

Nr.	Stern	δ	April 21	April 22	Mai 7	Mai 8	Mai 13	Mai 14	Mai 15	Mai 16	Mai 18	Mai 19	Mai 22	Mai 24	Mai 25	Mittel M_1	Δ
18	α Librae	$-15^\circ 42'$	21.74	20.96	21.13	22.14	20.98	21.73	22.37	21.35	21.51	21.85	21.74	21.44	21.59	21.58	-0.03
19	β Ursae min.	$+74^\circ 29'$	12.70	12.88	11.97	12.33	11.68	11.84	11.39	12.30	12.87	12.51	12.00	12.17	12.13	12.22	$+0.67$
20	P. G. C. 3823	$-10^\circ 49'$	9.08	8.87	9.52	9.46	9.17	—	10.22	9.18	8.49	9.40	9.81	9.79	—	9.40	—
21	β Bootis	$+40^\circ 42'$	34.52	34.23	34.58	34.91	33.68	33.35	32.89	33.84	34.15	33.76	32.90	32.96	33.46	33.78	$+0.14$
22	ψ Bootis	$+27^\circ 15'$	46.00	47.33	46.58	46.19	45.98	—	44.89	46.61	46.89	46.52	46.36	46.22	46.19	46.29	$+0.43$
23	P. G. C. 3855	$+25^\circ 11'$	2.51	2.56	2.32	2.37	1.92	1.72	1.67	1.98	2.58	2.30	2.10	2.09	1.95	2.14	—
24	» 3867	$+19^\circ 16'$	48.61	48.43	48.39	48.43	48.13	48.31	47.69	48.21	48.90	48.42	48.57	48.54	48.29	48.36	—
25	δ Bootis	$+33^\circ 37'$	58.98	59.27	58.80	58.12	58.48	58.40	57.87	58.53	58.57	58.32	58.33	58.39	58.53	58.50	-0.13
26	P. G. C. 3895	$+2^\circ 4'$	15.42	15.96	15.33	15.60	16.13	15.50	15.32	14.96	15.59	15.40	14.43	14.84	15.19	15.34	—
27	γ Ursae min.	$+72^\circ 7'$	—	20.29	19.57	20.82	19.99	19.84	19.46	20.12	19.86	20.44	20.49	20.48	20.36	20.15	$+0.18$
28	β Coron. bor.	$+29^\circ 23'$	3.47	3.51	3.26	3.46	3.35	2.62	2.34	3.12	3.08	2.89	3.31	3.09	2.88	3.11	$+0.13$
29	ν^1 Bootis	$+41^\circ 6'$	30.59	30.54	30.93	29.84	30.93	30.75	30.04	30.35	30.71	30.79	30.46	30.24	30.88	30.55	-0.10
30	α Coron. bor.	$+26^\circ 59'$	11.32	11.27	11.74	11.20	11.35	11.29	10.64	11.33	11.79	11.26	11.62	11.67	11.89	11.42	$+0.03$

Zur Untersuchung der systematischen Fehler dieser Reihen wurden zuerst die Gruppen I bis V zu Mitteln vereinigt und für jeden Stern der Wert $M_1 = \frac{1}{4}[\frac{1}{2}(I+V)+II+III+IV]$ gebildet. Die nach Z.-D. geordneten Abweichungen der Einzelwerte von M_1 zeigen nur in den Unterschieden II—III einen geringen Gang, der auf Biegung zurückzuführen ist. Im übrigen ließen sich die Differenzen gegen M_1 am besten durch die Annahme zeitlich veränderlicher Zenitpunktsfehler darstellen. Diese wurden durch graphische Ausgleichung er-

mittelt und die Verbesserungen an die Einzelwerte der obigen Tabelle angebracht. Aus den verbesserten Werten wurde ein neues Mittel M_2 in völlig derselben Weise wie M_1 gebildet. Die neuen, nach Z.-D. geordneten Unterschiede gegen M_2 , zeigen in den Lagen I bzw. V und IV keinen systematischen Gang, in II und III dagegen denselben Gang wie vorher. Diese, für verschiedene Objektvlagen gebildeten Differenzen, nach Z.-D. geordnet und zu Mitteln vereinigt, seien hier angegeben. Es ist:

