Über
die Grösse und die Zahl
der Sterne.

Von

Dr. Friedrich Bidschof,

Adjunct an der k. k. Universitäts-Sternwarte zu Wien.

Vortrag, gehalten den 17. Jänner 1900.

Das Thema, welches in den folgenden Auseinandersetzungen zur Erörterung gelangen soll, umfasst zwei der erhabensten Abschnitte der stellaren Astronomie. Um ihm in jeder Hinsicht zu genügen und einerseits die großartigen Gedankenfolgen, zu deren Entwicklung es Anlass bietet, in allen ihren so überraschenden Einzelheiten völlig klarzulegen, sowie andererseits seiner bezaubernden Schönheit gerecht zu werden, müsste man die Gedankenschärfe eines bedeutenden Mathematikers und die Darstellungskunst eines Dichters zugleich besitzen. Will man aber bloß die Entstehung unserer bezüglichen Kenntnisse und die gegenwärtig erreichte Stufe derselben beschreiben, so kann eine einfache und schlichte Schilderung, wie eine solche in diesen Blättern geboten wird, ebenfalls als ausreichend betrachtet werden. Auch sie wird zu weiteren Überlegungen anregen können und auch die Möglichkeit bieten, die eigenartige Stellung der Sternkunde zu gewissen höheren und nicht ausschließlich astronomischen Problemen zu kennzeichnen.

Wie schon der Titel der Skizze anzeigt, zerfällt dieselbe in zwei Abschnitte, in deren erstem jene Fragen, welche sich auf die Größe der Sterne beziehen, behan-

delt werden sollen. Ehe nun in diese Erörterungen eingetreten werden kann, muss bemerkt werden, dass sich dieselben keineswegs auf die sogenannten Größen oder Größenclassen der Sterne beziehen werden, sondern die wirklichen Größen und Massen derselben betreffen. Um dies völlig klarzulegen, sei daran erinnert, dass man nach einer von den Astronomen des Alterthums übernommenen Bezeichnungsweise die am hellsten strahlenden Sterne als „Sterne erster Größe“ die nächst schwächeren als „Sterne zweiter Größe“, u. s. w. bezeichnet hat — ein Verfahren, bei dem man offenbar von dem Gedanken ausgieng, dass die leuchtenderen Sterne auch physisch die größeren seien. In der Gegenwart hat man, soferne es sich um die einzelnen Sterne handelt, alle Ursache, diesen Gedanken aufzugeben, und hat auch weiters die Einordnung der Sterne nach ihrer Helligkeit den Gesetzen der astronomischen Lichtmessungskunde gemäß vorgenommen. Die Bezeichnung Größe oder Größenklasse ist aber als eine ererbte und fast unersetzbare für die Abstufung der Helligkeit der cölestischen Objecte beibehalten worden. Mit den „Größen“ dieser Art werden sich die zunächst folgenden Darlegungen nicht beschäftigen; sie werden vielmehr — wie schon betont — auf die wirklichen Größen und Massen der Sterne Bezug haben. Eine zweite Vorbemerkung gilt dem Umstande, dass in den vorliegenden Zeilen nicht die Größe der Wandelsterne, welche so wie unsere Erde die Sonne umkreisen, und von denen mehrere an Glanz die hellsten Fixsterne überstrahlen, besprochen werden soll, son-

dern ausschließlich die Verhältnisse bei den Fixsternen, welche Sonnen gleich unserer Sonne sind, zu erörtern sein werden.

Zur Messung der Größe solcher Objecte fehlt uns auf der Erde nun jeder Maßstab; ja unsere Erde selbst, so weit ausgedehnt und gewaltig sie ihren Bewohnern erscheinen mag, eignet sich nicht dazu, um durch einen directen Vergleich mit ihrer Masse und mit ihren Dimensionen in zureichend leichtfasslicher Weise die Bildung einer Vorstellung von der Größe und der Masse eines Fixsternes zu ermöglichen. Um diese Himmelskörper messen zu können, müssen wir das Object, mit dem wir sie vergleichen wollen, in den Räumen des Himmels selbst wählen und werden deshalb wohl am besten die Größen und — was eigentlich am wichtigsten ist — die Massen der fernen Fixsternsonnen mit der Größe und Masse unserer eigenen Sonne in Beziehung setzen. Wir wollen also die Sonne als Maßstab für die späteren Erörterungen benützen und ihre Masse als die Einheitsmasse betrachten. Um nun aber richtige Vorstellungen zu gewinnen — wenn für die Gedanken an so ungeheure Körper das Wort Vorstellung überhaupt gebraucht werden darf — ist es nöthig, dass wir uns zunächst über die Größe und die Masse unserer Sonne einige Aufklärung verschaffen. In letzterer Hinsicht lehrt uns die beobachtende Astronomie, dass der Durchmesser der als kugelförmig zu betrachtenden Sonne 1,383.000 *km* beträgt, somit jenen der Erde um mehr als das Hundertfache übertrifft. Zahlen wie die vorgenannte übersteigen infolge ihrer

Größe unser Vorstellungsvermögen ganz erheblich; man muss sich daran genügen lassen, dass es gelungen ist, sie mit unbezweifelbarer Sicherheit festzustellen¹⁾ und thut wohl am besten, auf eine Versinnlichung derselben zu verzichten; denn die landläufigen Versuche, solch' große Zahlen unserem weit bescheideneren Dimensionen angepassten Vorstellungskreise näherzurücken, sind aus manchen Gründen nicht glückliche zu nennen. Am besten erreicht den beabsichtigten Zweck vielleicht der einfache Hinweis auf die Thatsache, dass der sichtlich von uns recht weit entfernte Mond fast noch einmal so weit von uns abstehen könnte, und doch würde er auch dann, sofern die Erde im Mittelpunkte der Sonne sich befände, kaum die Oberfläche der letzteren streifen. Wichtiger als Betrachtungen über die Größe und den körperlichen Inhalt der Himmelskörper sind für den Astronomen jene Untersuchungen, welche die Masse derselben zum Gegenstande haben, und deshalb sollen an dieser Stelle auch Angaben über die Masse der Sonne gemacht werden. In dieser Hinsicht übertrifft die Sonne unsere Erde etwa um das 330.000 fache; auch die Masse des gewaltigsten aller ihrer Begleiter, des Riesenplaneten Jupiter, beträgt nur den 1048sten Theil der Masse der Sonne, ja alle

---

¹⁾ Der Fehler der obigen Angabe dürfte kaum den tausendsten Theil des Betrages derselben ausmachen und ist selbstverständlich hier, wo es sich nur um ganz allgemeine und von anderen, weit unsicherern Factoren ebenfalls abhängige Erörterungen und Schlüsse handelt, ohne jede Bedeutung.

Planeten zusammen wiegen nur etwa ein Siebenhundertstel von ihr. Man erkennt aus allen diesen Angaben, dass unsere Sonne — wie dies auch bei dem Centralkörper eines Systems von Welten von vorneherein vermuthet werden muss — in ganz außerordentlicher Weise innerhalb desselben dominiert. So groß und so gewaltig ist sie, so groß und so gewaltig also auch der Maßstab, mit dem wir die anderen Sonnen messen und vergleichen wollen. Einer schon oben gemachten Andeutung gemäß werden sich diese Vergleiche fast ausschließlich auf die Massen dieser Himmelskörper erstrecken und wird die räumliche Ausdehnung derselben nicht erörtert werden. Die Schlüsse lassen sich nämlich in Bezug auf die Massen der Sterne mit ziemlicher Bestimmtheit ziehen, sofern man — wie beabsichtigt — jene der Sonne als Einheit nimmt, während man zur Herstellung einer weiteren Folgerung über ihre räumliche Ausdehnung eine Annahme über das Verhältnis ihrer Dichtigkeit zu jener der Sonne machen muss. So einfach nun die Bildung einer solchen Hypothese wäre (man könnte z. B. annehmen, dass die betreffenden Sterne gleiche Dichte wie die Sonne besitzen), und so leicht dann die erstrebten Consequenzen über die körperliche Größe und die Dimensionen der Objecte sich ziehen lassen würden, so soll dies doch einer etwaigen privaten Erwägung jener Leser überlassen bleiben, welche diesen Dingen ihre Aufmerksamkeit schenken wollen. Es muss nämlich betont werden, dass für die Probleme der Mechanik des Himmels derartige Speculationen fast in allen Fällen, die hier in Be-

tracht kommen, ohne jede Bedeutung sind. Ganz anders liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Massen der Himmelskörper, was aus den späteren Auseinandersetzungen hervorgehen wird. Diesen kommt eine maßgebende Rolle bei den Bewegungen der Himmelskörper zu, und deshalb nehmen sie auch bei allen theoretischen Erwägungen eine hervorragende Stellung ein. Darin liegt der wesentliche Grund, warum hier nur die Massen der Sterne mit jener der Sonne verglichen werden sollen, ohne dass Betrachtungen über deren Dimensionen, wovon vorhin ohnedies ein ausreichendes Beispiel gegeben worden ist, daran geknüpft werden.

Nachdem auf diese Weise das Thema der Erörterungen auf die Frage nach den Massen der Sterne beschränkt worden ist, erscheint es zunächst nothwendig, den Weg anzugeben, auf welchem die Astronomen zur Kenntnis derselben gelangt sind. Es muss ja fast wunderbar erscheinen, dass überhaupt eine Möglichkeit besteht, die Massen und das Gewicht von Himmelskörpern zu ermitteln und noch dazu von solchen, welche in so außerordentlich entfernten Regionen schweben wie die Sterne! Die optische Kraft der gewaltigsten Teleskope, welche die Erde trägt, scheitert an diesen Objecten; die stärkste Vergrößerung scheint uns die Fixsterne nicht näherzurücken, da sie sich bei deren Anwendung auch nur als leuchtende Punkte darstellen — und doch soll man die Masse und das Gewicht dieser solchen Anstrengungen spottenden Objecte bestimmen können? Es ist trotzdem so.. Dem Scharfsinn eines großen Mathematikers

gelang vor mehr als zwei Jahrhunderten die Entdeckung einer theoretischen Beziehung, welche die Möglichkeit dazu bot, und die vollendete Beobachtungskunst der modernen Astronomie überwand die gewaltigen Schwierigkeiten, welche sich der Gewinnung jener Größen entgegengestellt hatten, die von der Theorie zur Lösung des Problems in jedem einzelnen Falle gefordert werden.

Zur Darlegung dieser herrlichen Errungenschaft des menschlichen Geistes, deren Gewinnung sich wie alles Große und Erhabene in nur wenigen und einfachen Zügen abspielte, muss eine Erörterung eingeschaltet werden, welche sich hauptsächlich auf die unsere Sonne (gleich der Erde) umkreisenden Wandelsterne bezieht und deshalb scheinbar keinen Bezug auf die zu behandelnde Frage hat. Hiebei muss bis auf die Leistungen von Johannes Kepler zurückgegangen werden. Es ist bekannt, dass dieser gewaltige Bahnbrecher auf astronomischem Gebiete durch seine auf die Discussion von Tycho Brahes langjährigen Beobachtungen des Planeten Mars gegründete, höchst mühevoll-Enträthselung der Bewegung der Wandelsterne sich nicht befriedigt fühlte. Er hatte zwei der seinen Namen tragenden Gesetze gefunden: dass die Wandelsterne sich in Ellipsen um die Sonne bewegen, welche in einem der Brennpunkte jeder dieser Ellipsen steht, sowie dass diese Bewegung in der Weise vor sich geht, dass der von der Sonne zum Planeten gezogen gedachte Leitstrahl in gleichen Zeiten gleiche Flächen überstreicht. Damit war eine völlig genügende Grund-

lage zur Berechnung des Laufes der Wandelsterne gegeben und ein ungeahnter Erfolg errungen. Kepler erhoffte jedoch von seinen Arbeiten einen noch größeren Gewinn und wünschte durch sie der Natur ein viel tieferes Geheimnis zu entlocken, welches dieselbe ebenfalls allen Forschern bis dahin verborgen hatte. Das Alterthum dachte sich nämlich jeden Wandelstern auf einer krystallinen Kugelfläche (der griechische Ausdruck für diese ist „Sphäre“) bewegt, und die Astronomen dieses Zeitraumes strebten ebenso wie jene des Mittelalters oft darnach, das Gemeinsame zu finden, welches die vielverschlungenen scheinbaren Bahnen der Wandelsterne bestimmt, und die Beziehung, welche der Schöpfer dieser Welten zwischen sie gesetzt hat, ja den Gedanken, der ihn bei dieser Schöpfung leitete, klarzulegen. Sie wollten, um ihre von den Pythagoräern musikalischen Verhältnissen entlehnte Ausdrucksweise zu gebrauchen, „die Harmonie der Sphären des Himmels“ ergründen. Auch Kepler war von diesem Drange beseelt, wie manche seiner früheren Schriften bezeugt. Gewiss war niemand mehr berufen, diesem aus dem Alterthume überkommenen Probleme kosmologischer und theosophischer Natur näherzutreten, als der kaiserliche Mathematiker, welcher die Gesetze der Bewegungen dieser Himmelskörper entdeckt hatte. Bei seinen Versuchen, der „Harmonie der Sphären“ durch Gruppierung der Zahlen, welche die Umlaufzeiten der damals bekannten Wandelsterne — wir wollen sie in Jahren ausdrücken — und deren in Einheiten des Erdbahnhalmessers ausgedrückten mittleren Abstände

von der Sonne angeben, auf die Spur zu kommen, fand er viele Jahre nach der Entdeckung der oben angeführten Gesetze eine merkwürdige Beziehung zwischen den genannten Größen, welche Beziehung das dritte Keplersche Gesetz genannt wird. Nach derselben ist bei jedem Planeten der Würfel der Zahl, welche seinen mittleren Abstand von der Sonne angibt, so groß wie das Quadrat seiner Umlaufszeit. Die folgende kleine Tafel kann dies darthun. Ihre erste Colonne gibt den Namen des Planeten, die zweite den mittleren Abstand desselben von der Sonne in Erdbahnradien, die dritte den Würfel dieser Zahl (man erhält diese Daten, wenn man die Zahl der ersten Colonne dreimal mit sich selbst multipliciert). Die vierte Colonne gibt die Umlaufszeit jedes Planeten in Jahren, die fünfte das Quadrat dieser Zahl (welches man erhält, wenn man sie mit sich selbst multipliciert). Die sechste und letzte Colonne enthält das Resultat einer Division der Zahlen der fünften Colonne jeder Zeile in die der dritten Colonne jeder Zeile.

