Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

ÜBER DIE

BEZIEHUNGEN DER KOMETEN UND METEORSTRÖME

ZU DEN

ERSCHEINUNGEN DER SONNE.

VON

JOHANNES UNTERWEGER.

(Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.)

VORGELEGT IN DER SITZUNG AM 16. JULI 1891.

Einleitung.

Nach Abschluss meiner Abhandlung: »Beiträge zur Erklärung der kosmisch-terrestrischen Erscheinungen«,[1] welche hauptsächlich das Polarlicht behandelt, hatte ich die Absicht, die damit begonnenen Untersuchungen zunächst auf das Zodiakallicht auszudehnen. Nach den Untersuchungen von Wright[2] unterliegt es kaum einem Zweifel, dass dasselbe zum Theile reflectirtes Sonnenlicht ist, und es müsste zu seiner weiteren Erklärung nachgewiesen werden, dass kleine feste Körper ausserhalb der Luft die Erde in gewisser Richtung und Entfernung umkreisen oder begleiten.

Wie Serpieri[3] gezeigt hat und wie es auch aus anderen Thatsachen, die ihm noch nicht bekannt waren, zu folgern ist, steht das Zodiakal- mit dem Polarlichte, dessen Erscheinungen nach meinen in der erwähnten Abhandlung auseinandergesetzten Ansichten theilweise von der Gesammtbewegung unseres Sonnensystems abhängen dürften, in einem gewissen Zusammenhange. Zu diesem Systeme gehört aber theils gewiss, theils sehr wahrscheinlich eine grosse Zahl von Kometen und kometarischen Massen, welche dasselbe in einer von der planetarischen vielfach abweichenden Richtung durchkreuzen, und die zum grossen Theile als im losen Zusammenhange stehende feste Stoffe anzusehen sind, welche von der kosmischen Elektricität wahrscheinlich stark beeinflusst werden.

In Erwägung dieser Umstände kam ich auf die Idee, dass sich aus der Bewegung und Vertheilung der Kometen Anhalts- oder Ausgangspunkte zur Erklärung sowohl des Polar- als auch des Zodialkallichtes und vielleicht noch anderer Erscheinungen finden lassen dürften.

Da die vorläufigen Versuche, welche ich auf Grund der Kometenverzeichnisse ausführte, die Richtigkeit dieses Gedankens bestätigten, indem sie gewisse Beziehungen der Kometen zu den grossen Perioden der Sonnenflecken erkennen liessen, welche ohne Zweifel auch für die Erklärung aller Erscheinungen, die

[1] Denkschriften der kais. Akad. d. Wissensch. Bd. L. 1885.

[2] »On the polarization of the zodiacallight.« American Journal of Science and Arts. Vol. VII, 1874.

[3] »La luce zodiacale.« Memorie della società degli spettroscopisti italiani. Vol. V, Appendice.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

mit den Sonnenflecken in einem nachweisbaren Zusammenhange stehen, von grosser Bedeutung sind: so erschien es mir zweckmässig, die Erörterung über das Zodiakallicht einstweilen als untergeordnet zu betrachten und die Untersuchungen über die Beziehungen der Kometen zu den Erscheinungen der Sonne als Hauptaufgabe anzusehen. — Die vorliegenden Zeilen enthalten im ersten und zweiten Theile eine Darstellung dieser Untersuchungen mit den Ergebnissen, zu welchen sie geführt haben, und im dritten Theile dasjenige, was ich aus denselben mit Rücksicht auf sonst Bekanntes theoretisch folgern zu können glaube.

I. Über allgemeine Kometenperioden.

Als Grundlage für die folgenden Untersuchungen wurde das in neuester Zeit von Prof. Weiss veröffentlichte »Verzeichniss der berechneten Kometenbahnen«[1] benützt. Zur statistischen Behandlung war es nöthig, zuerst aus den in diesem Verzeichnisse angegebenen Bahnelementen mittelst bekannter elementarer Formeln noch andere Elemente zu berechnen und zwar die Neigung i gegen die Ekliptik und die Neigung y gegen den Sonnenäquator, beide unter Berücksichtigung des Sinnes der Bewegung gezählt von 0° bis 90°; ferner die Breite b und die heliocentrische Declination δ des Perihels. Das Verzeichniss zählt die Neigung nach der neueren, der Allgemeinheit wegen zweckmässigen Art von 0° bis 180°; die unten abgeleiteten Beziehungen stellen sich jedoch nur dann heraus, wenn man die ältere Zählweise anwendet. Tabelle 1 bringt die Zusammenstellung dieser vier Elemente in Graden und Minuten, und zwar i und b für alle Kometen des Verzeichnisses, y und δ für diejenigen, welche seit 1698 verzeichnet worden sind, und noch für einige ältere, zu deren Berücksichtigung ich besondere Gründe hatte. Die rückläufigen Kometen sind durch ein der Neigung beigefügtes r kenntlich gemacht, und die Elemente gelten für das mittlere Äquinoctium des Jahres der Erscheinung; sie auf eine einheitliche Epoche zu reduciren war nicht nöthig und, wie mich däucht, nicht einmal zweckmässig, auch genügte es, die Elemente des Sonnenäquators mit den genäherten Mittelwerten $\Omega = 74{\cdot}6°$ und $i = 7{\cdot}25°$ in Rechnung zu ziehen.

Da die folgenden Untersuchungen hauptsächlich einen Durchschnittscharakter haben, so sind die so ermittelten Elemente hinlänglich genau. Übrigens wird dies dadurch erwiesen, dass man, wie gezeigt werden wird, im Wesentlichen dieselben Ergebnisse erhält, wenn man die Untersuchungen in sonst gleicher Weise einerseits mit den auf die Ekliptik, andrerseits mit den auf den Sonnenäquator bezogenen Elementen ausführt.

Tabelle 1.

Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels	Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels
1	372 v.Chr.G.	über 30° r	unsicher			11	574	46°31'	11° 5'		
2	137	20 r	— 3°24'			12	770	59 31 r	59 22		
3	69	70	28 2			13	837	11 r	—10 54		
4	12	10 r	9 30			14	961	79 33 r	77 11		
5	66 n.Chr.G.	40 30' r	36 55			15	989	17 r	unsicher		
6	141	17 r	14 32			16	1006	17 30 r	17 28		
7	240	44	13 52			17	1066	17 r	14 27		
8	539	10	unsicher			18	1092	28 55	14 17		
9	565	60 30 r	57 7			19	1097	73 30	51 46		
10	568	4 8	1 42			20	1231	6 5	5 12		

[1] Astronomischer Kalender. Herausgegeben von der k. k. Sternwarte in Wien, 1887—1891.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels
21	1264	16°29′	5°41′		
22	1299	68 57 *r*	65		
23	1301	13 *r*	— 1 22		
24	1337	40 28 *r*	40 28		
25	1351	unter 90°	unsicher		
26	1362	21 30 *r*	5 23		
27	1366	27 37 *r*	4 55		
[28]	1378	17 56 *r*	17 3		
29	1385	52 15 *r*	10 27		
30	1402	55	54 59		
31	1433	76 *r*	— 9 2		
32	1449	24 20 *r*	— 1 17		
(28)	1456	17 37 *r*	17 1		
33	1457 I	13 16	— 3 24		
34	1457 II	9 52	— 0 53		
35	1468	44 19 *r*	39 22		
36	1472	14 12 *r*	—13 49		
37	1490	51 37	36 57		
38	1491	75 *r*	24 6		
39	1499	21	11 24		
40	1500	75 *r*	19 17		
41	1506	45 1 *r*	—38 44		
(28)	1531	17 *r*	16 28		
42	1532	32 36	12 52		
43	1533	28 14	—27 55		
44	1556	32 26	31 47		
45	1558	69 7 *r*	54 1		
46	1577	75 10 *r*	—69 28		
47	1580	64 34	64 33		
48	1582	60 47 *r*	—23 18		
49	1585	6 6	— 2 55		
50	1590	29 30 *r*	—22 56		
51	1593	87 58	12 4	87°56′	4°49′
52	1596	51 58 *r*	42 42		
(28)	1607	17 12 *r*	16 26		
53	1618 I	21 28	8 52		
54	1618 II	37 12	—35 14		
55	1652	79 28	—58 14		
56	1661	33 1	17 26		
57	1664	21 18 *r*	—16 1		
58	1665	76 5 *r*	23 8	69 38 *r*	25 29
59	1668	27 7	—11 50		
60	1672	83 22	69 28		
61	1677	79 3 *r*	75 44		
62	1678	2 52	1	7 44	7 44
63	1680	60 40	— 8 8	67 39	— 6 27
(28)	1682	17 45 *r*	16 43		
64	1683	83 13 *r*	82 52	82 10 *r*	
65	1684	65 25	—26 44		
66	1686	34 56	34 32		
67	1689	59 5 *r*	— 0 38	66 5 *r*	1 18
68	1695	22	— 8 46		
69	1698	10 55 *r*	5 14	18 7 *r*	7 38
70	1699	69 20 *r*	62 3	66 41 *r*	55 15
71	1701	41 39 *r*	9 54	36 44 *r*	3 55
72	1702	4 25	— 3 23	9 55	— 9 54
73	1706	55 14	45 1	52 2	46 45
74	1707	88 38	27 7	81 54	29 31
75	1718	31 8 *r*	3 14	35 53 *r*	— 2 9
76	1723	50 *r*	—21 33	53 52 *r*	—16 41
77	1729	77° 4′	10°11′	81°11′	16°20′
78	1737 I	18 21	18 5	24 58	24 57
79	1737 II	61 52	42 35	58 10	45 38
80	1739	55 43 *r*	53 2	50 58 *r*	50 18
81	1742	67 32 *r*	—28 52	65 9 *r*	—34 48
82	1743 I	2 16	0 59	5 .	— 1 19
83	1743 II	45 37 *r*	38 40	48 38 *r*	36 14
84	1744	47 7	20 30	40 53	14 52
85	1746	6	1 33	10 9	— 5 3
86	1747	79 6 *r*	—49 3	81 20 *r*	—42 40
87	1748 I	82 28 *r*	17 25	78 45 *r*	14 27
88	1748 II	67 3	—57 2	61 43	—56 25
89	1757	12 50	—12 50	18 57	—18 12
90	1758	68 19	33 49	74 59	32 29
(28)	1759 I	17 37 *r*	16 27	24 31 *r*	21 44
91	1759 II	79 7	—78 27	76 8	—75 51
92	1759 III	4 53 *r*	— 4 10	12 4 *r*	—10 39
93	1762	85 38	64 10	85 10	56 56
94	1763	72 32	72 29	71 13	70 16
95	1764	52 54 *r*	50 26	58 8 *r*	57 5
96	1766 I	40 50 *r*	39 57	33 44 *r*	33 18
97	1766 II	8 2	0 25	0 45	— 0 1
98	1769	40 46	—19 34	42 35	—26 36
99	1770 I	1 35	— 1 6	6 32	6
100	1770 II	31 26 *r*	—30 56	37 37 *r*	—35 52
101	1771	11 16	10 56	8 12	7 20
[102]	1772	17 3	— 9 12	24 18	—13 15
103	1773	61 14	—39 1	56 24	—41 10
104	1774	82 49	43 36	84 53	50 44
105	1779	32 31	28 23	28 18	27 5
106	1780 I	53 48 *r*	—43 4	58 41 *r*	—41 51
107	1780 II	72 3 *r*	—66 14	75 5 *r*	—67 36
108	1781 I	81 43	23 33	74 33	23 57
109	1781 II	27 12 *r*	23 39	34 27 *r*	29 33
110	1783	45 7	— 3 49	38 19	— 1
111	1784	51 9 *r*	—18 24	58 5 *r*	—17 58
112	1785 I	70 14	—24 3	77 23	—26 12
113	1785 II	87 22 *r*	52 45	85 29	51 21
[114]	1786 I	13 36	— 0 35	16 30	— 7 46
115	1786 II	50 59	—27 42	54 56	—34 55
116	1787	48 16 *r*	47 28	54 30 *r*	54 16
117	1788 I	12 28 *r*	10 31	15 12 *r*	7 23
118	1788 II	64 30	27 12	63 44	33 53
119	1790 I	29 44 *r*	26 51	29 30 *r*	29 2
[120]	1790 II	54 6	—21 39	61 9	—25 12
121	1790 III	63 52 *r*	51 25	69 24 *r*	50 25
122	1792 I	39 47 *r*	16 7	37 4 *r*	21 2
123	1792 II	49 7 *r*	24 4	42 52 *r*	18 20
124	1793 I	60 21 *r*	—48 41	66 26 *r*	—48 58
125	1793 II	51 31	47 19	49 42	48 28
(114)	1795	13 43	— 0 29	16 33	— 7 40
126	1796	64 55 *r*	— 3 54	68 56 *r*	—10 7
127	1797	50 41 *r*	—49 40	49 8 *r*	—45 37
128	1798 I	43 48	—11 42	39 12	—15 47
129	1798 II	42 26 *r*	—22 48	35 13 *r*	—18 47
130	1799 I	50 56 *r*	50 34	57 34 *r*	57 30
131	1799 II	77 2 *r*	42 9	74 55 *r*	34 56
132	1801	20 45 *r*	—13 6	27 9 *r*	—19 54
133	1802	57 1	18 13	61 17	24 55
134	1804	56 29	—23 5	58 17	—30 19

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels
(114)	1805	13°34′	— 0°35′	16°27′	— 7°45′
(102)	1806 I	13 37	— 8 22	20 53	—12 23
135	1806 II	35 3 *r*	—23 39	32 54 *r*	—27 1
136	1807	63 10	3 41	70 16	5 25
137	1808 I	45 43 *r*	—43 25	43 27 *r*	—43 7
138	1808 II	39 19 *r*	28 19	44 14 *r*	26 58
139	1810	62 56	53 51	67 18	52 1
140	1811 I	73 2 *r*	60 26	76 7 *r*	55 57
141	1811 II	31 17	—21 46	24 30	—18 50
[142]	1812	73 58	—18 32	81 12	—18 53
143	1813 I	21 14 *r*	— 3 18	28 19 *r*	— 2 36
144	1813 II	81 8 *r*	—24 44	87 18 *r*	—28 51
[145]	1815	44 30	39 39	37 21	32 57
146	1816	43 5	—34 20	46 1	—31 24
147	1818 I	34 11	— 0 15	41 26	— 0 29
148	1818 II	89 44	67 41	82·30	66 1
149	1818 III	63 5 *r*	—10 37	70 6 *r*	—13 6
(114)	1819 I	13 37	— 0 34	16 29	— 7 46
150	1819 II	80 45	13 16	87 36	15 48
[151]	1819 III	10 43	3 23	6 46	5 53
152	1819 IV	9 1	— 1 33	1 50	— 0 38
153	1821	73 33 *r*	10 22	80 6 *r*	7 29
154	1822 I	53 37 *r*	—12 15	52 21 *r*	—18 57
(114)	1822 II	13 20	— 0 39	16 15	— 7 50
155	1822 III	36 18 *r*	—30 3	43 3 *r*	—33 19
156	1822 IV	52 39 *r*	— 0 51	59 34 *r*	1 20
157	1823	76 12 *r*	27 35	71 28 *r*	32 12
158	1824 I	54 37 *r*	—20 54	47 51 *r*	—21 18
159	1824 II	54 37	54 13	61 15	61 10
160	1825 I	56 41 *r*	53 22	61 5 *r*	53 43
161	1825 II	89 42	2 42	86 52 *r*	9 4
(114)	1825 III	13 21	— 0 39	16 15	— 7 50
162	1825 IV	33 33 *r*	—32 34	28 14 *r*	—25 52
(102)	1826 I	13 34	— 8 22	20 49	—12 25
163	1826 II	40	—39 22	44 18	—44 18
164	1826 III	5 17 *r*	0 26	12 *r*	4 58
165	1826 IV	25 57	5 57	20 2	8 9
166	1826 V	89 22 *r*	—80 22	82 30 *r*	—79 39
167	1827 I	77 36 *r*	23 27	75 14 *r*	29 57
168	1827 II	43 39 *r*	14 5	40 50 *r*	19 26
169	1827 III	54 5 *r*	—52 34	56 15 *r*	—51 30
(114)	1829	13 21	— 0 39	16 14	— 7 50
170	1830 I	21 17	2 7	26 38	— 3 3
171	1830 II	44 45 *r*	18 35	44 22 *r*	25 2
(114)	1832 I	13 22	— 0 39	16 15	— 7 51
172	1832 II	43 20 *r*	—16 36	50 35 *r*	—19 1
(102)	1832 III	13 13	— 8 45	20 26	—12 49
173	1833	7 20	— 7 13	12 2	—10 58
174	1834	6	4 37	12 52	7 16
175	1835 I	9 8 *r*	— 4 38	16 13 *r*	— 9 52
(114)	1835 II	13 21	— 0 39	16 14	— 7 51
(28)	1835 III	17 45 *r*	16 35	24 42 *r*	21 59
(114)	1838	13 22	— 0 39	16 14	— 7 51
176	1840 I	53 6	49 36	48 2	42 38
177	1840 II	59 13 *r*	19 57	52 21 *r*	20 27
178	1840 III	79 53	41 11	82 35	48 15
179	1840 IV	57 57	37 53	65 10	41 45
(114)	1842 I	13 21	— 0 39	16 13	— 7 51
180	1842 II	73 34 *r*	—56 38	78 36 *r*	—49 38
181	1843 I	35 41 *r*	35 20	38 18 *r*	38 12
182	1843 II	52°45′	41° 9′	52° 9′	44°39′
[183]	1843 III	11 23	— 3 53	17 16	0 45
184	1844 I	2 55	— 2 53	4 25	4 22
185	1844 II	48 36 *r*	—22 54	54 4 *r*	—29 25
186	1844 III	45 39	1 38	40 39	6 29
187	1845 I	46 51	41 33	48 15	38 5
188	1845 II	56 24	—20 58	56 23	—27 52
189	1845 III	48 42 *r*	46 44	48 15 *r*	48 3
(114)	1845 IV	13 8	— 0 47	16 4	— 7 58
190	1846 I	47 26	—16 2	41 47	—18 33
(102) A	1846 II	12 35	— 8 34	19 47	—12 31
(102) B	1846 II	12 35	— 8 34	19 47	—12 31
[191]	1846 III	30 55	7 2	24 44	2 21
192	1846 IV	85 6	12 51	77 52	11
193	1846 V	57 36 *r*	55 54	58 18 *r*	53 12
194	1846 VI	30 24	—10 8	37 38	—11 33
195	1846 VII	29 19 *r*	28 51	22 9 *r*	21 37
196	1846 VIII	49 39	49 29	47 32	45 51
197	1847 I	48 39	—45 52	44 33	—43 41
198	1847 II	79 34 *r*	31 45	78 28 *r*	24 30
199	1847 III	83 26 *r*	83 16	82 41 *r*	78 35
200	1847 IV	32 39 *r*	26 23	39 54 *r*	31 42
201	1847 V	19 8	14 41	24	13 47
202	1847 VI	71 51 *r*	—70 43	68 46 *r*	—68 46
203	1848 I	84 25 *r*	—79 23	79 9 *r*	—72 18
(114)	1848 II	13 9	— 0 49	16 4	— 8 1
204	1849 I	85 3	—61 35	89 20 *r*	—57 23
205	1849 II	67 10	30 17	71 44	25 41
206	1849 III	66 55	—50 57	61 49	—51 56
207	1850 I	68 11	— 0 29	61 20	1 48
208	1850 II	40 5	—35 5	45 9	—35 46
(183)	1851 I	11 22	— 3 54	17 15	— 0 47
[209]	1851 II	13 55	1 19	13 45	8 3
210	1851 III	38 9	38 6	44 30	43 57
211	1851 IV	88 50 *r*	—49 24	85 2	—45 19
(114)	1852 I	13 8	— 0 47	16 4	— 7 59
212	1852 II	48 53 *r*	27 7	45 54 *r*	31 13
(102) A	1852 III	12 33	— 8 34	19 45	—12 33
(102) B	1852 III	12 33	— 8 34	19 45	—12 33
213	1852 IV	40 55	32 2	41 15	36 44
214	1853 I	20 15 *r*	—20 9	27 29 *r*	—27 15
215	1853 II	57 49 *r*	—16 10	63 56 *r*	—21 9
216	1853 III	61 31	8 24	58 47	14 45
217	1853 IV	61 *r*	—60 3	55 07 *r*	—55 1
218	1854 I	66 7 *r*	8 17	59 44 *r*	11 9
219	1854 II	82 32 *r*	76 12	79 3 *r*	68 57
220	1854 III	71 19 *r*	65 57	71 51 *r*	70 18
221	1854 IV	40 55	30 9	43 51	26 34
222	1854 V	14 9	—13 31	21 12	—20 46
223	1855 I	51 24 *r*	—27 59	48 39 *r*	—32 28
224	1855 II	23 7 *r*	8 41	15 55 *r*	6 43
(114)	1855 III	13 8	— 0 47	16 4	— 7 59
225	1855 IV	10 11 *r*	— 5 45	17 6 *r*	— 7 5
226	1857 I	87 56	58 22	88 17 *r*	52 12
(191)	1857 II	29 48	6 54	23 34	2 17
227	1857 III	58 57 *r*	37 59	63 40 *r*	34 52
228	1857 IV	32 46	— 0 31	37 28	5 15
229	1857 V	56 3 *r*	42 55	59 56 *r*	39 59
230	1857 VI	37 49 *r*	37 38	41 21 *r*	41 10
(209)	1857 VII	13 56	1 18	13 47	8 3

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels
(120)	1858 I	54°24′	−21°31′	61°25′	−25° 5′
(151)	1858 II	10 48	3 18	6 53	5 55
231	1858 III	19 30	8 20	21 56	2 22
232	1858 IV	80 3 *r*	76 42	82 33 *r*	70 1
(183)	1858 V	11 22	− 3 54	17 16	− 0 48
233	1858 VI	63 2 *r*	43 45	63 10 *r*	49 55
234	1858 VII	21 17 *r*	8 38	23 *r*	15 31
(114)	1858 VIII	13 4	− 0 47	16	− 7 59
235	1859	84 32 *r*	−76 50	86 10 *r*	−70 33
236 A	1860 I	79 40	−29 14	82 17	−36 14
236 B	1860 I	79 36	−29 10	82 13	−36 9
237	1860 II	48 13	29 26	45 36	33 27
238	1860 III	79 19	73 8	72 11	67 12
239	1860 IV	32 12	−23 21	26 7	−16 24
240	1861 I	79 46	−32 50	74 39	−37 6
241	1861 II	85 26	−29 48	87 51 *r*	−26 53
242	1861 III	41 59 *r*	−18 34	44 50 *r*	−25 48
(114)	1862 I	13 5	− 0 48	16	− 8
243	1862 II	7 54 *r*	3 36	8 54 *r*	8 42
244	1862 III	66 26 *r*	24 48	69 53 *r*	31 46
245	1862 IV	42 29 *r*	−31 27	44 21 *r*	−37 35
246	1863 I	85 22	73 48	80 2	67 18
247	1863 II	67 22 *r*	3 41	60 8 *r*	3 3
248	1863 III	85 29	55 21	87 17 *r*	54 58
249	1863 IV	78 5	− 2 43	71 25	− 5 26
250	1863 V	64 29	54 25	69 15	52 46
251	1863 VI	83 19	76 23	77 5	69 48
252	1864 I	45 *r*	− 9 47	44 9 *r*	−16 34
253	1864 II	1 52 *r*	0 54	9 1 *r*	6 25
254	1864 III	70 18 *r*	−48 17	75 41 *r*	−54 50
255	1864 IV	48 53	41 28	53 37	48 33
256	1864 V	17 7 *r*	0 26	18 7 *r*	− 6 48
257	1865 I	87 32 *r*	68 5	80 16 *r*	66 25
(114)	1865 II	13 4	− 0 48	15 59	− 8
258	1866 I	17 18 *r*	2 41	11 *r*	4 28
(183)	1866 II	11 22	− 3 55	17 16	− 0 49
259	1867 I	18 13	− 0 51	11	− 1 1
[260]	1867 II	6 25	4 32	3 15	2 14
261	1867 III	83 26 *r*	31 9	89 25	30 10
(191)	1868 I	29 22	7 12	23 6	2 33
262	1868 II	48 27 *r*	36 55	55 13 *r*	39
(114)	1868 III	13 7	− 0 50	16 1	− 8 2
(151)	1869 I	10 48	3 15	6 53	5 54
263	1869 II	68 20 *r*	− 7 37	64 30 *r*	−13 27
[264]	1869 III	5 24	5 11	11 49	8 56
265	1870 I	58 12 *r*	−15 25	61 15 *r*	− 9 17
266	1870 II	80 39 *r*	− 4 59	84 9 *r*	1 21
(209)	1870 III	15 39	1 1	15 3	7 32
267	1870 IV	32 44 *r*	32 44	39 36 *r*	39 31
268	1871 I	87 36	−42 29	85 49 *r*	−45 24
269	1871 II	78 1 *r*	76 28	72 44 *r*	72 42
(120)	1871 III	54 17	−21 28	61 19	−25 4
270	1871 IV	81 40 *r*	−61 44	83 55 *r*	−55 28
(114)	1871 V	13 7	− 0 50	16 2	− 8 2
(260)	1873 I	9 46	3 25	2 37	1 23
[271]	1873 II	12 45	− 1 8	9 20	4 32
(183)	1873 III	11 22	− 3 56	17 16	− 0 52
272	1873 IV	84 1 *r*	−13 43	77 25 *r*	−10 31
273	1873 V	58 31 *r*	−43 27	57 16 *r*	−36 44
(191)	1873 VI	29 25	7 14	23 8	2 35
274	1873 VII	30° 1′	− 7°38′	37°16′	− 8°43′
275	1874 I	58 53	−58 53	53 51	−53 27
276	1874 II	31 35 *r*	−14 22	24 52 *r*	− 9 16
277	1874 III	66 21	25 9	61 15	28 51
278	1874 IV	34 8	16 30	40 1	23 1
279	1874 V	41 50	41 46	49 4	49 1
280	1874 VI	80 47 *r*	16 4	74 22 *r*	18 59
(151)	1875 I	11 17	2 53	7	5 37
(114)	1875 II	13 7	− 0 50	16 2	− 8 2
281	1877 I	27 5 *r*	− 5 48	25 8 *r*	−11 47
282	1877 II	58 51 *r*	49 46	55 41 *r*	51 18
283	1877 III	77 10	60 30	77 5	53 42
(209)	1877 IV	15 43	1 54	15 3	8 27
284	1877 V	64 15 *r*	61 16	62 1 *r*	61 32
285	1877 VI	77 42 *r*	35 41	70 28 *r*	34 41
286	1878 I	78 11	2 22	71 47	5 40
(114)	1878 II	13 7	− 0 50	16 1	− 8 2
(271)	1878 III	12 46	− 1 8	9 7	4 32
(191)	1879 I	28 59	6 57	22 48	2 14
287	1879 II	72 58 *r*	3 35	79 21 *r*	7 10
(260)	1879 III	9 46	3 23	2 36	1 23
288	1879 IV	72 15 *r*	71 22	77 40 *r*	77 39
289	1879 V	77 8	61 41	70 4	59 21
290	1880 I	36 52 *r*	35 55	38 54 *r*	38 54
291	1880 II	56 56 *r*	28 35	49 42 *r*	25 30
292	1880 III	38 6 *r*	−21 44	44 32 *r*	−21 42
(264)	1880 IV	5 23	5 10	11 48	8 55
293	1880 V	60 42	10 11	67 56	10 10
(183)	1881 I	11 20	− 4 5	17 13	− 1 5
294	1881 II	77 58	6 4	73 31	11 38
295	1881 III	63 26	− 5 8	70 24	− 3 23
296	1881 IV	39 46 *r*	32 48	46 32 *r*	39 43
297	1881 V	6 50	− 5 1	1 10	0 59
298	1881 VI	67 11 *r*	5 48	60 23 *r*	7 54
(114)	1881 VII	12 53	− 0 52	15 49	− 8 5
299	1881 VIII	35 11 *r*	30 37	33 43 *r*	32 22
300	1882 I	73 49	−27 45	78 34	−22 52
301	1882 II	38 *r*	35 15	38 46 *r*	38 14
302	1882 III	83 51 *r*	−73 11	76 38 *r*	−68 58
303	1883 I	78 3	66 3	84 43	65 39
304	1883 II	65 1 *r*	36 47	57 53 *r*	32 54
(142)	1884 I	74 3	−18 26	81 18	−18 56
305	1884 II	5 28	− 4 41	7 17	1 1
306	1884 III	25 16	3 6	31 2	9 1
(114)	1885 I	12 54	− 0 57	15 50	− 8 10
307	1885 II	80 38	1 29	73 44	3 38
308	1885 III	59 29	35 2	64 16	31 41
(120)	1885 IV	54 20	−21 36	61 21	−25 16
309	1885 V	47 27	37 24	54 38	42 59
310	1886 I	82 37	56 47	76 57	47 9
311	1886 II	84 24	59 54	77 11	57 13
312	1886 III	80 10 *r*	37 25	74 4 *r*	40 12
313	1886 IV	13 24	0 44	7 15	− 2 21
314	1886 V	87 44	−21 12	88 50 *r*	−14 50
(151)	1886 VI	11 7	2 53	7	5 37
315	1886 VII	3 2	− 2 8	4 36	4 35
316	1886 VIII	85 35	31 47	87 11 *r*	32 18
317	1886 IX	78 23 *r*	77 50	81 46 *r*	70 42
318	1887 I	43 *r*	37 39	42 37 *r*	40 41
319	1887 II	75 43 *r*	20 8	69 11 *r*	16 20

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels	Nr. im Kataloge von Weiss	Jahr des Perihel-Durchganges	Neigung i gegen die Ekliptik	Breite b des Perihels	Neigung y gegen den Sonnen-Äquator	Helioc. Declination δ des Perihels
320	1887III	40°11′r	22°34′	44° 6′r	18°39′	327	1889III	31°13′	26°42′	38°13′	33°36′
321	1887IV	17 35	4 31	24 46	5 8	328	1889IV	66 1	—12 53	72 15	—11 32
(145)	1887V	44 34	39 36	37 27	32 52	329	1889V	6 4	— 1 43	6 24	5 13
322	1888I	42 15	— 6 3	48 58	— 1 14	330	1889VI	10 3	9 25	14 11	13 24
(114)	1888II	12 53	— 0 53	15 49	— 8 7						
323	1888III	74 12	55 51	67 46	49 56						
(183)	1888IV	11 20	— 4 5	17 13	— 1 5						
324	1888V	56 25	—51 3	53 23	—51 28						
325	1889I	13 38r	— 4 33	16 46r	1 36						
326	1889II	16 10r	—13 21	13 30r	—13 23						

In diese Tabelle wurde die reducirte Länge des Perihels aus folgendem Grunde nicht aufgenommen. Die für alle Breiten geltende Eigenthümlichkeit der Perihellängen, mit den Werthen um 90° und 270° häufiger als mit anderen aufzutreten, kann, wie Holetschek[1] beweist, durch die veränderliche Stellung der Erde zur Sonne, also durch terrestrische Verhältnisse, erklärt werden. Dieses Überwiegen der genannten Längen ist demnach nur ein scheinbares, und die wirkliche Vertheilung der Perihellängen in der Gesammtheit der Kometen kann man, gewiss ohne einen bedeutenden Fehler zu begehen, als eine gleichmässige annehmen. Eine Untersuchung in Bezug auf die Perihellänge in derselben Weise, wie z. B. in Bezug auf die Neigung der Bahn auszuführen, hielt ich für überflüssig, weil ihre Ergebnisse angesichts der erwähnten scheinbaren Vertheilung sehr zweifelhaft gewesen wären.

Die Bemerkungen betreffs der Vertheilung der übrigen Bahnelemente glaube ich besser weiter unten anbringen zu sollen, und es sei hier nur hervorgehoben, dass ich dieselbe vorerst ebenfalls als eine angenähert gleichmässige angenommen habe.

Wenn man Beziehungen der Kometen zu den Erscheinungen des Sonnensystems finden will, so ist es sicher gerechtfertigt, hauptsächlich jene Kometen auf ihre Bahnelemente zu untersuchen, welche gleichzeitig oder doch nahe gleichzeitig durch das Perihel gegangen sind; denn dass Kometen, die sehr weit vom Centralkörper abstehen, eine Beziehung zu solchen Erscheinungen haben sollten, liegt ausser aller Wahrscheinlichkeit. Da dieselben, wie z. B. die Sonnenflecken und das Polarlicht, durch mehrjährige Perioden ausgezeichnet sind, und die Periodicität fast das Einzige ist, was man davon mit Sicherheit weiss: so liegt der Gedanke nahe, dass eine Beziehung zu den Kometen am wahrscheinlichsten nachzuweisen sein wird, wenn es gelingt, zu erkennen, ob das Mittel aus gewissen Bahnelementen der sonnennahen Kometen mit der Zeit veränderlich ist oder nicht.