Z.-D.	$35^\circ 1' N$	$21^\circ 1' N$	$0^\circ 5' S$	$10^\circ 4' S$	$19^\circ 2' S$	$23^\circ 5' S$	$31^\circ 3' S$	$48^\circ 8' S$	$60^\circ 0' S$
$\frac{1}{2}(I/V-IV)$	$+0.10$	$+0.05$	-0.07	-0.02	$+0.06$	-0.03	$+0.02$	$+0.11$	$+0.01$
$\frac{1}{2}(II-III)$	$+0.11$	$+0.15$	$+0.06$	$+0.08$	$+0.09$	-0.01	-0.02	-0.09	-0.11
Anzahl d. Sterne	2	3	3	3	4	3	5	4	3

Aus den vorstehenden Abweichungen wurden wiederum graphisch für die Lagen II und III Biegungskorrekturen ermittelt und aus den dafür verbesserten Einzelwerten schließlich die einfachen Mittel $M_3 (= 1/n \cdot \Sigma \delta)$ aller Beobachtungen unter Annahme gleichen Gewichtes hergeleitet. Die endgültigen Werte M_3 sind in der Tabelle enthalten.

Als mittlerer Fehler einer Beobachtung ergibt sich aus den Abweichungen der unverbesserten Einzelwerte der Tabelle gegen M_1 der Wert ± 0.42 , der nach Anbringen aller systematischen Korrekturen auf ± 0.34 heruntergeht. Der m. F. eines Mittelwertes aus 13 Beobachtungen ist also ± 0.10 .

Schließlich wurden noch die Abweichungen $\Delta =$

$(M_3 - N. F. K.)$ gegen den N. F. K. gebildet. Ordnet man die Δ nach Zenitdistanzen, so ist ein Gang nicht zu erkennen; vielmehr lassen sich die sämtlichen Δ zu einem Mittelwert¹⁾ vereinigen, der unter Ausschluß des stark abweichenden Sternes 19 den Betrag $+0.09$ (21 Sterne), unter Beibehaltung dieses Sternes $+0.11$ (22 Sterne) ergibt. Die Abweichung der mittleren Polhöhe von derjenigen zur Zeit der Beobachtungen ist nach den Angaben von Greenwich²⁾ sehr nahe null. Die ermittelten Deklinationen sind also um den konstanten Wert von 0.10 gegen den N. F. K. zu groß; um diesen Betrag wäre möglicherweise die angenommene Polhöhe zu verkleinern.

Königstuhl-Sternwarte, 1920 Juli 31.

A. Kopff.

¹⁾ Da Stern 1 in U. C. beobachtet ist, so wurde für diesen das Vorzeichen von Δ bei der Mittelbildung umgekehrt.

²⁾ Monthly Notices Vol. 80 Nr. 5 S. 455.

Untersuchungen über das System 70 Ophiuchi. Von F. Pavel.

Die zahlreichen Versuche, die Bahnelemente dieses Systems zu bestimmen, haben trotz des großen Beobachtungsmaterials bisher zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. Die Erfolge standen in keinem Verhältnis zu der aufgewandten Arbeit, entweder ließen sich die Beobachtungen von vornherein nicht mit den Elementen in Übereinstimmung bringen, oder aber spätere Beobachtungen ergaben unzulässig große Abweichungen von den Vorausberechnungen. Da man von der Gültigkeit des Newtonschen Gesetzes bei den Doppelsternbewegungen überzeugt war, konnte als Ursache dieser Abweichungen nur ein störender Körper in Betracht kommen.

Die Versuche, diesen hypothetischen Körper zu finden, sind bisher ohne Erfolg geblieben. Jedoch beweist dieser Mißerfolg noch nichts gegen seine Existenz. See¹⁾, Doolittle²⁾ und Lewis³⁾ nehmen zur Erklärung der Anomalien an, daß der Begleiter einen Satelliten besitzt, der in etwas mehr als 30 Jahren einen Umlauf vollendet. Prey⁴⁾, angeregt durch die Untersuchungen Seeligers über ζ Cancri, versucht die Unregelmäßigkeiten in der Bewegung des Begleiters von 70 Ophiuchi durch den Einfluß eines weit entfernten Körpers zu erklären. Beide Annahmen erweisen sich aber als unhaltbar. Im ersten Falle werden die Abweichungen von der

¹⁾ AJ 363, Evolution of Stellar Systems.