Planet	Mittlere Entfernung von der Sonne in Erdbahnhalbmessern	Würfel der mittleren Entfernung von der Sonne	Umlaufszeit in Jahren	Quadrat der Umlaufszeit	Quotient
Mercur	0·38710	0·058	0·241	0·058	1·0000
Venus	0·72333	0·378	0·615	0·378	1·0000
Erde	1·00000	1·000	1·000	1·000	1·0000
Mars	1·52369	3·537	1·881	3·537	1·0000
Jupiter	5·20280	140·835	11·862	140·702	1·0009
Saturn	9·53885	867·937	29·457	867·694	1·0003

Ein Blick auf die letzte Colonne der Tabelle zeigt, dass der Quotient der in Frage kommenden Größen der Einheit gleich ist oder ihr sehr nahe kommt. Bedenkt man überdies, dass Kepler für die mittleren Abstände der Planeten von der Sonne keine außerordentlich genauen Daten besitzen konnte, so wird man es begreiflich finden, dass er die Abweichungen der einzelnen Zahlen der dritten und fünften Colonne von einander als zufällige betrachtete und deshalb in dem oben angeführten Lehrsatze ein neues Gesetz von allgemeiner Giltigkeit im Planetensystem gefunden zu haben glaubte. Damit war seiner Meinung nach die lange und viel gesuchte Beziehung entdeckt, welche eine Verbindung zwischen den Bewegungsverhältnissen der Wandelsterne herstellen ließ, oder mit anderen Worten das Geheimnis der „Harmonie der Sphären“ für die Augen der Sterblichen enthüllt. Er selbst sagt hierüber:

„Endlich habe ich an das Licht gebracht und über all mein Hoffen und Erwarten als wahr befunden, dass die ganze Natur der Harmonien in ihrem vollen Umfange und in allen ihren Einzelheiten in den himmlischen Bewegungen vorhanden ist; zwar nicht in der früher von mir vermutheten Weise, sondern in einer ganz anderen, durchaus vollkommenen Weise. . . . Ich lege dies in einem Buche nieder, für die Mitwelt oder für die Nachwelt, gleichviel; das Buch wird seines Lesers Jahrtausende harren, wenn Gott selbst sechs Jahrtausende lang auf den harrete, welcher sein Werk erschauete!“

Die von Kepler in so schöner Sprache ausge-

drückte Meinung, dass jener von Gott begnadete „Leser“ seines Werkes, welcher den Beruf und die genügende Begabung besitzen würde, das von ihm in Angriff genommene Problem weiter zu verfolgen, erst nach langer Zeit auf Erden weilen werde, erwies sich glücklicherweise als irrig. Es verflossen nicht einmal zwei Menschenalter, denn Isaac Newton gelangte ein halbes Jahrhundert später durch Überlegungen über die Ursachen der Bewegung des Mondes und ihrer Beziehung zur irdischen Schwerkraft zur Entdeckung des Gesetzes der allgemeinen Anziehung, nach welchem diese proportional der Masse und verkehrt proportional der mit sich selbst multiplicierten Entfernung der Körper erfolgt. Die Anwendung dieses Gesetzes auf die Beziehungen zwischen der Sonne und den Planeten führt zu den Kepler'schen Gesetzen, so dass sich letztere als Consequenzen des Newton'schen Gesetzes der allgemeinen Anziehung darstellen. In Newtons Gesetz spielen aber die Massen der Körper eine Rolle, und dies muss auch in den Consequenzen desselben zum Ausdruck gelangen. Keplers drei Gesetze enthalten jedoch — so wie er sie aussprach — keine Beziehung auf die Massen. Man wird daher begreifen, dass die mathematische Deduction derselben aus Newtons Gesetz irgend eine Abänderung derselben mit sich führt. Dies ist auch der Fall, doch ist diese Abänderung bei den im System unserer Sonne bestehenden Massenverhältnissen (vergl. oben Seite 392) fast unmerkbar, wenn sie auch theoretisch von größtem Belang und — wie man später erkennen

wird — für die uns eigentlich beschäftigende Frage nach den Massen der Sterne von einschneidender Bedeutung ist. Newtons Gesetz lässt nun die beiden ersten Sätze Keplers ohne jede Veränderung deducieren, nur das dritte, welches die „Harmonie der Sphären“ enthält, gewinnt dabei eine scheinbar ganz wenig andere Form. Bezeichnet man die in Erdbahnhalmessern ausgedrückte mittlere Entfernung eines Planeten von der Sonne mit a , seine in Jahren gegebene Umlaufszeit mit T , so ist Keplers aus den bezüglichen Zahlen, also empirisch gewonnene Formel:

$$\frac{a \times a \times a}{T \times T} = \frac{a^3}{T^2} = 1$$

Newtons Gesetz liefert nun anstatt dieser Formel eine ganz ähnlich gebaute, in welcher aber, der Forderung dieses Gesetzes gemäß, die Massen der in Betracht gezogenen Körper vorkommen. Nimmt man als Einheit der Masse die Masse der Sonne und bezeichnet mit m die Masse des Planeten (wobei also m nach den früheren Ausführungen ein kleiner Bruch ist, da wir die Masse der Sonne gleich 1 setzten), so lautet die veränderte nun theoretisch aus dem Gesetze der allgemeinen Anziehung abgeleitete Formel:

$$\frac{a^3}{T^2} = 1 + m$$

Man erkennt sofort zwei Thatsachen. Einerseits hat die Eins auf der rechten Seite der Gleichung nun nicht mehr die Bedeutung einer bloßen Ziffer wie in der em-

pirisch abgeleiteten Formel Keplers, sondern eine andere, ganz specielle Bedeutung; sie stellt uns nämlich die Sonnenmasse vor. Die zweite leicht erkennbare That-
sache ist die, dass bei der Kleinheit aller Planetenmassen gegenüber der Sonnenmasse fast stets m unmerklich sein wird. So ist ja die Erdmasse nur der 330.000ste Theil der Sonnenmasse; setzt man letztere, wie wir es thaten, der Einheit gleich, so wird die Erdmasse $= 0\cdot000003$, ist also fast nicht bemerkbar. Darin liegt der Grund, warum Keplers empirische Formel fast stets stimmte und nur bei den großen Planeten Jupiter und Saturn kleine Abweichungen sich ergaben, die man aus den Zahlen der Colonne der Tabelle entnehmen kann. Für Jupiter ist eben $m = \frac{1}{1048} = 0\cdot0009$; also $1 + m = 1\cdot0009$ und für Saturn, dessen Masse den 3500sten Theil der Sonnenmasse beträgt, ist $m = \frac{1}{3500} = 0\cdot0003$; also $1 + m = 1\cdot0003$. Und in jedem dieser zwei Fälle ist wieder, wie ein Blick in die Tabelle lehrt, $\frac{a^3}{T^2} = 1 + m$.

Überlegende Leser werden erkennen, dass die von Kepler als Regel für die „Harmonie der Sphären“ aufgestellte Beziehung durch diese Weiterführung viel, wenn nicht alles von ihrer bestechenden Größe verloren hat; an ihre Stelle ist ein allgemeines Gesetz getreten, aus welchem sie hervorgeht; ein Gesetz, welches ihre Mängel in einfacher Weise ergänzt und jedem einzelnen Gliede der Formel eine besondere Bedeutung, nicht die

einer bloßen Zahl beizulegen erlaubt. Mit Newtons Gesetz der allgemeinen Anziehung ist wirklich die Regel für die „Harmonie der Sphären“, von der man seit Jahrtausenden träumte, gefunden worden. Auch Kepler hatte nur einen vorbereitenden Schritt zu ihrer Entdeckung, aber einen Schritt auf dem festen und gesicherten Boden mathematischer Empirie gethan und so seinem großen Nachfolger, dem „Leser seines Werkes“, die Möglichkeit zur alsbaldigen Ausgestaltung von dessen eigener Entdeckung geboten. Die Entdeckung eines Gesetzes der allgemeinen Anziehung ist aber nicht bloß für die Erkenntnis der Bewegungen der Planeten um die Sonne von Bedeutung gewesen; dieses Gesetz umfasst, da es auch außerhalb des Systems unserer Sonne in den übrigen unendlichen Räumen des Himmels gilt, das ganze Universum und begründet deshalb die „Harmonie der Sphären“ in einem höheren und weiteren Sinne, als die Schöpfer dieses Begriffes, die antiken Astronomen, sich dieselbe denken konnten oder denken wollten. Mit dieser Betrachtung sind wir nun bei jenem Punkte angelangt, wo wir von der Erörterung der Verhältnisse im Sonnensystem den Übergang zu der uns eigentlich beschäftigenden Frage nach der Masse der Sterne ausführen können. Zu diesem Zwecke müssen wir nur noch eine Erwägung verallgemeinernder Natur über das dritte Kepler'sche Gesetz, so wie es sich aus dem Newton'schen Satze von der allgemeinen Anziehung ergibt, anstellen. Es ist bereits oben darauf verwiesen worden, dass diese Formel nicht wie die ursprüngliche

Keplers der Ausdruck einer Beziehung zwischen der mittleren Entfernung und der Umlaufszeit eines Planeten um den Centalkörper ist. In ihr kommt mehr vor, denn auf der rechten Seite der Gleichung repräsentiert die Eins die Masse der Sonne, des Centalkörpers, und die Größe m die Masse des Gestirnes, welches sich um den Centalkörper bewegt. Somit stellt die rechte Seite der Gleichung:

$$\frac{a^3}{T^2} = 1 + m$$

eigentlich die Summe dieser zwei Massen dar, und damit lautet das aus dem Satze von der allgemeinen Anziehung, nach welchem diese proportional der Masse und verkehrt proportional der mit sich selbst multiplicierten Entfernung erfolgt, abgeleitete Kepler'sche Gesetz:

„Der Quotient des Würfels der (in Erdbahnradien ausgedrückten) mittleren Distanz des Begleiters eines Centalkörpers von letzterem und des Quadrates der (in Jahren ausgedrückten) Umlaufszeit des Begleiters ist gleich der Summe der (in Einheiten der Sonnenmasse ausgedrückten) Massen beider Himmelskörper.“

Diese Beziehung gilt allüberall, wo das Gesetz, auf welches sie gegründet ist, Giltigkeit besitzt, also nicht bloß im Bereiche des Systems unserer Sonne. Wo immer Centralbewegungen nach dem Principe der allgemeinen Anziehung vor sich gehen, dort werden sie auch dem vorstehenden Satze gemäß erfolgen. Man erkennt nun leicht, wie und unter welchen Bedingungen dieser Satz

eine Möglichkeit zur Beantwortung der Frage nach den Massen der Sterne eröffnet. Zunächst sei daran erinnert, dass es in den Regionen des Universums nicht nur solche Sterne gibt, welche wie unsere Sonne einen einzelnen Centalkörper bilden, sondern dass auch viele Paare von meist recht nahe bei einander stehenden und auch physisch zusammengehörigen Sonnen, sogenannte Doppelsterne, vorhanden sind. Seit den Zeiten des älteren Herschel, der vor etwa 120 Jahren als erster diesem merkwürdigen Zweige der Fixsternkunde ein eingehendes Studium widmete, hat man eine große Reihe solcher Doppelsonnen entdeckt, viele derselben genau beobachtet und bei zahlreichen Paaren die Bewegung der uns weniger Licht zustrahlenden Sonne gegen die hellere sorgfältig verfolgt. Die hellere „Componente“ eines Paares ist auch die größere, sobald sich im Laufe der Jahre herausstellt, dass die lichtschwächere sich um die erstere bewegt. Bei einzelnen Paaren ist seit der Entdeckung bereits ein Umlauf verflossen, in einigen Fällen sehr enger Doppelsterne, welche nur in den mächtigsten Teleskopen als solche erkannt werden können, hat man sogar infolge des Umstandes, dass die Umlaufszeit des Begleiters nur ein oder nur ein paar Jahrzehnte beträgt, bereits mehrere Umläufe beobachtet. Noch engere Doppelsterne, bei welchen die Umlaufzeiten nach Tagen zählen, hat uns das Spectroskop kennen gelernt, worüber mit Beziehung auf einen Vortrag, welchen der Verfasser dieser Zeilen im Vereine am 25. November 1896 „Über die Bedeutung der Photographie für die Erforschung der

Beschaffenheit und der Bewegungen der Himmelskörper“ gehalten hat, später einiges gesagt werden soll.

