

ASTRONOMISCHE NACHRICHTEN.

Band 166.

Nr. 3966.

6.

Verbesserte Elemente des Planeten (505) [1902 LL].

Von *Hans Osten*.

Die nachfolgende Untersuchung bezweckt die Identität von (505) [1902 LL] mit [1904 NA] nachzuweisen und eine für weitere Vorausberechnung des Planeten taugliche Bahn herzuleiten.

Auf Grundlage der Elemente von (505) [1902 LL] in A. N. 3908 berechnete ich die Jupiter- und Saturnstörungen erster Ordnung, die ich für die in Frage kommenden Zeitpunkte hierunter ansetze:

	Oskulationsepoche 1902 Sept. 11.0.					
	1902 Aug. 21.5	Sept. 22.5	Okt. 21.5	1904 Jan. 24.0	Febr. 13.0	April 13.0
ΔM	+ 2".5	— 5".3	— 29".9	— 6' 10".0	— 5' 56".8	— 5' 28".5
$\Delta \omega$	+13.6	— 3.8	— 1.7	+10 29.4	+10 38.7	+11 14.3
$\Delta \Omega$	+13.7	— 9.5	— 34.3	— 3 58.7	— 3 58.8	— 4 0.3
Δi	+ 3.9	— 2.3	— 7.8	— 0 23.0	— 0 23.2	— 0 23.8
$\Delta \varphi$	+18.4	—10.4	—35.1	— 3 31.8	— 3 29.9	— 3 22.8
$\Delta \mu$	+0".0501	—0".0222	—0".0526	+1".0332	+1".0143	+0".9386

Da die Störungen klein bleiben, dürften diese Werte den definitiven sehr nahe kommen.

Das Beobachtungsmaterial beschränkt sich 1902 auf fünf photographische Positionen (A. N. 3848), die nur in

vollen Sekunden und zehntel Bogenminuten angegeben sind. Die nötigen Reduktionsgrößen, Präzession und Parallaxe, habe ich in größerer Genauigkeit, der späteren sechsstelligen Rechnung entsprechend, angesetzt, sodaß die Daten lauten:

(505) [1902 LL] beobachtet zu Cambridge Mass.

	1902 M. Z. Berlin	α 1902.0	Parall.	δ 1902.0	Parall.
1) Aug. 21.55388		19 ^h 17 ^m 47 ^s .87:	—0 ^s .10	—29° 0' 55".7:	+3".8
2) Sept. 2.66985		19 13 26.15:	+0.11	—29 13 11.4:	+3.6
3) » 22.59554		19 15 4.04:	+0.12	—29 8 19.8:	+3.4
4) » 30.58027		19 18 40.82:	+0.13	—28 59 35.7:	+3.3
5) Okt. 21.58027		19 34 58.80:	+0.12	—28 18 59.9:	+2.8

Für die weiteren Rechnungen sind 1, 3 und 5 benutzt.

Von visuellen Beobachtungen des Planeten [1904 NA] sind im ganzen vierzehn in den A. N. (Nr. 3925, 31, 32, 35 u. 40) publiziert*); ferner verdanke ich einer gütigen Mitteilung von Herrn Dr. W. Luther die Beobachtung:

	M. Z. Düsseldorf	α app.	$\log p. \Delta$	δ app.	$\log p. \Delta$
1904 Febr. 15	9 ^h 42 ^m 8 ^s	4 ^h 59 ^m 31 ^s .44	9.370	+25° 20' 27".5	0.627

sowie die Nachricht, daß Jan. 22 δ app. = +23° 9' 44".1 (A. N. 3925) zu lesen ist.

Die Vergleichung der Beobachtungen wurde mit den

Elementen A. N. 3908 unter Hinzufügung der Störungen und einer empirischen Korrektur $\Delta \mu = +1".7$ vorgenommen. Folgende Normalörter wurden gebildet:

1904 M. Z. Berlin	$\Delta \alpha$	$\Delta \delta$	Vergleichsterne
Febr. 7.309 Genf	+224".1	—13".0	AG. Berlin B. 1578
» 7.434 Düsseld.	+217.4	— 9.7	AG. Berlin B. 1549
» 10.365 Wien	+196.1	—25.0	—
» 12.405 Arcetri	+179.2	—33.8	1/2 (AG. Berlin B. 1621 + AG. Cambr.)
» 12.407 Wien	+179.2	—33.4	—
Febr. 9.984	+199.2	—23.0	
Febr. 9.5	+3' 23".2	—20".8	
Normalort	73° 39' 24".7	+24° 50' 20".8	Äqu. 1904.0

*) Außerdem ist eine Beobachtung mangels Vergleichsternposition unbenutzbar.

