mittleren Fehlern:

$$\Delta x_0 = -0''.148 \pm 0''.073 \quad \mu_x = -0''.0142 \pm 0''.0046$$

$$\Delta y_0 = +0.006 \pm 0.105 \quad \mu_y = -0.0193 \pm 0.0067.$$

Die Eigenbewegungen erscheinen leidlich verbürgt. Der m. F. der Gewichtseinheit wird für x : $\pm 0''.469$, für y : $\pm 0''.681$, im Mittel also rund 1.4 mal so groß als der angenommene. Die bei der Ausgleichung übrigbleibenden Fehler sind die folgenden:

Autorität	(B-R) $_x$	(B-R) $_y$	Epoche
Redhill	+0''.35	+0''.80	1854.6
Washington II	+0.54	-0.83	1880.7
Edinburgh	-0.49	-0.03	1887.0
Yale	+0.02	-0.13	1888.4
Greenwich II 10 y	-0.16	+0.04	1894.9
Harvard Coll.	-0.85	+0.02	1895.3

Die Sterne vom 4. Secchischen Typus.

Einleitung. Die vorliegende Untersuchung bildet eine Fortsetzung einer früher veröffentlichten, die Neuen Sterne behandelnden Arbeit (AN 5045). Der Gegenstand der gegenwärtigen Arbeit ist der 4. Secchische Typus. Die Entdeckungsgeschichte dieser Sterne ist allgemein bekannt. Dieser Typus ist in der Harvard-Klassifikation in zwei Untertypen N, R geteilt worden. Die Spektren der N-Sterne sind von *Hale*¹⁾, *Parkhurst* und *Ellerman* eingehend untersucht worden. Diese Forscher haben auch die einzigen bis jetzt veröffentlichten Radialgeschwindigkeiten für Sterne vom Typus N angegeben. Die Klasse R ist mit Rücksicht auf spektrale Verhältnisse von *Rufus*²⁾ besonders untersucht worden. Von demselben Autor rühren 10 Radialgeschwindigkeiten her. Eine längere Reihe von Eigenbewegungen entstammt einer Untersuchung von *N. E. Nörlund* (Publikationer og mindre Meddelelser fra Københavns Observatorium Nr. 9). Diese Untersuchung umfaßt die beiden genannten Spektralklassen. Die Eigenbewegungen sind kurz von *Kapteyn* diskutiert worden (ApJ 32, 1910). Einer mittleren Sterngröße von 8^m.21 entsprechend findet *Kapteyn* eine mittlere Parallaxe $\pi = 0''.0030 \pm 0''.0029$ (w. F.).

Die entsprechende absolute mittlere Sterngröße wird somit -4^m.40. Nach *Rufus* und *Curtiss* scheint die Möglichkeit vorhanden zu sein, eine Spektralserie G, R, N mit zwischenliegenden Unterabteilungen aufzustellen. Der Zweck der vorliegenden Untersuchung besteht in einer vollständigeren Ausnützung der vorliegenden Daten. Der Charakter unserer Arbeit muß natürlich ein vorläufiger sein. Wir haben gewünscht, eine vorläufige Orientierung zu gewinnen. Die Resultate dürfen daher nur als grobe Näherungen betrachtet werden.

Das Material. Ein fast vollständiges Verzeichnis aller bis jetzt bekannten Individuen von Sternen vom 4. Secchischen Typus findet sich in Harv. Ann. 56.2 (Stars having peculiar spectra). Von diesen hier aufgeführten Sternen haben wir als Untersuchungsmaterial diejenigen ausgesucht, die photographisch klassifiziert worden sind. In fast allen anderen Fällen muß der Typus noch als unsicher betrachtet werden. Die Gesamtzahl der mitgenommenen Sterne ist bei Typus N 142 und bei Typus R 61.

¹⁾ University of Chicago Centennial Publications X.

²⁾ Publications of the Observatory of the University of Michigan, Vol. II.

