

ÜBER DIE WAHRE BEWEGUNG DER STERNE

VON

ROBERT KLUMAK

Seit dem Jahre 1913 versuchte ich, das Problem der Sternbewegungen auf direktem Weg, durch Berechnung individueller Geschwindigkeitsvektoren, zu klären. Dabei wurde von einem Standardwert für die Translationsbewegung unseres Sonnensystems ausgegangen, wie er sich nach den üblichen statistischen Methoden aus den Eigenbewegungen und Radialgeschwindigkeiten der Sterne ergibt. Es wurde fortlaufend das gesamte verfügbare Material an Sternen bekannter Parallaxe, für die außer der Eigenbewegung brauchbare Radialgeschwindigkeiten vorlagen, gesammelt und zu Katalogen der „absoluten“ Totalbewegungen oder wahren Geschwindigkeitsvektoren verarbeitet.

Solange Fragen wie die der Abgrenzung des sogenannten lokalen Sternsystems innerhalb der Sternwolken der Milchstraße und die räumliche Erstreckung der galaktischen Rotation nicht geklärt sind, läßt sich kein wirklich ruhendes Bezugssystem für die Milchstraßensterne definieren. Ganz abgesehen von den riesigen Translationsbewegungen der Spiralnebel oder „Weltinseln“, zu denen doch auch unser Milchstraßensystem zu rechnen ist, stehen einer Definition absoluter Bewegung prinzipielle Schwierigkeiten entgegen. Sie haben in der Relativitätstheorie ihren extremen Ausdruck gefunden, wo das im Weltall vielleicht als Ganzes absolut ruhende Medium des Lichtäthers als Träger der strahlenden Energie wegen seiner physikalisch widerspruchsvollen Eigenschaften einfach gezeugnet und durch den Begriff des „Feldes“ ersetzt wird, das nur in sichtbar konzentrierten Kraft- und Strahlungsquellen wie den Sternen verankert ist. Dabei wurde die Rolle ungeheuer ausgedehnter Massen ganz fein verteilter dunkler Materie und die der photographisch nachgewiesenen zarten Gasnebel¹⁾ nicht bedacht. Solche fein verteilte, weit ausgedehnte Materie, von der wir auch durch die merkwürdigen ruhenden Kalziumlinien im Spektrum mancher Doppelsterne, ferner durch gewisse Absorptionseffekte nahe der galaktischen Hauptebene des Systems Kenntnis erhielten, könnte das die Sternbewegungen bestimmende Gravitationsfeld wesentlich beeinflussen. Es kann dies auch der Grund sein, warum sich die Ergebnisse über die räumliche Verteilung der sichtbaren Sterne lange nicht in Einklang bringen ließen mit den Untersuchungen über ihre Bewegung. Das Zentrum des Systems, wenn überhaupt von einem solchen gesprochen werden kann, blieb ganz unbestimmt. Für praktische Zwecke könnte allerdings eine große Gruppe von B-Riesensternen als ruhende Zentralmasse angesehen werden. Auch von den kugelförmigen Sternhaufen, den Mira- und RR-Lyraesternen wurde festgestellt, daß sie an der galaktischen Rotation nicht teilnehmen.

In der Stellarstatistik wurde meist ein für das ganze Raumgebiet geltendes Geschwindigkeitsverteilungsgesetz postuliert, und die mathematische Behandlung war eine analoge wie die der regellosen Bewegung von Molekülen eines Gases im Sinne der kinetischen Gastheorie. Nachdem Kapteyn und Kobold (1905) nach verschiedenen Methoden gezeigt hatten, daß die Spezialbewegungen, das heißt, die von der parallaktischen Komponente befreiten Eigen-

¹⁾ Zum Beispiel der erweiterte Orionnebel, der sich über das ganze Sternbild erstreckt.

bewegungen der Sterne nicht regellos erfolgen, sondern eine von der Bewegung der Sonne nicht allzuweit abweichende Richtung und Gegenrichtung (Vertex) bevorzugen, setzte die Zweidrifttheorie für beide Driften Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilungen an, während in der unitarischen Ellipsoidhypothese das Ausbreitungsgesetz des Lichtes in optisch einachsigen Kristallen als Muster diente. Bei beiden Verteilungsgesetzen ist um die Vorzugsgerade (Stromrichtung der Driften, bzw. große Achse des Geschwindigkeitsellipsoides) herum Rotationssymmetrie vorhanden. Das später von Charlier eingeführte dreiachsige Ellipsoid berücksichtigt auch die Bevorzugung der galaktischen Ebene.

