

Band 59. Nr. 6.
Juni 1911.

Preis:
Einzel-Nummer 1 K,
Jahrgang (10 Nr.) 8 K.

LOTOS

J. G. Calve, k. u. k.
Hof- u. Univ.-Buch-
händler Rob. Lerche
oooo
Druck v. C. Bellmann,
Ges. m. b. H. in Prag.

Naturwissenschaftliche Zeitschrift,

herausgegeben vom deutschen naturwissenschaftlich-medizinischen Verein
für Böhmen, »Lotos« in Prag. Redigiert von Priv.-Doz. Dr. Ludwig Freund.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne.

Von Prof. Dr. S. Oppenheim.

Mit 2 Abbildungen im Text.

1. Nach zwei Richtungen verrieten sich, wie bekannt, die Bewegungen der Fixsterne den beobachtenden Astronomen und sind schon zum Teile als bekannt anzusehen. Erstens darin, wie sie sich auf die scheinbare Himmelskugel projizieren und als äusserst kleine Verschiebungen ihres Ortes am Himmel äussern und sodann in ihren aus spektroskopischen Messungen nach dem Dopplerschen Prinzip folgenden Geschwindigkeiten in der Richtung der Sehstrahlen, vom Beobachter weg oder zu ihm hin.

Die Entdeckung der ersteren, die sich an den Namen Halleys knüpft, war schon von Alters her vorbereitet. Schon in den ältesten Zeiten der menschlichen Kultur dachte man, wie die Geschichte der Astronomie erzählt, daran, den Anblick des nächtlichen Himmels mit seiner Unzahl glitzernder Sterne und dem schimmernden Kranz der Milchstrasse irgendwie festzuhalten, um durch Wiederholung der hiezu notwendigen Beobachtungen in einem späteren Zeitmomente etwaige Veränderungen in diesem Anblick zu konstatieren. Die beiden Astronomen, Aristyll und Timocharis, die zur Zeit Platos in Griechenland lebten, waren die ersten, die diese Bestrebungen in die Tat umsetzten. Sie verfertigten den ersten Sternglobus. Ihnen folgte Hipparch durch Anlegung des ersten Sternkataloges, in dem man neben der Benennung des Sternes seine Helligkeit oder Grösse und dann seine Position am Himmel, ausgedrückt in Länge und Breite, wie es damals statt der heutigen Koordinaten der Rektaszension und Deklination gebräuchlicher war, aufgezeichnet vorfand und darnach seinen Ort am Himmel aufsuchen konnte. Es ist bekannt, wie Hipparch durch den Vergleich seiner Beobachtungen mit den auf dem Globus eingezeichneten Sternpositionen zu der Entdeckung der Präzession geführt wurde. Und als fast 2000 Jahre später im Jahre 1710 wiederum Halley einen Vergleich seiner eigenen mehrfachen Sternbeobachtungen mit denen Hipparchs vornahm, zeigte sich

ihm eine neue Tatsache. Neben den scheinbaren, nur durch die Präzession bewirkten Verschiebungen der Sterne am Himmel schienen auch reelle vorhanden sein, die er deren Eigenbewegungen nannte. Nur bei einigen Sternen, bei denen sie ganz ansehnliche Beträge erreichten, konnte er sie konstatieren. Sie betragen für den ganzen Zeitraum von 2000 Jahren.

beim Aldebaran	$\frac{1}{5}$ Mondbreiten, d. i. etwa	6'
.. Sirius	1 $\frac{1}{2}$	45
.. Arkturus	2 $\frac{3}{4}$	80