Autorität	(B-R) $_x$	(B-R) $_y$	Epoche
Vassar Coll.	+0''.04	-0''.07	1895.7
Greenwich II 9 y	-0.03	-0.07	1900.1
Paris	-0.05	+0.14	1900.4
Berlin	+0.30	+0.49	1912.8
Babelsberg	+0.04	-0.27	1920.3

Als endgültige Position und Eigenbewegung des Sterns BD +89°3 kann man für Äquinoktium und Epoche 1910.0 annehmen:

m. F.	Präzession	Var. saec.	jährl. EB.
$x = +526''.85 (\pm 0''.07)$	-20''.2384	+0''.0058	-0''.014
$y = +862.01 (\pm 0.10)$	+0.1177	-0.4522	-0.019.

Die für das Jahr 1922 in Aussicht genommene Ephemeride des Sterns soll später mitgeteilt werden.

Berlin-Babelsberg, 1921 Mai 7.

L. Courvoisier.

Von C. Luplau-Janssen und G. Haarh.

Für 78 von diesen Sternen hat *Nörlund* die Eigenbewegung angegeben. Die Klassen sind hier getrennt behandelt worden. 18 Radialgeschwindigkeiten sind von *Hale*, *Parkhurst* und *Ellerman* und *Rufus* bestimmt worden. Von diesen beziehen sich 10 auf die Klasse R und 8 auf die Klasse N. Das auf diese Weise zusammengestellte Material haben wir einer rechnerischen Behandlung unterzogen. Um nicht zu viel Platz zu beanspruchen, werden wir das Material hier nicht in extenso anführen.

Die Entfernungen. Um die räumliche Verteilung dieser Sterne untersuchen zu können, müssen wir uns eine Kenntnis ihrer relativen Entfernungen verschaffen. Wir setzen daher voraus, daß alle Sterne der Klasse N dieselbe absolute Helligkeit besitzen. Die gleiche Annahme wird für die Sterne der Klasse R aufgestellt. Man muß sich daran erinnern, daß es sich um zwei gut definierte Kategorien von Sternen handelt. Wir können daher mit einer gewissen Gleichförmigkeit rechnen. Andererseits ist es zwar sehr wahrscheinlich, daß die Annahme nicht ganz genau ist, sondern daß eine gewisse Streuung der absoluten Helligkeiten vorhanden ist. Wenn die Größe dieser Streuung bekannt wäre, hätten wir auch Rücksicht auf diesen Umstand nehmen können. Diese Verhältnisse sind, wenn es sich um N-Sterne handelt, noch völlig unbekannt. Wir würden es daher für sehr gewagt halten, eine bestimmte Hypothese über die Größe dieser Streuung einzuführen. Durch R bezeichnen wir die Entfernung eines Sterns der scheinbaren Helligkeit 0^m.0. Wir erhalten dann für einen Stern der Größe n die Entfernung r aus $r = R \cdot 10^{0.2n}$.

Vermittelt dieser einfachen Formel haben wir die relativen Entfernungen bestimmt. Der Wert des Parameters R in den gewöhnlichen Einheiten soll später festgelegt werden. Viele der benutzten Sterne sind veränderlich. Wir haben dann die maximale Helligkeit benutzt. Wenn keine Harvard-Helligkeit zur Verfügung war, haben wir die BD-Helligkeit mit passender Korrektur benutzt.

Die räumliche Verteilung. Wie bekannt, zeigen die Sterne vom Spektraltypus N eine sehr ausgesprochene galaktische Konzentration. 87 % aller bekannten Individuen

befinden sich in den galaktischen Gegenden. Nur die Wolf-Rayet-Sterne und vielleicht die planetarischen Nebel drängen sich dichter um die Milchstraße zusammen. Von vornherein müssen wir dann ein sehr abgeplattetes System erwarten. Durch l und b bezeichnen wir galaktische Länge und Breite in dem gewöhnlichen galaktischen Koordinatensystem. Die entsprechenden rechtwinkligen Koordinaten ergeben sich dann durch:

$$\begin{aligned}x &= r \cos b \cos l = R \cdot 10^{0.2n} \cos b \cos l \\y &= r \cos b \sin l = R \cdot 10^{0.2n} \cos b \sin l \\z &= r \sin b = R \cdot 10^{0.2n} \sin b\end{aligned}$$

Nach dieser Formel sind die Koordinaten x, y, z für jeden Stern berechnet worden.