Schon meine ersten Versuche, an den wenigen hundert damals bekannten Parallaxensternen durch Berechnung individueller, von der Translation des Sonnensystems befreiter Geschwindigkeiten, diese Verteilungsgesetze, die aus einigen tausend Eigenbewegungen oder Radialgeschwindigkeiten folgten, zu prüfen, ergaben wesentlich neue Gesichtspunkte. Vor allem zeigten die ganz großen Geschwindigkeiten, die der Stellarstatistiker ausschließen muß, weil sie seine Mittelwerte verfälschen, eine so strenge Richtungsbevorzugung des Vertex und seines Gegenpunktes an der Sphäre, daß die Häufigkeitskurven weder der Eddington'schen Zweidrifttheorie, noch dem Schwarzschild'schen Geschwindigkeitsellipsoid entsprachen¹⁾. Die Schnellläufer benehmen sich zwar ähnlich den Sterngruppen, die einem besonderen Zielpunkt zustreben (Sternfamilien, moving clusters) wie etwa die Bärensterne, die 61-Cygnigruppe, der Taurusstrom u. a., aber sie besitzen keine einheitliche Stromgeschwindigkeit und sind auch nicht immer räumlich benachbart.

Mit dem Anwachsen des Beobachtungsmaterials, vor allem durch die Fortschritte der Parallaxenmessungen (photographische am Yerkes-40-Zöller etwa $\pm 0''005$ und spektroskopische), ferner durch die Möglichkeit, mit modernen Spektrographen auch bei den lichtschwachen Sternen großer Eigenbewegung noch Radialgeschwindigkeiten zu bestimmen, ist die Zahl der Sterne für unsere Untersuchung auf mehrere tausend gestiegen, und die Unsicherheit der Bewegungselemente wurde bedeutend eingeschränkt. Immerhin ist sie bei den kleinsten trigonometrischen Parallaxen oft gleich oder größer als die Parallaxe selbst; bei den spektroskopischen Parallaxen ist zwar der Fehler ein prozentualer, doch stellen diese Distanzbestimmungen eigentlich eine Extrapolation dar, da sie nur auf rein empirisch aus trigonometrischen Parallaxen abgeleiteten Gesetzmäßigkeiten der absoluten Helligkeit beruhen. Die negativen Parallaxen weisen auf besondere Korrekturen der den Vergleichssterne zugeschriebenen statistischen Parallaxen, falls sie nicht durch systematische Beobachtungsfehler erklärbar sind. Nun finden sich aber zahlreiche Sterne mit sicher noch meßbarer Eigenbewegung unter diesen Fällen, und da gerade die fernsten Sterne Aufschlüsse über die dynamische Konstitution des Systems versprechen — Änderung der Geschwindigkeitsverteilung, Drehung der allgemeinen Vorzugsrichtung u. dgl. — wollte ich diesen Teil des Sternmaterials nicht einfach ausschließen. Es wurde dann ein kleiner positiver Parallaxenwert, z. B. $0''001$ derart angenommen, daß der Geschwindigkeitsbetrag nicht unplausibel groß, etwa nicht über 300—500 km/sec ausfiel. Im wesentlichen enthält das Material der Parallaxensterne auch heute noch eine Auslese von Schnellläufern, da meist schwache Sterne mit großer Eigenbewegung untersucht werden, die durchaus nicht immer die nächsten sind. Hier könnten erst dann einwandfreie Beobachtungsgrundlagen geschaffen werden, wenn etwa die Parallaxen aller Sterne bis 5. oder 6. Größe ohne Rücksicht auf Eigenbewegung sorgfältig bestimmt würden und dasselbe Verfahren nach Art der „selected area“ Kapteyn's an ausgewählten Stellen der Sphäre auch auf schwächere Sterne ausgedehnt würde. Von den zur Messung benutzten ganz schwachen Hintergrundsternen müßten alle durch merkliche Eigenbewegung verdächtigen Schnellläufer ausgeschieden werden.

Die Beobachtungsgrundlagen, auf denen mein letzter, bereits im Jahre 1940 abgeschlossener Katalog von 4742 Raumbewegungen beruht, finden sich hauptsächlich in dem

¹⁾ Astronomische Nachrichten 4782, Bd. 200, pag. 89—104: Die Spezialbewegungen der auf Parallaxe untersuchten Sterne. Kiel 1915.