Durch diese Entdeckung war der Anstoss zu neuen Beobachtungen gegeben und die Folgezeit bemächtigte sich auch mit Eifer der zu lösenden Aufgabe. Bald bildeten die möglichst genaue Bestimmung der Positionen der Sterne am Himmel, ihrer Rektaszension und Deklination, damit in Verbindung die Anlage neuer Sternkataloge, ihr Vergleich mit Sternkatalogen älteren Datums, die daraus sich zunächst ergebende Fixierung der Präzession und dann erst die Bestimmung der Eigenbewegungen der Sterne als der nach Berücksichtigung der Präzession noch übrig bleibenden Reste zwischen den Messungsergebnissen jüngerer und älterer Zeit — das Arbeitsprogramm der meisten Sternwarten bis in die neueste Zeit. Im Jahre 1760 konnte schon Tobias Mayer in Göttingen eine genauere Berechnung der Eigenbewegungen einer grösseren Zahl von Sternen durchführen, durch einen Vergleich seiner eigenen Beobachtungen mit denen von Olaf Römer in Paris, die aus dem Jahre 1710 datieren. Auf Tobias Mayer folgten sodann Bradley und Maskelyne in Greenwich, Piazzini in Palermo, Lacaille am Kap, Argelander in Äbo, Bessel in Königsberg u. v. a. Die Zahl der aus diesen Beobachtungen bekanntgewordenen Eigenbewegungen von Sternen wuchs damit recht bedeutend an. Durch die grosse astronomische Gesellschaft in Leipzig wurde im Jahre 1868 durch die Teilung des Himmels in nach engen Deklinationsstreifen geordnete Zonen in internationaler Richtung eine Teilung des ganzen Arbeitsprogramms eingeleitet. Der auf Grund dieser Teilung von verschiedenen Sternwarten aus Neubeobachtungen von Sternen angelegte Sternkatalog ist für den nördlichen Himmel fast vollendet und nähert sich auch für den südlichen Himmel seiner Vollendung. Die Wiederholung dieser Arbeit nach einigen Jahrzehnten wird die Hauptgrundlage bilden, die künftigen Forschern eine vollkommene Beantwortung der Frage nach der Grösse der Eigenbewegungen ermöglichen dürfte, als es noch heute der Fall ist. Sie wird nach dieser Zeit den Astronomen zur Kenntnis der Eigenbewegungen von 150.000 Sternen verhelfen. Noch weiter reicht das Unternehmen der internationalen Kommission in Paris. Der von ihr begonnene photographische Sternkatalog,

an dem auch schon viele Sternwarten arbeiten, soll die Positionen aller Sterne bis zur 11. Grösse, gemessen auf photographischem Wege, enthalten und seine Wiederholung nach einem grösseren Zeitraum wird die Astronomen die Eigenbewegungen von mehr als 500.000 Sternen erkennen lassen. Heute sind erst die Eigenbewegungen von etwa 10.000 Sternen bekannt. Wohl eine viel zu kleine Zahl, um aus ihnen Schlüsse von grosser Allgemeinheit und ebensolcher Genauigkeit über die Gesetze derselben zu ziehen.

Die Grösse der Eigenbewegung ist für die einzelnen Sterne sehr verschieden. Die grösste Eigenbewegung zeigt der Stern 8. Grösse Nr. 243 aus dem Sternkatalog der Sternwarte in Cordoba. Sie beträgt $8.72''$ im Jahre, denen in 1000 Jahren eine Verschiebung des Sternes am Himmel um 4 Mondbreiten entspricht. Eine fast ebenso grosse Eigenbewegung von $7.04''$ im Jahre zeigt der Stern, 6.5 Grösse, Nr. 1830 des Groombridge-Kataloges. Von hellen Sternen haben grosse Eigenbewegungen: α Centauri von $3.7''$, d. i. etwa 2 Mondbreiten in 1000 Jahren, ferner wie schon Halley gefunden, Arkturus und Sirius. Dagegen zeigen die Orionsterne, dann Spica, Antares Eigenbewegungen, die viel kleiner sind als $0.1''$, die daher selbst in 1000 Jahren noch keine merkliche Verschiebung ihrer Orte am Himmel bedingen. Die Änderungen, die durch die Eigenbewegungen der Sterne im Anblick des gestirnten Himmels verursacht werden, sind sehr gering, dem unbewaffneten Auge fast garnicht merklich und die Gefahr, dass der Himmel mit den bekannten, uns vertrauten Sternbildern, wie dem des Grossen Bären, des Orion, der Kassiopeja bald ein anderes Aussehen haben, die Sternbilder ganz andere Gestalten annehmen werden, ist daher zunächst keine grosse. Nicht 1000, auch nicht 10.000, sondern wohl 100.000 von Jahren werden verlaufen, ehe unsere Nachkommen ganz veränderte Sterngruppierungen am Himmel wahrnehmen werden.

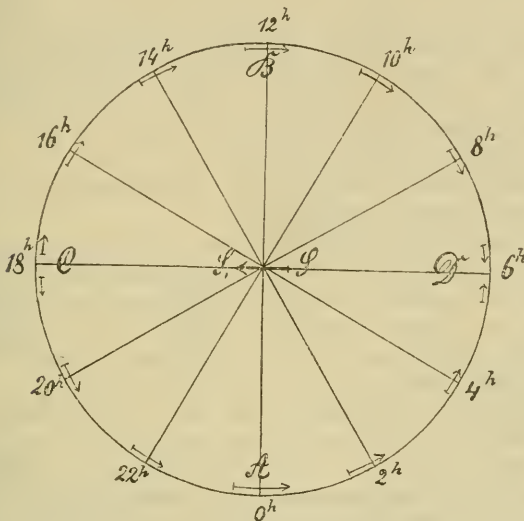
Die Entdeckung der zweiten Art der Eigenbewegung der Sterne, ihrer aus spektroskopischen Beobachtungen durch Messung der Linienverschiebung in ihrem Spektrum abgeleiteten Radialgeschwindigkeit, gehört der neueren Zeit an. Huggins war im Jahre 1867 der erste, der solche Messungen ausführte. Seine Resultate waren jedoch noch sehr unsicher und wenig Vertrauen erweckend. Erst die fundamentalen Arbeiten Vogels in Potsdam seit dem Jahre 1887 führten auf Werte, die sich durch grosse innere Übereinstimmung auszeichnen. Ihre Genauigkeit kann bis auf 1 km für die angenommene Zeiteinheit, eine Sekunde, angesetzt werden. Aber die Zahl der Sterne, deren Bewegung in der Art untersucht wurde, ist eine sehr