Bei der theoretischen Untersuchung der Bewegungen einzelner stellarer Satelliten um ihre Hauptsterne hat man die Wahrnehmung gemacht, dass sich diese Bewegungen vollständig durch das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Anziehung erklären lassen. Hieraus hat man nun den Schluss gezogen, dass dieses Gesetz auch in den fernen Sternenwelten Giltigkeit besitzt und sich demnach in der That als ein das ganze Universum beherrschendes Gesetz darstellt. Wo nun dieses Gesetz in seiner Allgemeinheit herrscht, dort müssen auch seine Consequenzen gelten. Für unsere Betrachtung ist diese Nothwendigkeit im Hinblick auf das dritte Kepler'sche Gesetz von Bedeutung. Eine leichte Überlegung lässt uns nämlich erkennen, dass wir nun dank diesem Sachverhalt über die Größe der Massen einzelner Doppelsternsysteme Aufschluss erhalten können. Die viel citierte Gleichung, welche oben in Worten ausgedrückt worden ist, bietet hiezu das Mittel, sofern man die Größen ihrer linken Seite kennt; denn ihre rechte Seite enthält ja die Summe der Massen des Centralkörpers und des Begleiters. Ehe nun in dieser Erörterung weiter vorgeschritten wird, mögen durch einige Worte über die auf der linken Seite der Gleichung stehenden Größen die Bedingungen ihrer Verwendbarkeit für unsere Zwecke dargelegt werden. Diese Größen sind nur zwei an der Zahl. Eine derselben ist die Umlaufszeit des Begleiters, welche nach dem Früheren in Jahren ausgedrückt sein soll und ver-

hältnismäßig leicht zu erhalten ist. Die Wiederkehr der gleichen Stellung und Entfernung der beiden Sonnen eines Doppelsternes zeigt nämlich direct an, dass seit der letzten gleichen Stellung ein Umlauf vollendet worden ist. Bei Paaren, hinsichtlich welcher die Beobachtungen sich noch nicht über einen ganzen Umlauf erstrecken, kann der Berechner der Bahn mit größerer oder geringerer Sicherheit aus der Dauer des beobachteten Laufes des Begleiters um den Hauptstern einen Schluss auf die Dauer eines ganzen Umlaufes ziehen. Hieraus wird also keine wesentliche Schwierigkeit für die Berechnung der linken Seite unserer Gleichung entstehen. — Die zweite Größe, welche auf der linken Seite der Gleichung erscheint, ist der mittlere Abstand des Begleiters vom Hauptstern, und dieser Abstand ist (wie man leicht erkennt, wenn man sich an die oben dargelegte Entstehung der Gleichung erinnert) in einer Zahl auszudrücken, als deren Einheit die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zu gelten hat. Der letztere Umstand birgt nun eine erhebliche Schwierigkeit für die Verwertung der Gleichung zur Bestimmung der Sternmassen in sich und engt die erfolgreiche Anwendung derselben auf wenige Doppelsterne ein. Um diese Thatsache zu erkennen, wollen wir vorerst nur die Verhältnisse bei jenen Paaren besprechen, welche man durch directe Beobachtung am Fernrohr als Doppelsterne erkennt. Der Beobachter kann bei diesen Objecten nur den jeweiligen Winkelabstand der beiden Componenten von einander messen, gerade so wie er bei der Bestimmung des Durchmessers der Sonne oder des

Mondes nicht die Länge dieser Linien in Kilometern messen, sondern nur den Winkel bestimmen kann, unter welchem sie von der Erde aus gesehen erscheinen. Will man auf Grund einer solchen Winkelabstandsmessung den wahren Abstand der beiden Objecte in einem linearen Maße — sagen wir in Kilometern — kennen lernen, so muss man, wie eine einfache Erwägung zeigt, den Abstand des Beobachters von den Objecten kennen. Es ist ja klar, dass bei einer größeren Entfernung des Beobachters von den Objecten auch der gegenseitige Abstand der letzteren größer sein muss, wenn er dem Beobachter unter dem gleichen Winkel erscheinen soll. Eine kleine Zeichnung illustriert dies am besten. Aus dieser Erwägung geht nun hervor, dass man auf Grund des gemessenen Winkelabstandes der Componenten eines Doppelsternes nur dann ihren wahren linearen Abstand berechnen kann, wenn man die wahre Entfernung des Doppelsternes von uns kennt. Dies gilt natürlich nicht bloß für die beobachteten Winkelabstände, sondern auch für die berechneten mittleren gegenseitigen Winkelabstände der Componenten von Doppelsternpaaren. Die Bestimmung der Entfernungen der Sterne von uns, welche in der Praxis darauf hinausläuft, dass man die sogenannte „Parallaxe“ des betreffenden Sternes, d. h. den Winkel, unter welchem der Halbmesser der Erdbahn, dessen Länge in Kilometern wir kennen, von dem Stern aus gesehen wird, zu ermitteln sucht, gehört zu den schwierigsten und nur in verhältnismäßig seltenen Fällen mit vollem Erfolge lös- baren Aufgaben der beobachtenden Astronomie. Unsere

Sonne steht nämlich — wie es nach den im zweiten Theile dieses Aufsatzes noch zu gebenden Daten den Anschein hat — einsam im Weltall, und ihre nächsten Nachbarn sind so weit von ihr entfernt, dass selbst die riesige Distanz: Sonne—Erde¹⁾ von ihnen aus nur unter winzigen Winkeln, deren keiner nach den bisherigen Untersuchungen den Betrag einer Bogensekunde erreicht, erscheint. Gewisse Momente sprechen auch dafür, dass die Zahl der Sterne, für welche man mit den gegenwärtigen Hilfsmitteln der beobachtenden Astronomie die „Parallaxe“ bestimmen und dann die Entfernung von der Sonne aus dem Dreieck: Stern—Sonne—Erde berechnen kann, stets eine ziemlich beschränkte bleiben wird. Die Anzahl der Doppelsterne, für welche die Parallaxe und damit auch ihre Entfernung²⁾ von uns bestimmt wurde, ist nun aus demselben Grunde eine recht kleine; nichtsdestoweniger werden wir aus der Betrachtung einzelner Fälle, wo dies gelungen ist und demnach die

---

¹⁾ 149 Millionen Kilometer.

²⁾ Für jene Leser dieser Zeilen, welche geneigt sind, auf rechnerischem Wege den in den folgenden Absätzen des Textes enthaltenen speciellen Darlegungen nachzugehen, sei eine kleine Umgestaltung der Hauptformel $a^3 : T^2 = m_1 + m_2$, in der m_1 und m_2 die Massen des Hauptsternes und des Begleiters bedeuten, hier angeführt, welche die „Parallaxe“ in diese Formel hineinbringt. Wenn wir nämlich alle Entfernungen in Einheiten des mittleren Abstandes der Sonne von der Erde ausdrücken und die Distanz: Sonne—Doppelstern mit d , sowie den Winkel, unter welchem der mittlere Erdbahnhalm vom Stern aus

Masse des Paares ermittelt werden konnte, einen in kosmologischer Hinsicht sehr interessanten Schluss ziehen können.

gesehen erscheint — eben die „Parallaxe“ — mit α bezeichnen, so wird nach einem einfachen Lehrsatz der Trigonometrie $\sinus \alpha = \frac{\text{Erdbahnhalmmesser}}{d} = \frac{1}{d}$, da wir ja den Erdbahnhalmmesser als Einheit betrachten. Bezeichnen wir ferner mit a_1 den Winkel, unter welchem sich die halbe große Achse der Doppelsternbahn von uns aus gesehen darstellt, und mit a die Länge dieser großen Halbachse in Erdbahnhalmmessern, so besteht die einfache Relation: $a = d \times \sinus \alpha_1$, wovon man sich durch eine Betrachtung des betreffenden Dreiecks leicht überzeugt. Die zwei Formeln lassen nun eine erhebliche Vereinfachung zu. Es sind nämlich die Parallaxen der Sterne ebenso wie die scheinbaren Abstände der Componenten jedes Doppelsternpaares sehr kleine Winkel, bei welchen wir, ohne die Genauigkeit der Rechnung irgendwie zu beeinträchtigen, für die Werte der hier vorkommenden trigonometrischen Function sinus die Werte des Bogens einsetzen. Dann gewinnt die erste Gleichung die Gestalt $\alpha = 1 : d$, und die zweite erhält die Form $a = d \times \alpha_1$. Aus der ersten folgt unmittelbar $d = 1 : \alpha$, und dies in die zweite eingeführt liefert den Ausdruck $a = \alpha_1 : \alpha$. Somit ist der lineare Wert der großen Halbachse einer Doppelsternbahn, ausgedrückt in Einheiten der mittleren Entfernung der Sonne von der Erde, gleich dem Quotienten aus der im Winkelmaße ausgedrückten Halbachse der scheinbaren Bahn und der Parallaxe. Führen wir diesen Quotienten in unsere Hauptformel ein, so erhält diese schließlich die Form:

$$[\alpha_1 : \alpha]^3 : T^2 = m_1 + m_2 \text{ oder } \frac{\alpha_1^3}{\alpha^3} \times T^2 = m_1 + m_2$$

Schon der erste Stern, dessen Parallaxe bestimmt worden ist, war ein Doppelstern, und zwar jener, welcher in Flamsteeds Sternkatalog als der 61. Stern im Sternbild des Schwans verzeichnet ist und daher kurz 61 Cygni

---

Man erkennt gleich, wie einfach sich nun die Aufgabe, die Masse eines Sternpaares zu bestimmen, lösen lässt, und kann auch an der Hand dieser Formel sehr instructive Betrachtungen darüber anstellen, in welchem Zusammenhange die einzelnen in der Formel vorkommenden Größen miteinander stehen. So sieht man, dass die Annahme einer größeren Umlaufszeit und die einer größeren Parallaxe (also eines kleineren Abstandes von der Sonne) auf kleinere Massenwerte führen muss, und kann auch bemerken, dass schon geringe Änderungen in den bezüglichen Annahmen auf erheblich andere Massenwerte führen müssen, weil der Würfel der Parallaxe und das Quadrat der Umlaufszeit im Nenner der Formel stehen und deshalb das Resultat empfindlich beeinflussen können. Angesichts der Thatsache, dass die Bestimmungen der Parallaxen der Sterne wegen ihrer Kleinheit nicht selten recht unsicher sind, werden in manchen Fällen die errechneten Massenwerte auf große Schärfe nicht Anspruch erheben dürfen und nur als beiläufige gelten können. Für die allgemeinen Betrachtungen hat dieser Mangel jedoch gar keine Bedeutung und muss bei ihnen umsomehr zurücktreten, wenn man die Schwierigkeiten der betreffenden Arbeiten, insbesondere der Parallaxenbestimmungen erwägt. Dank derselben ist man — einige später zu besprechende Fälle ausgenommen — überhaupt erst in die Lage versetzt worden, die Frage nach den Massen der Sterne gründlich und erfolgreich zu discutieren, und kann sich wohl mit dieser Errungenschaft der neueren Astrometrie bescheiden.

genannt wird. Er steht in einer geraden Aufsteigung von $21^{\text{h}} 2\cdot4^{\text{m}}$ und hat eine nördliche Abweichung von $38^{\circ} 15'$. Der Winkel, unter welchem von ihm aus gesehen die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne erscheint, beträgt nach der bahnbrechenden Ermittlung von Bessel und späteren Bestimmungen eine halbe Bogensekunde, die Umlaufszeit 782·6 Jahre und die halbe Achse der scheinbaren Bahn 29·5 Bogensekunden. Daraus ergibt sich für die Summe der Massen dieses Doppelsternes, welcher gerade noch dem unbewaffneten Auge sichtbar ist, ein Wert, der einem Drittel der Sonnenmasse gleichkommt.

Zugleich mit Bessel suchte in den Dreißigerjahren der „königliche Astronom am Cap“ Henderson die Parallaxe eines Sternes zu bestimmen, und zwar eines der hellsten Sterne des südlichen Firmamentes. Es ist dies der Stern α Centauri, welcher in einer geraden Aufsteigung von $14^{\text{h}} 32\cdot8^{\text{m}}$ und in einer südlichen Abweichung von $60^{\circ} 25'$ steht. Auch er ist ein Doppelstern, die Umlaufszeit beträgt 81·2 Jahre, und die große Halbachse der Bahn misst 17·71 Bogensekunden. Für die Parallaxe ergab sich der Wert von 0·75 Bogensekunden — nebenbei gesagt, der größte bisher bekannte Betrag einer Parallaxe, so dass α Centauri unter den Sternen, deren Entfernung wir kennen, als der uns nächste zu betrachten ist. Die Rechnung ergibt, dass die Masse dieser glänzenden Doppelsonne das Doppelte der Sonnenmasse beträgt.

Der Stern η Cassiopeia (gerade Aufsteigung $0^{\text{h}} 43\cdot0^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $57^{\circ} 17'$; als Stern der vierten

Helligkeitsklasse bequem für das unbewaffnete Auge sichtbar) ist ein Doppelstern, dessen Bahn eine große Halbachse von 8·45 Bogensecunden hat und in 208·1 Jahren durchlaufen wird; seine Parallaxe beträgt 0·3 Bogensecunden. Damit erhält man für die Masse dieses Systems einen Wert, welcher der halben Sonnenmasse gleichkommt.

Im Sternbild des Eridanus steht ein Stern der vierten Helligkeitsklasse in der geraden Aufsteigung von $4^h 10\cdot7^m$ und der südlichen Abweichung von $7^\circ 49'$, mit dem ein naher, aber lichtschwacher und deshalb nur in Teleskopen sichtbarer Doppelstern physisch verbunden sein muss, weil letzterer eine gleichgroße und gleichgerichtete eigene Bewegung besitzt wie der helle Stern. Die Parallaxe dieser Sterngruppe misst 0·19, die Halbachse der scheinbaren Bahn des Doppelsternes 6·25 Bogensecunden, und die Umlaufszeit dürfte 180 Jahre betragen. Aus diesen Zahlen findet man für die Masse des lichtschwachen Doppelsternes 1·1 Sonnenmassen. Diese vier Beispiele lassen vermuthen, dass die Sterne, gleichviel, ob sie nun strahlende Sonnen sind, oder uns nur spärliches Licht zusenden, an Masse nicht viel verschieden sein dürften; mit Sicherheit kann man aber aus den bisher besprochenen Fällen den Schluss ziehen, dass die Lichtmenge, welche uns ein einzelner Stern zustrahlt, keinen Anhaltspunkt für eine richtige Schätzung seiner Masse bietet. Hierauf ist schon in den einleitenden Zeilen dieses Aufsatzes hingewiesen worden; spätere Darlegungen werden diese für einzelne Sternindividuen geltende

Behauptung noch sinnfälliger als richtig erkennen lassen.

