

Erstes Capitel.

Das Licht der Himmelskörper und seine Verbreitung im Weltraume.

Photometrische Vergleichung der Fixsterne. Die Fixsterne 106 werden, wie bereits im ersten Capitel des ersten Buches angeführt wurde, in verschiedene Größenklassen eingetheilt. Da nun die Fixsterne selbst bei der stärksten Vergrößerung keinen wirklichen, meßbaren Durchmesser zeigen, da also von einer Größe eigentlich bei ihnen keine Rede sein kann, so bezieht sich jene Eintheilung nicht sowohl auf die Größe, als vielmehr auf den Glanz der Fixsterne.

Die Eintheilung in Sterne erster, zweiter, dritter u. s. w. Größe ist übrigens eine ganz willkürliche und conventionelle; es liegen ihr durchaus keine vergleichenden Messungen der Lichtstärke der Fixsterne zu Grunde. Der Erste, welcher eine solche Vergleichung versuchte, war der ältere Herschel, welcher folgende Methode in Anwendung brachte:

Zwei siebenfüßige, vollkommen gleiche Teleskope, welche also denselben Stern mit gleicher Helligkeit zeigten, wurden so neben einander gestellt, daß der Beobachter sich ungefähr in einer Secunde von dem Ocular des einen an das des anderen begeben konnte. Vor dasjenige Fernrohr nun, welches auf den helleren Stern gerichtet war, wurden Schirme vorgeschoben, welche der Reihe nach immer kleinere und kleinere centrale kreisförmige Oeffnungen hatten, bis man endlich bei einer Größe der Oeffnung ankam, durch welche der hellere Stern gerade eben so erschien wie der andere durch das zweite Teleskop, dessen Oeffnung ganz frei war.

War z. B. das eine Fernrohr auf den Arcturus (α Bootis), das zweite auf γ des großen Bären gerichtet, so zeigten sich beide Sterne gleich hell, wenn vor das erste Fernrohr ein Schirm gesetzt war, dessen Oeffnung einen viermal kleineren Flächeninhalt hatte als die freie Oeffnung des zweiten Fernrohrs, und daraus geht hervor, daß uns α Bootis viermal so viel Licht zusendet als γ ursae majoris.

Durch solche Messungen hat sich nun ergeben, daß im Durchschnitt die Lichtintensität der Sterne zweiter, dritter u. s. w. Größe viermal, neunmal u. s. w. geringer ist als die Lichtstärke der Sterne erster Größe.

Da das Licht im Verhältniß des Quadrats der Entfernung geschwächt wird, so würde Arcturus in der doppelten, dreifachen, vierfachen Entfernung noch als ein Stern zweiter, dritter und vierter Größe erscheinen.

Die eben besprochene Methode, die Lichtstärke verschiedener Sterne zu vergleichen, leidet besonders an dem Uebelstande, daß man die beiden Sterne nicht gleichzeitig neben einander sieht. Diesem Uebelstande hat man auf verschiedene Weise durch Spiegelvorrichtungen abzuhelpfen gesucht.

Im Jahre 1846 hat Seidel nach einer von Steinheil herrührenden Methode eine Reihe photometrischer Fixsternvergleichen angestellt. Nimmt man die Helligkeit der Wega zur Einheit, so ist nach diesen Messungen Folgendes die Lichtstärke der bei uns hinlänglich deutlich erscheinenden Sterne erster Größe:

Sirius	= 5,13	Spica	= 0,49
Rigel	1,30	Altair	0,40
Wega	1,00	Aldebaran	0,36
Arcturus	0,84	Deneb	0,35
Capella	0,83	Regulus	0,34
Procyon	0,71	Pollux	0,30

α Orionis fehlt hier, weil er veränderlich ist.

Da ein Stern sechster Größe ungefähr 36mal lichtschwächer ist als Wega, so würden also erst 180 Sterne sechster Größe zusammen die Helligkeit des Sirius erzeugen.

Durch Vergleichung der Wega mit Mars und Jupiter fand Seidel die Lichtstärke dieser beiden Planeten zur Zeit der Opposition gleich 6,8 und 8,5.

Wollaston verglich sowohl den durch Sonnenlicht als auch den durch Mondlicht bewirkten Schatten mit dem Schatten eines Kerzenlichtes, und fand so, daß die Sonne 800000mal lichtstärker sei als der Vollmond. Durch Vergleichung der von einer Glasugel reflectirten Bilder des Mondes und des Sirius ergab sich ferner, daß uns der Mond 2500mal heller leuchtet als Sirius, und demnach wäre die Helligkeit des Sirius 2000 Millionen mal schwächer als die der Sonne. Nimmt man nun die jährliche Parallaxe des Sirius gleich 0,23" an, so überträte also die absolute Lichtstärke des Sirius die der Sonne 63mal.