geringe. Sie beträgt kaum einige Hundert. Die Grösse der Bewegung ist auch hier für die einzelnen Sterne sehr verschieden. Der Stern Nr. 1830 des Groombridge-Kataloges zeigt eine Geschwindigkeit von $+55 \text{ km}$ in der Sekunde, Arkturus von -5 km , Aldebaran von $+55 \text{ km}$, Sirius von -7 u. a. Hierbei bedeutet das Zeichen $-$ eine Annäherung, das Zeichen $+$ eine Entfernung von der Sonne.

Aus den wenigen mitgeteilten Angaben über die Grösse der Eigen- und Radialbewegungen einzelner Sterne folgt, dass ein Zusammenhang zwischen der Helligkeit eines Sternes und der Grösse seiner Bewegung nicht zu bestehen scheint. Es gibt helle Sterne von grosser Eigenbewegung wie Arkturus, Sirius, und wieder helle mit sehr kleiner, wie die Orionsterne, ebenso auch schwächere Sterne 6., 7. bis 8. Grösse von grosser Bewegung, während sonst die grösste Zahl dieser Sterne eine kaum merkbare Eigenbewegung zeigt. Ebensowenig lässt sich über die Bahn der Sterne am Himmel etwas bestimmtes aussagen. Denn selbst, wenn die Sterne sich in geschlossenen Bahnen bewegen würden, müssten diese fast unermesslich sein. Eine einfache Rechnung zeigt dies. Einer Eigenbewegung von $7.2''$ im Jahre, die fast zu der grössten heute bekannten gehört, entspricht in 1000 Jahren ein am Himmel zurückgelegter Bogen von $7200'' = 2'$ und dies würde sagen, dass der Stern in $360:2 = 180$ Jahrtausenden am Himmel einen vollen Umlauf zurücklegen würde. Selbst für diesen Stern mit der grössten konstatierten Eigenbewegung wäre die seit Halley 1710 bis heute 1910 am Himmel durchlaufene Strecke erst $24'$, so klein, dass sie kaum eine Spur einer Krümmung zeigen würde. Noch weniger natürlich für die grössere Anzahl der Sterne, deren Eigenbewegung kaum $0.1''$ im Jahre und deren Umlaufszeit am Himmel daher nach Millionen von Jahren zählt.

§ 2. Tobias Mayer in Göttingen, dann der berühmte Lambert in Berlin sprachen 1760 als erste den Gedanken aus, dass die Eigenbewegungen der Sterne nur zum Teile reell, zum Teile aber bloss scheinbar und zwar perspektivische Wirkungen einer fortschreitenden Bewegung der Sonne im Raume seien. In späteren Jahren bei genauerer Kenntnis der Eigenbewegungen einer grösseren Zahl von Sternen, meinten sie, werde es möglich sein, beide Bewegungen von einander zu trennen und dann die Richtung, oder wie die Astronomen sagen, den Apex, anzugeben, gegen den sich die Sonne hinbewegt. Kaum 25 Jahre nachher, im Jahre 1783, löste bereits Herschel die sich an diesen Gedanken anschliessende Aufgabe nach einem Verfahren, gegen dessen Richtigkeit und Exaktheit erst in jüngster Zeit Zweifel erhoben wurden.

Das Verfahren ist das folgende: Es werde zuerst angenommen, dass alle Sterne im Raume ruhen und nur die Sonne sich bewegt. Findet dann ihre Bewegung, wie die nebenstehende Figur 1 es andeutet, von S gegen S' statt, so entspricht ihr an der scheinbaren Himmelskugel eine Bewegung der Sterne in entgegengesetzter Richtung. Jedoch nicht in allen Teilen des Himmels von gleicher Grösse, sondern in jenen, die der Bewegungsrichtung der Sonne parallel liegen, wie in den Punkten A und B wird sich die Bewegung der Sonne vollständig abspiegeln. Die dort befindlichen Sterne werden die grösste schein-



Figur 1.