Um nun in der Besprechung der einzelnen Fälle fortzufahren, sei zunächst des interessanten Doppelsternes 70 Ophiuchi (gerade Aufsteigung $18^{\text{h}} 0.4^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $2^{\circ} 31'$; vierte Helligkeitsklasse) gedacht. Seine Parallaxe ist zu 0.2 ; die Halbachse seiner scheinbaren Bahn zu 4.6 Bogensekunden, die Umlaufszeit zu 88.4 Jahren bestimmt worden; damit ergibt sich für die Masse dieses Binärsystems der Wert von 1.6 Massen der Sonne.

Der Doppelstern 85 Pegasi (gerade Aufsteigung $23^{\text{h}} 57.1^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $26^{\circ} 33'$; er gehört der sechsten Helligkeitsklasse an, ist also gerade noch dem freien Auge sichtbar) hat die kurze Umlaufszeit von 17.5 Jahren; die große Halbachse seiner scheinbaren Bahn misst nur 0.8 und seine Parallaxe gar nur 0.05 Bogensekunden; daraus ergibt sich für die Masse des Systems der Betrag von 13 Sonnenmassen. An diesem Beispiel soll nun gezeigt werden, dass diese Bestimmungen der Massen in manchen Fällen recht unsicher sind. Die angeführte Größe der Parallaxe lässt sich nicht auf ein Hundertstel der Bogensekunde verbürgen, weil die Beobachtungen nicht erlauben, dem Resultate diese extreme Schärfe zu geben. Nehmen wir nun an, die Parallaxe wäre um den minimalen Betrag dieses einen Hundertstels der Bogensekunde¹⁾ größer, so gelangen wir zu

---

¹⁾ Unter diesem Winkel erscheint ein Centimeter in einer Entfernung von mehr als 200 km!

einem Massenwerte für dieses System, der nicht ganz das Achtfache der Sonnenmasse ausmacht, also erheblich von dem früheren abweicht. Man wird leicht erkennen, dass diese Unsicherheit nur bei jenen Doppelsternen bedeutend wird, welche eine sehr kleine Parallaxe besitzen. Im allgemeinen darf auch von diesem Beispiele gesagt werden, dass es die Thatsache bestätigt, dass außerordentliche Unterschiede in den Massen der Sterne nicht vorkommen.

Bei den bisherigen Erörterungen wird dem überlegenden Leser der Umstand nicht entgangen sein, dass dieselben stets nur zu einem Resultate geführt haben, welches die Summe der beiden Massen des „Hauptsternes“ und des „Begleiters“ lieferte, ohne dass eine Trennung dieser Date, durch welche wir zur Kenntniss der Massen der einzelnen Sterne des Paares gelangen würden, angestrebt und erzielt worden wäre. Die Ursache hiefür liegt einfach darin, dass unsere Gleichung eben nur die Summe der beiden Massen liefert, und dass man, um die einzelnen Massenwerte kennen zu lernen, anderweitige Behelfe herbeischaffen muss. Die Lehre von den centralen Bewegungen der Körper bietet hiefür zureichende Anhaltspunkte, doch haben die speciellen Verhältnisse bei der Beobachtung und Messung von Doppelsternen die praktische Verwertung der bezüglichen theoretischen Resultate nicht erlaubt, und deshalb hat man nur in wenig Fällen die Massen der einzelnen Sonnen des Paares berechnen können. Die folgenden Betrachtungen sollen diesen Sachverhalt in Kürze darlegen. Die Bewegungen in einem Systeme von zwei Körpern, die nach dem Gesetz

der allgemeinen Anziehung aufeinander wirken, vollziehen sich nämlich nicht ganz so, wie wir bisher, da andere wichtigere Momente in den Vordergrund zu stellen waren, angenommen haben, und wie dies in dem häufig vorkommenden Falle, dass einer der Körper den anderen an Masse ungemein übertrifft, vor sich geht; sondern so, dass sich beide Körper um einen Punkt bewegen, in welchen man ihre Massen vereint sich denken kann, und den man den „Schwerpunkt“ des Systems nennt. Dieser Punkt bildet einen Brennpunkt von jeder der zwei Ellipsen, welche die beiden Körper beschreiben, und die Verbindungslinie zwischen dem einen Körper und diesem Punkt führt stets in ihrer Verlängerung auf jenen Punkt der Bahn des zweiten Körpers, wo sich der letztere im gleichen Augenblick befindet. Anders ausgedrückt lautet dieser Satz dahin, dass die Verbindungslinie der beiden Körper des Systems stets durch den Schwerpunkt desselben geht; die Umlaufszeit ist deshalb auch für beide Körper die gleiche. Ein Unterschied der Bahnen ist aber durch die Massen der Sterne bedingt; der schwerere wird jedenfalls dem „Schwerpunkt“ des ganzen Systems immer näher sein als der geringere, und deshalb ist die von ihm beschriebene Ellipse auch die kleinere der beiden Bahnen. Wenn nun eine Möglichkeit bestünde, den Schwerpunkt eines Doppelsternpaares zu sehen und die Abstände der beiden Componenten von ihm zu bestimmen, so könnte man unmittelbar aus dem Verhältnisse dieser Abstände auf das Verhältnis der beiden Massen einen Schluss ziehen; denn nach dem Begriff des Schwerpunktes ver-

halten sich die Massen eines Systems umgekehrt wie ihre Abstände vom Schwerpunkte. Damit wäre dann das Verhältnis der beiden Massen des Doppelsternes gefunden, ihre Summe kennt man von früher und ließe sich nun in die gewünschten einzelnen Werte zerlegen. Leider besitzt die beobachtende Astronomie kein directes Mittel, um der obigen Forderung nachzukommen, und deshalb ist man nur ausnahmsweise zur Kenntnis der Componentenmassen einzelner Binärsysteme, und zwar auf indirectem Wege gelangt. So ergaben die bezüglichlichen Betrachtungen, dass die beiden Componenten von α Centauri wahrscheinlich gleich groß sein dürften, und dass der Begleiter von η Cassiopeia etwa ein Fünftel der Masse des Hauptsternes besitzt. Ein berühmter Doppelstern, der schönste Fixstern des Firmaments, ist der Sirius (gerade Aufsteigung $6^h 40.7^m$, südliche Abweichung $16^\circ 35'$), dessen Duplicität von Bessel im Jahre 1844 auf Grund der Veränderlichkeit der eigenen Bewegung entdeckt, aber erst viel später, im Jahre 1861, durch directe Beobachtung des gegen den strahlenden Stern sehr lichtarmen Begleiters bestätigt wurde. Die Ermittlungen von Auwers führen zu einer Masse für Sirius, welche das $2\frac{1}{5}$ fache der Sonnenmasse beträgt, während die seines Begleiters jener der Sonne gleich ist. Auch an diesem Beispiel erkennt man, dass aus der scheinbaren Helligkeit eines Sternindividuums nicht auf seine Masse geschlossen werden kann — Sirius strahlt etwa 14.000mal heller als sein Begleiter, während seine Masse kaum mehr als doppelt so groß ist. Ähnlich liegen

die Dinge bei einem Nachbar des Sirius, dem Procyon, bezüglich dessen Bessel ebenfalls die Existenz eines lichtschwachen Begleiters vermuthete, der in der That in dem von Schaeberle mit dem großen Refractor der Lick-Sternwarte in nächster Nähe des Procyon entdeckten Sternchen gefunden sein dürfte. Die bisherigen Daten lassen jedoch sichere Schlüsse über die Masse des Systems nicht zu; es kann nur gesagt werden, dass die Masse des Begleiters etwa ein Fünftel der Procyonmasse beträgt.

Mit den vorstehenden Ausführungen ist die Schilderung der Verhältnisse bei jenen Doppelsternen, für welche man die Parallaxen, die Halbachsen ihrer scheinbaren Bahnen und die Umlaufszeiten kennt, so ziemlich erschöpft, und damit scheint auch jede Möglichkeit, weitere Kenntnisse über die Massen von Sternen zu gewinnen, ausgeschlossen zu sein. Dies trifft allerdings zu, soweit die messende Astronomie allein in Betracht kommt; doch hat die moderne astrophysikalische Forschung auch einen Weg eröffnet, welcher die Dimensionen einzelner Doppelsternbahnen in Erdbahnhalbmessern zu ermitteln erlaubt¹⁾ und welcher deshalb ebenfalls zur Kenntniss der Massen dieser Sterne führt. Es ist nämlich gelungen, durch sorgfältige Ausmessung der Orte von dunklen „Fraunhofer'schen“ Linien, welche die im Spectroskop sichtbaren Farbenbänder der Sterne zeigen, jene Veränderungen der Lage derselben zu constatieren,

---

¹⁾ Hiezu benöthigte man eben in den bisher betrachteten Fällen die Kenntniss der „Parallaxe“.

welche bei einer Bewegung der betreffenden Sterne in der Richtung, in welcher wir nach ihnen blicken, dem Doppler'schen Princip gemäß eintreten müssen.¹⁾ Die Messungen dieser „Linienverschiebungen“ führen in Verbindung mit der bekannten Geschwindigkeit des Lichtes zur Kenntnis der Geschwindigkeiten der Sterne in der Absehenslinie, d. h. man kann daraus die Anzahl Kilometer berechnen, um welche sich das betreffende Object uns in jeder Secunde nähert oder sich von uns entfernt. Wendet man dieses Verfahren auf die zwei Componenten eines Doppelsternes an, so wird man nicht denselben Wert für die Geschwindigkeit der Bewegung auf uns zu oder von uns weg erhalten, weil ja die Bewegung jedes der Sterne in seiner Bahn um den Schwerpunkt des Systems auch mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich geht, welche letztere für einen der Sterne in Bezug auf den anderen eben aus dem Unterschiede der beiden Werte, welche man für die Geschwindigkeit gegen uns erhält, ermittelt werden kann. Dieses in der Praxis viele Schwierigkeiten bietende Verfahren wurde von dem Astrophysiker der Pulkowaer Sternwarte Mr. Belopolsky auf den schönen Doppelstern γ Virginis (gerade

---

¹⁾ Eine Auseinandersetzung dieser Verhältnisse hat der Verfasser dieser Zeilen in seinem Vortrage: „Über die Bedeutung der Photographie für die Erforschung der Beschaffenheit und der Bewegungen der Gestirne“ (gehalten im Vereine am 26. November 1896; veröffentlicht im 37. Jahrgange der Vereinskchriften) gegeben, weshalb hier auf die Einzelheiten des Verfahrens nicht eingegangen wird.

Aufsteigung $12^{\text{h}} 36.6^{\text{m}}$, südliche Abweichung $0^{\circ} 53'$; beide Componenten gehören der dritten Helligkeitsklasse an) angewendet; er fand, dass sich die nördliche Componente dieses Sternes uns in jeder Secunde um 2.926 geographische Meilen nähert, während die südliche uns nur um 2.648 geographische Meilen näher kommt, so dass also die nördliche Componente gegen die südliche eine Geschwindigkeit von 0.278 geographische Meilen in der Secunde besitzt. Aus dieser Zahl kann man nun in Verbindung mit der Umlaufszeit und den übrigen Daten, welche die Lage und Dimensionen der Bahn bestimmen, die Länge der letzteren und damit auch die Länge der großen Halbachse dieser Ellipse in geographischen Meilen und dann auch in Erdbahnhalbmassern ausdrücken, so dass die Berechnung der linken Seite unserer Hauptgleichung ermöglicht ist und damit auch die Masse des Systems bekannt wird. Mr. Belopolsky findet auf diese Weise für letztere den Betrag von ungefähr 15 Sonnenmassen. Auf die gleiche Weise hat Mr. Belopolsky die Masse des Systems von γ im Löwen (gerade Aufsteigung $10^{\text{h}} 14.2^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $20^{\circ} 21'$; der Hauptstern gehört der zweiten, der Begleiter der vierten Helligkeitsklasse an) zu etwa $6\frac{1}{2}$ Sonnenmassen bestimmt.

In den beiden zuletzt betrachteten Fällen ist die spectroscopische Beobachtung auf uns sichtbare Componenten von Sternen angewendet worden. Die Ausbildung der Spectrographie hat aber diese Beobachtungen so verfeinert, dass man mit ihrer Hilfe auch Sterne als

doppelt erkannt hat, bei denen die Componenten einander so ungemein nahe stehen, dass man sie bei der optischen Beobachtung im Fernrohr nicht trennen kann und wahrscheinlich auch nie wird trennen können. Hieher gehört der Stern β im Fuhrmann (gerade Aufsteigung $5^{\text{h}} 52.2^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $44^{\circ} 56'$, zweite Helligkeitsklasse), für dessen System man einen Massenwert gefunden hat, welcher das 2.3 fache der Sonnenmasse beträgt, und der mittlere Deichselstern im großen Bären, Mizar (gerade Aufsteigung $13^{\text{h}} 19.9^{\text{m}}$, nördliche Abweichung $55^{\circ} 27'$, zweite Helligkeitsklasse), dessen System die Sonne an Masse um das Vierzigfache übertrifft. Es darf hier vielleicht darauf aufmerksam gemacht werden, dass Mizar auch dem freien Auge als Doppelstern erscheint, weil der Stern Alcor ihm etwa elf Bogenminuten nahesteht; im Fernrohr erkennt man, dass Mizar in einer Entfernung von nur 14 Bogensekunden noch einen Begleiter besitzt, und nun hat das Spectroskop gezeigt, dass in seiner nächsten Nähe ein weiterer, im Teleskop unsichtbarer existiert. So enthält das Sternsystem, welchem Mizar als Hauptstern angehört, drei uns durch verschiedene Mittel erkennbare ihn begleitende Sonnen. Die Massenbestimmung, welche oben angeführt wurde, dürfte vielleicht keine ganz sichere sein.

