

Fünftes Capitel.

Die Satelliten.

65 **Die Trabanten.** Mit dem Namen der Trabanten oder der Satelliten bezeichnet man solche Himmelskörper, welche die Planeten nach denselben Gesetzen umkreisen, wie die Planeten selbst die Sonne, Himmelskörper also, welche die Planeten auf ihren Bahnen begleiten, woher auch der Name. Vor der Entdeckung der Fernrohre war nur ein einziger derartiger Satellit bekannt, nämlich der Mond, dessen Centralkörper die Erde ist. Zu den ersten Entdeckungen aber, welche Galiläi mit dem neu erfundenen Fernrohre machte, gehört die, daß der Jupiter von vier Trabanten in ähnlicher Weise umkreist wird, wie die Erde von einem einzigen. Später wurden auch noch Trabanten des Saturn und des Uranus entdeckt.

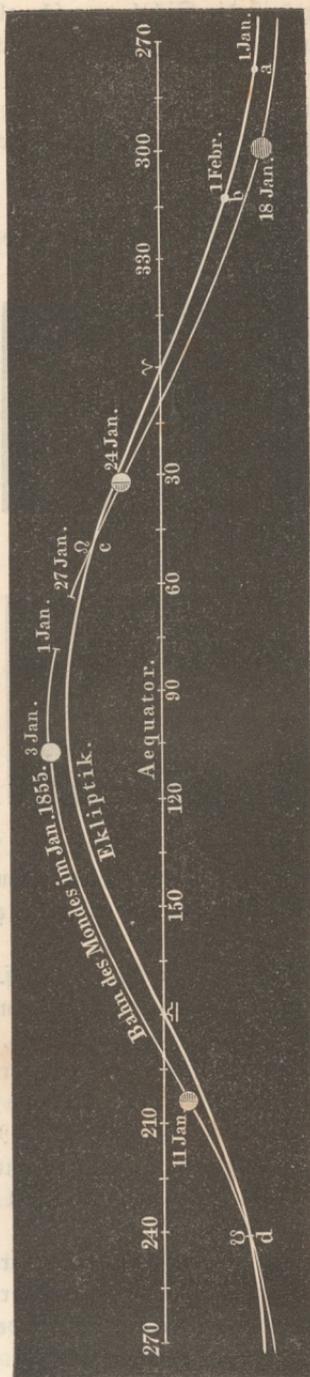
66 **Scheinbare Bahn des Mondes.** Nächst der Sonne ist für uns unstreitig der Mond das wichtigste aller Gestirne. Wie die Sonne schreitet er in der Richtung von West nach Ost unter den Sternen des Thierkreises fort, aber weit rascher als die Sonne, indem er von einem Tage zum andern fast um 13 Grade in der angegebenen Richtung vorrückt.

Fig. 103 stellt die scheinbare Bahn des Mondes vom 1. bis zum 27. Januar 1855 dar. Man sieht zunächst daraus, daß der Mond stets rechtläufig ist und daß in seiner Bahn keine Schlingen und Schleifen vorkommen, wie wir sie bei den Planetenbahnen beobachteten.

Die scheinbare Bahn des Mondes bildet (wenn man vor der Hand von kleinen Abweichungen absieht) einen größten Kreis an der Himmelskugel, welcher die Ekliptik in zwei Punkten, den Knoten, schneidet. In unserer Figur sehen wir den aufsteigenden Knoten bei *c*, den niedersteigenden bei *d*.

Da die zweite Ungleichheit bei der scheinbaren Mondbewegung ganz fehlt, da letztere uns eben so einfach erscheint, wie die Bewegung der verschiedenen Planeten von der Sonne aus gesehen, so ist klar, daß der Mond um die Erde kreist. Die siderische Umlaufszeit des Mondes, d. h. die Zeit, in welcher der Mond einen vollen Umlauf um die Erde vollendet, beträgt 27 Tage 7^h 43' 11,5".

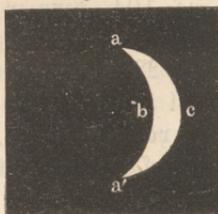
Fig. 103.



Der Mond kommt mit der Sonne sowohl in Conjunction als auch in Opposition. Diese beiden Stellungen des Mondes zur Sonne werden mit dem gemeinschaftlichen Namen der Syzygien bezeichnet.

Die synodische Revolution oder die synodische Umlaufszeit des Mondes ist die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Conjunctionen des Mondes und der Sonne verstreicht. Sie ist größer als die siderische Umlaufszeit; denn während der Mond, von einer Conjunction mit der Sonne ausgehend, einen vollen Umlauf von 360° zurücklegt, ist die Sonne auch weiter nach Osten fortgerückt, der Mond muß also über die 360° hinaus sich noch weiter fortbewegen, um die Sonne wieder einzuholen. Die synodische Revolution des Mondes beträgt 29 Tage 12^h $44'$ $2,9''$.

Phasen des Mondes. Je nach den 67 verschiedenen Stellungen des Mondes zur Sonne bietet er uns verschiedene Anblicke dar, welche man mit dem Namen der Phasen bezeichnet. Der Mond selbst ist dunkel; alles Licht, welches er uns zusendet, ist reflectirtes Sonnenlicht; der Anblick des Mondes muß sich also ändern, je nachdem er uns mehr die dunkle oder die erleuchtete Seite zuwendet. Befindet sich der Mond mit der Sonne in Conjunction, so ist er uns vollkommen unsichtbar, wenn er nicht gerade unmittelbar vor der Sonnenscheibe steht. Es ist dies der Neumond. Als bald entfernt sich der Mond nach Osten hin von der Sonne und erscheint uns nun als eine Sichel, Fig. 104, deren Wölbung gegen die



Sonne, also gegen Westen gekehrt ist. Anfangs ist die Sichel ganz schmal; sie wird aber allmählig breiter und wenn der Mond in Quadratur ist, so erscheint er uns wie ein leuchtender Halbkreis, Fig. 105. Es ist dies das erste Viertel. Der erleuchtete Theil des Mondes wächst nun immer noch, Fig. 106, bis er uns endlich zur Zeit der Opposition als eine volle kreisförmige glänzende Scheibe erscheint, Fig. 107. Es ist dies der Vollmond.

Bald nach der Opposition nimmt der Mond auf der Westseite ab, Fig. 108, bis er in der zweiten Quadratur wieder nur halb erscheint, aber jetzt die gewölbte

Fig. 105.

Fig. 106.

Fig. 107.

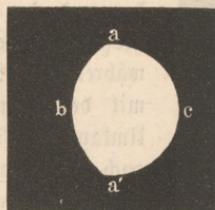
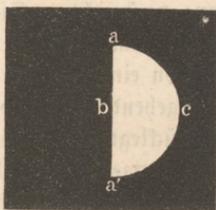
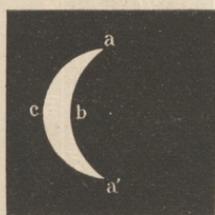
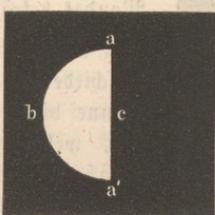
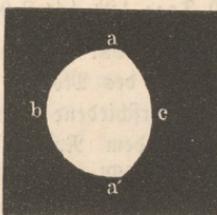


Fig. 108.

Fig. 109.

Fig. 110.

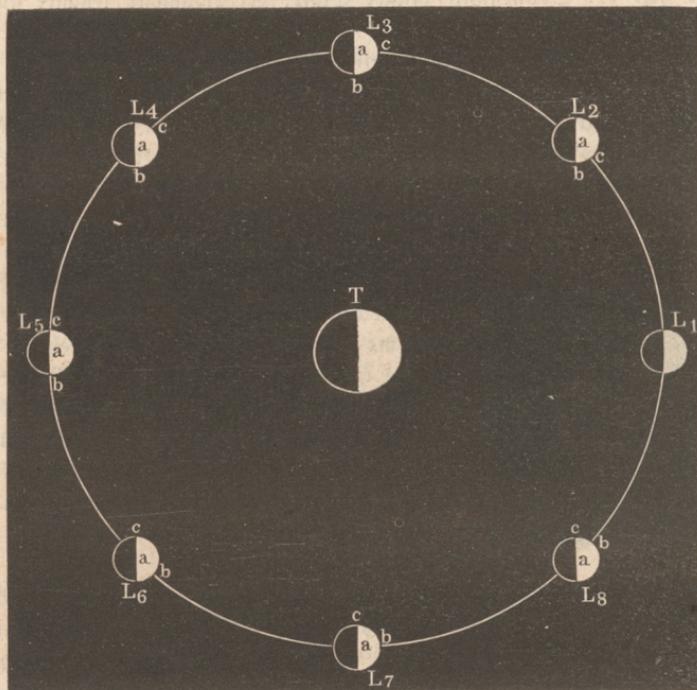


Seite nach Osten kehrend, Fig. 109. Es ist dies das letzte Viertel. Nun wird die Sichel, ihre Wölbung immer noch nach Osten kehrend, wieder schmaler und schmaler, Fig. 110, bis sie endlich zur Zeit des Neumondes wieder ganz verschwindet.

Es ist leicht, die Phasen des Mondes zu erklären. In Fig. 111 (a. f. S.) sei T die Erde, $L_1, L_2, L_3 \dots L_8$ der Mond in acht verschiedenen Stellungen, welche er während eines Umlaufes um die Erde passirt. Nehmen wir an, die Sonne befände sich auf der rechten Seite unserer Figur und zwar in großer Entfernung. Wenn der Mond sich in L_1 , also zwischen der Erde und der Sonne befindet, so wendet er der Erde seine dunkle Seite zu, wir haben Neumond; ist aber der Mond in die Stellung L_2 gelangt, so erscheint er uns in der Gestalt Fig. 104, denn in dieser Stellung ist der uns sichtbare Theil der erleuchteten Mondhälfte begränzt durch den Halbkreis aca' (a bezeichnet den Gipselpunkt des Mondes, a' den tiefsten, welcher in Fig. 111 nicht sichtbar ist, weil er vertical unter a liegt) und durch den Halbkreis aba' . Ersterer erscheint uns als voller Halbkreis, die westliche Gränze der Mondscheibe bildend; letzterer aber, die Ostgränze bildend, zur Ellipse verkürzt, welche gleichfalls ihre Wölbung nach Westen kehrt.

Ist der Mond in die Stellung L_3 gelangt, so erscheint die westliche Gränze noch immer als ein voller Halbkreis. Der Halbkreis aba' aber, welcher auf

Fig. 111.



der uns zugekehrten Mondhälfte Licht und Schatten scheidet, erscheint uns zur geraden Linie verkürzt; wir sehen also den Mond in der Gestalt Fig. 105.

Wird der Winkelabstand des Mondes von der Sonne noch größer, kommt er in die Stellung L_4 , so erscheint uns nun die Gränzlinie aba' wieder elliptisch; aber die Wölbung geht nach Osten kehrend, während die westliche Gränze des Mondes noch immer ein voller Halbkreis ist, Fig. 106.

Zur Zeit der Opposition ist uns die ganze erleuchtete Hälfte des Mondes zugekehrt, er erscheint uns also als eine volle kreisförmige helle Scheibe.

Nach diesen Auseinandersetzungen hat es wohl keine Schwierigkeit mehr, die Mondgestalten Fig. 108, 109, 110 aus den Stellungen bei L_6 , L_7 und L_8 abzuleiten.

Wegen der so schnellen eigenen Bewegung des Mondes ändert sich auch die Zeit seines Auf- und Unterganges sehr rasch; an jedem folgenden Tage geht der Mond fast eine Stunde später auf als am vorhergehenden.

Die Stunden des Auf- und Unterganges des Mondes stehen mit seinen Phasen in engster Beziehung. Zur Zeit des Neumondes gehen Mond und Sonne zusammen auf und unter; der Mond ist also während des Tages — über,

während der Nacht — unter dem Horizont, die Nächte sind zur Zeit des Neumondes nicht durch Mondschein erhellt.