Wenn also unsere Sonne in derselben Entfernung von uns sich befände, wie Sirius, so würde sie 63mal lichtschwächer sein als dieser, 12mal lichtschwächer als Wega; sie würde uns also lichtschwächer erscheinen als ein Stern dritter Größe.

Auf der im Herbst 1858 zu Karlsruhe gehaltenen Naturforscher-Versammlung machte Schwerd Mittheilung über ein von ihm zur photometrischen Vergleich-

hung der Sterne construirtes Instrument, welches an Genauigkeit und Sicherheit alles übertrifft, was in dieser Beziehung bis jetzt geleistet worden ist.

Das Instrument besteht im Wesentlichen aus zwei nach allen Richtungen beweglichen Fernrohren, welche auf die zu vergleichenden Sterne gerichtet werden, deren Bilder aber mittelst äußerst sinnreichen, hier nicht näher zu beschreibenden Vorrichtungen gleichzeitig und unmittelbar nebeneinanderstehend gesehen werden.

Veränderliche Sterne. Der erste Stern, an welchem ein regelmäßiger Wechsel der Lichtstärke beobachtet wurde, ist θ Ceti. David Fabricius hatte ihn am 13. August 1596 als einen Stern dritter Größe beobachtet und im October desselben Jahres verschwinden sehen; die periodische Veränderlichkeit dieses Sternes entdeckte aber Holwarde, Professor zu Francker, im Jahre 1639.

Der fragliche Stern, welcher dieser merkwürdigen Erscheinung wegen auch Mira Ceti genannt wurde, erreicht manchmal den Glanz eines Sternes zweiter Größe; seine Helligkeit nimmt aber dann wieder so ab, daß er für das bloße Auge vollständig verschwindet. Mit Fernrohren ist er zur Zeit seines Lichtminimums schon als ein Stern elfter bis zwölfter Größe beobachtet worden, so daß es nicht ganz ausgemacht ist, ob er immer ganz verschwindet. Das Maximum seines Lichtglanzes erreicht ebenfalls nicht immer dieselbe Größe; während er manchmal, wie bereits bemerkt wurde, die Helligkeit eines Sternes zweiter Größe erreicht, wird er oft auch zur Zeit seines Maximums nur noch einem Stern vierter Größe gleich.

Die Periode, in welcher Mira Ceti den ganzen Cyclus der erwähnten Veränderungen durchläuft, dauert 331 Tage 20 Stunden. Im Mittel dauert die Zeit der Lichtzunahme von der sechsten Größe bis zum Maximum 50 Tage, die der Lichtabnahme vom Maximum bis zur sechsten Größe 69 Tage, so daß der Stern ungefähr 4 Monate mit bloßen Augen sichtbar bleibt. Zuweilen hat diese Sichtbarkeit sich auf 5 Monate gesteigert, während sie zu anderen Zeiten nur 3 Monate gewesen ist. Ebenso ist auch die Dauer der Zu- und Abnahme des Lichtes großen Schwankungen unterworfen.

Im Jahre 1669 erkannte Montanari die Veränderlichkeit des Sternes β Persei (Algol am Medusenhaupt), der unter allen veränderlichen Sternen die kürzeste Periode zeigt; denn diese beträgt nur 2 Tage 20 Minuten 49 Sekunden. Zur Zeit des Maximums ist Algol einem Sterne zweiter, zur Zeit des Minimums nur noch einem Sterne vierter Größe gleich.

Bis jetzt hat man 24 Sterne als periodisch veränderlich erkannt. Die folgende kleine Tabelle veränderlicher Sterne ist ein Auszug aus der von Argelander entworfenen, welche Humboldt im dritten Bande des Kosmos S. 243 mittheilt.

Bezeichnung des Sternes.	Dauer der Periode.			Helligkeit im	
				Maximum.	Minimum.
	Tage.	Stunden.	Minuten.	Größe.	Größe.
0 Ceti	331	20	—	4 bis 2,1	0
β Persei	2	20	49	2,3	4
χ cygni	406	1	30	6,7 » 4	0
η aquilae	7	4	14	3,4	5,4
β lyrae	12	21	45	3,4	4,5
α Herculis	66	8	—	3	3,4
α Cassiopeiae	79	3	—	2	3,2
α Orionis	196	0	—	1	1,2

Die Zwischenstufen zwischen erster und zweiter, zweiter und dritter Größe u. s. w. sind in dieser Tabelle durch Decimalbrüche bezeichnet.