Yale Catalogue of Parallaxes von Schlesinger, 1935, und den Lick-Radialgeschwindigkeiten von Moore, 1932, die durch eine größere Serie des Dominion Astrophysical Observatory in Victoria und einige neuere Daten ergänzt wurden. Das Rechenverfahren war dasselbe wie für den vorhergehenden Katalog von 1930¹⁾.

$$\begin{aligned} \xi &= R \cos \delta - 17 \sin \alpha - 4.74 \frac{\Delta s \cos p}{\pi} \sin \delta \quad V' = \sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2} \\ \eta &= -17 \cos \alpha + 4.74 \frac{\Delta s \sin p}{\pi} \quad \operatorname{tg} (A' - \alpha) = \frac{\eta}{\xi} \\ \zeta &= R \sin \delta + 10 + 4.74 \frac{\Delta s \cos p}{\pi} \cos \delta \quad \sin D' = \frac{\zeta}{V'} \end{aligned}$$

In diesen Formeln bedeuten:

- R*. ... Radialgeschwindigkeit des Sternes in *km/sec*.
- α, δ .. Äquatorialkoordinaten des Sternes für 1900.0.
- p, s* ... Positionswinkel und Betrag der Eigenbewegung in "
- A' D'* ... Äquatorialkoordinaten des Zielpunktes der absoluten Sternengeschwindigkeit (1900.0).
- V'* .. Betrag derselben in *km/sec*.

Die von der Bewegung der Sonne abhängigen, auf ganze Zahlen abgerundeten Konstanten 17 und 10 entsprechen $A = 270^\circ, D = +30^\circ 28'$ als Koordinaten des Apex und $V = 19.7$ als Geschwindigkeit der Sonne, was dem allgemein angenommenen Standardwert genügend nahe kommt, wie folgende neuere Apexbestimmungen zeigen:

		<i>A</i>	<i>D</i>	<i>V</i>
Wilson	15.000 Eigenbewegungen	270	+ 33	—
„	4.606	269	+ 30	—
Gliese	1.535 Fundamentalsterne	266	+ 29	—
Edmondson	3.419 Radialgeschwindigkeiten	266.9	+ 30.4	20.8
Nordström	3.238	272.3	+ 26.7	19.6
Wilson	2.748	270.9	+ 29.0	19.2

Der Katalog liegt gegenwärtig in Form einer Kartothek vor, in welcher außer der laufenden Nummer die im oben zitierten Parallaxenkatalog von Schlesinger, dann die gerechneten Bewegungselemente *A, D, V*, die Parallaxe, der Spektraltyp und weitere Daten verzeichnet sind, die eine rohe Klassifizierung des Sternortes in bezug auf die galaktische Ebene und Vertexrichtung ermöglichen. Dazu ist die Sphäre in 6 flächengleiche Gebiete I—VI geteilt: 2 galaktische Polkalotten, von denen III den Herbstpunkt und IV den Frühlingspunkt einschließt und 4 sphärische Vierecke, von denen I und II die in der galaktischen Ebene gelegene Vorzugsgerade der Sternbewegungen (Vertex und Antivertex), V und VI die darauf senkrechte in der Milchstraße umgeben. I enthält den Vertex, II den Apex, V den Nordpol und VI den Südpol des Äquatorsystems.

Wenn man die Vorzugsbewegung der Sterne als Folge der allgemeinen Massenanziehung des ganzen Systems deuten will, die seit Entdeckung der galaktischen Rotation (Oort 1927) sehr wahrscheinlich geworden ist, müßten sich bei ganz fernen Gruppen dieser verschiedenen Gebiete Abweichungen in der Geschwindigkeitsverteilung feststellen lassen. Erklärt man die Vorzugsrichtung als Tangente kreisähnlicher Bahnen, so bleibt das Verhalten der Schnellläufer rätselhaft, da diese in einem unserem Planetensystem analogen, gravitierenden Schwarm den Kometen entsprechen würden, die beliebige Bahnabweichungen von der Ekliptik zeigen. Nimmt man dagegen die zuerst von Turner aufgestellte Hypothese langgestreckter, mit Schwingungen durch einen Zentralpunkt vergleichbarer Bahnen an, so sind die Vorzugsrichtungen in unserer Umgebung parallel zum Radius Zentrum—Sonne, und die Schnellläufer können sich je nach ihrer Elongation nahe dieser allgemeinen Vorzugsgeraden mit

¹⁾ Astronomische Nachrichten 5696/97, Bd. 238, pag. 113—148; Katalog von 1937 absoluten Sternengeschwindigkeiten.

beliebiger Geschwindigkeit bewegen. Dann bleibt jedoch die aus Eigenbewegungen und aus Radialgeschwindigkeiten statistisch wohlbegründete galaktische Rotation in diesem Sinn ein Rätsel.

