf diesem Wege hat in der That Riccioli die Entfernung der Sonne von der Erde annähernd genau bestimmt; einer größeren Schärfe ist jedoch diese Methode nicht fähig, weil man nicht mit großer Genauigkeit den Augenblick ermitteln kann, wo jene Lichtgränze des Mondes eine gerade Linie ist.

Hat man die Horizontalparallaxe des Mars oder der Venus zur Zeit ihrer Erdnähe ermittelt, so kann man aus ihnen mit Hülfe der Kepler'schen Gesetze, die wir im nächsten Capitel besprechen werden, auf die Horizontalparallaxe der Sonne schließen. So bestimmte Lacaille in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Horizontalparallaxe der Sonne zu 10", von dem Werthe ausgehend, den er für die Parallaxe des Mars gefunden hatte.

Der Vorübergang der Venus vor der Sonnenscheibe bietet endlich ein Mittel, die Entfernung der Sonne mit großer Genauigkeit zu bestimmen, wie dies im vierten Capitel näher besprochen werden soll. Solche Durchgänge der Venus finden aber nur selten Statt; der letzte war 1769, der nächste wird 1874 sein.

Nach den Beobachtungen des Venusdurchganges vom Jahre 1769 hat

Fig. 67.



man die Horizontalparallaxe der Sonne gleich  $8,6''$  gefunden, ein Werth, welcher wohl bis auf  $\frac{1}{4}$  Secunde genau ist.

Die Parallaxe der Sonne ändert sich natürlich, wenn sie sich von der Erde entfernt oder sich ihr nähert. Der Werth von  $8,6''$  entspricht der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne, welche demnach gleich 23984 Erdhalbmessern ist. In runder Zahl wollen wir die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde gleich 24000 Erdhalbmessern annehmen, da die Differenz zwischen dieser und der obigen Zahl so gering ist, daß sie innerhalb der Gränze der Beobachtungsfehler liegt.

Aus dem oben mitgetheilten Werthe der Excentricität der Erdbahn ergibt sich dann, daß die Entfernung der Erde von der Sonne im Perihelium 23600, im Aphelium aber 24400 Erdhalbmesser beträgt.

Da der Erdhalbmesser gleich 860 geographischen Meilen ist (Seite 58), so beträgt demnach die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde in runder Zahl 20 Millionen geographische Meilen.

Um diesen Raum zu durchlaufen, würde eine Kanonenkugel (1000' Geschwindigkeit in der Secunde) eine Zeit von 12 Jahren brauchen.

**43 Dimensionen der Sonne.** Nach §. 37 erscheint uns der Durchmesser der Sonne, wenn sie sich in ihrer mittleren Entfernung von der Erde befindet, unter einem Winkel von  $32' 3,3''$  oder  $1923,3''$ , während umgekehrt, dem vorigen Paragraphen zufolge, die Erde von der Sonne aus gesehen, nur unter einem Winkel von  $17,2''$  erscheint. Der Durchmesser der Sonne ist demnach  $\frac{1923,3}{17,2}$ , also 112 mal so groß als der Durchmesser der Erde.

Daraus folgt dann weiter, daß der körperliche Inhalt der Sonne 1404928-mal größer ist, als das Volumen der Erde.

Der Durchmesser der Sonne beträgt 190000, der Umfang derselben nahezu 580000 geographische Meilen.

Die Fig. 68 dient dazu, eine Vorstellung von dem Größenverhältniß der Sonne und der Erde zu geben. Unterhalb des großen weißen Kreises, welcher die Sonne darstellt, befindet sich ein ganz kleiner weißer Kreis, welcher die Erde im richtigen Verhältniß zur Sonne darstellt. Rechts von der Erde sieht man in verhältnißmäßiger Entfernung den Mond. Man sieht, daß eine Kugel, deren Halbmesser die Entfernung des Mondes von der Erde ist, kaum mehr als den halben Radius der Sonne haben würde. Wenn also die Sonne hohl wäre und die Erde sich in ihrem Mittelpunkte befände, so könnte der Mond in seiner jetzigen Entfernung von der Erde noch um dieselbe kreisen, und würde doch der äußeren Sonnenhülle nur unbedeutend näher sein als ihrem Mittelpunkte.

Die Mittelpunkte der beiden Kreise, welche in Fig. 68 Sonne und Erde im richtigen Größenverhältniß darstellen, müßten in eine Entfernung von 16,5 Metern gebracht werden, wenn diese Entfernung sich zu dem Durchmesser der

Sonne ebenso verhalten sollte wie die Entfernung der Erde von der Sonne zum Durchmesser der Sonne.