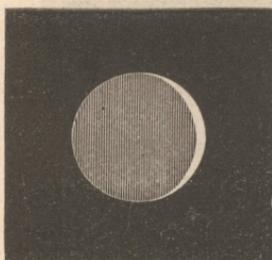
Zur Zeit des Vollmondes dagegen findet der Aufgang des Mondes ungefähr zur Zeit des Sonnenunterganges Statt; der Vollmond leuchtet uns also die ganze Nacht hindurch.

Zur Zeit des ersten Viertels culminirt der Mond ungefähr, wenn die Sonne untergeht, der Untergang des Mondes findet alsdann um Mitternacht Statt; das erste Viertel glänzt also am westlichen Himmel in der ersten Hälfte der Nacht.

Zur Zeit des letzten Viertels findet der Aufgang des Mondes um Mitternacht Statt, das letzte Viertel erhellt also die letzte Hälfte der Nacht.

Wenn der Mond der Conjunction sehr nahe ist, wenn er uns also nur

Fig. 112.



als eine ganz schmale Sichel erscheint, so ist der Rest der Mondscheibe nicht völlig dunkel, sondern man sieht ihn durch einen schwachen aschfarbigen Schimmer erhellt, wie Fig. 112 andeutet.

Es ist dies nicht etwa ein dem Monde eigentümliches Licht, sondern es rührt daher, daß zur Zeit des Neumondes die ganze von der Sonne erleuchtete Erdhälfte gerade dem Monde zugekehrt ist. Die Mondnacht ist zu dieser Zeit durch den vollen Erdschein erleuchtet.

68

Gestalt der Mondsbahn. Der scheinbare Durchmesser des Mondes variiert zwischen 29' und 34', die Entfernung des Mondes von der Erde ist also veränderlich und ebenso ist auch die Winkelgeschwindigkeit des Mondes in seiner scheinbaren Bahn nicht gleichförmig. Unter genauer Berücksichtigung aller dieser Umstände ergiebt sich, daß die Bahn des Mondes in Beziehung auf die Erde eine Ellipse ist; die Excentricität der Mondsbahn beträgt ungefähr $\frac{1}{18}$ der halben großen Ase.

Die Ebene der Mondsbahn macht im Mittel einen Winkel von $5^{\circ} 9'$ mit der Ekliptik.

Die Bewegung des Mondes um die Erde, welche nach dem Gesagten ziemlich einfach erscheint, ist aber in der That sehr verwickelt, weil die Elemente der Mondsbahn sich sehr rasch ändern.

Die auffallendste Veränderung in den Elementen der Mondsbahn ist zunächst die rasche Verschiebung der Knoten. Die Bewegung der Knotenlinie ist rückläufig und vollendet ihren ganzen Umlauf ungefähr in 18 Jahren 219 Tagen; die Ebene der Mondsbahn dreht sich also gegen die Ordnung der Zeichen in einem Jahre etwas über 19° . So war die Länge des aufsteigenden Knotens im Januar 1855 ungefähr 49° (c, Fig. 103). Bis zum Januar 1856 rückte der aufsteigende Knoten ungefähr um 19° dem Frühlingspunkte näher, so daß um diese Zeit seine Länge ungefähr nur noch 30° betrug. Ungefähr in der Mitte des Jahres 1857 erreichte der aufsteigende Knoten der Mondsbahn den Frühlingspunkt; der niedersteigende Knoten fiel damals mit 0° zusammen.

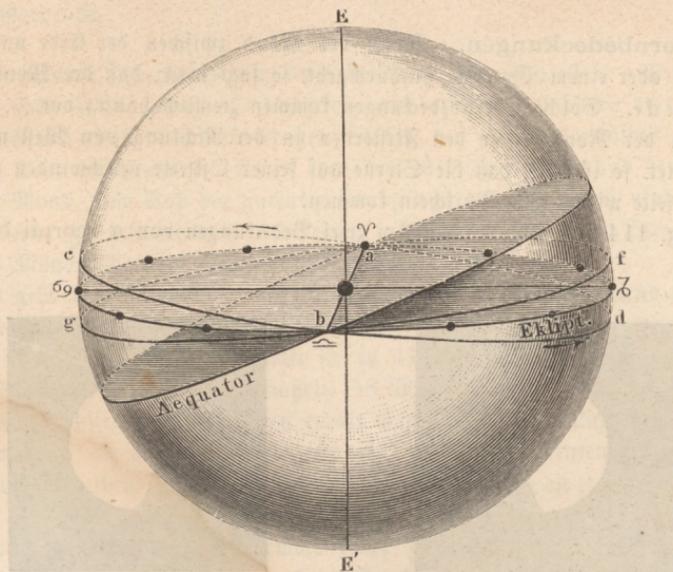
Zu einer Zeit, in welcher der aufsteigende Knoten der Mondsbahn, wie dies im Jahre 1857 der Fall war, mit $O V$, der absteigende aber mit $O \simeq$ zusammenfällt, erreicht sowohl die nördliche als auch die südliche Declination ein Maximum; denn der Winkel, welchen die Mondsbahn mit dem Himmelsäquator macht, ist in diesem Fall gleich dem Winkel, welchen die Mondsbahn mit der Ekliptik macht, + dem Winkel zwischen Ekliptik und Äquator, also $23^{\circ}28' + 5^{\circ}9' = 28^{\circ}37'$. Die Mondsbahn geht alsdann von $O V$ (siehe die Sternkarte Tab. IV.) über die Plejaden dicht unter β tauri und β geminorum vorbei durch den Herbstpunkt und über α virginis und α scorpii zum Frühlingspunkt zurück.

Die Neigung der Mondsbahn gegen den Himmelsäquator wird ein Minimum, nämlich $23^{\circ}28' - 5^{\circ}9' = 18^{\circ}19'$, wenn der niedersteigende Knoten mit dem Frühlingspunkte zusammentrifft. Der Mond tritt alsdann in $O V$ auf die Südseite der Ekliptik, und seine scheinbare Bahn geht nun ungefähr über Aldebaran etwas nördlich von γ geminorum vorbei nach $O \simeq$ über γ librae und dann zwischen α und β Capricorni hindurch.

Es wird dies zunächst ungefähr $9\frac{1}{4}$ Jahr nach der zuerst besprochenen Periode, also im Herbst 1866 wieder stattfinden.

Zur Erläuterung der eben besprochenen Verhältnisse dient noch Fig. 113,

Fig. 113.



welche die Himmelskugel sammt dem Äquator und der Ekliptik darstellt. Diese beiden Ebenen sind der Deutlichkeit wegen schattirt. $acbd$ ist die auf die Himmelskugel projectirte Mondsbahn zu einer Zeit, in welcher der aufsteigende Knoten derselben mit dem Frühlingspunkte zusammenfällt; der Winkel, welchen die Ebene der Mondsbahn mit dem Äquator macht, ist alsdann $28^{\circ}37'$.

In dieser Stellung bleibt aber die Mondbahn nicht stehen; sie bewegt sich so, als ob sie bei unveränderter Neigung gegen die Ekliptik um die Ape EE' derselben gegen die Ordnung der Zeichen gedreht würde, so daß der aufsteigende Knoten allmählig von V nach γ und dann weiter von γ nach ω rückt. Ist der aufsteigende Knoten in $O \omega$, also in b angelangt, so hat nun die Ebene der Mondbahn die Lage $agbf$, sie macht zu dieser Zeit nur noch einen Winkel von $18^\circ 19'$ mit dem Aequator.

Hier mag noch die Bemerkung Platz finden, daß der Mond den nördlichen Wendepunkt seiner Bahn im Sommer um die Zeit des Neumondes, im Winter zur Zeit des Vollmondes passirt. Der Vollmond bleibt also in den Wintermonaten weit länger über dem Horizont als in den Sommermonaten.

Die Absidenlinie (die große Ape) der Mondbahn ändert ihre Lage gleichfalls sehr rasch. Das Perigäum schreitet rechtläufig in jedem Jahre fast um 41° voran, so daß es in 8 Jahren 310 Tagen 14 Stunden einen vollständigen Umlauf um den ganzen Himmel herum macht.

Ferner ist die Excentricität und die Neigung der Mondbahn gegen die Ekliptik innerhalb gewisser Gränzen veränderlich. Diese und noch manche andere Unregelmäßigkeiten des Mondlaufes, auf die wir zum Theil zurückkommen, wenn von den physikalischen Ursachen derselben die Rede sein wird, machen, daß die genaue Berechnung der Mondörter eine äußerst verwickelte ist.

69 Sternbedeckungen. Wenn der Mond zwischen der Erde und einem Fixsterne oder einem Planeten hindurchgeht, so sagt man, daß der Mond dieselben bedecke. Solche Sternbedeckungen kommen ziemlich häufig vor.

Da der Mond unter den Fixsternen in der Richtung von West nach Ost fortschreitet, so ist klar, daß die Sterne auf seiner Ostseite verschwinden und auf der Westseite wieder zum Vorschein kommen.

Fig. 114 und Fig. 115 stellen zwei Bedeckungen von α scorpii dar, wie

Fig. 114.

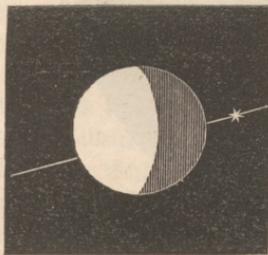
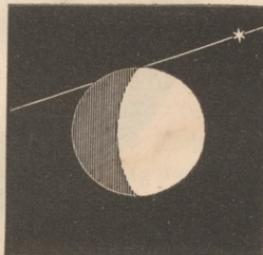


Fig. 115.



sie zu Berlin erschienen sind. Die erste fand am 26. März 1856 Statt. Der Stern trat um $16^h 39,2'$ am östlichen Rande des Mondes ein und um $17^h 58,6'$ auf der Westseite wieder aus, die Bedeckung dauerte also 1 Stunde 19,4 Minuten. Bei der in Fig. 115 dargestellten Bedeckung, welche am 10.

August 1856 stattfand, war die Zeit des Eintritts $5^h 38,3'$, die Zeit des Austritts $6^h 9,7'$ Berliner Zeit.

Das Verschwinden und das Wiedererscheinen der Sterne erfolgt plötzlich; besonders scharf lassen sich die Eintritte beobachten, wenn sie am dunklen Rande stattfinden, wie in dem Fig. 115 abgebildeten Falle.

Von den Sternen erster Größe können vier bedeckt werden, nämlich Aldebaran, Regulus, Spica und Antares. Ein besonders interessantes Schauspiel bietet die Bedeckung der Plejaden dar.

Die Bedeckungen von α tauri finden Statt, wenn die Neigung der Mondsbahn gegen den Aequator sehr klein ist, wenn also ihr aufsteigender Knoten sich in der Nähe von 0° befindet; dagegen werden die Plejaden bedeckt, wenn der Winkel, welchen die Ebene der Mondsbahn mit dem Aequator macht, seinem größten Werthe nahe ist, wenn also der aufsteigende Knoten in der Nähe des Frühlingspunktes liegt, wie dies z. B. im Jahre 1857 der Fall war.

Es ist bereits oben in §. 19 (S. 55) angeführt worden, daß die Sternbedeckungen ein ausgezeichnetes Mittel zur Längenbestimmung sind; aus diesem Grunde werden für alle Hauptsternwarten die Bedeckungen (Occultationen) der Fixsterne erster bis sechster Größe auf mehrere Jahre vorausberechnet. In den Ephemeriden findet man den Moment des Eintritts und den Moment des Austritts der Fixsterne oder Planeten nach der Zeit der entsprechenden Sternwarte ausgedrückt.

Parallaxe, Entfernung und Grösse des Mondes. Der Mond 70

steht der Erde so nahe, daß er, gleichzeitig von verschiedenen Orten der Erdoberfläche aus betrachtet, an verschiedenen Stellen des Himmelsgewölbes projectirt erscheint; wenn zu Berlin ein Stern eben den nördlichen Mondrand berührt, so wird der Mond, vom Cap der guten Hoffnung aus betrachtet, noch nördlich von jenem Sterne gesehen werden, und zwar wird der Abstand des Sternes vom südlichen Mondrande noch ungefähr $50'$ betragen.