Eine dritte Gruppe von Sternen, deren Duplicität mit Hilfe des Spectroskops nachgewiesen werden konnte, umfasst solche Sterne, bei welchen die Bestimmungen der Geschwindigkeiten, mit der sie sich von uns entfernen oder auf uns zueilen, erkennen ließen, dass diese Geschwin-

digkeiten periodischen Schwankungen unterliegen, welche sich leicht und vollständig durch die Annahme erklären lassen, dass diese Sterne als Componenten eines Doppelsternsystems, die sich um den Schwerpunkt des letzteren bewegen, zu betrachten sind. Wieder kann man, weil die Geschwindigkeiten in Kilometern ausgedrückt werden, aus der Größe der erwähnten Schwankungen die Dimensionen der Bahnen berechnen und auf diese Weise durch Benützung der oftgenannten Gleichung einen Wert für die Masse des Systems erhalten. So fand man für Spica, den hellsten Stern im Sternbild der Jungfrau (gerade Aufsteigung $13^{\text{h}} 19.9^{\text{m}}$, südliche Abweichung $10^{\circ} 38'$), dass sie einen uns unsichtbaren Begleiter besitze und in etwas mehr als vier Tagen einen Umlauf um den gemeinsamen Schwerpunkt des Systems vollführe, wobei sich auch die Halbachse der Bahn zu etwa 5 Millionen Kilometer — also ungefähr der dreizehnfache Mondabstand — ergeben hat. Setzt man die Massen der beiden Körper gleich, so folgt für jene der Spica ein Wert von etwa $1\frac{1}{3}$ Sonnenmassen. Es muss bemerkt werden, dass der Stern, welcher mit Spica das Binärsystem bildet, durchaus nicht dunkel zu sein braucht. Doppelsterne von der Art wie Spica scheint es nicht wenige zu geben; so hat im Laufe des letzten Jahres der Astrophysiker der Lick-Sternwarte, Mr. Campbell, eine ganze Reihe von Sternen, unter welchen sich auch Capella und der Polarstern befinden, als spectroscopische Doppelsterne bezeichnet. Die Ermittlung der Größe der Schwankungen in den Geschwindigkeiten dieser Sterne gegen uns zu

oder von uns weg und der Dauer einer solchen Schwankung, welche letztere offenbar mit der Umlaufzeit des Sternes um den Schwerpunkt zusammenfällt, bietet ausreichende Mittel, um zu der Antwort auf die uns interessierende Frage nach den Massen dieser Systeme zu gelangen. Seitdem durch die vorwiegend von dem berühmten Director des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam, Geheimrath H. C. Vogel, in die wissenschaftliche Forschung eingeführten Methoden die helleren Fixsterne spectrographisch studiert worden sind, hat man unter der nicht großen Zahl derselben nicht weniger als 28 Binärsysteme entdeckt. Eines der interessantesten muss noch erwähnt werden, weil es eine ganze Gruppe repräsentiert, bezüglich deren Glieder man schon vor Anwendung des zu so großartigen Resultaten führenden spectralanalytischen Verfahrens die begründete Vermuthung hegte, dass sie enge Doppelsterne wären. Bei diesen Paaren ist der Begleiter sehr lichtschwach und erscheint also gegen den Hauptstern „dunkel“, wie dies auch bei jenem der Spica der Fall ist. Der Unterschied dieser Systeme gegen jene der „Spica“-Classe liegt darin, dass bei ihnen die Bewegungen der Objecte um den gemeinsamen Schwerpunkt in einer Ebene vor sich gehen, in welche auch die Richtung unseres Blickes nach ihnen ganz oder beinahe zu liegen kommt. Infolge dieses — wie man sieht, nicht wesentlichen, aber sehr bemerkbaren — Umstandes tritt der „dunkle“ Begleiter einmal während jedes Umlaufes zwischen den strahlenden Stern und uns, so dass des letzteren Glanz in bestimmten

Intervallen eine Zeitlang erheblich vermindert wird. Der bekannteste unter den Sternen, welche diese Eigen- thümlichkeit zeigen, ist der Algol in der Constellation des Perseus (gerade Aufsteigung $3^{\text{h}} 1.7^{\text{m}}$, nördliche Ab- weichung $40^{\circ} 34'$; die Helligkeit schwankt zwischen jener der Objecte der Größenklassen 2 und 4). Für ihn ist ebenfalls bei den Bestimmungen seiner Geschwindig- keit gegen uns das Ergebnis gewonnen worden, dass er in der That der Hauptstern eines Binärsystems ist, was die analoge Vermuthung bezüglich der anderen Sterne, welche gleich ihm in bestimmten Zeitabschnitten kürzer oder länger dauernde Helligkeitseinbußen zeigen, fast zur Gewissheit erhebt. Für Algol hat Geheimrath Vogel aus seinen Geschwindigkeitsbestimmungen und den früher gewonnenen Beobachtungsergebnissen unter Benützung einiger nahe liegenden Annahmen die Massen der beiden Sterne berechnet; er fand für den leuchtenden Stern $\frac{4}{9}$ der Sonnenmasse; für den Begleiter, welcher die von uns wahrgenommenen theilweisen Verfinsterungen des Algol bewirkt, die Hälfte dieses Betrages. Dieses Sternpaar illustriert wieder die schon mehrfach hervorgehobene Thatsache, dass die Leuchtkraft eines einzelnen cöle- stischen Objectes keinen Schluss auf die Größe seiner Masse zulässt. Mit diesem Beispiel ist die Reihe der Sterne, bezüglich deren Massen uns die astronomische Forschung einige Aufklärung bietet, abgeschlossen. Den Erwägungen des Lesers dieser Skizze wird der höchst bemerkenswerte Umstand nicht entgangen sein, dass man gegenwärtig angesichts der großen Schwierigkeiten, mit

welchen in den einzelnen Fällen für die messende Astronomie die Bestimmung der Parallaxen der Doppelsterne, die hier in Betracht kommen, verknüpft ist, viel eher durch die spectrographischen Untersuchungen für die Beantwortung der uns interessierenden Frage Material gewinnen dürfte. Dieselben können sich, wie eine leichte Überlegung zeigt, zwar in der Regel nur auf Binärsysteme erstrecken, welche verhältnismäßig sehr kurze Umlaufzeiten besitzen, die man noch vor einem halben Menschenalter bei Sonnen für undenkbar hielt; doch scheint dieses neuentdeckte Wunder des Himmels sich durchaus nicht selten, sondern im Gegentheile sogar relativ häufig vorzufinden. Da die Aufstellung eines neuen, gewaltigen Instrumentes, welches von Geheimrath Vogel vorläufig hauptsächlich für die Ermittlung der Geschwindigkeiten, mit welchen sich Fixsterne gegen uns zu oder von uns weg bewegen, bestimmt wurde, in Potsdam vollendet ist und auch an einigen anderen Observatorien (wie in Pulkowa, in Meudon, in Cambridge [Engl.] und Cambridge [Mass.], auf dem Yerkes observatory bei Chicago und auf der Lick-Sternwarte, sowie am Cap der guten Hoffnung) ähnliche Untersuchungen ausgeführt werden können, so ist die Entdeckung weiterer derartiger Binärsysteme in eine nahe Zukunft gerückt und damit eine erfreuliche Aussicht auf Gewinn von Material für die Beantwortung des in Erörterung gezogenen Themas eröffnet. Auch die messende Astronomie wird, ebenfalls dank der Einführung photographischer Methoden, durch Bestimmung der Parallaxen von Doppelsternen unsere

bezüglichen Kenntnisse vermehren, so dass in wenig späteren Zeiten ein größeres Materiale zur Discussion stehen wird. Aber schon die gegenwärtig zur Verfügung stehende kleine Reihe von Doppelsternsystemen, deren Massen uns bekannt sind, gestattet mit einiger Wahrscheinlichkeit Schlüsse zu ziehen, die für unsere Erkenntnis der Beschaffenheit der Sonnen des Himmels nicht unwichtig sind. Wir sehen, dass es Sonnen gibt, die unsere Sonne an Masse übertreffen, und wieder auch solche, die nur einem Bruchtheile unseres Centralkörpers gleichkommen, dass aber — allgemein gesprochen — sehr erhebliche Unterschiede in Bezug auf die Massen der Sterne nicht vorhanden sein dürften. Man wird daher die Sterne im großen Ganzen als gleiche Glieder ihrer großen himmlischen Familie betrachten können. Dieser Gedanke raubt einer Idee, welche durch ihren Glanz besticht, eine bedeutende Stütze. Es ist dies die Meinung, dass die Sterne ähnlich wie die Planeten um die Sonne sich um einen Mittelpunkt, eine Art „Centralsonne“, wie um ein Attractionscentrum gruppieren, beziehungsweise bewegen. Diese Meinung verliert beträchtlich an Halt, wenn wir wissen, dass all die hellstrahlenden Sonnen ebenso wie die nur wenig oder gar kein Licht uns zusendenden Sterne unter einander an Masse nicht sehr verschieden sind; denn in diesem Falle wird die Existenz eines nothwendiger Weise präpotenten Körpers oder mehrerer solcher recht zweifelhaft.

Mit dieser Erwägung wollen wir den ersten, auf die Größen, beziehungsweise die Massen der Sterne be-

züglichen Theil unserer Betrachtungen abschließen und zur Besprechung der zweiten Hälfte unseres Themas, welche die Zahl der Sterne betrifft, übergehen. Auch in diesem Falle birgt sich hinter dem absichtlich so gewählten Titel eine Erörterung, welche über den Rahmen einer rein ziffern- oder zahlenmäßigen Gruppierung des Materials weit hinausgeht, und die, wenn sie auch infolge verschiedener Umstände nicht in jeder Hinsicht befriedigen dürfte, doch auf das Interesse des Lesers Anspruch hat, weil sie zwei der gewaltigsten Probleme des menschlichen Geistes, die Frage nach der Vielheit der Welten und jene nach der Unendlichkeit des sichtbaren Raumes, berührt. Die Gedanken an diese Fragen der Ewigkeit entstehen in jedem Sterblichen, der zum Sternenzelt emporblickt und seiner stillen Hoheit huldigt, denn lange

Eh' vor des Denkers Geist der kühne
Begriff des ew'gen Raumes stand,
Wer sah hinauf zur Sternenbühne,
Der ihn nicht ahnend schon empfand?

Wie aber stets die strenge Untersuchung einem solchen Gedankenfluge, den die Empfindung der Großartigkeit der Natur dem Geiste eingegeben, folgen muss, so ist dies auch in diesem Falle nothwendig, und deshalb müssen wir zur Betrachtung des Firmamentes zurückkehren. Der sternbesäete Himmel zeigt nicht überall gleich viele und gleich hellé Sterne; es gibt ausgedehnte und dabei sehr sternarme Gegenden und dann wieder andere, wo sich auch für das freie Auge Stern an Stern

drängt. Besonders in der Nähe der „Milchstraße“, des stellenweise ziemlich schmalen, an anderen Stellen wieder mehrfach gespaltenen lichten Bandes, welches den ganzen Himmel durchzieht und in zwei Theile trennt, häufen sich die Sterne, und die Milchstraße selbst besteht, wie man seit der Erfindung des Fernrohres weiß, aus außerordentlich vielen, meist lichtschwachen Sternen, deren gesamtes Licht den sanften Glanz dieses Himmelschmuckes erzeugt. Die Betrachtung des Firmamentes lässt auch die Abstufungen in der Helligkeit der Objecte leicht erkennen, welche man nach derselben in die verschiedenen Größenklassen eingetheilt hat. Nach dieser in Bezug auf die allerhellsten Sterne allerdings recht ungenauen Einordnung der mit freiem Auge sichtbaren himmlischen Objecte in sechs Classen¹⁾ bezeichnete man die einzelnen Sterne als zur ersten oder zur zweiten... oder sechsten Größenklasse gehörig. Die Zahl derselben ist

---

¹⁾ In neuerer Zeit hat man auch die Helligkeiten der Sterne systematisch bestimmt und dabei in thunlichster Anlehnung an die überkommene Einreihung als Regel aufgestellt, dass jeder Stern, welcher uns zweieinhalbmal weniger Licht zustrahlt als ein anderer, in eine um eine Einheit höhere Größenklasse gehört, wobei der Polarstern als Stern zweiter Größe zu gelten hat. Hiernach ist z. B. ein Stern, der zweieinhalbmal lichtschwächer ist als der Polarstern, als ein Stern dritter Größe zu betrachten. Genaue Beobachter bestimmen oder schätzen die Helligkeiten der einzelnen Sterne schärfer als auf ganze Größenklassen, weshalb man das Intervall zwischen je zwei aufeinander folgenden Größenklassen noch in zehn Theile zu theilen pflegt.

aber nicht so groß, als mancher Leser, der — unter dem Eindruck des besonders im Herbst und Winter von Sternen strahlenden Nachthimmels — eine sehr bedeutende Zahl erwarten dürfte. Es dürften nämlich für das unbewaffnete Auge etwa 5000 bis 6000 Sterne am ganzen Himmel sichtbar sein.¹⁾ Für die meisten Orte auf der Oberfläche der Erde sind aber nicht alle diese Objecte sichtbar, da je nach der geographischen Breite eine kleinere oder größere Anzahl sich nicht über den Gesichtskreis der Orte erheben kann. Am Äquator ist der ganze Himmel beider Hemisphären sichtbar, an den Polen der Erde nur die nördliche oder südliche Hälfte desselben. In unserer geographischen Breite erscheinen etwa 4000 der mit freiem Auge sichtbaren Sterne über dem Horizont. Hierbei ist aber zur richtigen Beurtheilung der Anzahl der in einer sternklaren Nacht am Firmament glänzenden Objecte zu berücksichtigen, dass in der letztgenannten Zahl alle überhaupt sichtbaren, somit auch jene Sterne inbegriffen sind, welche jeweils bei Tage, also wegen des alles überstrahlenden Lichtes der Sonne nicht wahrnehmbar am Himmel stehen. Im Laufe des Jahres werden nach und nach aber alle diese Objecte am nächtlichen Himmel sichtbar. Diese Betrachtung lässt nun die Zahl der in einer Nacht wahrnehmbaren Sterne kleiner werden, und eine weitere Verminderung derselben tritt ein, wenn wir nur jene cölestischen Objecte

---

¹⁾ Es kann hier bemerkt werden, dass Kant die Zahl der mit freiem Auge sichtbaren Sterne auf 2000 schätzte.

zählen wollten, die in einem gegebenen Momente sichtbar sind. So schrumpft die ohnehin nicht sehr große Ziffer recht merklich zusammen, wenn man alle einschränkenden Umstände berücksichtigt. Ein für die Wahrnehmungen mit unbewaffnetem Auge sehr wesentlicher ist jedoch dabei noch gar nicht erwähnt worden: die größere oder geringere Scharfsichtigkeit des betreffenden Individuums. So sah Argelander, der berühmte Director der Sternwarte zu Bonn, vom Nordpol des Himmels bis zum 35. Grade südlicher Abweichung — also in jenem Abschnitte der Himmelskugel, der bei uns gut sichtbar ist — mit freiem Auge 3256 Sterne, der ungemein scharfsichtige Professor der Astronomie in Münster, Heis, dagegen 5421. Es ist von mehrfachem Interesse, die Zahlen der Sterne der einzelnen hier in Betracht kommenden Größenklassen¹⁾ kennen zu lernen, welche diese beiden Beobachter als in unseren Gegenden sichtbar ausgeführt haben. Es fand:

	Argelander (normales Auge)	Heis (scharfsichtig)
Sterne der 1. „Größenklasse“:	14	13
„ „ 2. „	51	48
„ „ 3. „	153	152
„ „ 4. „	325	313
„ „ 5. „	810	854
„ „ 6. „	1871	2010
schwächere Sterne:	—	1964

¹⁾ Als Definition hiefür kann die in der vorletzten Anmerkung gegebene beibehalten werden.