Zu einer solchen Untersuchung erschien mir zunächst die Neigung y besonders geeignet, weil der Sonnenäquator nahezu eine Symmetrieebene der Fleckenzonen und der Corona ist. Nimmt man aus den Neigungswinkeln y ohne Rücksicht auf die Richtung der Bewegung für die Kometen, welche in demselben Jahre durch ihr Perihel gegangen sind, fortlaufende Jahresmittel, so erkennt man schon aus denselben eine Beziehung zu der elfjährigen Fleckenperiode, insbesondere wenn man nur die Mittel für die letzten Jahrzehnte, in welchen fast jedes Jahr durch mehrere Kometen vertreten ist, ins Auge fasst. Um aber auch für die früheren Jahre, welche nur theilweise einige eigene Kometen aufweisen, genäherte Mittel zu erhalten und dieselben besser abzurunden, habe ich auch fünfjährige fortlaufende Mittel berechnet, indem ich für jedes Jahr nicht nur die Kometen des betreffenden Jahres, sondern auch jene der zwei vorausgehenden und der zwei folgenden Jahre in Rechnung zog. Aus der so erhaltenen Zahlenreihe sind gewisse Beziehungen zu der 11·1jährigen und säcularen Sonnenfleckenperiode bereits von der ersten Hälfte des vorigen Jahr-

[1] »Über die Richtungen der grossen Axen der Kometenbahnen.« Sitzungsber. d. kais. Akad. XCIV, 1886.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

hunderts an deutlich zu erkennen. Dieses Ergebniss hielt ich für bedeutsam genug, um es zum Gegenstande einer ersten vorläufigen Mittheilung an die kaiserliche Akademie der Wissenschaften zu machen.[1] Herr Prof. Weiss, dem ich den Aufsatz zuvor einsandte, gab mir den freundlichen Rath, nachzusehen, wie sich die Sache verhält, wenn man bei diesem Mittelnehmen jene Kometen, welche durch wiederholtes Erscheinen mit Sicherheit als periodisch erkannt worden sind, weglässt. So entstand die zweite Reihe der folgenden Zusammenstellung, in welche zur Vergleichung auch die von Wolf berechneten Relativzahlen der Sonenflecken aufgenommen wurden.

Tabelle 2.

Jahr	Sonnenflecken Relativzahlen	Neigung der Kometenbahnen gegen den Sonnen-Äquator: Jahresmittel mit periodische	Jahresmittel ohne periodische Kometen	Fünfjähriges Mittel mit periodische	Fünfjähriges Mittel ohne periodische Kometen	Jahr	Sonnenflecken Relativzahlen	Neigung der Kometenbahnen gegen den Sonnen-Äquator: Jahresmittel mit periodische	Jahresmittel ohne periodische Kometen	Fünfjähriges Mittel mit periodische	Fünfjähriges Mittel ohne periodische Kometen
1700	5·0?	.	.	32·9°	32·9°	1740	60·0?	.	.	**58·1°**	**58·1°**
1	10·0?	36·7°	36·7°	37·8	37·8	41	35·0?	.	.	42·4	42·4
2	15·0?	9·9	9·9	23·3	23·3	42	18·3	65·2°	65·2°	39·9	39·9
3	21·0?	.	.	23·3	23·3	43	14·6	26·8	26·8	39·9	39·9
4	31·4	.	.	31·0	31·0	44	*5·0?*	40·9	40·9	*34·0*	*34·0*
5	**48·6***	.	.	67·0	67·0	45	10·0	.	.	37·2	37·2
6	25·8	52·0	52·0	67·0	67·0	46	20·0?	10·2	10·2	54·6	54·6
7	18·8	81·9	81·9	67·0	67·0	47	35·0?	81·3	81·3	58·0	58·0
8	9·7	.	.	67·0	67·0	48	50·0?	70·2	70·2	58·0	58·0
9	7·1*	.	.	81·9	81·9	49	63·8*	.	.	**73·9**	**73·9**
10	2·5?	.	.	.	.	50	**83·1**	.	.	70·2	70·2
11	0·0	.	.	.	.	51	52·1	.	.	.	.
12	*0·0*	.	.	.	.	52	45·9	.	.	.	.
13	2·2	.	.	.	.	53	28·9	.	.	.	.
14	9·6	.	.	.	.	54	13·5	.	.	.	.
15	24·7	.	.	.	.	55	*9·3*	.	.	*19·0*	*19·0*
16	39·9*	.	.	35·9	35·9	56	12·2	.	.	47·0	47·0
17	**52·3***	.	.	35·9	35·9	57	31·9	19·0	19·0	41·3	41·3
18	50·0?	35·9	35·9	35·9	35·9	58	47·1	75·0	75·0	41·3	41·3
19	34·0	.	.	35·9	35·9	59	54·6	37·6	44·1	41·3	45·5
20	25·3	.	.	35·9	35·9	60	64·7	.	.	54·6	62·1
21	23·8	.	.	53·9	53·9	61	**80·2**	.	.	53·8	61·1
22	20·0?	.	.	53·9	53·9	62	60·0	85·2	85·2	**71·5**	**71·5**
23	*10·0?*	53·9	53·9	53·9	53·9	63	48·4	71·2	71·2	71·5	71·5
24	19·4	.	.	53·9	53·9	64	36·7	58·1	58·1	49·8	49·8
25	34·5	.	.	53·9	53·9	65	21·4	.	.	41·0	41·0
26	64·0	.	.	.	.	66	*14·1*	17·2	17·2	30·9	30·9
27	**90·0**	.	.	81·2	81·2	67	35·9	.	.	25·7	25·7
28	80·0?	.	.	81·2	81·2	68	66·8	.	.	24·2	24·2
29	60·0?	81·2	81·2	81·2	81·2	69	**103·4**	42·6	42·6	*23·7*	*23·7*
30	40·0?	.	.	81·2	81·2	70	98·5	22·1	22·1	23·8	23·7
31	25·0?	.	.	81·2	81·2	71	86·6	8·2	8·2	29·3	30·3
32	10·0?	.		.	.	72	65·7	24·3	.	36·3	38·7
33	*5·0*	.	.	.	.	73	39·7	56·4	56·4	43·4	49·8
34	15·0	.	.	.	.	74	27·4	84·9	84·9	55·2	70·6
35	30·0	.	.	41·6	41·6	75	*8·8*	.	.	70·6	70·6
36	58·0?	.	.	41·6	41·6	76	21·7	.	.	**84·9**	**84·9?**
37	66·0	41·6	41·6	44·7	44·7	77	92·0	.	.	28·3	28·3?
38	**85·0?**	.	.	44·7	44·7	78	**151·7**	.		54·0	54·0?
39	78·5	51·0	51·0	44·7	44·7	79	123·4	28·3	28·3	54·2	54·2

[1] »Zur Kometenstatistik.« Anzeiger der mathem.-naturw. Classe, Nr. XX, 1886.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	Sonnenflecken Relativzahlen	Neigung der Kometenbahnen gegen den Sonnen-Äquator: Jahresmittel, mit periodische Kometen	Jahresmittel, ohne periodische Kometen	Fünfjähriges Mittel, mit periodische Kometen	Fünfjähriges Mittel, ohne periodische Kometen
1780	89·2	66·9°	66·9°	54·2°	54·2°
81	66·5	54·5	54·5	*51·6*	*51·6*
82	38·7	.	.	56·5	56·5
83	22·5	38·3	38·3	**61·4**	61·4
84	*10·3*	58·1	58·1	55·1	**62·8**
85	26·7	81·4	81·4	55·0	61·5
86	81·2	35·7	54·9	53·2	58·5
87	128·2	54·5	54·5	52·5	58·5
88	**133·3**	39·5	39·5	*45·6*	47·9
89	116·9	.	.	48·9	46·5?
90	90·6	53·4	49·5	45·6	*43·0*?
91	67·6	.	.	**50·9**	49·2
92	59·9	40·0	40·0	50·9	49·2
93	47·3	58·1	58·1	42·5	49·0
94	38·0	.	.	46·9	53·0
95	23·8	16·6	.	50·2	**58·6**
96	15·6	68·9	68·9	*41·8*	48·1?
97	6·5	49·1	49·1	48·8	54·2
98	*4·6*	37·2	37·2	**54·2**	54·2
99	7·1	66·2	66·2	47·2	*47·2*
1800	15·6	.	.	49·2	49·2
01	33·9	27·2	27·2	**55·2**	**55·2**
02	54·7	61·3	61·3	48·9	48·9
03	70·7	.	.	40·8	48·9
04	**71·4**	58·3	58·3	38·0	50·8
05	48·0	16·5	.	39·8	53·8
06	28·4	26·9	32·9	40·9	49·8
07	11·1	70·3	70·3	*38·0*	*47·7*
08	7·2	43·8	43·9	46·5	51·6
09	3·1	.	.	54·3	54·3
10	*0·0*	67·3	67·3	56·1	51·1
11	1·6	50·3	50·3	**60·8**	**56·7**
12	4·9	81·2	.	60·8	56·7
13	12·6	57·8	57·8	55·8	54·1?
14	16·2	.	.	56·0	53·9?
15	35·2	37·4	.	*49·7*	*53·9*?
16	**46·9**	46·0	46·0	[55·5]	[60·0]
17	39·9	.	.	*43·3*	*54·9*
18	29·7	64·7	64·7	44·1	54·9
19	23·5	28·2	44·7	48·4	**60·6**
20	16·2	.	.	46·5	57·6
21	6·1	80·1	80·1	43·5	56·6
22	3·9	42·8	51·7	**54·0**	59·4
23	*2·6*	71·5	71·5	52·0	59·2
24	8·1	54·6	54·6	45·2	51·6?
25	16·2	48·1	58·7	48·3	52·9
26	35·0	35·9	39·7	46·7	51·4
27	51·2	57·4	57·4	43·1	50·7
28	62·1	.	.	*39·9*	*44·7*?
29	**67·2**	16·2	.	[43·3]	**48·7**?
30	67·0	35·5	35·5	29·1	40·5?
31	50·4	.	.	26·6	33·4?
32	26·3	29·1	50·6	26·2	29·3
33	*9·4*	12·0	12·0	21·2	22·9?
34	13·3	12·9	12·9	*21·2*	22·9?
1835	59·0	19·1°	16·2°	16·4°	*13·7*°?
36	119·3	.	.	17·3	14·5?
37	**136·9**		.	18·3	16·2?
38	104·1	16·2	.	**52·9**	62·0?
39	83·4	.	.	52·9	62·0?
40	61·8	62·0	62·0	51·3	**65·3**
41	38·5	.	.	50·1	59·6
42	23·0	47·4	78·6	45·8	51·6
43	*13·1*	35·9	45·2	39·2	*46·8*
44	19·3	33·0	33·1	*37·1*	47·1
45	38·3	42·2	51·0	42·5	48·3
46	59·6	38·8	47·5	43·8	50·3
47	87·4	56·4	56·4	49·0	56·8
48	**124·9**	47·6	79·2	50·6	57·3
49	95·4	74·3	74·3	**54·3**	**62·6**
50	69·8	53·2	53·2	45·5	62·5
51	63·2	40·1	64·8	46·6	57·8
52	52·7	28·5	43·6	44·5	53·6
53	38·5	51·3	51·3	40·1	48·7
54	21·0	55·1	55·1	*40·1*	*46·4*
55	7·7	24·4	27·2	[45·3]	[50·2]
56	*5·1*	.	.	41·4	49·3
57	22·9	46·9	58·1	*40·2*	49·9
58	56·2	36·5	47·7	48·3	58·4
59	90·3	86·2	86·2	50·9	60·2
60	**94·8**	61·7	61·7	49·2	57·2
61	77·7	69·1	69·1	**62·4**	**65·0**
62	61·0	34·8	41·0	56·6	58·4
63	45·4	74·2	74·2	54·4	58·7
64	45·2	40·1	40·1	*47·9*	*53·8*
65	31·4	48·1	80·3	[48·5]	[55·8]
66	14·7	14·1	11·0	34·9	*44·7*
67	*8·8*	34·6	50·2	*31·2*	51·9
68	36·8	31·4	55·2	34·0	52·0
69	78·6	27·7	64·5	44·5	64·8
70	**131·8**	50·0	61·7	46·5	**68·4**
71	113·8	64·0	80·8	43·5	66·4
72	99·7	.	.	**47·6**	60·2
73	67·7	32·0	57·3	43·5	59·8
74	43·1	50·6	50·6	*36·7*	*52·8*
75	18·9	11·5	.	40·8	54·7
76	11·7	.	.	42·9	55·5
77	11·1	50·9	58·1	42·4	[65·5]
78	*3·8*	32·3	71·8	[45·7]	60·8
79	7·7	50·5	75·7	*43·9*	56·6
80	31·5	42·6	50·3	44·8	57·6
81	54·4	39·8	47·6	48·7	58·4
82	58·1	64·7	64·7	47·0	*50·7*?
83	**65·3**	71·3	71·3	49·7	53·3
84	63·3	39·9	19·2	**55·9**	**59·2**
85	51·3	54·0	64·2	52·3	55·4
86	25·1	56·1	62·2	48·7	54·0
87	12·6	43·6	45·2	45·2	53·7
88	7·0	40·6	56·7		
89	.	26·9	35·2		

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Bei Wolf's Relativzahlen sind vor 1750, mit welchem Jahre die ausgeglichenen Relativzahlen beginnen, öfters die Zeichen * und ? angebracht. * bedeutet, dass die betreffende Zahl besonders gut bestimmt und ?, dass sie unverlässlich ist. Ebenso bedeutet das Zeichen ?, wenn es nach einem 5jährigen Mittel von y steht, dass dieses theils wegen einer zu kleinen Kometenanzahl, theils wegen anderer Gründe, auf die erst unten eingegangen werden kann, unsicher ist.

Aus den 5jährigen Mitteln, deren periodischer Gang sich von dem Gange der im Diagramme 3. Abth., Taf. I dargestellten verbesserten Mittel nur wenig unterscheidet, erkennt man Folgendes:

1. Die mittlere Neigung der Bahnen jener Kometen, welche in demselben Jahre oder doch innerhalb 5 Jahren durch ihr Perihel gehen, ist mit der Zeit veränderlich und befolgt eine Periode, welche im Allgemeinen gut mit der 11·1jährigen Sonnenfleckenperiode verglichen werden kann.

2. Von 1735 bis ungefähr 1765 und von 1830 bis zur Gegenwart fallen die Maxima, bezichentlich Minima auf dieselben oder doch angenähert auf dieselben Jahre, so dass sich also beide Perioden gut oder ziemlich gut decken. Sehr gut oder gut (mit 1 Jahr Differenz) ist die Übereinstimmung der Maxima: 1750, 1761, 1837, 1848, 1860 und 1883. Ziemlich gut (mit 2 Jahren Differenz) ist dieselbe: 1738—40, 1870—72.

Sehr gut oder gut ist die Übereinstimmung der Minima: 1744, 1755, 1833, 1843 und 1867; ziemlich gut: 1856 (y zwei Minima, 1854 und 1857) und 1878 (y zwei Minima, 1874 und 1879).

3. Von 1765—1830 zeigt sich häufig eine sehr gute bis ziemlich gute Übereinstimmung der Sonnenflecken-Maxima mit den Minimis der Neigung y oder umgekehrt, so dass sich also die Perioden angenähert decken, wenn eine von ihnen verkehrt dargestellt wird. Eine solche Übereinstimmung bemerkt man um: 1769, 1775, 1783, 1788, 1798, 1810, 1816 und 1823.

4. Seit Beginn dieses Jahrhunderts sind in der Kometenperiode auch secundäre Maxima und Minima zu erkennen, und zwar Maxima — in obiger Tabelle durch [ ] hervorgehoben —: 1829, 1855, 1865 und 1878; Minima — in der Tabelle wie die Hauptminima durch schräge Ziffern bezeichnet —: 1815 oder 1817, 1828, 1854 oder 1857, 1864, 1874 oder 1879.

5. Das Weglassen der periodischen Kometen hat auf den periodischen Gang des mittleren Neigungswinkels nur insofern Einfluss, als dadurch die Mittel insbesondere in den letzten Jahrzehnten, welche derartige Kometen in grösserer Zahl als die früheren aufweisen, im Allgemeinen grösser aber auch unsicherer werden; ersteres wohl deshalb, weil diese Kometen überwiegend schwach geneigte Bahnen haben, und letzteres, weil der mittlere Fehler des aus n gleichgewichtigen Elementen bestimmten Mittels mit abnehmendem n grösser wird, indem er der Grösse $\sqrt{n(n-1)}$ umgekehrt proportional ist.

6. Der Zeitraum von 66 Jahren zwischen den auffallend tiefen und anhaltenden Minimis um 1769 und 1835 sowie die Umkehrung der Periode innerhalb desselben scheinen auf einen Zusammenhang mit der säcularen Sonnenfleckenperiode hinzuweisen.

Alle diese Thatsachen beweisen zwar, dass Beziehungen zwischen den Kometen und den Sonnenflecken überhaupt bestehen, sie sind aber noch nicht so sicher begründet, um die Art derselben ausser Zweifel zu stellen; es erscheinen insbesondere die Umkehrung der 11jährigen Periode und die Zersplitterung durch secundäre Hebungen auffallend und der weiteren Erhellung bedürftig, und noch umsomehr, als Analogien dieser Eigenthümlichkeiten in der Fleckenperiode selbst und auch in anderen, von ihr abhängigen Erscheinungen als Polarlicht, Erdmagnetismus, Lufttemperatur etc. zu erkennen sind.

In der Überzeugung, dass eine weitere Untersuchung bessere Ergebnisse zu Tage fördern werde, habe ich die Untersuchung fortgesetzt und dabei folgende allgemeine Grundsätze befolgt:

Bei der Berechnung mittlerer Elemente wurden die periodischen Kometen in der Regel — Ausnahmen werden besonders hervorgehoben — mit jeder Erscheinung in Rechnung gebracht, so dass die Mittel für alle Kometenerscheinungen seit 1698 gelten, deren Bahnen berechnet werden konnten. Dies geschah einerseits wegen der soeben unter Absatz 5 angegebenen Thatsache und andererseits, weil die sicher als periodisch erkannten Kometen zumeist kurze Umlaufszeit haben und erst in den letzten Jahrzehnten verzeichnet sind, so dass eine abgesonderte, übrigens in derselben Weise wie für die andern Kometen ausgeführte

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Untersuchung wegen des zu kurzen Zeitraums und der zu kleinen Zahl solcher Kometen kein sicheres Ergebniss liefern kann. Durch das wiederholte Erscheinen periodischer Kometen wird das Kometensystem gewissermassen gegen die Ekliptik zu ergänzt, indem — wie auch theoretisch begründet werden kann — die Kometen mit steiler Bahn, wenn jeder nur einmal gezählt wird, im Verzeichnisse viel stärker vertreten sind, als die mit schwachgeneigter Bahn.

Es liegt nahe zu vermuthen, dass die rechtläufigen Kometen andere Beziehungen zu den Sonnenflecken besitzen als die rückläufigen. Eine für beide Kometenarten getrennt ausgeführte Untersuchung bezüglich der Neigung gab jedoch nur zweifelhafte Resultate und liess keine auffallende Verschiedenheit erkennen. Beide Arten zeigen so ziemlich denselben periodischen Gang, nur schliesst sich bald die eine, bald die andere der Fleckenperiode besser an. Von dieser Trennung wurde daher bei der weiteren Untersuchung ebenfalls abgesehen.

Wie die Sonnenphysiker Spörer, Tacchini u. a. beweisen, haben die Flecken der nördlichen und südlichen Halbkugel der Sonne im Ganzen denselben periodischen Gang, aber nicht immer die gleiche Häufigkeit, indem bald die Flecken der nördlichen, bald die der südlichen Zone überwiegen. Die Erwägung dieser Thatsache brachte mich auf die Vermuthung, dass die nördlichen und südlichen Kometen ein verschiedenes Verhalten haben dürften, und deshalb habe ich die Kometen einerseits durch den Sonnenäquator und andrerseits durch die Ekliptik in zwei Gruppen abgetheilt und jede besonders behandelt. Nördlich, beziehentlich südlich, werden im Folgenden stets diejenigen Kometen genannt, deren Perihelien positive, beziehentlich negative heliocentrische Declination (auch wohl Breite) besitzen.

Da schon die für beide Gruppen in derselben einfachen Weise wie in Tabelle 2 berechneten 5jährigen Mittel, welche wegen der Verkleinerung der Kometenzahl als minder sicher zu betrachten sind, einen deutlichen, jedoch verschiedenen Gang erkennen liessen, so habe ich die Mittel dadurch verbessert, dass ich den Elementen die Gewichte 1, $^1/_2$, $^1/_4$ beilegte, je nachdem die Perihelzeit des Kometen dem Jahre, für welches das Mittel gilt, angehört oder in das 1., beziehentlich 2. vorausgehende oder folgende Jahr fällt. Bezeichnen s_{-2}, s_{-1}, s, s_1, s_2 die Summen desselben Elementes für 5 aufeinander folgende Jahre, n_{-2}, n_{-1}, n, n_1 und n_2 die zugehörigen Kometenzahlen, so ist das verbesserte Mittel gegeben durch den Ausdruck:

$$\frac{s_{-2}+2s_{-1}+4s+2s_1+s_2}{n_{-2}+2n_{-1}+4n+2n_1+n_2},$$

es gilt für das dritte Jahr und der Nenner ist sein Gewicht. Noch andere Verschiedenheiten, als Helligkeit, Dauer der Sichtbarkeit etc., zu berücksichtigen, halte ich einstweilen aus theoretischen Gründen, und weil die diesbezüglichen Angaben des Kataloges zu unsicher sind, für nicht gut thunlich. Eine weitere Verbesserung durch Einsetzung von interpolirten Werthen für die Jahre, welche keine Kometenerscheinungen aufweisen, anzubringen, war nicht nöthig, indem die so berechneten Mittel den periodischen Gang bereits besser darstellen als die einfachen und die Wendepunkte in ihnen gut zu erkennen sind. Dass vom Interpoliren, worin doch eine gewisse Willkür liegt, Umgang genommen werden konnte, spricht gewiss auch für die Richtigkeit der nachgewiesenen Perioden.

Die Kometen wurden ausser durch den Sonnenäquator auch noch durch die Ekliptik in nördliche und südliche abgetheilt, weil diese Ebene mit der Grundebene des Planetensystems nahe zusammenfällt (indem der Winkel zwischen beiden nur einen halben Grad beträgt) und es sehr wahrscheinlich ist, dass gewisse Beziehungen zwischen Planeten und Kometen bestehen; ferner auch, weil sich durch die zweifache Untersuchung erkennen lässt, ob eine Drehung der Trennungsebene um einen Winkel von $7^1/_4{}^\circ$, gegen welchen die Unsicherheit des Sonnenäquators und die kleinen Schwankungen der Ekliptik so zu sagen verschwinden, einen bedeutenden Einfluss auf die Untersuchungsresultate hat oder nicht, und man also dann auch beurtheilen kann, ob jenen Unsicherheiten ein Einfluss beizumessen sei oder nicht.

Wenn man im Ganzen eine gleichmässige Vertheilung der Bahnelemente der Kometen voraussetzt und das allgemeine Mittel der Perihelbreiten theoretisch bestimmen will, so hat man in der Gleichung

$$\sin b = \sin(\pi - \Omega) \,.\, \sin i$$

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

offenbar sowohl $\pi - \Omega$ als auch i gleich 45° zu setzen, und es ergibt sich dann $b_m = 30°$. In analoger Weise erhält man aus der Gleichung

$$\sin \delta = \sin(\pi - \Omega'). \sin y,$$

worin Ω' die Länge des aufsteigenden Knotens in Bezug auf den Sonnenäquator bedeutet, $\delta_m = 30°$, indem das allgemeine Mittel von $\pi - \Omega'$ und von y gewiss von 45° nicht viel abweichen kann.

Da dieser allgemeine Mittelwert von δ mit der mittleren heliographischen Breite der Fleckenzonen gut zu vergleichen ist, diese Breite sich mit der Fleckenfrequenz periodisch ändert und das fünfjährige Mittel von δ wegen des Factors $\sin(\pi - \Omega')$ auch eine andere (möglicherweise auch keine) Periode befolgen kann als das fünfjährige Mittel von y: so habe ich Anlass gefunden, den periodischen Gang von δ und b in derselben Weise wie den von y und i zu untersuchen, umsomehr, als man die mittlere Periode besser bestimmen kann, wenn sich für verschiedene Elemente die gleiche Periodicität herausstellt. In der folgenden Tabelle sind nun die fünfjährigen verbesserten Mittel der vier Elemente y, δ, i und b so zusammengestellt, dass je zwei nebeneinander stehende gleiches Gewicht g [1] besitzen. In den letzten Columnen wurden auch noch die ohne Rücksicht auf das Vorzeichen von δ und b genommenen Mittel zur Vergleichung angegeben.

Um die Wendepunkte und den ganzen Gang der Kometenperioden, welche in Tab. 3 (S. 14[134]—18[138]) zu erkennen sind, besser beurtheilen zu können, wurden jene Zahlenreihen auf Tafel I auch in Diagrammen dargestellt. Für die absoluten Werthe wurde nur beispielsweise das Diagramm des Neigungswinkels y und der heliocentrischen Declination δ ausgeführt, weil sich aus denselben (ausser den schon S. 11[131] angegebenen Sätzen) keine weiteren Schlüsse ziehen lassen.

Als Abscissen sind die Jahreszahlen und als Ordinaten die ihnen entsprechenden fünfjährigen corrigirten Mittel so aufgetragen, dass eine Ordinate in die Mitte des betreffenden Jahres fällt.

Zur Vergleichung wurde oberhalb die Sonnenfleckencurve nach Wolf's ausgeglichenen Relativzahlen gezeichnet.

1. Die 11·1 jährige Periode der südlichen Kometen.

Wie aus den Zahlenreihen in Tab. 3 und den Diagrammen auf den ersten Blick zu erkennen ist, spricht sich in den Elementen y, δ, i und b der südlichen Kometen eine Periode aus, welche mit der 11jährigen Sonnenfleckenperiode grosse Ähnlichkeit hat. Es soll nun zunächst deren mittlere Länge P nach der Methode, welche Wolf[2] für die Sonnenflecken angewendet hat, bestimmt werden. Dieselbe besteht darin, dass man die Epochen der Wendepunkte durch Abschätzung thunlichst genau ermittelt, den Zeitabstand zweier aufeinander folgender Maxima, beziehentlich Minima als eine wahre oder beobachtete Periode p ansieht und aus allen so erhaltenen Werthen von p ein Mittel P nimmt.

Von untergeordneten Schwankungen abgesehen, erkennt man die Wendepunkte zumeist schon in der auffallenden Abweichung des für das betreffende Jahr geltenden fünfjährigen Mittels von den Nachbarwerthen, und man kann das Maximum oder Minimum in die Mitte des Jahres setzen, was durch die Decimale 0·5 angezeigt wird. Nur in einigen Fällen, welche überwiegend den letzten Jahrzehnten angehören, habe ich es in Berücksichtigung des Gewichtes und des Ganges der benachbarten Werthe besser erachtet, den Wendepunkt durch Änderung der Decimale in die erste, beziehentlich zweite Jahreshälfte zu verschieben.

Die Zusammenstellung in Tab. 4, S. 19[139] bringt für jedes der vier Elemente y, δ, i und b in den ersten zwei Columnen die Epochen der Maxima und Minima von 1740 bis zum letzten Maximum im Jahre 1883 (1882), in der zweiten die wahren Perioden p und in der dritten, welche mit »Resultate« überschrieben ist, ausser der mittleren Periodenlänge P auch noch den mittleren Fehler $\varphi = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}$ der einzelnen wahren Perioden und den wahrscheinlichen Fehler $f = \pm 0 \cdot 6745 \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}}$ ihres Mittels.

[1] Obschon von diesen Gewichtszahlen in der folgenden Ableitung nur wenig Gebrauch gemacht wird, so wurden sie doch in die Tabelle aufgenommen, weil sie vielleicht bei weiteren Untersuchungen nützlich sein könnten.

[2] Astronomische Mittheilungen, LII, 2. Methode.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 3.

Jahr	Sonnenflecken Relativ-Zahlen	δ positiv			b positiv			δ negativ			b negativ			δ absolut			b absolut		
		y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b
1700	5·0?	45·0°	5	+25·2°	46·6°	5	+29·8°	9·9°	1	— 9·9°	4·4°	1	— 3·4°	39·1°	6	22·6°	39·6°	6	25·4°
1	10·0?	42·7	5	14·1	47·2	5	20·3	9·9	2	9·9	4·4	2	3·4	33·3	7	12·9	35·0	7	15·5
2	15·0?	36·7	2	3·9	41·7	2	9·9	9·9	4	9·9	4·4	4	3·4	18·9	6	7·9	16·8	6	5·6
3	21·0	36·7	1	3·9	41·7	1	9·9	9·9	2	9·9	4·4	2	3·4	18·9	3	7·9	16·8	3	5·6
4	31·4	52·0	1	46·8	55·2	1	45·0	9·9	1	9·9	4·4	1	3·4	31·0	2	28·3	29·8	2	24·2
5	**48·6***	62·0	3	41·0	66·4	3	39·1	.	.	.	.	.	.	62·0	3	41·0	66·4	3	39·1
6	25·8	62·0	6	41·0	66·4	6	39·1	.	.	.	.	.	.	62·0	6	41·0	66·4	6	39·1
7	18·8	71·9	6	35·3	77·5	6	33·1	.	.	.	.	.	.	71·9	6	35·3	77·5	6	33·1
8	9·7	71·9	3	35·3	77·5	3	33·1	.	.	.	.	.	.	71·9	3	35·3	77·5	3	33·1
9	7·1*	81·9	1	29·5	88·6	1	27·1	.	.	.	.	.	.	81·9	1	29·5	88·6	1	27·1
10	2·5?	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
11	0·0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
12	*0·0*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	2·2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
14	9·6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
15	24·7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
16	39·9*	.	.	.	31·1	1	3·2	35·9	1	2·2	.	.	.	35·9	1	2·2	31·1	1	3·2
17	**52·3***	.	.	.	31·1	2	3·2	35·9	2	2·2	.	.	.	35·9	2	2·2	31·1	2	3·2
18	50·0?	.	.	.	31·1	4	3·2	35·9	4	2·2	.	.	.	35·9	4	2·2	31·1	4	3·2
19	34·0	.	.	.	31·1	2	3·2	35·9	2	2·2	.	.	.	35·9	2	2·2	31·1	2	3·2
20	25·3	.	.	.	31·1	1	3·2	35·9	1	2·2	.	.	.	35·9	1	2·2	31·1	1	3·1
21	23·8	.	.	.	.	.	.	53·9	1	16·7	50·0	1	21·6	53·9	1	16·7	50·0	1	21·6
22	20·0?	.	.	.	.	.	.	53·9	2	16·7	50·0	2	21·6	53·9	2	16·7	50·0	2	21·6
23	*10·0?*	.	.	.	.	.	.	53·9	4	16·7	50·0	4	21·6	53·9	4	16·7	50·0	4	21·6
24	19·4	.	.	.	.	.	.	53·9	2	16·7	50·0	2	21·6	53·9	2	16·7	50·0	2	21·6
25	34·5	.	.	.	.	.	.	53·9	1	16·7	50·0	1	21·6	53·9	1	16·7	50·0	1	21·6
26	64·0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
27	**90·0**	81·2	1	16·3	77·1	1	10·2	.	.	.	.	.	.	81·2	1	16·3	77·1	1	10·2
28	80·0?	81·2	2	16·3	77·1	2	10·2	.	.	.	.	.	.	81·2	2	16·3	77·1	2	10·2
29	60·0?	81·2	4	16·3	77·1	4	10·2	.	.	.	.	.	.	81·2	4	16·3	77·1	4	10·2
30	40·0?	81·2	2	16·3	77·1	2	10·2	.	.	.	.	.	.	81·2	2	16·3	77·1	2	10·2
31	25·0?	81·2	1	*16·3*	77·1	1	10·2	.	.	.	.	.	.	81·2	1	16·3	77·1	1	10·2
32	10·0?	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
33	*5·0?*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
34	15·0?	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	Sonnen-flecken Relativ-Zahlen	δ positiv			b positiv			δ negativ			b negativ			δ absolut			b absolut		
		y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b
1735	30·0?	41·6°	2	+35·3°	40·1°	2	+30·3°	.	.	.	.	.	.	41·6°	2	35·3°	40·1°	2	30·3°
36	58·0?	*41·6*	4	35·3	*40·1*	4	30·3	.	.	.	.	.	.	41·6	4	35·3	40·1	4	30·3
37	66·0	42·6	9	37·0	41·8	9	32·9	.	.	.	.	.	.	42·6	9	37·0	41·8	9	32·9
38	**85·0**?	44·7	6	40·3	45·3	6	37·9	.	.	.	.	.	.	44·7	6	40·3	45·3	6	37·9
39	78·5	47·8	6	45·3	50·5	6	45·5	.	.	.	.	.	.	47·8	6	**45·3**	50·5	6	**45·5**
40	60·0?	**51·0**	2	**50·3**	**55·7**	2	**53·0**	**65·2°**	1	**—34·8°**	67·5°?	1	—28·9°?	**55·7**	3	45·1	**59·7**	3	45·0
41	35·0?	49·8	2	43·3	34·5	3	30·9	45·1	3	23·6	67·5?	2	28·9?	47·0	5	31·5	47·7	5	30·1
42	18·3	46·1	3	29·1	28·6	5	20·0	45·1	6	23·6	67·5?	4	28·9?	45·4	9	25·5	45·9	9	23·9
43	14·6	46·1	6	29·1	28·6	10	20·0	25·1	6	12·5	67·5?	2	28·9?	35·6	12	20·8	35·1	12	21·4
44	*5·0*?	*43·5*	6	22·0	32·2	9	18·1	*21·3*	4	*10·6*	67·5?	1	28·9?	34·6	10	17·4	35·8	10	19·2
45	10·0?	43·5	3	22·0	*25·7*	6	14·0	26·7	4	13·5	79·1?	1	49·1?	*33·9*	7	*17·1*	*33·3*	7	*19·0*
46	20·0?	59·8	2	14·7	26·1	6	*7·4*	37·9	7	23·1	75·1	3	51·7	42·7	9	21·2	42·4	9	22·1
47	35·0?	78·7	2	14·2	45·7	4	9·5	58·6	8	36·7	75·1	6	51·7	62·7	10	32·2	63·3	10	34·8
48	50·0?	78·7	4	*14·2*	69·6	5	14·2	60·0	7	45·1	71·1	6	54·4	66·8	11	34·0	70·4	11	36·1
49	63·8*	**78·7**	1	14·2	85·5	2	17·4	**68·2**	3	51·8	71·1	3	54·4	**72·5**	5	**36·9**	**76·8**	5	**39·6**
50	**83·1**	78·7	1	14·2	**85·1**	1	**17·4**?	61·7	1	**56·4**	67·1?	1	**57·0**	70·2	2	35·4	76·3	2	37·2
51	52·1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.		.	.	.
52	45·9	.	.	.	.	.	.		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
53	28·9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
54	13·5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
55	*9·3*	.	.	.	.	.	.	19·0	1	*18·2*	*12·8*	1	*12·8*	*19·0*	1	*18·2*	*12·8*	1	*12·8*
56	12·2	75·0	1	32·6	68·3	1	33·8	*19·0*	2	18·2	12·8	2	12·8	37·6	3	23·0	31·3	3	19·8
57	31·9	58·2	3	28·9	51·4	3	28·0	27·3	6	26·6	22·6	6	22·3	37·6	9	27·3	32·2	9	24·2
58	47·1	58·2	6	28·9	51·4	6	28·0	35·7	6	34·9	32·3	6	31·8	46·9	12	31·9	41·8	12	29·9
59	54·6	*41·3*	6	*25·3*	*34·5*	6	*22·2*	41·3	9	40·5	38·8	9	38·1	41·3	15	34·4	37·1	15	31·8
60	64·7	52·3	4	33·2	47·3	4	32·7	**44·1**	4	43·3	**42·0**	4	41·3	48·2	8	38·2	44·6	8	37·0
61	**80·2**	66·5	4	51·5	65·4	4	54·3	44·1	2	**43·3**	42·0	2	**41·3**	59·0	6	48·7	57·6	6	50·0
62	60·0	**77·3**	7	60·8	**77·2**	7	**64·6**	.	.	.	.	.	.	**77·3**	7	60·8	**77·2**	7	64·6
63	48·4	71·4	8	**63·6**	70·9	8	64·9	.	.	.	.	.	.	71·4	8	**63·6**	70·9	8	**64·9**
64	36·7	61·7	8	57·3	54·6	9	50·1	0·8	1	0·0	.	.	.	55·0	9	51·0	54·6	9	50·1
65	21·4	51·0	5	50·2	39·4	7	36·3	*0·8*	2	*0·0*	.	.	.	36·6	7	35·9	39·4	7	36·3
66	*14·1*	38·6	5	38·1	27·6	9	23·5	0·8	4	0·0	.	.	.	21·8	9	21·2	27·6	9	23·5
67	35·9	33·7	2	33·3	24·4	4	20·2	14·7	3	8·9	**40·8**	1	19·6	22·3	5	*18·6*	27·7	5	20·1
68	66·8	20·1	2	19·7	24·4	2	20·2	30·9	4	22·3	28·6	4	17·8	27·3	6	21·4	27·2	6	18·6
69	**103·4**	7·1	3	6·4	11·3	1	10·9	**40·9**	6	29·7	28·6	8	17·8	29·5	9	**21·9**	26·7	9	17·0
70	98·5	*7·1*	6	*6·4*	*11·3*	2	*10·9*	37·1	7	**30·0**	*21·0*	11	*16·0*	23·3	13	19·1	*19·5*	13	*15·3*
71	86·6	7·6	6	6·9	11·3	4	10·9	37·1	6	27·7	25·3	8	17·6	*22·4*	12	*17·3*	20·6	12	15·4
72	65·7	27·0	4	17·9	35·1	3	21·8	*35·4*	7	*24·5*	26·7	8	18·4	35·5	10	22·1	29·0	11	19·3
73	39·7	59·3	3	36·3	59·0	3	32·7	45·7	6	31·9	46·5	6	29·1	50·2	9	33·3	50·7	9	30·3
74	27·4	84·9	4	50·7	82·8	4	43·6	45·7	3	31·9	46·5	3	29·1	68·1	7	42·6	67·1	7	37·4