bare Eigenbewegung zeigen. In den um 90° entfernten Punkten C und D dagegen wird die perspektivische Wirkung der Sonnenbewegung fast verschwinden. Aber in C, gegen welchen Punkt die Sonne sich hinbewegt, werden die Sterne auseinanderzugehen und in D wiederum, von welchem Punkte sich die Sonne entfernt, einander zu nähern scheinen. Darnach hat man, um den Apex der Sonnenbewegung zu finden, bloss die Eigenbewegungen der Sterne nach ihrem absoluten Betrage zu ordnen und sodann die Punkte A, B, C und D aufzusuchen. Die Punkte A und B liegen dort, wo die Eigenbewegungen am grössten, die Punkte C und D dort, wo sie am kleinsten, d. h. gleich Null sind.

Aus dem neuen Groombridge-Katalog der Greenwich Sternwarte und dem dort niedergelegten Material an Eigenbewegungen von etwa 4000 Sternen berechnete ich für die einzelnen Doppelstunden der Rektaszension die folgenden Mittel der Eigenbewegungen (enthalten in der 2. Kolonne)

AR: 0 ^h + 0·09" + 0·13"	AR: 12 ^h — 0·17" — 0·13
2 + 0·07 + 0·11	14 — 0·18 — 0·14
4 + 0·07 + 0·11	16 — 0·09 — 0·05
6 — 0·03 + 0·01	18 — 0·03 + 0·01
8 — 0·13 — 0·09	20 + 0·04 + 0·08
10 — 0·21 — 0·17	22 + 0·08 + 0·12

Nimmt man aus diesen Zahlen wieder das Mittel, es beträgt $-0·04''$ und fügt es zu den Zahlen der 2. Kolonne mit umgekehrtem Zeichen hinzu, so erhält man die scheinbaren Bewegungen der Sterne (enthalten in der 3. Kolonne), wie sie bloss durch die Bewegung der Sonne hervorgerufen werden. Und diese Zahlen zeigen an, wo die Punkte A, B, C und D zu suchen sind. Es liegt A in 0^h, B in 12^h, C in 18^h und D in 6^h Rektaszension. Der Apex der Sonnenbewegung läge demnach in 18^h = 270° Rektaszension.

Führt man diese Rechnung oder Zeichnung, nicht wie es die Figur andeutet, bloss in der einen Koordinate der Rektaszension durch, sondern für beide Rektaszension und Deklination, dann aber auf einer Kugelfläche oder einem Globus oder in irgend einer Projektion, so erhält man auch beide Koordinaten des Apex, seine Rektaszension und Deklination.

Aber dieses Verfahren ist nur unter der Annahme richtig, dass die Sterne am Himmel feststehen und nur die Sonne sich bewegt. Indes ist klar, dass diese Annahme weder gerechtfertigt noch auch wahrscheinlich ist. Vielmehr muss wohl auch den Sternen eine Bewegung zugeschrieben werden, so dass die beobachteten Eigenbewegungen derselben die Resultierenden zweier Komponenten sind, 1. ihrer eigenen oder Spezialbewegung und 2. der perspektivischen Wirkung der Bewegung der Sonne. Macht man diese wahrscheinlichere Annahme, so wird das Bild, das die Zeichnung von den Bewegungen der Sterne liefert, ein komplizierteres. Zu jeder durch den Pfeil angedeuteten Bewegung eines Sternes kommt dessen Spezialbewegung hinzu, die an verschiedenen Orten des Himmels sehr verschieden sein kann und damit die Gesetzmässigkeit der Erscheinung, die sonst so klar hervortritt, verdeckt. Erst dadurch, dass man in jede nach den Rektaszensionsstunden geordnete Gruppe von Sternen, eine sehr grosse Zahl derselben einbezieht, kann man es erzielen, dass sich im Mittel die Spezialbewegungen aufheben und wieder nur die reine perspektivische Wirkung der Sonnenbewegung

hervortritt. Doch ist dies nur dann möglich, wenn in den Spezialbewegungen kein spezielles Gesetz vorherrscht, d. h. wenn sich die einzelnen Sterne ganz unabhängig von einander bewegen, wie ein „ungeordnetes und ohne jede Absicht zerstreutes Gewimmel“. Nur unter dieser Annahme einer vollständigen Gesetzlosigkeit in den Spezialbewegungen der Sterne ist es denkbar, dass sich im Mittel bei einer grossen Zahl derselben deren Einfluss kompensiert, und es so ausschaut, als ob die Sonne allein eine Bewegung im Raume habe. Diese Annahme bildet daher die Grundvorstellung, von der alle Rechner ausgingen, die es bisher versuchten, den Apex der Sonnenbewegung zu bestimmen.

