

Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab.
Mathematisk-fysiske Meddelelser. **XIII**, 2.

ÜBER DIE URSPRÜNGLICHE BAHN
DES KOMETEN 1907 I (GIACOBINI)

VON

ELIS STRÖMGREN und HANS Q. RASMUSEN



KØBENHAVN

LEVIN & MUNKSGAARD

EJNAR MUNKSGAARD

1935

Printed in Denmark.
Bianco Lunos Bogtrykkeri A/S.

In einer Abhandlung in den Schriften der dänischen Akademie »Über den Ursprung der Kometen« (auch Publ. 19 des Kopenhagener Observatoriums) hat der Unterzeichnete (im Jahre 1914) die Prinzipien der Rückwärtsrechnung der Störungen einer parabelnahen Kometenbahn auseinandergesetzt und die Resultate der nach diesen Prinzipien für acht Kometen ausgeführten Rückwärtsrechnung mitgeteilt.

Aus der erwähnten Abhandlung zitieren wir die folgenden Sätze (l. c. Pag. 14 [202]):

»1. Von den zur Zeit vorliegenden Kometenbahnexzentrizitäten parabelnaher Bahnen können nur die wenigsten für kosmogonische Zwecke verwertet werden. In den meisten Fällen kann wegen der Unzulänglichkeit des Beobachtungsmaterials die nötige Genauigkeit nicht erreicht werden.

2. Die in den Kometenbahnverzeichnissen direkt gegebene oskulierende Exzentrizität kann bei Bahnen, die der Parabel sehr nahe kommen, nicht zu kosmogonischen Zwecken benutzt werden. Die Angabe der Umlaufszeit in den Kometenbahnverzeichnissen ist bei solchen Bahnen wertlos und irreführend.

3. Um einen reellen Nutzen aus der grossen Arbeit, welche eine Kometenbahnberechnung verursacht, ziehen zu können, ist es notwendig, die Bedingungsgleichungen für die Elementkorrekturen durch Berechnung der Störungen

zu verbessern, und zwar sind bei der Störungsrechnung die Planeten Jupiter und Saturn immer zu berücksichtigen.

4. Aus den auf diese Weise erhaltenen oskulierenden Elementen berechnet man durch Rückwärtsrechnung der Störungen, durch Reduktion wegen der Sonnenstörungen¹ und unter Berücksichtigung der Gesamtmasse der Sonne und der störenden Planeten einen Exzentrizitätswert, der, wenn die Rechnung genügend weit rückwärts geführt ist, die ursprüngliche Bahn des Kometen charakterisiert.

Für die historische Entwicklung dieses Problems — u. a. die Anteilnahme der zwei französischen Astronomen FABRY und FAYET an dieser Entwicklung — wird auf die zitierte Abhandlung verwiesen, ebenso wie für die Formelsysteme, die bei der Berechnung anzuwenden sind.

Für sechs der in der zitierten Abhandlung behandelten acht Kometen hatte die definitive Bahnberechnung eine oskulierende Bahn gegeben, die schwach hyperbolisch war, für die übrigen zwei eine elliptische, die der Parabel sehr nahe kam. Die Rückwärtsrechnung der Störungen gab das

Tafel I.

Komet	Oskulierender Wert von		Mittlerer Fehler des oskulierenden $\frac{1}{a}$	Ursprünglicher Wert von $\frac{1}{a}$	Berechner
	e	$\frac{1}{a}$			
1853 III	1.0002514	-0.0008193	± 0.0000228	+0.0000829	Büttner
1905 VI	1.0001846	-0.0001424	± 0.0000501	+0.0006210	Michailow
1910 I	0.9999723	+0.0002143	± 0.0001479	+0.0033021	Lous
1914 V	1.0001618	-0.0001465	± 0.0000031	+0.0000119	Van Biesbroeck
1925 VII	1.0004276	-0.0002730	± 0.0000226	+0.0001150	Van Biesbroeck

¹ Reduktion auf den Schwerpunkt des Systems.

Resultat, dass keine einzige verbürgte hyperbolische Bahn zurückblieb.

Nach 1914 ist nun von anderen Seiten nach denselben Prinzipien eine ähnliche Rückwärtsrechnung für weitere fünf Kometen ausgeführt worden. Das Resultat ersieht man aus der kleinen Tabelle Seite 4.

Das Resultat war wieder dasselbe: Es blieb keine verbürgte hyperbolische Bahn zurück.