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	Sonnen-flecken Relativ-Zahlen	δ positiv			b positiv			δ negativ			b negativ			δ absolut			b absolut		
		y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b
1775	8·8	84·9°	2	+50·7°	82·8°	2	+43·6°	56·4°	1	−41·2°	61·2°	1	−39·0°	75·4°	3	47·5°	75·6°	3	42·1°
76	21·7	84·9	1	50·7	82·8	1	43·6	.	.	.	.	.	.	84·9	1	50·7	82·8	1	43·6
77	92·0	28·3	1	27·1	32·5	1	28·4	.	.	.	.	.	.	28·3?	1	27·1?	32·5?	1	28·4?
78	151·7	28·3	2	27 1	32·5	2	28·4	66·9	2	54·7	62·9	2	54·6	47·7	4	40·9	47·7	4	41·5
79	123·4	37·0	6	27·0	39·8	6	26·8	66·9	4	54·7	62·9	4	54·6	49·0	10	38·1	49·1	10	37·9
80	89·2	45·8	6	26·9	47·1	6	25·2	66·9	8	54·7	62·9	8	54·6	57·8	14	42·8	56·2	14	42·0
81	66·5	51·6	9	26·8	52·0	9	24·1	61·2	5	44·0	59·4	5	44·4	55·0	14	32·9	54·6	14	31·4
82	38·7	54·5	4	26·8	54·5	4	23·6	53·7	5	25·9	53·4	5	27·1	60·8	8	26·3	53·9	9	25·5
83	22·5	64·8	3	35·0	65·4	3	33·3	49·5	7	9·4	50·4	7	10·9	54·1	10	17·1	54·9	10	17·6
84	10·3	85·5	2	51·4	87·4	2	52·8	52·5	10	16·9	50·0	10	15·8	58·8	12	22·6	56·2	12	21·9
85	26·7	79·3	5	51·9	79·5	5	51·7	[55·2]	11	20·6	50·7	11	[17·6]	62·7	16	30·4	59·7	16	28·2
86	81·2	59·8	6	42·1	58·0	6	39·7	45·3	11	22·0	40·9	11	16·3	50·5	17	29·0	47·0	17	24·6
87	128·2	51·3	9	39·0	48·3	9	35·3	44·1	5	22·3	39·9	5	16·1	48·7	14	33·0	45·3	14	28·5
88	133·3	51·9	12	29·4	41·5	12	27·0	44·2	3	22·6	39·6	3	16·6	43·7	15	28·1	41·1	15	24·9
89	116·9	45·6	9	32·9	43·3	9	31·0	61·2	2	25·2	54·1	2	21·7	48·4	11	31·5	45·2	11	29·2
90	90·6	[46·2]	12	[33·2]	45·0	12	32·6	61·2	4	25·2	54·1	4	21·7	49·9	16	31·2	47·3	16	29·9
91	67·6	45·3	9	31·8	[46·3]	9	31·6	62·9	3	33·1	56·2	3	30·7	49·7	12	32·1	48·8	12	31·4
92	59·9	43·2	12	27·8	46·0?	12	27·8	64·7	3	41·0	58·3	3	39·7	47·5	15	30·5	48·5	15	30·2
93	47·3	44·8	8	34·1	48·0	8	33·7	56·5	5	40·7	51·0	5	39·0	49·3	13	36·6	49·2	13	35·8
94	38·0	44·8	4	34·1	48·0	4	33·7	47·0	5	24·7	42·6	5	20·4	46·0	9	28·9	45·0	9	26·3
95	23·8	49·7	1	48·5	51·5	1	47·3	40·0	8	18·2	37·0	8	13·5	41·0	9	21·5	38·6	9	17·3
96	15·6	.	.	.	.	.	.	[48·2]	10	18·2	47·5	10	15·0	48·2	10	18·2	47·5	10	15·0
97	6·5	66·2	2	46·2	64·0	2	46·4	45·4	11	[25·4]	[47·2]	11	[25·0]	48·6	13	28·6	49·7	13	28·4
98	4·6	66·2	4	46·2	64·0	4	46·4	42·3	11	21·8	46·5	11	21·9	48·7	15	28·3	51·1	15	28·4
99	7·1	66·2	8	46·2	64·0	8	46·4	37·5	6	22·3	40·7	6	22·0	53·9	14	36·0	54·0	14	[35·9]
1800	15·6	65 3	5	42·0	62·6	5	40·7	32 2	4	18·6	31·9	4	15·2	50·6	9	31·6	49·0	9	29·4
1	33·9	63·8	4	35·6	60.5	4	32·3	27·2	4	19·9	20·8	4	13·1	45·5	8	27·7	40·6	8	22·7
2	54·7	61·3	4	24·9	57·0	4	18·2	37·5	3	23·4	32·7	3	16·4	51·1	7	24·3	46·6	7	17·5
3	70·7	61·3?	2	24·9	57·0?	2	18·2	40·0	4	22·1	36·8	4	15·0	47·1	6	23 0	43·6	6	16·0
4	71·4	61·3	1	24·9	57·0	1	18·2	40·0	8	22·0	33·7	8	15·7	42·3	9	22·3	39·9	9	16·0
5	48·0	[70·3]	1	5·6	[63·2]	1	3·7	29·0	10	17·0	26·5	10	11·3	32·7	11	16·0	29·8	11	10·6
6	28·4	61·6	3	12·6	55·2	3	11·9	29·1	12	20·5	27·0	12	16·3	35·6	15	19·0	32·6	15	15·4
7	11·1	61·6	6	12·6	55·2	6	11·9	30·1	7	24·7	28·9	7	21·6	44·7	13	19·7	41·0	13	17·1
8	7·2	55·0	7	24·4	49·5	7	24·9	37·9	6	[35·3]	38·6	6	34·3	47·1	13	29·4	44·5	13	29·2
9	3·1	61·6	6	36·6	56·8	6	38·1	37·1	3	35·0	40·9?	3	[36·2]	53·4	9	36·0	51·5	9	37 5
10	0·0	66·5	7	49·6	62·4	7	52·1	43·4	4	24·9	45·6	4	26·4	58·1	11	40·6	56·3	11	42·7
11	1·6	73·2	6	54·6	69·7	6	58·2	47·0	8	18·1	46·9	8	19·0	58·2	14	33·7	56·7	14	35 8
12	4·9	73·2	3	54·6	69·7	3	58·2	60·5	10	17·6	56·3	10	17·4	63·4	13	26·2	59·4	13	26·8
13	12·6	56·7	2	44·5	58·8	2	50·0	59·0	11	16·6	53 5	11	15·5	58·7	13	20·9	54·3	13	20·9
14	16·2	37·4	2	33·0	44·5	2	39·7	59·7	6	18·9	54·3	6	18·2	54·1	8	22·4	51·3	8	23·5

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	Sonnen-flecken Relativ-Zahlen	δ positiv			b positiv			δ negativ			b negativ			δ absolut			b absolut		
		y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b
1815	35·2	*37·4°*	4	*+33·0°*	44·5°	4	+39·7°	51·9°	4	**−23·6°**	47·1°	4	−24·2°	44·6°	8	28·3°	45·8°	8	−31·9°
16	**46·9**	52 4	3	[44·0]	59·6	3	[49·0]	49·3	6	23 2	44·9	6	**24·7**	50·3	9	**30 1**	49·8	9	**32·8**
17	39·9	59·3	5	37·3	63·1	5	38·3	41·7	8	12·3	37·9	8	11·6	48·5	13	21·9	47·6	13	21·9
18	29·7	[64·8]	8	38·4	[67·7]	8	38·0	40·7	13	7·9	36·7	13	6·3	49·9	21	19·5	48·5	21	18·4
19	23·5	*56·6*	11	20·0	*56·3*	11	19 3	*24·7*	12	*5·1*	*23·8*	12	*2·5*	*40·0*	23	*12·5*	*39·3*	23	10·5
20	16·2	61·4	8	15·7	60·0	7	17·4	28·9	9	10·1	29·8	10	5·9	44·2	17	12·7	42·2	17	10·6
21	6·1	67·3	9	*9·6*	66·0	7	*12·2*	30·2	8	16·1	33·4	10	9·0	49·8	17	12·7	46·8	17	*10·3*
22	3·9	67·0	9	16·2	**70·8**	5	26 0	38·0	13	20·1	39·9	17	11·5	**54·8**	22	18 5	46·9	22	14·8
23	*2·6*	**68·7**	11	29·5	70·4	9	31·7	36·3	10	19·7	39·0	12	13·6	53·3	21	24·8	**52 5**	21	21·3
24	8·1	59·6	13	**34·5**	57·9	12	**32·5**	38 5	14	24·9	40·7	15	21·5	48·7	27	29·6	48·4	27	26 4
25	16·2	56·8	17	28·3	56·2	17	24 2	36·8	17	29·5	37·5	17	28·4	46·8	34	28·9	46·8	34	26·3
26	35·0	*42·2*	17	19·9	42·1	17	15·7	44·2	19	38·8	43·6	19	37·1	43·3	36	**29·9**	42·9	36	**27·0**
27	51·2	48·3	14	20·5	49·6	14	15·6	**44·7**	13	**40·0**	**43·3**	13	**38·5**	46·6	27	29·9	46·5	27	26 6
28	62·1	44·1	7	*19·6*	42·5	8	12·8	39·9	8	32·3	39·7	7	33·5	41·9	15	26·3	41·2	15	22 4
29	**67·2**	[51·2]	4	24·9	42·2	6	13·2	24·9	7	12·7	21·5	5	11·0	34·5	11	17·1	32·8	11	12·2
30	67·0	44·4	4	[25 0]	33 0	8	10·4	25·1	9	*7·5*	*19·3*	5	*5·5*	31·1	13	12·9	27·8	13	8·5
31	50·4	44·4	2	25·0	33·0	4	10·4	25·6	10	10 4	20·1	8	7·5	28·7	12	12·9	24·4	12	8·4
32	26·3	28·6	2	16·2	24 0	3	*8·4*	20·7	15	[12·2]	[21·0]	14	[8·5]	26·9	17	12·7	21·6	17	8·5
33	*9·4*	16·8	3	*12·2*	9·9	3	8·6	21 3	12	11·7	16·0	12	7·2	20·4	15	11·8	14·8	15	7·5
34	13·3	*16·8*	6	12·2	*9·9*	6	8·6	19·6	9	10·8	14·4	9	5·7	18·5	15	11·3	12·6	15	6·8
35	59·0	20·8	6	17·1	13·8	6	12·6	*15·8*	9	9·1	*10·8*	9	3·1	*17·8*	15	12·3	*12·0*	15	6·9
36	119·3	20·8	3	17·1	13·8	3	12·6	16 2?	5	8·7?	11 7?	5	2 2?	17·9	8	11·8	12·5	8	6·1
37	**136·9**	24·7	1	22·0	17·8	1	16 6	16·2?	4	8·4?	12·3?	4	1·7?	17·9	5	*11·1*	13·4	5	4·6
38	104·1	62·0	4	38·3	62·5	4	37·2	16 2?	4	*7 9?*	13·4?	4	*0·7?*	39·1	8	23·1	38·0	8	*1·9*
39	83·4	**62·0**	8	38·3	**62·5**	8	37·2	16·2?	2	7·9?	13 4?	2	0·7?	52·9	10	32·2	52·7	10	29·9
40	61·8	62·0	16	38·3	62·5	16	**37·2**	37·0	3	21 8?	33·4?	3	19·3?	**58·1**	19	**35·7**	**57·9**	19	**34·3**
41	38·5	58·7	10	**39·0**	58·9	10	37·4	41·4	5	23·1?	**37·0**	5	**23·7**	52·9	15	33·7	51·6	15	32·8
42	23·0	47·4	10	33 2	52·5	9	33·7	**42·5**	11	**23·7**	35·2	12	21·9	44·9	21	28·2	42·6	21	26·9
43	*13·1*	39·2	14	31·7	*45·0*	12	33·1	36·6	12	17·7	28·0	14	14·5	38·0	26	25·2	*35·9*	26	23·1
44	19·3	*37·4*	21	*24·6*	47·2	17	*28·8*	38·1	16	*19·0*	*27·9*	20	*12·7*	*37·7*	37	*22·2*	36·8	37	*20 1*
45	38·3	44·7	28	31·0	49·3	26	34·5	*36·5*	21	20·3	31·3	23	15·0	41·2	49	26·4	40·8	49	25·4
46	59·6	47·4	34	29·9	50·8	33	33·5	36·9	27	23·2	33·6	28	19·9	42·7	61	26·9	42·9	61	27·3
47	97·4	52·7	29	**33·6**	52·7	29	**36·2**	46·1	24	36·1	46·0	24	35·3	49·7	53	34·7	49·7	53	35·8
48	**124·9**	55·3	16	30·3	**54·4**	15	35·1	51·1	21	40·7	52·1	22	39·0	53·0	37	36·2	53·1	37	37·4
49	95·4	**57·7**	12	25·6	53·6	10	31·7	**61·2**	18	**46·0**	**62·0**	20	**42·6**	**59·8**	30	**37·8**	**59·2**	30	**38·9**
50	69·8	49·4	12	*19·2*	41·0	8	24·8	49·3	17	33·4	51·1	21	27·2	49·3	29	27·5	48·3	29	26·6
51	63·2	*41·3*	16	24·2	*36·9*	14	*22·5*	43·3	21	25·5	42·8	23	23·0	42·4	37	24·9	40·6	37	22·8
52	52·7	47·3	19	30·7	47·1	18	28·5	*32·8*	24	*20·3*	*30·2*	25	*16·8*	39·2	43	24·9	37·2	43	*21·7*
53	38·5	52·2	19	32·0	53 8	19	29·5	[37·0]	25	[24·6]	[33·4]	25	[21·4]	43·6	44	27·8	42·2	44	24·9
54	21·0	[57·0]	22	[37·2]	[59·2]	22	[37·1]	31·4	19	22·0	27·5	19	17·6	45·2	41	30·2	44·5	41	28·0

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	Sonnen-flecken Relativ-Zahlen	δ positiv			b positiv			δ negativ			b negativ			δ absolut			b absolut		
		y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b	y	g	δ	i	g	b
1855	7·7	48·0°	20	+29·0°	50·5°	19	+31·0°	30·4°	17	—19·7°	27·7°	18	—14·6°	*39·9°*	37	24·7°	39·4°	37	23·0°
56	*5·1*	45·6	25	28·1	46·6	23	30·8	*28·0*	10	*15·0*	*25·7*	12	*9·2*	40·6	35	*24·3*	*39·2*	35	23·4
57	22·9	44·2	39	*26·4*	44·3	35	*29·4*	35·7	10	18·6	32·0	14	11·9	42·5	49	24·8	40·8	49	24·4
58	56·2	*43·4*	36	29·0	*43·4*	34	30·5	43·6	17	21·5	39·0	19	18·0	43·5	53	26·6	41·8	53	26·0
59	90·3	45·7	21	32·0	46·4	20	33·6	59·1	19	**32·5**	55·9	20	**30·2**	52·0	40	32·2	51·2	40	31·9
60	**94·8**	49·8	15	39·1	51·9	15	38·6	60·2	25	30·2	59·3	25	28·1	56·3	40	33·6	56·6	40	32·0
61	77·7	59·0	13	40·8	60·8	13	40·4	**62·0**	24	29·3	**61·9**	24	26·4	**61·0**	37	33·4	**61·5**	37	31·3
62	61·0	56·5	22	37·0	55·0	23	34·2	51·3	22	24·5	52·4	21	20·8	53·9	44	30·8	53·8	44	27·8
63	45·4	**64·1**	29	**43·1**	**61·8**	31	**40·8**	50·3	18	20·4	54·6	16	17·1	58·8	47	**34·4**	59·4	47	**32·7**
64	45·2	54·3	23	38·8	48·6	27	32·1	42·3	19	20·3	47·4	15	18·4	48·9	42	30·5	48·1	42	27·2
65	31·4	55·0	17	39·1	52·5	19	34·9	32·6	14	14·0	33·5	12	10·9	44·9	31	27·8	43·7	32	25·6
66	14·7	37·9	14	22·3	38·0	15	20·3	23·1	12	9·0	21·5	11	7·1	31·1	26	16·1	*31·0*	26	14·7
67	*8·8*	38·1	17	17·8	38·4	17	18·4	*19·1*	10	*4·3*	*20·3*	10	*2·1*	*31·1*	27	*12·8*	31·7	27	12·4
68	36·8	34·3	20	*15·7*	31·0	19	*15·8*	29·4	10	7·1	34·2	11	4·1	32·6	30	12·8	32·1	30	*11·5*
69	78·6	*32·1*	21	16·4	*25·5*	19	15·9	51·6	13	17·2	55·5	15	13·4	39·6	34	16·7	38·7	34	14·8
70	**131·8**	40·8	20	20·5	28·7	16	21·8	58·9	15	22·7	**62·0**	19	18·5	48·6	35	21·4	46·8	35	20·0
71	113·8	[41·5]	15	[27·4]	38·7	12	[32·7]	**59·3**	23	**27·2**	57·3	26	**24·0**	**52·3**	38	27·3	**51·4**	38	**26·8**
72	99·7	38·6	15	22·0	[42·2]	12	25·6	53·3	19	23·9	49·8	22	22·1	46·8	34	23·1	47·1	34	23·4
73	67·7	*30·4*	22	*16·0*	*38·5*	18	*17·8*	47·1	25	19·8	42·0	29	19·1	39·3	47	18·0	40·6	47	*18·6*
74	43·1	41·0	24	21·2	45·2	22	19·3	40·3	18	21·1	39·1	20	21·7	40·7	42	21·2	42·3	42	20·5
75	18·9	39·6	20	24·0	43·4	19	22·6	33·5	13	17·4	32·7	14	16·1	*37·2*	33	21·4	*38·8*	33	19·9
76	11·7	48·9	18	31·1	53·6	17	30·9	25·3	7	15·8	24·6	8	11·1	42·3	25	26·8	44·3	25	24·6
77	11·1	**51·4**	30	**33·7**	**57·3**	28	**35·4**	*21·2*	7	*10·2*	19·2	9	*3·1*	45·7	37	**29·3**	48·0	37	27·5
78	*3·8*	48·7	32	26·2	56·5	28	28·6	22·7	7	11·1	*17·8*	11	3·7	44·0	39	23·5	45·6	39	21·6
79	7·7	47·7	42	25·7	52·2	39	26·6	31·2	8	10·5	22·7	11	6·2	45·1	50	23·3	45·7	50	22·1
80	31·5	44·3	39	*22·1*	*47·7*	36	*22·3*	42·8	13	16·3	32·8	16	13·8	43·9	52	*20·7*	43·1	52	19·6
81	54·4	45·2	37	23·2	50·9	33	23·7	45·2	18	15·4	35·0	22	13·9	45·2	55	20·7	44·5	55	19·8
82	58·1	*44·9*	24	26·2	50·6	21	27·6	59·6	16	**27·1**	**49·3**	19	**25·2**	50·8	40	26·5	50·0	40	26·5
83	**65·3**	51·5	22	[30·1]	[58·2]	19	[33·5]	**59·4**	11	24·3	45·4	14	20·4	**54·1**	33	28·2	**52·8**	33	**28·0**
84	63·3	48·9	26	*27·3*	*56·2*	22	*30·2*	60·9	12	21·0	43·8	16	16·4	52·7	38	24·8	51·0	38	24·4
85	51·3	**54·7**	37	28·7	58·2	35	30·2	47·4	14	14·7	38·1	16	11·4	52·7	51	24·8	51·9	51	24·3
86	25·1	54·5	47	**31·4**	57·8	46	32·8	44·4	17	12·7	38·9	18	12·1	51·8	64	26·5	52·5	64	27·0
87	12·6	48·7	43	28·0	52·0	41	30·4	39·1	16	13·5	33·1	18	11·9	46·1	59	24·0	46·3	59	24·7

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 4.

y				δ				i				b			
Wahre Epoehen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate
Maxima	Minima			Maxima	Minima			Maxima	Minima			Maxima	Minima		
1740·5				1740·5				.				.			
	1744·5	9·0			1744·5	10·0			.				.		
1749·5		11·5		1750·5		11·5		.				1750·5			
	1756·0	11·5			1756·0	10·5			1755·9				1755·9	10·4	
1761·0		9·5		1761·0		9·5		1760·9		7·45 ?		1760·9		7·3 ?	
	1765·5	8·5			1765·5	9·4			?	6·6			?	9·3 ?	
1769·5		7·0		1770·4		6·9		1767·5		7·45 ?		?		7·3 ?	
	1772·5	10·0			1772·4	9·1			1770·8	12·0			1770·5	9·3 ?	
1779·5		15·4	$P=11·07$	1779·5		11·3	$P=11·02$	1779·5		17·1	$P=11·11$	1779·5		16·9	$P=11·05$
	1787·9	12·5			1783·7	13·3			1787·9	12·8			1787·4	13·4	
1792·0		13·4	$\varphi=\pm 2·38$	1792·8		12·3	$\varphi=\pm 2·42$	1792·3		13·5	$\varphi=\pm 2·91$	1792·9		13·9	$\varphi=\pm 2·56$
	1801·3	12·0			1796·0	10·1			1801·4	12·0			1801·3	9·8	
1804·0		8·2	$f=\pm 0·32$	1802·9		17·2	$f=\pm 0·33$	1804·3		7·9	$f=\pm 0·42$	1802·7		12·1	$f=\pm 0·36$
	1809·5	9·5			1813·2	13·0			1809·3	8·5			1813·4	13·4	
1813·5		10·2		1815·9		6·2		1812·8		10·4		1816·1		6·2	
	1819·7	13·6			1819·4	11·4			1819·7	14·4			1819·6	11·3	
1827·1		15·9		1827·3		11·3		1827·2		15·9		1827·4		11·3	
	1835·6	15·1			1830·7	14·9			1835·6	14·4			1830·9	14·2	
1842·2		10·1		1842·2		13·7		1841·6		8·8		1841·6		13·5	
	1845·7	7·2			1844·4	7·1			1844·4	7·8			1844·4	7·8	
1849·4		10·7		1849·3		12·2		1849·4		11·9		1849·4		12·2	
	1856·4	11·8			1856·6	10·5			1856·3	11·9			1856·6	10·4	
1861·2		11·0		1859·8		11·0		1861·3		10·9		1859·8		11·0	
	1867·4	10·1			1867·6	11·8			1867·2	9·3			1867·6	11·9	
1871·3		10·4		1871·6		10·2		1870·6		11·2		1871·7		10·3	
	1877·8	12·6			1877·8	11·2			1878·4	12·2			1877·9	11·0	
1883·9				1882·8				1882·8				1882·7			

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Aus diesen vier Bestimmungen ergibt sich das allgemeine Mittel $P_m = 11{\cdot}06$, welches also dem aus der Neigung y abgeleiteten fast gleich ist, und zwar sowohl, wenn man die vier Werthe mit gleichen Gewichten in Rechnung zieht, als auch wenn man ihnen Gewichte beilegt, welche ihren wahrscheinlichen Fehlern umgekehrt proportional sind. Der wahrscheinliche Fehler von P_m ist jedenfalls kleiner als $\pm 0{\cdot}3$; die Rechnung gibt dafür nur $\pm 0{\cdot}012$.

Besser gelingt die Bestimmung nach dieser Methode auch dann nicht, wenn man den wahren Perioden p verschiedene Gewichte beilegt. Ich habe z. B. als Gewicht einerseits die Zahl der Kometen, welche in einer wahren Periode in Rechnung gezogen ist, andererseits die mittlere Kometenzahl, die auf je ein Jahr der wahren Periode entfällt, benützt, was gewiss ganz plausibel ist, und dann für y gefunden: $P = 11{\cdot}49 \pm 0{\cdot}32$ und $P = 11{\cdot}02 \pm 0{\cdot}31$, also Werthe, die von einander ziemlich stark abweichen und mit ebenso grossen Fehlern behaftet sind, als die in der Tabelle angegebenen. Der Werth 11·49 ist wohl zu gross, weil bei seiner Berechnung die langen Perioden, wie leicht begreiflich, mit zu grossen Gewichten genommen wurden.

Man erkennt schon aus den Diagrammen in Tafel I, dass die Wendepunkte dieser Kometenperiode mit den Wendepunkten der $11^1/_9$jährigen Sonnenfleckenperiode so zusammentreffen, dass sich die Maxima beziehentlich Minima völlig oder doch nahezu decken, was umso bemerkenswerter ist, als die Sonnenperiode fast die gleiche Unsicherheit aufweist, indem für dieselbe nach Wolf (von 1749—1876) $\varphi = \pm 2{\cdot}03$ und $f = \pm 0.31$ ist.

Zur besseren Vergleichung ist es zweckmässig, auch die mittleren Epochen zu bestimmen, nämlich zu zeigen, auf welche Zeitpunkte die Maxima und Minima zu liegen kommen, wenn man, von der mittleren Normalepoche ausgehend, gleiche mittlere Perioden aufeinander folgen lässt. Zuerst ist es nöthig, die Normalepoche, welche bei dieser Untersuchung auf die Zeit um 1740 zu verlegen ist, so zu bestimmen, dass sie sich allen wahren Epochen möglichst gut anschmiegt. Da die nach dem Gange der Neigung y bestimmte Periodenlänge 11·07 (genauer 11·068) dem allgemeinen Mittel 11·06 am nächsten kommt, so kann man auch die wahren Epochen der Wendepunkte dieses Elementes als die genauesten ansehen, und deshalb habe ich, um auf die Normalepoche zu kommen, von diesen die entsprechenden Vielfachen von 11·068 abgezogen, wodurch sich die im zweiten Columnenpaar der Tabelle 5 angegebenen Epochen herausstellten. Wird hievon ein Mittel genommen, so ergibt sich als mittlere Normalepoche

der Maxima 1738·393 und

» Minima 1744·354.

Durch Addition der entsprechenden Vielfachen von 11·068 erhält man sodann die mittleren Epochen der Maxima und Minima, wie sie im dritten Columnenpaar eingetragen sind. Zur Vergleichung wurden in die Tabelle auch die von Wolf[1] angegebenen wahren und mittleren Epochen der Wendepunkte der Sonnenfleckenperiode aufgenommen und dann die Differenzen gesucht, welche in den letzten sechs Columnen zusammengestellt sind. Die Symbole k_w und k_m, beziehentlich s_w und s_m bezeichnen wahre und mittlere Epochen der Wendepunkte der Kometen-, beziehentlich Sonnenperiode.

Aus dem Gange der Differenzen und deren Mittelwerthen, welche nach der Formel $\pm\sqrt{\frac{d^2}{n}}$ berechnet wurden, erkennt man im Allgemeinen Folgendes:

1. Die Differenzen $k_w - k_m$ zwischen den wahren und mittleren Epochen der Wendepunkte der Kometenperiode schwanken zwischen denselben Grenzen und befolgen einen analogen Gang wie die auf die Sonnenperiode Bezug habenden Differenzen $s_w - s_m$.

2. Hieran ändert sich nur wenig, wenn man statt der eben genannten die Differenzen $s_w - k_m$ und $k_w - s_m$ bildet.

---

[1] Astron. Mittheil. LII.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 5.