Tafel 1 zeigt die allgemeine Verteilung der Zielpunkte. Das Äquatorsystem ist in abweitungstreuer, unechter Zylinderprojektion (Sanson-Flamsteed) dargestellt und der galaktische Äquator eingetragen. Man erkennt deutlich die beiden Hauptdriften und die allgemeine Bevorzugung der galaktischen Ebene, obwohl an den Häufungsstellen eine ziemlich unregelmäßige Zerstreung herrscht. Das Zentrum der galaktischen Rotation ($\alpha = 263$, $\delta = -31$) und der Sonnenapex (270, +30) liegen in dem südlichen, bzw. nördlichen Randteil der einen Häufung. Der Gegenpunkt des Zentrums (83, +31) liegt dem dichtesten Teil der zweiten Häufungsstelle näher, und diese zeigt sich dort besonders auf der Nordseite ausgeprägt.

Als Grundlage für quantitative Untersuchungen der in den Sternbewegungen sich zeigenden allgemeinen Gesetzmäßigkeiten sowie einzelner Bewegungshaufen kann die große Zielpunktsskizze dienen, die auf Tafel 2 verkleinert reproduziert ist. Sie gestattet durch die den Zielpunkten (Kreuzchen) beige-schriebenen laufenden Nummern der Sterne für jeden einzelnen die Daten aus der Kartothek zu entnehmen. Diese bereits bei dem vorigen Katalog von 1930 bewährte Darstellungsart besteht in gnomonischer Zentralprojektion der Sphäre auf einen umschriebenen Würfel, von dem zwei Seitenflächen parallel zur galaktischen Hauptebene liegen und somit die Umgebung der galaktischen Pole abbilden; 4 Kanten liegen parallel zur Vorzugsgeraden, so daß von den übrigen 4 Seitenflächen die Umgebung der für alle Hypothesen bedeutsamen Kardinalpunkte an der Milchstraße abgebildet wird: Vertex und Apex nebst deren Gegenpunkten einerseits und die 90° davon abliegenden andererseits. Die Mittellinie des Würfelnetzes ist der galaktische Äquator, die Kurven und Geraden bilden das Gradnetz des Äquatorsystems ab, nach dem die Sternvertices eingetragen wurden. Zwei für die galaktischen Pol-, bzw. Äquatorquadranten des Würfels konstruierte transparente Netze gestatten, direkt galaktische Koordinaten abzulesen. Bildet man durch Auszählen die Häufigkeitsfunktion der Vertices in Rektaszension und dann in galaktischer Länge, so können aus den Gipfelpunkten der beiden Verteilungskurven sehr einfach beide Koordinaten der Häufungszentren im Äquator und im galaktischen System berechnet werden¹⁾. Tafel 3 zeigt eine Trennung des Materials nach Raumgebieten. Oben alle Nachbarsterne (Parallaxe $\pi \geq 0''04$) bis 25 Parsek oder 81.5 Lichtjahre, links die ferneren bis $\pi \geq 0''01,100$ Parsek oder 326 Lichtjahre und rechts die entferntesten ($\pi < 0''01$), über 100 Parsek oder 326 Lichtjahre. Die beiden ferneren Gruppen sind weiter nach den oben beschriebenen Gebieten unterteilt. Man erkennt bei der Nachbargruppe eine sehr dichte Häufung bei $\alpha = 280^\circ \pm 8^\circ$, $\delta = +5^\circ \pm 5^\circ$, wo 18 Vertices liegen; von dort aus erstreckt sich ein Häufungsgürtel längs der Milchstraße nach Süden. Auf der Gegenseite finden wir bei $\alpha = 90^\circ$, $\delta = +30^\circ$ und $\alpha = 83^\circ$, $\delta = +18^\circ$ Kerne, von denen die hier diffusere allgemeine Häufung ausgeht. Alle Einzelgebiete, bei denen die Sternzahl reich genug ist, zeigen die beiden Hauptdriften. So sieht man zum Beispiel in dem senkrecht zur Vorzugsrichtung gelegenen Gebiet V. sehr deutliche Häufungen, auch in der Gruppe ferner Sterne. Es zeigen also auch die an der Grenze der Meßbarkeit trigonometrischer Parallaxen liegenden Objekte die bekannte Strom- oder Vorzugsbewegung. Da jedoch die Entfernung des Zentrums galaktischer Rotation zu 10.000 Parsek ($\pi = 0''0001$) gefunden wurde, erscheint es gegenwärtig kaum aussichtsreich, an den Sternen mit direkt meßbaren Distanzen eine durch unseren Standpunkt im System hindurchgehende einseitige Änderung der durchschnittlichen Bewegungselemente nachzuweisen.