Die Diagramme I, II, III zeigen die Anordnung der N-Sterne im Raume. Diese Sterne bilden ein sehr abgeplattetes System. Die Milchstraßenebene ist Symmetrieebene. Diese Anordnung entspricht sehr gut derjenigen, die *Charlier*¹⁾ für die B-Sterne gefunden hat. Die Verteilung der R-Sterne ist auf den Diagrammen IV, V, VI gezeigt. Gegen unsere Erwartung zeigen diese Sterne eine fast sphärische Verteilung im Raume. Nur die N-Sterne haben wir mit Rücksicht auf räumliche Verteilung weiter behandelt. Bezeichnen wir durch x_0, y_0, z_0 die Koordinaten des Schwerpunktes des Systems der N-Sterne, so finden wir die folgenden numerischen Werte:

$$x_0 = \sum x/N = +0.289 R$$

$$y_0 = \sum y/N = -5.669 R$$

$$z_0 = \sum z/N = -0.773 R$$

(N = Zahl der benutzten Sterne).

¹⁾ Studies in stellar statistics III.

Der Schwerpunkt des Systems der N-Sterne befindet sich hiernach in der Richtung, welche definiert ist durch

$$l_0 = 272^\circ 9 \quad \text{oder} \quad \text{RA} = 13^{\text{h}} 2 \\ b_0 = -7^\circ 7 \quad \text{Dekl.} = -70^\circ 0.$$

Um den Wert von R zu bestimmen, setzen wir die hier gefundene z_0 -Koordinate gleich dem für die B-Sterne von *Charlier* (l.c.) gefundenen, in Siriometern ausgedrückten Wert. Es ergibt sich dann

$$z_0 = -0.773 R = -3.96 \text{ Siriometer} \\ \text{oder } R = 5.13 \text{ Siriometer.}$$

Setzen wir noch voraus, daß die Schwerpunkte der beiden betrachteten Systeme zusammenfallen, so finden wir für R einen zweiten Wert. Wir haben nach *Charlier*

$$q_0 = 18.21 \text{ Siriometer}$$

und dann weiter

$$5.73 R = 18.21 \text{ Siriometer} \quad \text{oder } R = 3.18 \text{ Siriometer.}$$

Aus den Diagrammen scheint hervorzugehen, daß das System der N-Sterne weniger abgeplattet ist als das System der B-Sterne. Ein Vergleich der beiden betreffenden Streuungen scheint daher nicht zweckmäßig. Wir geben nun eine Übersicht über die für die Systeme der galaktisch sehr konzentrierten Sterne gefundenen Schwerpunktskoordinaten.

Typus	RA.	Dekl.	Autorität
B	$7^{\text{h}} 7$	$-55^\circ 52$	<i>Charlier</i>
O	17.82	-30.36	<i>Gyllenberg</i>
Novae	17.3	-30.5	<i>Luplau-Janssen</i>
N	13.2	-70.0	
			<i>Haarh</i>

Sie stimmen nicht gut überein. Aber in allen Fällen liegt doch der Schwerpunkt gegen Süden.

Nach dem von *Charlier* angegebenen Verfahren haben wir weiter die Momente der zweiten Ordnung berechnet¹⁾. Es ergeben sich dann für die Dispersionen in den drei Hauptrichtungen

$$\sigma_x = 37.0 R \text{ Siriometer} = 136 \text{ Siriometer} \\ \sigma_y = 52.6 R \quad \text{»} \quad = 194 \quad \text{»} \\ \sigma_z = 15.4 R \quad \text{»} \quad = 57 \quad \text{»}$$

Die kürzeste Achse ist gegen den nördlichen galaktischen Pol gerichtet. Die genaue aus den hier angedeuteten Rechnungen sich ergebende Richtung ist

$$\text{RA} = 184^\circ 8 \quad \text{Dekl.} = +26^\circ 1.$$

Die gefundene Verteilung im Raume ist näherungsweise durch den folgenden Ausdruck dargestellt:

$$AN = 0.0000060 \cdot e^{(-x^2/2\sigma_x^2 + y^2/2\sigma_y^2 + z^2/2\sigma_z^2)}.$$

AN bezeichnet die Zahl von N-Sternen innerhalb eines Kubiksiriometers mit seinem Zentrum im Punkte x, y, z . Wir setzen hier $\sigma_x = \sigma_y = 158 \text{ Siriometer}$ und $\sigma_z = 57 \text{ Siriometer}$.

