

# Über die Bewegungen der Sterne im Raume.

Von

**Dr. S. Oppenheim.**

---

Vortrag, gehalten den 5. März 1919.

Mit 8 Figuren im Texte.



1. Es ist eine der idealsten Aufgaben der Astronomie, eine Geschichte des Himmels zu entwerfen, in dem Sinne, daß sie uns alle Veränderungen erkennen lasse, die sich am Himmel abgespielt haben und abspielen können, und uns damit ein Bild gebe von dem Zustande des Himmels, wie er in der Vergangenheit war und in Zukunft sein wird. Man weiß aber, daß es zwischen den Sternen am Himmel zwei wesentlich voneinander verschiedene Arten gibt, die einen, die scheinbar unverrückbar fest ihren Standort beibehalten, sie heißen Fixsterne, die anderen, die Planeten und die hie und da auch am Himmel auftauchenden Kometen, die sich zwischen den ersteren hin- und herbewegen und merkwürdig verschlungene Bahnen beschreiben. Die Aufgabe, die Gesetze aufzustellen und die Vorschriften zu geben, nach denen deren Bewegungen, wie man sie von der Erde aus wahrnimmt, berechnet werden können, bildet einen Teil der theoretischen Astronomie. Sie wird gelöst auf Grundlage eines Gesetzes, das in seiner vollsten Allgemeinheit von Newton aufgestellt wurde und sich bis heute so glänzend bewährte, daß es uns fast bis auf ein Jahrtausend hinaus von allen Veränderungen in den gegenseitigen Stellungen dieser

Körper zueinander und zu den Fixsternen bis auf sehr geringe Abweichungen Rechenschaft gibt. In diesem Sinne also, was die Bewegungen der Planeten anlangt, ist eine Geschichte des Himmels selbst für diese geraume Spanne Zeit voll gesichert.

Eine der schönsten und weittragendsten Entdeckungen der Neuzeit brachte aber den Nachweis, daß auch zwischen den Fixsternen am Himmel Bewegungen stattfinden können und stattfinden. Nach zwei Richtungen haben sie sich bisher den beobachtenden Astronomen verraten, einmal darin, wie sie sich auf die scheinbare Himmelskugel projizieren und als äußerst kleine Verschiebungen ihres Ortes am Himmel äußern, und sodann in in ihrem Spektrum wahrnehmbaren Linienverschiebungen und daraus zu berechnenden Geschwindigkeiten in der Richtung der Sehstrahlen vom Beobachter weg oder zu ihm hin. Die Entdeckung der ersteren verdankt die Astronomie dem berühmten Halley, dessen Name durch die Erinnerung an das Wiedererscheinen des ihm zu Ehren benannten großen Kometen im Jahre 1910 nach 75-jähriger Abwesenheit heute fast allen Menschen geläufig ist. Doch vorbereitet war gerade diese Entdeckung schon von altersher. Bereits in den ältesten Zeiten der menschlichen Kultur dachte man, wie die Geschichte der Astronomie uns erzählt, daran, den Anblick des nächtlichen Himmels mit seiner Unzahl glitzernder Sterne und dem schimmernden Kranz der Milchstraße irgendwie festzuhalten, um durch Wieder-

holung der hiezu notwendigen Beobachtungen in einem späteren Zeitmomente etwaige Veränderungen in diesem Anblicke konstatieren zu können. Die beiden Griechen Aristyll und Timocharis waren die ersten, die diese Bestrebungen verwirklichten durch Herstellung des ersten Stern- oder Himmelsglobus. Ihnen folgte Hipparch durch Anlegen des ersten Sternkataloges, das ist eines Verzeichnisses, in dem alle mit freiem Auge sichtbaren Sterne, an Zahl 1024, nach ihrer Lage am Himmel, in Länge und Breite, sowie nach ihrer Größe oder Helligkeit gegeben erscheinen. Wie Plinius uns in seiner *Historia naturalis* erzählt, soll Hipparch zu dieser Arbeit durch das Aufflammen eines neuen Sternes am Himmel angeregt worden sein und damit die Absicht verfolgt haben, daß, sowie er ein solches bedeutungsvolles Ereignis erlebt habe, auch die kommenden Generationen Material hätten zur Ermittlung etwaiger neuer und weiterer Änderungen im Anblicke des Sternenhimmels.

Als Hipparch die Resultate seiner Aufzeichnungen mit denen seiner Vorgänger verglich, zeigte sich ihm eine merkwürdige Tatsache. Alle Sterne wiesen eine Verschiebung ihres Ortes am Himmel auf, etwa im Betrage von  $1\frac{1}{2}^{\circ}$ , aber nur in Länge, ohne gleichzeitige Änderung ihrer Breite. Hipparch gab sofort für diese Tatsache die richtige Erklärung durch die Annahme, daß die Sterne nach wie vor fest am Himmel stehen, die beobachtete Änderung ihrer Lage nur eine scheinbare sei, hervorgerufen durch eine Verschiebung

des Frühlingspunktes als des Anfangspunktes, von dem aus die Zählung der Längen stattfindet. Er nannte diese Erscheinung die Präzession und stellt ihre Größe zu  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  für den Zeitraum von 150 Jahren, der zwischen seiner Tätigkeit und der seiner Vorgänger Aristyll und Timocharis lag, oder zu  $36''$  in einem Jahre fest, während neuere Beobachtungen für sie einen Wert von  $51''$  für ein Jahr ergeben.

2. Diesem ersten Versuche des Entwurfes eines Sternkataloges durch Hipparch folgten andere erst nach sehr langer Zeit. Ein berühmter ist der des Al Sufi in Bagdad aus dem Jahre 940 n. Chr. Er zeichnet sich besonders durch eine von Hipparch und Ptolemäus unabhängig durchgeführte Größenbestimmung der Sterne aus. Von großem Werte ist ferner das Sternverzeichnis von 1000 Sternen des Tycho Brahe für das Jahr 1600, dieses wieder wegen der Genauigkeit in den Angaben des Ortes jedes einzelnen Sternes. Doch erst die Erfindung des Fernrohres, die um diese Zeit erfolgte, und seine Verwendung bei allen astronomischen Beobachtungen als Visiermittel zur Messung von kleinen Winkelunterschieden, die damit verbundene Vervollkommnung der Beobachtungskunst, alles Ereignisse, deren Wirkung auf die Astronomie sich in doppelter Richtung äußerte, einmal, indem sie die für die Sichtbarkeit der Sterne mit bloßem Auge vorher gegebenen Grenzen weitaus überschritten und damit die Zahl der dem nunmehr mit bewaffnetem Auge wahrnehmbaren Sterne bis fast ins Unendliche ansteigen ließen, dann

auch, indem sie die Genauigkeit der Ortsbestimmungen wesentlich erhöhten, riefen eine lebhaftere Tätigkeit der Astronomie hervor. Flamsteed, der erste Astronom der Sternwarte in Greenwich, legt ein Sternverzeichnis von 3000 Sternen an und ihm verdankt die Astronomie eine neue Entdeckung. Als nämlich Halley als Nachfolger Flamsteeds in Greenwich einige der von ihm angegebenen Sternorte mit denen Hipparchs verglich, zeigte sich zu seiner Überraschung, daß diese Orte keineswegs unveränderlich waren, sondern bei vielen, selbst wenn man die Präzession so genau als möglich in Rechnung zog, eine kleine Verschiebung übrig blieb, die darauf hinzuweisen schien, als ob diese Sterne innerhalb des Zeitraumes von fast 2000 Jahren, von Hipparch 150 v. Chr. bis Halley 1710 n. Chr., tatsächlich eine Bewegung am Himmel ausgeführt hätten. Diese Verschiebungen betragen:

für Arkturus	$2\frac{3}{4}$	Mondbreiten,	das ist etwa	$80'$
„ Sirius	$1\frac{1}{2}$	„	„	$45'$
„ Aldebaran	$\frac{1}{5}$	„	„	$6'$