1904 M. Z. Berlin		$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	Vergleichsterne
Febr. 15.414	Düsseld.	+157".4	-43".5	—
» 16.329	Arcetri	+149.4	-51.1	AG. Cambr. 2317
» 18.336	»	+131.5	-58.7	» » »
» 19.377	Wien	+140.8	-64.9	—
» 20.325	Arcetri	+129.8	-68.8	AG. Cambr. 2319
» 20.325	»	+103.1	-67.6	» » 2334
» 21.312	»	+ 94.0	-71.5	» » »
» 23.305	»	+ 87.5	-79.4	» » 2363
Febr. 19.340		+124.2	-63.2	
Febr. 19.5		+2' 2".8	-1' 3".9	
Normalort		75° 52' 16".5	+25° 40' 27".8	Äqu. 1904.0

Der erhebliche Unterschied der Vergleichsterne AG. Cambr. 2319 und 2334 hebt sich unter Berücksichtigung, daß in Wien Febr. 19 offenbar auch 2319 benutzt ist, scheinbar aus dem Mittel heraus. Die vier zweifelhaften Beobachtungen geben nämlich:

Febr. 20.335	$\Delta\alpha$	+116".9	$\Delta\delta$	-68".2
Gang -0.995	+	8.9	+	4.5
Febr. 19.340	+	125.8	-	63.7

Mangels anderer Unterlagen habe ich das obige einfache Mittel benutzt. Es scheint indessen, wie die spätere Ausgleichung zeigt, noch ein Fehler in dem Orte zu stecken. Überhaupt können bei dem großen Gange beide Normalörter nicht als definitiv gelten.

Unter Hinzunahme von drei Örtern aus 1902 und den Einzelbeobachtungen 1904 Jan. 22 Düsseldorf sowie April 11

Wien habe ich sodann die Fehler nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen. Hieraus ergeben sich die

Elemente A.

Oskulation und Epoche 1904 Febr. 13.0 M. Z. Berlin.

$$\left. \begin{aligned} M &= 22^{\circ} 17' 27''.4 \\ \omega &= 333 \ 42 \ 37.9 \\ \Omega &= 91 \ 5 \ 0.8 \\ i &= 9 \ 47 \ 15.2 \\ \varphi &= 14 \ 6 \ 23.5 \\ \mu &= 806''.0611 \end{aligned} \right\} 1904.0$$

Wie die Durchrechnung zeigte, bleiben die Änderungen der Örter nicht mehr linear, und die folgenden Abweichungen sind für die zweite Näherung zu benutzen:

	$\Delta\alpha$	$\Delta\delta$	$\sin \chi \, d\psi$	$d\chi$
1902 Aug. 21	-13".7	+15".4	-12".45	-15".02
Sept. 22	-20.6	+ 4.2	-18.13	- 3.56
Okt. 21	-13.4	+ 1.3	-11.80	- 1.32
1904 Jan. 22	-42.0	-14.1	-41.03	+ 2.54
Febr. 9	-32.1	- 6.8	-29.88	- 1.43
» 19	-23.1	- 2.0	-20.62	- 3.50
April 11	- 1.0	+ 6.6	- 0.01	- 6.66