Neigung y der Kometen-Bahnen mit südlichem Perihel						Sonnenflecken				Differenzen					
Wahre Epochen		Normalepochen		Mittlere Epochen		Wahre Epochen		Mittlere Epochen							
Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	$k_w - k_m$	$s_w - s_m$	$s_w - k_m$	$k_w - s_m$	$s_m - k_m$	$k_w - s_w$
1740·5		1740·5		1738·393		1738·7		1738·1		2·1	0·6	0·3	2·4	—0·3	1 8
	1744·5		1744·5		1744·354		1745·0		1744·2	0·1	0·8	0 6	0·3	—0·2	—0·5
1749·5		1738·4		1749·5		1750·3		1749·2		0·0	1·1	0·8	0·3	—0·3	—0·8
	1756·0		1744·9		1755·4		1755·2		1755·4	0·6	—0·2	—0·2	0·6	0·0	0·8
1761·0		1738·9		1760·5		1761·5		1760·3		0·5	1·2	1·0	0·7	—0·2	—0·5
	1765 5		1743·4		1766·5		1766·5		1766·5	—1·0	0·0	0·0	—1·0	0·0	—1·0
1769·5		1736·3		1771·6		1769·7		1771·5		—2·1	—1·8	—1·9	—2·0	—0·1	—0·2
	1772·5		1739·3		1777·6		1775·5		1777·6	—5·1	—2·1	—2·1	—5·1	0·0	—3·0
1779·5		1735·2		1782·7		1778·4		1782·6		—3·2	—4·2	—4·3	—3·1	—0·1	1·1
	1787·9		1743·6		1788·6		1784·7		1788·8	—0·7	—4·1	—3·9	—0·9	0·2	3·2
1792·0		1736·7		1793·7		1788·1		1793·7		—1·7	—5·6	—5·6	—1·7	0·0	3·9
	1801·3		1746·0		1799·7		1798·3		1799·9	1·6	—1·6	—1·4	1·4	0·2	3·0
1804·0		1737·6		1804·8		1804·2		1804·9		—0·8	—0·7	—0·6	—0·9	0·1	—0·2
	1809·5		1743·1		1810·8		1810·6		1811·0	—1·3	—0·4	—0·2	—1·5	0·2	—1·1
1813·5		1736·0		1815·9		1816·4		1816·0		—2·4	0·4	0·5	—2·5	0·1	—2·9
	1819·7		1742·2		1821·8		1823·3		1822·2	—2·1	1·1	1·5	—2·5	0·4	—3·6
1827·1		1738·6		1826·9		1829·9		1827·1		0·2	2·8	3·0	0·0	0·2	—2·8
	1835·6		1747·1		1832·9		1833·9		1833·8	2·7	0·1	1·0	1·8	0·9	1·7
1842 2		1742·6		1838·0		1837·2		1838·3		4·2	—1·1	—0·8	3·9	0·3	5·0
	1845·7		1746·1		1844·0		1843·5		1844·4	1·7	—0·9	—0·5	1·3	0·4	2·2
1849·4		1738·7		1849·1		1848·1		1849·4		0·3	—1·3	—1·0	0·0	0·3	1·3
	1856·4		1745·7		1855·0		1856·0		1855·6	1·4	0·4	1·0	0·8	0·6	0·4
1861·2		1739·5		1860·1		1860·1		1860·5		1·1	—0·4	0·0	0·7	0·4	1·1
	1867·4		1745·7		1866·1		1867·2		1866·7	1·3	0·5	1·1	0·7	0·6	0·2
1871·3		1738·5		1871·2		1870·6		1871·7		0 1	—1·1	—0·6	—0·4	0·5	0·7
	1877·8		1745·0		1877·2		1878·9		1877·8	0·6	1·1	1·7	0 0	0·6	—1·1
1883·9		1740·0		1882·3		1883·9		1882·8		1·6	1·1	1·6	1·1	0·5	0·0
									Mittel =	±1 93	±1·90	±1·92	±1·84	±0·36	±2·09

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

3. Die Differenzen k_w—s_w schwanken ebenfalls zwischen denselben Grenzen.[1]

4. Die Differenzen s_m—k_m sind bedeutend kleiner — sie erheben sich im Mittel nur wenig über den mittleren Fehler der Kometen- und Sonnenperiode — und wohl deshalb überwiegend positiv, weil die Periodenlänge 11·068 wahrscheinlich etwas zu klein ist.

Es kann somit kaum mehr bezweifelt werden, dass die Periode der berechneten südlichen Kometen, welche in der mittleren Neigung der Bahnen zu erkennen ist, sich mit der $11\frac{1}{9}$jährigen Sonnenfleckenperiode deckt, und dass die geringe Abweichung theils der Unsicherheit des Untersuchungsmaterials und der Methode, theils der Veränderlichkeit der beiden Perioden selbst zugeschrieben werden muss.

In den Zahlenreihen der Tabelle 3 lassen sich ausser den stärkeren Hebungen auch schwächere erkennen, die man entweder als zufällige Schwankungen in Folge der Unsicherheit oder Unvollständigkeit des Materials oder als wirkliche secundäre Maxima ansehen muss. Dieselben sind häufiger bei den nördlichen als bei den südlichen Kometen, halten gewöhnlich so ziemlich die Mitte zwischen zwei aufeinander folgenden Hauptmaximis und liegen hie und da dem vorausgehenden etwas näher als dem folgenden. Diese secundären Maxima machen hauptsächlich die Feststellung der wahren Epochen der Hauptwendepunkte unsicher, indem sie manchmal die Höhe der Hauptmaxima erreichen. In der Reihe für y (Declination negativ) z. B. ist die starke Hebung anfangs 1792 ohne Zweifel ein Hauptmaximum; darauf folgt 1796 ein secundäres Maximum, welches höher ist als das schwache Maximum 1804, und dieses muss man gleichwohl als ein Hauptmaximum ansehen. Nun steigt die Curve rasch und man ist genöthigt, das folgende Hauptminimum auf 1809 zu verlegen, wo nur ein undeutliches Minimum zu erkennen ist.

Ich hielt es daher für zweckmässig, zur Untersuchung des mittleren Ganges der Kometenperioden noch eine andere Methode anzuwenden, welche von der manchmal als willkürlich erscheinenden Bestimmung der wahren Epochen unabhängig ist. Diese Methode besteht darin, dass man die Zahlenreihe, in welcher man das Bestehen einer Periode von nahe bekannter Länge P für wahrscheinlich hält, von einem beliebigen Anfangspunkte ausgehend, in Abschnitte von eben dieser Länge theilt, dieselben so addirt, dass die Glieder, welche derselben Ordnungszahl entsprechen sollen, eine Summe bilden, jede Summe durch die Anzahl ihrer Summanden dividirt, — was selbstverständlich nur nöthig ist, wenn in der Zahlenreihe einige Glieder fehlen, oder wenn man überhaupt Mittel haben will, — und dann schliesslich beurtheilt, ob sich in den Summen (oder Mitteln) eine Periode deutlich ausspricht oder nicht. Macht man die Rechnung mit verschiedenen Werthen von P, so ist gewiss derjenige Werth der wahrscheinlichste, welcher den resultirenden Summen (oder Mitteln) die am besten ausgesprochene Periodicität verleiht, was man gewöhnlich schon an der Amplitude und der grösseren oder geringeren Regelmässigkeit des Ganges beurtheilen kann. Grosse Amplitude und regelmässiger Gang können sich eben nur dann herausstellen, wenn die in einer Summe vereinigten Glieder möglichst derselben Phase der wahren Periode angehören.

Eine Sinuslinie zu Hilfe zu nehmen, ist im vorliegenden Falle nicht nöthig, und ich glaube nicht einmal zweckmässig, weil durch eine solche eine gar zu grosse Abrundung, welche gewisse Details ganz verwischen kann, erzwungen wird.

Da sich bei der Untersuchung nach der Wolf'schen Methode für die südlichen Kometen eine nahe elf-, für die nördlichen, wie gezeigt werden wird, eine nahe zwölfjährige Periodicität ergeben hat, so habe ich, um diese Verschiedenheit ausser Zweifel zu stellen, die Längen P der Versuchsperioden unter 11 bis über 12 Jahre genommen. Um das Abnehmen der Schwingungsweite auch für die Periode der nördlichen Kometen deutlich zu zeigen, musste in der oberen Grenze bis 12·4 gegangen werden. Die in der Regel um Zehnteljahre variirenden Versuchsperioden wurden auf 11 oder 12 ganze Jahre verkürzt

---

[1] Das Mittel $\pm 2{\cdot}09$ ist zwar um eine Kleinigkeit grösser als jenes der vier ersten Reihen, doch glaube ich unten einen annehmbaren theoretischen Grund angeben zu können, weshalb die auffallend grosse Differenz 5·0 der Maxima 1842·2 und 1837·2 nur eine scheinbare ist. Lässt man sie weg, so sinkt das Mittel auf $\pm 1{\cdot}89$.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 6.

Jahr der Periode	$P =$ 10·9	11·0	11·1	11·2	11·3	11·4	11·5	11·6	11·75	11·9	12·0	12·1	12·2	12·3	12·4
	Sonnenflecken-Relativzahlen.														
1.	37·33	*30·45*	26·83	25·86	30·93	47·56	61·48	69·70	61·53	56·68	51·40	53·39	50·15	46·32	39·93
2.	36·96	33·33	33·82	36·75	51·85	64·65	71·00	62·28	55·63	51·76	48·91	47·83	40·78	39·17	*36·24*
3.	*34·80*	35·28	45·47	51·58	72·20	72·22	**72·46**	58·92	52·62	48·13	47·61	41·48	37·46	39·76	39·08
4.	37·21	47·39	64·48	71·13	**79·17**	**73·09**	68·11	47·75	44·38	42·46	37·26	32·90	*34·51*	*38·76*	40·31
5.	46·71	63·80	**78·31**	**78·70**	72·24	64·21	58·18	38·99	37·87	31·96	28·16	*30·35*	36·75	42·11	45·70
6.	61·93	**76·43**	71·78	72·18	60·85	53·52	45·93	32·05	26·72	*24·31*	*27·15*	33·93	40·93	42·24	49·88
7.	**72·85**	68·23	63·28	59·86	49·38	40·49	36·19	25·03	*22·39*	25·57	33·26	43·55	45·22	51·35	**58·00**
8.	59·96	55·01	48·86	44·96	34·48	31·22	26·38	*22·86*	27·59	34·61	45·10	54·69	54·01	57·99?	56·15
9.	51·41	45·26	38·08	33·36	25·61	26·74	22·58	30·25	38·65	46·88	56·59	**64·02**	**59·54**	53·84	50·05
10.	45·68	38·49	30·42	28·17	*20·32*	23·57	*21·34*	42·28	55·82	58·74	**65·66**	59·76	55·99	47·35	45·04
11.	41·10	33·03	*25·94*	*24·58*	21·23	*23·34*	30·16	63·23	71·89	**72·27**	65·64	55·90	53·36	49·72	51·91
12.								**76·11**	**75·45**	71·94	60·49	54·73	56·73	**58·43**?	54·42
Ampl.=	38·05	45·98	52·37	54·12	**58·85**	49·75	51·12	53·25	53·06	47·96	38·51	33·67	25·03	19·67	21·76
	Heliocentrische Declination der südlichen Kometen-Perihelien.														
1.	18·19°	*16·40°*	*16·22°*	*15·74°*	*15·49°*	18·61°	22·60°	**29·07°**	**28·60°**	25·73°	23·78°	23·13°	23·26°	21·07°	20·91°
2.	*17·04*	16·95	16·26	16·45	20·23	23·84	28·99	28·00	27·26	25·33	25·09	22·49	21·18	20·31	16·93
3.	18·75	18·32	20·21	21·08	26·84	31·03	**31·98**	25·22	23·86	24·01	21·59	19·09	17·85	18·03	*16·38*
4.	20·83	22·39	26·88	27·34	**32·54**	**32·14**	28·10	21·47	20·66	20·82	18·42	*16·90*	*16·77*	*17·64*	19·71
5.	22·47	27·07	30·60	**32·84**	32·07	28·39	24·82	20·74	19·02	18·05	*16·55*	17·49	18·93	21·54	22·62
6.	26·06	**29·70**	**31·56**	30·99	24·82	22·07	18·74	17·65	*16·81*	*16·48*	17·43	19·24	22·03	23·15	**27·02**
7.	27·19	29·03	25·62	23·68	19·66	17·82	18·44	17·90	18·34	17·92	19·70	23·18	24·57	**25·98**	25·83
8.	**28·27**	24·94	21·09	19·93	17·43	[18·73]	18·14	*17·00*	17·75	18·55	22·23	26·66	**25·38**	24·76	24·90
9.	24·38	20·57	18·23	17·21	[18·88]	16·87	17·29	17·91	19·43	21·85	**26·62**	**27·09**	24·85	25·34	23·21
10.	21·30	18·93	[19·29]	[20·13]	16·94	17·02	*15·62*	19·05	24·02	26·08	26·55	25·72	24·61	22·34	23·74
11.	18·42	18·84	16·68	17·38	15·80	*15·83*	16·86	25·97	27·60	**26·27**	25·45	24·00	23·78	24·98	22·55
12.								27·72	27·61	26·12	24·70	22·29	24·49	22·88	21·55
Ampl.=	11·23	13·30	15·34	**17·10**	17·05	16·31	16·36	12·07	11·79	9·79	10·07	10·19	8·61	8·34	10·64
	Heliocentrische Declination der nördlichen Kometen-Perihelien.														
1.	32·43°	32·25°	29·92°	27·53°	27·55	26·39	28·56	28·67	26·73	28·30	30·12	33·18	[33·22]	28·82	28·96
2.	31·97	29·43	28·44	27·17	27·02	28·35	[29·08]	*26·08*	27·95	29·90	32·50	[33·20]	30·06	28·24	25·89
3.	28·31	27·52	27·08	*26·08*	27·53	[28·66]	27·70	28·50	30·67	32·13	[32·90]	29·25	26·20	24·62	*22·98*
4.	26·42	26·19	26·19	26·88	27·51	27·50	*25·13*	30·78	31·74	[32·20]	28·34	24·61	22·69	*22·31*	24·08
5.	*25·51*	25·48	*24·62*	26·35	27·47	*25·40*	27·61	32·02	[31·85]	26·52	24·25	*21·72*	*22·51*	24·77	25·66
6.	25·97	*25·17*	27·79	28·13	*25·91*	28·46	32·13	**32·30**	27·68	25·50	*22·97*	24·03	26·74	27·92	29·46
7.	26·27	29·41	29·71	27·12	31·32	33·46	32·15	28·39	*26·53*	*25·00*	26·17	28·21	31·45	31·19	32·17
8.	31·28	31·70	30·43	31·55	33·18	32·16	**35·69**	27·75	27·51	28·46	30·13	34·54	**34·49**	32·87	[33·63]?
9.	**32·89**	31·45	**34·07**	[34·07]?	33·42	**36·19**	31·09	28·27	28·59	31·43	**35·07**	**35·13**	32·53	**33·78**	30·83
10.	29·97	**32·67**	32·75	32·76	**34·15**	28·98	28·36	29·01	30·91	**33·39**	32·73	30·46	31·35	30·72	33·14
11.	[32·53]	32·62	32·92	**34·57**?	28·27	28·71	26·85	30·77	**32·23**	30·35	28·93	29·42	30·09	32·86	32·76
12.								[31·41]	29·27	26·91	28·06	30·45	31·34	[33·17]	**33·75**?
Ampl.=	7·38	7·50	**9·45**	8·49	8·24	**10·79**	10·56	6·22	5·70	8·39	12·10	**13·41**	11·98	11·47	10·77

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

oder verlängert, indem bei $P = 11 \cdot 1$, $11 \cdot 2$, $11 \cdot \dot{3}$ u. s. w. nach je 10, 5, 3 u. s. w. Perioden eine Zahl ausgelassen, bei $P = 11 \cdot \dot{6}$, $11 \cdot 75$, $11 \cdot 9$ nach je 3, 4, 10 Perioden eine Zahl zweimal eingestellt wurde.

Man erhält gute Resultate, wenn man die in Tabelle 3 angegebenen Zahlen ohne, bessere jedoch wenn man sie mit Rücksicht auf ihr Gewicht g nimmt, also die Mittel nach der Formel $\frac{\Sigma ga}{\Sigma g}$ berechnet, wie es in Tabelle 6 geschehen ist. Diese Untersuchung, beginnend mit dem Jahre 1755, weil sowohl für die südlichen als für die nördlichen berechneten Kometen von 1751—55 eine Lücke ist, und schliessend mit dem Jahre 1887, wurde bezüglich der vier Elemente, y, δ, i und b soweit ausgeführt, bis ich mich hinlänglich überzeugt hatte, dass man mit allen wesentlich dieselben Ergebnisse erhält. Die Zusammenstellung wird in Tab. 6 (S. 23 [143]) hauptsächlich aus dem Grunde für δ vollständig gebracht, weil sich daraus zugleich eine Beziehung zur mittleren heliographischen Breite der Sonnenfleckenzonen erkennen lässt.

Zur Vergleichung war es nöthig, auch für die Sonnenflecken-Relativzahlen desselben Zeitraumes[1] die gleichen Versuchsperioden zu bilden.

Aus der Amplitude dieser Versuchsperioden erkennt man, dass in den Sonnenflecken des Zeitraumes von 1755 bis 1888[1] eine mittlere Periode von $11 \cdot 2$ bis $11 \cdot 3$ Jahren am besten ausgesprochen ist. Dieses Ergebniss stimmt, wie es nicht anders zu erwarten war, sehr gut mit der Bestimmung der Fleckenperiode, welche Spörer[2] und Wolf[3] für nahe denselben Zeitraum (1755—1878) ausgeführt haben, indem ersterer den Werth $11 \cdot 313$, letzterer den Werth $11 \cdot 328$ erhielt.

Ebenso ergibt sich aus vorstehender Tabelle für die mittlere heliocentrische Declination δ der südlichen Kometenperihelien als wahrscheinlichste Periodenlänge $11 \cdot 2$ bis $11 \cdot 3$ Jahre.

Indem ich eine genauere Bestimmung für jetzt als illusorisch ansehe, habe ich gleichwohl keinen Zweifel, dass, wenn man mit dieser Untersuchung bis in den Anfang des 17. Jahrhunderts zurückgehen könnte, sich eine etwas kleinere Periode herausstellen würde, erstens weil Wolf die Sonnenperiode für die Zeit von 1616—1878 zu 11·082 bestimmte und seinen Bericht mit Rücksicht auf einige andere Bestimmungen mit den Worten schliesst: »Gegenwärtig können wir mit Sicherheit nur sagen, dass die mittlere Sonnenfleckenperiode zwischen 10·8 und 11·4 Jahre fällt, und zwischen diese Grenzen fallen alle oben durch Spörer oder mich erhaltenen Zahlen, so dass es ziemlich gleichgiltig ist, welche derselben man annimmt, sobald man nur nicht vergisst, bis zu welchem Grade sie unsicher ist«, — und zweitens weil ich nach der zuerst mitgetheilten Untersuchung auch für die südlichen Kometen die kleinere Periode von 11·07 Jahren fand und betreffs der Unsicherheit und der Grenzen der Bestimmungen genau das sagen kann, was Wolf in diesem Satze ausspricht.

Die Übereinstimmung der Periode der südlichen Kometen mit der Sonnenfleckenperiode ist ferner in der Stellung der Wendepunkte zu erkennen, indem das Maximum beider Perioden in das 4. oder 5., das Minimum nahe in das 11. Jahr fällt. Dass die Kometenperiode im 9. oder 10. Jahre ein secundäres Maximum und kurz vorher im 8. oder 9. ein secundäres Minimum zeigt, widerspricht der Übereinstimmung gar nicht, sondern bestätigt sie vielmehr, indem ja auch in den wahren Perioden der Sonnenflecken hie und da ein secundäres Maximum, einige Jahre nach dem Hauptmaximum eintreffend, angedeutet ist, z. B. 1864, also 4 Jahre nach dem Hauptmaximum 1860.

Da das secundäre Maximum jedoch in der mittleren Fleckenperiode verwischt und nur im langsamen Abfall des Hauptmaximums zu erkennen ist, dagegen in der mittleren Kometenperiode deutlich auftritt, so ist die Vermuthung gerechtfertigt, dass die Kometen von der fundamentalen Ursache der gemeinsamen Periodicität vielleicht im höheren Masse abhängen als die Sonnenflecken.

---

[1] Für die Sonnenflecken konnte auch noch die definitive ausgeglichene Relativzahl des Jahres 1888 benützt werden.

[2] Astron. Nachrichten, Nr. 2335.

[3] A. o. a. O.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 7.

y				δ				i				b			
Wahre Epochen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate	Wahre Epochen		p	Resultate
Maxima	Minima			Maxima	Minima			Maxima	Minima			Maxima	Minima		
	1736·0				.				.				.		
1740·6		9·0		1740·3				1740·2				1740·3			
	1745·0	8·4			1748·5	11·5 ?			1745·7	9·8			1746·8	11·3 ?	
1749·0		14·7		?		10·9		1750 0		13·9		?		12·5	
	1759·7	13·7			1759·4	11·5 ?			1759·6	12·7			1759·3	11·3 ?	
1762·7		10·7		1763·3		11·1		1762·7		10·9		1762·9		11·2	
	1770·4	12·8			1770·5	12·2			1770.5	12·8			1770·5	12·6	
1775·5		8·0		1775·5		11·0		1775·5		7·6		1775·5		11·7	
	1778·4	9·3			1781·5	9·6			1778·1	9·3			1782·2	9·3	
1784·8		14·2	$P=12·15$	1785·1		10·9	$P=12·10$	1784·8		14·2	$P=12·25$	1784·8		10·2	$P=12·36$
	1792·6	13·7			1792·4	10·8			1792·3	13·7			1792·4	11·1	
1798·5		15·9	$\varphi=\pm 2·59$	1795·9		13·4	$\varphi=\pm 2·43$	1798·5		16·2	$\varphi=\pm 2·72$	1795·9		13·3	$\varphi=\pm 2·37$
	1808·5	13·4			1805·8	16·0			1808·5	13·4			1805·7	16·0	
1811·9		11·2	$f=\pm 0·36$	1811·9		15·7	$f=\pm 0·34$	1811·9		11·2	$f=\pm 0·38$	1811·9		15·6	$f=\pm 0·34$
	1819·7	11·4			1821·5	12·6			1819·7	11·0			1821·3	12·3	
1823·3		14·5		1824 5		12·4		1822·9		14·3		1824·2		11·6	
	1834·2	16·2			1833·9	16·7			1834·0	16·6			1832·9	16·2	
1839·5		10·2		1841·2		10·6		1839·5		9·6		1840·4		11·5	
	1844·4	9·8			1844·5	6·3			1843·6	9·1			1844·4	7·3	
1849·3		14 0		1847·5		12·9		1848·6		14·6		1847·7		13·1	
	1858·4	14·1			1857·4	16·1			1858·2	14·7			1857·5	13·6	
1863·4		14·9		1863·6		11·2		1863·3		15·1		1861·3		16·2	
	1873·3	14·1			1868·6	13·8			1873·3	14·6			1873·7	16·1	
1877·5		8·9		1877·4		12·0		1877·9		8·8		1877·4		11·2	
	1882·2	8·4			1880·6	9·1			1882·1	7·7			1884·9	9·1	
1885·9				1886·5				1885·6				1886·5			

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die Übereinstimmung der Wendepunkte tritt — zeitweilig freilich mit geringen Abweichungen — sogar bei jenen Versuchsperioden zu Tage, welche eine kleinere Amplitude aufweisen und also dem mittleren Gange minder gut angepasst sind, z. B. bei $P = 11{\cdot}9$.[1]

Die Sonnenflecken treten bekanntlich in der heliographischen Breite von 10° bis 30° am häufigsten auf und die Mittel von δ halten sich, wie man aus den Tabellen 3 und 6 entnehmen kann, auch zumeist innerhalb dieser Werthe. Darin ist umsomehr eine weitere Analogie zu erkennen, als bei abnehmendem Fleckenstande sowohl die heliographische Breite der Flecken als auch die südliche Declination der Kometenperihelien abnimmt. Nicht einmal die während des elfjährlichen Minimums in höheren Breiten erscheinenden vereinzelten Flecken widersprechen dieser Analogie, indem ja auch einzelne südliche höhere Perihelien den Minimaljahren angehören.

Fig. 1 in Taf. II bringt in den zwei ersten Curven die graphische Darstellung der Periode $P = 11{\cdot}2$ Jahre. Bei Anblick dieser Diagramme schwindet wohl jeder Zweifel an der Identität der durch sie zur Anschauung gebrachten Perioden. Die Übereinstimmung würde natürlich ebenso gut für $P = 11{\cdot}3$ hervortreten. Die Darstellung wurde auf 24 Jahre ausgedehnt, damit in diese Figur auch zwei volle Gänge der unten nachgewiesenen nahe zwölfjährigen Periode der nördlichen Kometen aufgenommen werden konnten.

2. Die nahe 12jährige Periode der nördlichen Kometen.

In den fünfjährigen Mitteln der Bahnelemente y, δ, i und b (Tabelle 3, δ und b positiv) der nördlichen Kometen erkennt man ziemlich deutlich eine ungefähr 12jährige Periode, deren Wendepunkte aber etwas unsicherer sind als diejenigen der nahe 11jährigen Periode der südlichen Kometen, weil sich auch secundäre Hebungen, öfters bis zu der Höhe der Hauptmaxima, geltend machen. Es ist daher auch die Ansicht, dass diese Elemente eine kleinere selbstständige Periode von nahe 6 Jahren befolgen, nicht ungerechtfertigt.

Als ich es jedoch versuchte, eine solche Periode nachzuweisen, bin ich durch gewisse Schwierigkeiten und Unsicherheiten, die sich dabei herausstellten, zu der Überzeugung gekommen, dass es der Wahrheit besser entspricht, wenn man die grössere Periode, allenfalls mit einem Doppelmaximum, annimmt.

Tabelle 7 (S. 25[145]) bringt die Bestimmung der mittleren Periodenlänge nach der bereits oben erklärten Wolf'schen Methode.

Diese vier Bestimmungen ergeben also vier wenig von einander abweichende Werthe der mittleren Periodenlänge und aus diesen findet man das allgemeine Mittel $P_m = 12{\cdot}21 \pm 0{\cdot}06$ Jahre. Hieran ändert sich nichts, wenn man auch noch die zwei Werthe $P = 12{\cdot}48 \pm 0{\cdot}33$ und $11{\cdot}94 \pm 0{\cdot}35$, welche sich herausstellen, wenn man den wahren Perioden für y einerseits ein Gewicht z gleich der Zahl der in jede Periode p gehörigen nördlichen Kometen, andererseits ein Gewicht $\frac{z}{p}$ gleich der durchschnittlichen jährlichen Zahl solcher Kometen beilegt, in Rechung zieht; denn diese zwei Werthe geben ebenfalls das Mittel 12·21, welches eher zu gross als zu klein sein dürfte, indem der Werth 12·48 ohne Zweifel zu gross ist.

Zur Darstellung des mittleren Ganges dieser nahe 12jährigen Periode, welche zwar nicht behufs Vergleichung mit einer gleichen Sonnenfleckenperiode — denn eine solche besteht nicht — sondern behufs Erörterung eines muthmasslichen Zusammenhanges mit den säcularen Fleckenperioden nöthig war, wurden

---

[1] Es dürfte daraus, nebenbei bemerkt, in Bezug auf analoge Periodenvergleichungen zu folgern sein, dass die Übereinstimmung der Wendepunkte der Perioden zweier verschiedener Erscheinungen im Allgemeinen für eine gemeinsame Periodicität spricht, aber nur dann zugleich auch einen Beweis für die Wahrscheinlichkeit der zu Grunde gelegten Periode bietet, wenn sich dieselbe auch in anderer Weise begründen lässt. Ein solcher Fall ist mir bei der Vergleichung der muthmasslich 26tägigen Gewitter- mit einer gleichen Sonnenfleckenperiode vorgekommen, welche Vergleichung in meiner Abhandlung: »Über die kleinen Perioden der Sonnenflecken und ihre Beziehung zu einigen periodischen Erscheinungen der Erde« (diese Denkschriften, Bd. LVIII) ausgeführt wurde. Da dieselbe jedoch auf andere, längere Perioden nicht ausgedehnt werden konnte, so habe ich die Entscheidung, ob nicht auch für die Gewitter längere Perioden (von 30·2, 36, 69·4 Tagen), welche ich für die Sonnenflecken nachgewiesen habe, besser passen, einstweilen vertagt.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wieder die mittleren Epochen der Maxima und Minima bestimmt und deren Differenzen gegen die wahren Epochen gebildet, wobei ich als wahre Epochen und als mittlere Periodenlänge diejenigen Werthe benützte, die sich aus der Neigung y herausgestellt haben, weil der Werth 12·15 dem allgemeinen Mittel sehr nahe liegt. Ferner wurden die Versuchsperioden für $+\delta$ gebildet, welche bereits in Tabelle 6 aufgenommen worden sind.

Tabelle 8.

Neigung y der Kometen-Bahnen mit nördlichem Perihel						
Wahre Epochen		Normalepochen		Mittlere Epochen		Differenzen
Maxima	Minima	Maxima	Minima	Maxima	Minima	$k_w - k_m$
	1736·0		1736·0		1735·01	1·0
1740·6		1740·6		1739·55		1·0
	1745·0		1732·9		1747·2	—2·2
1749·0		1736·9		1751·7		—2·7
	1759·7		1735·4		1759·3	0·4
1762·7		1738·4		1763·9		—1·2
	1770·4		1733·9		1771·5	—1·1
1775·5		1739·0		1776·0		—0·5
	1778·4		1729·8		1783·6	—5·2
1784·8		1736·2		1788·2		—3·4
	1792·6		1731·9		1795·8	—3·2
1798·5		1737·8		1800·3		—1·8
	1808·5		1735·6		1807·9	0·6
1811·9		1739·0		1812·4		—0·5
	1819·7		1734·6		1820·0	—0·3
1823·3		1738·2		1824·6		—1·3
	1834·2		1737·0		1832·2	2·0
1839·5		1742·3		1836·8		2·7
	1844·4		1735·1		1844·4	0·0
1849·3		1740·0		1848·9		0·4
	1858·4		1736·9		1856·5	1·9
1863·4		1741·9		1861·0		2·4
	1873·3		1739·6		1868·6	4·7
1877·5		1743·8		1873·2		4·3
	1882·2		1736·4		1880·8	1·4
1885·9		1740·1		1885·4		0·5
					Mittel =	±2·28

Die Differenz $k_w - k_m$ ist bei diesen Kometen im Allgemeinen etwas grösser als bei den südlichen, aber gewiss nicht so hoch, dass man genöthigt wäre, die nahe 12jährige Periode als unhaltbar zu verwerfen, zumal da ihr wahrscheinlicher Fehler f mit dem der 11jährigen Periode im Mittel übereinstimmt.

Unter den Versuchsperioden (Tab. 6, 3. Abth.) zeichnet sich die für $P = 12·1$ durch die grösste Schwingungsweite aus, und diese Länge muss demnach um so mehr als diejenige angesehen werden, welche dem wahren Gange am besten angepasst ist, als sie der früher abgeleiteten fast gleich kommt.

Fig. 1 der Taf. II gibt in der dritten Curve das Diagramm dieser Periode, welche, wie man sieht, zwei Maxima von nahe gleicher Höhe, getrennt durch eine unbedeutende Einsenkung, erkennen lässt.

Ob das zweite Maximum als eine secundäre Hebung anzusehen ist, oder ob das Maximum nur zufällig gespalten erscheint, muss einstweilen dahingestellt bleiben.

Von den übrigen Versuchsperioden machen sich nur die für $P = 11·1$ und 11·4 durch eine etwas grössere Amplitude bemerkbar, was wohl andeuten dürfte, dass die Periode von etwas über 11 Jahren, auch den nördlichen Kometen nicht fremd ist, jedoch bei denselben nicht so deutlich auftritt als die grössere von 12·1 Jahren.

Die Mittel von $+\delta$, wie sie in Tab. 6 erscheinen, halten sich zumeist auch innerhalb der heliographischen Breite der Fleckenzone, jedoch mehr im höheren Theile, und ihre Maxima überschreiten dieselbe etwas stärker als die Maxima von $-\delta$.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL-http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

3. Beziehung der Periheldistanz zur 11- und 12jährigen Periode.

Da sich aus jenen Bahnelementen der südlichen Kometen, welche die Richtung des Perihels bedingen, ein bedeutungsvoller Zusammenhang mit der Periodicität der Sonnenflecken ergeben hat, so liegt die Vermuthung nahe, dass sich bei ähnlicher Untersuchung auch aus der Entfernung des Perihels derartige und vielleicht noch andere Thatsachen herausstellen werden.

Die Periheldistanz q ist jedoch jenes Bahnelement, von dessen Grösse die Entdeckung eines Kometen, wie Holetschek[1] beweist, in erster Linie abhängt, indem sowohl Kometen mit sehr kleiner als auch mit sehr grosser Periheldistanz der Beobachtung entgehen können, erstere weil sie zur Zeit der grössten Helligkeit in den Sonnenstrahlen verschwinden, letztere weil sie überhaupt lichtschwach und in der Regel auch von der Erde weit entfernt sind. Da diese Kometen demnach im chronologischen Verzeichnisse gewiss zu wenig vertreten sind, so ist eine gewisse Gleichmässigkeit der Periheldistanzen, die sich in demselben geltend macht, wohl erklärlich, und diesem Umstande ist es auch zuzuschreiben, dass sich die Periodicität in den Mittelwerthen der Periheldistanzen nicht so gut erkennen lässt wie in den Mitteln der Neigungen. Ich hatte deshalb die Meinung, die Unvollständigkeit der Periheldistanzen mache die Untersuchung in Bezug auf Perioden illusorisch, und wollte mich mit der Bemerkung begnügen, dass bei den südlichen Kometen die steilen Bahnen im Allgemeinen kleinere Periheldistanzen haben als die flachen Bahnen, und dass die durchschnittliche Periheldistanz bei diesen Kometen kleiner ist als bei den nördlichen.

