Beobachtungen des Kometen 1911 g (*Beljowsky*)

mit dem 360 mm Refraktor der Universitäts-Sternwarte Kopenhagen angestellt von *E. Strömgren*.

1911	M. Z. Kop.	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	Vgl.	α app.	$\log p \cdot A$	δ app.	$\log p \cdot A$	Red. ad l. app.	*
Sept. 29	17 ^h 12 ^m 40 ^s	+16 ^m 15 ^s 53	-3' 50".3	3,3	10 ^h 53 ^m 05 ^s 12	9.514 _n	+8° 57' 49".2	0.843	+0.72 -0.9	1
Okt. 3	17 18 37	+8 22.41	-0 12.8	5,5	11 37 56.30	9.526 _n	+11 30 42.8	0.843	+0.65 -3.5	2
4	17 17 54	+10 29.89	+2 54.9	3,3	11 50 45.67	9.529 _n	+11 55 56.7	0.845	+0.64 -3.9	3
6	17 9 10	-5 52.10	+0 2.8	5,5	12 17 53.35	9.530 _n	+12 19 4.1	0.852	+0.59 -5.1	4

Sept. 29. Rektaszension ziemlich unsicher.

Mittlere Örter der Vergleichsterne.

*	α 1911.0	δ 1911.0	Autorität	*	α 1911.0	δ 1911.0	Autorität
1	10 ^h 36 ^m 43 ^s 87	+9° 1' 40".4	AG Lpz II 5552	3	11 ^h 40 ^m 15 ^s 14	+11° 53' 5".7	AG Lpz I 4384
2	11 29 33.24	+11 30 59.1	AG Lpz I 4330	4	12 23 44.86	+12 19 6.4	" 4588

Kopenhagen, Universitäts-Sternwarte, 1911 Okt. 26.

Elis Strömgren.

Zum Problem der approximativen Berechnung allgemeiner Störungen der kleinen Planeten.

Vergleich zwischen Beobachtung und Rechnung für 24 Themis. Von *Elis Strömgren*.

Die Zahl der Neuentdeckungen von kleinen Planeten ist bekanntlich in den letzten Jahren so gewaltig angewachsen, daß die genaue Verfolgung aller dieser Himmelskörper zu einer Unmöglichkeit geworden ist.

Von umfassenden Berechnungen allgemeiner Störungen liegen in den letzten Jahren nur ganz vereinzelte Arbeiten vor. Hieran läßt sich wahrscheinlich vorläufig nichts ändern, da in der Astronomie in unserer Zeit ganz andere Richtungen bevorzugt werden; es ist aber zu hoffen, daß einmal in der Zukunft ein Teil der disponiblen Arbeitskräfte wieder zu diesem schönen aber mühevollen Arbeitsgebiete der Astronomie zurückkehren werde.

Wenn die Aussichten auf dem Gebiete der exakten Berechnung allgemeiner Störungen also augenblicklich nicht die besten sind, ebenso wie an eine systematische Verfolgung der kleinen Planeten durch Berechnung spezieller Störungen nicht mehr zu denken ist, so ist andererseits doch zu hoffen, daß eine nicht allzu ferne Zukunft uns wichtige Resultate auf dem Gebiete der approximativen Berechnung allgemeiner Störungen bringen wird. Für die theoretische Behandlung dieses Problems ist schon eine beträchtliche Arbeit geleistet worden, vor allen Dingen von *Backlund*, *Bohlin* und *Brendel*. In bezug auf die Verwertung dieser Untersuchungen für numerische Rechnungen sind besonders die Pulkowoer und die Stockholmer Arbeiten zu erwähnen. Ich beschränke mich hier darauf, einige Worte über die letzteren zu sagen. *Bohlin* selbst hat seine Theorie für einige Planeten des Typus 1:3 verwertet; für den Typus 1:2 hat *v. Zeipel* eine mühsame Berechnung von Tafeln ausgeführt und letztere mit Erfolg auf einige konkrete Fälle angewandt, und für die Saturnstörungen einer größeren Planetengruppe hat *Bloch* Tafeln berechnet. Es kann wohl kaum bezweifelt werden, daß diese Arbeiten in der Zukunft großen Nutzen bringen werden.

Unter der Leitung von *Leuschner* hat die amerikanische National Academy of Sciences kürzlich eine umfassende Arbeit über die *Watsonschen* Planeten herausgegeben, die zu diesem Gebiete gehört.