Die Eigenbewegungen. Das früher beschriebene Material von Eigenbewegungen ist in folgender Weise behandelt worden. Wir setzen:

$$\mu_a \cos \delta = u \quad \mu_\delta = v.$$

Weiter haben wir

$$U = ru = R \cdot 10^{0.2n} u \quad \text{und} \quad U/R = u' \\ V = rv = R \cdot 10^{0.2n} v \quad V/R = v'.$$

¹⁾ Studies in stellar statistics III.

Die »reduzierten« Geschwindigkeitskomponenten im gewöhnlichen astronomischen Koordinatensystem bezeichnen wir weiter durch U''/R , V''/R und W''/R .

Für die Bestimmung der Elemente der Sonnenbewegung dienen dann die beiden Gleichungen:

$$u' = \gamma_{11} U''/R + \gamma_{21} V''/R + \gamma_{31} W''/R \\ v' = \gamma_{12} U''/R + \gamma_{22} V''/R + \gamma_{32} W''/R$$

$$\text{wo} \quad \gamma_{11} = -\sin \alpha \quad \gamma_{12} = -\sin \delta \cos \alpha \\ \gamma_{21} = +\cos \alpha \quad \gamma_{22} = -\sin \delta \sin \alpha \\ \gamma_{31} = 0 \quad \gamma_{32} = +\cos \delta$$

Dem Verfahren von *Charlier* gemäß haben wir den ganzen Himmel in 48 gleich große Teile eingeteilt. Innerhalb jedes dieser Felder ist die mittlere Eigenbewegung in Rektaszension und Deklination nach Reduktion auf Größe $0^{\text{m}} 0$ berechnet worden. Aus den obigen Gleichungen finden wir dann

$$U''/R = +0^{\text{m}} 124 \pm 0^{\text{m}} 13 \\ V''/R = -0.1288 \pm 0.16 \\ W''/R = -0.3275 \pm 0.13$$

Die Elemente der Sonnenbewegung sind dann:

$$\text{Apex} \left\{ \begin{array}{l} \text{RA} \quad 95^\circ 5 \\ \text{Dekl.} \quad +68.5 \end{array} \right. \quad s = 0^{\text{m}} 352$$

Unter Annahme einer Sonnengeschwindigkeit von 4.66 Siriometern p.St.J. finden wir den Wert des Parameters

$$R = 2.73 \text{ Siriometer.}$$

Die hier gefundenen Apexkoordinaten weichen von den gewöhnlich angenommenen ziemlich stark ab. Der hier gefundene Zielpunkt liegt, wie es auch der Fall bei anderen schwachen Sternen ist, sehr hoch. (Vergl. die Untersuchung von *Dyson* und *Thackeray*, MN 65.428).

Endgültige Bestimmung des Parameters R . Wir haben oben drei verschiedene Werte für R gefunden, nämlich:

- 1) aus der galaktisch. z -Koordinate der Sonne 5.13 Siriometer
 - 2) a.d. Entfern. d. Sonne v. Mittelpunkt d. Syst. 3.18 »
 - 3) aus den Eigenbewegungen 2.73 »
- Im Mittel 3.68 Siriometer

Die entsprechende Parallaxe wird $\pi = 0^{\text{m}} 040$.

Die absolute Helligkeit, bezogen auf die Entfernung entsprechend einer Parallaxe von $1^{\text{m}} 0$, wird hiernach

$$m_{\text{abs.}} = -6^{\text{m}} 30.$$

Die N-Sterne sind also sehr lichtstark. Zum Vergleich führen wir die absoluten Lichtstärken einiger Haupttypen an.

O	$-6^{\text{m}} 2$	<i>Gyllenberg</i>
B	-6.8	<i>Charlier</i>
A	-4.9	<i>Malmquist</i>
F	-2.6	<i>Lundahl</i>
δ Cephei-Typus	-7.3	<i>Hertzsprung</i>
Novae im Max.	-6.6	<i>Luplau-Janssen, Haarh</i>
N	-6.3	Gegenwärtige
R	-5.0	
		Untersuchung.