108 Temporäre Sterne. Manchmal erscheinen plötzlich neue Sterne am Himmel, welche kurze Zeit glänzen, um alsbald wieder zu verschwinden. So erschien im Jahre 389 ein neuer Stern nahe bei α aquilae, welcher mit der Helligkeit der Venus aufloderte und nach drei Wochen spurlos verschwand.

In der ersten Hälfte des neunten Jahrhunderts beobachteten die arabischen Astronomen einen neuen Stern im Scorpion, »dessen Licht dem des Mondes in seinen Vierteln« geglichen haben soll, und welcher schon nach 4 Monaten wieder verschwand.

Der merkwürdigste unter den temporären Sternen ist der von 1572, welchen auch Tycho de Brahe beobachtete. Er erschien am 11. November 1572 im Sternbilde der Cassiopeja; alsbald glänzend wie Sirius, nahm die Lichtstärke des neuen Sternes noch zu, bis er selbst den Jupiter an Helligkeit übertraf und selbst am Tage gesehen werden konnte. Im December 1572 begann sein Glanz abzunehmen und verschwand endlich im März 1574, 16 Monate nach seinem ersten Erscheinen. Anfangs blendend weiß, wurde er im März 1573 röthlich und im Januar 1574 wieder weiß.

Ein böhmischer Astronom, Cyprianus Leovitius, versichert, in einer handschriftlichen Chronik die Nachricht gefunden zu haben, daß im Jahre 945 sowohl als auch im Jahre 1264 zwischen den Constellationen des Cepheus und der Cassiopeja ganz nahe der Milchstraße ein glänzender Stern erschienen sei; darauf gründet sich nun die Ansicht einiger Astronomen, daß der schöne Stern ein periodischer sei und daß seine Periode 313 Jahre betrage. Wenn diese Ansicht richtig ist, so müßte der fragliche Stern im Jahre 1885 wieder erscheinen.

Im Jahre 1604 erschien ein neuer Stern im Ophiuchus, welcher die Helligkeit des Jupiter erreichte, aber dem Sterne von 1572 nicht ganz gleich kam und auch nicht bei Tage gesehen werden konnte. Dieser Stern wurde besonders

von Kepler beobachtet. Er erschien im October 1604. Zu Anfang des Januar 1605 war er noch heller als Antares, aber weniger hell als Arcturus; im März dieses Jahres war er nur noch dritter Größe. Vier Monate lang konnte er wegen der Nähe der Sonne nicht beobachtet werden. Im März 1606 verschwand er spurlos.

Im Jahre 1848 beobachtete Hind einen neuen Stern fünfter Größe gleichfalls im Dphiuchus. Nach Lichtenberger's Beobachtungen war er im Jahre 1850 nur noch erster Größe und wahrscheinlich dem Verschwinden nahe.

Die temporären Sterne gehören zu den seltenen Erscheinungen; denn in den letzten 2000 Jahren können deren kaum 20 bis 22 mit einiger Sicherheit aufgeführt werden.

Farbige Sterne. Ptolemäus führt in seinem Fixsternkataloge sechs röthliche Sterne an, nämlich Arcturus, Aldebaran, Pollux, Antares, Beteigeuze und Sirius. Von diesen haben fünf noch jetzt ein röthliches Licht, während Sirius gegenwärtig vollkommen weiß ist. 109

Entschieden weiß sind, außer Sirius, unter den helleren Sternen gegenwärtig Wega, Deneb, Regulus und Spica. Gelbliches Licht haben Procyon, Altair, der Polarstern und besonders β Ursae minoris. Bläulich ist η Lyrae.

Auch unter den Doppelsternen findet man viele farbige, und zwar sind bald die beiden Sterne gleichfarbig, bald haben sie verschiedene Farben.

So sind z. B. die beiden Sterne von γ virginis (3^m und 3^m) gelblich, von ρ Herculis (4^m und 5^m) grünlich, von ξ ursae majoris (2^m und 4^m) mattgrün u. s. w.

Bei vielen anderen Doppelsternen zeigt sich dagegen eine merkliche Verschiedenheit der Farbe. So ist z. B. bei α ursae minoris der Hauptstern gelb, der Begleiter weiß; bei α piscium der größere (3^m) grünlich, der kleinere (4^m) blau; bei ξ Orionis der Hauptstern (2^m) roth, der Nebenstern (6^m) rothgelb; bei γ leonis ist der Hauptstern (2^m) goldgelb, der kleinere ($3,5^m$) röthlich; bei ϵ Bootis ist der Hauptstern (3^m) röth, der Begleiter (6^m) blau u. s. w.

