

den Nebelsternen bilden, d. h. Nebel, welche der Reihe nach immer stärkere Concentration des Lichtes in der Mitte zeigen, wodurch Herschel auf die Idee geführt wurde, daß der diffuse Stoff, aus welchem diese Nebel bestehen, sich nach und nach verdichtet und daß in Folge dieser Verdichtung Sterne entstehen.

113 Geschwindigkeit des Lichtes. Vergeblich hatten die Mitglieder der Florentinischen Akademie durch Versuche auf der Erde die Geschwindigkeit des Lichtes zu ermitteln versucht. Erst dem dänischen Astronomen Römer gelang es durch seine fleißigen Beobachtungen der Jupiterstrabanten, die er in den Jahren 1675 und 1676 mit Cassini dem Älteren auf der Sternwarte zu Paris anstellte, dieselbe zu bestimmen.

Auf Seite 184 sind bereits die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten besprochen worden. Die Geschwindigkeit, mit welcher sich das Licht im Welt- raume fortpflanzt, ergibt sich in folgender Weise aus einer genauen Beobach- tung der Momente des Eintritts oder des Austritts der Trabanten in oder aus dem Schatten des Jupiter.

In Fig. 175 stelle *S* die Sonne, der um *S* gezogene Kreis die Erdbahn und *T* den Jupiter mit der Bahn eines seiner Trabanten dar. Während sich die Erde von *o* bis *k* bewegt, also während der Zeit zwischen der Opposition

Fig. 175.



des Jupiter und der nächsten Conjunction können wir von der Erde aus sehen, wie die Trabanten auf der Ostseite des Schattens aus demselben austreten; während der Zeit zwischen der Conjunction aber bis zur nächsten Opposition können wir nur die Eintritte des Trabanten in den Jupiterschatten beobachten; während dieser Zeit sehen wir den Trabanten westlich vom Jupiter verschwinden.

Ermittelt man die Zeit, welche zwischen zwei auf einander folgenden Aus- tritten eines und desselben Trabanten, etwa des ersten, vergeht, so findet man sie in verschiedenen Perioden nicht gleich. Während der Oppositionsperiode, also wenn die Erde in der Nähe von *o* steht, oder während der Conjunctions- periode, wenn also die Erde in der Nähe von *k* steht, ergibt sich die Zeit, welche zwischen zwei auf einanderfolgenden Austritten oder zwei auf einanderfolgenden Eintrittten vergeht kürzer, als zur Zeit der ersten Quadratur, wenn die Erde

bei g und länger als zur Zeit der zweiten Quadratur, wenn die Erde in der Nähe von h steht.

Dies ist nun eine Folge davon, daß sich das Licht nicht momentan fortpflanzt, sondern daß es zur Durchlaufung größerer Räume eine meßbare Zeit gebraucht.

Zur Zeit der Opposition oder der Conjunction bewegt sich die Erde in Beziehung auf den Jupiter in einer Weise, daß sie sich demselben weder merklich nähert noch sich von demselben entfernt; in diesen Perioden ist also die zwischen zwei auf einander folgenden Ein- oder Austritten vergehende Zeit nahezu die Umlaufzeit des Trabanten um den Jupiter.

In der Nähe der Quadratur g entfernt sich die Erde in gerader Linie von dem Jupiter und die zwischen zwei auf einander folgenden beobachteten Austritten vergehende Zeit ist also gleich der Umlaufzeit des Trabanten + der Zeit, welche das Licht zur Durchlaufung des Weges gebraucht, um welchen sich unterdessen die Erde vom Jupiter entfernt hat.

Zur Zeit derjenigen Quadratur, in welcher man die Eintritte der Trabanten in den Jupiterschatten sehen kann, also wenn sich die Erde ungefähr in h befindet, nähert sie sich fast in gerader Linie dem Jupiter, und demnach ist die Zeit, welche zwischen den beiden Momenten vergeht, in welchen man während dieser Periode zwei aufeinander folgende Eintritte beobachtet, gleich der Umlaufzeit des Trabanten — der Zeit, welche das Licht zum Durchlaufen des Weges gebraucht, um welchen sich während dieses Umlaufs die Erde dem Jupiter genähert hat.