Man erkennt sofort, dass die kleinen Abweichungen in den verschiedenen Einschätzungen der zwei Astronomen ihren Grund haben, und bemerkt auch einerseits sowohl das Anwachsen der Zahl der Sterne mit dem Sinken der Helligkeit und andererseits die gewaltige Überlegenheit des scharfsichtigen Auges, welches — wie ersichtlich — auch noch die helleren Objecte der siebenten Größenklasse ohne optische Hilfsmittel wahrnehmen konnte. Die Sterne bis einschließlich der sechsten Größenklasse, welche auf dem ganzen Himmel vorhanden sind, liefert folgendes Täfelchen, das somit die Zahl der dem mittleren freien Auge überhaupt sichtbaren stellaren Objecte liefert.

	nördlich	südlich	ganzer Himmel
	vom Äquator		
Sterne der 1. „Größenklasse“	11	9	20
„ „ 2. „	26	25	51
„ „ 3. „	88	112	200
„ „ 4. „	277	318	595
„ „ 5. „	595	618	1213
„ „ 6. „	1919	1721	3640
Zusammen:	2916	2803	5719

Angesichts dieses Sachverhaltes kann es nicht wundernehmen, dass die ersten Versuche, die Orte von Fixsternen festzulegen, die sich selbstverständlich auf die schwächeren Objecte nicht erstrecken konnten, nur eine kleinere Anzahl von Sternen betrafen. Der erste

Astronom, welcher das „einer Gottheit würdige“ Werk, die Sterne des Himmels zu zählen und ihre Orte auf der Sphäre zu bestimmen, unternahm, war Hipparch,¹⁾ dessen Verzeichnis 1080 Objecte umfasste. Auch die späteren ähnlichen Arbeiten weisen keine größeren Zahlen auf, Ulugh Beigh²⁾ bestimmte in Samarkand die Orte von im ganzen 1019 Sternen, und der Vorläufer der neueren Astronomie, Tycho Brahe,³⁾ die Orte von 1005 Sternen. Alle diese Arbeiten beziehen sich auf die Objecte der ersten fünf Größenklassen. Die Erfindung des Fernrohres, welche zu Beginn des 17. Jahrhunderts erfolgte, änderte wie mit einem Schlage diesen Zustand in einer Weise, welche man eigentlich auch heute, wo seitdem drei Jahrhunderte verflossen sind, noch nicht abschließend beurtheilen kann, weil die Vervollkommnung derselben noch nicht ihre letzte Stufe erreicht hat und deshalb stets noch weitere Früchte von ihr erwartet werden dürfen. Das Fernrohr zeigte zahlreiche neue, für das Auge wegen ihrer geringeren Helligkeit nicht mehr wahrnehmbare Sterne; es löste die Milchstraße in ein Heer von stellaren Lichtpünktchen auf und lehrte anders geartete, bis dahin so gut wie völlig unbekannte Objecte des Fixsternhimmels kennen. Dies zeigt sich auch sehr deutlich in den Sternverzeichnissen, welche entstanden, als man das Teleskop in den Dienst der messen-

---

1) Er lebte ungefähr zwischen den Jahren 190 und 125 vor Christo.

2) Enkel des Timurlenk; er lebte von 1394—1449.

3) 1546—1601.

den Astronomie gestellt hatte. Das erste so entstandene Sternverzeichnis ist die 1712 erschienene *Historia coelestis britannica* von Flamsteed, welche die Orte von 2866 Sternen gab; etwas mehr (3222), aber weit genauer beobachtete Sterne enthält der von Flamsteeds zweitem Nachfolger als königlicher Astronom für England, Bradley, herrührende Katalog. Eine den ganzen bei uns sichtbaren Himmel umfassende Arbeit entstand inmitten der Stürme der französischen Revolution, indem auf Veranlassung von Lalande von seinem Neffen Jérôme le Français unter Mitwirkung von dessen Frau die Sterne der „*Histoire céleste française*“, welche mehr als 47.000 Objecte enthält, beobachtet wurden. Die Fortschritte in der Kunst, Fernrohre zu bauen und astronomische Messapparate zu construieren, ermöglichten es, noch tiefer in die Räume des Himmels einzudringen und noch lichtschwächere Objecte zu beobachten, sowie ihre Orte genau zu bestimmen. So ermittelte der große erste Meister der modernen astronomischen Beobachtungskunst, Bessel, in Königsberg die Orte von 62.509 Sternen bis zur neunten Größenklasse, welche zwischen dem 15. Grade südlicher und dem 45. Grade nördlicher Abweichung liegen; sein Schüler Argelander ergänzte diese Arbeit, indem er einerseits die Orte von 21.000 Sternen zwischen dem 45. Grad nördlicher Abweichung und dem Nordpol des Himmels bestimmte, andererseits 18.276 Sterne zwischen dem 15. und 31. Grade südlicher Abweichung beobachtete. Ein gleiches Ziel in Bezug auf noch lichtschwächere Sterne bis zur zehnten, ja stellen-

weise elften Größenklasse herab verfolgten mehrere andere ähnliche große Arbeiten; so hat z. B. Wilhelm Oeltzen auf der k. k. Universitäts-Sternwarte zu Wien in den Jahren 1856—1858 die Orte von etwa 36.000 Sternen, welche zwischen dem 15. und dem 20. Grad nördlicher Abweichung liegen, genau bestimmt. Mit den letzteren Anführungen sind wir aber schon erheblich über jenen Zeitraum hinausgelangt, in welchem die erste wesentliche und neuartige Erweiterung unserer Kenntnis des Fixsternhimmels stattgefunden hat. Früher kannte man nämlich am Firmament fast ausschließlich nur die Sterne und sah nur mit Anstrengung einige wenige Gebilde,¹⁾ die einen anderen Charakter zu besitzen schienen und nebelartig aussahen. Einzelne derselben ließen sich, dank der auflösenden Kraft der Teleskope, als Gruppen sehr dichtgedrängter Fixsterne erkennen, manche aber nicht. In der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts fanden verschiedene Astronomen eine kleine Reihe der hellsten dieser Objecte, welche

---

¹⁾ Argelander sah deren 19 mit freiem Auge; davon sind 15 Sternhaufen und 4 Nebelflecke; Heis konnte 19 Sternhaufen und 7 Nebel wahrnehmen; auf dem südlichen Himmel sieht man außer diesen noch 12 Sternhaufen und 4 Nebel ohne Anwendung eines Fernrohres. Die bei uns bekanntesten dieser Objecte sind der Nebel im Sternbild des Orion und jener in der Andromeda, sowie die Sternwolken im Perseus, im Herkules und im Sobieskischen Schild; von diesen ist nur der Orionnebel ein wahrer Himmelsnebel, die vier anderen bestehen aus Fixsternen.

ihnen überhaupt sehr räthselhaft erschienen, so dass z. B. Maupertuis sie für enorme Himmelskörper hielt, während ein anderer Gelehrter dieser Zeit auf die Idee verfiel, sie wären Öffnungen im Firmament, durch welche man den Feuerhimmel erblickt. Die Arbeiten Messiers und ganz besonders die systematischen Nachforschungen des älteren und des jüngeren Herschel, sowie die späterer Astronomen nach diesen „Nebeln“ des Himmels haben tausende solcher Objecte kennen gelehrt, und damit gewann die Stellarastronomie neue Gesichtspunkte für die Erörterung der uns beschäftigenden Frage — Gesichtspunkte, welche von keinem geringeren Manne als Immanuel Kant aufgestellt worden sind. Vor Eintritt in die Besprechung derselben werde aber der weiteren Entwicklung der Fixsternkunde gedacht. Zu Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts machte sich das Bedürfnis geltend, auch von noch schwächeren Sternen wenigstens die genäherten Orte zu kennen. Deshalb entstanden außer Kartenwerken, welche gewisse Regionen des Firmaments darstellen und alle dort sichtbaren Sterne bis zur zwölften oder gar bis zur dreizehnten Größenklasse enthalten (solche sind von Chacornac und später von den Brüdern Henry in Paris, von Peters in Clinton und von Palisa in Wien herausgegeben worden), die großartigen Durchmusterungen des Himmels, welche die Sterne bis zur zehnten Größenklasse umfassen. So liefert die Bonner Durchmusterung, welche für die Nordhälfte des Firmaments von Argelander und für die Südhälfte bis zum 22. Grad südlicher

Abweichung von seinem Nachfolger Schönfeld bearbeitet wurde, die Orte von 457.847 Sternen, die Fortsetzung dieser Arbeit bis zum 42. Grad südlicher Abweichung, welche Thome zu Cordoba in Argentinien ausgeführt hat, die Orte von weiteren 340.380 Sternen.

Für die Gegend zwischen dem 19. Grad südlicher Abweichung und dem Südpol des Himmels hat Gill am Cap der guten Hoffnung die gleiche Arbeit ausgeführt und dabei die Orte von ungefähr 450.000 Sternen genähert bestimmt. Er benützte dabei ein neues, später zu erörterndes Verfahren der modernen Astronomie. Die großen vorhin genannten Zahlen beziehen sich — wie eine leichte Überlegung zeigt — fast nur auf solche Sterne, welche in Fernrohren sichtbar sind; man hat auch diese der früher angegebenen Regel gemäß in Größenklassen eingereiht und gefunden, dass etwa 20.000 der siebenten, 68.000 der achten und 241.000 der neunten Größenklasse angehören; zur zehnten Größenklasse sind etwa 700.000 Objecte zu rechnen. Man erkennt hieraus ganz deutlich, wie die Zahl der Objecte mit dem Sinken der Helligkeit steigt.

Es ist schon früher, bei Erwähnung der großen Kartenwerke angedeutet worden, dass auch die Orte von noch lichtschwächeren Sternen, als die eben besprochenen sind, festgelegt wurden; in der That erlaubt die großartige Vervollkommnung, welche die neueste Zeit für die astronomischen Instrumente in optischer wie in mechanischer Hinsicht herbeigeführt hat, weit lichtärmere Objecte wahrzunehmen es dürfte etwa die siebzehnte Größen-

classe die Grenze bilden. Da nun, wie die oben für die ersten zehn Größenklassen der Sterne angeführten Zahlen zeigen, jede Größenklasse etwa dreimal so viel Glieder enthält als wie die ihr vorhergehende, so ergibt eine einfache Rechnung, dass — sofern der letzte Satz auch auf die noch schwächeren Sterne ausgedehnt werden darf — die Zahl der gegenwärtig optisch erreichbaren Sterne sich auf etwa $1\frac{1}{2}$ Milliarden belaufen könnte. Die Voraussetzung, auf welcher dieses Resultat beruht, hat sich jedoch für die Classen der lichtschwächsten Sterne als nicht zulässig erwiesen.