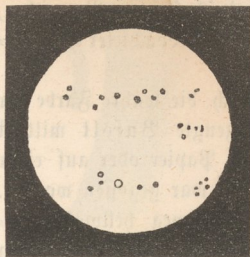
Fig. 68.



In den oberen Ecken der Fig. 68 sieht man noch im richtigen Größenverhältniß die Planeten Jupiter und Saturn dargestellt, von welchen später die Rede sein wird.

**Sonnenflecken.** Wenn man die Sonne durch ein Fernrohr betrachtet, 44 wobei man aber ihres starken Glanzes wegen ein sehr dunkelfarbiges Glas (Blendglas, Sonnenglas) vor das Ocular bringen muß, so bemerkt man auf ihrer Oberfläche bald mehr, bald weniger dunkle Flecken, ungefähr in der Art, wie es Fig. 69 zeigt.

Fig. 69.



Wenn man die Beobachtung nach einigen Tagen wiederholt, so ergibt sich, daß sie auf der Sonnenscheibe eine fortschreitende Bewegung von Ost nach West haben. Nachdem sie in der angegebenen Richtung die ganze Sonnenscheibe durchlaufen haben, verschwinden sie am westlichen Rande, um nach einigen Tagen auf der Ostseite wieder zu erscheinen.

Diese Bewegung der Sonnenflecken deutet auf eine Rotation der Sonne, und in der That hat sich aus sorgfältigen und vielfach wiederholten Beobachtungen derselben ergeben, daß sich die Sonne in 27,3 Tagen um ihre Aequidreht und daß der Sonnenäquator einen Winkel von  $7^{\circ} 9'$  mit der Ebene der Ekliptik macht.

Die Sonnenflecken sind im Allgemeinen sehr veränderlicher Natur; bald sind sie zahlreicher und größer, dann wieder seltener und kleiner; manchmal ist die Sonne ganz fleckenfrei. — Bald sieht man neue Flecken entstehen und allmählig größer werden, dann dieselben wieder abnehmen und allmählig verschwinden; ebenso zeigen sie stets mehr oder weniger bedeutende Formveränderungen.

Im Jahre 1833 war die Sonne an 139, im Jahre 1843 war sie an 149 Tagen fleckenlos und es zeigten sich in diesen Jahren überhaupt, wie auch im Jahre 1834 die Flecken nur wenig zahlreich; während in den Jahren 1828 und 1829, ferner 1838 und 1839 die Sonne sehr viele Flecken zeigte und im Laufe dieser Jahre nie ohne Flecken gesehen wurde. Im Jahre 1828 erschien sogar ein mit bloßem Auge sichtbarer Fleck. Nach den Beobachtungen von Schwabe in Dessau, welcher sich seit 1826 ganz speciell mit diesem Gegenstand beschäftigt hat, scheint in der Ab- und Zunahme der Flecken eine Periodicität von beiläufig 10 Jahren stattzufinden. Wolf aber hat nachgewiesen (Neue Untersuchungen über die Periode der Sonnenflecken, Bern 1852), daß auch in den zwei Jahrhunderten zwischen Fabricius, dem Entdecker der Sonnenflecken, und Schwabe, die Sonnenflecken periodisch aufgetreten sind. Mit Hülfe älterer und neuerer Beobachtungen hat Wolf die Periode genauer auf  $11\frac{1}{9}$  Jahr bestimmt.

Das letzte Minimum der Sonnenflecken fiel auf den Anfang des Jahres 1856.

Man vermuthete, daß die größere oder geringere Häufigkeit der Sonnenflecken einen Einfluß auf unsere Witterungsverhältnisse ausüben müsse, daß fleckenreichere Jahre kühler sein müßten; die Erfahrung scheint eine solche Annahme nicht zu bestätigen.

Bei genauerer Betrachtung der Sonnenflecken erkennt man, daß der eigentliche ganz dunkle Kern derselben gleichsam mit einem Halbschatten umgeben ist, welcher den Namen der Penumbra führt.

Die Contouren des Kerns sowohl wie der Penumbra sind unregelmäßig gestaltet und meist liegen mehrere Kerne in einer gemeinschaftlichen Penumbra, wie Fig. 70 zeigt, welche eine getreue Darstellung wirklich beobachteter Sonnenflecken ist.