Ein Beispiel mag dies erläutern.

Im Jahre 1851 wurde alsbald nach der Opposition ein Austritt des ersten Trabanten beobachtet am 11. April 15^h 6' 36,3"; der nächste am 13. April 9^h 35' 3,0". Zieht man die erstere Zeit von der letzteren ab, so ergibt sich für die Umlaufzeit des ersten Trabanten

42 Stunden 28' 26,7".

Zur Zeit der nächsten Quadratur wurde ein Austritt beobachtet am 14. Juli 10^h 21' 50,3" und ein anderer, und zwar von diesem an gerechnet der neunte, am 30. Juli 8^h 39' 42". Zieht man die erstere Zeit von der letzteren ab und dividirt man durch 9, so ergibt sich für die zwischen zwei auf einander folgenden Austritten liegende Zeit

42 Stunden 28' 39".

Zieht man davon die Umlaufzeit ab, wie sie aus den Aprilbeobachtungen abgeleitet wurde, so ergibt sich 12,3 Secunden als die Zeit, welche das Licht gebraucht, um den Raum zu durchlaufen, um welchen sich in der Periode der Quadratur die Erde von dem Jupiter entfernt, während der erste Trabant einen Umlauf vollendet.

In einer Secunde geht die Erde in ihrer Bahn um 4 geographische Meilen vorwärts; während 42¹/₂ Stunden, der Umlaufzeit des ersten Trabanten, durchläuft sie also einen Raum von 612000 Meilen, und diesen Raum durchläuft das Licht in 12,3 Secunden, in 1 Secunde also einen Weg von 49700 Meilen.

Dies Resultat ist jedoch nicht genau, wie sich denn überhaupt in der angegebenen Weise aus einzelnen Beobachtungen deshalb keine genaueren Resultate ziehen lassen, weil die Trabanten nicht immer genau durch die Mitte des Jupiterschattens gehen und deshalb die Aus- und Eintritte bald etwas früher bald etwas später erfolgen, als wenn die Trabanten stets an derselben Stelle den Jupiterschatten passirten.

Die genaue Umlaufszeit der Trabanten kann nur aus einer größeren Reihe von Beobachtungen mit Genauigkeit ermittelt werden. Sie ist für den ersten Trabanten 42 Stunden 28' 35".

Kennt man einmal die Umlaufszeit des Trabanten, kennt man ferner den Moment, in welchem kurz nach der Opposition, als sich etwa die Erde in *a* befand, ein Austritt desselben beobachtet wurde, so kann man berechnen, in welchem Momente, von dem erwähnten an gerechnet, der 100ste Austritt desselben Trabanten beobachtet werden müßte, vorausgesetzt, daß sich das Licht momentan fortpflanzte. (Bei dieser Berechnung darf aber natürlich die Fortbewegung des Jupiter und also auch die Veränderung in der Lage seines Schattens nicht unberücksichtigt bleiben.) Während dieser 100 Umläufe hat sich aber die Erde ungefähr bis *c* fortbewegt, und wenn man nun den Austritt beobachten will, so findet man, daß derselbe später, und zwar ungefähr um 15 Minuten nach dem berechneten Moment stattfindet. Die Zeit nun, welche zwischen dem berechneten Moment und dem Zeitpunkte vergeht, in welchem der Austritt wirklich beobachtet wird, ist die Zeit, welche das Licht nöthig hat, um die Entfernung zu durchlaufen, um welche die Erde jetzt, da sie sich in *c* befindet, weiter von dem Jupiter absteht, als da sie noch in *a* war.

Man findet nun die Geschwindigkeit des Lichtes, wenn man die Differenz der Entfernungen durch beobachtete Verspätung dividirt. Es ergibt sich auf diese Weise, daß das Licht in einer Secunde ungefähr einen Weg von 42000 Meilen zurücklegt, und daß es, um von der Sonne zur Erde zu gelangen, 8' 13" bedarf.