Ein schöner dreifacher Stern ist γ Andromedae; der Hauptstern (3^m) ist goldgelb, die beiden kaum $1/2$ Secunde von einander entfernten Begleiter sind bläulich violett.

Ansehen der Sterne mit blossem Auge und mit dem Fernrohre betrachtet. Wenn man die Sterne mit unbewaffnetem Auge betrachtet, so erscheinen sie nicht als einfache helle Punkte, sondern sie erscheinen mit divergirenden Strahlen versehen, wodurch das Bild des Sterns eine ziemliche Ausdehnung erhält. Diese Strahlen sind es, welche verhindern, daß man neben Jupiter dessen Trabanten noch unterscheiden kann, welche groß und hell genug sind, um als isolirt stehende Sterne ohne Fernrohre sichtbar zu sein. 110

Dieser Umstand, daß das Bild der Sterne mit bloßem Auge betrachtet durch divergirende Strahlen vergrößert erscheint, hat ohne Zweifel seine Quelle im Auge des Beobachters; sphärische Aberration, Diffraction an den Rändern der Pupille oder an den Wimpern, die Ausbreitung des Lichteindrucks auf der

Rezhaut von dem unmittelbar gereizten Punkte aus wirken hier zusammen, um die besprochene Erscheinung hervorzubringen. Daß dieselbe subjectiver Natur ist, geht daraus hervor, daß sie bei verschiedenen Personen oft sehr ungleich ist. In Folge der Sternstrahlung schrieben Kepler und Tycho dem Sirius einen Durchmesser von 4' und 2' 20" zu.

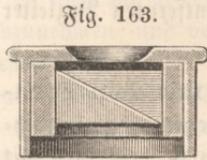
Durch Fernrohre wird das Bild der Fixsterne weit reiner, aber immer bleibt ihnen selbst bei den besten Instrumenten ein falscher, facticer Durchmesser. Daß dieser Durchmesser nicht der wahre Winkeldurchmesser ist, unter welchem uns das Fernrohr den Stern zeigen sollte, geht daraus hervor, daß er bei wachsender Vergrößerung nicht zunimmt, wie der Durchmesser der Planeten. Wenn man einen Doppelstern durch Fernrohre betrachtet, so rücken die beiden Sterne um so weiter von einander weg, je stärker die angewandte Vergrößerung ist, während die Durchmesser der Sterne selbst bei wachsender Vergrößerung eher kleiner werden.

Bei gleicher Vergrößerung ist der falsche Durchmesser der Fixsterne, welchen die Fernrohre zeigen, um so kleiner, je größer der Durchmesser des Objectivs ist.

Daß durch Fernrohre Sterne sichtbar werden, welche man mit bloßem Auge nicht sehen kann, ist demnach nicht sowohl eine Folge der Vergrößerung, als vielmehr des Umstandes, daß bei großer Deffnung des Objectivs eine weit größere Menge von Lichtstrahlen von dem Sterne ins Auge gelangt, als ohne das Fernrohr durch die Pupillenöffnung eingedrungen sein würde. Die raumdurchdringende Kraft der Fernrohre, vermöge deren man gewissermaßen weiter in die Himmelsräume vordringen und Sterne erblicken kann, die ohne Fernrohr unsichtbar bleiben, ist also vorzugsweise durch die Größe der Objectivöffnung bedingt.

III Anwendung des Polariskops zur Prüfung des Lichtes der Gestirne. Um zu prüfen, ob das Licht des im Jahre 1819 erschienenen Kometen polarisirt sei oder nicht, wandte Arago ein achromatisirtes Kalkspathprisma, Fig. 163, an.

Wenn man einen Fixstern durch dasselbe betrachtet, so sind die beiden Bilder stets vollkommen gleich, wie man das Prisma auch um seine Aze drehen mag; ein Beweis also, daß das Licht der Fixsterne nicht polarisirt ist. Schaut man dagegen durch das Prisma nach einem Körper, welcher polarisirtes Licht aussendet, so findet man, dasselbe um seine Aze drehend, bald eine Stellung, bei welcher das eine Bild hell, das andere dunkel ist.