Durch diese Entdeckung erwuchs den Astronomen eine neue Tätigkeit, darin bestehend, die Größe der jeden einzelnen Sterne zukommenden Eigenbewegung festzustellen. Zu ihrer Lösung war die Anlage neuer Sternkataloge erforderlich, denn erst aus zwei solchen Verzeichnissen, deren Beobachtungszeit zwei verschiedenen Epochen angehörte, konnte eine größere Genauigkeit und die wünschenswerte Sicherheit in der Kenntnis

der eigenen Bewegungen der Sterne erlangt werden. Die Ausführung der dazu notwendigen Beobachtungen wurde in der Folge in das Arbeitsprogramm der meisten Sternwarten aufgenommen.

Im Jahre 1760 konnte schon Tobias Mayer in Göttingen eine genauere Berechnung der Eigenbewegungen einer größeren Anzahl von Sternen vornehmen durch einen Vergleich eigener Beobachtungen mit den aus dem Jahre 1710 datierenden von Olaf Römer in Paris. Auf Tobias Mayer folgte Bradley in Greenwich, Piazzini in Neapel, Lalande in Paris, Bessel in Königsberg und Lacaille am Kap. Diese verschiedenen Sonderarbeiten und Bestrebungen suchte Bessel durch den Vorschlag einer international durchzuführenden Katalogisierung aller Sterne bis zur neunten Größe zu vereinheitlichen. Er selbst übernahm die Bearbeitung der Deklinationszone von  $+15^{\circ}$  bis  $-15^{\circ}$ , dann von  $+15^{\circ}$  bis  $+45^{\circ}$  und beobachtete in jeder an 32.000 Sterne in der Zeit von 1821 bis 1833. Doch erst im Jahre 1868 kam der Vorschlag Bessels zur Ausführung. In den Versammlungen der astronomischen Gesellschaft, 1867 in Bonn und 1869 in Wien, wurde das Programm zur Beobachtung aller Sterne bis zur neunten Größe zwischen den Deklinationen  $-2^{\circ}$  und  $+80^{\circ}$  festgelegt und an die einzelnen Sternwarten, die sich zur Übernahme bereit erklärten, zonenweise verteilt und später, 1886, auf die Sterne der südlichen Deklinationen von  $-2^{\circ}$  bis  $-23^{\circ}$  erweitert. Der auf Grund dieser Teilung angelegte Sternkatalog ist fast vollendet und die Wieder-



holung der zu seiner Fertigstellung notwendigen Arbeiten nach einigen Jahrzehnten wird die Hauptgrundlage bilden für eine vollkommener Beantwortung der Frage nach der Größe der Eigenbewegungen, als es noch heute möglich ist. Sie wird nach dieser Zeit den Astronomen zur Kenntnis der Eigenbewegungen von etwa 150.000 Sternen verhelfen. Noch weitergehend ist das Unternehmen der internationalen Pariser Kommission, die auf photographischem Wege an der Herstellung eines Sternkataloges arbeitet, der die Positionen aller Sterne bis zur elften Größe enthalten soll. Die Wiederholung der Arbeit nach 50 bis 100 Jahren wird zur Kenntnis der Eigenbewegungen von 500.000 Sternen führen. Gegenwärtig sind nur die Eigenbewegungen von etwa 10.000 Sternen bekannt. Wohl eine viel zu kleine Zahl, um aus ihnen nach statistischen Grundsätzen Schlüsse von einiger Genauigkeit über ihre Gesetze zu erlangen.

Die Entdeckung der zweiten Art der Eigenbewegungen, ihrer aus spektroskopischen Beobachtungen durch Messung der Linienverschiebungen im Spektrum abzuleitenden Radialbewegungen gehört ganz der neuen Zeit an. Huggins war 1867 der erste, der solche Messungen ausführte. Seine Resultate waren jedoch noch sehr unsicher und wenig vertrauenerweckend. Erst die fundamentalen Arbeiten Vogels in Potsdam seit 1887 führten auf Werte, die sich durch große innere Übereinstimmung auszeichnen. Ihre Genauigkeit ist auf etwa 1 km für die angenommene Zeiteinheit,

eine Sekunde, anzusetzen. Aber die Zahl der Sterne, deren Bewegung in der Art untersucht wurde, ist, da eine solche Beobachtung ziemlich lichtstarke Fernrohre erfordert, nur eine geringe. Sie beträgt nur wenig mehr als tausend.

3. Die Größe der Eigen- und Radialbewegung ist für die einzelnen Sterne sehr verschieden. Die größte, überhaupt bis heute am Himmel gefundene, zeigt der Stern 8<sup>m</sup> Nr. 243 aus dem Sternkatalog der Sternwarte in Cordoba. Sie beträgt 8".7 im Jahre, denen in 1000 Jahren eine Verschiebung des Sternes am Himmel um vier Mondbreiten entsprechen würde, und +240 km in der Sekunde in radialer Richtung, wobei das Zeichen + eine Entfernung von der Sonne bedeutet. Eine fast ebenso große Eigenbewegung von 7".04 im Jahre, aber -95 km in der Sekunde in der Richtung einer Annäherung an die Sonne zeigt der Stern von der Größe 6<sup>m</sup>5 Nr. 1830 aus dem Groombridge-Katalog. Von hellen Sternen zeigen größere Bewegungen:

Arkturus	2".3	im Jahre	und	- 5 km	in der Sekunde		
Sirius	1.3	"	"	- 7	"	"	"
Prokyon	1.3	"	"	- 5	"	"	"
Atair	0.7	"	"	- 33	"	"	"
Aldebaran	0.2	"	"	+ 55	"	"	"

Dagegen zeigen die Orionsterne, dann Spika, Antares Bewegungen, die kleiner sind als 0".1, die daher selbst in 1000 Jahren noch keine dem freien Auge merkbliche Verschiebung ihrer Orte am Himmel hervorrufen. Die

Gefahr, daß durch sie der Anblick des gestirnten Himmels mit allen uns bekannten und vertrauten Sterngruppen und Bildern, wie dem großen Bären, der Kassiopeja, dem Orion, sich ändern würde, ist daher eine geringe. Nicht 1000, auch noch nicht 10.000, sondern wohl erst 100.000 Jahre werden verlaufen müssen, ehe unsere Nachkommen wesentlich andere Sterngruppierungen am Himmel wahrnehmen werden.