Da aber die Methode der Versuchsperioden, auf welche ich erst später verfiel, in Bezug auf Neigung und Declination ein sehr gutes Ergebniss lieferte, so glaubte ich sie auch auf die Periheldistanz anwenden zu sollen. Zu meiner Befriedigung fand ich dann die bereits nachgewiesenen Perioden auch in diesem Elemente gut ausgesprochen und erkannte zugleich, dass zwischen denselben ein eigenthümlicher Zusammenhang besteht, der sich lediglich aus den Umständen, welche die Entdeckung eines Kometen begünstigen oder erschweren, wohl nicht erklären lassen wird. Ich trage daher kein Bedenken, diese Untersuchung hier einzuschalten.

Bei dieser Rechnung konnte ich mich mit den einfachen 5jährigen Mitteln der Periheldistanzen, abgerundet auf drei Decimalstellen, begnügen, und deshalb war die Zahl n der Kometen, für welche ein Mittel genommen wurde, als dessen Gewicht zu benützen. Folgende Tabelle gibt die chronologische Zusammenstellung.

Tabelle 9.

Jahr	δ positiv		δ negativ		δ absolut		Jahr	δ positiv		δ negativ		δ absolut	
	q	n	q	n	q	n		q	n	q	n	q	n
1755	.	.	0·338	1	0·338	1	1765	0·519	3	0·399	1	0·489	4
56	0·215	1	0·338	1	0·277	2	66	0·530	2	0·399	1	0·486	3
57	0·400	2	0·702	3	0·581	5	67	0·505	1	0·261	2	0·342	3
58	0·400	2	0·702	3	0·581	5	68	0·590	2	0·350	3	0·446	5
59	0·400	2	0·702	3	0·581	5	69	0·788	2	0·326	2	0·557	4
60	0·603	3	0·884	2	0·715	5	70	0·788	2	0·546	3	0·643	5
61	0·697	3	0·884	2	0·772	5	71	0·788	2	0·691	4	0·723	9
62	0·687	3	.	.	0·687	3	72	1·000	3	0·880	3	0·940	6
63	0·687	3	.	.	0·687	3	73	1·164	2	1·057	2	1·110	4
64	0·642	4	0·399	1	0·593	5	74	1·425	1	1·057	2	1·179	3

[1] »Über die Bahn eines Kometen, der während seiner günstigsten Helligkeit nicht aus den Sonnenstrahlen heraustreten kann.« Sitzungsber. d. kais. Akad. LXXXVIII, 2. Abth. — »Über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen.« Sitzungsber. XCVIII, 2. Abth.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Jahr	δ positiv		δ negativ		δ absolut		Jahr	δ positiv		δ negativ		δ absolut	
	q	*n*	*q*	*n*	*q*	*n*		*q*	*n*	*q*	*n*	*q*	*n*
1775	1.425	1	1·127	1	1·276	2	1835	0·550	2	0·948	3	0·789	5
76	1·425	1	.	.	1·425	1	36	0·550	2	0·910	3	0·766	5
77	0·713	1	.		0·713	1	37	0·587	1	0·910	3	0·829	4
78	0·713	1	0·307	2	0·442	3	38	1·017	4	0·344	1	0·883	5
79	0·817	3	0·307	2	0·613	5	39	1·017	4	0·344	1	0·883	5
80	0·817	3	0·307	2	0·613	5	40	1·017	4	0·398	3	0·752	7
81	0·817	3	0·691	3	0·754	6	41	0·949	6	0·847	3	0·915	9
82	0·869	2	0·695	4	0·753	6	42	0·891	8	0·849	4	0·877	12
83	0·721	3	1·103	3	0·912	6	43	0·728	6	0·832	6	0·780	12
84	0·427	1	0·808	5	0·744	6	44	0·775	11	0·971	10	0·868	21
85	0·388	2	0·808	5	0·688	7	45	0·958	15	0·923	10	0·944	25
86	0·649	4	0·645	4	0·647	8	46	0·981	13	0·745	11	0·873	24
87	0·649	4	0·624	3	0·638	7	47	1·039	12	0·766	12	0·903	24
88	0·743	5	0·591	3	0·686	8	48	1·113	11	0·743	11	0·928	22
89	0·743	5	1·044	1	0·793	6	49	1·281	8	0·588	9	0·914	17
90	0·938	6	1·044	1	0·953	7	50	1.092	6	0·698	10	0·846	16
91	1·060	5	0·724	2	0·964	7	51	0·980	7	0·772	11	0·853	18
92	1·060	5	0·724	2	0·964	7	52	0·947	10	0·800	10	0·873	20
93	1·252	3	0·369	2	0·898	5	53	0·896	10	0·933	12	0·916	22
94	1·252	3	0·772	3	1·012	6	54	0·850	8	0·935	10	0·897	18
95	1·495	1	0·711	4	0·867	5	55	0·761	13	1·042	7	0·859	20
96	.	.	0·741	5	0·741	5	56	0·827	17	1·169	7	0·927	24
97	0·733	2	0·741	5	0·739	7	57	0·792	13	1·003	7	0·866	20
98	0·733	2	0·843	4	0·806	6	58	0·809	14	0·906	7	0·841	21
99	0·733	2	0·512	4	0·586	6	59	0·809	14	0·892	10	0·844	24
1800	0·853	3	0·507	3	0·680	6	60	0·891	6	0·839	12	0·861	21
1	0·853	3	0·256	1	0·704	4	61	0·902	9	0·771	10	0·833	19
2	1·094	1	0·664	2	0·807	3	62	0·891	11	0·849	12	0·869	23
3	1·094	1	0·556	3	0·690	4	63	0·823	10	0·744	10	0·784	20
4	1·094	1	0·850	4	0·899	5	64	0·837	11	0·818	8	0·829	19
5	0·646	1	0·850	4	0·809	5	65	0·832	11	0·996	7	0·896	18
6	0·627	2	0·758	5	0·721	7	66	0·719	8	0·943	7	0·824	15
7	0·627	2	0·680	4	0·662	6	67	0·740	8	1·032	5	0·852	13
8	0·741	3	0·793	3	0·767	6	68	0·938	10	1·166	5	1·014	15
9	0·815	4	0·986	2	0·872	6	69	0·948	10	0·857	8	0·908	18
10	0·871	3	0·916	3	0·894	6	70	0·949	8	0·769	7	0·858	15
11	1·003	2	1·068	4	1·046	6	71	1·125	9	0·854	10	0·982	19
12	1·003	2	1·068	4	1·046	6	72	1·103	11	0·749	11	0·926	22
13	1·124	2	1·068	4	1·087	6	73	1·053	9	0·688	11	0·852	20
14	1·213	1	0·685	4	0·791	5	74	1·049	8	0·694	7	0·884	15
15	1·213	1	0·654	3	0·794	4	75	1·101	13	0·708	8	0·952	21
16	1·206	2	0·533	3	0·802	5	76	1·112	12	0·481	5	0·926	17
17	0·882	4	0·566	5	0·706	9	77	1·132	13	0·491	3	1·012	16
18	0·771	3	0·566	5	0·643	8	78	1·090	16	0·498	3	0·996	19
19	0·601	4	0·695	4	0·648	8	79	1·036	21	0·718	6	0·966	27
20	0·710	5	0·639	7	0·669	12	80	0·932	17	0·646	7	0·849	24
21	0·516	5	0·585	5	0·550	10	81	0·835	17	0·698	6	0·799	23
22	0·629	4	0·572	4	0·600	8	82	0·843	14	0·709	7	0·798	21
23	0·714	6	0·646	6	0·680	12	83	0·965	13	0·747	8	0·882	21
24	0·748	7	0·757	9	0·753	16	84	0·943	15	0·684	7	0·861	22
25	0·676	8	0·750	7	0·711	15	85	1·020	19	0·754	5	0·965	24
26	0·740	7	0·750	7	0·745	14	86	1·068	18	0·898	9	1·011	27
27	0·688	6	0·715	7	0·703	13	87	1·129	20	1·061	10	1·106	30
28	0·496	5	0·724	6	0·620	11							
29	0·480	3	0·468	3	0·474	6							
30	0·126	1	0·734	5	0·633	6							
31	0·126	1	0·688	6	0·608	7							
32	0·320	2	0·757	5	0·632	7							
33	0·550	2	0·875	6	0·794	8							
34	0·550	2	0·875	6	0·794	8							

Auf Grund der zwei ersten Zahlenreihen wurden die Versuchsperioden für $P = 10·9$ bis $12·4$ wie oben gebildet, und sie stellten sich wie folgt heraus.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 10.

Jahr der Periode	$P = 10{\cdot}9$	11·0	11·1	11·2	11·3	11·4	11·5	11·6	11·75	11·9	12·0	12·1	12·2	12·3	12·4
	Periheldistanz der südlichen Kometen														
1.	0·770	0·806	0·815	0·834	**0·862**	0·769	0·770	0·704	*0·659*	0·716	0·735	*0·637*	0·695	0·742	0·744
2.	0·809	0·818	**0·830**?	**0·849**	0·761	0·756	0·778	*0·667*	0·709	0·742	*0·658*	0·739	0·731	0·742	0·751
3.	0·823	**0·834**	0·807	0·773	0·760	0·748	0·704	0·754	0·743	*0·672*?	0·753	0·756	0·761	0·779	**0·845**
4.	**0·839**	0·811	0·768	0·735	0·742	0·704	*0·699*	0·746	0·705	0·766	0·769	0·794	0·790	**0·820**	0·802
5.	0·791	0·751	0·745	[0·761]	*0·695*	*0·687*	0·726	0·763	0·806	0·805	0·815	**0·852**	**0·843**	0·814	0·765
6.	0·767	0·761	0·733	*0·716*	0·729	0·757	0·747	0·817	0·804	0·816	**0·865**	0·833	0·827	0·802	0·805
7.	[0·800]	[0·769]	[0·760]	0·738	0·727	0·762	0·815	0·811	0·855	**0·883**	0·846	0·792	0·809	0·799	0·787
8.	0·744	0·734	*0·724*	0·734	0·780	[0·831]	[0·823]	**0·871**	**0·884**	0·845	0·784	0·809	0·797	0·761	0·758
9.	0·731	*0·721*	0·749	0·781	[0·853]	0·796	0·813	0·865	0·785	0·772	0·798	0·771	0·769	0·763	[0·822]
10.	*0·717*	0·746	0·800	0·802	0·802	**0·845**	**0·883**	0·771	0·764	0·798	0·762	0·719	0·748	[0·802]	0·754
11.	0·743	0·798	0·836?	0·807	0·828	0·844	0·836	0·794	[0·813]	0·780	0·736	[0·786]	[0·790]	0·701	*0·713*
12.								0·789	0·746	0·699?	0·747	0·766	*0·675*	*0·681*	0·744
Ampl. =	0·122	0·113	0·112	0·133	**0·167**	0·158	0·184	0·204	**0·225**	0·211	0·207	**0·215**	0·168	0·139	0·132
Jahr der Periode	Periheldistanz der nördlichen Kometen														
1.	[0·912]	0·896	*0·814*	*0·823*	[0·891]	0·862	0·849	**0·960**?	**1·001**	**0·981**	**0·996**	0·932	0·930	0·928	0·899
2.	0·898	*0·816*	0·869	[0·889]	0·875	0·862	0·891	0·959?	0·964	0·981	0·914	0·911	0·889	0·892	*0·805*
3.	*0·828*	0·876	0·895	0·870	0·857	0·895	**0·964**?	0·958?	0·981	0·913	0·909	0·887	0·863	0·835	0·814
4.	0·894	0·913	0·886	0·860	0·929	**0·979**	0·935	**0·963**?	0·914	0·907	0·885	0·837	0·829	*0·802*	0·832
5.	0·912	0·884	0·883	0·910	**0·986**	0·949	0·938	0·886	0·887	0·867	*0·822*	*0·823*	*0·786*	0·828	0·840
6.	0·891	0·890	**0·961**	**0·993**	0·928	0·921	0·944	0·878	0·834	*0·824*	0·826	0·826	0·827	0·875	0·886
7.	0·893	**0·961**	0·952	0·924	0·924	[0·944]	[0·965]?	*0·823*	*0·822*	0·826	0·826	0·838	0·890	0·900	0·948
8.	**0·944**	0·934	0·918	0·935	0·949	0·935	0·868	0·824	0·852	0·829	0·842	0·899	0·921	0·942	**0·968**
9.	0·911	0·894	0·909	0·928	0·930	0·851	*0·820*	0·860	0·840	0·845	0·903	0·932	0·946	0·976	0·957
10.	0·873	0·888	0·907	0·928	0·827	*0·802*	0·828	0·846	0·857	0·903	0·931	0·949	0·959	**0·977**	0·914
11.	0·892	[0·910]	0·907	0·823	*0·810*	0·870	0·860	0·846	0·902	0·923	0·941	0·941	**0·975**	0·901	0·917
12.								0·934	0·958	0·968	0·968	**0·984**	0·928	[0·933]	0·920
Ampl. =	0·116	0·145	0·147	0·170	**0·176**	0·177	0·145	0·140	**0·179**	0·157	0·174	0·161	**0·189**	0·175	0·163

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Aus dieser Tabelle ergeben sich für die südlichen Kometen zwei Perioden, nämlich eine von 11·3 und eine grössere von ungefähr 12 Jahren. Die erste hat zwar keine so grosse Amplitude als die zweite, gleichwohl glaube ich ihr mehr Wahrscheinlichkeit beilegen zu sollen, weil sie nahe mit derselben Länge auch in der Declination und zwar sehr deutlich ausgesprochen ist und auch mittelst der Wolf'schen Methode nachgewiesen werden konnte, wogegen die zweite trotz ihrer grösseren Amplitude doch nur unklar begründet erscheint, — diese ist nämlich für $P = 11 \cdot 75$ bis $12 \cdot 1$ fast gleich gross — in der Declination sich nur so schwach bemerkbar macht, dass ich ihr oben keine Bedeutung beigelegt habe, und mittelst der Wolf'schen Methode gar nicht nachzuweisen war. Immerhin ist es sehr wahrscheinlich, dass die Kometen mit südlichem Perihel neben der nahe 11jährigen auch eine nahe 12jährige, minder gut erkennbare Periode haben.

In Fig. 2 (Taf. II) ist das Diagramm der Periode 11·3 dargestellt, damit es mit dem für $-\delta$ ($P = 11 \cdot 2$) in Fig. 1 verglichen werden kann. Die Differenz, ein Zehntel-Jahr, ist wohl nur als eine zufällige anzusehen, und ich hätte auch in Fig. 1 eben so gut $P = 11 \cdot 3$ nehmen können: es tritt aber gerade in den gezeichneten Diagrammen — sogar in Bezug auf die secundären Wendepunkte — folgendes Gesetz sehr schön zu Tage:

Bei den südlichen Kometen entspricht ein Maximum der Declination des Perihels einem Minimum der Periheldistanz und umgekehrt ein Minimum der Declination einem Maximum der Periheldistanz.

Zur Vergleichung wurde in Fig. 2 auch das Diagramm der Sonnenperiode für $P = 11 \cdot 3$ gezeichnet.

Für die nördlichen Kometen ergeben sich aus Tab. 10 ebenfalls zwei Perioden, eine grössere von 12·2 und eine kleinere von 11·3 Jahren. Die grössere ist besser ausgeprägt, was mit dem für $+\delta$ gefundenen Ergebniss sehr gut stimmt. Ihr Gang, in Fig. 2 (Taf. II) ebenfalls durch ein Diagramm versinnlicht, zeigt nur ein einfaches Maximum (die kleine, zwei Jahre darnach folgende Hebung kann wohl vernachlässigt werden), welches, wie man durch Vergleichung mit der oberhalb in Fig. 1 für $+\delta$ ($P = 12 \cdot 1$) eingestellten Curve erkennt, gerade die Mitte der zwei Maxima von δ einhält. Man sieht ferner, dass die Minima genau übereinstimmen. Diese Wahrnehmung hat mich hauptsächlich veranlasst, die zwei Maxima der Declination der nördlichen Perihelien als eine einzige Hebung anzusehen, welche nur zufällig durch eine unbedeutende Einsenkung getheilt erscheint, und von der Untersuchung in Bezug auf eine ungefähr 6jährige Periode, die mir anfänglich nicht ohne Belang zu sein schien, Umgang zu nehmen. Man hat demnach für die nördlichen Kometen im Gegensatze zu den südlichen das Gesetz:

Das Maximum der Declination des Perihels entspricht dem Maximum der Periheldistanz und das Minimum der Declination entspricht dem Minimum der Periheldistanz.

Da die Umkehrung der Wendepunkte für δ und q bei den südlichen Kometen auch in der grösseren und bei den nördlichen Kometen in der kleineren, untergeordneten Periode zu erkennen ist, so gilt dieser Satz nur für die Hauptperiode der nördlichen Kometen. Übrigens bemerkt man ähnliche Beziehungen — wie begreiflich mit kleineren oder grösseren Abweichungen — fast bei allen einander entsprechenden Versuchsperioden; ihre Beurtheilung wird jedoch erschwert durch secundäre Hebungen, die in den Tabellen durch das Zeichen [ ] hervorgehoben wurden.

Ob einer Unterperiode von ungefähr $11^3/_4$ Jahren, die sich bei beiden Kometengruppen, jedoch nur in der Periheldistanz, bemerkbar macht und nach Tab. 6 auch den Sonnenflecken eigenthümlich sein dürfte,[1] eine Bedeutung beizulegen ist, und ob alle bisher gefundenen Ergebnisse ganz oder theilweise durch die von Holetschek entwickelten Grundsätze, worauf ich noch zurückkommen werde, erklärt werden können, muss für jetzt dahingestellt bleiben.

---

[1] In dem Diagramme, welches Wolf in Nr. LXVI seiner astronomischen Mittheilungen gelegentlich einer Besprechung von Korteweg's Abhandlung: »Über die von Prof. Wolf vermuthete Doppelperiode der Sonnenfleckenhäufigkeit« (Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. LXXXVIII, 2. Abth.) veröffentlichte, ist ebenfalls die Andeutung einer solchen Unterperiode zu erkennen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Man ist zu der Erwartung berechtigt, dass bei Anwendung der gleichen Untersuchungsmethoden auf die Gesammtheit der Kometen sich die eine oder die andere (oder beide) Kometenperiode deutlicher herausstellen werde, als bei getrennter Untersuchung, indem ja beide sowohl bei den nördlichen als bei den südlichen Kometen, wenn auch nicht mit gleicher Sicherheit, nachgewiesen werden konnten. Dies ist jedoch, wie schon oben in Bezug auf die Neugung y erwähnt wurde und wie die Diagramme der dritten und fünften Abtheilung (Taf. I, y und δ für absolute Werthe von δ) anschaulich machen, nicht der Fall.

Es macht sich bei einer solchen allgemeinen Untersuchung einerseits ein Übergewicht der einen oder der anderen Periode, andererseits aber auch eine Zersplitterung in kleinere Perioden geltend. Indem ich noch bemerke, dass bezüglich der Periheldistanz dasselbe zu sagen ist (Tabelle 9, δ absolut), schliesse ich die Erörterung über die elf- und zwölfjährige Kometenperiode mit der Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in folgende Sätze:

a) Das Mittel der in Bezug auf den Sonnenäquator genommenen und von 0° bis 90° gezählten Neigungswinkel der Bahnen jener Kometen, welche in der Perihelzeit höchstens um 5 Jahre von einander abstehen, ist im Allgemeinen periodisch veränderlich.

b) Es befolgt bei den Kometen mit südlichem Perihel eine nahe 11jährige Periode, deren mittlerer Gang nicht nur in ihrer Länge, sondern auch in der Stellung ihrer Wendepunkte mit der nahe 11jährigen Sonnenfleckenperiode übereinstimmt und nur insofern von dieser abweicht, als in ihr das secundäre Maximum, 5 Jahre nach dem Hauptmaximum folgend, etwas deutlicher zu erkennen ist.

c) Es befolgt bei den Kometen mit nördlichem Perihel eine nahe 12jährige, in den Sonnenflecken nicht nachweisbare Periode, welche entweder ein starkes, 5 Jahre nach dem Hauptmaximum eintreffendes secundäres Maximum hat, oder deren Maximum langdauernd und getheilt erscheint.

d) Im Gange der mittleren heliocentrischen Declination der Kometenperihelien kann man die nämlichen Perioden nachweisen und zugleich eine grosse Analogie mit dem Gange der mittleren heliographischen Breite der Sonnenflecken erkennen.

e) Auch die Mittel der Periheldistanzen befolgen die gleichen Perioden, jedoch — im Gegensatze zu Neigung und Declination — bei den südlichen Kometen mit umgekehrten Wendepunkten und bei den nördlichen mit einfachem Maximum.

f) Die Unsicherheit dieser zwei Kometenperioden hält sich innerhalb derselben Grenzen wie die Unsicherheit der 11jährigen Sonnenfleckenperiode.

g) Die nämlichen Perioden lassen sich — mit etwas grösserer Unsicherheit — auch nachweisen, wenn man die Neigung auf die Ekliptik bezieht und also statt der heliocentrischen Declination die Breite des Perihels nimmt.

h) Ausser diesen Hauptperioden machen sich auch noch Unterperioden geltend, und es tritt vornehmlich die Hauptperiode der einen Kometenabtheilung als Unterperiode in der andern auf.

4. Die säculare Periode der südlichen Kometen.

Neben der 11jährigen Sonnenfleckenperiode besteht eine grössere, säculare Periode der Sonnenflecken, deren Dauer nach der neueren Beobachtungsreihe zwischen 50 und 100 Jahren schwankt und im Mittel, wie Wolf und Fritz, letzterer aus Nordlichterscheinungen, nachgewiesen haben, 55·5 Jahre betragen mag. Mit Benützung älterer Beobachtungen fand Wolf[1] in neuester Zeit, dass die mittlere Länge dieser Periode wahrscheinlich auf $66^2/_3$ oder $83^1/_3$ Jahre zu erhöhen sein wird, je nachdem sich zu Anfang des folgenden Jahrhunderts ein Maximum oder Minimum dieser grossen Periode herausstellen wird.

[1] Astronom. Mittheil. LXXIV.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Das Maximum der säcularen Fleckenperiode gibt sich hauptsächlich durch eine Vergrösserung, das Minimum durch eine Verkleinerung der elfjährlichen Maxima zu erkennen; eine Vertiefung der elfjährlichen Minima zur Zeit des säcularen Minimums ist nicht so augenscheinlich.

Im Zeitraume, über welchen meinen Untersuchungen ausgedehnt werden konnten, erkennt man nach Tabelle 3 und Taf. I Maxima der säcularen Sonnenfleckenperiode um 1778 und 1837—49 (vielleicht auch 1870) und Minima um 1760, 1816 und 1883.

Diese grosse Periode, welche man mit Rücksicht auf die 11jährige gleichsam eine Periode in der Periode nennen kann, ist auch in den Kometenerscheinungen nachweisbar, und zwar wieder besser bei den südlichen als bei den nördlichen.

Es treten nämlich die elfjährlichen Maxima, gleich jenen der Sonnenflecken, bei den südlichen Kometen um 1779 und 1849 stärker hervor als zu andern Zeiten seit 1740; insbesondere ist dies sehr schön in der Declination der Perihelien wahrzunehmen. Das rasche Ansteigen der Maxima vor dem Maximum Maximorum und das langsame Abfallen nach demselben ist augenscheinlich und entspricht genau der Art und Weise, nach welcher alle Fleckenperioden verlaufen. Es scheint jedoch ein Widerspruch in dem Umstande zu liegen, dass das Maximum Maximorum der Sonnenflecken von 1837 jenem von $-\delta$ (1849) scheinbar um 12 Jahre vorausging, und dass das Maximum der Declination um 1842 gar nicht bedeutend war und sich sehr verspätete, so dass es sich wie ein Nebenmaximum darstellt. Dieser Widerspruch lässt sich jedoch, wie mich däucht, in befriedigender Weise beseitigen, und ich will, ohne der theoretischen Erörterung vorzugreifen, diesbezüglich einstweilen nur Folgendes bemerken.

Da für die Jahre 1836—41 im Katalog nur vereinzelte berechnete Kometen verzeichnet sind, die südlichen Kometen, welche zur Zeit eines elfjährlichen Maximums erscheinen, wie oben nachgewiesen wurde, sich im Allgemeinen durch kleine Perihcldistanzen auszeichnen, und das Maximum von 1827 bereits eine Hebung der Periode anzeigt: so ist wohl mit Recht anzunehmen, dass um das Jahr 1837 mehrere südliche Kometen durch ihr Perihel gegangen sind, aber wegen sehr kleiner Periheldistanz in den Sonnenstrahlen verschwanden und deshalb nicht beobachtet werden konnten. Die Richtigkeit dieser Annahme wird mehr als wahrscheinlich dadurch, dass das Kometenverzeichniss auch vor dem grossen Maximum von 1779 bei den südlichen Kometen eine mehrjährige Lücke aufweist, durch deren in gleicher Weise gedachte Beseitigung auch die Differenz gegen das um 1 Jahr früher eingetroffene grosse Maximum der Sonnenflecken verschwindet.

Zu dem vereinzelten grossen Fleckenmaximum vom Jahre 1870, welches nach Wolf als Vertreter des säcularen Maximums für den Fall zu gelten haben wird, als sich in der ersten Hälfte des folgenden Jahrhunderts ein säculares Minimum herausstellen sollte, findet sich in der Periode der südlichen Kometen kein Analogon, indem das Maximum von 1871, wie es sich in der Neigung y ausspricht, die Höhe der benachbarten Maxima nicht übertrifft, und wie es sich in der Declination $-\delta$ zu erkennen gibt, entsprechend dem allgemeinen Gange sogar etwas niedriger ist als das vorausgehende. Ich halte daher, nebenbei bemerkt, eine Vergrösserung der säcularen Periode von 55·5 auf $83^1/_3$ für minder, eine Vergrösserung auf $66^2/_3$ Jahre, weil mit der Kometenperiode gut vereinbarlich, für mehr wahrscheinlich.

Das erste an der geringeren Entwicklung der 11jährlichen Minima erkennbare säculare Minimum der Periode der südlichen Kometen fällt gleich dem der Sonnenfleckenperiode auf die Zeit um 1760 und ist sogar besser ausgesprochen als dieses. Gleichwohl möchte ich dieser Übereinstimmung noch kein grosses Gewicht beilegen, weil für diese Zeit nur wenig berechnete Kometen benützt werden konnten. Die zweite Übereinstimmung der säcularen Minima erkennt man zu Anfang dieses Jahrhunderts um 1816. Die dritte Übereinstimmung zeigt sich nach 1849 bis zur Gegenwart, wobei nur das Fleckenmaximum von 1870 eine Ausnahme macht. Das sehr schwach entwickelte und »zerfahrene« 11jährliche Maximum Ende 1883 dürfte wohl den Ablauf des säcularen Minimums angezeigt haben, und es ist zu erwarten, dass das bevorstehende 11jährliche Maximum, welches dem mittleren Gange gemäss um 1894 eintreffen wird, durch bessere Entwicklung bereits eine Annäherung des nächsten säcularen Maximums andeuten dürfte.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Es ist wahrscheinlich nicht Zufall, dass die Differenz $k_w—s_w$ (Tabelle 5) zwischen den wahren Epochen der Wendepunkte der elfjährigen Kometen- und Sonnenfleckenperioden einen ziemlich regelmässigen Zeichenwechsel befolgt, wie auf einen solchen in der Differenz $s_w—s_m$ bereits Wolf aufmerksam gemacht hat. Die Differenz $k_w—s_w$ ist nämlich positiv zur Zeit eines säcularen Maximums und negativ zur Zeit eines säcularen Minimums. Das will sagen: Die wahren Wendepunkte der 11jährigen Fleckenperiode treten zur Zeit eines säcularen Maximums, beziehentlich Minimums etwas früher, beziehentlich später ein, als die wahren Wendepunkte der gleichen Kometenperiode.

Aus dem Zeichenwechsel von $s_w—s_m$ folgt: Die wahre Fleckenperiode ist in jenen Zeiten kürzer, beziehungsweise länger, als die mittlere Fleckenperiode von 11·1 Jahren.

Eine weitere Beziehung der Kometenperiode zu der säcularen Periode der Sonnenflecken möchte wohl auch in der Interferenz der 11- und 12jährigen Perioden zu suchen sein. Da dieselbe jedoch im wahren Gange dieser Perioden schon aus dem Grunde nur undeutlich nachgewiesen werden kann, weil hiefür eine Zeit von 150 Jahren noch zu kurz ist, und also mehr auf einer theoretischen Folgerung beruht, womit auch meine Vermuthung von der Existenz einer grösseren säcularen Periode von doppelter Dauer und meine Erklärung der Verschiebung der Wendepunkte zusammenhängen, so glaube ich an dieser Stelle noch nicht darauf eingehen zu sollen.

Als Hauptergebnisse bezüglich der säcularen Periode ergeben sich aus vorstehender Vergleichung die Sätze:

a) Bei den südlichen Kometen lässt sich eine säculare Periode hauptsächlich in der Änderung der 11jährigen Maxima der mittleren helioeentrischen Declination der Perihelien in derselben Weise erkennen wie die säculare Periode der Sonnenflecken in der Schwankung der 11jährlichen Maxima.

b) Die säculare Periode der südlichen Kometen geht parallel mit der säcularen Periode der Sonnenflecken.

Nach Absendung des Manuscriptes dieser Abhandlung erhielt ich durch Referate in der meteorologischen Zeitschrift [1] Kenntniss von E. Brückner's Werk: »Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit», sowie von E. Richter's Untersuchungen über die Schwankungen der Alpengletscher, [2] und ich wurde dadurch veranlasst, vor der Fertigstellung des Druckes diesem Abschnitte noch folgende Bemerkungen beizufügen.

Brückner weist in den meisten meteorologischen Elementen eine Periode von nahe 35 Jahren nach und Richter findet die gleiche Periode in den Schwankungen der Alpengletscher, bemerkt aber auch, dass manches Maximum so schwach ausgeprägt ist, dass die Periode sich hie und da wie eine 70jährige darstellt. Da solche Schwankungen kaum anders als durch periodische Änderungen der Sonnenstrahlung erklärt werden können, und diese Änderungen nach meinen theoretischen Ansichten wesentlich von den Perioden der Kometen und Meteorströme abhängen, so erscheint mir jetzt eine Vermuthung, die sich mir schon bei der Verfassung obiger Zeilen und bei der unten folgenden Besprechung der Umlaufszeiten der periodischen Kometen aufdrängte, von erhöhter Bedeutung

Wenn man nämlich die Hebung des 11jährlichen Maximums von 1814 (in der Neigung y) oder auch wohl jene von 1808 (in $—\delta$) nicht für eine zufällige hält, wie ich es früher gethan habe, weil sie vereinzelt ist und in den Sonnenflecken nicht erkannt werden kann, so findet man eine Periode von nahe 35 Jahren auch bei den Kometen ziemlich deutlich ausgesprochen, und zwar wieder besser bei den Kometen mit südlichem als mit nördlichem Perihel.

In der Neigung y zeigen sich folgende auffallende Maxima und Minima der 11jährigen Periode:

---

[1] Jahrgang 1891, S. 220 und 229.

[2] »Geschichte der Schwankungen der Alpengletscher.« (Zeitschr. des deutsch-österr. Alpenvereines, 1891, Bd. XII.)

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Maxima		Minima	
Jahr	Intervall	Jahr	Intervall
1778		1766	
	36		36
1814		1802	
	35		33
1849		1835	
			32
		1867	

Ähnliches ergibt sich, mit einigen Abweichungen natürlich, aus dem Gange der Elemente i, $-\delta$, $-b$ und auch q der südlichen Kometen. Die in die Zeit von 1849 (1837) bis 1871 fallenden 11jährlichen Maxima von y unterscheiden sich in der Höhe fast gar nicht von einander, und es ist wahrscheinlich, dass in derselben zwei Hebungen der nahe 35jährigen Periode anzunehmen sind, nämlich um 1837 (aus den bereits früher angegebenen Gründen) und 1871, was mit dem Gange der Sonnenflecken, die in dieser Zeit ebenfalls eine derartige Periode erkennen lassen, stimmen würde.

Die nächst grössere säculare Periode, deren mittlere Länge, wie bereits oben bemerkt, dermalen noch unsicher ist, kann man jedoch ohne Zweifel sowohl in den Kometen, als in den Sonnenflecken deutlicher erkennen, und es dürfte die Behauptung, dass sie der doppelten 35jährigen gleich ist, der Wahrheit am nächsten kommen. Es stimmt dies auch besser mit den Umlaufszeiten der periodischen Kometen, indem nach Tabelle 17 solche von nahe 35 und 70 Jahren verhältnissmässig häufig sind, sowie mit der Zusammenstellung in Tabelle 18, welche auf eine etwas grössere Periode als $66^2/_3$ Jahre hinweist.

Es gereicht mir zur Befriedigung, hier auch darauf hinweisen zu können, dass bereits Hornstein[1] als wahrscheinlichste Länge der säcularen Periode der Nordlichter und Sonnenflecken den Werth von nahe 70 Jahren gefunden hat, und bezüglich des Luftdruckes zu dem Resultate kam, dass die aus den Beobachtungen seit 1763 erhaltenen Werthe der jährlichen Schwankung des Barometerstandes in Prag, Mailand, Wien und München sehr befriedigend dargestellt werden durch die Voraussetzung, dass die jährliche Schwankung des Luftdruckes die längere (70jährige) Periode mit den Nordlichtern und Sonnenflecken gemein hat und gleichzeitig mit diesen Erscheinungen ihr Maximum oder Minimum erreicht.