Es geht daraus hervor, daß die Mondparallaxe sehr bedeutend ist, und daher kommt es auch, daß sie schon sehr früh annähernd genau war bestimmt worden. Schon Hipparch bestimmte sie zu $47,5$ bis $55,5$ Minuten, während ihr mittlerer Werth in der That nahezu 58 Minuten beträgt.

Am einfachsten und genauesten erhält man die Mondparallaxe dadurch, daß zwei Beobachter an zwei möglichst weit von einander entfernten Orten, welche nahezu auf demselben Meridian liegen, an demselben Tage die Zenithdistanz des Mondes zur Zeit der Culmination bestimmen.

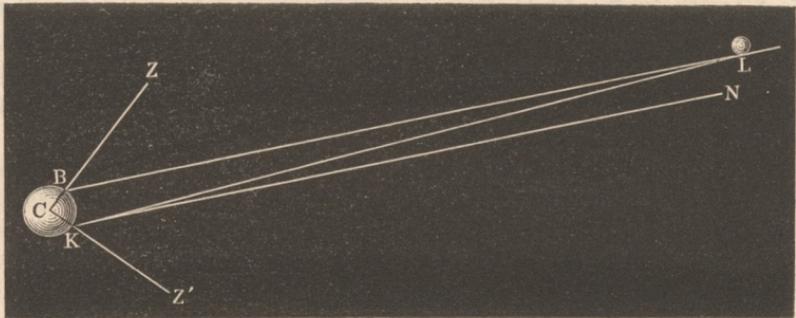
So fand z. B. den 6. December 1751 Lacaille in Berlin die Zenithdistanz des südlichen Mondrandes beim Durchgang durch den Meridian gleich $41^\circ 15' 44''$, während auf dem Cap der guten Hoffnung an demselben Tage Lacaille bei der Culmination des Mondes die Zenithdistanz des südlichen Mondrandes gleich $46^\circ 33' 37''$ fand.

Die Polhöhe von Berlin ist $52^\circ 31' 13''$ nördl.

Die Polhöhe des Caps ist $33^\circ 55' 15''$ südl.

In Fig. 116 sei C der Mittelpunkt der Erde, B Berlin, K das Cap der guten Hoffnung, L der südliche Mondrand. ZBL ist die zu Berlin und

Fig. 116.

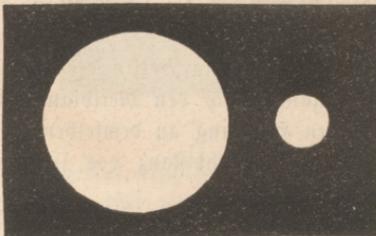


$Z'KL$ ist die auf dem Cap beobachtete Zenithdistanz des südlichen Mondrandes. — Wäre der Mond unendlich weit entfernt, so wären die nach ihm von B und K aus gerichteten Visirlinien BL und KL einander parallel und die Summe der Zenithdistanzen ZBL und $Z'KL$ müßte gleich sein dem Winkel BCK , also $86^{\circ} 26' 28''$. Die Summe der beobachteten Zenithdistanzen ist aber $87^{\circ} 49' 21''$, mithin ist der Winkel NKL , also auch Winkel $BLK = 1^{\circ} 22' 53''$, oder mit anderen Worten, die Sehne BK erscheint, vom Mond aus gesehen, unter einem Winkel von $1^{\circ} 22' 53''$. Danach ergibt sich dann die Horizontalparallaxe des Mondes, d. h. der Winkel, unter welchem, vom Mond aus gesehen, der Halbmesser der Erde erscheint, wenn man bei der Berechnung alle nöthigen Correctionen anbringt, gleich $0^{\circ} 58' 44,2''$.

Da die Entfernung des Mondes von der Erde variirt, so ist auch die Horizontalparallaxe des Mondes veränderlich; der mittlere Werth derselben ist $0^{\circ} 57' 19,9''$, und demnach ist die mittlere Entfernung des Mittelpunktes des Mondes vom Mittelpunkte der Erde gleich 59,94643 Halbmessern des Erdaquators oder 51535 geographischen Meilen.

Da nun die Entfernung des Mondes von der Erde und der scheinbare Durchmesser bekannt ist, unter welchem er uns erscheint, so kann man auch den wahren Durchmesser desselben berechnen, welcher sich gleich 0,2742 Erddurchmessern oder gleich 472 geographischen Meilen ergibt.

Fig. 117.



Der Durchmesser des Mondes ist also ungefähr $\frac{3}{11}$, die Oberfläche desselben $\frac{3}{40}$ und das Volumen desselben $\frac{2}{97}$ von den entsprechenden Größen der Erde.

Fig. 117 dient dazu, um das Größenverhältniß der Erde und des Mondes anschaulich zu machen.

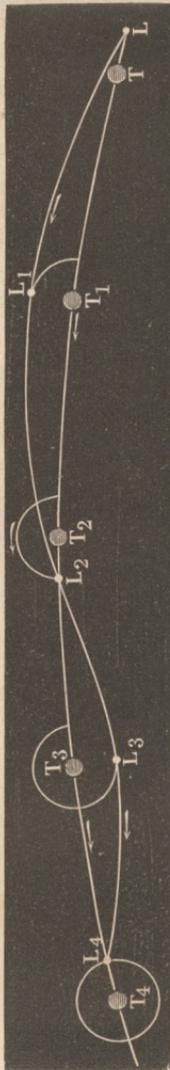
Fig. 118 stellt die Erde, den Mond und ihre gegenseitige Entfernung im richtigen Verhältniß dar.

Bahn des Mondes im Sonnensystem. Wir haben oben die Bewegung des Mondes nur in Beziehung auf die Erde betrachtet; da aber die

Fig. 118.



Fig. 119.



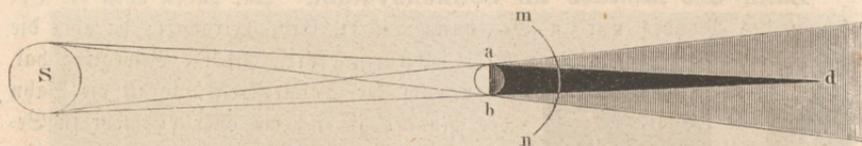
Erde selbst eine fortschreitende Bewegung hat, da sie um die Sonne kreist, so ist die Bahn des Mondes im Raume oder vielmehr in Beziehung auf die Sonne eine Epicycloide (§. 49). Die Mondcycloide zeigt aber keine Verschlingungen, wie wir sie oben kennen lernten, weil der Halbmesser des Deferen- ten sehr groß ist im Vergleich zum Radius des Epicykels, und weil die Geschwindigkeit des Mondes im Epicykel sehr gering ist gegen die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn. Der Charakter der Mondcycloide ist aus Fig. 119 zu ersehen, deren Construction nach §. 49 wohl leicht verständlich sein wird; doch ist hier noch zu bemerken, daß diese Figur die Mondcycloide noch keineswegs im richtigen Verhältniß zeigt, vielmehr ist der Abstand des Mondes von der Erde in dieser Figur noch viel zu groß genommen im Vergleich zum Halbmesser der Erdbahn. Sollte in der Zeichnung das richtige Verhältniß eingehalten werden, so müßte der Radius des Epicykels $\frac{1}{400}$ vom Radius des Deferen- ten, es müßte $T'L$, T_1L_1 u. s. w. $\frac{1}{400}$ des Halbmessers sein, mit welchem der Bogen TT_4 gezogen ist; die Mondcycloide ist also in der That viel flacher als die in unserer Figur dargestellte Curve.

Die Geschwindigkeit, mit welcher der Mond in seiner Bahn um die Erde fortschreitet, ist ungefähr 30mal geringer, als die Geschwindigkeit der Erde auf ihrem Wege um die Sonne.

Mondfinsternisse. Da die Erde ein dunkler undurchsichtiger Körper ist, so muß sie einen Schatten geben, welcher, da die Erde kleiner ist, als die Sonne, die Gestalt eines Kegels abd , Fig. 120 (a. f. S.), hat, dessen kreisförmige Basis durch den Umfang der Erde gebildet ist. In diesen Raum abd dringt gar kein Sonnenstrahl, es ist der Kernschatten. Dieser Kern-

schatten ist ringsum von einem Halbschatten umgeben, welcher diejenigen Stellen umfaßt, an welchen nur ein Theil der Sonnenscheibe sichtbar ist, an welchen

Fig. 120.



also weder vollkommener Ausschluß der Sonnenstrahlen, noch eine volle Erleuchtung stattfindet.

Die Länge des Kernschattens beträgt ungefähr 216 Erdhalmesser; sie wird größer, wenn die Erde im Apkelium, kleiner, wenn sie im Perihelium sich befindet.

Durch diesen Schatten geht nun der Mond von Zeit zu Zeit hindurch, und erscheint uns dann verfinstert. Solche Mondfinsternisse können natürlich nur stattfinden, wenn $\text{D} \text{ } \odot$, also zur Zeit des Vollmondes.

Daß aber nicht bei jedem Vollmond eine Mondfinsterniß eintritt, ist leicht einzusehen. Der Mond ist 60 Erdhalmesser von der Erde entfernt; in dieser Entfernung aber ist der Durchmesser des Kernschattens gleich 0,72 Erddurchmessern oder gleich 2,9 Monddurchmessern. Von der Erde aus gesehen, erscheint also der Halbmesser des Kernschattens an jener Stelle unter einem Winkel von ungefähr 44 Minuten.

Der Mittelpunkt des Erdschattens befindet sich natürlich stets auf der Ekliptik, und zwar der Sonne diametral gegenüberstehend. Wenn sich also der Mondrand zur Zeit des Vollmondes der Ekliptik wenigstens bis auf 44 Minuten genähert hat, so tritt er in den Erdschatten ein; wenn aber, wie dies meistens und auch in dem Fig. 121 dargestellten Stück der Mondsbahn der Fall ist, zur Zeit der Opposition (also des Vollmondes) der Mond weiter von der Ekliptik entfernt ist, so geht er entweder über oder unter dem Erdschatten vorüber, und es findet alsdann keine Mondfinsterniß Statt.

Das Wesen der Mondfinsternisse wird wohl am besten durch die Betrachtung einzelner Fälle erläutert.

Zur Construction des Verlaufs der Mondfinsterniß, welche sich am 1. Mai 1855 ereignete, findet man im Berliner astronomischen Jahrbuche folgende Data:

die Breite D am 1. Mai 1855 12^h gleich $+ 0^{\circ} 24' 21''$,

die Breite D am 1. Mai 1855 24^h gleich $- 0^{\circ} 12' 19''$.

Aus diesen Angaben läßt sich leicht berechnen, daß der Mittelpunkt des Mondes die Ekliptik am 1. Mai 19^h 42' oder nach bürgerlicher Zeit am 2. Mai Morgens 7^h 42' passirte.

Es war die Länge D am 1. Mai 1855 12^h = $218^{\circ} 27' 7''$, ferner war die Länge D am 1. Mai 1855 24^h = $225^{\circ} 4' 20''$.

Daraus berechnet man dann, daß die Länge des Mondmittelpunktes um

Fig. 121.