Von den Resultaten, zu denen einige Rechner kamen, seien hier einige mitgeteilt. Es fanden:

1783 Herschel	AR. = 260 ^o	Dekl. = +26 ^o , d. i. ein Ort am Himmel, in dessen Nähe sich der Stern α Herkulis befindet, und daher der vielfach zitierte Satz: die Bewegung der Sonne ist nach dem Sternbilde des Herkules gerichtet.
1837 Argelander	AR. = 260	Dekl. = +32
1859 Airy	261	+25
1900 Poster	281	+41
1905 Newcoml	280	+35 nur 4 ^o vom Stern Wega in dem Sternbilde der Leier entfernt.
1906 Kobold	270	0 ^o .

§ 3. Vorerst begnügte man sich mit der erzielten Genauigkeit, indem man dachte, dass bei der Kleinheit der Eigenbewegungen und damit in Verbindung ihren grösseren Fehlern überhaupt keine grössere Exaktheit zu erzielen sei. Doch bald begannen auch Zweifel an der Richtigkeit der Grundhypothese von der Gesetzlosigkeit der Spezialbewegungen der Sterne sich zu erheben und die neueste Forschung wandte sich gerade dieser Frage zu. Den Astronomen Kapteyn in Groningen und Kobold in Kiel verdankt die Astronomie die eingehendsten Untersuchungen in dieser Richtung, die zu einer ganz neuen Vorstellung über die Eigenbewegungen der Sterne, ihre Gesetze und über die Konstitution des ganzen Fixsternsystems führten.

Schon Bessel, dann Mädler war es bekannt, dass am Himmel Gruppen von Sternen vorkommen, die eine gemeinschaftliche Bewegung im Raume haben. Die berühmteste ist die Gruppe des Grossen Bären. Fünf von den sieben Sternen dieses Stern-

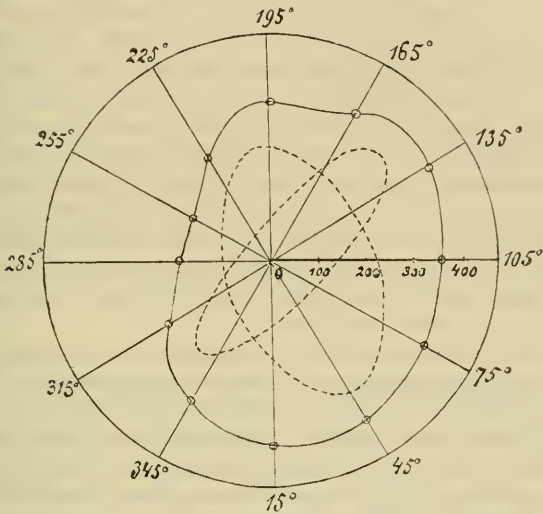
bildes bewegen sich fast parallel zu einander und scheinen so eine einheitliche zusammengehörige Sternfamilie zu bilden. In gleicher Art verlaufen die Eigenbewegungen der Sterne in dem Sternhaufen der Plejaden fast parallel zu einander. Ebenso die der Hyaden, doch bei diesen mit Ausnahme des in ihrer Nähe stehenden Sternes γ . Grösse, des Aldebaran. Eine ähnliche Familie bilden einige Sterne aus dem Sternbilde der Kassiopeja. Anfangs schenkte man dieser Erscheinung wenig Beachtung. Man betrachtete solche Fälle als seltsame Ausnahmen von der allgemeinen Regel, dass den Spezialbewegungen der Sterne kein systematischer Charakter zukomme. Erst Kapteyn und Kobold wiesen nach, dass sich gerade in diesen Fällen die Spuren des die Spezialbewegungen der Sterne im ganzen All beherrschenden Gesetzes offenbaren und ihnen daher eine wichtige Rolle in allen zukünftigen Untersuchungen über die Bewegungen der Sterne zuzuschreiben sei.

Als Resultat seiner Studien findet Kobold, dass unter den Spezialbewegungen der Sterne zwei Richtungen vorherrschen, die beide der Bewegung der Sonne parallel laufen, die eine mit ihr fast gleich-, die andere entgegengesetzt gerichtet. Neben diesen zwei Hauptbewegungen treten aber noch weitere Gruppen paralleler anders gerichteter Bewegungen auf, ja einige sogar senkrecht zur Milchstrasse. Kobold gelangte zu diesem Ergebnis durch Einzeichnen der Pole der Eigenbewegung in hiezu geeignete Sternkarten.