Durch die Annahme zweier Perioden von nahe 35 und 70 Jahren sind einige Räthsel, die sich bei der Untersuchung der säcularen Fleckenperiode herausgestellt haben, wie mich däucht, befriedigend zu lösen.

a) Fritz fand (aus Nordlichtern) als allgemeines Mittel der säcularen Periode 55·5 Jahre. Das ist angenähert das Mittel zwischen 35 und 70 und braucht gar nicht als irrig verworfen zu werden — wenn man eben nur eine Periode annimmt. Ein solches Mittel ist aber nicht immer der häufigste Werth, was auch bei anderen derartigen Untersuchungen, z. B. auch bei meiner Untersuchung über die kleinen Perioden der Sonnenflecken zu Tage getreten ist.

b) Die 11·1jährige Periode der Sonnenflecken zeigt zwischen 1770 und 1790 eine so grosse Verschiebung der Wendepunkte, dass sie sich in dieser Zeit wie eine Umkehrung gegenüber dem mittleren Gange ausnimmt. Diese Thatsache möchte ich nun wie folgt erklären.

Wenn eine Fleckenperiode von nahe 70 Jahren besteht, so müssen jene Vielfachen der 11·1jährigen die dieser Dauer nahe kommen, also 66·6, 77·7 und vielleicht noch 88·8 eine Verstärkung der Maxima erfahren. Die 11jährige Periode hat auch ein secundäres Maximum, welches im Mittel 5 Jahre nach dem Hauptmaximum eintrifft. Da nun 66·6+5 nahezu 70 gibt, so ist es sehr wahrscheinlich, dass die Interferenz der 70jährigen mit der 11jährigen Periode zeitweilig eine solche Verstärkung des secundären 11jährlichen Maximums hervorbringt, dass es wie ein Hauptmaximum erscheint und diese Periode sich völlig

[1] »Über den Einfluss der Elektricität der Sonne auf den Barometerstand.« Sitzungsber. der kais. Akad. Bd. LXV, II. Abth. 1872.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

umgekehrt darstellt. Um 1849 ist nichts von einer solchen Umkehrung zu bemerken; sie dürfte aber wieder beim nächsten säcularen Maximum zu Anfang des folgenden Jahrhunderts eintreffen.

c) Da 88·8—6 nahe $83^1/_3$ ist, so entspricht auch diese Zeit einem secundären Maximum der 11jährigen Periode, welches durch die 70jährige sehr wahrscheinlich eine Verstärkung erleidet. Es ist daher ganz gut begreiflich, dass Wolf bei seiner neuesten Untersuchung über die säculare Fleckenperiode die Möglichkeit fand, dass deren mittlere Länge $83^1/_3$ Jahre betrage.

II. Über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen.

Um ein Urtheil zu gewinnen, ob und in wiefern die oben nachgewiesenen Beziehungen der Kometen zur Periodicität der Sonnenflecken durch die allgemeine Vertheilung der Bahnelemente und durch die Umstände, welche die Auffindung neuer Kometen begünstigen oder erschweren, erklärt werden können, und ob jene Beziehungen also reell oder scheinbar sind, halte ich es für nöthig, bezüglich der Vertheilung der Bahnelemente einige Bemerkungen zu machen, wobei ich mich, auf die Untersuchungen Anderer, insbesondere Holetschek's hinweisend, kurz fassen kann.

1. Die Vertheilung der Periheldistanzen ist nach Schiaparelli[1] insofern eine gleichmässige, als auf concentrischen Kugelflächen, die vom Mittelpunkte der Sonne mit verschiedenen Periheldistanzen geschlagen werden, gleich viel Perihelpunkte liegen. Durch einfache Abzählung lässt sich dies freilich zunächst nur für Distanzen von 0·5 bis 1·0 Erdweiten, welche, weil für die Beobachtung am günstigsten, im Kataloge verhältnissmässig oft verzeichnet sind, direct beweisen.

Für grössere und kleinere Distanzen ergeben sich bei der Zählung zwar weniger Perihelien, als diesem Gesetze entsprechend gefunden werden sollten; die Abweichung kann jedoch einerseits, wie Schiaparelli zeigt, dadurch, dass solche Kometen seltener Gelegenheit haben, der Erde nahe zu kommen, andererseits auch dadurch begründet werden, dass sie, wie Holetschek[2] beweist, der Beobachtung oft entgehen, entweder weil sie wegen zu grosser Periheldistanz zu lichtschwach bleiben, oder weil sie wegen zu kleiner Periheldistanz in den Sonnenstrahlen verschwinden. Aus der gleichmässigen Vertheilung der Periheldistanzen folgt sofort, dass, wenn die Dichtigkeit der Perihelpunkte in der mit der Distanz 1 beschriebenen Kugelfläche mit D bezeichnet wird, sie in der Kugelfläche vom Halbmesser q gleich $\frac{D}{q^2}$ zu setzen ist. Wenn dieses Gesetz auch nicht ganz der Wirklichkeit entspricht, indem die Vertheilung der Periheldistanzen mit Sicherheit doch nur eine angenähert gleichmässige genannt werden kann, so ist die Dichtigkeit der Perihelien doch gewiss eine abnehmende Function von q.

2. Die Vertheilung der Perihelien in der Länge ist scheinbar eine ungleichmässige, indem die Längen um 90° und 270° gegen die anderen überwiegen. Holetschek erklärt jedoch diese Ungleichmässigkeit durch die Sichtbarkeitsverhältnisse in so natürlicher Weise, dass die Richtigkeit seiner Annahme: die Vertheilung der Perihelpunkte nach der Länge ist in Wirklichkeit eine gleichmässige nicht bezweifelt werden kann, zumal, wie ich mich überzeugt habe, jene scheinbare ungleichmässige Vertheilung für alle Breiten gilt.

3. Die Vertheilung der Perihelien nach der Breite. Wenn man eine Zählung der Perihelien in der Weise ausführt, dass man nach Breitenzonen von gleich viel Graden fortschreitet, so bemerkt man eine ziemlich rasche Abnahme mit wachsender Breite sowohl in der nördlichen als in der südlichen Hemisphäre, welche Abnahme einfach der Abnahme der Flächen solcher Zonen zugeschrieben werden kann, weil auf einer grösseren Fläche bei gleichmässiger Vertheilung mehr Perihelpunkte liegen müssen als auf einer kleineren.

---

[1] Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen, 3. Note.

[2] In der S. 28[148] citirten Abhandlung: »Über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen.«

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Um diesem Umstande Rechnung zu tragen, habe ich eine Zählung nach drei Breitenzonen von gleicher Fläche vorgenommen.[1] Die periodischen Kometen wurden dabei einerseits mitgezählt, wiederholt beobachtete mit mittleren Elementen, andererseits diejenigen von ihnen, deren Umlaufszeit die Periode des Kometen Halley von 76 Jahren nicht übertrifft, ganz weggelassen. Für die in einer Zone liegenden Perihelpunkte wurde die mittlere Distanz gesucht. Es ergab sich folgendes Schema:

Tabelle 11.

Breite b des Perihels	Perihel nördlich				Perihel südlich			
	Zahl der Kometen	q_m	Ohne Kometen von kurzer Periode		Zahl der Kometen	q_m	Ohne Kometen von kurzer Periode	
			Zahl der Kometen	q_m			Zahl der Kometen	q_m
0°—19°28′	73	0·892	60	0·872	61	0·883	47	0·819
19°28′—41°49′	62	0·821	59	0·821	38	0·833	37	0·828
41°49′—90°	59	0·745	59	0·745	27	0·518	27	0·518
0°—90°	194	0·825	178	0·813	126	0·789	111	0·748

Bei den nördlichen Kometen stellt sich also entweder keine oder nur eine geringe Abnahme der Perihelien mit zunehmender Breite heraus, je nachdem man die Kometen von kurzer Periode weglässt oder mitzählt; bei den südlichen dagegen sinkt die Zahl der Perihelien auch ohne die periodischen Kometen. Wie begreiflich, ist diese Verschiedenheit hauptsächlich dem Umstande zuzuschreiben, dass, wie Schiaparelli und Holetschek hervorheben, die meisten Beobachter sich in nördlichen geographischen Breiten befinden und daher die südlichen Kometen, insbesondere solche mit hohen Perihelien, seltener entdecken können, dürfte aber doch noch eine andere Ursache haben.

4. Die Vertheilung der Neigungen. Beziehung zur Periheldistanz. Wenn man die Neigungen der Bahnen, gezählt von 0° bis 180°, nach Intervallen von je 10° auftheilt, so stellen sich die Neigungen um 0° und 180° weniger zahlreich heraus als die übrigen, was Holetschek ebenfalls durch die Sichtbarkeitsverhältnisse zu erklären sucht. Da bei meinen Untersuchungen die Neigung nur von 0° bis 90° genommen wurde, so glaubte ich gut zu thun, auch eine Vertheilung, dieser älteren Methode entsprechend, vorzunehmen. Zu diesem Behufe habe ich wieder drei Zonen unterschieden und zwar so, dass die Pole einer jeden auf gleich grosse Flächen fallen. Von den in eine Abtheilung gebrachten Bahnen wurde wie in Tab. 11 die mittlere Periheldistanz q_m angegeben.

Tabelle 12.

Neigung i der Bahnebene	Perihel nördlich				Perihel südlich			
	Zahl der Kometen	q_m	Ohne Kometen von kurzer Periode		Zahl der Kometen	q_m	Ohne Kometen von kurzer Periode	
			Zahl der Kometen	q_m			Zahl der Kometen	q_m
0°—48°11′	82	0·798	67	0·759	63	0·846	50	0·774
48°11′—70°32′	55	0·813	55	0·813	35	0·734	34	0·725
70°32′—90°	57	0·874	56	0·878	28	0·733	27	0·732
0°—90°	194	0·825	178	0·813	126	0·789	111	0·748

[1] Bei dieser und den folgenden Zusammenstellungen wurden auch die ältesten Kometen (Tabelle 1) mit Ausschluss der unsichersten drei (Nr. 1, 8 und 25) berücksichtigt. Mit Nr. 323 wurde geschlossen, da mir damals (1889) die letzten noch nicht bekannt waren.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Hierin erkennt man ein Überwiegen der schwach geneigten Bahnen, wie es bereits von Schiaparelli erkannt und erklärt wurde. Die nördlichen Periheldistanzen nehmen im Mittel mit der Neigung zu, wogegen sich für zunehmende Perihelbreiten eine Abnahme derselben herausgestellt hat. Die südlichen Periheldistanzen nehmen ab — mit einigen Unregelmässigkeiten bei Weglassung der periodischen Kometen — sowohl für zunehmende Neigungen als auch zunehmende Perihelbreiten.

Holetschek meint, die Regel: hohen Perihelien entsprechen kleine Distanzen und umgekehrt sei nicht für reell zu halten und werde sich mit zunehmender Kometenzahl verwischen; ich bin jedoch in Erwägung folgender Thatsachen zu der Überzeugung gelangt, dass dieselbe — wenigstens für die kleinsten angebbaren Periheldistanzen — nicht bestritten werden kann. Wenn man nämlich dem Kometenverzeichnisse diejenigen Nummern entnimmt, welche sich durch besonders kleine Distanzen auszeichnen, so findet man, dass es fast ausschliesslich Kometen mit steiler Bahn und hohem Perihel sind, und dass dazu die hellsten Kometen gehören, welche entweder mit freiem Auge aufgefunden oder doch später dem freien Auge sichtbar wurden und auffallende Erscheinungen waren. Tabelle 13 bringt diese Zusammenstellung und zwar in der ersten Hälfte für $q < 0{\cdot}1065$, in der zweiten für $0{\cdot}1065 < q < 0{\cdot}2564$.

Tabelle 13.

Nr.	Jahr und Helligkeit	q	i	y	b	δ	Richtg. d. Bew.
51	1593*	0·089	88·0°	87·9°	12·1°	4·8°	*d*
58	1665**	0·107	76·1	69·6	23·1	25·5	*r*
63	1680†*	0·006	60·7	67·6	− 8·1	− 6·4	*d*
67	1689**	0·019	59·1	66·1	− 0·6	1·3	*r*
106	1780 I†	0·099	53·8	58·7	−43·1	−41·9	*r*
146	1816	0·049	43·1	46·1	−34·3	−31·4	*d*
153	1821†	0·092	73·6	80·1	10·4	7·5	*r*
166	1826 V†	0·027	89·4	82·5	−80·4	−79·7	*r*
181	1843 I**	0·006	35·7	38·3	35·3	38·2	*r*
197	1847 I†	0·043	48·7	44·6	−45·9	−43·7	*d*
257	1865 I**	0·026	87·5	80·3	68·1	66·4	*r*
275	1874 I	0·045	58·9	53·9	−58·9	−53·5	*d*
290	1880 I**	0·006	36·9	38·9	35·9	38·9	*r*
300	1882 I†	0·061	73·8	78·6	−27·8	−22·9	*d*
301	1882 II**	0·008	38·8	38·8	35·3	38·2	*r*
318	1887 I†*	0·005	43·0	42·6	37·7	40·7	*r*
46	1577**	0·178	75·2		−69·5		*r*
48	1582*	0·168	60·8		−23·3		*r*
59	1668**	0·251	27·1		−11·8		*d*
78	1737 I*	0·223	18·4	25·0	18·1	25·0	*d*
84	1744**	0·222	47·1	40·9	20·5	14·9	*d*
90	1758*	0·215	68·3	75·0	33·8	32·5	*d*
98	1769†*	0·123	40·8	42·6	−19·6	−26·6	*d*
132	1801	0·256	20·8	27·2	−13·1	−19·9	*r*
157	1823*	0·227	76·2	71·5	27·6	32·2	*r*
164	1826 III	0·188	5·3	12·0	0·4	5·0	*r*
169	1827 III	0·138	54·1	56·3	−52·6	−51·5	*r*
171	1830 II*	0·126	44·8	44·4	18·6	25·0	*r*
186	1844 III**	0·252	45·6	40·6	1·6	6·5	*d*
211	1851 IV	0·142	88·8	85·0	−49·4	−45·3	*r*
217	1853 IV†	0·173	61·0	55·1	−60·1	−55·0	*r*
235	1859	0·201	84·5	86·2	−76·8	−70·6	*r*

Um die Helligkeit oder die Art der Erscheinung im Allgemeinen zu charakterisiren, wurden, wie im Verzeichnisse von Weiss, den Jahrzahlen die Zeichen * und † beigefügt. Ein Asterisk (*) zeigt an, dass der Komet mit freiem Auge aufgefunden wurde; dieses Zeichen doppelt, dass er zur Zeit seines grössten Glanzes eine sehr auffällige Erscheinung war; ein Kreuzchen, dass er zwar teleskopisch entdeckt wurde, aber später dem freien Auge sichtbar wurde; beide Zeichen deuten an, dass er teleskopisch entdeckt

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wurde, aber nachträglich eine grosse Pracht entfaltete, und gar kein Zeichen, dass er die ganze Zeit seiner Sichtbarkeit teleskopisch blieb.

Unter den 16 Kometen der ersten Abtheilung findet sich keiner mit einer Bahnneigung (i und y) unter dem allgemeinen Mittel von 45°, bei welchem zugleich die helioc. Breite b und Declination δ des Perihels kleiner als das allgemeine Mittel von 30° ist. 5 haben zwar eine kleinere Neigung als 45°, gleichwohl ist deren Perihelbreite grösser als 30°; 6 haben eine kleinere Perihelbreite als 30°, aber ihre Neigung ist grösser als 45°. Sie sind überwiegend retrograd und zumeist hell, die Hälfte ist sogar sehr hell. Das Vorzeichen der Breite hat keinen Einfluss, denn die eine Hälfte ist nördlich, die andere südlich. Warum finden sich unter diesen Kometen nicht einige mit flacher Bahn und niedrigem Perihel? Vorausgesetzt, es seien solche Kometen in Wirklichkeit ebenfalls in verhältnissmässiger Zahl vorhanden: warum sollten just sie immer minder hell sein und auch sonst in so ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnissen auftreten, nämlich in oberer Conjunction mit der Sonne zur Perihelzeit und mit directer Bewegung, dass sie der Beobachtung entgehen? Der Mangel an Kometen mit sehr kleiner Periheldistanz bei flacher Bahn ist um so auffallender, als man in der zweiten Abtheilung dieser Zusammenstellung auch überwiegend helle Kometen mit rückläufiger Bewegung antrifft, aber die flachliegenden Bahnen und niedrigen Perihelien bereits gut vertreten findet, wie die Kometen von 1668, 1737 I, 1801 und 1826 III beweisen. Dieser Mangel dürfte also wohl als ein wirklich bestehender zu gelten haben, zumal da dafür eine theoretische Erklärung gegeben werden kann, gegen welche kaum etwas einzuwenden sein wird.

Nach der astronomischen Theorie der Sternsehnuppen können die den Planeten nahekommenden Kometen in periodische von kurzer Umlaufszeit und grösserer Periheldistanz verwandelt werden. Die Kometen, welche eine solche Bahnänderung durchgemacht haben, müssen ursprünglich in flachliegender Bahn mit sehr kleiner Periheldistanz rechtläufig einhergegangen sein, weil sie nur durch längeren Aufenthalt in der Nähe der Ekliptik und durch radiales Schneiden vieler Planetenbahnen hinlänglich oft Gelegenheit zu einer solchen Annäherung finden konnten; wogegen die Kometen mit hohem Perihel und sehr kleiner Distanz, einem oder dem andern Planeten in besonderer Bahnstellung nur zufällig nahekommend, eine ähnliche Änderung der Bahn kaum erlitten haben dürften. Wenn also auch vor vielen Millionen Jahren im Sonnensystem so viele Kometen mit schwach geneigter Bahn und sehr kleiner Periheldistanz vorhanden waren, als es der gleichförmigen Vertheilung entspricht, so müssen dieselben nach öfteren, in langen Intervallen erfolgten Periheldurchgängen ihre kleine Periheldistanz zum Theile verloren haben, so dass im gegenwärtigen Zustande des Systems für die kleinsten Periheldistanzen eine gleichmässige Vertheilung der Bahnneigungen und Perihelbreiten nicht mehr besteht.

Tab. 14 (S. 40[160]) enthält die Zusammenstellung von 26 Kometen, deren Periheldistanz grösser als 1·5 ist.

Wie man sieht, sind diese Kometen nahe zu gleichen Theilen recht- und rückläufig und fast ausschliesslich teleskopisch, indem nur 2 davon nach der Entdeckung dem freien Auge sichtbar wurden. Die eine Hälfte hat eine Bahnneigung unter, die andere über 45°; bei 18 sind b und δ kleiner und nur bei 8 ist wenigstens einer dieser Werthe grösser als $\pm$ 30°.

Bei gleichmässiger Vertheilung müssten die Neigungen über 45° zahlreicher als die unter 45° und die Perihelbreiten über 30° ebenso zahlreich als die unter 30° sein. Es ist jedoch leicht einzusehen, dass die Zahlenverhältnisse dieser Tabelle nur scheinbar sind, weil sie sich durch die Umstände, welche die Entdeckung solcher Kometen beeinflussen, erklären lassen. Dieselben können nämlich, weil im Allgemeinen wegen grosser Periheldistanz lichtschwach, nur dann eine zur Entdeckung genügende Helligkeit erlangen, wenn sie um die Perihelzeit der Erde möglichst nahe kommen, was dadurch befördert wird, dass sie im Allgemeinen niedriges Perihel und flachliegende Bahnen haben und um jene Zeit mit der Sonne in Opposition stehen. Demnach ist es natürlich, dass bei den entdeckten Kometen von grosser Periheldistanz die kleinen Perihelbreiten überwiegen.

Für die Richtigkeit dieser Auffassung, wornach also Tabelle 14 keinen Beweis gegen die gleichmässige Vertheilung der Bahnelemente bietet, spricht auch die Unsicherheit, die in den mittleren Periheldistanzen

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

nach Tab. 11 und 12 bei den nördlichen Kometen zu erkennen ist, indem sich einerseits für zunehmende Perihelbreiten eine Abnahme und andrerseits für zunehmende Neigungen eine Zunahme der mittleren Periheldistanz herausstellt. Eine ähnliche Unsicherheit, ebenfalls hauptsächlich die nördlichen Kometen betreffend, findet sich auch in Holetschek's Untersuchung (Vertheilung der Bahnelemente, S. 10 u. 11). Wird nämlich in der Breite nach Intervallen von 10° fortgeschritten, so ergibt sich das zu den zwischen $+90°$ und $+80°$ liegenden Perihelbreiten gehörige Mittel $q_m = 1 \cdot 16$, also grösser wie alle übrigen Werthe von q_m; werden dagegen Intervalle von 30° eingehalten, so findet man für $b = +90°$ bis $+60°$ $q_m = 0 \cdot 76$, welches Mittel wieder etwas kleiner ist als die für die kleineren Perihelbreiten geltenden Mittel.

Diese Unsicherheit wird am besten durch die Annahme behoben, dass für grössere Periheldistanzen die Perihelpunkte nach der Breite gleichmässig vertheilt sind.

Tabelle 14.

Nr.	Jahr und Helligkeit	q	i	y	b	δ	Richt. d. Bew.
77	1729	4·051	77·1°	81·2°	10·2°	16·3°	*d*
86	1747†	2·199	79·1	81·3	−49·1	−42·7	*r*
126	1796	1·578	64·9	68·9	− 3·9	−10·1	*r*
141	1811 II†	1·582	31·3	24·5	−21·8	−18·8	*d*
163	1826 II	2·008	40·0	44·3	−39·4	−44·3	*d*
175	1835 I	2·041	9·1	16·2	− 4·6	− 9·9	*r*
(183)	1843 III	1·698	11·4	17·3	− 3·9	− 0·9	*d*
194	1846 VI	1·529	30·4	37·6	−10·1	−11·6	*d*
198	1847 II	2·115	79·6	78·5	31·8	24·5	*r*
199	1847 III	1·766	83·4	82·7	83·3	78·6	*r*
218	1854 I	2·045	66·1	59·7	8·3	11·2	*r*
223	1855 I	2·194	51·4	48·7	−28·0	−32·5	*r*
259	1867 I	1·572	18·2	11·0	− 0·9	− 1·0	*d*
(260)	1867 II	1·702	8·7	2·8	3·8	1·7	*d*
266	1870 II	1·817	80·7	84·2	− 5·0	1·4	*r*
278	1874 IV	1·688	34·1	40·0	16·5	23·0	*d*
285	1877 VI	1·577	77·7	70·5	35·7	34·7	*r*
291	1880 II	1·815	56·9	49·7	28·6	25·5	*r*
299	1881 VIII	1·925	35·2	33·7	30·6	32·4	*r*
306	1884 III	1·572	25·3	31·0	3·1	9·0	*d*
307	1885 II	2·461	80·6	73·7	1·5	3·6	*d*
319	1887 II	1·633	75·7	69·2	20·1	16·3	*r*
324	1888 V	1·533	56·4	53·4	−51·1	−51·5	*d*
325	1889 I	1·818	13·6	16·8	− 4·6	1·6	*r*
326	1889 II	2·257	16·2	13·5	−13·4	−13·4	*r*
329	1889 V	1·950	6·1	6·4	− 1·7	5·2	*d*

Bei den südlichen Kometen stellt sich sowohl nach Holetschek's als nach meinen Tabellen die Abnahme der Periheldistanz mit wachsender Perihelbreite deutlicher heraus als bei den nördlichen, und das allgemeine Mittel der südlichen Periheldistanzen ist kleiner als das der nördlichen. Ob diese Verschiedenheiten als reell zu gelten haben oder einfach dem Umstande zuzuschreiben sind, dass, weil die südlichen Kometen seltener entdeckt werden, der Ausfall hauptsächlich die grossen Periheldistanzen, welche die Entdeckung erschweren, betrifft, oder ob nicht auch angenommen werden könnte, die nördlichen Kometen seien im Allgemeinen grösser und demnach heller, und sie würden deshalb — auch unter ungünstigen Sichtbarkeitsverhältnissen — häufiger entdeckt als die südlichen, muss für jetzt dahingestellt bleiben.

Wie man aus Tab. 13 entnimmt, hat die Mehrheit der Kometen mit sehr kleiner Periheldistanz, sowohl nördliche als südliche, rückläufige Bewegung. Ich kann nicht umhin, dieses Überwiegen der rückläufigen Bewegung für reell zu halten, denn es ist nicht einzusehen, warum bei diesen Kometen, die zumeist hell, sogar sehr hell sind, und steile Bahn mit hohem Perihel besitzen, retrograde Bewegung die Auffindung begünstigen, directe aber erschweren sollte.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

5. Excentricität und Umlaufszeit.

Schon bei der Untersuchung in Bezug auf die Periodicität ist mir eine Eigenthümlichkeit der periodischen Kometen von kurzer Umlaufszeit aufgefallen. Dieselben erscheinen nämlich verhältnissmässig zahlreicher in den Minimal- als in den Maximaljahren der 11jährigen Sonnenfleckenperiode, und ihre mittlere Periheldistanz ist im Allgemeinen grösser, dagegen ihre mittlere Bahnneigung kleiner als die der übrigen Kometen. Wegen dieser Eigenthümlichkeit erscheint es mir zweckmässig, hier noch eine tabellarische Zusammenstellung einzuschalten, welche nicht so sehr auf die Vertheilung der Bahnelemente als auf den Zusammenhang der Excentricität mit den andern elementen Bezug nimmt.

In derselben wurden zunächst die elliptischen Bahnen, von der Excentricität ausgehend, in 6 Abtheilungen gebracht, so dass auf jede ziemlich die gleiche Kometenzahl entfällt, wozu es nöthig war, die Intervalle bei grösserer Excentricität kleiner zu nehmen, und dann wurden die angegebenen Mittel genommen. Bei den parabolischen Bahnen, d. h. bei denjenigen, welche aus irgendwelchen Gründen nur nach der parabolischen Hypothese berechnet vorliegen, lässt sich eine Unterscheidung nach der Excentricität freilich nicht durchführen, und dieselben mussten deshalb in einer Gruppe vereinigt bleiben. Bei den hyperbolischen Bahnen kann man an eine Unterabtheilung aus dem Grunde nicht denken, weil das Verzeichniss nur 10 solche angibt, wovon noch 3 ausdrücklich als zweifelhaft bezeichnet werden.

Von der Unterscheidung in nördliche und südliche Kometen musste ich Umgang nehmen, weil die letzteren in manchen Abtheilungen zu schwach vertreten sind. Um zu sehen, ob sich aus der Bewegungsrichtung eine Beziehung zu den andern Bahnelementen erkennen lässt oder nicht, wurde die Zahl der rückläufigen Kometen jeder Abtheilung in Percenten ihrer Gesammtzahl ausgedrückt. Auf die Zahlangaben welche die Umlaufszeit betreffen, ist zwar kein grosses Gewicht zu legen, indem die grösseren derselben sehr unsicher sind und die Mittel aus Zeiten genommen wurden, die zumeist stark von einander abweichen; die Eintragung erschien mir jedoch der Übersichtlichkeit wegen und aus theoretischen Gründen zweckmässig.

Tabelle 15.

Excentricität	Zahl der Kometen	Rückläufig, Procent	Mittel					Umlaufszeit in Jahren	
			i	y	$\pm b$	$\pm \delta$	q	Grenzen	Mittel
$\varepsilon < 0{\cdot}6$	6	0	18·1°	17·7°	3·4°	3·0°	1·509	5·204 bis 7·472	6·105
0·6—0·8	12	0	10·6	12·2	3·9	6·3	1·071	4·810 » 12·852	6·724
0·80—0·97	17	29·4	38·7	38·4	17·8	19·6	1·028	3·303 bis 520 (6143)[2]	109·4 (464·4)
0·970—0·995	16	31·3 (37·5)[1]	45·3	45·1	24·9	25·4	1·019	75 bis 3790	1157·6
0·9950—0·9986	16	68·8	59·8	61·3	33·9	33·8	0·906	1325 bis 6000 (44200)[2]	3896 (6415)
0·9986—1	15	53·3	54·3	54·7	37·1	38·5	0·446	36·8 » 43600 (102000)[2]	11333 (17378)
$\varepsilon = 1$	228	57·0 (58·8)[1]	52·2	52·8[3]	30·1	30·6[3]	0·766		unbestimmt (?)
$\varepsilon > 1$	10	30·0	58·5	56·7	41·6	41·7	0·790		∞

[1] In Bezug auf den Sonnen-Äquator. [2] Vereinzelter grosser Werth. [3] Genähertes Mittel, weil y und δ für die ältesten Kometen nicht berechnet wurden.

Bevor man das aus dieser Zusammenstellung folgende Ergebniss in Sätzen ausspricht, hat man zu überlegen, ob die Verschiedenheit der Zahlen der Wirklichkeit entspricht, oder wesentlich durch Sichtbarkeitsverhältnisse und andere Umstände bedingt ist.

Was zunächst die elliptischen Bahnen betrifft, so ist bei denselben eine deutlich ausgesprochene Gesetzmässigkeit zu erkennen, die viel Wahrscheinlichkeit hat. Die Bahnen mit Excentricitäten unter 0·8 sind sämmtlich rechtläufige, haben geringe Neigung der Bahnebene und der grossen Axe und besitzen dabei im Allgemeinen grosse Periheldistanzen und kleine Umlaufszeiten. Warum sollten Kometen von so wenig excentrischer Bahn nicht auch entdeckt werden, wenn sie kleinere Periheldistanzen und steilere Bahnen hätten und rückläufig wären? Solche Verhältnisse wären zwar für die Entdeckung etwas ungün-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

stiger; diese wird aber bei den Kometen von kurzer Periode sehr befördert durch ihr öfteres Eindringen in das innere Planetensystem, und einer oder der andere wäre, wenn vorhanden, auch bei steiler Bahn u. s. w. gewiss schon aufgefunden worden. Da diese Bahnen grosse Ähnlichkeit mit den Asteroidenbahnen besitzen, — obenan steht die des ersten periodischen von Tempel (Nr. 260 des Kataloges) mit der kleinsten bekannten Excentricität 0·405 — so haben die schwerer aufzufindenden Kometen dieser Abtheilung wahrscheinlich noch grössere Periheldistanzen bei schwach geneigter Bahn, was aber dem in der Tabelle erkennbaren Gesetze nicht widerspricht.

Für Excentricitäten von 0·8 bis 0·9986 zeigt die Tabelle eine Zunahme in der Zahl der rückläufigen Kometen, in der Neigung der Bahnebene und der grossen Axe, dagegen eine geringe Abnahme in der Periheldistanz. Es lassen sich keine stichhältigen Gründe dafür angeben, dass die Bahnelemente behufs leichterer Entdeckung des Kometen in diesem Sinne geändert werden müssten. Nach Holetschek ist im Gegentheile die retrograde Bewegung der Auffindung nicht günstig, ebenso starke Neigung bei grosser Periheldistanz. Nun ist aber q_m in diesen drei Abtheilungen ziemlich $= 1$ Erdweite, also grösser als das allgemeine Mittel, und demnach erscheinen diese Kometen eher unter ungünstigen als günstigen Sichtbarkeitsverhältnissen. In der letzten Abtheilung der elliptischen Bahnen ($\varepsilon = 0 \cdot 9986$ bis 1) zeigt die Neigung der Bahnaxe eine weitere Zunahme und die Periheldistanz eine weitere und zwar starke Abnahme, wogegen in der Zahl der retrograden Kometen und in der Neigung der Bahnebene ein kleiner Rückgang zu bemerken ist.

Infolge der kleinen Periheldistanz sind diese Kometen im Allgemeinen gewiss heller als die übrigen periodischen, und ihre Entdeckung wird dadurch ohne Zweifel befördert; es muss aber auch berücksichtigt werden, dass viele Kometen, die nach der Excentricität ihrer Bahnen zu dieser Gruppe gehören, der Beobachtung entgehen, weil sie wegen sehr kleiner Periheldistanz zur Zeit der günstigsten Helligkeit in den Sonnenstrahlen verschwinden.

Nach All dem ist es wohl nicht zu bezweifeln, dass das bezüglich der elliptischen Bahnen in dieser Tabelle ausgesprochene Gesetz im Ganzen der Wirklichkeit gemäss ist, und mich däucht, dass sich dasselbe noch besser herausstellen würde, wenn mehr solche Bahnen bekannt wären.

Die parabolischen Bahnen sind zu unterscheiden erstens in solche, die nach guten und hinlänglich vielen Beobachtungen berechnet, wirklich die Excentricität 1 haben, also ohne Zweifel Parabeln sind; zweitens in solche, deren Excentricität sich nur um eine verschwindende Grösse von der Einheit unterscheidet, und die demnach als Parabeln zweifelhaft sind, und drittens in solche, die wegen mangelhafter Beobachtungen in erster Annäherung als Parabeln berechnet wurden. Zu den letzten sind gewiss viele zu zählen, die den älteren Kometenerscheinungen angehören; bei einigen von diesen kann die Excentricität sogar bedeutend kleiner, vielleicht auch grösser als 1 sein.