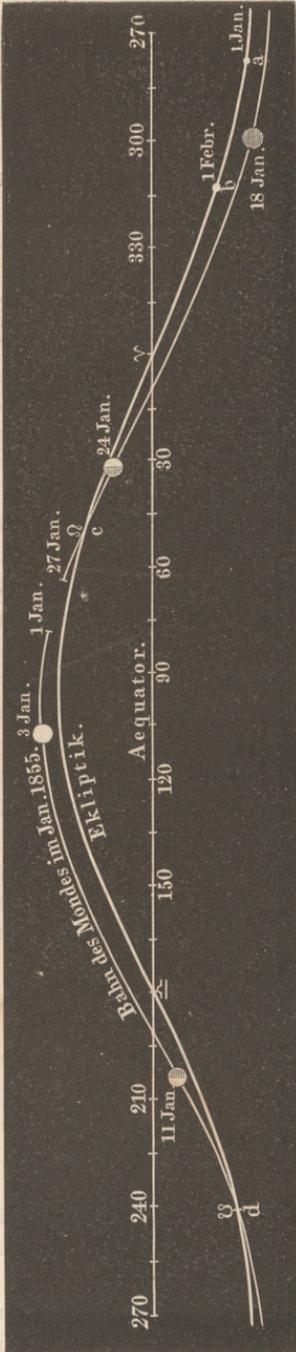
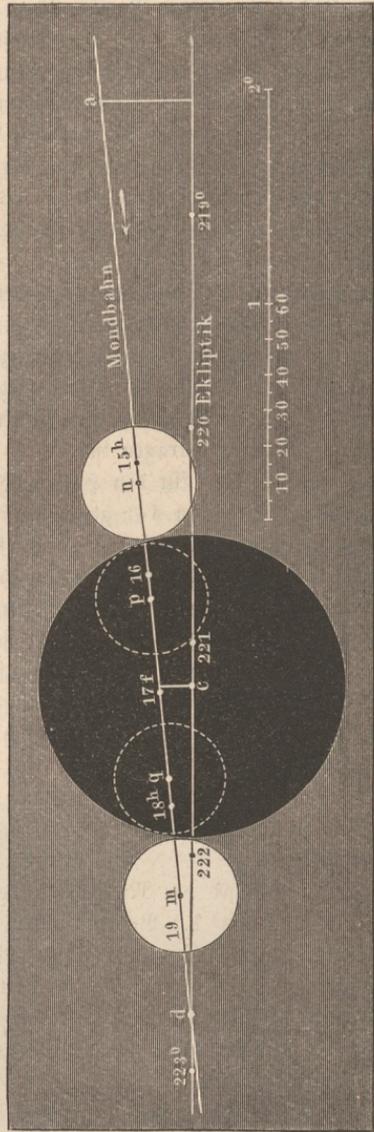


Fig. 122.



$19^h 42'$ gleich sein wird $222^o 42'$; es ist dies die Länge des niedersteigenden Mondknotens.

Fig. 122 (a. v. S.) stellt ein Stück der Ekliptik, und zwar ungefähr vom 218. bis 223. Längengrade dar. Jeder Grad ist einen Pariser Zoll lang aufgetragen, eine Länge von einer Pariser Linie stellt also 5 Bogenminuten dar; d ist der Knotenpunkt, dessen Lage oben ermittelt wurde, und a ist der Punkt, an welchem nach obigen Angaben der Mittelpunkt des Mondes am 1. Mai um 12^h stand; da ist also ein Stück der Mondbahn.

Der Moment des Vollmondes, d. h. der Augenblick, in welchem die Länge des Mondes gerade um 180^o von der Länge der Sonne differirte, war dem astronomischen Jahrbuche zufolge um $16^h 56,7'$. Man findet leicht, daß in diesem Moment der Mittelpunkt des Mondes in einem Punkte f stand, dessen Länge $221^o 21'$ war.

Dies ist aber auch die Länge des Punktes c , welchen in demselben Moment der Mittelpunkt des Erdschattens einnahm. In unserer Figur ist dieser Erdschatten als ein vollkommen schwarzer Kreis dargestellt, dessen Radius beinahe 9 Pariser Linien ist, da ja der Halbmesser des Erdschattens an der fraglichen Stelle $44'$ beträgt und eine Winkelgröße von $5'$ in unserer Figur als eine Pariser Linie aufgetragen ist.

Es ist hier für den Halbmesser des Erdschattens an der fraglichen Stelle der Mittelwerth von $44'$ genommen worden. Wenn die Construction ganz genaue Resultate geben sollte, so dürfte man sich mit diesem Mittelwerthe nicht begnügen, sondern man müßte ihn aus der Entfernung, in welcher sich zur Zeit der Finsterniß Sonne und Mond gerade befinden, erst berechnen. Die Elemente zu einer solchen Berechnung finden sich in den astronomischen Jahrbüchern.

Der Erdschatten steht aber nicht still, er schreitet in einer Stunde um $2' 25''$ von West nach Ost, also in unserer Figur von der Rechten zur Linken fort. In einer Stunde bewegt sich aber der Mond in gleicher Richtung um $33' 4''$ vorwärts; wir können also, da es sich nur um die relative Bewegung des Mondes und des Erdschattens handelt, annehmen, daß der Erdschatten stillstände und daß der Mond in einer Stunde nur um $30' 39''$ nach Osten hin fortschritte.

In f stand der Mittelpunkt des Mondes um $16^h 57'$, um 17 Uhr stand er also noch um 1,5 Bogenminuten östlicher, also in dem mit 17 bezeichneten Punkte. Wißt man nun auf der Mondbahn von dem Punkte 17 aus die Länge von $30,65'$ nach beiden Seiten hin ab, so findet man die mit 15, 16, 18 und 19 bezeichneten Punkte, in welchen sich der Mondmittelpunkt um 15', 16, 18 und 19 Uhr befand, wenn wir nur seine relative Bewegung zum Erdschatten betrachten.

Der scheinbare Halbmesser des Mondes zur Zeit dieser Finsterniß war $15,5'$, und mit diesem Halbmesser sind die Kreise um die Punkte n , p , q und m gezogen.

Die Punkte m und n stehen von c um die Summe der Halbmesser des Erdschattens und des Mondes ab, folglich wird ein mit dem Radius $15,5'$ um

n oder m -gezogener Kreis den Erdschatten gerade berühren. Als der Mittelpunkt des Mondes in n stand, begann also der Mond eben in den Kernschatten der Erde einzutreten. Wie man aus der Figur 122 leicht ersehen kann, erfolgte dieser Eintritt ungefähr um $15^h 8'$, da der Abstand von n bis zu dem mit 15^h bezeichneten Punkte einem Zeitintervall von 8 Minuten entspricht.

Der Mond trat eben aus dem Erdschatten vollständig aus, die Finsterniß war zu Ende, als der Mittelpunkt des Mondes in m anlangte, was um $18^h 49'$ der Fall war.

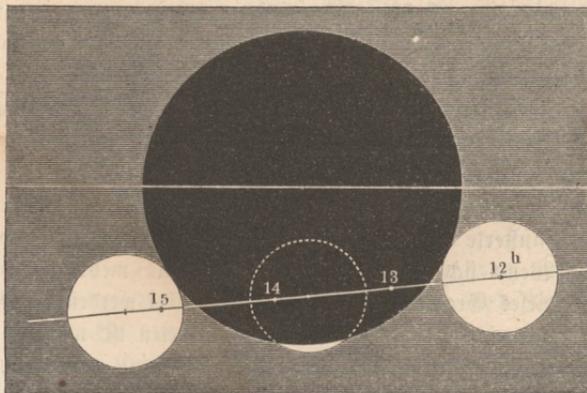
Die Punkte p und q sind von c um die Differenz des Halbmessers des Erdschattens und des Mondes entfernt; wenn also der Mittelpunkt des Mondes in p oder in q steht, so wird der Mondrand die Gränze des Kernschattens gerade von innen berühren. In dem Augenblicke also, in welchem der Mittelpunkt des Mondes in p anlangte, war der Mond vollständig in den Erdschatten eingetreten; es war dies der Anfang der totalen Finsterniß, welcher um $16^h 10'$ stattfand, da 10 Minuten nöthig waren, damit der Mond von dem mit 16 bezeichneten Punkte nach p gelangte.

Die totale Finsterniß erreichte ihr Ende, als der Mittelpunkt des Mondes in q anlangte, um $17^h 47'$.

Da der Mond an jenem Tage für Berlin bereits um $16^h 32'$ unterging, so konnte man daselbst, sowie in ganz Europa, nur den Anfang, nicht das Ende jener Finsterniß sehen.

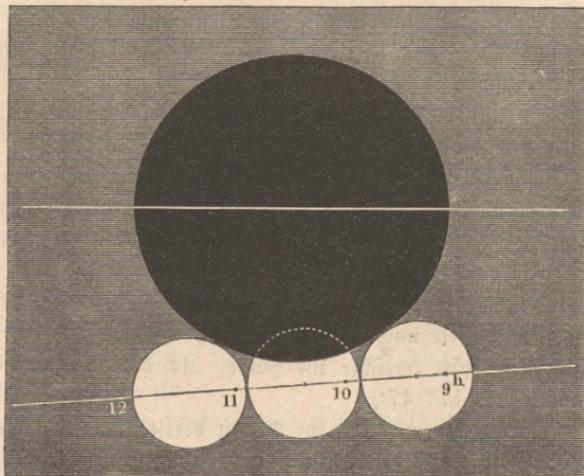
Wenn der Mond in dem Moment der Opposition noch weiter von seinem auf- oder niedersteigenden Knoten entfernt ist, als in dem eben betrachteten Falle, so kann die Mondscheibe nicht mehr vollständig in den Erdschatten eintreten, die Finsterniß ist dann nur eine partielle. Die Figuren 123 und 124 stellen den Verlauf der partialen Mondfinsternisse vom 13. November 1845 und vom 31. März 1847 dar.

Fig. 123.



Um die Größe einer Mondfinsterniß zu bestimmen, d. h. um anzugeben, der wievielste Theil der Mondscheibe verfinstert ist, denkt man sich den Durchmesser des Mondes, dessen Verlängerung durch den Mittelpunkt des Erdschattens geht, in 12 gleiche Theile getheilt, welche man Zolle nennt, und giebt dann

Fig. 124.



an, wie viele dieser Zolle verfinstert sind. So betrug das Maximum der Verfinstderung am 13. November 1845 zwischen 10 und 11 Zoll, am 31. März 1847 nur etwas über 3 Zoll.

Die zunächst bei uns sichtbare Mondfinsterniß ist die vom 5. December 1862. Um 18^h 38' mittlere Berliner Zeit (6. December Morgens 6^h 38') beginnt der Mond in den Kernschatten der Erde einzutreten. Der Anfang der totalen Verfinstderung ist 7 Uhr 47 Minuten mittlerer Berliner Zeit. Kurze Zeit nach dem Eintritt der totalen Finsterniß geht der Mond für Deutschland schon unter, so daß wir das Ende dieser Finsterniß nicht beobachten können.

Die Gränze des Erdschattens erscheint auf dem Monde stets als Kreisbogen; er ist aber nie vollkommen scharf begränzt, weil eben der Uebergang aus dem Kernschatten in den Halbschatten ein allmäliger ist.

Anfangs, wenn eben der Mond in den Erdschatten einzutreten beginnt, erscheint der verfinsterte Theil des Mondes von grauer Farbe und alle Flecken verschwinden. Wenn sich aber der Mond mehr und mehr in den Erdschatten einsenkt, geht dieses Grau in Roth über und dabei werden die Flecken wieder sichtbar, so daß, wenn die totale Finsterniß eingetreten ist, nun die ganze Mondscheibe eine eigenthümlich dunkelrothe Färbung zeigt, in welcher sich Einzelheiten auf der Mondoberfläche wieder unterscheiden lassen. In sehr ausgezeichneter Weise war diese rothe Färbung der verfinsterten Mondscheibe auch bei der nicht ganz totalen Mondfinsterniß vom 13. October 1856 wahrnehmbar.

Fig. 1 auf Tab. XIa. ist eine möglichst treue Darstellung jener interessanten Erscheinung.

Das rothe Licht des Mondes während einer totalen oder nahe totalen Verfinsternung rührt offenbar von dem zerstreuten Lichte her, welches die erleuchtete Erdatmosphäre noch in den Erdschatten hineinsendet.

Sonnenfinsternisse sind Erscheinungen, welche einerseits den Sternbedeckungen durch den Mond, andererseits den Durchgang der unteren Planeten vor der Sonnenscheibe analog sind; sie treten ein, wenn die Erde durch den Schatten des Mondes hindurchgeht, können also nur zur Zeit des Neumondes stattfinden.

So wenig jeder Vollmond eine Mondfinsterniß bringt, so wenig ereignet sich auch bei jedem Neumond eine Sonnenfinsterniß, weil sich der Mond so weit von der Ekliptik entfernt, daß sein Schatten meist über oder unter der Erde vorbeistreicht, ohne sie zu treffen. Eine Sonnenfinsterniß kann nur dann stattfinden, wenn der Mond zur Zeit seiner Conjunction mit der Sonne ganz in der Nähe der Ekliptik steht.