Nach Seares gelten für Sterne 2. bis 12. Größe folgende statistische Parallaxen:

Scheinbare Helligkeit m	2	4	6	8	10	12
PARALLAXE π	$0''056$	$0''026$	$0''012$	$0''0056$	$0''0027$	$0''0013$

¹⁾ Astronomische Nachrichten 6012, Bd. 251, pag. 185—188 (1934).

Unser Sternmaterial verteilt sich derart auf die Parallaxen, daß:

1739 Sterne mit	$\pi = 0''001 - 0''010$
1392	$= 0''01 - 0''02$
657	$= 0''02 - 0''03$
349	$= 0''03 - 0''04$
186	$= 0''04 - 0''05$
365	$\pi \geq 0''05$

vorkommen.

Das Maximum (265 Sterne) hat $\pi = 0''007$, entspricht also nach Seares Tafel Sternen 8. Größe, die sicher nur wegen abnorm großer Eigenbewegung auf das Parallaxenprogramm gesetzt wurden. In Schlesingers Katalog sind allgemein nur Parallaxen aufgenommen, deren wahrscheinlicher Fehler unter $\pm 0''015$ liegt und alle Beobachtungsreihen, auch die spektroskopischen und dynamischen Parallaxen sind mit größter Sorgfalt auf ein einheitliches System reduziert. — Bei den Radialgeschwindigkeiten mußten für spektroskopische Doppelsterne ohne Bahnbestimmung oder sonst stärker abweichende Einzelresultate in manchen Fällen auch weniger genaue Werte verwendet werden. Für zahlreiche relativ helle Objekte lagen bei Abschluß des Kataloges noch keine Radialgeschwindigkeiten vor; dagegen war es möglich, 49 Sterne aufzunehmen, bei denen in Schlesinger keine Eigenbewegung gegeben ist. Diese fand sich in einer Publikation von Schorr. 54 bei Schlesinger nicht vorkommende Sterne stammen aus meinem älteren Katalog und sind durch ein der in α vorangehenden laufenden Nummer beigefügtes „a“ gekennzeichnet. Weitere 32 Objekte aus dem Verzeichnis dynamischer Parallaxen, für welche alle Daten vorliegen, konnten hier nicht mehr berücksichtigt werden. — Die Umwandlung der Bewegungselemente in galaktische Koordinaten ist in Angriff genommen.

Eine Auszählung der Geschwindigkeitsbeträge nach Spektraltypen zeigt außer der bekannten Zunahme der Geschwindigkeit, wenn man von den B-Sternen über A, F, G, K gegen M fortschreitet (Typen O und N kommen nur wenige vor), sehr auffällige Lücken. So gibt es:

B 3-Sterne

Sternzahl	Geschwindigkeit km/sec
23	5—7
0	7·5
74	8—13
37	14—17
42	17—22
7	24
16	25—27·5
9	29
2	30
5	31—32·5
9	35

B 5-Sterne

Sternzahl	Geschwindigkeit km/sec
14	5—7
0	7·5
74	8—17
4	17·5
2	18
10	20—22
5	24
weitere	bis 32

Bei B 8 verteilen sich die Geschwindigkeiten hauptsächlich von 4—26 km/sec mit einer auffälligen Lücke bei 14·5 km/sec. Auch die zahlreichen A0-Sterne bieten wie B 3 und B 5 um 6 km/sec herum eine Häufung. Durch die Lücke bei 7·5 km/sec getrennt, folgt das Maximum mit Gipfeln bei 10 und 15 km/sec, wobei sich die Häufung mit weiteren Einschnürungen, die man auch bei den B 9-, A 2-, A 3-, A 5-Sternen erkennt, bis etwa 30 km/sec erstreckt.