²⁾ AJ 400.

³⁾ Mem. R. A. S. 56.

⁴⁾ Denkschr. der Wiener Akad. 52.

Ellipse so groß, daß diese nicht mehr als erste Näherung angesehen werden kann, und ferner ist ein derartiges System auf die Dauer nicht stabil, wie *Moulton*¹⁾ bewiesen hat. Wäre hingegen die Vermutung von *Prey* richtig, so käme der dritten Komponente eine Masse zu, die das mehr als hundertfache der Sonnenmasse wäre. Der Doppelstern müßte in relativ kurzer Zeit eine Bahn mit großem Radius beschreiben. Diese Bewegung müßte sich in einer langsamen Änderung der Eigenbewegung zeigen. Die Meridianbeobachtungen lassen aber nichts derartiges erkennen. Nach *Lohse*²⁾ und *Lau*³⁾ finden die Anomalien ihre Erklärung in den zufälligen und systematischen Beobachtungsfehlern.

Seit Beginn der Messungen *W. Struves* hat der Begleiter schon etwas mehr als einen Umlauf zurückgelegt. Es ist daher jetzt das Material für eine eingehende Untersuchung der Bewegungsverhältnisse des Systems vorhanden. Es sollen daher neue Elemente abgeleitet werden ohne Anschluß an eine der schon vorhandenen Bahnen, und es soll untersucht werden, ob aus den Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung auf das Vorhandensein eines störenden Körpers geschlossen werden kann.

Nach der graphischen Methode von *Zwiers* wurde folgendes provisorische Elementensystem I abgeleitet:

$$\begin{array}{lll} T = 1895.72 & \varphi = 30^{\circ} & i = 59^{\circ}41' \\ a = 4''581 & \omega = 166.68 & \mu = -4.106 \\ e = 0.500 & \Omega = 122.87 & U = 87.68 \text{ Jahre.} \end{array}$$

Mit diesen Elementen wurden sämtliche Beobachtungen verglichen. Die Differenzen im Sinne Beobachtung — Rechnung wurden in Millimeterpapier eingetragen und dann zwei Ausgleichskurven hindurchgelegt, von denen der einen ein möglichst glatter Verlauf gegeben wurde, während bei der zweiten auf die Zahl der Wendepunkte keine Rücksicht genommen wurde. Den Kurven für die Positionswinkel, da nur diese zur Bahnverbesserung verwendet werden sollen, wurden 28 Werte in geeigneten Intervallen entnommen. Wegen der größeren Unsicherheit der älteren Beobachtungen erhielten die ersten drei Werte das Gewicht $\frac{1}{2}$, alle anderen das Gewicht 1. Die beiden Ausgleichungen ergaben nicht wesentlich voneinander verschiedene Resultate, sodaß das Mittel aus beiden Auflösungen als Verbesserungen der Elemente angesehen wurde. Ferner wurde die große Achse um $0''066$ verkleinert, um die Distanzen besser darzustellen. Somit ergeben sich die Elemente II:

$$\begin{array}{lll} T = 1895.968 & \varphi = 29^{\circ}886 & i = 58^{\circ}688 \\ a = 4''515 & \omega = 166.205 & \mu = -4.1129 \\ e = 0.4983 & \Omega = 122.570 & U = 87.528 \text{ Jahre.} \end{array}$$

Mit diesen Elementen wurde eine sehr ausführliche Ephemeride gerechnet, alle Beobachtungen damit verglichen und die Differenzen graphisch aufgetragen. Die Kurve der Positionswinkeldifferenzen läßt nichts erkennen, was auf die Wirkung eines Körpers mit längerer Umlaufszeit hindeutet. Jedoch zeigen sich in der Zeit 1883–1911 mehrere ziemlich deutlich ausgeprägte Wellen mit einer Periode von 6.5 Jahren und einer Maximalamplitude von einem Grad. Da eine weitere Ausgleichung, bei der beide Koordinaten gleichmäßig berücksichtigt wurden, diese Wellen nicht zum Verschwinden bringen konnte, wird man nicht umhin können, anzunehmen, daß sie durch einen störenden Körper verursacht sind. Für die weitere Rechnung wurde angenommen, daß der dritte Körper ein

naher Begleiter des Hauptsterns ist. Für die als elliptisch angenommene Bahn des Hauptsternes um den Schwerpunkt des sekundären Systemes ergeben sich folgende Elemente:

$$\begin{array}{ll} T = 1899.0 & \lambda = 150^{\circ}0 \\ a = 0''033 & i = 0.0 \\ e = 0.1 & U = 6.5 \text{ Jahre. Bewegung rückläufig.} \end{array}$$