Aus den wenigen mitgeteilten Angaben über die Größe der Sternbewegungen folgt, daß ein Zusammenhang zwischen der Helligkeit eines Sternes und seiner Bewegung nicht zu bestehen scheint. Es gibt helle Sterne mit großer Eigenbewegung und ebenso auch mit sehr kleiner, wiederum schwache von großer Bewegung, während sonst die größte Zahl dieser Sterne eine kaum merkbare Bewegung zeigt. Noch weniger läßt sich etwas Bestimmtes über die Bahnen aussagen, die die Sterne am Himmel beschreiben. Denn selbst wenn sie geschlossene wären, müßten sie fast unermesslich sein. Eine einfache Rechnung zeigt dies. Einer Eigenbewegung von  $7''.2$  im Jahre, die zu der größten heute am Himmel bekannten gehört, entspricht in 1000 Jahren ein am Himmel zurückgelegter Bogen von  $7200'' = 2^{\circ}$  und dies hieße, daß der Stern erst in  $360 : 2 = 180$  Jahrtausenden einen vollen Umlauf zurücklegen würde. Selbst für diesen Stern wäre die seit Halley 1710 bis heute 1910 am Himmel durchlaufene Strecke nur  $24'$  und diese ist so klein, daß sie kaum eine Spur einer Krümmung zeigen würde.

Noch weniger wird dies natürlich der Fall sein für jene Sterne, deren Eigenbewegung  $0''.1$  oder gar nur  $0''.01$  im Jahre zählt. Deren Umlaufszeit würde Millionen von Jahren betragen und es ist daher vorerst noch kein Grund für die Annahme vorhanden, daß die Sterne etwa wie die Planeten in ihrem Laufe um die Sonne ein System bilden, um dessen Zentrum sie geschlossene Bahnen beschreiben.

4. Weit mehr als dieser Gedanke einer Zentralsonne, die die Bewegung der anderen regeln sollte, war für die weitere Entwicklung der Lehre von den Eigenbewegungen der Sterne der Gedanke von entscheidendem Einflusse, daß diese Bewegungen nur zum Teile reell, zum großen Teile aber nur scheinbar, und zwar perspektivische Wirkungen einer fortschreitenden Bewegung der Sonne im Raume sind. Tobias Mayer in Göttingen, 1760, dann Lambert in Berlin sprachen als Erste diesen Gedanken aus, gleichzeitig mit der Hoffnung, daß es in späteren Jahren bei genauerer Kenntnis der Eigenbewegungen einer größeren Zahl von Sternen gelingen werde, beide Bewegungen voneinander zu trennen und damit die Richtung festzulegen, nach der sich die Sonne im Raume fortbewegt oder, wie hier die Astronomen sagen, den Zielpunkt (Apex) der Sonnenbewegung zu bestimmen. In der That, kaum 25 Jahre später, im Jahre 1783, löste William Herschel diese Aufgabe nach einer Methode, gegen deren Richtigkeit erst in jüngster Zeit Zweifel erhoben wurden.

Das Verfahren ist das folgende: Der Kreis in Figur 1 stelle die Himmelskugel vor,  $S$  die zentrale Lage in ihr und die Zahlenangaben bedeuten die Teilung in Rektaszensionsgrade. Vorerst werde angenommen, daß alle Sterne im Raume ruhen und nur die Sonne eine Bewegung hat. Findet sie in der Richtung von  $S$  nach  $S'$  statt, so entspricht ihr auf der scheinbaren Himmelskugel eine Bewegung der Sterne in entgegengesetzter Richtung. Jedoch nicht in allen Teilen des Himmels in gleicher Größe, sondern in jenen, die der Bewegungsrichtung der Sonne parallel liegen, wie in  $A$  und  $C$ , wird sich die Geschwindigkeit der Sonne ganz abspiegeln. Die dort befindlichen Sterne werden die größte scheinbare Eigenbewegung zeigen. In den um  $90^\circ$  entfernten Punkten  $B$  und  $D$  dagegen wird die perspektivische Wirkung der Sonnenbewegung fast verschwinden, also die Eigenbewegung der Sterne, die dort stehen, fast gleich Null sein. Aber in  $D$ , gegen welchen Punkt die Sonne sich hinbewegt, werden die Sterne auseinandergehen, in  $B$  wiederum, von welchem Punkte sich die Sonne entfernt, sich einander zu nähern scheinen. Danach hat man, um den Sonnenapex zu finden, die Eigenbewegungen der Sterne nach deren Rektaszension zu ordnen und sodann die Punkte  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  aufzusuchen.  $A$  und  $C$  liegen dort, wo die Eigenbewegungen der Sterne am größten,  $B$  und  $D$  da, wo sie am kleinsten, das heißt fast Null sind.

Dem großen, fast alle Sterne bis zur 6.5 Größe enthaltenden Katalog von Lewis Boss entnahm ich die

Eigenbewegungen von etwa 3000 Sternen in den Declinationsgrenzen von  $+30^{\circ}$  bis  $-30^{\circ}$ , bildete deren Mittelwerte über je  $30^{\circ}$  Rektaszension und erhielt damit die folgenden Zahlen (enthalten in der zweiten Kolonne):

<i>AR:</i>	$15^{\circ}$	$+0''033$	$+0''031$	<i>A</i>	$+ 6\cdot50$ km/sec	$+ 2\cdot98$ km/sec	<i>A</i>
	$45^{\circ}$	$+0\cdot051$	$+0\cdot049$		$+12\cdot46$	"	$+ 8\cdot94$ "
	$75^{\circ}$	$+0\cdot035$	$+0\cdot033$	<i>B</i>	$+16\cdot53$	"	$+13\cdot01$ "
	$-105^{\circ}$	$-0\cdot013$	$-0\cdot015$		$+17\cdot05$	"	$+13\cdot53$ "
	$135^{\circ}$	$-0\cdot037$	$-0\cdot039$		$+13\cdot88$	"	$+10\cdot36$ "
	$165^{\circ}$	$-0\cdot041$	$-0\cdot043$		$+ 7\cdot44$	"	$+ 3\cdot92$ "
	$195^{\circ}$	$-0\cdot050$	$-0\cdot052$	<i>C</i>	$- 0\cdot10$	"	$- 3\cdot62$ "
	$225^{\circ}$	$-0\cdot035$	$-0\cdot037$		$- 6\cdot16$	"	$- 9\cdot68$ "
	$255^{\circ}$	$-0\cdot019$	$-0\cdot021$	<i>D</i>	$- 9\cdot86$	"	$-13\cdot38$ "
	$285^{\circ}$	$+0\cdot016$	$+0\cdot014$		$- 9\cdot43$	"	$-12\cdot95$ "
	$315^{\circ}$	$+0\cdot033$	$+0\cdot031$		$- 6\cdot12$	"	$- 9\cdot64$ "
	$345^{\circ}$	$+0\cdot051$	$+0\cdot049$		$+ 0\cdot05$	"	$- 3\cdot47$ "

Das Mittel dieser Zahlen, es beträgt  $+0''002$ , stellt die Strecke  $SS'$  vor, das ist die Bewegung der Sonne, und wenn man es mit umgekehrten Zeichen zu den Zahlen der zweiten Kolonne hinzufügt, so erhält man die scheinbaren Bewegungen der Sterne (Zahlen der dritten Kolonne), wie sie eben einzig als perspektivische Wirkungen der Sonnenbewegung hervortreten. Und diese Zahlen zeigen nunmehr, wo die wo die Punkte *A*, *B*, *C* und *D* liegen; *A* etwa bei  $0^{\circ}$ , *C* bei  $180^{\circ}$ , *D* bei  $270^{\circ}$  und *B* bei  $90^{\circ}$  Rektaszension. Der Apex der Sonnenbewegung liegt demnach bei  $270^{\circ} = 18^h$  Rektaszension.

Führt man diese Rechnung oder Zeichnung nicht bloß in der einen Koordinate durch, sondern gleich-

zeitig in beiden, Rektaszension und Deklination, dann aber auf einem Globus, so erhalte man auch beide Koordinaten des Apex.