Kapteyns Verfahren ist ein anderes. Er ordnet die Sterne von bekannter Eigenbewegung nach der Richtung derselben. Wäre das Gesetz von der Willkürlichkeit der Spezialbewegungen richtig, so müssten, wie sich aus der Fig. 1 ergibt im Punkte C, von dem sich die Sterne zu entfernen scheinen, die kleinste Zahl, im Punkte D dagegen, gegen den sich die Sterne hinbewegen, eine Anhäufung von Sternen auftreten. Eine solche Gruppierung der Sterne nach der Richtung ihrer Eigenbewegung müsste also ein Maximum und ein Minimum der Sternzahlen aufweisen und aus der Lage beider liesse sich wieder die Richtung des Apex der Sonnenbewegung ableiten. Tatsächliche Abzählungen von Sternen belehrten jedoch Kapteyn, dass dies nicht der Fall ist. Es traten vielmehr 2 Maxima und 2 Minima auf, so als ob das ganze Heer der Sterne aus zwei Schwärmen bestehe, die sich gegenseitig durchdringen und unabhängig von einander bewegen. In der folgenden Tabelle, die nach einer von mir durchgeführten Abzählung von Sternen aus dem neuen Groombridge-Kataloge der Greenwicher Sternwarte angelegt ist, drückt sich diese eigentümliche Verteilung der Sterne sehr deutlich aus.

Richtung der Eigenbewegung	Zahl der Sterne	Richtung der Eigenbewegung	Zahl der Sterne
15°	392	195°	325
45	392	225	233
75	362	255	187
105	348	285	192
135	383	315	241
165	346	345	319

noch deutlicher durch das nach den Zahlen in dieser Tabelle angelegte Bild (Fig. 2). Die da entstehende ganz unregelmässige Figur (angedeutet durch den vollen Linienzug) macht



Figur 2.

ganz den Eindruck, als ob sie sich aus 2 regelmässigen Ellipsen zusammensetzen würde (in der Figur durch die punktierten Linien angedeutet) derart, dass die unregelmässige Verteilung der Sterne nichts anderes ist, als die Summe zweier regelmässigen.

Eine rechnerische Untersuchung der Bewegungsrichtungen beider Schwärme lieferte:

I. Schwarm $AR = 90^\circ$ Decl. = -17°

II. „ $AR = 290^\circ$ „ = -62°

aus ihnen die Bewegungsrichtung der Sonne, relativ gegen jenen Punkt, um den sich beide Sternenschwärme symmetrisch gruppieren (Schwerpunkt)

$AR = 267^\circ$ Decl. = $+33^\circ$.

Erst diese Angabe fällt, wie man sieht, mit der Bewegungsrichtung zusammen, die der älteren Definition des Apex der Sonnenbewegung entspricht.

Ein ganz neues und eigentümliches Bild über die Konstitution des ganzen Fixsternsystems, zu dem die Astronomen auf Grund der neu gewonnenen Erfahrungstatsachen gelangten, ein Bild, das nicht mehr von der Einheitlichkeit desselben spricht, sondern es in einzelne Sternschwärme auflöst, die unabhängig von einander ihre Bewegungen im Raume ausführen und in diesen Bewegungen spezielle Richtungen bevorzugen, so etwa, wie wenn ein Heer in mehrere Züge sich teilen würde, die einzeln, unbekümmert um einander, ihre Strassen einherziehen. Man kann nicht sagen, dass dieses Bild anmutend wirkt. Nur ungern vermischen wir in ihm die althergebrachte und uns liebgewordene Idee von der Einheitlichkeit des ganzen Heeres glitzernder Sterne. Es mag diese Idee vielleicht mehr vom Standpunkt einer teleologischen als einer rein auf einer kausalen Erklärung der Erscheinungen basierenden Weltanschauung gerechtfertigt sein. Indes lässt sich noch eine andere Hypothese aufstellen, die relativ einfacher ist, als die vorerwähnte Kapteyn-Koboldische, den Gedanken von der Einheitlichkeit des ganzen Milchstrassensystems wieder rettet und daher vielleicht aus beiden Gründen den Vorzug vor jener verdient.

§ 4. Die neue Hypothese knüpft an eine Analogie an, die zwischen der Bewegung der Fixsterne einerseits und den Bewegungen der kleinen Planeten andererseits, wie wir sie von der Erde aus beobachten, besteht. Sie weist nach, dass die Gesetzmässigkeiten, die in den Spezialbewegungen der Fixsterne konstatiert wurden und da zur Auflösung des ganzen Systems in einzelne Schwärme mit gewissen von ihnen mit Vorliebe begangenen Heerstrassen führten, den gleichen systematischen Charakter zeigen, wie jene, die sich im geozentrischen Laufe des Systems kleiner Planeten vorfinden, die, wie bekannt, zwischen Jupiter und Mars ihre elliptischen Bahnen um die Sonne beschreiben. Ebensovienig wie dieses System in einzelne Teilgruppen zerfällt, wie es in ihm Heerstrassen gibt, auf denen diese Teilchwärme einherziehen, ebensovienig gibt es im System der Fixsterne einzelne Sternzüge und von ihnen bevorzugte Bahnen. Vielmehr treten diese nur scheinbar auf und sind dadurch bedingt, dass wir die Bewegungen der Fixsterne nicht von ihrem Zentrum aus, um das sie stattfinden, sondern von einem Standpunkt aus beobachten, der seitlich liegt und an dieser Bewegung selbst teilnimmt.