Später verbesserte Arago die Vorrichtung dahin, daß er mit dem doppeltbrechenden Prisma ein dünnes Gypsblättchen verband, welches an der dem Auge abgewandten Seite des Prismas so befestigt wird, daß die Schwingungsebenen des Gypsblättchens einen Winkel von 45° mit den Schwingungsebenen des Prismas machen (Lehrbuch der Physik, 5. Aufl. 1. Band S. 288). Schaut man nun durch das Prisma und das dünne Gypsblättchen nach einem Körper, welcher polarisirtes Licht aussendet, so erblickt man die beiden Bilder bei gehöriger

Stellung des Prismas complementär gefärbt, also je nach der Dicke des Blättchens roth und grün oder blau und gelb u. s. w.

Das so verbesserte Instrument nennt Arago Polariskop.

Nach Arago's Beobachtungen mit dem Polariskop war das Licht des Halley'schen Kometen im Jahre 1835 polarisirt.

Auch das Licht des Donati'schen Kometen (Herbst 1858) soll nach der Behauptung mehrerer Beobachter polarisirt gewesen sein. Mir gelang es mit Hülfe eines Polariskops der oben beschriebenen Art, welches doch schon bei ganz schwach polarisirtem Lichte sehr entschiedene Farben zeigte, kaum zweifelhafte Spuren von Polarisation am Donati'schen Kometen wahrzunehmen.

Wenn man glühende feste Körper, etwa eine glühende Eisenkugel, mit dem Polariskop untersucht, so findet man, daß sie an den Rändern Spuren von Polarisation zeigen, welche bei glühenden Gasen, also bei Kerzen- und Lampenflammen, vollkommen fehlen. Da nun die Sonne keine Spur von Polarisation des Lichtes zeigt, so folgert Arago, daß man es hier nicht mit einem glühenden festen Körper zu thun habe, wodurch die bereits oben Seite 103 besprochenen Ansichten über die Photosphäre der Sonne ihre Bestätigung finden.

Wenn man den Vollmond mit dem Polariskop untersucht, so findet man keine Polarisation des Lichtes, was bei der Richtung, in welcher für diesen Fall das von der Sonne kommende Licht vom Monde reflectirt wird, nicht anders zu erwarten ist; dagegen soll sich das Mondlicht, zur Zeit des ersten oder des letzten Viertels mit dem Polariskop untersucht, als polarisirt erweisen. Jedenfalls ist diese Polarisation eine äußerst geringe.

Daß der Mond und die Planeten uns nur reflectirtes Sonnenlicht zusenden, geht vorzugsweise auch daraus hervor, daß das Licht des Mondes und der Planeten bei prismatischer Zerlegung die Fraunhofer'schen Linien gerade ebenso zeigt, wie das Sonnenlicht selbst, während die Gruppen der dunklen Linien im Spectrum des Sirius und anderer Fixsterne in ganz anderer Weise vertheilt sind.

Milchstrasse, Nebelflecken und Sternhaufen. Wenn man bei 112 vollkommen durchsichtiger Luft in einer mondlosen Nacht den Himmel betrachtet, so erblickt man auf dem schwarzblauen, mit Sternen überfüeten Hintergrunde einen zarten weißen Nebelstreifen, welcher bei unregelmäßiger Begrenzung mit wechselnder Breite durch eine ganze Reihe von Sternbildern hindurchzieht. Man kann seinen Lauf auf den Sternkarten Tab. III. und Tab. IV. verfolgen. Er zieht östlich vom Sirius vorüber, geht zwischen dem kleinen Hunde und Orion hindurch nach den Sternbildern des Perseus und der Cassiopeja, läuft ferner durch die Sternbilder des Schwans, des Adlers, des Ophiuchus und des Scorpions, um endlich nach der Stelle wieder zurückzukehren, an welcher wir ihn zuerst betrachtet haben.

Dieser neblige Streifen, welcher den Namen der Milchstraße führt, bildet also einen zusammenhängenden Ring, welcher das ganze Himmelsgewölbe in zwei nicht ganz gleiche Theile scheidet. Vom Schwan bis über den Schwanz des

Scorpions hinaus theilt sich die Milchstraße in zwei neben einander herlaufend Streifen, welche einen dunklen nebelfreien Raum inselartig einschließen.

Außer dieser in günstigen Nächten leicht aufzufindenden und zu verfolgenden Milchstraße zeigt sich aber am Himmelsgewölbe noch eine große Anzahl kleiner nebliger Flecken, von denen aber nur wenige, wie z. B. der Nebelfleck in der Andromeda, durch sehr gute Augen ohne Fernrohr wahrgenommen werden können, weshalb sie denn auch im Alterthume der Beobachtung ganz entgingen.