λ ist der Positionswinkel des Periastrons. Vielfache Versuche, Bahnen mit stärkerer Neigung zu finden, führten zu keinem Resultat. Nach Berücksichtigung der Störungsbeträge wurde die Ausgleichung wiederholt, wobei, um den Einfluß der systematischen Fehler möglichst herabzudrücken, die B–R nach Multiplikation mit q/a in zehnjährige Mittel zusammengefaßt und nochmals graphisch ausgeglichen wurden. Das Ergebnis sind die nachstehenden Elemente III, bei deren Ableitung für das Vorzeichen der Neigung die spektroskopischen Beobachtungen maßgebend waren:

$$\begin{array}{lll} T = 1895.965 & \varphi = 29^{\circ}916 & i = -58^{\circ}743 \\ a = 4''495 & \omega = 166.648 & \mu = -4.10443 \\ e = 0.4988 & \Omega = 122.184 & U = 87.710 \text{ Jahre.} \end{array}$$

Nach Vergleichung der mehr als 700 Beobachtungen mit der wegen der Störungen korrigierten Ephemeride wurden für einen großen Teil der Beobachter die systematischen Fehler abgeleitet. Diese sind in den meisten Fällen klein und überschreiten nur in 11 Fällen 1 Grad. Die Positionswinkel *W. Struves* können von 1828 ab als frei von systematischen Fehlern angesehen werden. Ähnliches gilt für *Dembowski*, *Schiaparelli* und einige andere Beobachter mit kürzeren Reihen. Sprunghafte Änderungen der systematischen Fehler treten bei mehreren Beobachtern ein, am markantesten wohl bei *Dawes*, *Secchi* und *Hall*. Bei den Distanzmessungen treten dagegen recht bedeutende systematische Fehler auf. Man geht anscheinend nicht fehl, wenn man annimmt, daß diese Fehler nicht ganz den Beobachtern zur Last zu legen sind, sondern daß sie zum Teil durch die benutzten Instrumente hervorgerufen werden.

Zur Bestimmung des Massenverhältnisses der beiden Komponenten wurden die Anschlüsse des Doppelsternes an einen schwachen benachbarten Stern, die Meridianbeobachtungen und die Radialgeschwindigkeiten herangezogen. Aus den letzteren ist allerdings nur der Quotient aus dem Massenverhältnis und der Parallaxe zu erhalten, da nur die hellere Komponente spektroskopisch beobachtet worden ist. Für das Massenverhältnis sind die folgenden Werte abgeleitet worden:

$$\begin{array}{ll} \text{aus Stern } a & \kappa = 0.359 \\ \text{aus den Rektaszensionen} & \kappa = 0.378 \\ \text{aus den Deklinationen} & \kappa = 0.350 \\ \text{aus den Radialgeschwindigkeiten} & \kappa = 0.351 \end{array}$$

wenn man für die Parallaxe den Wert $0''225$ annimmt.

Mit diesen Werten erhält man für die Gesamtmasse des Systems 1.06 Sonnenmassen.

Für den Ort des Sternes und die Eigenbewegung wurden die folgenden Werte abgeleitet:

$$\begin{array}{ll} \alpha = 18^{\text{h}} 0^{\text{m}} 24^{\text{s}} 102 & \text{Ep. u. Äqu. } \mu_{\alpha} = +0^{\circ}01690 \\ \delta = +2^{\circ} 31' 21''.50 & 1900.0 \quad \mu_{\delta} = -1''.1058. \end{array}$$

Diesen Komponenten der Eigenbewegung entspricht eine totale Eigenbewegung von $1''.1334$ im Positionswinkel $166^{\circ}9$.

Neubabelsberg, 1920 Oktober.

F. Pavel,

¹⁾ AJ 461.

²⁾ Publ. Potsdam 20.

³⁾ B. A. 26.