An dieser Stelle unserer Betrachtungen angelangt, müssen wir nunmehr die Bedeutung des modernsten Hilfsmittels der forschenden Astronomie, der Photographie, für die uns interessierende Frage zu würdigen versuchen. Die Einführung der Lichtbildkunst in diese Wissenschaft lässt sich hinsichtlich ihrer Wirkung und der Perspektiven, welche sie für die Zukunft eröffnet, einzig und allein mit der Erfindung des Fernrohres vergleichen. Der Umstand, dass man durch eine nur einstündige Einwirkung des Lichtes der Sterne auf die lichtempfindliche Schicht unter günstigen Verhältnissen die Bilder auch der schwächsten, in den mächtigsten Teleskopen dem Auge kaum sichtbaren Sterne erzeugen lassen kann, weil der chemische Process in der Schicht in jedem Augenblick angeregt wird und die Summe dieser Wirkungen schließlich ein erkennbares Bild der lichtärmsten Objecte liefert, sowie die Thatsache, dass nicht wenige cölestische Objecte Lichtarten ausstrahlen, für welche das Auge fast

unempfindlich ist und darum ihre Quelle kaum erkennt, die aber auf der photographischen Platte hingegen äußerst intensiv sich geltend machen, zeigen die gewaltigen Vortheile, welche die Einführung der photographischen Methode für die Kenntniss der Beschaffenheit des Fixsternhimmels mit sich führt. Die Verlängerung der Zeit, während welcher man das Licht auf die chemische Schicht wirken lässt, muss ja, sofern nicht andere Einflüsse sich geltend machen, immer weitere, noch lichtschwächere Objecte auf ihr erscheinen lassen. Deshalb kann die photographische Platte die Function des Auges in gewissem Sinne übernehmen, fortführen und uns dann unsichtbare Welten zeigen. Diese gewaltigen Vorzüge haben zu einer ausgedehnten Anwendung des photographischen Verfahrens Anlass gegeben, welche eine Doppelaufnahme des ganzen Himmels bezweckt und auf Anregung der Pariser Sternwarte partienweise von einer größeren Anzahl von Sternwarten ausgeführt wird. Einerseits sollen nämlich die Orte aller Sterne bis zur elften Größe photographisch ermittelt und katalogisiert und andererseits durch Aufnahmen von einstündiger Dauer Karten gewonnen werden, welche auch die schwächsten in unseren größten Teleskopen eben noch wahrnehmbaren Sternchen enthalten. Man schätzt die Zahl der Sterne des ersterwähnten astrophographischen Kataloges auf drei Millionen; genauere Ziffern können gegenwärtig hiefür ebensowenig wie für die Anzahl der vermuthlich in dem projectierten photographischen Himmelsatlas enthaltenen Objecte gegeben werden, weil

die Aufnahmen zwar ziemlich weit vorgeschritten sind, ihre Bearbeitung aber begreiflicher Weise noch nicht erheblich gediehen ist.¹⁾ Es ist selbstverständlich, dass man die lichtsammelnde Kraft der photographischen Platte aber in noch größerem Maße auszunützen versucht hat, um an einzelnen besonders sternreichen Gegenden des Himmels möglichst tief in die Räume desselben einzudringen. In der That hat man durch Daueraufnahmen — einzelne von diesen umfassten unter Benützung mehrerer Nächte bis zu 25 Stunden — neuen Einblick in den Reichthum des Himmels an Sonnen bekommen. Wer die wunderbaren Aufnahmen sternreicher Gegenden gesehen hat, welche von Professor Wolf in Heidelberg, von Professor Barnard auf dem Lick-Observatory, von den Astronomen der Harvard-Sternwarte zu Cambridge²⁾ (Mass.) und anderen Astrophographen gewonnen worden sind, staunt über die unendlich scheinende Menge von himmlischen Ob-

---

¹⁾ Die erste bezüglichliche Publication ist vom astro-physikalischen Institut zu Potsdam vor kurzer Zeit ausgegangen; sie liefert die Ergebnisse der Ausmessung von 57 Platten, welche die Orte von mehr als 20.000 Sternen des astrophotographischen Kataloges ergeben haben. Auf Grund dieser Angaben kann man sich ein Bild von der Größe des Unternehmens sowohl, wie vom Sternreichthum des Himmels machen, wenn man erwägt, dass mehr als 11.000 solcher Aufnahmen nothwendig sind, um das ganze Firmament beider Hemisphären abzubilden.

²⁾ Diese sind zum großen Theil auf der Hochstation zu Arequipa in Peru erhalten worden.

jecten, welche sich auf dem engen Raume der einzelnen Platten abgebildet haben. Unwillkürlich drängt sich dabei dem Beschauer die Frage auf, ob mit diesem dem Himmel abgerungenen Erfolge der letzte Schritt zur Erkenntnis seiner Räume gethan sei, oder ob nicht noch weitere, in die Unendlichkeit führende Offenbarungen von ihm zu erwarten sind? In einem innigen Zusammenhang mit dieser Gedankenfolge steht eine andere, welche sich in der gleichen Richtung bewegt und einer directen Betrachtung des Fixsternhimmels entspringt. Erwägt man nämlich die Configuration desselben, so wird man bald zur Ansicht geleitet, dass unsere Sonne wahrscheinlich innerhalb eines Sternsystems sich befindet, dessen Hauptrichtung nahe mit einer Ebene, welche die Milchstraße durchschneidet, zusammenfällt. Es hindert nichts die Annahme, dass es noch andere derartige Systeme gebe, für welche die ähnlich geformte, jedenfalls außerordentlich sternreiche Gruppe, welche man als den „Nebel“ in dem Sternbild der Andromeda bezeichnet, ein gutes Beispiel abgibt. Nun hat die Untersuchung des Lichtes, welches uns die so sehr zahlreichen Nebelflecke zustrahlen, gelehrt, dass sie zumeist aus ungemein weit entfernten Sternanhäufungen bestehen, während die übrigen Nebelflecke Gasnebel sind, welche sich der-einst zu Sternen oder Systemen von Sternen entwickeln werden. Diese Summe von Erwägungen führt zu überwältigenden, für die Gedanken der Menschen kaum fassbaren Schlüssen über die Beschaffenheit des Universums. Man denke sich nur die Erde mit allem Großen und Ge-

waltigen auf ihr, das gegen ihre ungeheure Größe doch wie nichts verschwindet, als ein kleines, kaum beachtenswertes Glied im Staat unserer Sonne und letztere nur als einen Stern aus der reichen, sicher Millionen von Sternindividuen zählenden Sternengruppe, als welcher sich das System unserer Milchstraße darstellt. Und solcher Milchstraßensysteme scheint es am Himmel tausende zu geben, wenn wir — wie man dies mit Recht thut — die stellare Beschaffenheit der meisten Nebelflecke erwägen. Neben diesen gibt es zahlreiche werdende Welten, die sich aus den Gasnebeln entwickeln, und dies alles nur innerhalb des bis jetzt zu unserer Wahrnehmung gelangten Universums? Was mag da noch die Zukunft bringen, wenn wieder einmal ein Schleier von diesen Geheimnissen, welche der Schöpfer in die Natur gelegt hat, fällt?

Wer diese Erwägungen verfolgt, wird vom Schauer der Unendlichkeit berührt. „Es ist hier kein Ende — sagt Kant, welcher als einer der ersten sich diesen Betrachtungen hingab¹⁾ — sondern ein Abgrund einer wahren Unermesslichkeit, worin alle Fähigkeit der menschlichen Begriffe sinket, wenn sie gleich durch die Hülfe der Zahlwissenschaft erhoben wird. Die Weisheit, die Güte, die Macht, die sich offenbaret hat, ist unendlich und in eben dem Maße fruchtbar und geschäftig; der

---

¹⁾ In seiner 1755 erschienenen „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“. Den Anlass dazu gab ihm zum Theil eine 1750 erschienene Schrift von Th. Wright: „Theory of the universe“.

Plan ihrer Offenbarung muss daher ebenso wie sie unendlich und ohne Grenzen sein.“

Diese erhabenen Ideen, welche vor anderthalb Jahrhunderten in dem Geiste des großen deutschen Denkers entstanden sind und später durch Ergebnisse der astronomischen Arbeiten neue Stützen erhielten, haben zu jener Gestaltung des Weltbildes geführt, welche als die bis in die Gegenwart herrschende bezeichnet werden muss. Aber dieses grandiose Gebäude von Vorstellungen, so fest gefügt es scheint, bedarf, wenn nicht alles trägt, doch einiger einschneidender Änderungen, wenn es den merkwürdigen Ergebnissen einer Reihe der neuesten Untersuchungen entsprechen soll. An ergreifender Gewalt verliert der Kreis von Vorstellungen dadurch nichts; im Gegentheil, die durch diese Ergebnisse der neueren Forschungen zutage tretende Vereinheitlichung bringt ein neues sympathisches Moment hinzu, das seinerseits wieder wichtige Gesichtspunkte eröffnet.

Vorerst sei aber der älteren Bestrebungen gedacht, welche der Erforschung der Gestalt und des Baues des Universums galten. Zu diesem Zwecke zählten der ältere Herschel und sein Sohn in verschiedenen Gegenden des Himmels alle Sterne, welche in einem Teleskop von 18 Zoll Öffnung, das ein Gesichtsfeld von 15 Bogenminuten hatte, sichtbar waren. Diese „Aichungen“ wurden dann benützt, um unter der grundsätzlichen Annahme, dass die Sterne im Raume im allgemeinen gleichmäßig zerstreut sind, eine Vorstellung von der Configuration und Ausdehnung des Milchstraßensystems zu gewinnen.

Vorwiegend auf diese Zählungsergebnisse baute sich die Idee auf, dass dieses System in der Hauptsache die Gestalt einer ziemlich flachen Linse mit unregelmäßig gestalteter Oberfläche besitze, wobei der größte Abstand von Fläche zu Fläche etwa sechsmal kleiner ist als der größte Abstand zweier Punkte der Kante, als welche eben die Milchstraßenmitte zu betrachten wäre. Die Anzahl der Sterne des Systems wäre nach der Schätzung des älteren Herschel mit 20 Millionen zu veranschlagen und für den Platz unserer Sonne im System ein Ort nahe der Mitte desselben anzunehmen. Zur Bildung einer Vorstellung von der Ausdehnung des Systems gab Herschel auf Grund seiner Schätzungen die Ziffer von 7000 Jahren, welche das Licht, das bekanntlich in einer einzigen Secunde siebenmal den Erdball umkreisen könnte, braucht, um von den am Rande des Systems befindlichen Objecten zu uns zu gelangen. Diese Studien Herschels sind in neuester Zeit durch sehr eingehende und tiefdurchdachte Untersuchungen ersetzt worden, welche Herr Professor Seeliger, der Director der Sternwarte zu München, unter Benützung der Herschel'schen Aichungen sowie einer ähnlichen Arbeit Celorias und der Bonner Durchmusterung des Himmels ausgeführt hat. Nach denselben ist vorerst die Annahme durchschnittlich gleicher Leuchtkraft und Vertheilung der Sterne nicht haltbar, und zwar gilt dies nicht bloß für die teleskopischen Sterne, sondern nach einer analogen Untersuchung, die Dr. Kobold ausgeführt hat, auch für die mit freiem Auge wahrnehmbaren. Weiter haben die Untersuchungen Professor

Seeligers ergeben, dass die Grenze unseres Sternsystems bestimmt jenseits der mittleren Entfernung der Sterne der elften Größenklasse, für die der Milchstraße nahen Himmelsgegenden jenseits der mittleren Distanz der Sterne dreizehnter Größe liegt. Die Entfernung zwischen den Polen der Milchstraße beträgt rund 500 Siriusweiten,¹⁾ die Ausdehnung der Milchstraße 1100 Siriusweiten. Die uns interessierende Zahl der Sterne des Milchstraßensystems beziffert Professor Seeliger, nachdem er die Zahl der Herschelschen Sterne zu etwa 27 Millionen gefunden, auf 29 bis 42 Millionen, je nach den verschiedenen Annahmen, die man auf Grund des benützbaren Materiales machen kann.

Die Structur des Sternsystems, dem unsere Sonne angehört, ist ebenfalls Gegenstand von Untersuchungen stellar-statistischer Natur gewesen, welche das Ergebnis hatten, dass vermuthlich nicht nur ein Milchstraßenring vorhanden ist, sondern deren mehrere zum Theil ineinander gelagert existieren. Besonderes Interesse verdient in dieser Hinsicht der von Gould gelieferte Nachweis, dass die helleren Sterne unseres Himmels zumeist in der Nähe eines gegen die Milchstraße um etwa 19 Grad geneigten, am Firmament gezogen gedachten größten Kreises liegen. Eine engere Beziehung dürfte vielleicht zwischen 400 der helleren

---

¹⁾ Die Entfernung vom Sirius bis zu uns durchheilt das Licht in $8\frac{1}{2}$ Jahren; unter einer Siriusweite versteht man jedoch eine andere Distanz, und zwar jene, welche das Licht in 16·2 Jahren durchheilt.

Sterne bestehen, die eine Gruppe bilden, innerhalb deren, und zwar in der Nähe der Milchstraßenebene, sich unsere Sonne befindet. Mit dem letzten Satze soll aber durchaus nicht gesagt sein, dass ein solcher Connex schon nachweisbar ist; es ist dies nur ein Schluss, der aus den Configurationen am Himmel in Verbindung mit einigen anderen Anhaltspunkten gezogen wurde; an Beziehungen mechanischer Natur und deren Consequenzen kann dabei gegenwärtig noch nicht gedacht werden. Im Anschluss an diese Bemerkung darf wohl darauf hingewiesen werden, dass derartige Studien auch eine große Bedeutung für die Frage nach der Tragweite, sowie der Form des im früheren Abschnitte besprochenen Gesetzes der allgemeinen Anziehung besitzen, welches ja für die Sonnen unter einander ebenfalls gelten muss, wenn auch wegen ihrer ungeheuren Abstände die gegenseitigen Einwirkungen nur sehr klein sein können und uns noch kleiner erscheinen müssen. In weiterer Consequenz können die Ergebnisse dieser Arbeiten dann auch für rein kosmologische Probleme nutzbar gemacht werden. Eine Erörterung dieser schwerwiegenden Fragen soll aber an dieser Stelle nicht vorgenommen werden.

Die obenerwähnte Andeutung der Existenz einer Sterngruppe, in welcher unsere Sonne steht, kann nicht befremden, wenn man an die zahlreichen Sternhaufen denkt, welche den Himmel zieren, und noch weniger, wenn man vernimmt, dass es ganze Gruppen von am Himmel von einander weit abstehenden Sternen gibt, welche beinahe zweifellos physisch zusammengehören und gemein-

sam die Räume des Himmels durchwandern. Einer solchen im Eridanus befindlichen Gruppe ist bereits im ersten Theile dieser Skizze gedacht worden;¹⁾ weitere hat man im Stier, in der Wage, im Schwan und im Orion entdeckt. Das Astronomen wie Laien am meisten ergreifende Beispiel dieser Art bietet die allbekannte, einen riesigen Raum am Himmel einnehmende Constellation des großen Bären, von dessen sieben Hauptsternen fünf zusammengehören. Wie viele schwächere Sterne mit diesen Hauptsternen durch ein gemeinsames unsichtbares Band verknüpft sind, weiß man begreiflicher Weise noch nicht. Die Wahrscheinlichkeit einer näheren Zusammengehörigkeit der letzteren wird auch noch durch den Umstand gesteigert, dass die Geschwindigkeiten in der Absehenslinie, mit welchen sich diese Sterne uns nähern, fast alle den gleichen Wert — 27 bis 31 *km* in der Secunde — haben. Derartige Feststellungen sind einerseits geeignet, unseré bisherigen Vorstellungen vom Aufbau der Welten zu ändern, andererseits weisen auch diese vorläufig kaum erkennbaren, geringen Spuren gegenseitiger Beziehungen zwischen fernen Sonnen auf neue Wege, die allem Anscheine nach zur genaueren Erkenntnis der Beschaffenheit des Weltalls führen werden.