Der Wert für die Klasse R hat sich durch Diskussion der Eigenbewegungen ergeben. Die räumliche Verteilung läßt keine Möglichkeiten für Parameterbestimmungen übrig. Für diese Klasse finden wir:

$$U''/R = -0^{\text{m}} 21 \quad V''/R = -0^{\text{m}} 37 \quad W''/R = -0^{\text{m}} 09$$

$$\text{Klasse R} \quad s = 0^{\text{m}} 43 \quad R = 2.03 \text{ Siriometer.}$$

Die Geschwindigkeitsverteilung (Klasse N). In Anbetracht der sehr geringen Anzahl von Eigenbewegungen würde es nicht zweckmäßig sein, die langen und mühevollen Rechnungen, die für die Berechnung eines vollständigen Geschwindigkeitsellipsoids notwendig sind, zu unternehmen. Um eine vorläufige Übersicht zu gewinnen, haben wir ein kürzeres Verfahren gewählt. Wir gebrauchen dazu ein Koordinatensystem, dessen Achsen mit denjenigen des für die B-Sterne gefundenen Geschwindigkeitsellipsoids zusammenfallen. Die Ξ -Achse ist gegen den ersten Vertex gerichtet, die Z -Achse ist gegen einen Punkt unweit des galaktischen Nordpols gerichtet. Mit den oben angeführten Bezeichnungen haben wir dann:

$$\begin{array}{ccc} & \xi & \eta & \zeta \\ U'' & a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ V'' & a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ W'' & a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{array}$$

Weiter haben wir

$$\begin{aligned} U &= \gamma_{11} U'' + \gamma_{21} V'' + \gamma_{31} W'' \\ V &= \gamma_{12} U'' + \gamma_{22} V'' + \gamma_{32} W'' \end{aligned}$$

Durch Elimination von U'' , V'' und W'' ergibt sich dann

$$\begin{aligned} U &= \xi e_{11} + \eta e_{12} + \zeta e_{13} \\ V &= \xi e_{21} + \eta e_{22} + \zeta e_{23} \end{aligned}$$

Die Werte von $e_{11} \dots e_{23}$ sind von *Gyllenberg* (Lund Meddelande 65) tabuliert worden. Wenn wir die letzten zwei Gleichungen quadrieren, erhalten wir, indem wir durch M Mittel bezeichnen:

$$\begin{aligned} M(U^2) &= M(\xi^2) e_{11}^2 + M(\eta^2) e_{12}^2 + M(\zeta^2) e_{13}^2 \\ M(V^2) &= M(\xi^2) e_{21}^2 + M(\eta^2) e_{22}^2 + M(\zeta^2) e_{23}^2 \end{aligned}$$

Die Korrelationsglieder sind nicht mitgenommen worden. Vermutlich dieser Gleichungen finden wir

$$\sigma_{\xi} = 2.91 \text{ Sir.} \quad \sigma_{\eta} = 1.25 \text{ Sir.} \quad \sigma_{\zeta} = 4.53 \text{ Siriometer.}$$

Kopenhagen-F, Urania-Sternwarte, 1921 April.

Die absolute Helligkeit des Milchstraßenlichtes. Von A. Pannekoek.

In meiner Abhandlung »Die nördliche Milchstraße« ist die Helligkeit des Milchstraßenlichtes für alle Eckpunkte und Zentren der Quadratgrade des galaktischen Gürtels in einer Anzahl Tabellen S. 92–107 angegeben. Die Skala dieser Helligkeitsangaben ist eine willkürlich gebildete, während der Beobachtung intuitiv entstandene Stufenskala¹⁾, deren Bedeutung nur an teilweise fingierten Helligkeitszahlen S. 9–10 einigermaßen erläutert werden konnte. Inzwischen erschien die schöne Arbeit *Van Rhijn* über die Helligkeit des nächtlichen Himmels nach seinen Beobachtungen auf Mt. Wilson²⁾, die, weil der Druck schon zu weit fertiggestellt war, in meiner Abhandlung nicht mehr berücksichtigt werden konnte. Sie gestattet, die Stufenskala in absoluten Helligkeitswerten auszuwickeln.