Auch in betreff der Radialbewegungen führt dieses Verfahren zum Ziele. Ich habe von etwa 1500 Sternen innerhalb derselben Deklinationsgrenzen von  $+30^{\circ}$  bis  $-30^{\circ}$ , deren Radialbewegungen aus den Mitteilungen verschiedener Sternwarten bekannt sind, herausgesucht und in gleicher Weise wie vorher für die Eigenbewegungen von je  $30$  zu  $30^{\circ}$  Rektaszension deren Mittelwerte berechnet. Es sind dies die Zahlen der vierten Kolonne. Das Mittel, es beträgt  $+3.52$ , muß mit entgegengesetztem Zeichen an diese Zahlen angebracht werden, um die reinen scheinbaren Bewegungen der Sterne zu erlangen (Zahlen der fünften Kolonne). Diese sind es nunmehr, die wieder die Lage der Punkte *A*, *B*, *C* und *D* bestimmen. *B* liegt da, wo die Sterne zusammenzugehen scheinen, die größte positive, *D* im Gegenteil dort, wo sie die größte negative Radialbewegung haben, und *A* und *C* endlich da, wo sie fast gleich Null ist oder aus dem positiven Wert ins Negative oder umgekehrt aus dem Negativen ins Positive übergeht.

5. Aber sowohl die Zeichnung (Figur 1) wie die nach ihr durchgeführte strengere Rechnung sind nur unter der Annahme richtig, daß die Sterne am Himmel tatsächlich feststehen und die Sonne allein sich bewegt. Indes ist klar, daß diese Annahme weder gerechtfertigt noch auch wahrscheinlich ist. Vielmehr muß auch den

Sternen eine Bewegung zugeschrieben werden, die ja im freien Weltenraume schweben, wo nichts sie hindert, den auf sie wirkenden Kräften zu folgen. Es sind daher ihre durch die Beobachtungen festgelegten Eigenbewegungen die Resultierenden zweier Komponenten, erstens ihrer eigenen oder Spezialbewegung (*motus peculiaris*) und sodann der perspektivischen Wirkung der Sonnenbewegung (*motus parallacticus*). Macht man nun diese wahrscheinlichere Annahme, dann wird das Bild, das Figur 1 von der parallaktischen Folge des Sonnenlaufes entwirft, ein komplizierteres. Zu jeder durch den Pfeil angedeuteten Bewegung eines Sternes kommt seine Spezialbewegung hinzu. Sie wird an verschiedenen Orten des Himmels sehr verschieden sein und dadurch wohl die Gesetzmäßigkeit der Erscheinung, die sonst so klar hervortritt, mehr oder weniger verdecken. Erst dadurch, daß man in jede Gruppe von Sternen in ihrer Anordnung nach Rektaszensionen eine sehr große Anzahl von ihnen einbezieht und dann die Annahme macht, daß deren Spezialbewegung nach allen möglichen Richtungen des Raumes verlaufen und sich daher beim Mittelnehmen gegenseitig aufheben, wird man es erzielen, daß neuerdings und einzig das Gesetz der perspektivischen Wirkung der Sonnenbewegung, wie sie durch die Zeichnung veranschaulicht wird, hervortritt.

Die Ansicht, daß in den Spezialbewegungen der Sterne kein spezielles Gesetz vorherrscht oder daß unter ihnen vollständige Regel- und Gesetzlosigkeit



herrscht, sie sich ganz unabhängig voneinander bewegen, wie ein „ungeordnetes und ohne jede Absicht zerstreutes Gewimmel“ — ist daher die Grundvorstellung, von der alle Rechner ausgingen, die es bisher versuchten, den Apex der Sonnenbewegung zu bestimmen. Von den Resultaten, zu denen sie kamen, seien einige hier mitgeteilt: Zunächst aus den Eigenbewegungen:

1783 Herschel  $AR = 270^{\circ}$   $Dekl. = +26^{\circ}$ , ein Ort am Himmel, in dessen Nähe sich der Stern  $\alpha$  Herkulis befindet und daher der vielfach zitierte Satz: die Bewegung der Sonne ist nach dem Sternbild des Herkules gerichtet.

1830 Struve . . . . .	$AR: = 261^{\circ}$	$D = +38^{\circ}$
1859 Airy . . . . .	261	+25
1900 Porter . . . . .	281	+41
1905 Newcomb, . . . . .	280	+35
1906 Kobold . . . . .	270	0

Ferner aus den Radialbewegungen:

1886 Homann . . . . .	$AR: = 320^{\circ}$	$D = +41^{\circ}$
1893 Kempf . . . . .	267	+31
1901 Campbell . . . . .	277	+20

6. Vorerst begnügte man sich mit der erzielten Genauigkeit, indem man dachte, daß bei dem Umstande, als die Eigenbewegungen recht klein und daher recht ungenau seien, kein besseres Ergebnis zu erzielen sei. Doch bald begannen auch Zweifel an der Richtigkeit der Grundhypothese von der Gesetzlosigkeit der Spe-

zialbewegungen der Sterne sich zu erheben und die neueste Forschung wandte sich gerade dieser Frage zu. Den Astronomen Kobold in Kiel und Kapteyn in Gröningen verdankt man die eingehendsten Untersuchungen in dieser Richtung und die Kritik beider endet mit einer ganz neuen Vorstellung über die Eigenbewegungen der Sterne, ihre Gesetzmäßigkeiten und damit im Zusammenhange über die ganze Konstitution des Fixsternhimmels.

Mit dieser Erkenntnis tritt das Problem der Bestimmung des Sonnenapex in ein neues Stadium. Es zerfällt in zwei Teile. Der erste hat die Gesetzmäßigkeiten in den Spezialbewegungen der Sterne aufzufinden, der zweite erst auf dieser Grundlage den Apex zu berechnen. Was die erste Teilaufgabe anlangt, so hatten schon Bessel, dann Mädler erkannt, daß am Himmel Gruppen von Sternen vorhanden sind, teils dicht nebeneinander stehend, teils aber auch zerstreut über den ganzen Himmel, die eine gemeinschaftliche Bewegung im Raume haben. Solche Gruppen von Sternen mit parallel verlaufenden Eigenbewegungen, man nennt sie seitdem Sternfamilien, sind die Sterne in dem Sternhaufen der Plejaden, ebenso der Hyaden, diese jedoch mit Ausnahme des sehr nahe bei ihnen stehenden Aldebaran, dann fünf von den sieben Sternen des großen Bären, zu deren Gruppe auch noch Sirius und einige helle Sterne in den Sternbildern des Löwen und des Fuhrmann gehören, und endlich einige Sterne in der Kassiopeja. Anfangs schenkte man dieser

Eigentümlichkeit wenig Beachtung. Es schien, als ob diese Fälle im Vergleiche zur großen Zahl aller am Himmel sichtbaren Sterne nur äußerst selten seien und daher die Zulässigkeit der Annahme von der Gesetzlosigkeit der Spezialbewegungen der Sterne nicht in Frage stellen. Erst Kobold und Kapteyn wiesen nach, daß sich gerade in ihnen die Spuren des die Spezialbewegungen der Sterne im ganzen Universum beherrschenden Gesetzes offenbaren und ihnen daher eine wichtige Rolle in allen weiteren Untersuchungen zukomme.