Im Mittel ist der scheinbare Durchmesser des Mondes 31,5, der der Sonne 32 Minuten, die Spitze des Kernschattens reicht demnach nicht immer bis auf die Erde. Wenn aber die Sonne in ihrer Erdferne, der Mond gerade in seiner Erdnähe ist, so ist der scheinbare Durchmesser der Sonne 31,5, der des Mondes 34 Minuten, und in diesem Falle ist der Kernschatten des Mondes länger als der Abstand der Erde von demselben; der Kernschatten trifft also noch auf die Erdoberfläche, wie dies auch in der schematischen Fig. 125 der Fall ist, in welcher *S* die Sonne, *L* den Mond und *T* die Erde darstellt.

An den gerade vom Kernschatten des Mondes getroffenen Stellen der Erde ist die Sonnenscheibe vollständig durch den Mond verdeckt, es findet eine totale Sonnenfinsterniß an diesen Orten Statt.

Für denjenigen Ort der Erde, von welchem aus gesehen die Mittelpunkte der Sonne und des Mondes sich decken, ist die Finsterniß eine centrale; natürlich kann sie nur für einen Augenblick central sein. Die centrale Finsterniß ist zugleich eine ringförmige, wenn gerade der scheinbare Durchmesser des Mondes kleiner ist als der scheinbare Durchmesser der Sonne.

Fig. 125.

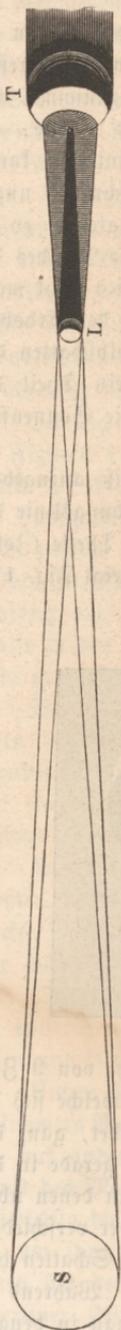
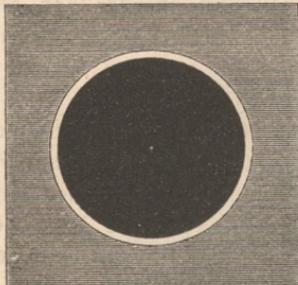


Fig. 126 stellt die ringförmige Sonnenfinsterniß vom 15. März 1858 dar, wie sie z. B. in Oxford erschien.

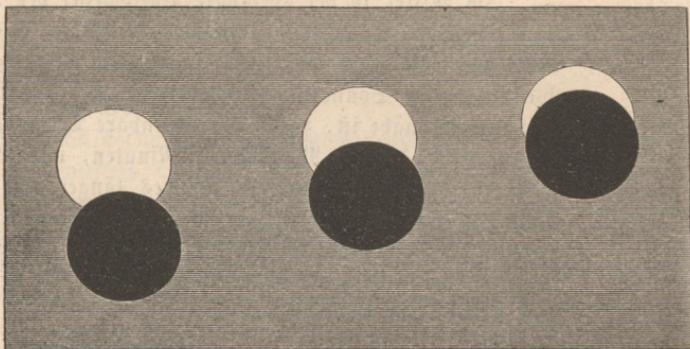
Fig. 126.



Sonnenscheibe durch den Mond verdeckt; in solchen Fällen ist die Sonnenfinsterniß eine partiale.

Um die Größe der Bedeckung bei einer partialen Finsterniß anzugeben, denkt man sich den Durchmesser der Sonne, welcher in die Verbindungslinie der Mittelpunkte der Sonnen- und Mondscheibe fällt, in 12 gleiche Theile (Zolle) getheilt und giebt dann an, wie viele Zolle verdeckt sind. So zeigt Fig. 127

Fig. 127.



eine Verfinsternung von 3, eine solche von 6 und endlich eine solche von 9 Zoll.

Eine Mondfinsterniß bietet auf der ganzen Erdhälfte, für welche sich der in den Erdschatten eingetauchte Mond über dem Horizont befindet, ganz den gleichen Anblick dar. Der Moment, in welchem man den Mond gerade in den Erdschatten eintreten sieht, ist derselbe für alle Orte der Erde, an denen überhaupt das Phänomen sichtbar ist. Ebenso sehen die Beobachter der verschiedensten Gegenden den Mond in demselben Moment wieder aus dem Schatten hervortreten. Ganz anders verhält es sich bei Sonnenfinsternissen. Während an einem Orte eine totale Sonnenfinsterniß stattfindet, beobachtet man in benachbarten Gegenden nur eine partielle, in entfernteren gar keine Sonnenfinsterniß;

ebenso sind die Zeitpunkte, in welchen die Sonnenfinsterniß beginnt und endet, für verschiedene Orte auf der Erde nicht dieselben.

Die eben angedeuteten Verhältnisse werden am besten erläutert, wenn wir den Vorgang irgend einer speciellen Sonnenfinsterniß näher betrachten, und besonders, wenn wir untersuchen, welches der Verlauf der Erscheinung, vom Mond aus betrachtet, sein wird.

Am 4. April 1856 fand eine in Australien sichtbare Sonnenfinsterniß statt. Dem Berliner astronomischen Jahrbuche zufolge war der Moment der Conjunction von Sonne und Mond am 4. April 18^h 43' 35" Berliner Zeit. In diesem Augenblick war die geometrische Länge der Sonne und des Mondes (nämlich des Mittelpunktes beider Himmelskörper) 15° 38' 21". Die heliocentrische Länge des Mittelpunktes der Erde sowohl wie des auf die Erde fallenden Mondschattens war demnach in dem fraglichen Momente 195° 38' 21"; die gleichzeitige südliche Breite des Schattenmittelpunktes war 48° 24,6".

In Fig 5 auf Tab. X., welche nach demselben Maßstabe gezeichnet ist, wie die Figuren 122 bis 124, stellt AB ein Stück der Ekliptik, C den Mittelpunkt der Erde und m den Mittelpunkt des Mondschattens für den Moment der Conjunction dar. Zur Zeit jener Finsterniß war dem astronomischen Jahrbuche zufolge die Horizontalparallaxe des Mondes gleich 61' 9,6", ein mit dem Halbmesser 61,1' um den Mittelpunkt C beschriebener Kreis stellt also den Umfang der vom Monde aus betrachteten Erdkugel dar, wenn die weißen Kreise in den Figuren 122 bis 124 den Mond darstellen, wie wir ihn von der Erde aus sehen.

Die Figur zeigt uns nun die Erdhälfte, welche im Moment der fraglichen Conjunction gerade der Sonne zugewandt war. Der Kernschatten des Mondes fiel in diesem Augenblick auf die südwestliche Spitze von Neuholland; hier, innerhalb des kleinen schwarzen Kreises, fand eben eine totale Sonnenfinsterniß Statt.

Dieser Kernschatten war aber von einem Halbschatten umgeben, welcher den größten Theil von Neuholland bedeckte und sich nördlich bis zur Insel Java erstreckte. An allen Orten, welche innerhalb dieses Halbschattens lagen, fand eine partielle Sonnenfinsterniß Statt, und zwar war der von dem Monde bedeckte Theil der Sonnenscheibe um so kleiner, je weiter man von dem Kernschatten entfernt war. Ueber die Gränze des Halbschattens hinaus, also in ganz Asien und Afrika, fand keine Bedeckung der Sonnenscheibe Statt.

Unsere Figur stellt den auf die Erde fallenden Mondschatten nur für einen bestimmten Moment dar; vor und nach diesem Zeitpunkte aber mußte der Schatten auf andere Gegenden fallen, wie man leicht erschen kann, da der Mittelpunkt des Mondschattens in der Richtung der Linie DF' fortschritt, während gleichzeitig die Erde in der Richtung des kleinen am Aequator gezeichneten Pfeiles um ihre Aye rotirte. Auf der Linie DF' sind die Punkte bezeichnet, in denen sich der Mittelpunkt des Mondschattens um 16^h, 17^h u. s. w. bis 21^h (Berliner Zeit) befand. Der Mondschatten traf die Erde zuerst, als der Mittelpunkt desselben sich in a befand, um 16^h 36' Berliner Zeit, also zu

einer Zeit, in welcher ungefähr der 131. Längengrad (etwas östlich von der Ostküste Chinas) in der Mitte der erleuchteten Erdhälfte lag, und für die Stelle, wo der Erdäquator die Ostküsten Afrikas schneidet, die Sonne eben aufging. Das Ende der Finsterniß fand statt, als der Mittelpunkt des Mondschattens in *b* angelangt war, was um 21^b 8' Berliner Zeit statt fand, bis zu welchem Zeitpunkt sich dann die Erde so weit um ihre Aze gedreht hatte, daß nun die Sonne auf dem 74. Längengrade östlich von Ferro culminirte, also der Eingang des persischen Meerbusens, das Uralgebirge und Nowaja-Semlia Mittag hatten und die Sonne für den östlichen Theil von Neu-Guinea und Neuholland bereits untergegangen war.

Dhne auf eine genauere Bestimmung der Gränzen einzugehen, innerhalb welcher die Finsterniß vom 4. April 1856 sichtbar war, ist aber doch aus dem bisher Gesagten mit Hülfe der Figur 5 auf Tab. X. klar, daß die fragliche Sonnenfinsterniß überhaupt in Neuholland und den nördlich und östlich davon gelegenen Inseln sichtbar war, daß aber die Linie der centralen Verfinsterung Neuholland durchschneitt.

Da der Mondschatten auf der Erde von Westen nach Osten fortschreitet, so ist klar, daß wir den Mond auf der Westseite der Sonnenscheibe ein-, auf der Ostseite derselben austreten sehen.

Der Weg, welchen der Kernschatten des Mondes bei der Sonnenfinsterniß vom 31. December 1861 beschreiben wird, geht vom Westende der Insel Cuba über Trinidad nach den Inseln des grünen Vorgebirges, westlich von Tripoli vorbei bis nach Morea. Der Streifen, innerhalb dessen diese Finsterniß eine totale sein wird, hat nur eine Breite von $\frac{3}{4}$ geographischen Meilen.

Die folgende kleine Tabelle giebt die Zeit des Anfangs und des Endes der Finsterniß für einige Orte, sowie auch die Größe der Verfinsterung in Zoll. Die Zeit ist überall die wahre eines jeden Ortes.

An den vier ersten Orten dieser Tabelle geht die Sonne verfinstert unter, am letztgenannten geht sie verfinstert auf.

	Anfang.	Ende.	Größe in Zoll.
Christiania	2 ^b 35'		5,1
Berlin	2 50		6,8
Genf	2 18		7,4
Neapel	2 58		10,0
Dublin	1 18	3 ^b 12'	4,5
Paris	1 59	4 4	6,4
Washington		20 32	5,7

Wo eine Sonnenfinsterniß wirklich total wird, entsteht eine ganz eigenthümliche Dunkelheit, der Himmel erscheint grau und man erblickt einzelne der helleren Sterne. Die schwarze Mondscheibe ist von einer wallenden breiten Lichtung umgeben, von welcher aus sich gelbliche Strahlen verbreiten.

Totale Sonnenfinsternisse machen auf die ganze Thierwelt einen merkwürdigen Eindruck; Vögel fliegen wie verscheucht umher, Hunde heulen, Pferde und andere Thiere zeigen eine unruhige Aengstlichkeit; kein Wunder also, wenn diese an einem bestimmten Orte der Erde doch nur höchst selten eintretende Erscheinung auch ungebildete und abergläubische Menschen in Furcht und Schrecken versetzt.

Die eigenthümliche Erscheinung des Strahlenkranzes, welche man während einer totalen Sonnenfinsterniß wahrnimmt, ist bereits am Schlusse des dritten Capitels besprochen worden.

Für ein eingehenderes Studium der Sonnen- und Mondfinsternisse ist ein von Dr. A. Drechsler im Jahre 1858 zu Dresden über diesen Gegenstand erschienenen Werkchen zu empfehlen.