Die $F0$ -Sterne zeigen um 30 km/sec herum ihr Hauptmaximum und kleinere Knoten, durch Lücken getrennt, die sich bei $F2$, $F5$ meist wiederfinden. Das besonders reiche Material der $K0$ -Sterne bietet Knoten um:

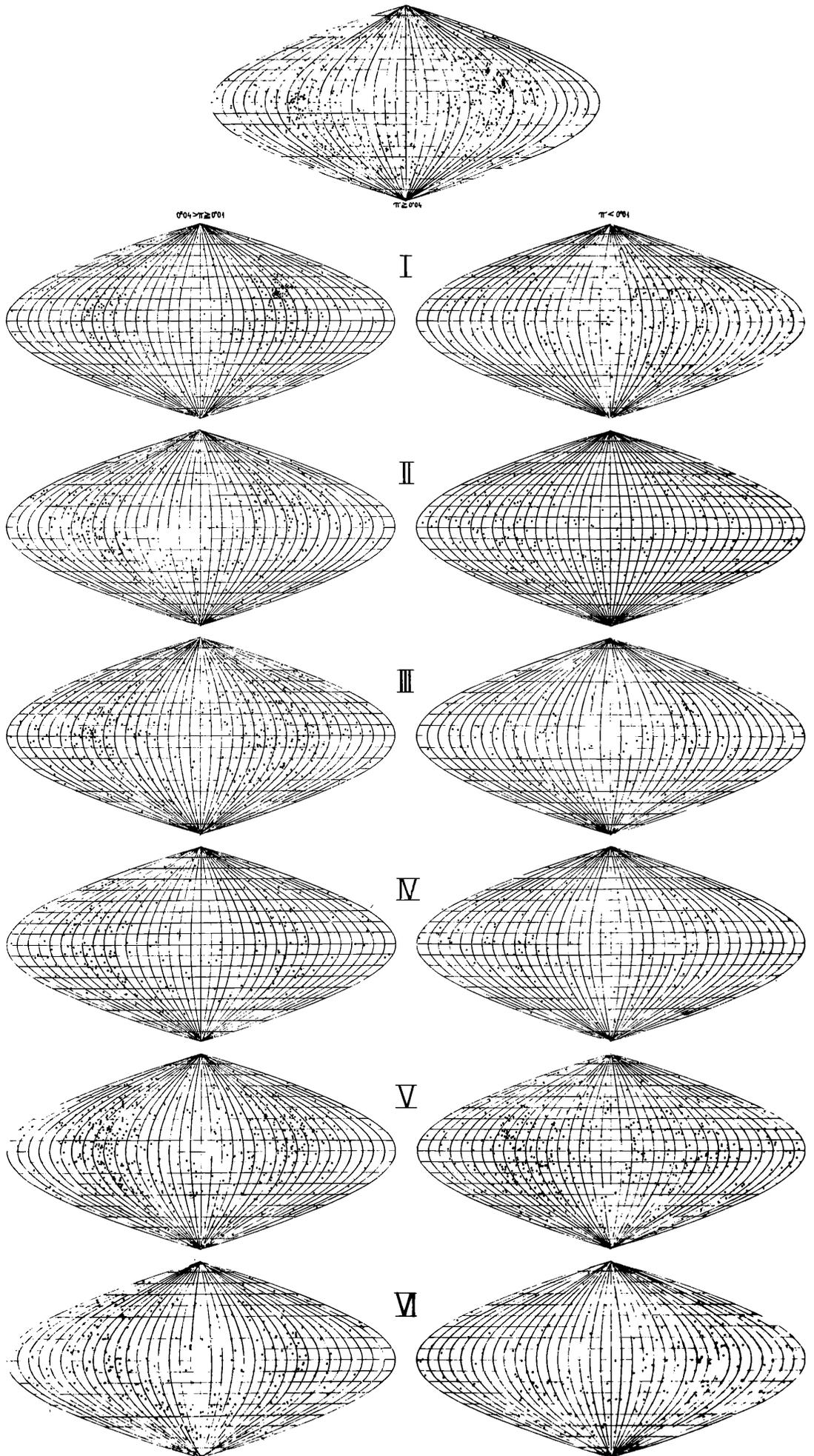
Sternzahl	Geschwindigkeit km/sec
> 20	8
70	10
80	15
110	20
100	25
110	30
70	35
60	40
50	45
48	50
37	55
27	60

Dazwischen liegen Lücken und Einschnürungen. Dann nimmt die Häufigkeit weiter ab; bei 75 , 79 und 84 km/sec sind noch Knoten mit dazwischenliegenden Lücken erkennbar. Beim Typus $K5$ lassen sich trotz der weit geringeren Sternzahl einige Knoten und Lücken von $K0$ wiedererkennen, besonders das Maximum bei 20 km/sec , ebenso noch bei den M -Sternen.