Simon Marius entdeckte im Jahre 1612 den ersten Nebelfleck, nämlich den nahe bei dem Sterne ν der Andromeda stehenden, welcher Fig. 164 abge-

Fig. 164.

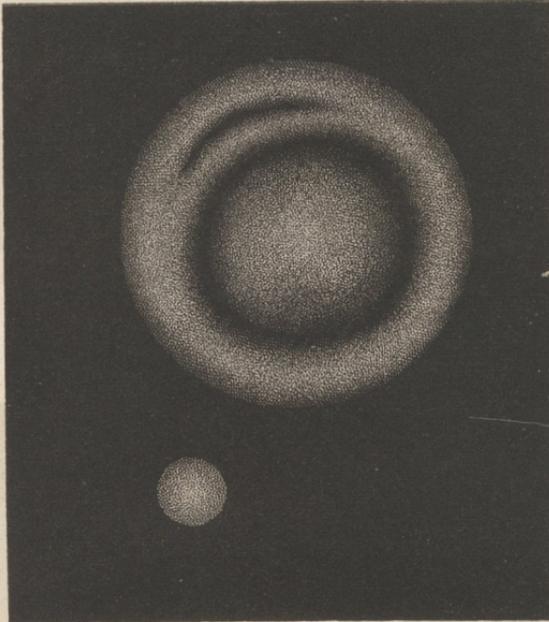


Fig. 165.



bildet ist und dessen Länge ungefähr $\frac{1}{2}$ Grad beträgt. Huyghens entdeckte im Jahre 1656 den sehr unregelmäßig gestalteten Nebel Fig. 165 (a. nebenst. S.) in der Nähe des Sterns ζ im Wehrgehäng des Orion, welchen ein gutes Auge gleichfalls ohne Fernrohr unterscheiden kann. Halley kannte im Jahre 1716 in Allem nur sechs Nebelflecke; durch die Arbeiten von Lacaille und Messier

Fig. 166.



wurden 90 weitere bekannt, während W. Herschel allein mit Hülfe seiner mächtigen Teleskope deren 2500 entdeckte.

Fig. 167.



Viele dieser Nebel haben eine durchaus unregelmäßige Gestalt, andere dagegen zeigen eine regelmäßige Anordnung, wie z. B. der von Messier entdeckte Nebel in den Jagdhunden, Fig. 166. Ein anderer ringförmiger Nebel, welcher Fig. 167 abgebildet ist, befindet sich zwischen den Sternen β und γ der Leier.

Eine große Anzahl von Nebeln, welche Herschel entdeckte, sind rund oder oval und zeigen bei fast gleichförmiger Helligkeit eine ziemlich scharfe Begränzung; wegen ihrer Ähnlichkeit mit dem Ansehen der Planeten wurden sie von ihren Entdeckern planetarische Nebel genannt, Fig. 168 (a. f. S.).

Andere Nebel von gleicher äußerer Gestalt zeigen gegen ihre Mitte hin eine größere Lichtstärke, und bei einigen ist die Concentration des Lichtes der

Art, daß in der Mitte des Nebels ein heller Punkt, einem verschleierte[n] blassen oder selbst einem hellen Sterne ähnlich, erscheint, wie Fig. 169, weshalb sie Nebelsterne genannt werden.

Fig. 168.

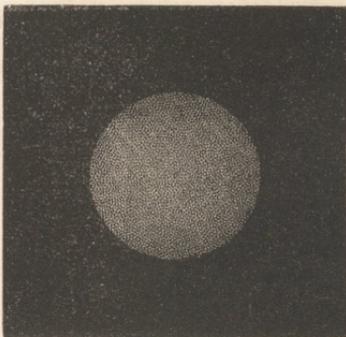
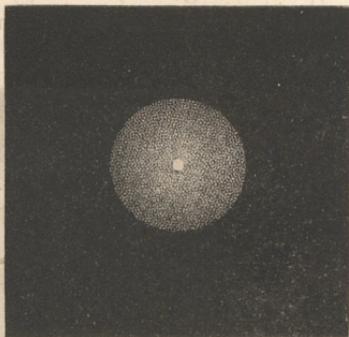


Fig. 169.



Manche Nebel enthalten zwei oder drei solcher heller Punkte, wie z. B. die Nebel Fig. 170 und 171, von denen sich der erstere im Sternbilde des Schützen, der letztere im Sternbilde des Fuhrmanns befindet.

Fig. 170.



Fig. 171.