Kurz, die neue Theorie sagt aus, dass das gesamte Heer der Fixsterne ein Zentralkräften unterworfenen System ist, in

welchem sich vielleicht in vollständiger Analogie mit dem System der Planeten, die sich um die Sonne scharen, die einzelnen Glieder in geschlossenen Bahnen um ein wirklich vorhandenes Zentrum oder einen bloss idealen Zentralpunkt oder auch in spiralförmig sich erweiternden Ästen, die von einem Zentrum ausstrahlen, bewegen. Ein völlig einwandfreier Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung kann heute natürlich noch nicht erbracht werden. Immerhin mag auf einen Ausspruch Kants hingewiesen werden, der lautet: Mutmassungen, in denen Analogie und Beobachtungen so vollkommen übereinstimmen und einander unterstützen, haben die gleiche Würdigkeit wie förmliche Beweise.

Den streng mathematischen Beweis für das Zutreffen dieser Analogie hier vorzubringen, ist unmöglich. Es sei nur auf einige sie beleuchtende Daten aufmerksam gemacht. Sie beziehen sich sowohl auf einfache statistische Abzählungen der Planeten in den einzelnen helio-, wie geozentrischen Rektaszensionsstunden genau nach Art der Kapteynschen Zählungen der Sterne von bestimmter Richtung der Eigenbewegung, wie auch auf die Grösse der Eigenbewegungen nach Art der pag. 189 angeführten Tafel, die die mittleren Eigenbewegungen der Sterne aus dem Sternkatalog von Groombridge, nach Rektaszensionsstunden geordnet, wiedergibt.

Dem Berliner astronomischen Jahrbuch für das Jahr 1890, das noch die Jahresephemeriden der kleinen Planeten für das Jahr 1888, an Zahl damals 265, enthält (seitdem werden dieselben nicht mehr veröffentlicht), entnahm ich die Zahlen der Planeten, wie sie sich während des Intervalls 1888, Januar 7 bis Januar 27 in ihrem geozentrischen Lauf nach der Rektaszension gruppieren. Diese Zahlen vereinigte ich von je drei zu drei Stunden in Mittel und erhielt so:

AR. 0 ^h — 3 ^h	Zahl der Pl. = 34	AR. 12 ^h — 15 ^h	Zahl der Pl. = 64
3 — 6	17	15 — 18	31
6 — 9	16	18 — 21	41
9 — 12	30	21 — 24	32
Summe = 265,			

während die entsprechenden Zahlen in der Gruppierung der Planeten in ihrer heliozentrischen Bewegung nur zwischen 31—35 hin und her schwanken.

Eine graphische Darstellung der Zahlen dieser Tabelle, angelegt analog der Zeichnung pag. 189 führt auf eine ganz unregelmässige Figur, welche wie dort den Eindruck hervorruft, als ob sie sich aus zwei regelmässigen zusammensetzen und so der Schwarm der Planeten aus zwei oder mehreren Einzelschwärmen, jeder mit seiner besonderen Bewegungsrichtung be-

stehen würde. Allein hier ist die Sachlage klar zu übersehen. Sie ist mathematisch darstellbar und die mathematische Entwicklung führt zu einem ganz anderen Ergebnis. Darnach ist die geozentrische Verteilung der Planeten jedenfalls eine ungleichmässige, selbst dann, wenn ihre heliozentrische, wie dies tatsächlich der Fall ist, als eine gleichförmige angenommen wird. Doch zerfällt sie nicht in einzelne Schwärme mit verschiedenen und von einander unabhängigen Bahnrichtungen, sondern in einzelne Gruppen, denen nur eine Bewegungsrichtung zukommt, nämlich die der Erde für jenen Tag, für den die betreffenden Daten den Ephemeriden entnommen wurden, d. i. für die Mitte des Intervalls, Januar 7—27.

Mathematisch ausgedrückt, sagt dies: die Zahl der Planeten, sie sei mit N bezeichnet, löst sich in die Fouriersche Reihe $N = n_0 + n_1 \cos(\alpha - E) + n_2 \cos 2(\alpha - E) + n_3 \cos 3(\alpha - E) + \dots$ auf, in welcher n_0, n_1, n_2, \dots konstante Koeffizienten, α die geozentrische Rektaszension und E die Bewegungsrichtung der Erde bedeutet, während im Sinne der Zweischwarmhypothese Kapteyns

$N = n_0 + n_1 \cos(\alpha - E_1) + n_2 \cos(2\alpha - E_2) + n_3 \cos(3\alpha - E_3) + \dots$ sein müsste, wo E_1, E_2, E_3, \dots verschiedene und von einander unabhängige Winkelwerte bedeuten, die eben die von den einzelnen Sternschwärmen bevorzugten Strassen ihrer Richtung nach kennzeichnen.