Es unterliegt daher keinem Zweifel, dass ein grosser, möglicher Weise der grössere Theil der als parabolisch angegebenen Bahnen in Wirklichkeit den elliptischen (einige vielleicht auch den hyperbolischen) angehört. In dieser Auffassung werde ich auch durch Folgendes bestärkt.

Die Unsicherheit der parabolischen Bahnen ist bei den neueren Kometen selbstverständlich geringer als bei den älteren. Die Werthe der Abtheilung $\varepsilon = 1$ dürften daher der Wahrheit näher kommen, wenn man die älteren Kometen weglässt. Ein Versuch mit successiver Ausscheidung der Kometen vor 1698, 1759 und 1800 hat die Tabelle 16 (S. 43[163]) ergeben.

Aus den vier ersten Zeilen erkennt man, dass, wenn mit der Weglassung nicht zu weit gegangen wird, etwa nur bis in die Mitte des vorigen Jahrhunderts, die Werthe sich durchwegs jenen nähern, welche nach Tab. 15 für $\varepsilon = 0 \cdot 9950$ bis $0 \cdot 9986$ gelten. Da die Abtheilung für $\varepsilon = 0 \cdot 9986$ bis 1 durch die kleinste Periheldistanz ausgezeichnet ist, so ist es gewiss von Interesse nachzusehen, wie sich die in Betrachtung stehenden Zahlen gestalten, wenn man die parabolischen Bahnen nach q abtheilt, wie es in den drei letzten Zeilen dieser Tabelle geschehen ist. (Die Kometen vor 1698 sind als zu unsicher weggeblieben.) Die Gruppe $q < 0 \cdot 5$ hat, wie man sieht, eine auffallende Ähnlichkeit mit der letzten der elliptischen Bahnen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Tabelle 16.

Parabolische Kometenbahnen	Zahl	Rückläufig, Procent	Mittel				
			i	y	$\pm b$	$\pm \delta$	q
Seit 137 v. Chr.	228	57·0 (58·8)	52·2°	52·8°	30·1°	30·6°	0·766
Seit 1698	167	58·1 (60·5)	55·6	56·3	31·3	31·9	0·821
Seit 1759	145	60·0 (62·8)	56·9	57·5	32·1	32·9	0·813
Seit 1800	114	58·8 (62·3)	58·4	59·0	31·7	32·3	0·820
$q < 0·5$	37	59·5 (56·8)	58·0	58·6	36·7	36·6	0·261
$0·5 < q < 1$	86	58·1 (62·8)	53·1	53·7	31·8	32·4	0·747
$q > 1$	44	56·8 (59·1)	58·7	59·5	25·7	27·1	1·438

Diese Ergebnisse sprechen ohne Zweifel für die Richtigkeit der Ansicht, dass viele parabolische Bahnen in Wirklichkeit Ellipsen sind, und ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass, wenn man dieselben in jene Abtheilungen bringen könnte, wohin sie eigentlich gehören, die Zahlreihen der Tab. 15 sich so ändern würden, dass das Gesetz, welches zunächst in den elliptischen Bahnen ausgesprochen ist, auch für die wirklich parabolischen Giltigkeit hätte. Ob sich dann noch die hyperbolischen Bahnen, demselben Gesetze entsprechend, anreihen würden, wie es ihre grosse Perihelbreite andeutet, welche im Mittel die übrigen übertrifft, kann immerhin vermuthet, aber wegen ihrer geringen Zahl nicht behauptet werden.

Nach Tabelle 15 nehmen die Umlaufszeiten im Mittel mit der Excentricität der Bahn zu. Diese Regel dürfte jedoch nicht so ohne Weiteres als der Wirklichkeit entsprechend hinzunehmen sein, denn es ist, wie schon bemerkt, wahrscheinlich, dass manche Kometen mit kleiner Excentricität wegen zu grosser und wieder andere mit grosser Excentricität wegen zu kleiner Periheldistanz der Beobachtung entgehen. Die ersteren haben eine grössere, die letzteren eine kleinere Umlaufszeit, als die in der Tabelle als Mittel angegebene, und diese beiden Arten von Kometen würden demnach, wenn bekannt, jene Mittel zum Theile ausgleichen. In den Umlaufszeiten der periodischen Kometen lässt sich jedoch noch eine andere Eigenthümlichkeit erkennen, welche mir von grösserer Bedeutung erscheint. Wenn man die Umlaufszeiten nach der Grösse ordnet, so lassen sich, besonders unter den kleineren, gewisse Gruppen unterscheiden, die einerseits mit den grossen Sonnenflecken-, andererseits mit den oben nachgewiesenen allgemeinen Kometenperioden gut verglichen werden können, während andere Umlaufszeiten verhältnissmässig selten sind.

Tabelle 17.

Kleine Umlaufszeiten				Grössere Umlaufszeiten		
Nr.	$+\delta$	Nr.	$-\delta$	Nr.	$\pm\delta$	Mittel und Vielfache
62	5·380 J.	97	5·025 J.	297	8·857 J.	
99	5·626	102	6·666	313	9·050	11·141 = 1×11·1
151	5·623	110	5·888	194	12·852	
184	5·439	114	3·303	120	13·804	
191	5·500	152	4·810	258	33·176	33·398 = 3×11·1+0·1
209	6·500	183	7·472	259	33·620	
231	6·610			290	36·844	= 3×12·0+0·8
260	5·887			213	60 660	= 5×12·0+0·7
264	5·465			142	72·390	
271	5·204			145	73·282	73·124 = 6×12·0+1·1
305	5·394			192	73 7	
306	6·85			201	75	75·617 = 7×11·1—2·1
3 ·	6·661			28	76·233	
329	7·071			244	121·5	= 11×11·1—0·6
330	6·910			228	234·7	= 21×11·1+1·6
					u. s. f.	
Mittel=	6·004	Mittel=	5·527			

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Die kleinsten Umlaufszeiten von 3·303 bis 7·472 Jahren, welche man, weil sie ziemlich zahlreich sind, durch den Sonnenäquator, als nördlichen und südlichen Kometen angehörend, in zwei Abtheilungen bringen kann, haben das Mittel 6·0, beziehentlich 5·5 Jahre, welches so wenig von der halben Länge der nahe 12-, respective 11jährigen Periode abweicht, dass man es für damit identisch halten muss. Die vier nächst grösseren Umlaufszeiten geben im Mittel die 11jährige Periode und die folgenden zwei das Dreifache derselben.

Die zwei folgenden stehen vereinzelt und sind fast genau das Drei-, beziehentlich Fünffache der 12jährigen Periode. Dann folgen drei, deren Mittel nahe das Sechsfache der 12jährigen und zwei, deren Mittel nahe das Siebenfache der 11jährigen Periode ist. Nimmt man für alle sieben von 36 bis 76 Jahren ein allgemeines Mittel, so erhält man 66·87 Jahre, also fast genau einen jener Werthe, die nach Wolf mehr Wahrscheinlichkeit haben, als mittlere Dauer der säcularen Sonnenperiode zu gelten, als der Werth von 55·5 Jahren. Die nächst grössere Umlaufszeit von 121·5 Jahren ist fast genau das Elffache und die folgende ziemlich genau das Einundzwanzigfache der 11jährigen Periode.

Auch in den grossen Umlaufszeiten erkennt man häufig Vielfache der 11- und 12jährigen, sowie der säcularen Periode von 55·5 oder besser von $66^2/_3$ Jahren. Die weitere Untersuchung in diesem Sinne wäre jedoch illusorisch, weil Umlaufszeiten von mehreren Jahrhunderten und Jahrtausenden selbstverständlich viel zu unsicher sind.

Es lassen sich, wenigstens nach unseren jetzigen Kenntnissen von den Kometen, keine Gründe nachweisen, warum die periodischen Kometen, welche andere Umlaufszeiten haben als solche, die den allgemeinen Perioden oder deren Vielfachen nahe gleich sind, schwieriger aufgefunden werden sollten, und demnach muss man wohl annehmen, dass die Vertheilung der Kometen nach der Umlaufszeit keine gleichmässige ist.

Holetschek[1] beweist, dass die Ansicht, die Kometen bilden nach der Richtung, in welcher sie aus dem Weltraum in unser Sonnensystem einwandern, gewisse Systeme, unhaltbar ist, indem er zeigt, dass sie sich nicht einmal für die Kometen mit hyperbolischer Bahn, in Bezug auf welche sie an und für sich die meiste Wahrscheinlichkeit hätte, genügend begründen lässt. Man muss vielmehr annehmen, die Kometen sind — die wenigen mit hyperbolischer Bahn ausgenommen — gleich den Planeten Glieder des Sonnensystems, oder sie begleiten doch dasselbe auf seinem Wege im Weltraume. Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht gewiss auch meine Untersuchung über die allgemeinen Kometenperioden, denn man wird dem ganzen Raume, in welchem sich die Sonne fortbewegt, wohl kaum die gleiche Periodicität zuschreiben können.

Wenn die Kometen aber dem Sonnensystem angehören, so dürften sie innerhalb desselben Systeme bilden, wobei man jedoch nicht an gleiche Richtungen der Aphelien, sondern an gleiche mittlere Entfernungen von der Sonne zu denken hat, so dass jene Kometen, die ein System bilden, nahe gleiche Umlaufszeiten besitzen und also — entsprechend dem dritten Kepler'schen Gesetze — gleichzeitig in ihrer mittleren Entfernung von der Sonne befindlich gedacht, in einer Kugelfläche liegen.

Das Ergebniss dieser Betrachtung über die Vertheilung der Bahnelemente der Kometen kann in folgende Sätze gefasst werden.

1. Wenn man nur jene Bahnelemente ins Auge fasst, von welchen die Stellung der Bahn abhängt, so ist die Vertheilung im Grossen und Ganzen eine gleichmässige, denn eine Abweichung von derselben lässt sich nur insoferne nachweisen, als bei den kleinsten Periheldistanzen die steilen Bahnen und grossen Perihelbreiten gegen die flachliegenden Bahnen und kleinen Perihelbreiten überwiegen.
2. Wenn man aber auch die Excentricität und die Umlaufszeit, von welchen Elementen die Form der Bahn abhängt, in Betracht zieht, so erweist sich die Vertheilung insofern als eine ungleich-

[1] »Über die Frage nach der Existenz von Kometensystemen«. Sitzungsber. d. kais. Akad. Bd. XCVI, 2. Abth. 1887.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

mässige, dass die Zahl der rückläufigen Kometen, die Neigung der Bahn (genommen von 0 bis bis 90°) und die Breite des Perihels mit der Excentricität im Allgemeinen zunehmen und die Periheldistanz mit wachsender Excentricität abnimmt, welche Regel hauptsächlich für die elliptischen, wahrscheinlich noch für die parabolischen und möglicher Weise auch für die hyperbolischen Bahnen giltig ist, und dass es mehr Kometen mit Umlaufszeiten, die sich von den grossen Sonnenfleckenperioden und deren Vielfachen nur wenig unterscheiden, als Kometen mit anderen Umlaufszeiten gibt.

III. Zur Theorie der solaren Erscheinungen.

Wenn die Vertheilung der Bahnelemente der in ihrer Gesammtheit aufgefassten Kometen auch eine durchaus gleichmässige wäre, so würde sie der oben nachgewiesenen allgemeinen Periodicität doch nicht widersprechen, denn diese wird ja nur dadurch bedingt, dass die Vertheilung der Bahnelemente derjenigen Kometen, die innerhalb weniger Jahre durch das Perihel gehen, in einer grösseren Zeit veränderlich ist. Dass eine solche Vertheilung der Wirklichkeit entspricht, kann wenigstens so lange nicht bezweifelt werden, als nicht ein Beweis dafür hergestellt ist, dass sich die Sichtbarkeitsverhältnisse der Kometen mit dem Stande der Sonnenflecken verändern, und also z. B. die südlichen Kometen mit steiler Bahn, hohem Perihel und kleiner Periheldistanz bei hohem Fleckenstande leichter aufzufinden seien als bei niedrigem. In Bezug auf dieses Problem ist mir dermalen nur Eine Untersuchung bekannt. A. Berberich[1] zeigt nämlich, dass die Helligkeit des Encke'schen Kometen in den verschiedenen Erscheinungen eine verschiedene war, ohne dass sich eine fortschreitende Veränderung in der Helligkeit nachweisen liesse. Die hellsten Erscheinungen dieses Kometen fallen ohne oder doch nur mit geringer Abweichung auf die Maximaljahre, hingegen die schwächsten auf die Minimaljahre der Sonnenflecken. Wenn aus dieser Thatsache allgemein zu folgern wäre, dass die Kometen, vielleicht wegen stärkerer Strahlung der Sonne, überhaupt in den Maximaljahren heller seien, so müssten unter sonst gleichen Umständen in solchen Jahren mehr Kometen entdeckt werden als in anderen Jahren. Dies bewährt sich jedoch nicht, denn man kann, wie es schon Wolf gethan, höchstens beweisen, dass die Kometen in den Jahren bald nach dem Maximum etwas zahlreicher auftreten als in den anderen Jahren der 11jährigen Fleckenperiode. Jene Folgerung bestätigt sich nicht einmal für die periodischen von kleinster Umlaufszeit, zu welchen doch der Encke'sche Komet gehört, denn solche Kometen gelangen, wie man sich leicht überzeugen kann, eher in den Minimal- als in den Maximaljahren häufiger zur Beobachtung.

Die periodische Veränderlichkeit der Neigung etc., welche demnach wohl als reell gelten muss, stellt sich nach meinen Tabellen und Diagrammen um so sicherer heraus, je mehr Kometen in Rechnung gezogen werden. Daraus ziehe ich den Schluss, dass nicht blos bei den Kometen mit elliptischen Bahnen gewisse Perioden und deren Vielfache überwiegen, sondern dass auch bei den anderen Kometen, welche ja doch die Mehrzahl des Verzeichnisses bilden, das Auftreten der stärker vom allgemeinen Mittel abweichenden Bahnelemente an Intervalle gebunden ist, die jenen Perioden und deren Vielfachen entsprechen.

Es ist nicht einzusehen, warum just jene Kometen, die wegen ungünstiger Sichtbarkeitsverhältnisse der Beobachtung entgehen, sich anderst verhalten sollten. Zu dieser Art sind wohl auch die in Meteorströme aufgelösten Kometen zu zählen, insofern als bei ihnen noch eine Perihelzeit wenigstens angenähert besteht, was freilich nur bei denjenigen der Fall sein wird, die noch nicht längs der ganzen Bahn gleichmässig zerstreut sind, sondern an der Stelle des ursprünglichen Kometenkopfes eine grössere Stromdichte als an den anderen Stellen der Bahn besitzen.

Da die auflösende Kraft der Sonne bei den Kometen mit kleiner Periheldistanz am stärksten wirkt, so hat man sich selbstverständlich für solche Kometen verhältnissmässig viele Meteorströme zu denken. Eine

---

[1] »Über die Helligkeit des Encke'schen Kometen.« Astron. Nachrichten, Bd. 119.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Untersuchung der von den Meteorströmen um die Sonne beschriebenen Bahnen in der Weise, wie sie oben für die Kometenbahnen ausgeführt wurde, ist unmöglich, weil ihre Perihelzeiten unbekannt sind. Aber auch auf anderem Wege dürfte der directe Beweis eines Zusammenhanges mit den Sonnenfleckenperioden erst in Jahrzehnten möglich sein. Dazu wäre es nöthig, dass ununterbrochene Sternschnuppen-Beobachtungen an gut vertheilten Stationen der nördlichen und südlichen Erdhälfte mindestens durch 11 Jahre gemacht werden. Es wird sich dann sehr wahrscheinlich herausstellen, dass die Sternschnuppen in den Maximaljahren der Sonnenflecken häufiger aus Radianten höherer Breiten kommen, und dass in den Minimaljahren die Radianten der niederen Breiten zahlreicher und thätiger sind.

Bezüglich der Periheldistanzen der kosmischen Meteorbahnen halte ich es für wichtig, hervorzuheben, dass nach Schiaparelli's Tabelle das allgemeine Mittel der nördlichen Periheldistanzen 0·903 und jenes der südlichen 0·811 beträgt, und dass sich aus den Bahnen, welche Wendell[1] berechnet hat, hiefür der Werth 0·787, beziehentlich 0·562 ergibt. Die mittlere Periheldistanz ist also für die südlichen Perihelien kleiner. Diese Abweichung ist zweifelsohne reell, weil die Beobachtung der Meteore mit den Sichtbarkeitsverhältnissen des Mutterkometen nichts zu thun hat, indem sie wesentlich doch nur dadurch bedingt wird, dass die kosmische Bahn der Meteore die Erde berührt, und kein Grund anzugeben ist, warum, damit die Berührung ermöglicht werde, die südlichen Periheldistanzen im Allgemeinen kleiner sein müssen als die nördlichen.

Die nämliche Abweichung im allgemeinen Mittel der Periheldistanzen dürfte daher auch bei den Kometen keine scheinbare sein, was oben unentschieden geblieben ist.

Da die Dichtigkeit der Perihelpunkte der Kometen mit abnehmender Periheldistanz zunimmt, so muss dieselbe in einer gewissen, jedenfalls sehr kleinen Entfernung vom Sonnenkörper, in welcher noch Kometen oder wenigstens Meteorströme bestehen können, ein Maximum sein. Aus dem Umstande, dass wiederholt Kometen beobachtet worden sind, die, ohne eine grössere Veränderung zu erleiden, durch die Corona gingen, ist zu schliessen, dass sich dasselbe in den unteren Schichten der Corona befindet.

Aus der oben definirten und nachgewiesenen allgemeinen Periodicität der Periheldistanz ist der Schluss zu ziehen, dass die Dichtigkeit der jeweilig im Perihel befindlichen Kometen, wenn diese als Massenpunkte aufgefasst werden, periodisch veränderlich ist, und ferner aus der Periodicität der heliocentrischen Declination der Perihelien, dass sie nicht blos im Allgemeinen mit der Zeit, sondern auch nach der heliographischen Breite variirt.

Es ist nun wohl nicht anzunehmen, dass die veränderliche Kometendichtigkeit in unmittelbarer Nähe der Sonne gar keinen Einfluss auf die solaren Erscheinungen haben sollte, um so weniger als das Bestehen eines Zusammenhanges der Kometen mit diesen Erscheinungen direct nachgewiesen werden konnte.

1. Die Sonnenflecken.

a) Entstehung und Vertheilung.

Für die Möglichkeit einer mechanischen Einwirkung der Kometen auf die äusseren Schichten der Sonne spricht zwar die kleine Entfernung und die ungeheuere Geschwindigkeit von etwa 600*km* per Secunde, mit welcher sie durch das Perihel gehen, sowie der sehr wahrscheinlich höchst labile Gleichgewichtszustand jener Schichten. Gegen diese Möglichkeit spricht jedoch die äusserst geringe Masse der einzelnen Kometen und, wenn bei der Einwirkung an die Entstehung der Sonnenflecken gedacht wird, die Masse der Sonnenflecken, welche, weil diese schon einzeln eine oft ungeheuere Fläche einnehmen und daher auch eine entsprechende Tiefe besitzen, ohne Zweifel eine enorme ist. Man könnte sich vorstellen, dass die Kometen und kometarischen Massen, indem sie mit ungeheuerer Geschwindigkeit und in verschiedener Richtung durch die untere Corona gehen, Wirbelstürme erzeugen, welche sich bis in die

[1] Astron. Nachrichten, Bd. 111 u. 114.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Photosphäre fortsetzen, und dass diese Wirbel eben die Sonnenflecken seien. Das zu einer so gewaltigen Arbeit nöthige mechanische Äquivalent dürften die Kometen jedoch schwerlich liefern.

Meines Erachtens ist bei dieser Erörterung weniger die Entstehung der Flecken als deren Vertheilung und periodischer Gang ins Auge zu fassen, denn der Ursprung der Sonnenflecken dürfte hauptsächlich aus den Kräften des Sonnenkörpers selbst zu erklären sein, wie dies durch mehrere Theorien wahrscheinlich gemacht wird. In neuester Zeit z. B. ist eine solche Theorie von H. Schulz[1] aufgestellt worden, welche, ausgehend davon, dass nach neueren Messungen die Temperatur der Sonne 10000° kaum übersteigen und daher die Annahme eines glühend tropfbarflüssigen Sonnenkörpers nicht so gegen alle Wahrscheinlichkeit sein dürfte, wie die Anhänger der Gastheorie behaupten, der Bildung grosser Gasblasen eine grosse Bedeutung beilegt, und die Entstehung der Flecken durch die Explosion solcher Blasen unter Mitwirkung der Sonnenbewegung, der Druck- und Temperaturverhältnisse etc. zu erklären sucht. Andererseits ist schon von Wolf und Fritz der Versuch gemacht worden, die in der Häufigkeit der Sonnenflecken auftretenden Perioden und deren Variationen mit der Einwirkung der Planeten in Beziehung zu bringen, und in neuester Zeit hat W. Schlmeier[2] die elfjährige Periode im Sinne der Fluththeorie durch die vereinigte Wirkung der Planeten Jupiter, Erde und Venus zu erklären versucht, und es ist ihm dies bezüglich der Länge der Periode und der zeitlichen Lage der meisten Fleckenmaxima so befriedigend gelungen, dass auch das Bestehen eines Zusammenhanges der Planetenbewegung mit den Perioden der Sonnenflecken ausser Zweifel steht.[3]

Es frägt sich nun, wie kommt es, dass die Flecken in zwei Zonen vertheilt sind, deren mittlere heliographische Breite mit der mittleren Declination der Kometenperihelien übereinstimmt und in derselben Weise wie diese schwankt, dass also in jenen Gürteln der Sonnenoberfläche, über welchen die im Perihel stehenden Kometen am dichtesten angehäuft sind, die Fleckenentwicklung stattfindet, und wie kommt es, dass auch die Kometen analoge Perioden befolgen.

Die Tendenz zur Fleckenbildung ist ohne Zweifel schon in der Sonne vorhanden, und das dazu nöthige mechanische Äquivalent dürften deren eigene Kräfte und die Kräfte des Planetensystems liefern. Gleichwohl ist eine Mitwirkung der Kometen ganz gut in der Weise zu denken, dass dieselben durch Oberflächenwirkung gleichsam die Stellen markiren, wo die Flecken entstehen sollen, und durch ihre Bewegung, sowie, was sehr wahrscheinlich ist, durch Ausgleichung von elektrischen Potentialdifferenzen, die gewiss zwischen ihnen und der Sonne bestehen, eine Gleichgewichtsstörung in der Corona, Chromosphäre und Photosphäre hervorrufen und damit einen Impuls zur Fleckenentwicklung geben, so dass also ihre Thätigkeit etwa mit derjenigen einer verhältnissmässig kleinen Kraft, welche die Ventile einer Dampfmaschine bewegt und damit die Dampfkraft zur Wirkung bringt, verglichen werden kann. In diesem Sinne ist es möglich, die auffälligsten Thatsachen im Sonnenflecken-Phänomen zu erklären.

Die Erklärung der Vertheilung in zwei Zonen ist damit sofort gegeben. Der Gang der nördlichen und südlichen Kometen hat nicht auf ganz übereinstimmende Perioden geführt, weshalb es einleuchtet, dass die Dichtigkeit der Kometen manchmal in der einen, manchmal in der anderen Zone überwiegt, welcher Wechsel in der Fleckenhäufigkeit ebenfalls stattfindet, wie die Zusammenstellungen von Spoerer und Tacchini beweisen. Angenähert gleich ist die Häufigkeit in der Regel zu Zeiten hervorragender Maxima, wo auch die Übereinstimmung in den beiden Kometengruppen eine bessere ist. Um diese Übereinstimmung zeitlich nachzuweisen, ist die Zahl der berechneten Kometenbahnen natürlich viel zu klein.

b) Die grossen Perioden.

Die Erklärung der 11jährigen Fleckenperiode ist durch die gleiche Periode der südlichen Kometen gegeben, indem es sich herausgestellt hat, dass in den Maximaljahren der Flecken sich solche Kometen,

---

[1] »Zur Sonnenphysik.« Astron. Nachrichten, Bd. 118 u. 119.

[2] »Planetarische Ursachen der 11jährigen Periode der Sonnenthätigkeit.« Wochenschrift für Astronomie etc. 1889.

[3] Nebenbei bemerkt, bezweifle ich diesen Zusammenhang nicht, zumal ich selbst gewisse Thatsachen angeben kann, die dafür sprechen; bin jedoch bezüglich seiner Erklärung durch die Fluththeorie ziemlich skeptisch, indem ich darüber noch ganz andere Vermuthungen habe, auf die hier noch nicht eingegangen werden kann.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

welche zugleich die kleinsten Periheldistanzen besitzen, in der Sonnennähe befinden. Bei den nördlichen Kometen tritt eine grössere, nahe zwölfjährige Periode auffälliger hervor; es ist ihnen aber auch die 11jährige nicht fremd, und in dieser stimmt das Minimum der Periheldistanzen besser mit dem secundären Maximum der Flecken.

Die höhere Breite des Fleckengürtels in den Maximaljahren erklärt sich durch die gleichzeitige grössere Abweichung der Perihelien vom Sonnenäquator. Zur Erklärung der Veränderlichkeit der Fleckenfrequenz würde der periodische Gang der mittleren Periheldistanz allein ausreichen, jedoch nicht zur Erklärung der Variationen der mittleren Zonenbreite. Wegen des Umstandes, dass bei grosser Periheldistanz die Kometen mit kleiner Bahnneigung im Allgemeinen leichter aufzufinden sind, könnte man den periodischen Gang der Neigung für einen scheinbaren, nämlich für einen aus dem Gange der Periheldistanz zu erklärenden, halten. Dies würde aber nur für die südlichen Kometen stimmen und den periodischen Gang der mittleren Breite der Fleckenzonen, welcher gewiss kein scheinbarer ist, unerklärt lassen. Ich ziehe es daher vor, auch die Variationen in der Neigung der Bahnen und in der Abweichung der Perihelpunkte für wesentlich reell anzusehen. Dass sich eine zwölfjährige Periode in den Sonnenflecken nicht nachweisen lässt, schreibe ich dem Umstande zu, dass sich bei den nördlichen Kometen, welchen diese Periode hauptsächlich eigen ist, im grossen Durchschnitt eine grössere Periheldistanz herausstellt als bei den südlichen, und dass bei denselben häufiger kleine Periheldistanzen mit niedrigen Perihelien und umgekehrt grosse Periheldistanzen mit hohen Perihelien correspondiren.

Jene Kometen und Meteorströme, welche wegen zu kleiner Periheldistanz nicht beobachtet werden können, müssen auch der allgemeinen Periodicität unterworfen sein, denn es ist nicht einzusehen, warum gerade diese eine Ausnahme machen sollten. Nimmt man für solche Kometen eine Periheldistanz an, welche aufhört sich vom Sonnenhalbmesser zu unterscheiden, so ergibt sich bei Umlaufszeiten von 11 Jahren und deren Vielfachen eine Excentricität der Bahn zwischen 0·8 und 1. Demnach gehören sie nach Tabelle 15 in die letzten vier Abtheilungen der periodischen Kometen, sind also überwiegend rückläufig und haben steile Bahnen mit hohen Perihelien.

In der 11jährigen Sonnenflecken-, sowie in der gleichen Kometenperiode findet ein rasches Ansteigen bis zum Maximum und ein langsames Abfallen bis zum Minimum statt. Ich denke mir daher den Verlauf der ganzen Periode wie folgt.

Das Maximum wird eingeleitet durch die extremsten Kometen von sehr kleiner Periheldistanz, welche sich also mit ihren Perihelien über höheren heliographischen Breiten befinden, wo wohl Protuberanzen und Fackeln in bedeutender Zahl, aber Flecken nur vereinzelt auftreten, weil ihre solaren und planetarischen Ursachen dort noch nicht mächtig genug sind; denselben folgen dann zahlreiche, noch überwiegend rückläufige Kometen mit schwächer geneigten Bahnen und niedrigeren Perihelien, aber noch so kleinen Periheldistanzen, dass, während die mittlere Breite etwas abnimmt, die Häufigkeit der Flecken bis zu einem Maximum anwächst, und zuletzt überwiegend rechtläufige Kometen mit den kleinsten Bahnneigungen, niedrigsten Perihelien und grössten Periheldistanzen, welche die Periode allmählig mit einem Minimum abschliessen. Die bei einer Periode betheiligten Kometen repräsentiren gleichsam einen Wellenzug, und der folgende besteht nur insofern aus denselben Kometen, als sie Umlaufszeiten von angenähert 11 Jahren besitzen, weitaus aber aus anderen, die grössere Umlaufszeiten haben, welche Vielfache von 11 Jahren sind.

Diese Auffassung harmonirt mit Spoerer's Beschreibung des periodischen Ganges der Sonnenflecken, wornach jede Periode einen neuen Wellenzug bildet, der mit höheren heliographischen Breiten beginnt und mit niedrigen endet, und hat auch eine gewisse Ähnlichkeit mit Siemens' Sonnentheorie.

Die säculare Periode lässt sich in analoger Weise durch die Annahme erklären, dass bei den periodischen Kometen von grösseren Umlaufszeiten die Fünf- und Sechs- (vielleicht noch Sieben- und Achtfachen) der 11jährigen Periode und wieder weitere Vielfache davon gegenüber anderen Umlaufszeiten überwiegen, wie es im Verzeichniss durch die Perioden von 60—76 Jahren angedeutet ist. Diejenigen dieser Kometen, welche Maxima markiren, müssen sehr kleine Periheldistanzen haben, woraus sich eine Excentricität der Bahn über 0·9997 und eine Bahn und Axenneigung ergibt, die dem Maximum dieser

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Elemente bei den periodischen Kometen gleichkommen dürfte. Dabei wird natürlich auch vorausgesetzt, dass die als Parabeln angegebenen Kometenbahnen in Wirklichkeit zumeist Ellipsen sind.

Eine andere Erklärung dieser Periode, auf welche ich ursprünglich mehr Gewicht gelegt habe als jetzt, nachdem sie sich infolge genauerer Untersuchung der Periheldistanzen weniger bewährt hat, aber aus Gründen, die sich auf die Unsicherheit des Materiales beziehen, doch nicht zu verwerfen ist, kann wie folgt gegeben werden.

Für ein Maximum ist es charakteristisch, dass viele Kometen von kleiner Periheldistanz und hohem Perihel gleichzeitig durch das Perihel gehen. Da nun bei den nördlichen Kometen eine Periode von nahe 12 Jahren mit einem Doppelmaximum oder, wenn man will, mit einem Haupt- und Nebenmaximum, besser ausgesprochen ist als eine 11jährige, und diese bei den südlichen Kometen auch ein Nebenmaximum erkennen lässt, so ist es wahrscheinlich, dass durch die Interferenz dieser zwei Perioden zeitweilige Erhöhungen der 11jährlichen Maxima hervorgebracht werden. Wenn von den Bruchtheilen abgesehen wird, so ist die Zeit von elf 12jährigen gleich der von zwölf 11jährigen Perioden, und es findet also ein Zusammentreffen der Hauptmaxima, beziehentlich Minima, in 132 Jahren statt, was auf eine grössere säculare Periode deuten würde. Berücksichtigt man auch die secundären Hebungen, welche genähert die Mitte jener zwei Perioden einnehmen, so erhält man eine zweite, minder sichere säculare Periode von der halben Länge, indem $\frac{11}{2} \times 12 = 11 \times \frac{12}{2} = 66$ ist.

In wiefern sich das Zusammentreffen der Maxima der 11- und 12jährigen Perioden, wenigstens im mittleren Gange, wirklich nachweisen lässt, zeigt beispielsweise Tab. 18 (S. 50[170]), in welcher die Haupt- und Nebenmaxima beider zusammengestellt sind, wie sie sich aus den Versuchsperioden (Tab. 6) ergeben, wenn man in der ursprünglichen Summirungstabelle nachsieht, welche Jahre, dem mittleren Gange entsprechend, im Haupt-, beziehentlich Nebenmaximum vereinigt wurden, und welche in der Fortsetzung (bis 1920) zu vereinigen sein werden. Es sind jene Perioden gewählt, welche sich für δ als die wahrscheinlichsten herausgestellt haben, nämlich $P = 11 \cdot 2$ für $-\delta$ und $P = 12 \cdot 1$ für $+\delta$. Man könnte zu einer solchen Vergleichung auch die Tabellen 5 und 8 benützen, welche jedoch keine secundären Maxima enthalten.

Ein Zusammentreffen der Maxima zeigt sich um 1775, 1848 und 1920, wovon das erste sehr gut, das zweite gut mit den Maximis der säcularen Periode, wie sie sich bei den Sonnenflecken und den südlichen Kometen herausstellen, stimmt und das dritte sich natürlich erst zu bewähren haben wird. Die Interferenz der 11- und 12jährigen Periode dürfte also immerhin einen gewissen Beitrag zur säcularen Periode, welche zwischen 50 und 100 Jahren schwankt, liefern. In manchen Fällen, wo das Hauptmaximum der 11jährigen Periode von einem Maximum der 12jährigen nicht mehr als zwei Jahre abweicht, könnte vielleicht die Verschiebung des Sonnenfleckens-Maximums dadurch erklärt werden. So fällt z. B. ein Hauptmaximum der südlichen Kometen auf 1815 und ein Nebenmaximum der nördlichen auf 1817, während die Sonnenflecken das Mittel 1816 einhalten. Das Gleiche gilt von den Maximis der Jahre 1882 bis 1884. Wenn die 12jährige Periode auch in den Sonnenflecken nachgewiesen werden könnte, und wenn sie in Bezug auf die Periheldistanzen bei den nördlichen Kometen in demselben Sinne ausgesprochen wäre wie die 11jährige bei den südlichen, so müsste man dieser Erklärung selbstverständlich grösseres Gewicht beilegen.