Fig. 172.

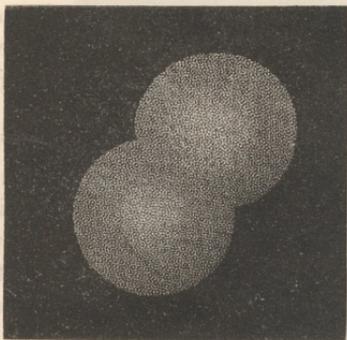
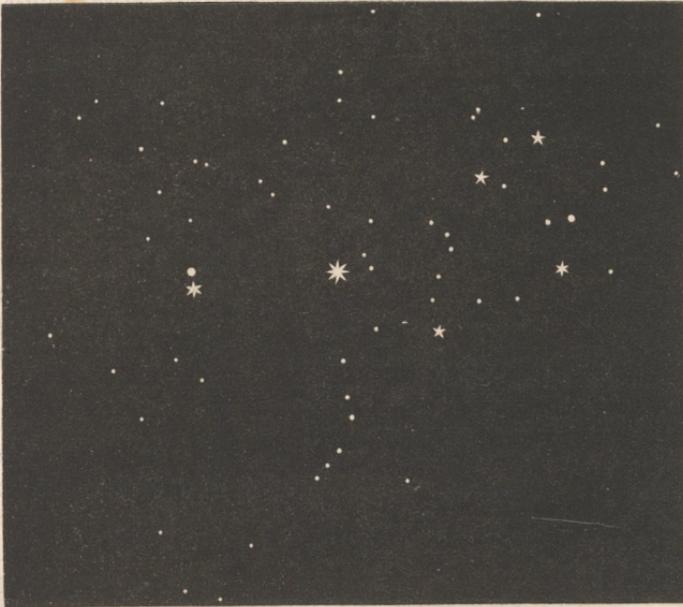


Fig. 172 stellt einen Doppelnebel dar, welcher sich ungefähr auf der Gränze zwischen dem großen Bären und dem Haar der Berenice befindet.

Die Plejaden (Fig. 173 a. f. S.) erscheinen einem nicht ganz guten Auge nur als ein Nebel, während ein scharfes Auge hier 6 oder 7 einzelne Sterne unterscheidet und man mit einem Fernrohr ihrer 50 bis 60 zählen kann. Ebenso sieht man oft durch stärkere Teleskope dicht zusammengedrückte Sternhaufen, wo man durch schwächere Fernrohre nur einen Nebel wahrnehmen konnte.

Die Vergrößerung, welche man zur Auflösung verschiedener Nebel in einzelne Sterne nöthig hat, ist nicht immer die gleiche. Einige Nebel lassen sich schon

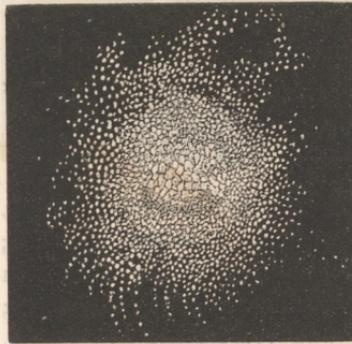
Fig. 173.



durch geringere, andere nur durch die stärksten Vergrößerungen und die besten Instrumente auflösen. Fig. 174 stellt einen auflösbaren Nebel im Hercules

Fig. 174.

dar, wie er durch sehr gute und stark vergrößernde Fernrohre gesehen wird.



Die Milchstraße gehört zu den auflösbaren Nebeln; denn sie erscheint, durch gute Fernrohre betrachtet, aus zahllosen kleinen dichtgedrängten Sternchen zusammengesetzt.

Die Art, wie uns die Milchstraße erscheint, erklärt sich aus der Annahme, daß die Sterne, aus welchen sie besteht, einen Ring bilden, welcher dem in Fig. 166 abgebildeten ähnlich ist, und daß sich die Sonne sammt ihren Planeten nahezu in der Mitte dieses Ringes befindet.

Obgleich durch Anwendung stets besserer Instrumente immer mehr Nebel aufgelöst wurden, so ist es doch nicht anzunehmen, daß alle Nebel aus einzelnen Sternen zusammengesetzt sind; sondern es ist wahrscheinlicher, daß viele der unauflösbaren Nebel wirklich aus einem diffusen nebelartigen Stoffe bestehen, so daß diese Nebel von ähnlicher Natur sind, wie die Kometen.