Als Einheit für die Flächenhelligkeit des Himmelsgrundes wurde nach dem Beispiel *Kapteyns* das Licht eines Sterns der Größe 1^m0, ausgebreitet über einen Quadratgrad, genommen. Für die höheren galaktischen Breiten wurde die aus dem Sternenlicht stammende Helligkeit aus den Stern-

Als Wert von R ist hier 3.68 Siriometer angenommen. Es ist zu bemerken, daß der Spielraum senkrecht zur Milchstraße am größten zu sein scheint. Ob dieses Resultat als reell betrachtet werden kann, muß vorläufig dahingestellt werden. Jedenfalls verdienen diese eigentümlichen Verhältnisse weitere Beachtung.

Die wenigen Radialgeschwindigkeiten der beiden Spektralklassen sind auch diskutiert worden. Die Resultate sind indessen nur recht unsicher. Für die Klasse N finden wir:

$$\begin{aligned} U'' &= + 5.8 \text{ km/sec.} \\ V'' &= + 7.5 \text{ } \\ W'' &= - 0.9 \text{ } \\ K &= + 13.95 \text{ } \quad (\text{Campbells error-term.}) \\ \text{Apex } \left\{ \begin{array}{l} \text{RA} = 276^\circ 8 \\ \text{Dekl.} = - 37.5 \end{array} \right. \quad s = 9.53 \text{ km/sec.} \end{aligned}$$

Auf dieselbe Weise ergibt sich für die Klasse R:

$$s = 29 \text{ km/sec.} \quad K = 9.4 \text{ km/sec.}$$

Die K-Glieder sind in beiden Fällen sehr groß. Wir können jedoch diese Resultate nicht als reell betrachten, wenn sie auch wahrscheinlich sein mögen. Das Material ist viel zu gering.

Übersicht. Als Resultat dieser kurzen Überlegungen geht hervor, daß die N-Sterne Riesensterne mit der absoluten Helligkeit $-6^m.3$ sind. Sie bilden ein gegen die Ebene der Milchstraße sehr abgeplattetes System. Die R-Sterne bilden ein fast kugeliges System und besitzen eine absolute Helligkeit von $-5^m.0$. Die Bewegungsverhältnisse der N-Sterne scheinen einige Besonderheiten darzubieten. Das K-Glied scheint für die beiden hier betrachteten Klassen groß zu sein. Das stimmt gut mit dem frühen Platze in der Spektralreihe, den wir diesen Sternen zuschreiben müssen. Die von *Rufus* aufgestellte Spektralfolge N, R, G wird durch diese Untersuchungen wohl nicht direkt bestätigt, aber keinesfalls ergibt sich ein Widerspruch.

C. Luplau-Janssen, G. E. H. Haarh.

zählungen theoretisch berechnet; für das übrigbleibende Licht wurden Verteilungsgesetz und Ursprung (Zodiakallicht, Nordlicht, zerstreutes Erdlicht) bestimmt; diese Lichtmengen, von der gemessenen Helligkeit in niederen galaktischen Breiten abgezogen, ergaben die Werte für das wirkliche Milchstraßenlicht, die bei *Van Rhijn* in den Tabellen 7 und 26 (»Starlight«) enthalten sind. Für diese wurde nun die Helligkeit in der Stufenskala der Tabellen S. 92–107 meiner Abhandlung ermittelt; da die von *Van Rhijn* gemessene Fläche einen Durchmesser von $2^\circ.7$ am Himmel hatte, wurde als Stufenwert jedesmal das Mittel aus 5 benachbarten Quadratenecken genommen. Die Rechnung ist sowohl mit den Mittelzahlen der beiden Beobachter *P* und *E* (S. 92–96) wie mit denen der 4 Beobachter *S*, *B*, *E* und *P* (S. 100–104) durchgeführt.

In der weiter unten folgenden Tafel finden sich die Mittelwerte der Stufen (s) und der Helligkeiten (H). Nach *Van Rhijn* nimmt das Sternenlicht von 20° Breite, wo es im Durchschnitt 0.044 beträgt (der Stufe 1.0 entsprechend) noch weiter nach außen ab, wo die visuellen Beobachtungen fehlen,

¹⁾ Dies gilt nur für die Beobachter *Pannekoek* und *Easton*; für *Schmidt* und *Boeddicker* wurden die Stufenzahlen aus den Gradationen des schwarzen Tons in ihren Zeichnungen von mir ermittelt.

²⁾ *P. J. Van Rhijn*. On the brightness of the sky at night and the total amount of starlight. Groningen Publications 31 (1921).