Kobold versuchte es, auf graphischem Wege dem Problem beizukommen. Er zeichnete die Pole der Eigenbewegungen der Sterne auf einem Globus ein. Allein es leuchtet ein, daß auf diesem Wege nur schwer ein präzises Bild zu erzielen ist, da das Material ein zu umfangreiches, die Verhältnisse, die sich da abspielen, zu verwickelt sind. Er gelangte auch nur zu dem folgenden Ergebnis: Unter den Spezialbewegungen der Sterne scheinen zwei Richtungen vorzuherrschen, beide der Bewegung der Sonne parallel, aber die eine mit ihr gleich-, die andere entgegengesetzt gerichtet und beide in verschiedenen Teilen des Himmels in ungleicher Weise gemischt.

Kapteyns Verfahren ist ein anderes. Er berechnet die Richtungen der Eigenbewegungen der Sterne, d. h. deren Positionswinkel und zählt sodann die Sterne ab, denen bestimmte Bewegungsrichtungen zukommen; mit anderen Worten, er ordnet die Sterne, deren Eigen-

bewegung ihm bekannt ist, nach deren Bewegungsrichtung oder ihrem Positionswinkel. Wäre das Gesetz von der Willkürlichkeit der Spezialbewegungen richtig, so müßten, siehe wieder Figur 1, im Punkte *D*, von dem sich die Sterne entfernen, die kleinste Zahl, in *B* dagegen, gegen den sich die Sterne hin bewegen, eine Anhäufung von Sternen auftreten. Eine Abzählung der Sterne nach ihrer Bewegungsrichtung müßte also ein Maximum und ein Minimum aufweisen und aus der Lage beider ließe sich wieder der Sonnenapex herauslesen. Tatsächlich aber zeigten die von Kapteyn gewonnenen Zahlen zwei Maxima und zwei Minima.

Die folgende Tafel enthält die Resultate einer solchen Abzählung. Sie bezieht sich auf die schon früher erwähnten etwa 3000 Sterne des Boßschen Sternkataloges, zwischen den Deklinationsgrenzen von  $+30^{\circ}$  bis  $-30^{\circ}$  und gibt in der zweiten Kolonne die Menge von ihnen an, deren Eigenbewegung in der Richtung der in der ersten Kolonne angeführten Grenzen der Positionswinkel verläuft.

Positionswinkel	Zahl der Sterne		
$0^{\circ} - 30^{\circ} = 15^{\circ}$ . . . . .	76 =	46 +	30
30 — 60 = 45 . . . . .	90	79	11
60 — 90 = 75 . . . . .	215	155	60
90 — 120 = 105 . . . . .	314	201	113
120 — 150 = 135 . . . . .	406	250	156
150 — 180 = 165 . . . . .	387	225	162
180 — 210 = 195 . . . . .	372	200	172
210 — 240 = 225 . . . . .	409	180	229

Positionswinkel	Zahl der Sterne		
$240^{\circ} - 270^{\circ} = 255^{\circ}$ . . . .	326	160	166
$270 - 300 = 285$ . . . .	209	120	89
$300 - 330 = 315$ . . . .	113	80	33
$330 - 360 = 345$ . . . .	71	56	15
Summe . . . .	2988	1752	1236

In ihnen drückt sich diese eigentümliche Verteilung mit den zwei Maximalwerten (406 bei Winkel  $135^{\circ}$  und 409 bei  $225^{\circ}$ ) und zwei Minimalzahlen (71 bei  $345^{\circ}$  und 372 bei  $195^{\circ}$ ) recht deutlich aus und wird noch deutlicher durch das nach diesen Zahlen angelegte Bild. (Figur 2.) Die da entstehende krumme Linie (angedeutet durch den vollen Linienzug) ist ganz unregelmäßig und macht, wie Kapteyn schließt, ganz den Eindruck, als ob sie sich aus zwei regelmäßigen Ellipsen zusammensetzen würde (in der Figur durch die punktierten Linien angedeutet), derart, daß die unregelmäßige Verteilung der Sterne nichts anderes wäre als die Summe zweier regelmäßiger. Ihre Einzelzahlen sind in der obenstehenden Tafel in der dritten und vierten Kolonne angesetzt.

Kapteyn drückt das so gewonnene Ergebnis durch den Satz aus: Das ganze Sternensystem besteht aus zwei Schwärmen, die sich gegenseitig durchdringen und deren Bewegungen ganz unabhängig voneinander vor sich gehen, etwa so, wie wenn man zwei ganz verschiedene Gase in ein Gefäß einströmen läßt, beide unabhängig voneinander dessen Rauminhalt erfüllen und

im Falle des Gleichgewichtes der Druck in jedem Teile des Gefäßes gleich ist der Summe der Druckkräfte, die jedes Gas für sich ausübt.

Eine rechnerische Untersuchung der Bewegungsrichtung beider Schwärme, durchgeführt an dem in dem Boßschen Sternkatalog niedergelegten Material an Eigenbewegungen, lieferte:

$$\text{I. Schwarm: } AR = 90^{\circ} \text{ Dekl.} = -17^{\circ}$$

$$\text{II. } \quad \quad \quad = 290 \quad \quad = -62$$

Kennt man nunmehr diese zwei Bewegungsrichtungen und außerdem noch die Sternfülle in jedem Schwarme (sie beträgt für die Boßsterne für den ersten Schwarm  $59\%$ , für den zweiten Schwarm  $41\%$ ), so läßt sich hieraus noch die Bewegungsrichtung der Sonne relativ gegen den Schwerpunkt der beiden Schwärme berechnen. Sie folgt zu

$$AR = 267^{\circ} \quad D = +33^{\circ}$$

und fällt, wie man aus einem Vergleich mit den früher p. 183 mitgeteilten Zahlen ersieht, mit der alten Definition des Apex der Sonnenbewegung zusammen. Endlich kann man noch die relative Bewegung der beiden Schwärme gegeneinander bestimmen und erhält damit eine neue Richtung

$$AR = 273^{\circ} \quad D = -6^{\circ},$$

die man den Vertex der Sternbewegung nennt. Er stellt offenbar die scheinbare Bewegungsrichtung des eines Schwarmes vor, wenn die Sonne sich mit dem anderen fortbewegen würde.

Ein ganz neues und eigentümliches Bild über die Konstitution des ganzen Fixsternhimmels, zu dem die Astronomen auf Grund der neu gewonnenen Erfahrungstatsachen gelangten, ein Bild, das nicht mehr von der Einheit des Universums spricht, sondern es in zwei Teilschwärme auflöst, die unabhängig voneinander ihre Bahnen im Raume beschreiben. Nur ungern vermissen wir in ihm die althergebrachte und uns vertraute Idee dieser Einheitlichkeit, um so weniger als seit den interessanten Untersuchungen von Seeliger über die räumliche Verteilung der Fixsterne die Endlichkeit des ganzen Systems erwiesen erscheint und mit dieser Endlichkeit wohl auch dessen Einheitlichkeit verbunden sein dürfte.

Es hat daher Schwarzschild in Göttingen 1907 dieser Hypothese der zwei Sternschwärme eine neue unitarische gegenüberstellt. Sie besteht in der Anschauung, daß dem Raume eine Art kristallinen Gefüges zukomme, derart, daß die Geschwindigkeiten in ihm nach verschiedenen Richtungen verschieden verlaufen, doch soweit gesetzmäßig, wie die Ausbreitung des Lichtes in Kristallen nicht kugelförmig, sondern ellipsoidisch erfolgt. Die Hauptachsen des so zu berechnenden Geschwindigkeitsellipsoides stellen dann die ausgezeichneten Bewegungsrichtungen vor, die von den Sternen mit Vorliebe begangen werden.