Genau zu dem gleichen Ergebnis kommt man auch durch den Vergleich einer Tafel der Eigenbewegungen der Planeten, wieder aus ihrem geozentrischen Lauf um die Sonne abgeleitet in voller Analogie mit der pag. 186 mitgeteilten Tafel der Eigenbewegungen der Fixsterne. Dem Berliner Jahrbuch entnahm ich für das gleiche Intervall wie vorher, Januar 7—27 die geozentrischen Geschwindigkeiten der Planeten ($\Delta\alpha$), vereinigte sie in Mittel von je 2 zu 2 Rektaszensionsstunden und fand:

AR. 23 ^h — 1 ^h Eigbwg. = + 26.67m	AR. 11 ^h — 13 ^h Eigbwg. = + 4.87m
1 — 3 + 16.65	13 — 15 + 16.12
3 — 5 + 0.25	15 — 17 + 25.29
5 — 7 — 11.04	17 — 19 + 33.90
7 — 9 — 17.68	19 — 21 + 33.79
9 — 11 — 10.75	21 — 23 + 28.73

Die mathematische Theorie verlangt, dass die aus diesen Zahlen folgende Fouriersche Entwicklung die Form

$n_0 + n_1 \cos(\alpha - E) + n_2 \cos 2(\alpha - E) + n_3 \cos 3(\alpha - E) + \dots$
 hat. In der Tat erhält man
 + 12.27 + 24.73 $\cos(\alpha - 297.9^\circ)$ + 4.17 $\cos(2\alpha - 68.8^\circ)$
 + 1.21 $\cos(3\alpha - 124.6^\circ)$ + . . .

und damit die gesuchte Form resultiere, müssen die Winkelgrößen E , berechnet aus jedem der drei Glieder der Reihe einander gleich sich ergeben. Es wird

$$\text{erstes Glied der Reihe} \quad E = 297.9''$$

$$\text{zweites " " " } 2 E = 68.8'' + 540'' \text{ daher } E = 304.4$$

$$\text{drittes " " " } 3 E = 124.6 + 720 \quad \text{" } E = 281.5$$

und man sieht, die Beziehung ist näherungsweise erfüllt.

Rechnet man ebenso aus der pag. 186 angeführten Tabelle der Eigenbewegungen der Sterne aus dem Sternkatalog von Groombridge die entsprechende Fouriersche Entwicklung, so folgt

$$-0.42'' + 1.49'' \cos(\alpha - 358.4'') + 0.20'' \cos(2\alpha - 136.6'')$$

$$+ 0.15 \cos(3\alpha - 204.3'') + \dots$$

Im Sinne der Zweischwarmhypothese kann man den Gliedern der Reihe die Deutung geben, als ob jedes einen Schwarm repräsentiere, dessen Bewegungsrichtung durch in ihm vorkommende Winkelgröße charakterisiert erscheint. In Analogie mit den Bewegungen der Planeten dagegen müssten die drei Winkelgrößen miteinander in folgendem einfachen Zusammenhang stehen. Es müssten:

$$\text{erste Winkelgröße} \quad E = 358.4''$$

$$\text{zweite " } 2 E = 136.6 + 540 \text{ daher } E = 338.3$$

$$\text{dritte " } 3 E = 204.3 + 900 \quad \text{" } E = 368.1$$

einander gleich sein und man erkennt, dass diese Bedingung mit demselben Grad der Genauigkeit erfüllt ist, wie oben im Falle der Reihe für die Bewegungen der Planeten. Beide Anschauungen, sowohl die, welche von den von einzelnen Sternzügen bevorzugten Bewegungsrichtungen, wie jene, welche die Bewegungen der Fixsterne mit denen des Schwarmes der kleinen Planeten in Analogie bringt, stehen damit gleichberechtigt einander gegenüber. Beide stellen die Beobachtungstatsachen mit gleichem Genauigkeitsgrade dar und die Frage, welcher von ihnen der Vorzug vor der anderen zu geben ist, kann gegenwärtig noch nicht entschieden werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Lotos - Zeitschrift fuer Naturwissenschaften](#)

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: [59](#)

Autor(en)/Author(s): Oppenheim Samuel

Artikel/Article: [Die Eigenbewegungen der Fixsterne 181-193](#)