In den beiden letzten Spalten sind die nach Prof. Bauschinger Veröff. R. I. Nr. 23 transformierten Unterschiede angesetzt. Nach der an gleicher Stelle gegebenen Methode b sind die Differentialquotienten der Elemente berechnet, sodaß die folgenden Bedingungsgleichungen resultieren (logarithmisch):

	a	b	c	d	e	f
1) $\sin \chi \, d\psi$	$= 0.02393 \, dM + 1.86754_n \, d\mu + 0.30529_n \, d\varphi + 0.13541 \, dx$					
2)	$= 9.94717$	1.75390_n	0.24631_n	0.05195		
3)	$= 9.89415$	1.47054_n	0.20800_n	9.98163		
4)	$= 0.40173$	3.06509	0.02738	0.17870		
5)	$= 0.33009$	3.00170	0.04394	0.11019		
6)	$= 0.29171$	2.96949	0.05700	0.07483		
7)	$= 0.12908$	2.84982	0.12663	9.94375		
8)	$d\chi = 8.54576 \, dM + 1.18543 \, d\mu + 8.90445_n \, d\varphi + 8.32168 \, dx + 9.89405 \, d\lambda + 0.06281 \, d\nu$					
9)	$= 8.61108$	1.15203	8.91622_n	8.44637	9.74911	0.02107
10)	$= 8.47720$	1.01394	8.74300_n	8.30055	9.59089	9.97534
11)	$= 8.63830_n$	1.58574_n	9.17197_n	8.56377_n	0.14700_n	9.89314_n
12)	$= 8.76559_n$	1.68786_n	9.24454_n	8.69853_n	0.06024_n	9.91449_n
13)	$= 8.76911_n$	1.69075_n	9.24200_n	8.71282_n	0.00925_n	9.91854_n
14)	$= 8.40657_n$	1.40156_n	8.96823_n	8.46233_n	9.73102_n	9.90645_n

Als Epoche ist hier 1902 Sept. 11.0 genommen.

Den photographischen Positionen (Gl. 1-3, 8-10) wurde das relativ hohe Gewicht $\frac{1}{2}$, den übrigen Gewicht 1 erteilt, und zwar deshalb, um die bestimmenden Koeffizienten nicht zu klein zu machen. Auch habe ich vorgezogen, beide

Gleichungssysteme zusammen zu lösen, wiewohl getrennte Lösung auch angängig gewesen wäre. Die Auflösung der Gleichungen ergab unter Berücksichtigung der Epochen-differenz:

Verbesserung B.	Elemente B.
$dM_1 = -1' 40''.2$	Osk. u. Ep. 1904 Febr. 13.0 M. Z. Berl.
$dM_2 = +0 23.2$	$M = 22^\circ 16' 10''.4$
$d\omega = +1 18.9$	$\omega = 333 43 56.8$
$d\Omega = +0 15.9$	$\Omega = 91 5 16.7$
$di = +0 1.7$	$i = 9 47 16.9$
$d\varphi = +0 16.5$	$\varphi = 14 6 40.0$
$d\mu = +0''.04459$	$\mu = 806''.10569$

Die Rechnung ist nun durch Einsetzung der Verbesserungen in die Bedingungsgleichungen und durch direkte Ausrechnung der Örter geprüft und es ergab sich:

		B—R					
		Differentialformeln			Direkte Rechnung (6 stellig)		
		$\sin \chi \, d\psi$	$d\chi$	$\cos \delta \, d\alpha$	$d\delta$	$\cos \delta \, d\alpha$	$d\delta$
1902	Aug. 21	+0.89	—10.73	+1.22	+10.69	+1.05	+10.6
	Sept. 22	—4.35	+ 0.58	—4.37	— 0.43	—4.37	0.0
	Okt. 21	+4.04	+ 1.16	+4.04	— 1.15	+3.52	— 1.4
1904	Jan. 22	—0.57	+ 1.63	—0.09	— 1.58	—0.73	— 2.1
	Febr. 9	—0.65	— 0.85	—0.86	+ 0.80	0.00	+ 1.3
	» 19	+2.66	— 2.39	+1.95	+ 3.00	+2.71	+ 3.6
	April 11	—1.99	— 5.25	—2.66	+ 4.94	—2.73	+ 5.0

Die $\Sigma(pv^2)$ ist 124.9, während die Elimination 130.7 ergab. Die Differenz ist lediglich auf die Rechnungsunsicherheit zurückzuführen.