Indes läßt sich noch eine dritte Hypothese zur Erklärung der in den Spezialbewegungen der Sterne auftretenden Gesetzmäßigkeiten aufstellen. Sie ist relativ

einfacher als beide vorerwähnten, rettet den Gedanken von der Einheit des ganzen Milchstraßensystems wie die zweite und dürfte aus beiden Gründen den Vorzug vor ihnen verdienen.

Sie setzt die Bewegungen der Fixsterne in Analogie mit denen der kleinen Planeten, die, wie bekannt, zwischen Jupiter und Mars ihre elliptischen Bahnen um die Sonne beschreiben, und deren Lauf man nicht heliozentrisch, d. h. von einem Standorte aus verfolgt, der im Mittelpunkte des Schwarmes liegt, sondern geozentrisch von der Erde aus, als von einem Punkte, der seitlich liegt und selbst an der Bewegung um die Sonne teilnimmt. Sie weist nach, daß sich tatsächlich in einem solchen System mannigfache Eigentümlichkeiten in den Bewegungen vorfinden, die ganz ähnlicher Natur sind wie die bei den Fixsternen konstatierten. Aber im Schwarme der kleinen Planeten gibt es keine einzelnen Teilgruppen, keine speziellen Heerstraßen, auf denen diese Teilschwärme einherziehen. In gleicher Art wird man daher auch im System der Fixsterne schließen, daß es weder in einzelne Teilgruppen zerfällt, noch in ihm einzelne Sternzüge mit von ihnen bevorzugten Bahnen vorhanden sind, sondern daß alle diese Eigentümlichkeiten nur scheinbar auftreten und dadurch bedingt sind, daß wir die Bewegungen der Fixsterne nicht von ihrem Zentrum aus beobachten, vielmehr von einem Standorte aus, der seitlich liegt und selbst an der Bewegung um das Zentrum teilnimmt.



Einen streng mathematischen Beweis für das Zutreffen dieser Analogie hier vorzubringen, ist unmöglich. Es sei nur auf einige sie beleuchtende Daten aufmerksam gemacht. Sie sollen sich auf zwei Punkte beziehen: vorerst auf die schon erwähnten statistischen Abzählungen der Planeten in den einzelnen geozentrischen Rektaszensionsstunden, genau nach Art der Kapteynschen Zählungen von Sternen von bestimmter Richtung ihrer Eigenbewegung — sodann auf die Größe der Geschwindigkeit der Planeten nach Art der p. 180 mitgeteilten Tafel, die die gleichen Angaben für die Fixsterne macht.

Die hierzu notwendigen Daten entnahm ich 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 sie nicht mehr veröffentlicht). Ich schrieb mir aus ihm für die zwei Zeitmomente 1888 Jänner 7 und 27 die Rektaszensionen und die geozentrischen Distanzen von 264 Planeten heraus, bildete deren Differenzen, die mir damit die Bewegung in Rektaszension und die Änderung der Distanz oder die Radialbewegung für die Zwischenzeit von Januar 7 — 27 gaben, und berechnete sodann deren Mittelwerte für Gruppen von je  $30^{\circ}$  Rektaszension. Ich erhielt so die folgenden drei Kolonnen von Zahlen, von denen die erste die Zahl der Planeten, die zweite ihre Bewegung in Rektaszension,  $\Delta\alpha_1$ , und die vierte die in der Distanz,  $\Delta\rho$ , für die nebenstehenden Grade enthält.

	Zahl	$\Delta \alpha_1$	$\Delta \alpha_2$	$\Delta \rho$
<i>AR</i> 345° — 35° = 0°	26	+ 6 <sup>0</sup> .7	+ 3 <sup>0</sup> .6	+ 0.239
35 — 15 = 30	21	+ 4.2	+ 1.1	+ 0.271
15 — 75 = 60	16	+ 0.1	— 3.0	+ 0.238
75 — 105 = 90	13	— 2.7	— 5.8	+ 0.137
105 — 135 = 120	13	— 4.4	— 7.5	— 0.010
135 — 165 = 150	15	— 2.7	— 5.8	— 0.144
165 — 195 = 180	20	+ 1.2	— 1.9	— 0.241
195 — 225 = 210	24	+ 4.1	+ 1.0	— 0.271
225 — 255 = 240	28	+ 6.5	+ 3.4	— 0.230
255 — 285 = 270	29	+ 8.5	+ 5.4	— 0.121
285 — 315 = 300	31	+ 8.5	+ 5.4	— 0.085
315 — 345 = 330	28	+ 7.2	+ 4.1	+ 0.147
	<u>264</u>			

Eine graphische Darstellung der Zahlen der zweiten Kolonne, angelegt analog der Zeichnung Figur 2, führt auf eine ganz unregelmäßige Figur, welche wie dort den Eindruck hervorruft, als ob sie sich aus zwei regelmäßigen zusammensetzen würde und so der Schwarm der Planeten aus zwei Einzelschwärmen bestünde, jeder mit seiner besonderen Bewegungsrichtung, oder daß der Raum um die Sonne ein kristallinisches Gefüge habe mit in verschiedenen Richtungen verschieden verlaufenden Geschwindigkeiten der Planeten und daher ihre so unregelmäßige Verteilung entspringe.

Allein hier ist die Sachlage klar zu übersehen und führt nach einer einfachen Überlegung zu einem ganz anderen Ergebnis. Wie diese Überlegung anzustellen ist, darüber gibt uns die Geschichte der Astro-

nomie klare Auskunft. Sie erzählt uns, daß schon im Altertum den Griechen die Tatsache bekannt war, daß die Dauer der einzelnen Jahreszeiten nicht einander gleich sind, oder daß das Jahr durch die vier Hauptmomente in der Stellung der Sonne zur Erde, das Frühlings- und Herbstäquinoktium und Sommer- und Wintersolstitium nicht in vier gleiche Teile geteilt werde und daß Hipparch diese Ungleichheit durch die exzentrische Stellung der Erde in dem von der Sonne um sie beschriebenen Kreise erklärte. Ähnlich ist das Verhältnis auch hier. Die heliozentrische Verteilung der Planeten ist eine gleichmäßige. Jede Gruppe von  $30^\circ$  enthält deren  $264:12 = 22$  an Zahl. Wenn nun ihre geozentrische nicht ebenso gleichmäßig ist, so muß sich aus dieser Ungleichheit die Exzentrizität des Erdortes in dem von den Planeten um die Sonne beschriebenen Kreis ihrer Größe wie ihrer Richtung nach ableiten lassen und ihr Vergleich mit dem dem Berliner Jahrbuch für das Mittel der Zwischenzeiten 1888 Jänner 17 zu entnehmenden Erdort gibt dann einen Maßstab für die Richtigkeit der Anschauung sowie die Genauigkeit, die bei dieser rein graphischen Darstellung erzielt werden kann.