Als ein Beispiel zur *Bohlinschen* Theorie hat der Unterzeichnete vor einigen Jahren¹⁾, unter Anwendung der von *v. Zeipel* für die Hekubagruppe gegebenen Formeln und Tafeln die Störungen des Planeten 24 Themis berechnet. Als Grundlage dienten die von *A. Krueger* ausgeführten Rechnungen über Themis. Diese erstrecken sich über einen Zeitraum von vierundeinhalb Jahrzehnten, bis 1898; sie waren nachher von *J. Möller* und mir fortgesetzt worden und bis zur Opposition 1908 unter genauer Berechnung der speziellen Störungen weitergeführt. Der in dem zitierten Aufsatz (A. N. 4123) gegebene Vergleich zwischen meinen Tafeln und dem für 1905 Juni 27.0 M. Z. Berlin oskulierenden Elementensysteme muß als eine Bestätigung der praktischen Verwendbarkeit der *Bohlinschen* Theorie betrachtet werden. Seitdem sind sechs Jahre vergangen, und ich habe gemeint, daß der fortgesetzte Vergleich zwischen Beobachtung und Rechnung eine nützliche Arbeit sei. Dieser Vergleich wird für die Zeit bis zur Opposition 1911 inkl. im vorliegenden Artikel gegeben.

Zu den A. N. 4123 gegebenen Formeln und Tafeln ist folgendes zu bemerken. Die Koeffizienten sind in Bogen Sekunden gegeben. Da es für die Aufgaben, von denen hier die Rede ist, zweckmäßiger erscheint, alles in Bogenminuten ausgedrückt zu haben, gebe ich in der folgenden Zusammenstellung alle Koeffizienten in Bogenminuten an. Ferner ist zu bemerken, daß die Koeffizienten k_2 in der Tafel für die dritte Koordinate (A. N. 4123 p. 298) irrtümlich als für u gültig angegeben sind. Die in der Tafel gegebenen Zahlen geben in der Tat die Koeffizienten der Entwicklung von $(u/v) \sec i$ statt u (die Koeffizienten k'_2 sind dagegen richtig).

¹⁾ Astron. Nachrichten 4123.

Es handelt sich aber nur um einen Schreibfehler im Manuskript; die Rechnungen, die mit den Zahlenwerten dieser Tafeln ausgeführt sind, sind alle richtig.

In der folgenden Zusammenstellung ist dieser Fehler korrigiert worden. Wir erhalten, in derselben Bezeichnung wie der A. N. 4123 angewandten:

Mittlere Elemente.

Epoche 1874 Dez. 6.0 M. Z. Berlin.

$$\left. \begin{aligned} n &= 639^{\circ}57'22 & \pi &= 139^{\circ}43'47 \\ \psi &= 7^{\circ}25'55 & \Omega &= 35 \ 44.62 \\ \epsilon &= -10^{\circ}17'12 & i &= 0 \ 48.41 \end{aligned} \right\} 1860.0$$

$$\begin{aligned} [n \delta z]_1 &= [2.360893] \sin(2\zeta + 261^{\circ}42'88) \\ &+ [1.54742] \sin(4\zeta + 8^{\circ}7'25) \\ &+ [0.6829] \sin(6\zeta + 106^{\circ}37') \\ &+ (\epsilon + 10^{\circ}17'12) \cdot [9.08851] \sin(2\zeta - 5^{\circ}20'5) \\ &\quad + [8.3728] \sin(4\zeta + 89^{\circ}23'8) \\ &+ (\epsilon + 10^{\circ}17'12)^2 \cdot [5.7155] \end{aligned}$$

$$[n \delta z] = [n \delta z]_1 + [6.817392n] \cdot \epsilon + [8.3090] \cdot [n' \delta z']^2$$

$$\zeta = [8.504275] \cdot \epsilon - 189^{\circ}24'21 - [9.9958] \cdot [n' \delta z']^2$$

$$[n' \delta z'] = 20'05 \sin(0^{\circ}385 T + 124^{\circ}3)^3$$

$$\vartheta = \zeta + [9.670021] \cdot [n \delta z]_1^2$$

$$n \delta z - [n \delta z] = \Sigma k \sin(\chi + K) + (\vartheta + 189^{\circ}44'15) \cdot \Sigma k' \cos(\chi + K')$$

$$\nu = \Sigma k_1 \cos(\chi + K_1) + (\vartheta + 189^{\circ}44'15) \cdot \Sigma k_1' \sin(\chi + K_1')$$

$$u = \Sigma k_2 \sin(\chi + K_2) + T \cdot \Sigma k_2' \cos(\chi + K_2')^3$$

wo $\chi = i \frac{1}{2} \epsilon + j \vartheta$.