Während die Ausgleichung in der ψ -Koordinate genügend erscheint, zeigen die $d\chi$ einen systematischen Gang und rechtfertigen die Vermutung, daß die erste Position fehlerhaft ist. Daher löste ich die Gleichungen 9-14 mit den letz erhaltenen Unterschieden nach $d\lambda$ und $d\nu$ auf und erhielt:

$$d\lambda = -2''.85 \quad d\nu = +4''.78$$

mit der Darstellung:

	$d\chi$
8)	-14.02
9)	-2.84
10)	-2.25
11)	+1.38
12)	-0.19
13)	-1.34
14)	-2.93

Auch hier ist noch ein Gang in 11-14 zu bemerken, der wenigstens zum Teil von den vernachlässigten Störungen höherer Ordnung herrühren wird. Ich habe deshalb $d\lambda$ und $d\nu$ aus den Beobachtungen in 1904 allein ermittelt und fand:

$$d\lambda = -7''.64 \quad d\nu = +11''.82$$

oder

$$\begin{aligned} d\omega &= -9''.4 \\ d\Omega &= +9.5 \\ di &= +14.0 \end{aligned}$$

Die Substitution dieser Inkremente zeigt eine erhebliche Verbesserung in der Darstellung der visuellen Beobachtungen, nämlich:

	$d\chi$	$\cos \delta d\alpha$	$d\delta$
1902 Aug. 21	-18.40	+0.33	+18.36
Sept. 22	-7.54	-4.08	+7.69
Okt. 21	-7.03	+3.94	+7.04
1904 Jan. 22	+0.15	-0.51	-0.16
Febr. 9	+0.08	-0.61	-0.10
» 19	-0.39	+2.47	+1.07
April 11	+0.17	-1.95	-0.43

und für weitere Vorausberechnung des Planeten werden anzuwenden sein:

Elemente C.
Epochen und Oskulation 1904 Febr. 13.0 M. Z. Berlin.
$M = 22^\circ 16' 10''.4$
$\omega = 333 43 47.4$
$\Omega = 91 5 26.2$
$i = 9 47 30.9$
$\varphi = 14 6 40.0$
$\mu = 806''.10569$
$\log a = 0.429076$
$m_0 = 12.3 \quad g = 9.0$

Diese Näherung betrachte ich als vorläufig hinreichend.

Wegen der möglichen großen und lange währenden Annäherung an den Planeten (521) [1904 NB]*) verdient (505) die Beachtung der Herren Beobachter. Die gegenseitige Neigung der beiden Bahnen beträgt nur 42'.145 etwa, die Knotenlinie liegt in den wahren Anomalien

$$v(505) = 16^\circ 19' 66''$$

$$v(521) = 38 6.27$$

*) Vgl. die hier benutzten Elemente Ebell in A. N. 3933. Da diese nur genähert sind, so sind die erlangten Resultate dementsprechend unsicher.

wo die Verschiedenheit der Radien nur 0.0255 astr. Einheiten ausmacht. Der Schnittpunkt ist letzthin passiert von:

(505) 1903 Dez. 18.9
(521) 1903 Dez. 14.1

Die Bahnen aufeinander geklappt schneiden sich in

$v(505) \quad 8^\circ 0'14'' = v(521) \quad 29^\circ 46'75''$

und $189 \quad 8.84 = 210 \quad 55.45$

Im ersteren Falle beträgt der räumliche Abstand 0.0036.

Bremen, Mai 1904.

P. S. Nach Abschluß der Rechnung machte Herr Prof. Kreutz mich darauf aufmerksam, daß die Substitution der Küstnerschen Position statt AG. Cambr. 2334 (s. A. N. 3935) und eine Korrektur von AG. Cambr. 2319 um -1^s eine bessere Übereinstimmung im Normalort 2 (vgl. p. 83) herbeiführt. Es ergibt sich dann unter gleichzeitiger Berichtigung von Wien Febr. 19:

1904	$\Delta\alpha$
Febr. 19.377	+125.8
» 20.325	+114.8
» 20.325	+113.9
» 21.312	+104.8

und im Gesamtmittel Febr. 15-23 $\Delta\alpha = +123.1$. Die Darstellung des Ortes wird dann in der Ausgleichung um $1''$ besser.

Für eine definitive Bearbeitung wäre die Publikation der fehlenden Vergleichsternpositionen wünschenswert, ebenso eine präzisere Ausmessung der Harvard-Platten, wenn solches zugänglich.