Die Zeichnung selbst ist wie folgt auszuführen: Man ziehe einen Kreis von beliebigem Radius. Er wäre den 264 Planeten entsprechend, die sich auf seinem Umfange bewegen, in 264 Teile zu teilen, doch wird es genügen, ihn in 12 zu teilen und zu jedem Teilungspunkt 0, 1, 2, 3; . . . . usw. die zu-

gehörige Planetenzahl 0, 22, 44 . . . . . sich hinzudenken. Damit ist die heliozentrische Verteilung dargestellt, sowie es auch klar ist, daß die Verbindungslinien der Teilungspunkte 0 und 6, 1 und 7, 2 und 8 usw. sich im Mittelpunkte des Kreises schneiden. Um die geozentrische Verteilung zu erhalten, hat man an die Zahlen:

0, 26,  $26 + 21 = 47$ ,  $47 + 16 = 63$  . . . . usw.  
die neuen Teilungspunkte

0, I, II, III . . . . usw.

anzusetzen und wiederum die einander gegenüberliegenden Punkte 0 und VI, I und VII, II und VIII usw. miteinander zu verbinden. Auch diese Linien müssen sich in einem Punkte schneiden, und dieser Schnittpunkt ist der gesuchte, gegen den Mittelpunkt des Kreises als den Sonnenort, exzentrisch gelegene Erdort. In dieser Weise ist Figur 3 angelegt und in den Einzelheiten ihrer Konstruktion wohl leicht zu verstehen.

Und genau in der Weise, wie aus den geozentrischen Planetenzahlen der ihnen entsprechende exzentrisch liegende Erdort durch einfache Konstruktion gefunden werden konnte, läßt sich auch aus den vorher mitgeteilten Abzählungen der Sterne mit bestimmter Richtung ihrer Eigenbewegung die Lage der Sonne gegenüber dem Schwerpunkt der Sterne konstruktiv bestimmen. Man ziehe wieder einen Kreis mit beliebigem Radius, teile ihn in 12 Teile und bezeichne die einzelnen Teilungspunkte mit 0, 1, 2, . . . . . Jedem von ihnen entspricht dann die Zahl  $2988 : 12 =$

249, so etwa, daß  $0 \equiv 0$ ,  $1 \equiv 249$ ,  $2 \equiv 498$  usw. Das gibt die Schwerpunktsverteilung der Sterne und die Verbindungslinien der Punkte 0 und 6, 1 und 7, 2 und 8, . . . schneiden sich im Mittelpunkte des Kreises. Die beobachtete Sternverteilung ist aber  $0 \equiv 0$ ,  $I \equiv 76$ ,  $II \equiv 76 + 90 = 166$ ,  $III \equiv 166 + 215 = 381$  usw. . . . Danach sind also die Punkte 0, I, II, . . . . . zu finden und die Verbindungslinien von 0 und VI, I und VII, II und VIII . . . zu ziehen. Diese schneiden sich offenbar wieder in einem Punkte, der nunmehr der gesuchte Sonnenort ist, exzentrisch liegend gegen den Schwerpunkt. Siehe Figur 4.

8. Es braucht nur einer geringen Modifikation dieses Verfahrens, um ebenso aus den p. . . mitgeteilten Bewegungsgrößen für die Planeten  $\Delta\alpha$  die exzentrische Stellung der Erde konstruktiv zu finden. Zunächst ist hiezu nötig, die Zahlen von ihrem konstanten Teil zu befreien, sowie dies mit den p. 180 angegebenen für die Fixsterne durchgeführt wurde. Dieser konstante Teil ist gleich der Summe aller  $\Delta\alpha$ , dividiert durch 12. Die Rechnung gibt hierfür  $+ 3^0 \cdot 1$  und diese Zahl ist nun mit entgegengesetztem Vorzeichen an alle Einzelwerte  $\Delta\alpha$  anzubringen. Die neuen Werte  $\Delta\alpha_2$  stehen in der nächsten (dritten) Kolonne.

Der heliozentrischen Bewegung der Planeten im Kreise entspricht bei einer Teilung in 12 Teile die Bezeichnung der einzelnen Teilungspunkte mit

$$0 \equiv 0^0 \quad 1 \equiv 30^0 \quad 2 \equiv 60^0 \quad \text{usw.}$$

denn jedem der 12 Teile gehört eine Geschwindigkeit von  $360^{\circ}:12=30^{\circ}$  an. Geozentrisch dagegen hat man aber zu setzen

$$0 \equiv 0^{\circ} \text{ I} \equiv 30^{\circ} + 3^{\circ}.6 = 33^{\circ}.6 \quad \text{II} \equiv 30^{\circ} + 1^{\circ}.1 = 31^{\circ}.1 \\ \text{III} \equiv 30^{\circ} - 3^{\circ}.0 = 27^{\circ}.0 \dots$$

danach die Punkte I, II, III . . . aufzusuchen, um sie paarweise 0 – VI, I – VII, II – VIII . . . miteinander zu verbinden. Der Schnittpunkt dieser Verbindungslinien gibt den gesuchten Erdort. Wie ein Vergleich der Figur 5 mit der Figur 3 lehrt, sind die beiden Lagen recht gut übereinstimmend. Sie geben für seine Richtung- etwa 110 bis  $120^{\circ}$  in Rektaszension, während nach der Ephemeride oder der Theorie der Sonnenbewegung sie  $116^{\circ}$  sein sollte.

Versucht man es aber, dieses Verfahren auch auf die Fixsterne auszudehnen, so stößt man auf eine Schwierigkeit. Für die Planeten ist nämlich die geozentrische Bewegung  $\Delta\alpha$ , die zu der heliozentrischen in der Größe von  $30^{\circ}$  zu addieren oder von ihr zu subtrahieren ist, mit ihren  $+3^{\circ}.0$  recht merklich, für die Fixsterne aber, wo sie im Maximum  $+0^{\circ}.049$ , im Minimum  $-0^{\circ}.052$  beträgt, zu klein und konstruktiv undurchführbar. Um nun die da auftretende Schwierigkeit zu umgehen, muß man sie vergrößern, und zwar recht bedeutend, damit sie einen gegenüber der Bewegung von  $30^{\circ}$  von Teilungs- zu Teilungspunkt merklichen Betrag erreichen. Durch eine solche willkürliche Vergrößerung werden offenbar die relativen

Größenverhältnisse nicht geändert. Es wird also die Richtung, in der der Sonnenort gegenüber dem Mittelpunkt der Sterne liegt, hiedurch nicht berührt, wohl aber die Größe der Exzentrizität. Man muß sich also hier mit der Bestimmung der Richtung begnügen, ohne Kenntnis von der Größe der Exzentrizität zu erlangen. Es werde nun angenommen, daß die  $\Delta\alpha$  auf p. 180 die die Bewegung der Fixsterne in Rektaszension angeben und in Bogensekunden ausgedrückt sind, volle Grade bedeuten und der Reihe nach

$$+3^0.1 \quad +4^0.9 \quad +3^0.3 \quad -1^0.5 \quad -3^0.9 \quad -4^0.3 \quad -5^0.2 \\ -3^0.7 \quad -2^0.1 \quad +1^0.4 \quad +3^0.1 \quad +4^0.9$$

lauten. Von da ab wird jetzt die Konstruktion ganz identisch mit der für die Planeten. Man zeichne zuerst  $0^0=0$ ,  $1=30^0$ ,  $2=60^0$  . . . , sodann  $0^0=0$ ,  $I=30+3.1=33.1$ ,  $II=30+4.9=34.9$ ,  $III=30^0+3.3=33^0.5$ ,  $IV=30-1.5=28^0.5$  usw. und verbinde schließlich  $0-6$ ,  $1-7$ ,  $2-8$  . . . sowie  $0-VI$ ,  $I-VII$ ,  $II-VIII$  usw. In dieser Weise ist Figur 6 angelegt und ihr Vergleich mit Figur 4 zeigt eine recht gute Übereinstimmung der Richtungen nach der exzentrischen Sonnenstellung, nur daß beide fast genau entgegengesetzt verlaufen, was offenbar damit zusammenhängt, daß die eine Figur die Richtung vom Schwerpunkt der Sterne nach der Sonne, die andere die entgegengesetzte, die von der Sonne nach dem Schwerpunkt angibt.