Wenden wir uns nun in weiterer Verfolgung dieses Gedankens jenen Gebieten des Himmels zu, welche außerhalb unseres Sternsystems zu liegen scheinen, so kommen dabei zunächst die Nebelflecke in Be-

---

¹⁾ Vgl. Seite 412.

tracht. Wir wissen, dass dieselben in zwei Gruppen geschieden werden müssen, deren eine die Sternhaufen unter ihnen umfasst, von denen man die einzelnen Sterne wegen ihres weiten Abstandes nicht mehr erkennt, während die andere die cölestischen Gasnebel in sich begreift. Bezüglich einer Reihe der letzteren haben spectroscopische Untersuchungen, die auf der Lick-Sternwarte ausgeführt wurden, die interessante Thatsache ergeben, dass die Geschwindigkeiten, mit welchen sie sich in Bezug auf uns bewegen, ganz dieselbe Größe besitzen als jene der Sterne, so dass hier ein gemeinsames Moment von nicht zu unterschätzender Bedeutung vorliegt. Weit wesentlicher für die Beurtheilung der Verhältnisse ist allerdings die unbestreitbare Thatsache, dass die Nebelflecke ein ganz eigenartiges Verhalten gegenüber der Milchstraße zeigen. Während die größeren und reicheren Sternhaufen in der Nähe der „Galaxias“ — um einmal auch diese griechische Bezeichnung zu gebrauchen — auftreten, sind die Nebelflecke vorwiegend in Regionen des Himmels zu sehen, welche milchstraßenfern sind, und erscheinen in steigender Häufigkeit, je mehr man sich von der Milchstraße entfernt — es ist, als wollten diese Gebilde die letzteren fliehen. Diese Auseinandersetzung ist natürlich nicht so zu verstehen, dass es absolut nebelfleckleere Flächen am Firmament gäbe, es soll damit nur die Thatsache der ausgesprochenen Anhäufung der Nebelflecke gegen jene Himmelsgegenden, in denen sich die „Pole“ der Milchstraße befinden, constatirt werden. So sind die Sternbilder des Löwen, der

Jungfrau und des großen Bären sehr reich an Nebelflecken, und gerade diese Constellationen liegen ferne von dem Zuge der Milchstraße. Dieses eigenthümliche Verhalten der Nebelflecke muss einen inneren Grund haben, denn kein Phänomen in der Natur geht ohne einen solchen vor sich. Wäre nicht eine Beziehung derselben zur Milchstraße vorhanden, so könnte diese auffallende Thatsache nicht bestehen, denn eine einfache Erwägung lässt es als selbstverständlich erscheinen, dass, im Falle die einzelnen Nebelflecke unabhängige, selbstständige Sternsysteme darstellen, ihre Vertheilung am Himmel eine nach allen Seiten gleichmäßige sein müsste. Die achttausend Objecte dieser Art, welche wir bis nun kennen, sind zu viele, als dass fast alle ihre Positionen nur zufällig in den sternleeren Regionen, welche weit abseits der Milchstraße liegen, gefunden haben sollten. So führt diese Erscheinung mit beinahe zwingender Nothwendigkeit zu dem Schlusse, dass die Nebel des Himmels in einer uns momentan noch nicht bekannten, aber jedenfalls vorhandenen Beziehung zur Milchstraße oder mit anderen Worten zu unserem Sternsystem stehen. Hat man aber einmal diese Überzeugung gewonnen, so leitet sie bald zu dem Gedanken, dass wir in den meisten Nebelwelten des Himmels dann eigentlich Glieder unseres eigenen Sternsystems zu erkennen haben. Freilich fällt im Augenblick, wo man diese logische Folgerung zieht, ein Theil der Vorstellungen, welche man sich bisher vom Aufbau des Weltalls gebildet hat; die vieltausendfache Mannigfaltigkeit der möglichen Stern-

systeme, welche die Idee, jeder stellare Beschaffenheit zeigende Nebelfleck sei ein eigenes, weit entferntes Milchstraßensystem, gewährte, wird erheblich eingeschränkt. Dagegen taucht vor unserem geistigen Auge in deutlichen Zügen ein anderes erhebendes Bild auf, das Bild vom sichtbaren Universum als einem, als einem einzigen All.

Ehe aber auf eine weitere Entwicklung und Begründung dieses Gedankens eingegangen wird, muss noch ein interessantes hieher gehöriges Resultat der stellaren Statistik mitgetheilt werden, das jene Nebelflecke betrifft, welche durch die Untersuchung ihres Lichtes sich als Massen glühender Gase erwiesen. Dasselbe lässt sich dahin aussprechen, dass die meisten dieser cölestischen Objecte ziemlich nahe der Milchstraße stehen, also ein den stellaren Nebeln gegensätzliches Verhalten zeigen. Dies ist ein Zug im neuen Weltbild, für welchen die nur optisch beobachtende Astronomie keinen Grund und keine äußere Ursache anzugeben in der Lage ist. Erfreulicher Weise hat aber hier die astronomische Photographie ihre großen Vorzüge bethätigen können und dieses Räthsel ergründet, ja noch mehr: ihr allein verdankt man, trotzdem erst die Anfänge solcher Studien gemacht werden konnten, fast alle tiefere Erkenntnis über die Nebelmassen des Himmels, insbesondere über deren Beziehungen zu den Sternen und zu unserem Sternsystem.

Zunächst sei erwähnt, dass die photographischen Aufnahmen erkennen liessen, dass die Nebelflecke und die Sternhaufen in Verbindung mit Sternen ihrer Nach-

barschaft stehen,¹⁾ und dass die Sterne, besonders jene der Milchstraße, eine Tendenz zur Gruppenbildung oder kettenartigen Aneinanderreihung zeigen. Ferner haben die photographischen Aufnahmen bekundet, dass sich einerseits diese Reihungen von Sternen in die etwa vorhandene benachbarte Nebelmaterie fortsetzen, und andererseits wieder nebelige Massen des Himmels ihre Ausläufer zwischen die Sterne der Umgebung entsenden. Dieses Studium der Anordnung nebeliger und sternartiger Objecte am Himmel führte auch nach den Ansichten des Directors des astrophysikalischen Observatoriums zu Heidelberg, Prof. Dr. Max Wolf, einer Autorität auf astrophotographischem Gebiete, deren Darlegungen hier wiedergegeben werden, zur Erkenntnis, dass Sternhaufen, welche man bisher als selbständige Sternsysteme zu betrachten gewohnt war, eigentlich Weiterführungen von Sternreihen unseres Milchstraßensystems sind. So gewann man dank der fast wunderbaren Leistungen des neuesten Hilfsmittels der Sternkunde einen tiefen Einblick in die wahre Natur des Himmels. Ein weiterer Erfolg der Astrophotographie, welcher diese Errungenschaften des Geistes vervollständigt, betrifft die weit ausgedehnten ungeheuren Nebelmassen des Firmaments, welche man zum größten Theile erst durch die photographischen Aufnahmen in ihrer wahren Ausdehnung, die sich in manchen Fällen über ganze Sternbilder erstreckt, kennen

---

¹⁾ Die bekanntesten Beispiele bieten hiefür die Nebel der Plejaden und der im Orion.

gelernt hat. Auch für sie konnte der Nachweis ihres Zusammenhanges mit Sternen unseres Sternsystems geliefert werden. Noch klarer wird dieser Zusammenhang, wenn man die Wahrnehmung macht, dass die nebelige Materie den Ketten und Reihungen der Sterne auch in der Milchstraße selbst sich enge anschließt. An einigen Stellen in derselben bemerkt man ganz stern- und nebeleere, also völlig dunkle Partien, welche wie Lücken in ihr aussehen, während sich um sie herum zahllose Sterne vorfinden und, diese durchziehend, leuchtende nebelige Materie vertheilt ist. So ist ein enger, inniger Zusammenhang zwischen diesen beiden wichtigsten Arten von himmlischen Objecten und ihre Zugehörigkeit zum Milchstraßensystem nachgewiesen. Eine weitere merkwürdige Erscheinung ist die, dass man häufig im Bereich ausgehnter Nebelflecke ebenfalls dunkle Lücken, also von nebeliger Masse freie Stellen, vorfindet. In jedem solchen Falle ist aber gar nicht weit von der Lücke eine besonders hellstrahlende Partie der Nebelmasse sichtbar, oder man sieht dort eine Schar leuchtender Sterne, einen Sternhaufen. Ein Beispiel hiefür liefert die bei uns nicht sichtbare kleine Capwolke, welche eine ungeheure Ansammlung von nebeliger Materie ist; aber „der Zutritt zu ihr erfolgt“ — wie sich ein Beobachter ausgedrückt hat — „von allen Seiten wie durch eine Wüste“. In ihrer unmittelbaren Nachbarschaft glänzt jedoch ein außerordentlich reicher und schöner Sternhaufen.¹⁾ Be-

---

¹⁾ „47 Tucani“ genannt.

trachtet man diese Verhältnisse, so ist es, als ob die zarte nebelige Materie sich an solchen Stellen verdichtet oder zu Sonnen umgestaltet hätte. Sehr wichtig ist auch die Thatsache, dass diese Anhäufung oder Verdichtung nie in der Mitte der nebelfreien Stelle liegt, sondern stets excentrisch. Offenbar hat in den Millionen Jahren, welche seit der Loslösung der werdenden oder gewordenen Sonnen oder Sonnenstaaten aus dem Nebel verflossen sind, eine Wanderung derselben, welche ihre räumliche Verschiebung zur Folge hatte, stattgefunden, und so sehen wir hiedurch auch die bis vor kurzem gar nicht beweisbare Bewegung der nebeligen Materie, der Nebelflecke constatirt.

Diese schöne Reihe von Erfahrungen, welche man der astronomischen Photographie verdankt, wird eine noch weit reichere Ausgestaltung erhalten können, wenn die bezüglichlichen astrophotographischen Forschungen weiter gediehen sein werden. Man darf sich angesichts der Jugend dieses Zweiges der Astronomie der Erkenntnis nicht verschließen, dass man hier erst am Anfange einer Bahn steht, deren Ende uns noch verborgen ist, von der man aber mit einiger Bestimmtheit sagen kann, dass sie in Hinsicht auf unser Wissen von der Gestalt und Form des Weltgebäudes zu gesicherten Ergebnissen führen wird, die wir dann an Stelle unserer bisherigen, auf Vermuthungen und Analogien gegründeten diesbezüglichen Meinungen setzen werden können. Freilich müsste dabei eine Idee, die bereits zum geistigen Eigenthum der Menschheit geworden schien, die Idee von der unend-

lichen Vielheit der Sternsysteme aufgegeben werden; doch wird dem Fluge der Geister auch in dem nun vielleicht nur auf ein einziges System von Sternen eingeengten Gebiete ein weiter Spielraum eröffnet. Man erkennt auch gleichzeitig, dass die Zahl der Sterne, welche am Himmel strahlen, und die bestimmt nach vielen Millionen zählen, keine beständige ist; im Laufe von Weltaltern entstehen in dem Systeme neue Sonnen, ja ganze Scharen von solchen, und andere wieder erlöschen und leben nur als dunkle, kein Licht mehr spendende Körper weiter. Die Zukunft und das Schicksal der letzteren sind uns fast vollständig unbekannt, denn nur das Licht und seine Strahlenarten kann uns Kunde geben vom Sein und Wesen am Sternenzelt.

Ein weiterer, vielleicht etwas gewagter Schritt führt uns von den gegebenen astronomisch-kosmologischen Betrachtungen auf ein rein philosophischen Erörterungen vorbehaltenes Gebiet. Es betrifft dies die Frage nach der Endlichkeit oder Unendlichkeit des sichtbaren, mit Materie erfüllten Raumes. Man erkennt leicht, dass die dargelegten astronomischen Arbeiten, welche ja zu einer erheblichen Einschränkung der Vorstellung von der Unendlichkeit des Weltraumes Anlass bieten, in früherer oder späterer Zeit einen wesentlichen, wenn nicht sogar einen entscheidenden Beitrag zur Lösung des erwähnten Problems werden liefern können. Mit diesem flüchtigen Ausblick in die Zukunft sei vorliegende kurze Skizze geschlossen. Er zeigt wieder einmal, wie sich der ältesten unter den Naturwissenschaften, der Sternkunde, stets

neue und immer größere Aufgaben darbieten, welche näher oder ferner verwandte Wissensgebiete berühren. Sie hat der Naturlehre wichtige Gesetze der Mechanik, darunter das Cardinalgesetz der allgemeinen Anziehung entdeckt; die Geschwindigkeit des Lichtes und der Electricität bestimmt; der Geographie, der Schiffahrtskunde, der Lehre von der Erdmessung ebenso wie der historischen Chronologie die gesicherten Grundlagen für ihre Entwicklung gegeben; die Meteorologie und die kosmische Physik begründet und in neuester Zeit sogar der Geologie eine Reihe wertvoller Behelfe geliefert; nun eröffnet sich ihr die Aussicht, auch ein — wie es scheint — rein philosophisches Problem des menschlichen Geistes der Lösung zuzuführen. Damit gewinnen vielleicht auch die alten und innigen Beziehungen zwischen der Sternkunde und der Philosophie, deren Lehrer während der Jahrtausende des Alterthums die einzigen Förderer der ersteren waren, neues Leben. Von erheblichem Interesse ist die hiebei zutage tretende Erscheinung, dass die Lösung dieser neuen astronomischen Aufgabe fast ausschließlich mit Hilfe des modernsten Forschungsmittels der Sternkunde erfolgen wird, mit Hilfe der Photographie der Gestirne.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1900

Band/Volume: [40](#)

Autor(en)/Author(s): Bidschof Friedrich

Artikel/Article: [Über die Grösse und die Zahl der Sterne. 387-453](#)