Durch ein farbiges Sonnenglas kann man natürlich die wahre Farbe der Sonnenflecken nicht sehen; um diese zu erkennen, erzeugte Busolt mittelst eines 6füßigen Fernrohres ein Sonnenbild auf weißem Papier oder auf einer Scheibe von feinem Gyps, welche auf eine Spiegelplatte war gegossen worden. Die Sonnenscheibe selbst erschien nun farblos, aber durchweg hellviolett gesprengelt. Die Flecken bestanden aus dunkelvioletten Kernen, welche mit einem prächtig gelben Hofe umgeben waren.

In der Nähe der Flecken zeigen sich häufig Stellen, welche heller sind als der übrige Theil der Sonnenscheibe und welche man Sonnenfackeln nennt.

Fig. 70.



Wenn ein Sonnenfleck in die Nähe des westlichen Sonnenrandes gelangt, so verschwindet die Penumbra zuerst auf der östlichen Seite des Fleckens, wie

Fig. 71.

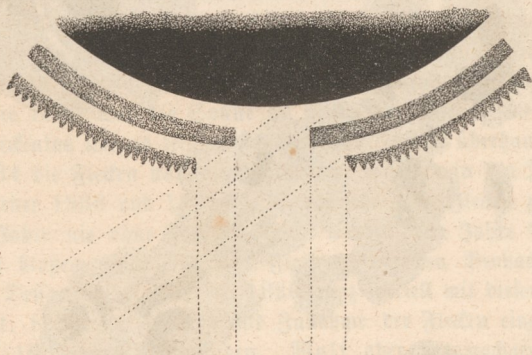


dies Fig. 71 angedeutet ist, wo *abc* ein Stück des westlichen Sonnenrandes darstellt. Dieser Umstand beweist, daß die Flecken sich nicht auf der Oberfläche der Sonne befinden, sondern daß sie einer tiefer liegenden Schicht angehören, und so haben denn die Sonnenflecken zu der folgenden, besonders von Herschel ausgebildeten Ansicht über die Constitution der Sonne geführt:

Der eigentliche Kern der Sonne ist eine dunkle Kugel, welche ringsum von einer Gasatmosphäre umgeben ist. In dieser Atmosphäre schweben nun zwei wolkenartige Schichten, von denen die äußere stark leuchtende die Photosphäre genannt wird. Die innere Wolkenschicht dagegen ist entweder nur schwach leuchtend oder vielleicht auch nur durch die äußere erleuchtet.

Es erscheinen nun Sonnenflecken, so oft die Photosphäre und die untere Wolkenschicht durch irgend eine unbekannte Ursache durchbrochen werden und man durch die Oeffnungen auf den dunklen Kern der Sonne hinabsehen kann, wie Fig. 72 deutlich macht, welche ein Stück des idealen Durchschnitts der Sonne darstellt. Die Penumbra erscheint da, wo man durch eine Oeffnung der

Fig. 72.



Photosphäre auf die innere Wolkenhülle sehen kann, während die ganz dunklen Kerne der Flecken nur da gesehen werden, wo man durch die Oeffnungen beider Hüllen hindurch den dunklen Centralkörper erblickt. Der Anblick der Figur zeigt auch, wie es komme, daß man, schräg in die Oeffnungen hineinblickend, wie es der Fall ist, wenn sich die Flecken nahe am Rande der Sonne befinden, nur auf der einen Seite, nämlich gegen den Rand hin, die Penumbra sieht. Der Abstand der Photosphäre von dem dunklen Sonnenkerne beträgt 300 bis 500 Meilen. Da man Sonnenflecken von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Minuten scheinbarem Durchmesser beobachtet hat, so folgt, daß ihr wahrer Durchmesser bis auf 10000 Meilen und darüber steigen kann.

So wie nun die Photosphäre an einzelnen Stellen ganz durchbrochen wird, so muß auch an anderen Stellen und namentlich in der Nähe der Flecken eine größere Anhäufung der leuchtenden Masse stattfinden, und so erklären sich die Sonnenfackeln.

Die Sonnenflecken wurden zum ersten Male von Johann Fabricius im Jahre 1611 beobachtet; Galiläi entdeckte sie im Jahre 1612. Scheiner wandte zu ihrer Beobachtung zuerst die bereits von Apian empfohlenen Blendgläser an, deren Nichtgebrauch wohl vorzugsweise Galiläi's Erblindung veranlaßte.

45 **Die Sonnenatmosphäre.** Wenn während einer totalen Sonnenfinsterniß die eigentliche Sonnenscheibe vollständig durch den Mond verdeckt ist, so erscheint die dunkle Mondscheibe von einem Strahlenkranze umgeben, welcher sich etwa einer Glorie (dem sogenannten Heiligenscheine) vergleichen läßt. Tab. VI.