Die Zahl der Kometen, die sich für eine solche Untersuchung wie die jetzt besprochene eignen, ist sehr gering, erstens weil nur solche Bahnen Interesse haben, deren Exzentrizität der Einheit sehr nahe kommt (stark hyperbolische Bahnen gibt es bekanntlich überhaupt nicht, und die elliptischen Bahnen, deren Elliptizität ausgeprägt ist, brauchen wir ja von diesem Gesichtspunkte aus nicht zu untersuchen), zweitens weil nur solche Kometen in Frage kommen, bei denen die definitive Bahnrechnung auf einem guten und reichlichen Beobachtungsmaterial fusst, das eine längere Zeitperiode umfasst.

Unter den wenigen Kometen, für die eine genügend zuverlässige Bahnrechnung vorliegt, und die noch nicht auf die ursprüngliche Bahn untersucht sind, befindet sich auch der Komet 1907 I (Giacobini). Es liegen für diesen Kometen 175 Beobachtungen vor, die über den Zeitraum vom 12 März 1907 bis zum 24 Januar 1908 verteilt liegen. Die definitive Bahn ist von K. DUBROWSKY und B. NUMEROW, unter Rücksichtnahme auf die Störungen seitens Erde, Mars, Jupiter und Saturn, berechnet worden (A.N. 4671). Die definitiven Elemente lauten:

Oskulation 1907 März 19.0 M.Z. Berlin (Tagesanfang am Mittag).

$T = 1907$ März 19.14368 M. Z. Berlin (Tagesanfang am Mittag).

$$\left. \begin{array}{l} \omega = 317^\circ 5' 57''.1 \\ \Omega = 97 10 13 .7 \\ i = 141 39 45 .4 \end{array} \right\} 1907.0 \quad \left. \begin{array}{l} q = 2.051674 \pm 0.000030 \\ e = 1.001024 \pm 0.000082 \\ \frac{1}{a} = -0.0004991 \pm 0.0000400 \end{array} \right\}$$

Wenn wir auf 1950.0 reduzieren und die Perihelzeit in mittlerer Zeit Greenwich ausdrücken, erhalten wir:

$T = 1907$ März 19.10647 M.Z. Greenwich (Tagesanfang am Mittag)

$$\left. \begin{array}{l} \omega = 317^\circ.10801 \\ \Omega = 97 .77775 \\ i = 141 .66132 \end{array} \right\} 1950.0 \quad q, e \text{ und } \frac{1}{a} \text{ wie oben.}$$

Aus ω , Ω , i sind die folgenden Äquator-Konstanten gerechnet:

$$\left. \begin{array}{l} P_x = -0.6280857 \quad P_y = +0.7676674 \quad P_z = -0.1272602 \\ Q_x = +0.4772552 \quad Q_y = +0.5092055 \quad Q_z = +0.7161964 \end{array} \right\} 1950.0$$

Die Rückwärtsrechnung ist von Herrn HANS Q. RASMUSEN für 17 Jahre ausgeführt worden, und zwar nach der Methode der direkten numerischen Integration der Koordinaten, unter Rücksichtnahme auf die Sonne, die Erde (nur für 1907), und auf Jupiter und Saturn. Die Rechnung ist mit 7 Dezimalstellen ausgeführt worden. Koordinaten und Sonnen-Akzelerationen für Jupiter und Saturn wurden den COMRIE'schen Tafeln entnommen.

Die Rechnung ergab das folgende Resultat (Tagesanfang am Mittag):

Tafel II.

Äquatoriale Koordinaten des Kometen 1907 I (Giacobini).

	x	y	z
1907 März 25.5...	-1.235899	+ 1.629196	-0.183141
— 5.5...	1.394750	1.452439	0.425645
Feb. 13.5...	1.534757	1.256039	0.662409
Jan. 24.5...	1.654981	1.043407	0.890657
— 4.5...	1.755556	0.818333	1.108363
1906 Dez. 15.5...	1.837477	0.584504	1.314326
Nov. 25.5...	1.902304	0.345178	1.508094
— 5.5...	1.951858	+ 0.103029	1.689782
Okt. 16.5...	1.988008	-0.139874	1.859894
Sept. 26.5...	2.012526	0.381998	2.019145
— 6.5...	2.027017	0.622253	2.168355
Aug. 17.5...	2.032890	0.859892	2.308361
Juli 28.5...	2.031362	1.094424	2.439977
— 8.5...	2.023472	1.325549	2.563962
Juni 18.5...	2.010103	1.553102	2.681013
Mai 29.5...	1.992002	1.777015	2.791761
— 9.5...	1.969802	1.997284	2.896770
Apr. 19.5...	1.944040	2.213953	2.996546
März 30.5...	1.915172	2.427096	3.091540
— 10.5...	1.883589	2.636805	3.182152
Feb. 18.5...	1.849622	2.843185	3.268742
Jan. 29.5...	1.813559	3.046349	3.351628
1905 Dez. 20.5...	1.736097	3.443485	3.507402
Nov. 10.5...	1.652805	3.829118	3.651426
Okt. 1.5...	1.564904	4.204112	3.785280
Aug. 22.5...	1.473329	4.569267	3.910256
Juli 13.5...	1.378813	4.925313	4.027421
Juni 3.5...	1.281930	5.272911	4.137666
Apr. 24.5...	1.183141	5.612656	4.241739
März 15.5...	1.082815	5.945086	4.340276
Feb. 3.5...	-0.981252	-6.270685	-4.433819