Auf der anderen Hälfte der Erdbahn, zwischen einer Conjunction und der nächsten Opposition werden die Eintritte vor den Momenten eintreten, welche man in obiger Weise von einem Eintritt unmittelbar nach der Conjunction ausgehend berechnet hat.

Bereits auf Seite 242 haben wir die Entfernung derjenigen Sterne kennen gelernt, welche uns am nächsten sind; da wir nun auch die Geschwindigkeit kennen, mit welcher sich das Licht im Weltraume fortpflanzt, so läßt sich leicht berechnen, welche Zeit das Licht gebraucht, um von einem dieser uns zunächst gelegenen Fixsterne auf die Erde zu gelangen. Es ergibt sich für

α Centauri	3,5 Jahre
61 cygni	8,7 "
Sirius	14,1 "
Wega	15,3 "
Arcturus	24,3 "

Wenn also plötzlich das Licht des Arcturus verlöschen würde, so würden wir ihn doch noch 24 Jahre nach diesem Ereigniß am Himmel glänzen sehen.

Aberration des Lichts. In der Absicht, eine Parallaxe der Fixsterne aufzufinden, hatte Bradley im Jahre 1725 eine Reihe genauer Fixsternebeobachtungen begonnen. Vorzüglich war es der Stern γ im Kopfe des Drachen, den er mehrere Jahre hindurch mit großer Aufmerksamkeit verfolgte. Er fand bald, daß weder die Länge noch die Breite dieses Sternes unverändert blieb. Im Juni, zur Zeit der Opposition mit der Sonne, war seine Länge stets am größten, im December dagegen, also zur Zeit der Conjunction, war sie am kleinsten; die Differenz der größten und kleinsten Länge betrug 40,5 Secunden; kurz, der Stern beschrieb während eines Jahres am Himmel eine kleine Ellipse, deren große Ape, mit der Ekliptik parallel, 40,5 Secunden betrug.

Eine ganz ähnliche, scheinbare Bewegung fand sich nun bei allen anderen Fixsternen. Für alle war die große Ape der Ellipse mit der Ekliptik parallel, und hat stets die gleiche Größe von 40,5 Secunden; für die Sterne, die in der Nähe des Pols der Ekliptik liegen, ist die fragliche Bewegung fast kreisförmig, während dagegen die kleine Ape der Ellipse um so kleiner, je näher die Sterne der Ekliptik stehen; sie wird endlich Null für die Sterne, die auf der Ekliptik selbst liegen, diese haben also bloß eine in der Ebene der Ekliptik hin- und hergehende Bewegung von 40,5".

Bradley erkannte richtig als Ursache dieser Erscheinung, die er mit dem Namen der Aberration bezeichnete, das Zusammenwirken der Geschwindigkeiten des Lichts und der Erde. Um die Sache anschaulich zu machen, wollen wir einen Stern betrachten, der ungefähr gleiche Länge mit γ draconis hat, aber auf der Ekliptik selbst liegt, also den Punkt a , Fig. 176 (a. f. S.).

In dieser Figur bezeichnet nämlich der kleine Kreis die Erdbahn, der größere concentrische den Thierkreis, gegen dessen Durchmesser der Durchmesser der Erdbahn freilich verschwindend klein sein sollte. Im Juni wird nun der in a befindliche Stern durch die Aberration um 20" in der Richtung nach b hin, im December wird er eben so weit in der Richtung nach c hin verrückt erscheinen.

Daraus geht nun zunächst hervor, daß man es hier nicht mit einer Wirkung der Parallaxe zu thun hat. In Folge der Parallaxe nämlich, wenn eine solche merklich wäre, müßte unser Stern im März seine größte, im September seine kleinste, im Juni und December dagegen seine mittlere Länge haben.

Gehen wir nun zur Erklärung der Erscheinung über. Im März bewegt sich die Erde gerade gegen den Punkt a hin, im September entfernt sie sich in gerader Linie von demselben, in dieser Zeit wird man also den Stern an seinem wahren Orte erblicken; im Juni und December dagegen macht die Erdbahn gerade einen rechten Winkel mit den von a zu ihr kommenden Licht-