

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.

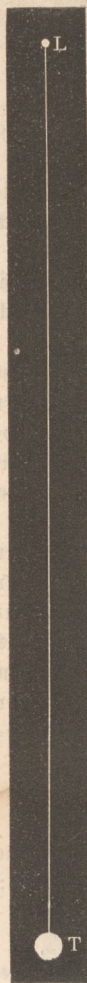
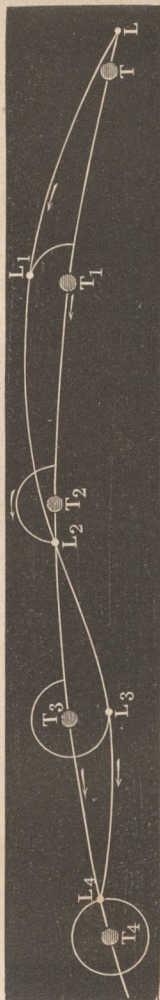


Fig. 119.



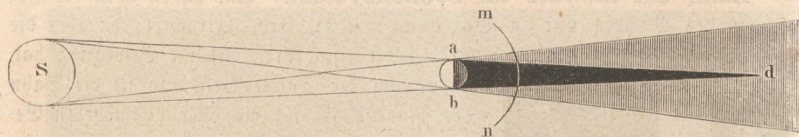
Erde selbst eine fortschreitende Bewegung hat, da sie um die Sonne kreist, so ist die Bahn des Mondes im Raume oder vielmehr in Beziehung auf die Sonne eine Epicycloide (§. 49). Die Mondcycloide zeigt aber keine Verschlingungen, wie wir sie oben kennen lernten, weil der Halbmesser des Deferen- ten sehr 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.

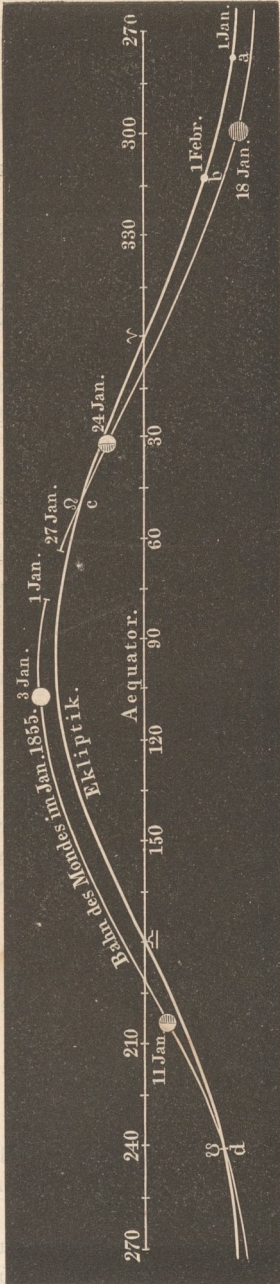
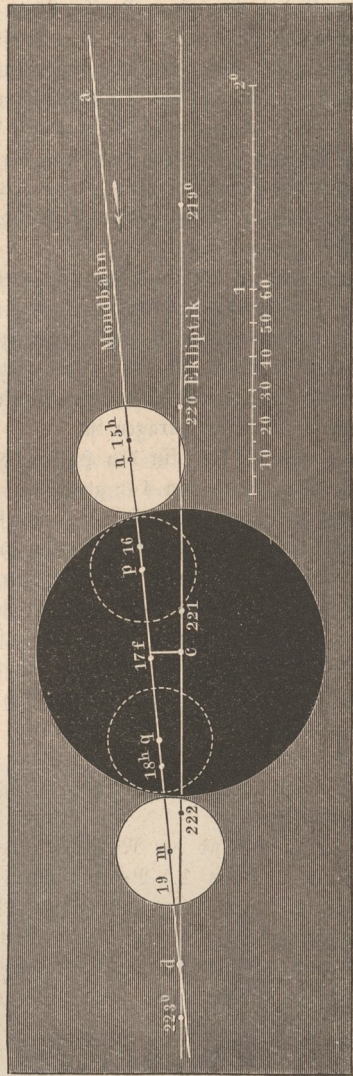


Fig. 122.



19^h 42' gleich sein wird 222° 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° 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° 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.

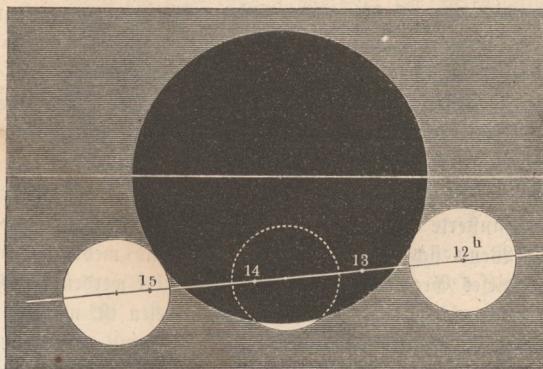
Die Punkte p und q sind von c um die Differenz des Halbmessers des Erdschattens und des Mondes entfernt; wenn also der Mittelpunkt des Mondes in p oder in q steht, so wird der Mondrand die Gränze des Kernschattens gerade von innen berühren. In dem Augenblicke also, in welchem der Mittelpunkt des Mondes 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.

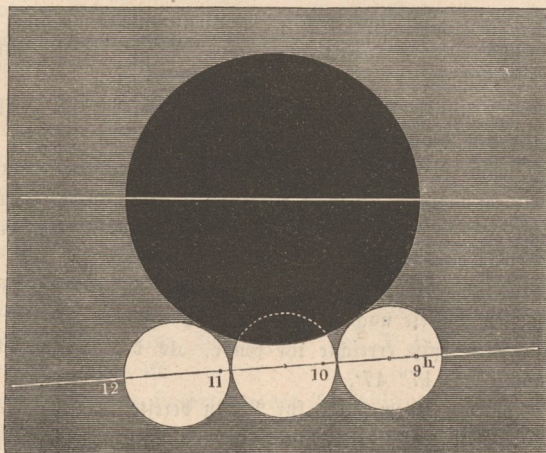
Wenn der Mond in dem Moment der Opposition noch weiter von seinem auf- oder niedersteigenden Knoten entfernt ist, als in dem eben betrachteten Falle, so kann die Mondscheibe nicht mehr vollständig in den Erdschatten eintreten, die Finsterniß ist dann nur eine partielle. Die Figuren 123 und 124 stellen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