χ		$n \delta z - [n \delta z]$		ν		u	
i	j	$\log k$	K	$\log k_1$	K_1	$\log k_2$	K_2
0	0	—	—	9.9484	0° 0'0	7.026	270° 0'0
1	1	0.9143	308° 56'8	0.3679	127 38.3	7.742	97 13
2	2	1.7500	256 13.3	1.47724	76 18.0	8.839	306 35
3	3	0.3091	21 31.4	0.2003	202 53.6	—	—
4	4	0.9152	161 14.7	9.416	303 32	—	—
5	5	9.2544	278 9.6	9.167	98 10	—	—
3	1	—	—	9.234	127 38	8.408	310 59
4	2	0.2818	75 15.9	—	—	—	—
—2	0	9.8222	188 25.6	8.680	180 0	8.103	176 39
—1	1	0.2656	324 19.5	9.3734	339 23.5	8.702	304 17
0	2	—	—	1.1204	79 15.8	8.705	71 55
1	3	1.1015	41 5.0	0.6563	220 8.6	8.751	199 33
2	4	1.0820	348 19.4	0.8070	168 0.0	8.927	147 11
3	5	0.0766	116 50.0	9.9277	297 15.7	7.701	274 49
4	6	9.3999	244 39.6	9.2716	65 40.5	—	—
5	7	9.119	12 41	9.5224	179 30.8	—	—
—2	2	0.3001	291 23.3	9.7113	332 3.9	9.4064	262 49.5
—1	3	9.9217	230 49.9	9.8230	225 12.2	8.591	33 50
0	4	—	—	0.6371	181 52.5	8.144	182 51
1	5	0.7132	134 45.6	0.2278	314 44.2	8.540	295 8
2	6	0.6184	81 18.6	0.3357	261 38.9	8.519	243 7
3	7	9.3162	215 0.4	8.254	121 20	—	—
0	6	—	—	0.0252	277 9.8	—	—
2	8	9.8830	179 48.0	9.8233	357 45.7	—	—
		$\log k'$	K'	$\log k_1'$	K_1'	$\log k_2'$	K_2'
2	0	1.2414	170° 52'3	0.9196	170° 22'6	8.4981	185° 53'8
0	0	—	—	9.310	127 38	7.6072	0 0.0
4	0	9.6911	350 56.4	—	—	—	—
0	2	—	—	9.186	265 27	—	—
2	4	9.1238	340 40.8	8.826	340 48	—	—
4	2	8.8963	245 29.7	8.736	245 33	—	—

Die Koeffizienten dieser Tafel sind alle in Bogenminuten ausgedrückt.

¹⁾ Koeffizienten logarithmisch und in Bogenminuten.

²⁾ Koeffizienten logarithmisch und linear.

³⁾ T = Julianische Jahre seit 1874 Dez. 6.0.

In den Oppositionen 1906, 1907-08, 1909 und 1911 liegen eine Anzahl guter Beobachtungen vor. Ich habe die folgenden zum Vergleich mit den oben gegebenen Formeln und Tafeln ausgewählt:

Beob.-Ort	M. Z. Berlin — Aberr.	α app.	Parall.	δ app.	Parall.	Geoz. α app.	Geoz. δ app.
Düsseldorf ¹⁾	1906 Okt. 14.43860	1 ^h 23 ^m 54 ^s 56	— 0 ^s 06	+ 8° 32' 0 ^{''} 5	+ 2 ^{''} 6	1 ^h 23 ^m 54 ^s 50	+ 8° 32' 3 ^{''} 1
Düsseldorf ²⁾	1907 Dez. 31.41985	7 34 43.62	— 0.16	+ 22 51 5.3	+ 2.7	7 34 43.46	+ 22 51 8.0
Kopenhagen ³⁾	1908 Jan. 20.41000	7 16 55.71	— 0.07	+ 23 29 13.9	+ 2.7	7 16 55.64	+ 23 29 16.6
Düsseldorf ⁴⁾	1909 Mai 7.42793	14 4 57.88	— 0.05	— 12 43 54.2	+ 4.0	14 4 57.83	— 12 43 50.2
Kopenhagen ⁵⁾	1911 Sept. 3.56462	23 22 22.53	+ 0.04	— 4 58 23.5	+ 3.1	23 22 22.57	— 4 58 20.4

Die für die Berechnung der Parallaxe und der Aberrationszeit nötigen Werte der geozentrischen Distanz sind den exakten Ephemeriden bzw. den Oppositionsdaten im Berl. Jahrbuch entnommen.