Axendrehung des Mondes. Schon mit bloßem Auge unterscheidet man auf der Mondscheibe Flecken, welche dem Monde eine bestimmte Zeichnung geben. Diese Zeichnung bleibt nun stets unverändert, d. h. die einzelnen Flecken behalten ihre Stellung auf der Mondoberfläche, geringe Schwankungen abgerechnet, unverändert bei; ein Flecken, welcher einmal in der Mitte der Scheibe liegt, wird uns immer an dieser Stelle erscheinen, er rückt nie an den Rand; bestimmte Flecken werden immer am westlichen, andere werden stets am östlichen Rande bleiben: kurz, der Mond wendet uns immer dieselbe Seite zu.

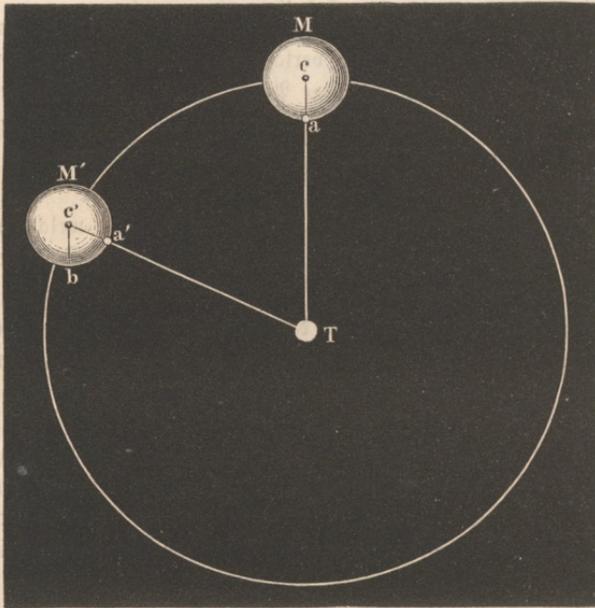
Es kommt uns also nur die eine Hälfte der Mondoberfläche zu Gesicht, die andere Hälfte bleibt uns stets unsichtbar.

Nach dieser Beobachtung läßt es sich nun leicht ausmitteln, wie es sich mit der Axendrehung des Mondes verhält. In Fig. 128 (a. f. S.) sei T die Erde, M die Stellung des Mondes in irgend einem beliebigen Augenblick. Wenn nun der Punkt a derjenige ist, welcher, von der Erde aus gesehen, gerade die Mitte der Mondscheibe bildet, so muß dieser Punkt in die Stellung a' kommen, während der Mond von M bis M' in seiner Bahn fortschreitet, wenn stets derselbe Punkt die Mitte der von der Erde sichtbaren Mondhälfte bilden soll.

Fände während der fortschreitenden Bewegung des Mondes gar keine Axendrehung desselben Statt, so müßte der Punkt a an die Stelle b gelangen, während der Mond von M bis M' fortschreitet, so daß derselbe Mondhalbmesser, welcher vorher die Lage ca hatte, nun die parallele Richtung $c'b$ einnähme. Wir haben aber gesehen, daß der fragliche Radius jetzt, wo der Mond in M' angekommen ist, die Lage $c'a'$ haben muß; während also der Mond von M nach M' fortgeschritten ist, hat er sich um den Winkel $b c' a'$ gedreht, welcher offenbar dem Winkel $c T c'$ gleich ist.

Aus der Thatsache, daß der Mond der Erde stets dieselbe Seite zuwendet, ergibt sich also, daß er eine Axendrehung hat und daß er die Umdrehung um

Fig. 128.



seine Ase in derselben Zeit vollendet, in welcher er seine Bahn um die Erde zurücklegt, die Rotationsdauer des Mondes ist also seiner siderischen Revolution gleich.

Dieser langsamen Axendrehung entsprechend hat der Mond keine irgend wahrnehmbare Abplattung.

- 75 Libration des Mondes.** Obgleich uns im Wesentlichen stets dieselbe Mondhälfte zugekehrt ist, so finden doch kleine Schwankungen in der Stellung der Mondoberfläche gegen die Erde Statt; bald sehen wir etwas weiter auf die Westseite, dann wieder etwas mehr auf die Ostseite der Mondkugel; bald ist uns der Nordpol des Mondes und dann wieder der Südpol desselben etwas mehr zugewandt; kurz der größte Kreis, welcher die uns sichtbare Mondhälfte begränzt, hat auf der Mondkugel keine absolut feste Lage, sondern er wird sowohl in der Richtung von Ost nach West, als auch in der Richtung von Nord nach Süd etwas hin und her geschoben. Man bezeichnet diese Erscheinung mit dem Namen der Libration.

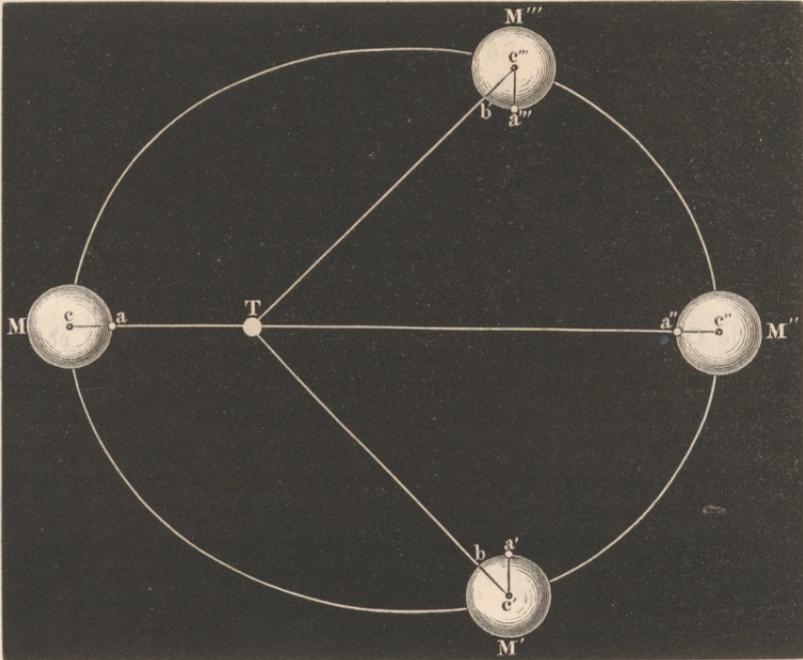
Insofern die erwähnte Schwankung in der Ebene des Mondäquators stattfindet, so daß alle Längenkreise des Mondes für den Beschauer auf der Erde bald etwas mehr nach Osten, dann wieder etwas mehr nach Westen gedreht erscheinen, nennt man sie Libration der Länge, während die recht-

winklig zum Mondäquator stattfindenden scheinbaren Schwankungen Libration der Breite genannt werden.

Die Libration der Länge rührt daher, daß der Mond sich in einer Ellipse um die Erde bewegt, während seine Umdrehung stets mit gleichförmiger Geschwindigkeit vor sich geht.

Fig. 129 stelle die elliptische Mondbahn dar, in deren einem Brennpunkte

Fig. 129.



T die Erde steht. Zur Zeit des Perigäums steht der Mond in M , und a ist der Punkt, welcher, von der Erde aus gesehen, gerade die Mitte der Mondscheibe einnimmt. Nachdem nun der vierte Theil der ganzen Umlaufszeit verfloßen ist, befindet sich der Mond in M' ; er hat aber unterdessen eine Drehung von 90° um seine Aze gemacht, der Mondhalbmesser, welcher vorher die Lage ca hatte, wird sich also jetzt in der Lage $c'a'$ befinden; dieser Radius ist aber jetzt nicht mehr derjenige, dessen Verlängerung gerade zur Erde hinführt, sondern b ist der Punkt, welcher, von der Erde aus gesehen, die Mitte der Mondscheibe einnimmt, die Mondoberfläche erscheint also gegen die Erde um den Winkel $bc'a'$ nach Osten gedreht.

Ist der Mond im Apogäum, also in M' , angelangt, so ist, von dem Moment des Perigäums aus gerechnet, die Hälfte seiner ganzen Umlaufszeit verfloßen; in dieser Zeit hat er aber eine Drehung von 180° um seine Aze gemacht, der Punkt a nimmt also wieder die Mitte der Mondscheibe ein, während

derselbe Punkt sich in a'''' befindet, also um den Winkel $b'c''a''''$ nach Westen gedreht erscheint, wenn der Mond nach M'''' gelangt ist.

Die Libration der Länge (also der Winkel $bc'a'$ oder $b'c''a''''$) kann bis zu $7^{\circ} 53'$ auf jeder Seite wachsen.

Wäre die Mondare genau rechtwinklig zur Mondbahn, so würden wir nur die Libration der Länge wahrnehmen; nun aber macht der Mondäquator mit der Ebene der Mondbahn einen Winkel, welcher im Mittel $6^{\circ} 38'$ beträgt, und so kommt es, daß die Mondpole nicht — wie es bei streng senkrechter Lage seiner Aze sein würde — im Rande erscheinen, sondern uns abwechselnd etwas zu- und abgewandt sind. Ist uns der Nordpol des Mondes zugewandt, so werden alle Flecken mehr nach Süden rücken; mehr nach Norden aber, wenn gerade der Südpol uns zugekehrt ist, und so ist also die Libration der Breite, welche im Maximo $6^{\circ} 47'$ beträgt, eine Folge von der schiefen Stellung der Mondare gegen seine Bahn.

Es ist klar, daß die Ansicht der Mondscheibe, von verschiedenen Orten der Erde aus gesehen, nicht genau dieselbe ist; die aus dieser Ursache stammenden Variationen werden parallaktische Libration genannt.

76

Die Oberfläche des Mondes. Mit unbewaffnetem Auge oder auch durch ein ganz schwach vergrößerndes Fernrohr betrachtet, erscheint der Vollmond als eine weiße Scheibe, welche mit mehreren grauen Flecken bedeckt ist; man hielt früher diese dunkleren Stellen für Meere, die helleren für Land, und obgleich man sich später davon überzeugte, daß auf dem Monde keine Meere sind, so haben diese dunklen Partien doch ihre alten Namen beibehalten, und so findet man denn auf den Mondkarten noch immer ein Mare humorum, ein Mare nubium u. s. w. Auf unserer Mondkarte, Tab. XI., sind bezeichnet:

Mare nubium mit <i>a</i> ,	Mare tranquillum mit <i>e</i> ,
Mare humorum » <i>b</i> ,	Mare crisium » <i>f</i> ,
Mare imbrium » <i>c</i> ,	Mare foecunditatis » <i>g</i> ,
Mare serenitatis » <i>d</i> ,	Mare nectaris » <i>h</i> .

Wenn man den Mond durch ein Fernrohr betrachtet, so beobachtet man unverkennbare Erhöhungen und Vertiefungen, kurz Berge, welche jedoch nur an solchen Stellen deutlich unterschieden werden können, welche an der Gränze der Lichtphasen liegen, also nur in denjenigen Mondgegenden, für welche die Sonne eben auf- oder untergeht. Die Gebirge werfen dann mehr oder minder lange Schatten, deren schwarze, oft haarscharf endende Gestalten einen überaus schönen Anblick gewähren, wie dies die beiden unteren Figuren auf Tab. XI a anschaulich machen sollen, welche, wie auch zum Theil die folgenden Schilderungen, einem Werk von Julius Schmidt über den Mond entnommen, zwei gerade an der Gränze der Erleuchtung liegende Mondlandschaften darstellen. Die tiefen Krater und Ringgebirge sind noch von Nacht erfüllt; rings umglänzt sie als schmaler Goldsaum der höchste Kamm des schon erleuchteten Walles und oft ragt sternähnlich der Gipfel eines Centralberges aus der Finsterniß der Tiefe empor, den eben erst das Licht der Sonne getroffen hat. Mit dem Steigen der Sonne verändert

sich die Scene; die Schatten werden kürzer und mit dem Verschwinden der letzten Schattenpur verliert sich die Schärfe der Umrisse, so daß bei voller Beleuchtung alle die Einzelheiten verschwinden, welche man an der Gränze zwischen der erleuchteten und der dunklen Hälfte wahrgenommen hatte. — Der Vollmond zeigt nur Differenzen des Lichts und der Farbe. Den Haupteindruck gewähren die dunklen Flächen, welche schon dem unbewaffneten Auge sichtbar sind und in welchen sich, von einzelnen Bergen ausgehend, schmale Lichtstreifen verbreiten. Aber das unendliche Detail von Bergen, Hügeln und kleinen Kratern, welches zur Zeit der Phasen den Beobachter in Erstaunen setzte, ist auf dem Vollmond spurlos verschwunden.