Ob die oben erwähnte grössere säculare Periode von doppelter Dauer wirklich besteht, was auch die Kometen von 1862III und 1889III mit 121·5 und 128·3 Jahren Umlaufszeit, sowie gewisse meteorologische Erscheinungen, die mit den Sonnenflecken in Beziehung gebracht werden, andeuten, kann freilich erst in der Zukunft entschieden werden.

Diese Theorie von der Mitwirkung der Kometen bei Entstehung der Sonnenperioden kann auch auf noch andere, möglicherweise existirende Perioden der Sonnenflecken ausgedehnt werden. Man kann nämlich kaum annehmen, dass die grossen Umlaufszeiten von Jahrhunderten und Jahrtausenden, welche durch höchst mühsame und sorgfältige Bahnberechnungen ermittelt worden sind, ganz illusorisch seien, wenn sie auch als verhältnissmässig unsicher angesehen werden müssen. Es ist daher ganz gut möglich,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

dass sich solche Kometen in ihrer Erscheinung zu noch grösseren Perioden von Jahrhunderten, vielleicht sogar von Jahrtausenden zusammensetzen. Die von kleinster Periheldistanz haben natürlich eine Bahnexcentricität, welche aufhört, sich von der parabolischen zu unterscheiden, analog den Kometen von 1680, 1843 I und 1844 II.

Tabelle 18.

$P = 11 \cdot 2$		$P = 12 \cdot 1$		Säculares Max. und Min.	$P = 11 \cdot 2$		$P = 12 \cdot 1$		Säculares Max. und Min.
Hauptmax.	Nebenmax.	Hauptmax.	Nebenmax.		Hauptmax.	Nebenmax.	Hauptmax.	Nebenmax.	
1759					1848		1848		
	1764	1763				1853		1853	
			1768						
1770					1859		1860		Max.
	1775	1775		Max.		1864		1865	
			1780						
1781					1871		1872		
	1786					1876			
		1787						1877	
1792			1792		1882				
							1884		
	1797					1887			
		1799						1889	
1803			1804		1893				Min.
	1808						1896		
		1811		Min.		1898			
								1901	
1815					1904				
			1817						
	1820					1909	1908		
		1824						1913	Max.
1826					1915				
			1829						
	1831					1920	1920		
		1836							
1837				Max.					
	1842		1841						

c) Die kleinen Perioden.

Die letzterwähnten Kometen von sehr grosser Umlaufszeit befinden sich schon in ihrer mittleren Entfernung von der Sonne ausserhalb des planetarischen Raumes. Innerhalb desselben ist auch Spielraum für Kometen, jedoch hauptsächlich nur für solche von kleiner Periode. Dieselben werden bei kleiner Bahnneigung in Folge des Planeteneinflusses kleine Excentricität und deshalb verhältnissmässig grosse Periheldistanz besitzen, während sie bei steiler Bahn, die Ekliptik rasch durchschneidend, ihre ursprünglich grosse Excentricität und kleine Periheldistanz beibehalten konnten.

Im Sinne meiner Theorie kann es also auch kleine Kometenperioden geben, wie es ohne Zweifel kleine Perioden der Sonnenflecken gibt. Die Kometen, welche dabei betheiligt sein müssten, lassen sich selbstverständlich nicht auffinden, weil sie wahrscheinlich wegen kleinen Volumens lichtschwach und wegen häufigen Periheldurchganges zumeist in Meteorströme aufgelöst sind.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wegen des Umstandes, dass die kleinen Fleckenperioden meistens mit der Sonnenrotation in Beziehung gebracht werden, habe ich mich veranlasst gefunden — abgesehen von allen theoretischen Ansichten — einige selbständige Untersuchungen über diese Perioden auszuführen,[1] durch welche ich mich überzeugt habe, dass es ganze Scharen kleiner Perioden der Sonnenflecken gibt, von denen sich aber einige, insbesondere mit nahe 28, 30·2, 36 und 69·4 Tagen Länge am deutlichsten als mittlere abheben. Dass diese Perioden in gleicher Weise wie die grossen durch Kometenperioden erklärt werden können, ist kaum zu bezweifeln; denn Kometen, beziehentlich Meteorströme mit solchen Umlaufszeiten haben bei möglichst kleinster Periheldistanz von einem Sonnenhalbmesser die Bahnexcentricität 0·9742 bis 0·9980 und gehören also in die 4. und 5. Abtheilung (Tab. 15) der periodischen Kometen, welche im Allgemeinen bereits steilere Bahnen und höhere Perihelien aufweisen und etwa zur Hälfte rückläufig sind.

Aus der Tafel in Warren De la Rue's Abhandlung: »Researches on Solar Physics«[2] ist zu entnehmen, dass es sehr wahrscheinlich auch Sonnenfleckenperioden gibt, welche, weil von den Umlaufszeiten der inneren Planeten wenig verschieden, in erster Linie durch die Bewegung dieser Planeten zu erklären sein dürften. Zu solchen Perioden kann man auch die von 30·2, 36 und 69·4 Tagen rechnen, von welchen die erste an den Erdmonat und die letzte an die Umlaufszeit des Planeten Mercur, insbesondere wenn man ihre Schwankung von circa 14 Tagen in Betracht zieht, erinnert. Eine solche Erklärung schliesst jedoch die Mitwirkung der Kometen und Meteorströme nicht aus, und ich halte diese Behauptung für um so richtiger, als man einen Planeten, der innerhalb der Mercurbahn vermuthet wird, bislang nicht aufgefunden hat, wohl aber Fleckenperioden nachweisen kann, die mehr oder weniger der Umlaufszeit eines solchen Planeten vergleichbar sein dürften, und die Existenz von Kometen oder mindestens Meteorströmen mit entsprechenden Umlaufszeiten ausser Zweifel steht.

In Erwägung, dass sowohl die Eigenbewegung und inneren Kräfte der Sonne, als auch die Bewegungen und Kraftäusserungen der Planeten, Kometen und Meteorströme theils in einem erwiesenen Zusammenhange mit sämmtlichen Sonnenfleckenperioden stehen, theils theoretisch mit denselben in Beziehung gebracht werden können, muss man den Schluss ziehen, dass die meisten Kometen nicht nur Glieder des Sonnensystems sind, sondern sich demselben auch so eingefügt oder angepasst haben, dass sie mit den übrigen Gliedern ein einheitliches, wahrscheinlich grossartig schwingendes System bilden, dessen Schwingungen alle Glieder, angemessen ihrer Art, mehr oder weniger mitmachen. Die Gesetze dieser schwingenden Bewegung sind zum Theile in Kepler's Gesetzen gegeben, müssen aber zum Theile, insbesondere in Bezug auf das ganze System, noch gefunden werden. Die nachgewiesenen Thatsachen dürften einige neue Anhalts- oder Ausgangspunkte zu ihrer Auffindung darbieten.

2. Die Sonnen-Corona.

a) Die strahlige Structur.

Zur Erklärung der Corona sind bekanntlich schon mehrere Theorien aufgestellt worden und es ist nicht nöthig, denselben eine neue beizufügen, weil die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Kometen sich ganz gut mit der sogenannten kosmischen Theorie, welche ohnehin als die beste gelten dürfte, vereinbaren lassen. Sie gewinnt durch jene Ergebnisse eine gute Stütze, indem die Erklärung der Einzelerscheinungen der Corona, als: strahlige Structur, veränderlicher Umriss, Bandspectrum, polarisirtes Licht, d. i. so ziemlich alles, was man davon weiss, mit Berücksichtigung derselben besser gelingt, als es bislang der Fall war.

Die Kometen und Meteorströme, welche die Sonne in nächster Nähe umkreisen, bilden, so zahllos sie auch sein mögen, kein regelloses Haufwerk, dass etwa nur mit einer einzigen kosmischen Wolke zu ver-

[1] In der bereits in der Anmerkung auf S. 26[146] citirten Abhandlung.

[2] Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 159 and 160. Die Tafel findet sich auch in dem Werke: Secchi—Schellen, Die Sonne. Braunschweig 1872, S. 179.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

gleichen ist, und zwar deshalb nicht, weil die bekannten Kometen zu einer gegebenen Zeit nicht gleichförmig vertheilt sind, und kein Grund dafür angegeben werden kann, dass sich die Kometen und Meteorströme von kleinster Periheldistanz wesentlich anderst verhalten. Versucht man, die Strahlen der Corona auf Grund der veränderlichen Kometenvertheilung als System von zahlreichen kleinen Kometenschweifen zu erklären, so gelingt die Erklärung des Umrisses der Corona nicht besonders gut und man stosst überdies auf die Schwierigkeit, dass das Spectrum der Kometen ein anderes ist als das der Corona. Ersteres besteht nämlich nur aus wenigen Linien und ist also wesentlich ein Gasspectrum, letzteres ist continuirlich und muss deshalb hauptsächlich reflectirtem Sonnenlichte zugeschrieben werden. Meines Erachtens ist gegen die Erklärung nichts einzuwenden, wenn man, wie es der Theorie der Meteorströme entspricht, annimmt, dass in unmittelbarer Nähe der Sonne, also innerhalb der Corona, die Kometen überwiegend durch Meteorströme ersetzt sind. Da ein solcher Strom aus zahllosen kleinen festen Körperchen besteht, so wird er um so deutlicher als ein Strahl erscheinen, je dichter die Theilchen, obschon längs der Bahn vertheilt, beisammen sind, und je besser er eine beleuchtete Seite dem Beobachter zuwendet. Die Theorie braucht auch homogenes Licht, welches von kleinen Kometen, die in der Sonnennähe zum Theile Gasform annehmen, sowie von Gasen, die in der Corona schweben und der Sonne angehören, herrührt, nicht auszuschliessen und kann es auch nicht, weil neben dem Bandspectrum öfters ein schwaches Linienspectrum in der Corona erkannt wird. Ohne Zweifel wird das homogene Eigenlicht gewöhnlich vom reflectirten Sonnenlichte überstrahlt, während bei entfernteren Kometen das Verhältniss umgekehrt sein dürfte.

Ist die Bahn eines Meteorstroms steil, so kann er, zumal bei hohem Perihel, einen oder zwei Strahlen bilden, welche in der Projection mit der Rotationsaxe der Sonne einen Winkel unter 45° einschliessen, selten jedoch Strahlen, die sich in der Richtung des Sonnenäquators erstrecken. Ist die Bahn flachliegend, so wird der Strom nur zur Bildung des äquatorialen Strahlensystems beitragen. In anderer Bahnstellung werden die Strahlen im Allgemeinen eine mittlere Richtung zwischen Äquator und Axe einnehmen.

Es ist einleuchtend, dass die Strahlen, von der Erde aus gesehen, zumeist radial gegen den Sonnen- oder Mondrand stehen, und es ist auch nicht viel Raumphantasie nöthig, um sich Meteorströme in solchen Bahnlagen vorzustellen, dass sie die minder zahlreichen tangentialen Strahlen der Corona hervorbringen. Ströme, die sich kreuzen, können Strahlen erzeugen, welche von der Sonne aus zuerst convergiren und nach ihrem scheinbaren Durchschnitt divergiren. Dass auch andere Ursachen als Gaseruptionen, Zufälligkeiten des Beobachtungsortes etc. zur Entstehung wirklicher oder scheinbarer Strahlen beitragen, ist nicht zu bezweifeln.

Hiemit stimmt auch die Thatsache, dass das Licht der Corona sich zum grössten Theile radial, hie und da auch wohl tangential polarisirt zeigt. Da nämlich die Meteorströme, insofern als sie leuchtend erscheinen, in welchem Falle sie natürlich den Beobachtern das meiste Licht zusenden, überwiegend radiale Strahlen bilden, so ist klar, dass das von ihnen reflectirte Licht radial polarisirt ist. Da sie ferner auch tangentiale Strahlen bilden können und dann verhältnismässig viel Licht verbreiten, so sind die Beobachtungen, bei welchen tangential polarisirtes Licht in der Corona gefunden wurde, auch nicht zu bezweifeln.

b) Der Umriss der Corona.

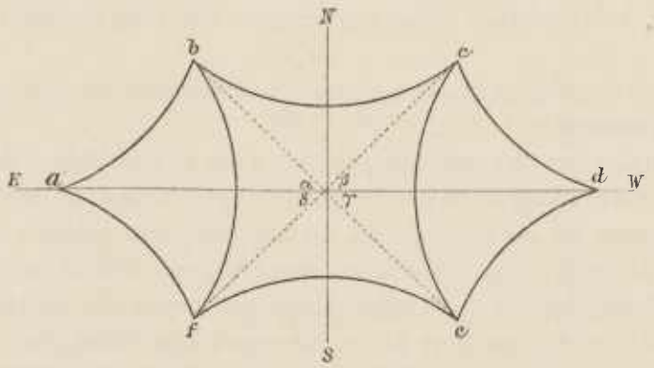
Nach eingehenden Untersuchungen auf Grund sämmtlicher Beobachtungen bei Sonnenfinsternissen, von welchen Berichte vorliegen, findet A. C. Ranyard[1], dass die Form der Corona bei verschiedenen Finsternissen im Allgemeinen eine verschiedene ist, jedoch eine gewisse Symmetrie erkennen lässt, wenn man den Zeichnungen und Photographien die Rotationsaxe der Sonne beifügt, welche dann mehr oder weniger deutlich als eine Symmetrale des Coronabildes erscheint. Die Symmetrie tritt bei jenen Aufnahmen besser hervor, bei welchen sich der Zeichner mehr darauf verlegt hat, den allgemeinen Umriss als die einzelnen helleren Strahlen darzustellen. Dies ist leicht erklärlich, da das Sichtbarwerden der einzelnen

[1] »Observations made during Total Solar Eclipses.« Memoirs of the Royal Astronomical Society. Vol. XLI. London, 1879.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Strahlen mehr von den zufälligen Verhältnissen des Beobachtungsortes und der Individualität des Beobachters abhängt, als es bei der ganzen Corona der Fall ist. Die Gesammtbilder sind also auch ohne Zweifel verlässlicher. Ranyard findet ferner durch Vergleichung mit Wolf's Relativzahlen der Sonnenflecken, dass die Form der Corona mit dem Stande der Sonnenflecken periodisch veränderlich ist, so dass sie in den Maximaljahren (und auch in jenen Jahren, welche einem Maximum näher liegen als einem Minimum) mehr gegen die Pole der Sonne ausgedehnt ist als in den Minimaljahren, und dass sie sich in diesen von den Polen zurückzieht und mehr, manchmal sogar nur in äquatorialer Richtung erstreckt. In den vom Sonnenäquator und der Sonnenaxe gebildeten vier Quadranten treten ziemlich regelmässig hellere Strahlen oder Strahlenbündel auf, deren Mittellinien mit der Sonnenaxe angenähert gleiche Winkel bilden, die um das Mittel von 45° schwanken. Ranyard nennt diese Strahlenbündel »Groups of Synclinal Structure«. In den Maximaljahren der Sonnenflecken treten sie deutlicher hervor als in anderen Jahren und bilden dann mit der Axe öfters kleinere Winkel von etwa 30 bis 20°, also mit dem Äquator grössere von 60 bis 70°. Wenn die Corona auch am Äquator entwickelt ist, was fast immer zutrifft, so erscheint sie zu solchen Zeiten wie ein in eine Ellipse eingeschriebenes Sechseck, dessen Seiten nach innen gebogen sind, und falls der äquatoriale Theil fehlt, wie ein Viereck mit eingebogenen Seiten. Die Strahlenbündel von gleicher Neigung sind in den Minimaljahren der Sonnenflecken weniger auffallend und mehr gegen den Äquator gedrückt, indem sie mit der Axe grössere Winkel als 45° einschliessen; sie fehlen auch wohl ganz und dann hat man eine reine äquatoriale Corona.

Es sei (untenstehende schematische Figur) NS die Axe der Sonne und EW der Sonnenäquator. Die äquatorialen Strahlenbündel sind nach a und d, die gleichgeneigten nach b, c, e und f gerichtet und der Umriss stellt das Schema einer sechsseitigen Corona vor.



Es ist auffallend, dass die Winkel α, β, γ und δ in den meisten Coronabildern nicht viel von 45°, also auch nicht viel vom allgemeinen Mittel der Neigungen der Kometenbahnen abweichen. Es dürfte daraus zu schliessen sein, dass, wie schon oben angedeutet, die Corona mehr durch Meteorströme, deren Massen in den Bahnen vertheilt erscheinen, als durch Kometen, die im Perihel stehen, zu erklären ist, weil die heliocentrische Declination der Kometenperihelien im allgemeinen Mittel 30° beträgt, und also auch die Schweifaxen der im Perihel stehenden Kometen im Mittel Winkel von 30° mit dem Sonnenäquator bilden müssen.

In den Maximaljahren sind überwiegend Kometen mit steiler Bahn in der Sonnennähe, und dies gilt insbesondere für die Zeiten der säcularen Maxima; man kann daher annehmen, dass auch die mit ihren Hauptmassen in der Sonnennähe befindlichen Meteorströme stark geneigte Bahnen haben. Die Strahlenbündel b, c, e und f werden also deutlicher hervortreten und die Winkel α, β, γ, δ werden sich öfters zu Werthen combiniren, die über 45° liegen. Der äquatoriale Theil kann zugleich vorhanden sein oder nicht.

In den Jahren der Fleckenminima sind überwiegend Kometen mit schwach geneigten Bahnen in der Sonnennähe; man kann daher schliessen, dass auch die mit ihren Hauptmassen im Perihel befindlichen Meteorströme schwach geneigte Bahnen haben und daher das Sonnenlicht in Strahlen reflectiren, welche

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

mit dem Äquator Winkel unter 45° bilden. Die Gruppen *b, c, e, f* ziehen sich also gegen den Äquator oder verschwinden wohl auch ganz, und man hat dann eine rein äquatoriale Corona.

Die Winkel α und β oder γ und δ weichen manchmal stark von einander ab, so dass die vierseitige Corona gleichsam gedreht erscheint. Die Abweichung ist zum Theile der Unsicherheit der Sonnenaxe, welche nach Ranyard den Betrag von 5° erreichen kann, zuzuschreiben, kann aber auch in der Verschiedenheit des periodischen Ganges der nördlichen und südlichen Kometen und selbstvertändlich in noch anderen, derzeit unbekannten Verhältnissen begründet sein. Die Form der Corona ändert sich nicht blos im Verlauf der Jahre, sondern sie erscheint in den Details, von verschiedenen Orten beobachtet, zur selben Zeit verschieden; sie ändert sich in den einzelnen Strahlen für denselben Ort auch in den wenigen Minuten der totalen Finsternis. Wie begreiflich ist diese Änderung zunächst der Änderung in der Helligkeit des Mondrandes zuzuschreiben. Da sich indessen die kometarischen Massen in der unteren Corona mit einer Geschwindigkeit von 600 *km* per Secunde bewegen, womit sie in 1 Minute etwa 3° des Sonnenumfanges zurücklegen, so ist es sehr wahrscheinlich, dass sie damit auch zur raschen Änderung der Corona mindestens in einzelnen Strahlen beitragen. Es ist sogar nicht unmöglich, dass viele solche Massen, wenn sie zufällig Bahnen beschreiben, welche, von der Erde gesehen, die Sonne tangiren, den Eindruck hervorbringen, als ob die Corona rotire, was einige Beobachter bemerkt haben wollen.

3. Die Wärmestrahlung der Sonne.

Die Messung der Wärmestrahlung der Sonne, welche erst in neuerer Zeit ausgeführt wird, ist wohl noch zu unsicher, als dass man auf Grund derselben über das Bestehen grosser Perioden urtheilen könnte. Man ist daher genöthigt, die Änderung der Wärmestrahlung nach dem periodischen Gange der Lufttemperatur zu beurtheilen, was natürlich schon aus terrestrischen Gründen keinen verlässlichen Massstab bieten kann.

W. Köppen [1] fasst die Ergebnisse seiner umfassenden Untersuchung über den Gang der Lufttemperatur in folgenden Sätzen zusammen:

»Fassen wir den Zeitraum vor 1800 ins Auge, so finden wir so wunderbare Anomalien im Temperaturgange, dass wir an jeder Feststellung eines periodischen Ganges verzweifeln und namentlich die Existenz irgend eines Zusammenhanges mit der Erscheinung der Sonnenflecken leugnen müssten, wenn nicht die Ergebnisse der Jahre 1816—1854 gar zu eindringlich denselben uns darthun würden. Wir finden hier alles Mögliche, von völliger Gleichgiltigkeit des Temperaturganges gegen die gleichzeitigen Änderungen der Sonnenflecken (1750—1771) und einem kurz dauernden engen Zusammengehen beider (1772—1777), bis zu einer grossen und höchst regelmässigen Schwankung der Temperatur (1777—1790), welche zu der Sonnenfleckencurve in genau dem umgekehrtem Verhältniss steht gegen das für 1816—1854 gefundene.«

Das wichtigste Ergebnis ist wohl die Übereinstimmung der Temperaturmaxima, beziehentlich Minima mit den Minimis, beziehentlich Maximis der elfjährigen Sonnenfleckenperiode von 1816—1854, doch darf daraus nicht gefolgert werden, dass dies ein für alle Zeiten giltiges Gesetz ist. Die Anomalien zu Ende des vorigen Jahrhunderts, sowie das umgekehrte Verhalten in der Gegenwart, wo wieder die Fleckenminima besser mit den Minimis als Maximis der Temperatur übereinstimmen, scheinen eine säculare Periode anzudeuten.

Das Verhalten des periodischen Ganges der Lufttemperatur erscheint minder räthselhaft, wenn man bedenkt, dass derselbe, abgesehen von terrestrischen Verhältnissen, schon in Folge der Sonnenstrahlung mindestens von zwei Ursachen abhängt: von der Wärmeerzeugung der Sonne und von der Möglichkeit, dass die Wärmeausstrahlung mit der Wärmeerzeugung parallel gehe.

Nach directen Messungen haben die Sonnenfackeln eine höhere Temperatur als die übrigen Theile der Sonnenoberfläche. Da sie aber gleich den Flecken in den Maximaljahren häufiger sind, so ist es sehr

[1] Zeitschr. d. österr. Gesellsch. für Meteorologie. Bd. VIII, 1873.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

wahrscheinlich, dass in solchen Jahren, obschon die Temperatur der Flecken niedriger ist, eine erhöhte Wärmeproduction in der Sonne stattfindet, und es ist dabei ziemlich gleichgiltig, ob man die Ursache der Sonnenwärme oder vielmehr ihrer Erhaltung im Einstürzen zahlloser Meteore oder in allmäliger, vielleicht auch periodischer Contraction des Sonnenkörpers etc. zu suchen hat. Insofern müsste auch die Lufttemperatur in solchen Jahren eine höhere sein. Es frägt sich aber, ob nicht die Wärmestrahlung der Sonne durch die grössere Dichte der Meteorströme, die sich zu solchen Zeiten gleichsam enger um die Sonne zusammenziehen, so stark beeinträchtigt wird, dass trotz erhöhter Wärmeproduction der Sonne doch eine Erniedrigung der Lufttemperatur entsteht.

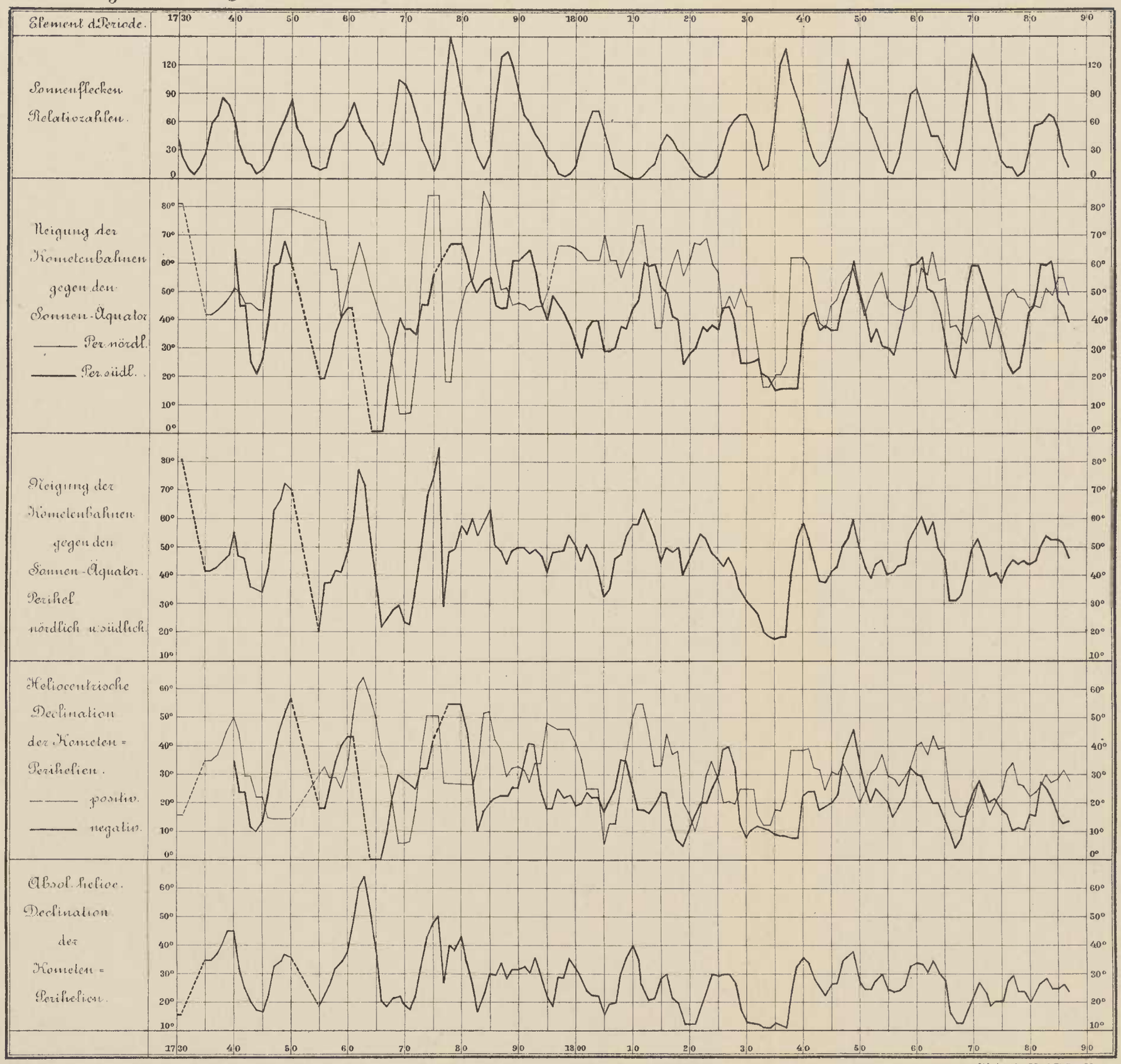
In den Minimaljahren dagegen ist die Sonne verhältnissmässig frei von Fackeln und ihre Wärmeerzeugung sehr wahrscheinlich vermindert, und dies hätte eine Erniedrigung der Lufttemperatur zur Folge; da aber die Umgebung der Sonne auch verhältnissmässig frei von Meteoren, also gleichsam kosmisch ausgeheitert ist, so ist es ganz gut denkbar, dass die Lufttemperatur trotz der geringeren Wärmeerzeugung der Sonne doch wegen geringer Beeinträchtigung der Strahlung erhöht wird.

Diese beiden Ursachen der Wärmestrahlung verhalten sich also entgegengesetzt und können sich compensiren oder auch übercompensiren, je nachdem die eine oder die andere überwiegt.

In dieser Weise ist es nach meiner Überzeugung zu erklären, dass die Perioden der Lufttemperatur im Allgemeinen eine mehr oder minder gelungene Nachahmung der Sonnenfleckenperioden sind, indem die beiden Arten von Perioden theils sich decken, theils — bei gleicher Länge — entgegengesetzt verlaufen und theils endlich so verschobene Wendepunkte aufweisen, dass sie ganz unabhängig von einander zu sein scheinen.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at



Autor del.

Lith. Anstalt v. J. Barth, Hinthaus, Wien.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

J. Unterweger: Beziehungen der Kometen und Meteorströme zur Sonne. Taf. II.

Fig. 1.

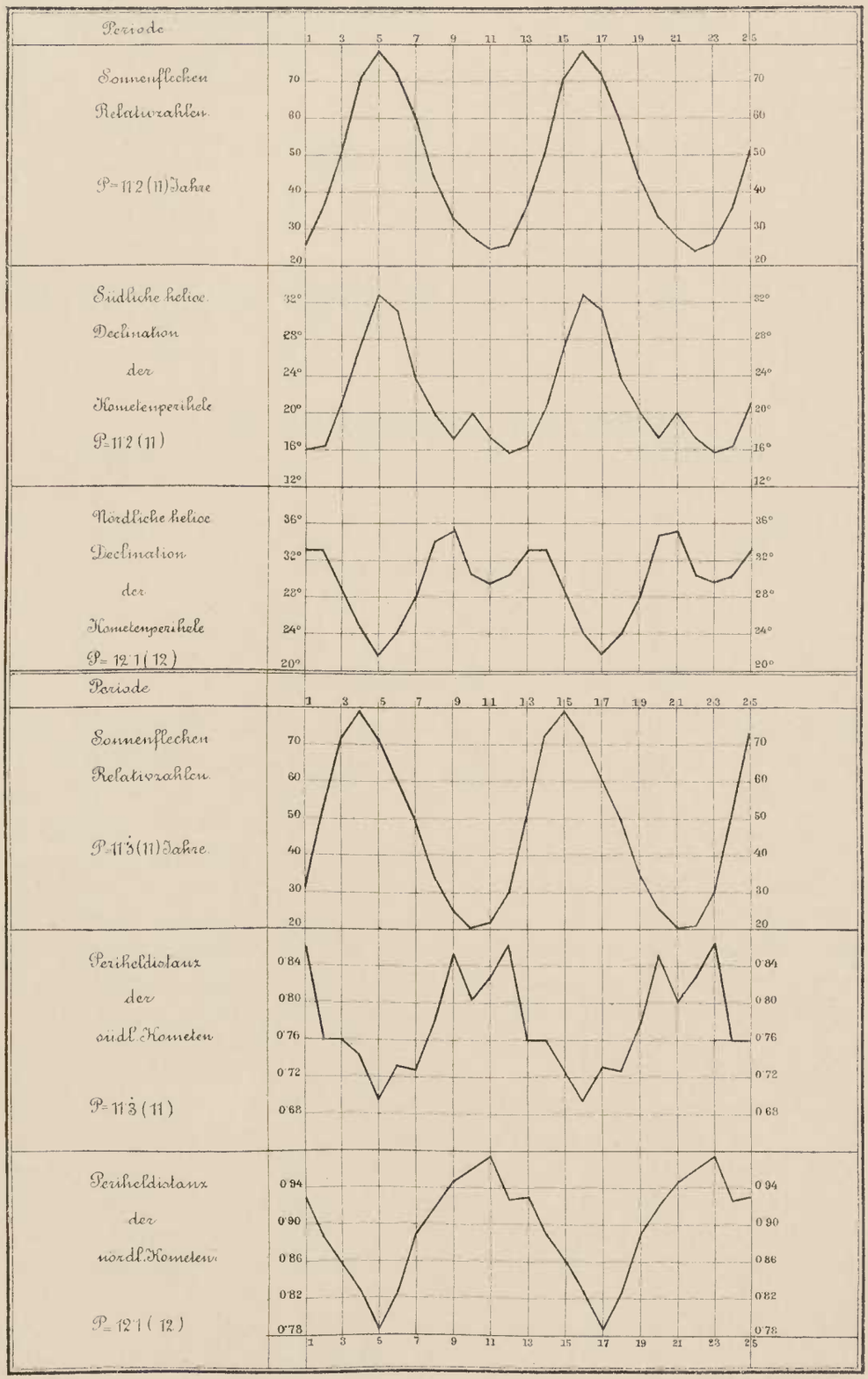


Fig. 2.

Autor del. Lith. Anstalt v. J. Barth Fünfhaus, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Denkschriften der Akademie der Wissenschaften.Math.Natw.Kl. Frueher: Denkschr.der Kaiserlichen Akad. der Wissenschaften. Fortgesetzt: Denkschr.oest.Akad.Wiss.Mathem.Naturw.Klasse.

Jahr/Year: 1892

Band/Volume: 59_1

Autor(en)/Author(s): Unterweger Johann

Artikel/Article: Über die Beziehungen der Kometen und Meteorströme zu den Erscheinungen der Sonne.(Mit 2 Tafeln und 1 Textfigur.) 123-175