	x	y	z
1904 Dez. 25.5...	-0.878698	-6.589890	-4.522835
Nov. 15.5...	0.775354	6.903096	4.607729
Okt. 6.5...	0.671388	7.210661	4.688854
Aug. 27.5...	0.566940	7.512910	4.766519
Juli 18.5...	0.462126	7.810140	4.840996
Juni 8.5...	0.357046	8.102622	4.912528
Apr. 29.5...	0.251781	8.390603	4.981329
März 20.5...	0.146404	8.674309	5.047591
Feb. 9.5...	-0.040973	8.953951	5.111486
1903 Nov. 21.5...	+0.169854	9.501795	5.232780
Sept. 2.5...	0.380375	10.035506	5.346282
Juni 14.5...	0.590353	10.556265	5.452878
März 26.5...	0.799615	11.065093	5.553307
Jan. 5.5...	1.008035	11.562884	5.648194
1902 Okt. 17.5...	1.215523	12.050422	5.738069
Juli 29.5...	1.422014	12.528401	5.823390
Mai 10.5...	1.627464	12.997438	5.904554
Feb. 19.5...	1.831843	13.458086	5.981904
1901 Dez. 1.5...	2.035133	13.910843	6.055746
Sept. 12.5...	2.237325	14.356159	6.126346
Juni 24.5...	2.438418	14.794444	6.193946
Apr. 5.5...	2.638416	15.226073	6.258757
Jan. 15.5...	2.837329	15.651388	6.320971
1900 Okt. 27.5...	3.035170	16.070704	6.380761
Aug. 8.5...	3.231954	16.484312	6.438283
Mai 20.5...	3.427700	16.892479	6.493678
1899 Dez. 11.5...	3.816154	17.693464	6.598590
Juli 4.5...	4.200691	18.475437	6.696402
Jan. 25.5...	4.581476	19.239945	6.787873
1898 Aug. 18.5...	4.958666	19.988341	6.873654
März 11.5...	5.332411	20.721823	6.954307
1897 Okt. 2.5...	5.702847	21.441454	7.030306
Apr. 25.5...	+6.070098	-22.148186	-7.102084

	x	y	z
1896 Nov. 16.5 . . .	+ 6.434275	-22.842875	- 7.170012
Juni 9.5 . . .	6.795471	23.526291	7.234418
Jan. 1.5 . . .	7.153766	24.199132	7.295594
1895 Juli 25.5 . . .	7.509223	24.862029	7.353800
Feb. 15.5 . . .	7.861891	25.515551	7.409263
1894 Sept. 8.5 . . .	8.211805	26.160210	7.462186
Apr. 1.5 . . .	8.558991	26.796463	7.512746
1893 Okt. 23.5 . . .	8.903468	27.424716	7.561096
Mai 16.5 . . .	9.245252	28.045324	7.607367
1892 Dez. 7.5 . . .	9.584366	28.658601	7.651671
Juni 30.5 . . .	9.920840	29.264817	7.694103
Jan. 22.5 . . .	10.254720	29.864212	7.734745
1891 Aug. 15.5 . . .	10.586069	30.457000	7.773667
März 8.5 . . .	10.914966	31.043379	7.810934
1890 Sept. 29.5 . . .	11.241506	31.623536	7.846607
Apr. 22.5 . . .	+11.565794	-32.197655	-7.880745

Aus der Tafel II ergeben sich für 1891 März 8.5 für die gestörten Äquatorkoordinaten und Geschwindigkeiten des Kometen $x, y, z, \frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt}, \frac{dz}{dt}$, für die Reduktionen auf den Schwerpunkt $\xi, \eta, \zeta, \frac{d\xi}{dt}, \frac{d\eta}{dt}, \frac{d\zeta}{dt}$ und für die auf den Schwerpunkt des Systems Sonne + Jupiter + Saturn bezogenen Äquatorkoordinaten und Geschwindigkeiten $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}, \frac{d\bar{x}}{dt}, \frac{d\bar{y}}{dt}, \frac{d\bar{z}}{dt}$ folgende Werte (die Bezeichnungen sind von den in der Publ. 19 angewandten etwas verschieden):