Hevel hatte den Mondbergen die Namen irdischer Gebirge beigelegt, während Riccioli es vorzog, die Nomenclatur Hevels zu verlassen, indem er die Mondberge nach berühmten Männern und namentlich nach Astronomen benannte. Diese Bezeichnung ist bis jetzt allgemein in Gebrauch geblieben und so finden wir denn auf unseren Mondkarten einen Archimedes, einen Kepler, Tycho, Manilius, Galiläi u. s. w., während nur einige Bergketten die Namen irdischer Gebirge behalten haben.

Wendet man das Fernrohr auf eine gerade gut beleuchtete Gebirgslandschaft des Mondes, so fällt selbst dem ungeübtesten Beobachter das Vorherrschende kreisförmiger Gebilde auf, welche sich in tausenden von Beispielen in größerem und kleinerem Maßstabe wiederholen und mit dem gemeinschaftlichen Namen der Ringgebirge bezeichnet werden. In unserer Mondkarte Tab. XI. sind diese ringförmigen Bildungen deutlich zu erkennen, der Maßstab derselben ist der Art, daß 10 Meilen auf der Karte eine Länge von 3,8 Millimeter einnehmen, 1 Meile also nahezu durch eine Länge von 0,4 Millimeter dargestellt wird. Die ausgezeichnetsten Ringgebirge sind auf Tab. XI. mit Ziffern bezeichnet, denen folgende Namen entsprechen:

1. Archimedes,	8. Purbach,	15. Galiläi,
2. Plato,	9. Regiomontan,	16. Grimaldi,
3. Copernicus,	10. Ptolemäus,	17. Aristarch,
4. Kepler,	11. Apian,	18. Autolicus,
5. Gassendi.	12. Frascator,	19. Aristippus,
6. Tycho,	13. Plinius,	20. Eratosthenes,
7. Arzach,	14. Manilius,	21. Aristoteles.

Die schon erwähnten Mondlandschaften auf Tab. XIa, stellen die entsprechenden Gegenden dar, wie sie bei günstigster Beobachtung durch stark vergrößernde Fernrohre gesehen werden; sie sollen dazu dienen, den Charakter der Gebirgsbildungen auf dem Monde zu erläutern und zwar bietet die Landschaft links ein Beispiel von Kettengebirgen, während in der Landschaft rechts kraterartige Bildungen entschieden vorherrschend sind.

Die größeren Ringgebirge, deren Durchmesser oft über 30 Meilen beträgt, nennt man Wallebenen. Es sind dies größere, nahezu ebene Regionen, welche von einem sich mehr oder weniger der Kreisgestalt nähernden Gebirgswall um-

geschlossen sind. Dieser Gebirgswall erscheint aber vielfach zerklüftet und durch kleinere Krater unterbrochen, wie denn auch im Innern dieser Wallebenen Hügel und kleine Krater auftreten.

Clavius und Maginus, welche auf Tab. Xa in der Figur unten rechts mit 1 und 2 bezeichnet sind, können als charakteristische Beispiele solcher Wallebenen dienen.

An diese Wallebenen schließen sich in Betreff der Größenverhältnisse zunächst die großen Krater von 5 bis 12 Meilen Durchmesser an, welche sich durch eine größere Annäherung an die Kreisform und namentlich durch eine bedeutende Vertiefung des Beckens, welche sie mit den kleineren Kratern gemein haben, vor den Wallebenen auszeichnen. Der meist mauerartige Wall zeigt eine große Regelmäßigkeit und ist selten durch kleinere Krater unterbrochen, nach Innen aber mit doppelten bis fünffachen Terrassen besetzt. In der Mitte des Beckens erhebt sich meist ein einfacher Berg, der aber selten die Höhe des Walles erreicht.

Diese größeren Krater sind auch noch durch große Helligkeit des oberen Saumes und oft durch ein Strahlensystem ausgezeichnet, welches sich von ihnen aus bis weit in die grauen Ebenen erstreckt. — Zu den größeren Kratern dieser Klasse gehören Tycho (No. 3 in der erwähnten Mondlandschaft), Copernicus, Aristoteles u. s. w. Zu den kleineren Kepler, Aristarch, Manilius u. s. w.

Die kleinen Krater, deren Zahl auf der uns zugewandten Seite des Mondes auf 50000 steigt, kommen ohne Ausnahme in allen Gegenden vor und erscheinen vielfach als Unterbrechung der größeren Gebirgsformen, weshalb man sie als die jüngsten Mondgebilde betrachtet.

An diese Kraterbildungen schließen sich die Rillen an, welche man gewissermaßen als Längenkrater bezeichnen kann und welche als schmale Furchen, als grabenartige, weit sich erstreckende Vertiefungen erscheinen. Die Rillen, nur durch die besten Fernrohre sichtbar, sind 4 bis 20 Meilen lang, 1800 bis 12000 Fuß breit und 300 bis 1200 Fuß tief.

Obgleich die Ringgebirge auf dem Monde die vorherrschenden sind, so finden sich doch auch Bergmassen, welche ohne besondere Ordnung aufgethürmt erscheinen und die man Massen- oder Kettengebirge nennt. Diese Gebirge sind aber, wenn auch in ihrem Zuge eine bestimmte Richtung vorherrscht, sehr von den großen Gebirgszügen der Erde verschieden, denn die Kettengebirge des Mondes erscheinen nur als unregelmäßig zusammengestellte und aufgethürmte Berggipfel, an welchen wir Gebirgsthäler und Rämme im Sinne unserer irdischen vergebens suchen.

Das Mondgebirge Kaukasus, von welchem ein Theil in der Mondlandschaft erscheint, welche auf Tab. XIa unten links steht, mag als Beispiel derartiger Gebirgsbildungen dienen. Die in dieser Landschaft mit A bezeichnete Parthie ist ein Theil des mare serenitatis.

Wenden wir uns endlich zu den schon flüchtig erwähnten Strahlensystemen des Mondes, welche sich von gewissen Punkten radienartig verbreiten und beim Vollmond in den grauen Ebenen besonders auffällig sind. Sie erscheinen im

Gebirge, in den Kratertiefen, in den grauen Ebenen nur als Modification der Bodensfarbe; sie verschwinden in der Nähe der Lichtgränze, ohne auch nur eine Spur eines Schattens zu zeigen, folglich sind sie weder Erhöhungen noch Vertiefungen.

Die Höhen der Mondgebirge kann man auf zweierlei Art ermitteln, entweder aus der Länge der Schatten oder, wenn ein erleuchteter Berggipfel ringsum noch von Nacht umgeben ist, aus dem Abstand des hellen Punktes von der allgemeinen Lichtgränze. Auf diese Weise hat schon Galiläi die Höhe einiger Mondberge ziemlich genau bestimmt. Nach den besten Messungen sind folgende die höchsten Kuppen der Massengebirge:

Dörfel . . .	23000	Pariser Fuß
Apenninen . .	17000	» »
Kaukasus . . .	17000	» »

Folgendes sind die Höhen einiger Ringgebirge:

Newton . . .	22000	Pariser Fuß
Tycho . . .	16000	» »
Copernicus . .	11000	» »
Aristarch . . .	6000	» »

Die Mondgebirge kommen also an Höhe den bedeutendsten Berggipfeln der Erde sehr nahe.

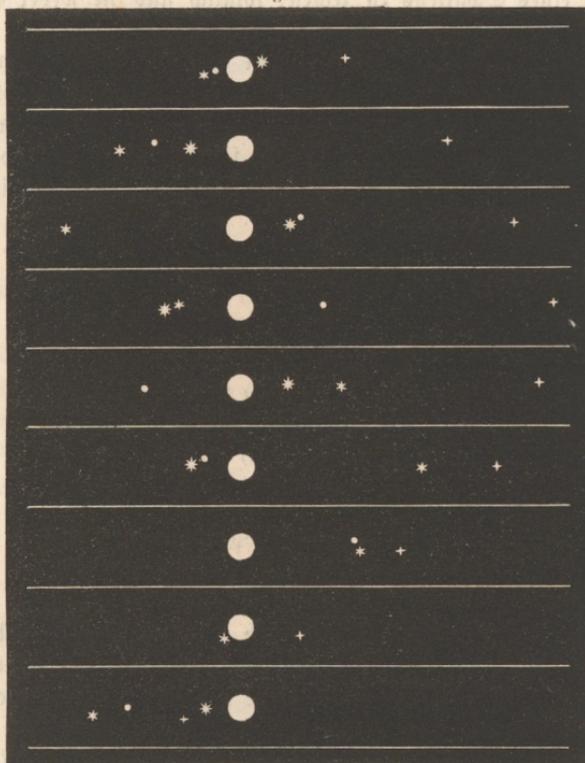
Die Schatten der Mondberge sind vollkommen schwarz, so daß man an den vom Schatten bedeckten Stellen auch nicht das allermindeste Detail zu erkennen im Stande ist. Wo also auf dem Monde die Sonnenstrahlen nicht unmittelbar hintreffen, ist absolute Nacht. Die allgemeine Tageshelle, welche in den Schatten irdischer Gegenstände herrscht, fehlt auf dem Monde ebenso wie jede Spur von Dämmerung, woraus hervorgeht, daß der Mond keine Atmosphäre hat, daß auf der Mondoberfläche also auch kein Wasser vorhanden sein kann, dessen Dämpfe ja für sich schon eine Atmosphäre herstellen würden. Auf dem Monde ist demnach auch ein organisches Leben der Art, wie es auf der Erdoberfläche vorkommt, ganz unmöglich.

Es ist bereits §. 69 S. 165 bemerkt worden, daß das Verschwinden und Wiedererscheinen von Sternen, über welche der Mond gleichsam wegschreitet, ganz plötzlich ist, d. h. daß sie, ehe sie mit dem Mondbande in Berührung kommen oder nachdem sie denselben verlassen haben, keinerlei Ablenkung von der Stelle erfahren, an welcher man sie auch ohne die Annäherung des Mondes sehen würde. Auch diese Thatsache beweist die gänzliche Abwesenheit einer Mondatmosphäre.

Die Trabanten des Jupiter. Wenn man den Jupiter durch ein 77 Fernrohr von mäßiger Vergrößerung betrachtet, so sieht man, daß er von vier kleinen Sternchen begleitet ist, welche nahezu in einer geraden Linie aufgestellt erscheinen. Schon nach einigen Stunden läßt sich eine Veränderung in der gegenseitigen Stellung dieser Sternchen wahrnehmen. Fig. 130 (a. f. S.) stellt den

Jupiter mit seinen Trabanten dar, wie er sich vom 21. bis 29. Juni 1851 Abends um 10 Uhr zeigte.

Fig. 130.



Aus einer genaueren Beobachtung der Jupiterstrabanten ergibt sich nun, daß sie in Kreisen um den Planeten herumlaufen; die Ebene dieser Bahnen fällt beinahe mit der Ebene des Jupitersäquators zusammen und deshalb erscheinen sie uns fast ganz zur Linie verkürzt und wir sehen die einzelnen Trabanten in dieser Linie bald von Ost nach West und dann wieder von West nach Ost fortschreiten.