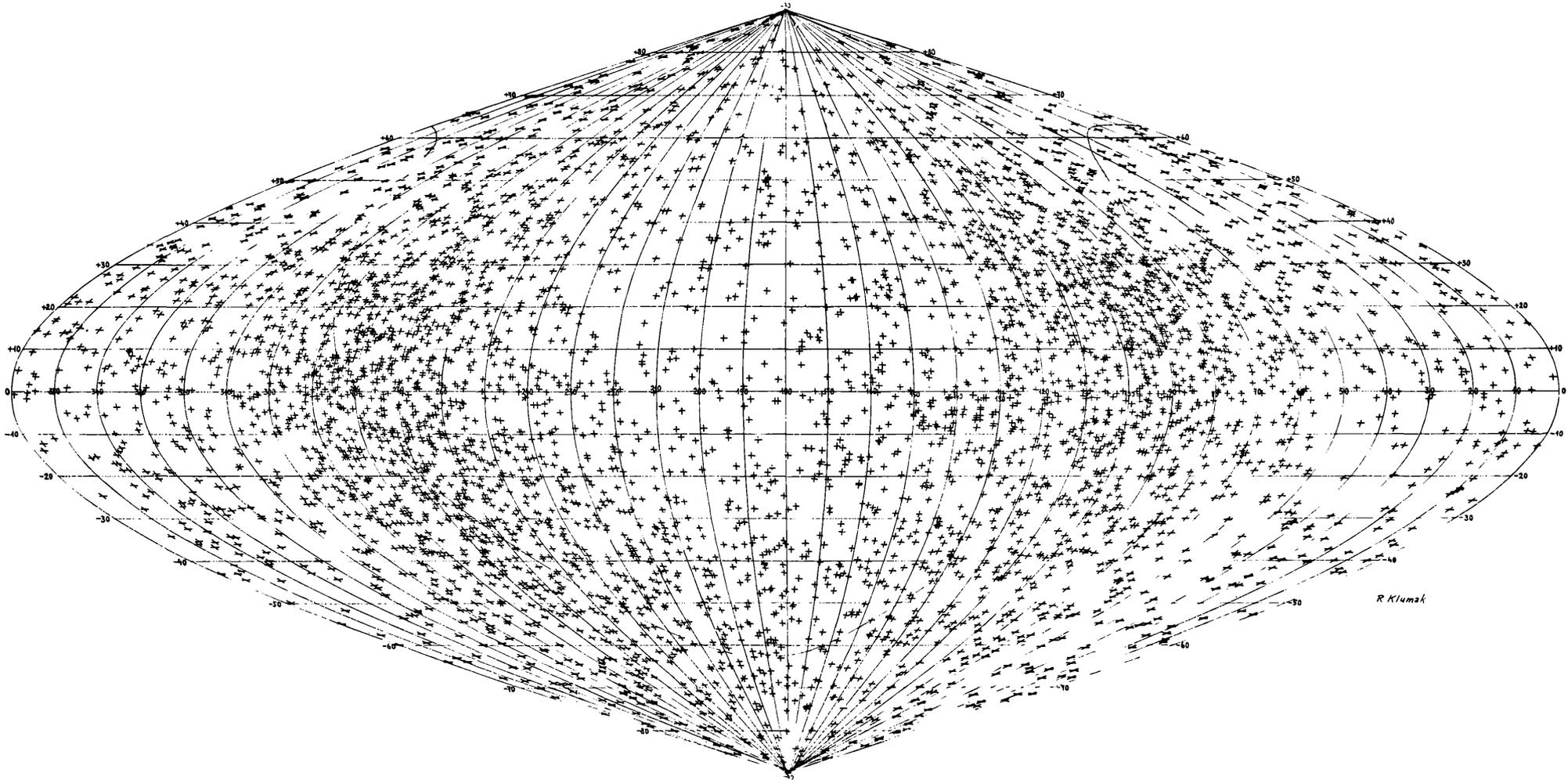
Es wäre vielleicht möglich, diesen Lückeneffekt nach Gauß'schen Prinzipien als Folge von Abrundungs- und Zehntelschätzungsfehlern zu erklären, wenn es sich um direkte Messungswerte wie Radialgeschwindigkeiten handelte. Da aber die totalen Geschwindigkeitsbeträge aus Parallaxe, Eigenbewegung und Radialgeschwindigkeit je nach dem Sternort in ganz verschiedener Weise hervorgehen, kann die Erscheinung doch reell sein. Es wäre denkbar, daß bei den Sternengeschwindigkeiten ähnliche Sprünge und Unstetigkeiten sich vorfinden, wie sie die moderne Atomphysik für die Bewegung der Elektronen annehmen muß. Selbst in der klassischen Himmelsmechanik des Planetensystems kommen durch Kommensurabilitäten der Umlaufzeit mit der des Jupiter bekanntlich Lücken in der Verteilung der mittleren Entfernungen von der Sonne im Schwarm der kleinen Planeten zustande, und auch die Teilungen des Saturnringes wurden auf solche Störungswirkungen seiner Satelliten zurückgeführt. Es müssen also in diesen Systemen gewisse Kreisbahngeschwindigkeiten fehlen. Solange jedoch keine präzise Vorstellung über den dynamischen Aufbau des Sternsystems begründet werden kann, sind derartige Erklärungsversuche verfrüht. Der Zusammenhang zwischen Spektraltypus und Geschwindigkeit weist jedenfalls darauf hin, daß hier kosmogonische Probleme eingreifen. Allgemein finden wir die kleinsten Bewegungen bei den an der Spitze der Entwicklungsreihe stehenden Riesensternen größter Masse. Später wird man bei der Beurteilung des kinetischen Zustandes der einzelnen Spektraltypen zwischen Riesen und Zwergen unterscheiden müssen, und das in der Gastheorie bewährte Gesetz von der Gleichverteilung der Energie scheint auch bei den Sternen zu gelten, solange es sich nicht um besondere Fälle handelt, deren Bewegung nicht durch das Gravitationsfeld des ganzen Systems bestimmt wird. Seares fand für 550 Doppelsterne bekannter Masse der Hauptreihe $A-M$ die Größe $m v^2 \pm 9\%$ konstant. Freilich wissen wir nicht, ob das Newton'sche Gesetz für stellare Distanzen einer Korrektur bedarf und ob nicht noch andere Kräfte wie der Strahlungsdruck oder elektrische Ladungen bei den Massen geringster Dichte eine Rolle spielen, die sich zuletzt in den Bewegungen der dichten Weltkörper auswirken. Die