Für diese Ansicht spricht namentlich der Umstand, daß es Nebel giebt, welche eine Reihe von Zwischenstufen zwischen den planetarischen Nebeln und

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-

strahlen. Stellt nun op , Fig. 177, die Geschwindigkeit der Erde, ro die

Fig. 176.

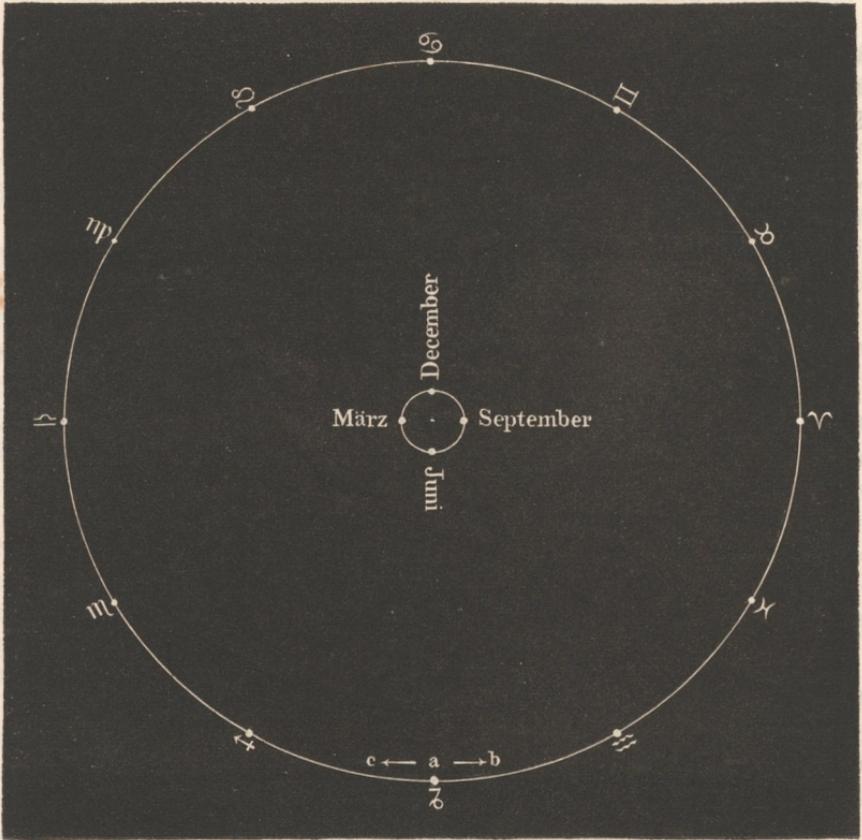
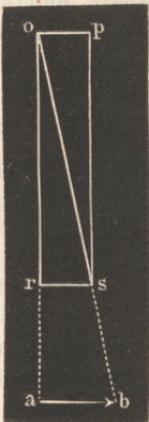


Fig. 177.



Geschwindigkeit der eben rechtwinklig auf ihre Bahn treffenden Lichtstrahlen dar, so combiniren sich die beiden Geschwindigkeiten offenbar in der Weise, daß der Eindruck auf das Auge in o derselbe ist, als ob bei ruhender Erde die Lichtstrahlen in der Richtung os gekommen wären, kurz das Auge sieht den Stern a in b .

Nun ist der Winkel $ros = 20,25''$, op die Geschwindigkeit der Erde gleich 4,14 Meilen, es ist also

$$ro = \frac{rs}{\text{tang. } 20,25''} = \frac{op}{0,0001} = \frac{4,14}{0,0001}$$

also die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 41400 Meilen in der Secunde. Die nahe Uebereinstimmung dieses Resultates mit den Werthen, die wir im vorigen Paragraphen für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes kennen

lernten, liefert uns einen Beweis für die Richtigkeit des Princips, aus welchem die Aberrationserscheinung erklärt worden ist.

Der Winkel von $20,25''$, um welchen ein Fixstern nach der Richtung hin verschoben erscheint, in welcher sich gerade die Erde bewegt, wenn die vom Sterne kommenden Strahlen rechtwinklig auf die Erdbahn fallen, heißt der Aberrationswinkel. Der Stern, welcher im Pol der Ekliptik steht, sendet seine Strahlen rechtwinklig auf alle Punkte der Erdbahn, er wird also von seinem wahren Orte stets um $20,25''$ verrückt erscheinen, und zwar immer in der Richtung, mit welcher sich gerade die Erde bewegt; dieser Stern muß also am Himmel im Laufe eines Jahres einen kleinen Kreis von $20,25''$ Halbmesser um seinen wahren Ort beschreiben.