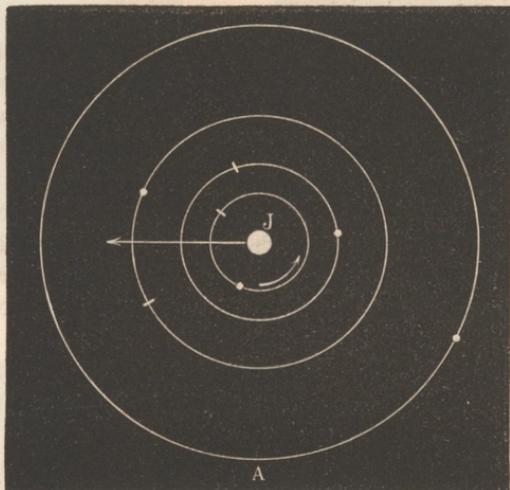
Die folgende Tabelle giebt die mittlere Entfernung der Jupiterstrabanten vom Mittelpunkt des Planeten in Jupitershalbmessern ausgedrückt nebst ihrer Umlaufszeit:

	Abstände.	Umlaufszeit.
1. Satellit	6,05	1,769 Tage.
2. „	9,62	3,551 „
3. „	15,35	7,155 „
4. „	27,00	16,689 „

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß die Jupiterstrabanten das dritte Kepler'sche Gesetz befolgen, daß sich nämlich die Quadrate ihrer Umlaufzeiten verhalten wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Abstände vom Jupiter. Ebenso befolgen sie auch die beiden ersten Kepler'schen Gesetze.

Fig. 131 stellt den Jupiter mit den Bahnen seiner Trabanten in richtigem Größenverhältniß dar.

Fig. 131.



Die Stellung jedes der vier Satelliten in seiner Bahn am 1. October 1856 Abends 10 Uhr ist durch einen Punkt, die Stellung derselben in derselben Stunde des folgenden Tages durch einen kleinen Strich bezeichnet, vorausgesetzt, daß sich die Erde in der Richtung von *J* nach *A* hin befindet.

Bon der Erde aus gesehen sind die mittleren scheinbaren Durchmesser der vier Jupitersmonde:

- | | |
|----------|-----------|
| I. 1,0" | III. 1,5" |
| II. 0,9" | IV. 1,3" |

die wahren Durchmesser sind also:

- | | |
|----------|----------------|
| I. 529 | geogr. Meilen, |
| II. 475 | „ „ |
| III. 776 | „ „ |
| IV. 664 | „ „ |

Das Ansehen dieser Trabanten ist ungefähr das von Sternen sechster Größe, man würde sie also wahrscheinlich mit bloßem Auge wahrnehmen können, wenn sie nicht durch die Nähe ihres glänzenden Planeten unsichtbar blieben.

An den Bahnen der beiden inneren Trabanten kann man keine Abweichung von der Kreisgestalt nachweisen, die Bahnen der beiden äußeren zeigen aber eine geringe Excentricität. Die Neigung der Bahnen gegen die Ebene des Jupitersäquators ist sehr gering, sie übersteigt nicht die Größe von einigen Minuten.

Da der Durchmesser des Jupiter sehr groß ist und die Trabanten ihm verhältnißmäßig sehr nahe stehen, da ferner die Neigung ihrer Bahnen gegen den Aequator des Planeten und gegen die Bahn desselben sehr gering ist, so ereignet sich bei jedem Umlauf dieser Monde eine Sonnen- und eine Mondfinsterniß. Nur der vierte geht manchmal über oder unter dem Jupiterschatten vorbei, sowie denn auch sein Schatten manchmal nördlich oder südlich vom Jupiter an demselben vorübergeht.

Mit guten Fernrohren sieht man den Schatten, welchen die Trabanten auf den Jupiter werfen, als einen schwarzen Punkt über denselben hingehen. Mit weit geringeren Instrumenten aber kann man schon das Verschwinden und Wiedererscheinen der Jupiterstrabanten beobachten, wenn sie in den Schatten ihres Planeten ein- oder austreten.

Um diese interessante Erscheinung anschaulicher zu machen, ist in Fig. 132 und Fig. 132a dieselbe dargestellt, wie sie sich in den Monaten Juni und December des Jahres 1861 zeigen wird.

Im Juni 1861, also zwischen der am 10. Februar stattfindenden Opposition und der am 30. August stattfindenden Conjunction des Jupiter mit der Sonne liegt der Schatten dieses Planeten von der Erde aus gesehen östlich von demselben; Ein- und Austritt der Trabanten in den Schatten des Jupiter kann man in dieser Zeit nur auf der Ostseite der Jupiterscheibe wahrnehmen.

Auf der jenseitigen Hälfte ihrer Bahn bewegen sich die Trabanten in der Richtung von West nach Ost, sie werden also am Westrande des Jupiter verschwinden. Der erste Trabant tritt in den Schatten ein, während er sich noch hinter der Jupiterscheibe befindet und wird erst bei *e* (Nro. I. Fig. 132) wieder sichtbar, wenn er aus dem Schatten austritt.

Für den zweiten Trabanten ist die Erscheinung ganz die gleiche, nur ist die Stelle *e* (Nro. II. Fig. 132), wo der Trabant wieder erscheint, etwas weiter vom Planeten entfernt.

Der dritte Trabant wird sogleich wieder sichtbar, wenn er am Ostrand der Jupiterscheibe vortritt (Nro. III. Fig. 132); erst bei *v* verschwindet er, wieder in den Schatten eintretend, aus dem er bei *e* wieder austritt.

Auch für den vierten Trabanten kann man den Eintritt in den Schatten und den Austritt aus demselben beobachten, nur ist die Stelle des Verschwindens *v* und die Stelle des Wiedererscheinens bei *e* weiter vom Jupiter entfernt, als für den dritten Trabant, wie Fig. 132 Nro. IV. zeigt.

Je mehr Jupiter sich der Conjunction mit der Sonne nähert, desto mehr verkürzt sich von der Erde aus gesehen der Schatten desselben, desto näher rücken also auch die Stellen des Verschwindens und Wiedererscheinens der Trabanten der Jupiterscheibe; so ist denn für den dritten Trabant im Juli 1861 der Eintritt in den Schatten nicht mehr sichtbar.

Nach der Conjunction liegt der Schatten des Jupiter von der Erde aus gesehen auf der Westseite des Planeten; die Trabanten werden also auf der Westseite der Jupiterscheibe im Schatten verschwinden, ehe sie den Westrand des Planeten erreichen, wie dies Fig. 132a erläutert, welche die Erscheinung für den December 1861 darstellt.

In der Zeit von $4 \text{ } \circledast \text{ } \odot$ bis $4 \text{ } \text{ } \odot$ kann man von der Erde aus die Eintritte der Trabanten in den Jupiterschatten, von $4 \text{ } \text{ } \odot$ bis $4 \text{ } \circledast \text{ } \odot$ dagegen die Austritte der Monde aus diesen Schatten wahrnehmen. Da die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten sehr häufig vorkommen, so können sie sehr gut als himmlische Signale für Längenbestimmungen auf der Erde benutzt werden. Die astronomischen Ephemeriden enthalten die bis auf Bruchtheile

einer Secunde vorausberechneten Momente der von der Erde aus sichtbaren Ein- und Austritte der Jupiterstrabanten nach der Zeit des Meridians, unter welchem die Sternwarte liegt, auf welche sich die Ephemeriden beziehen.

Fig. 132.

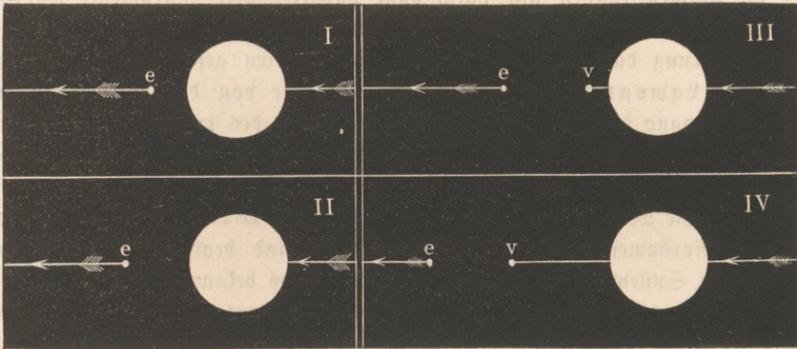
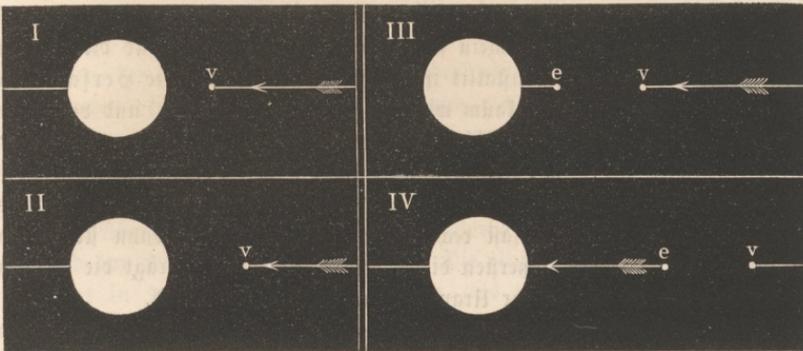


Fig. 132 a.



Durch die sorgfältige Beobachtung der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten gelang es dem dänischen Astronomen Römer im Jahre 1765, die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen. Es wird davon im folgenden Buche ausführlicher die Rede sein.

Die Trabanten der äussersten Planeten. Sowohl Saturn 78 als auch Uranus sind von Satelliten umkreist, ja man hat bereits einen Trabanten des Neptun entdeckt.

Die Trabanten des Saturn sind weit schwieriger sichtbar als die Jupitersmonde. Während letztere sogleich nach Erfindung der Fernrohre entdeckt wurden, wurde der hellste der Saturnstrabanten erst im Jahre 1655 von Huyghens aufgefunden.

Bis jetzt kennt man 8 Saturnstrabanten. Der von Huyghens entdeckte ist vom Saturn an gerechnet der sechste. Cassini entdeckte den siebenten,

fünften, vierten und dritten von 1671 bis 1687. Den ersten und zweiten entdeckte Herschel mit seinem Riesenteleskope in den Jahren 1788 und 1789.

Nur der sechste Trabant (dessen Abstand vom Saturn 22 Halbmesser dieses Planeten und dessen Umlaufzeit 15,9 Tage beträgt) ist ziemlich leicht sichtbar; die übrigen können nur durch ganz ausgezeichnete Instrumente wahrgenommen werden. Die beiden innersten Trabanten wurden erst lange Zeit nach ihrer Entdeckung durch Herschel wieder von Anderen gesehen, und zwar der zweite von Lamont im Sommer 1836, der erste von den Astronomen des Collegio Romano im Juni 1838. Die Entfernung des ersten Trabanten vom Mittelpunkt des Saturn beträgt 3,14, die des zweiten beträgt 4,03 Halbmesser des Saturn.

Der achte Mond des Saturn wurde im Jahre 1848 fast gleichzeitig von Bond in Nordamerika und von Vossel in England beobachtet. Ueber seine Stellung im System ist bis jetzt noch nichts Näheres bekannt.

Während die Ebenen der übrigen Saturnstrabanten nicht stark von der Ebene des Ringes abweichen, beträgt die mittlere Neigung der Bahn des sechsbenten Trabanten gegen die Ringebene über 21 Grad.

Da Uranus selbst nur ein teleskopischer Planet ist, so ist wohl begreiflich, daß seine Satelliten sehr schwer sichtbar sind. Die beiden im Jahre 1787 von Herschel zuerst als ungemein feine Lichtpunkte entdeckten sind die einzigen, deren Existenz vollständig constatirt ist. Außer ihnen beobachtete Herschel noch vier andere, die aber seitdem kaum wieder gesehen worden sind, und von denen sich also mit Sicherheit nichts Näheres angeben läßt.

Die beiden mit Sicherheit bekannten Uranusmonde zeigen eine merkwürdige Ausnahme von den sonst in unserem Planetensystem herrschenden Verhältnissen, indem ihre Bahnen fast rechtwinklig auf der Uranusbahn stehen und rückläufig sind. Für den äußersten dieser beiden Satelliten beträgt die Neigung der Bahn gegen die Ebene der Uranusbahn ungefähr 79 Grad.

Bis jetzt ist erst ein Trabant des Neptun beobachtet worden, von welchem aber noch nichts Näheres bekannt ist.