Noch einfacher gestaltet sich die Konstruktion des exzentrischen Erd- und Sonnenortes aus den Ra-

dialbewegungen. Man hat nur an die in den 12 Teilungspunkten 0, 1, 2, . . . gezogenen Radien, deren Größe als Einheit angenommen, die Bewegung  $\Delta \rho$  in den schon p. 192 angegebenen Beträgen  $+ 0.239$ ,  $+ 0.271$  . . . additiv oder subtraktiv, je nach ihrem Vorzeichen, hinzuzufügen. Es erfolgt damit eine neue Reihe von 12 Punkten, die offenbar wieder in einem Kreise liegen müssen. — Dessen Mittelpunkt ist jetzt aber nicht der verlangte exzentrische Ort der Sonne, sondern die Richtung, nach der er liegt, gibt die Richtung nach dem Apex der Erdbewegung an oder die Verbindungslinie  $OS$  in der neuen Figur 7 steht auf den entsprechenden in den Figuren 3 und 5 senkrecht.

In der gleichen Weise ist auch für die Fixsterne nach den p. 180 angeführten Angaben der Radialbewegungen  $\Delta \rho$  die Konstruktion durchzuführen. Hierbei umgeht man die Schwierigkeit, die in der Verschiedenheit der Einheiten, nämlich des Radius des Kreises, der hier die unbekanntere mittlere Distanz der Sterne von der Sonne vorstellt, und der  $\Delta \rho$ , die in Kilometer angesetzt sind, dadurch, daß man für letztere einen willkürlichen Maßstab annimmt, ohne Rücksicht auf die Größe des Radius. Auch hier gibt die durchgeführte Zeichnung die Richtung nach dem Antiapex der Sonnenbewegung an, die auf denen der Figuren 4 und 6 senkrecht steht. Siehe Figur 8.

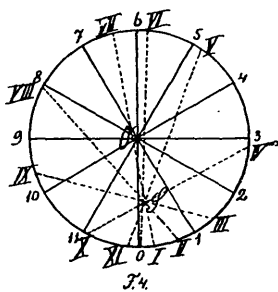
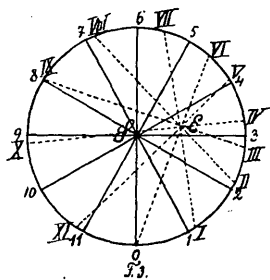
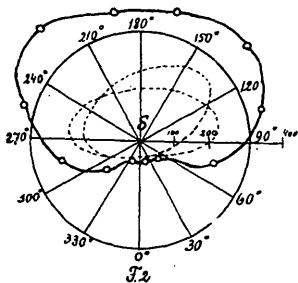
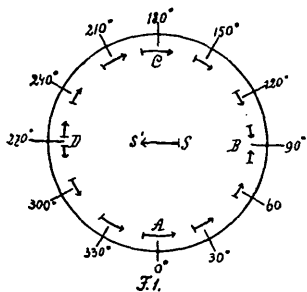
9. Man kann aus den Figuren 4 und 6 die Richtung ablesen, in der die Sonne vom Schwerpunkt des

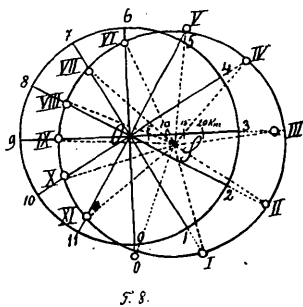
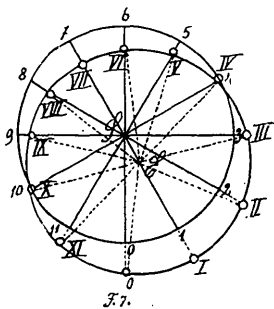
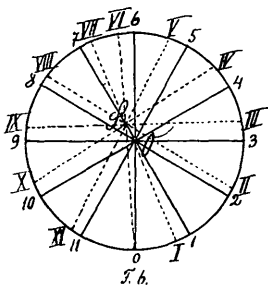
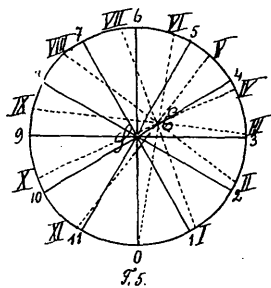


Fixsternsystems aus gesehen oder dieser von der Sonne aus beobachtet liegt. Man kann ebenso der Figur 8 die Richtung des Apex der Sonnenbewegung entnehmen und die erhaltenen Zahlen stehen mit den aus den strengen Rechnungen abgeleiteten in guter Übereinstimmung. Und diese Übereinstimmung in Verbindung mit der relativen Einfachheit und Faßlichkeit des ganzen Vorstellungskreises, auf den die neue Hypothese sich stützt, dürften ihr den Vorzug vor den beiden anderen sichern, — eine vollgültige Entscheidung hierüber zu treffen, ist heute noch unmöglich. Hiezu ist die Zahl der zur Diskussion bereitstehenden Beobachtungen, das statistische Material, das zur Verfügung steht, noch ein zu geringes. Erst die Folge der Zeit wird über diese Frage wie über manche andere Klarheit bringen. Immerhin kann schon heute mit einiger Wahrscheinlichkeit die Ansicht ausgesprochen werden: Das System der Fixsterne ist ein durch irgendwelche Kräfte zusammenhängendes System, in dem die Sonne keine zentrale, sondern eine seitliche Stellung einnimmt, in Analogie mit dem Schwarm der kleinen Planeten, deren Bewegungen um die Sonne von der Erde aus beobachtet werden. Man könnte versuchen, diese Analogie noch einen Schritt weiter zu führen und sie auch auf die in den beiden Systemen wirkenden Kräfte auszudehnen, und käme damit auf die Vorstellung gleicher, dem Newtonschen Grundgesetze gehorchender Anziehungskräfte, die, sowie sie zwischen Sonne und den Planeten wirken, auch zwischen den

einzelnen Sternen in deren System tätig sind. Nichts hindert, diese Annahme zu machen, aber ein Beweis für ihre Richtigkeit läßt sich heute noch nicht erbringen. Doch ein wesentlicher Unterschied wäre hier vorhanden. Im Schwarme der Planeten haben wir die alle an Masse weitaus überragende Sonne, die die Bewegungen der Planeten so regelt, als ob diese nur um sie stattfänden, in der Art eines monarchisch regierten Staates, in dem alles um den Hof des Monarchen sich dreht. Im System der Fixsterne ist eine solche Zentralsonne gewiß nicht vorhanden. Es wird in ihm mehr republikanisch zugehen, und hierin sowie in der ungeheuren Zahl der sich wechselseitig beeinflussenden Körper liegt die Schwierigkeit der Lösung des Problems, in der scheinbaren Unordnung in den Eigenbewegungen der Sterne die Harmonie des sie ordnenden Gesetzes zu erkennen.

---





# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://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: 1919

Band/Volume: [59](#)

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

Artikel/Article: [Über die Bewegungen der Sterne im Raume. 167-202](#)