Die Hauptdaten der mit den oben gegebenen Störungsausdrücken ausgeführten Berechnung der Orte des Planeten für die Beobachtungsepochen lauten:

	1906 Okt. 14	1907 Dez. 31	1908 Jan. 20	1909 Mai 7	1911 Sept. 3
ϵ	$10\pi + 248^\circ 22' 30.8$	$10\pi + 330^\circ 41' 42.6$	$10\pi + 334^\circ 46' 09.5$	$12\pi + 70^\circ 19' 42.0$	$12\pi + 209^\circ 54' 59.3$
ζ	— 124° 12' 8.5	— 121° 34' 7.7	— 121° 26' 9.7	— 118° 24' 0.2	— 113° 56' 2.1
ϑ	— 123 57.10	— 121 11.12	— 121 2.93	— 117 50.82	— 113 9.64
$[n \delta z]_1$	+ 33' 6.79	+ 50' 55.3	+ 51' 38.5	+ 70' 9.71	+ 99' 55.8
$[n \delta z] - [n \delta z]_1$	— 80.436	— 83.686	— 83.847	— 87.600	— 93.117
$[n \delta z]$	— 46' 7.57	— 33' 1.33	— 32' 4.62	— 16' 6.38	+ 6' 4.41
$n \delta z - [n \delta z]$	— 38.518	— 30.522	— 27.815	+ 39.880	— 19.523
$n \delta z$	— 1° 25' 27.5	— 1° 3' 6.55	— 1° 0' 27.7	+ 23' 2.42	— 13' 0.82
ν	+ 0.0016706	— 0.0084226	— 0.0087760	— 0.0058542	+ 0.0030980
u	+ 0' 5.19	— 0' 5.76	— 0' 6.08	— 0' 18.4	+ 0' 9.15
$\log r$	0.51701	0.44047	0.43825	0.47420	0.54354
$h_{1860.0}$	21° 21' 2.4	106° 33' 3.7	111° 7' 5.0	217° 11' 8.0	346° 7' 6.6
$b_{1860.0}$	— 0 11.54	+ 0 45.07	+ 0 46.16	— 0 1.42	— 0 36.05
$h_{1910.0}$	22° 3' 1.2	107° 15' 2.5	111° 49' 3.8	217° 53' 6.8	346° 49' 5.4
$b_{1910.0}$	— 0 11.65	+ 0 44.68	+ 0 45.78	— 0 1.22	— 0 35.92
$\alpha_{1910.0}$	21° 3' 1.0	113° 40' 5.6	109° 13' 8.5	211° 12' 7.9	350° 37' 2.4
$\delta_{1910.0}$	+ 8 33.38	+ 22 49.77	+ 23 27.86	— 12 42.10	— 4 57.31

Hieraus ergibt sich, nachdem wir die so berechneten α und δ auf das wahre Äquinoktium bezogen haben, folgendes Resultat:

	Beob.		Rechn.		B — R	
	Geoz. α app.	Geoz. δ app.	α	δ	$\Delta \alpha \cos \delta$	$\Delta \delta$
1906 Okt. 14	20° 58' 6.2	+ 8° 32' 0.5	21° 0' 3.5	+ 8° 32' 2.5	— 1' 7.1	— 0' 2.0
1907 Dez. 31	113 40.86	+ 22 51.13	113 38.46	+ 22 50.04	+ 2.21	+ 1.09
1908 Jan. 20	109 13.91	+ 23 29.28	109 11.80	+ 23 28.07	+ 1.94	+ 1.21
1909 Mai 7	211 14.46	— 12 43.84	211 11.97	— 12 41.83	+ 2.43	— 2.01
1911 Sept. 3	350 35.64	— 4 58.34	350 38.41	— 4 56.84	— 2.76	— 1.50

Die Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung muß als eine sehr gute bezeichnet werden, besonders wenn beachtet wird, daß das letzte für die Berechnung der Störungsausdrücke angewandte im Jahre 1897 oskulierende Elementensystem schon so weit zurückliegt, daß ferner nur

Störungen erster Ordnung in bezug auf die störende Masse berechnet sind, und daß wir die Saturnstörungen überhaupt nicht berücksichtigt haben.

Zum Aufsuchen des Planeten scheinen jedenfalls die gegebenen Störungsausdrücke für längere Zeiten zu genügen.

Kopenhagen, Universitäts-Sternwarte, 1911 Dezember.

Elis Strömgren.

¹⁾ A. N. 4165.

²⁾ A. N. 4233.

³⁾ A. N. 4295.

⁴⁾ A. N. 4396.

⁵⁾ Von Herrn Observator *Pechüle* mitgeteilt.