an Spiralnebeln beobachteten inneren Bewegungen konnten durch Newton's Gesetz nicht erklärt werden.

Trägt man die Geschwindigkeiten als Ordinaten ein für die Parallaxen als Abszissen, so zeigt sich wie bei der Abhängigkeit vom Spektraltypus eine sehr ungleichförmige Verteilung der Punkte. So finden wir z. B. in dem Bereich 24.5 bis 32.5 *km/sec* für $\pi = 0''010$ bei 25 — 26 *km/sec* ein Dutzend Sterne, einen bei 27 , 4 bei 28 , 6 bei 29 — 30 , 12 bei 31 — 32 *km/sec*. Dann für $\pi = 0''018$ bei 29 — 31 18, aber 31 — 34 *km/sec* nur einen Stern. Für $\pi = 0''00$ — $0''02$ tritt etwa bei 14 *km/sec* ein Häufigkeitsmaximum auf, das zu kleineren Geschwindigkeiten steil abfällt, für $\pi = 0''02$ — $0''03$ liegt das Maximum bei 17.5 und ein zweites bei 31 , für $0''03$ — $0''04$ bei 14 und ein höheres bei 28 ; dann rücken diese Maxima zu größeren Geschwindigkeiten, bei $0''04$ — $0''05$ auf 22 und 33 , bei $0''05$ — $0''06$ auf 27.5 und 40 *km/sec*. Bei den nächsten Sternen ($\pi > 0''06$) sind die Ziffern schon zu klein, um den Verlauf sicher darzustellen, doch sieht man etwa bei 24 und 42.5 *km/sec* Maxima. Wenn man die Geschwindigkeit als Funktion der Parallaxe in den einzelnen Gebieten getrennt darstellt, zeigt sich wieder eine ganz ungleichförmige Verteilung, die keine klare Gesetzmäßigkeit erkennen läßt. Bei gewissen Werten liegen dichte Gruppen von Punkten, an anderen Stellen weite Lücken, und diese Verhältnisse ändern sich oft mit $\pm 0''001$ oder $0''002$ der Parallaxe sprunghaft. Erst ein Vergleich aller andern Daten der Sterne einer Gruppe mit gleichem Geschwindigkeitsbetrag, ihre räumliche Anordnung, Bewegungsrichtung, Spektraltypus mit Riesen- oder Zwergcharakter wird entscheiden lassen, ob es sich hier um physische Gesetzmäßigkeiten oder Zufallskoinzidenzen handelt.



Klumak R.: Über die wahre Bewegung der Sterne.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.](#)

Jahr/Year: 1946

Band/Volume: [106](#)

Autor(en)/Author(s): Klumak Robert

Artikel/Article: [8. Über die wahre Bewegung der Sterne. \(Mit 3 Tafeln\). 1-7](#)