Eine Übersichtsrechnung der Störungen von (521) auf (505) führt zu verschwindend kleinen Werten. Mit den obigen Elementen C für (505) und dem System A. N. 3957 für

Bremen, August 1904.

Dieser Punkt wurde durchlaufen von:

(505) 1903 Nov. 26.5
(521) 1903 Nov. 21.7

Es ist also gerade in dieser Opposition die Möglichkeit zu einer relativ bedeutenden Störung gegeben. Ob die Ortsänderung bei plausiblen Massenannahmen auch merkbar werden kann, bedarf der Untersuchung, und ich behalte mir vor, demnächst auf diesen Umstand zurückzukommen.

Hans Osten.

(521) erhielt ich die Minimaldistanz gleich 0.0670 für 1903 Nov. 18.0. Zeitpunkt und Distanz befinden sich in starker Abhängigkeit von der Genauigkeit der Elemente. Der Verlauf der Annäherung geht aus der folgenden Tafel hervor, in der die Längenunterschiede auf die Bahn von (505) projiziert sind, und $+z$ dem Nordpol letzterer entspricht.

o ^h M. Z. Berlin	ρ	$\lambda_{(521)} - \lambda_{(505)}$	z	$40 \frac{d\delta\mu}{dt} \cdot \frac{1}{1000m'}$
1903 Juli 21	0.1391	$-1^\circ 21.2$	-0.0208	+ 38"
Aug. 30	0.0970	+0 18.9	-0.0162	- 71
Okt. 9	0.0735	+1 27.2	-0.0106	-459
Nov. 18	0.0670	+1 53.1	-0.0043	-776
Dez. 28	0.0733	+1 35.1	+0.0022	-536
1904 Febr. 6	0.0945	+0 40.7	+0.0086	-145
März 17	0.1326	-0 38.0	+0.0146	+ 7

Aus den Werten der letzten Kolumne können wir bei bestimmter Annahme über die Masse von (521) auf $\delta\mu$ schließen. Bei $m' = 10^{-12}$ würde $\delta\mu$ von der Ordnung -0.000002 , ein Betrag, dessen Kleinheit eine rigorose Integration unnötig macht. Die Störungen der anderen Elemente bleiben praktisch ebenso unmerklich.

H. O.

Elemente des Planeten (496) [1902 KH].

Von W. Ebert.

In A. N. 3831, 3836, 3889 hat Prof. M. Wolf folgende Beobachtungen des Planeten (496) [1902 KH] veröffentlicht:

1902	M. Z. Königstuhl	α 1902.0	δ 1902.0
Okt. 25	13 ^h 17 ^m 12 ^s	55° 38' 17".10	+17° 30' 27".5
Nov. 4	10 10 36	53 34 37.95	+16 34 2.9
» 21	8 55 0	49 13 29.25	+14 47 42.2

Aus diesen Beobachtungen fand ich mittels einer neuen einfachen Methode, bei deren Anwendung man wohl in allen praktisch vorkommenden Fällen mit einer Hypothese auskommt:

Epoche 1902 Okt. 25.0 M. Z. Berlin.

$M = 320^\circ 42' 11.18$	} 1902.0
$\omega = 243 \quad 44 \quad 22.43$	
$\Omega = 206 \quad 38 \quad 42.93$	
$i = 3 \quad 37 \quad 27.83$	
$\varphi = 4 \quad 22 \quad 16.18$	
$\mu = 1098.8316$	
$\log a = 0.3384584$	

Auf der Platte vom 22. Dezember 1902 konnte der Planet nicht wiedergefunden werden, weil nach Meinung von Prof. Wolf die Expositionszeit zu kurz war.

Trotz vorzüglicher Darstellung der drei Örter bei siebenstelliger Rechnung dürften obige Elemente doch sehr unsicher sein, da der erste Ort nach einer neuen Vermessung der Platte in Deklination eventuell um $6''$ zu korrigieren wäre (der Planet steht ganz am Rande der Platte).

Infolge verschiedener Umstände kam ich erst dazu, die Bearbeitung abzuschließen, nachdem die Opposition 1904 vorübergegangen war.

Ich gebe aber dennoch nachträglich eine Ephemeride