$$\begin{array}{lll}
 x = +10.914966 & y = -31.043379 & z = -7.810934 \\
 \xi = -1463 & \eta = +1715 & \zeta = +733 \\
 \bar{x} = +10.913503 & \bar{y} = -31.041664 & \bar{z} = -7.810201
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 160 \frac{dx}{dt} = -0.3277020 & 160 \frac{dy}{dt} = +0.5832367 & 160 \frac{dz}{dt} = +0.0364598 \\
 160 \frac{d\xi}{dt} = - & 5243 & 160 \frac{d\eta}{dt} = - & 7211 & 160 \frac{d\zeta}{dt} = - & 3016 \\
 \hline
 160 \frac{d\bar{x}}{dt} = -0.3282263 & 160 \frac{d\bar{y}}{dt} = +0.5825156 & 160 \frac{d\bar{z}}{dt} = +0.0361582
 \end{array}$$

Aus diesen Werten für die auf den Schwerpunkt des Systems bezogenen Äquatorkoordinaten und Geschwindigkeiten des Kometen erhalten wir mit Hilfe der Formel:

$$V^2 = w^2 k^2 (1 + \Sigma m) \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right),$$

also:

$$\frac{1}{a} = \frac{2}{r} - \frac{V^2}{w^2 k^2 (1 + \Sigma m)},$$

den folgende Wert für $\frac{1}{a}$:

$$\frac{1}{a} = + 0.0000252.$$

Der bei der definitiven Bahnrechnung erhaltene Wert war:

$$\frac{1}{a} = - 0.0004991,$$

und wir sehen also, dass durch die Rückwärtsrechnung die Hyperbolizität in Elliptizität verwandelt wurde.

Der positive Wert des »ursprünglichen« $\frac{1}{a}$ liegt unter dem Wert des aus der definitiven Bahnrechnung hervorgegangenen mittleren Fehlers des oskulierenden $\frac{1}{a}$. Das Hauptergebnis der Untersuchung ist aber, mit den älteren Resul-

taten zusammengenommen, dies: Es ist unter den 14 gerechneten Fällen keine einzige verbürgte Hyperbolizität geblieben.

Wie sollen wir die bis jetzt vorliegenden Resultate verstehen? Könnte nicht eines Tages ein Komet auftauchen, der in unzweideutiger hyperbolischer Bahn von aussen in unser Sonnensystem eingedrungen wäre? Es kann vielleicht eintreffen; wir haben kein Recht, diese Möglichkeit abzuweisen. Was wir aber sagen können, ist, dass es nicht möglich gewesen ist, unter dem bis jetzt beobachteten Kometenmaterial einen solchen Fall nachzuweisen.

Unter den vielen Kometenbahnen, die berechnet sind, ist die grosse Mehrzahl ausgeprägt elliptisch (wir sehen natürlich von den Fällen ab, wo die Dürftigkeit des Materials nur zu der an sich unendlich unwahrscheinlichen reinen Parabel führte); eine kleine Zahl ist elliptisch mit einer Exzentrizität, die der Parabel nahe kommt; eine sehr kleine Zahl zeigt eine hyperbolische Form, die jedoch in allen bisher bekannten Fällen von der Parabelform sehr wenig abweicht. Von dieser schwachen Hyperbolizität wissen wir jetzt, dass sie in allen bisher behandelten Fällen durch die Rückwärtsrechnung entweder mit Sicherheit in Elliptizität verwandelt wird oder sich wenigstens als gänzlich illusorisch herausstellt.

Es gibt wohl sicher innerhalb unseres Sonnensystems eine ausserordentlich grosse Anzahl von Kometenbahnen, mit allen möglichen Werten der grossen Achse und mit allen möglichen elliptischen Exzentrizitätswerten. Bedingung dafür, dass ein Komet von der Erde aus beobachtet werden kann, ist es, dass die Periheldistanz einen mässigen Wert

hat. Diese Bedingung wird von solchen Kometen erfüllt, die mässige Werte der grossen Achse besitzen, aber auch von Kometen mit grossen Bahndimensionen, wenn nur die Bahnexzentrizität der Einheit sehr nahe liegt. Diese letzteren sind gerade die Kometen, die wir hier besprochen haben: Kometen, die, aus den äussersten Gebieten unseres Sonnensystems kommend, fast direkt auf die Sonne steuern.

Einige Kontrollrechnungen verdanken wir Herrn Magister B. SVANHOF. Dem Carlsbergfond sind wir für pekuniäre Unterstützung zu grossem Danke verpflichtet.

ELIS STRÖMGREN.