

# Die 90-Tage-Schwingung des Großen Roten Flecks auf Jupiter

Grischa Hahn

Die Arbeit geht der Frage nach, ob die 90-Tage-Schwingung in der jovigraphischen Länge des Großen Roten Flecks (GRF) auch außerhalb der sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts existiert hat. Außerdem werden weitere mögliche Periodizitätskomponenten in der Längenbewegung des GRF im Bereich von 40 bis 400 Tagen diskutiert.

## Einführung

1968 gab SOLBERG [1] die Entdeckung einer Schwingung in der jovigraphischen Längenposition des GRF mit einer Wellenlänge von etwa 90 Tagen bekannt. In späteren Untersuchungen [2-6] präzisierten SOLBERG und REESE für die Jahre 1962 bis 1971 die mittlere Wellenlänge der Schwingung auf 89.9 Tage und ihre mittlere Amplitude auf  $0.8^\circ$ . Beide Autoren maßen dazu Fotografien mit einem mittleren Fehler von etwa  $0.15^\circ$  in jovigraphischer Länge aus.

Eine 90-Tage-Schwingung wurde schon 1905 von Molesworth vermutet [7]. Spätere Beobachtungen dieser Schwingung in den Jahren 1974 und 1975 wurden von McKim in [8,9] veröffentlicht.

Im Rahmen des Programmes JUPOS [10] konnten bis Manuskriptschluß 1600 Längenpositionen des GRF-Zentrums aus der Zeit von 1878 bis 1912 sowie 2100 Positionen zwischen 1968 und 1994 gesammelt werden. Es handelt sich fast ausschließlich um Zeitnahmen aus Zentralmeridianpassagen. Naturgemäß besitzen solche Werte einen mittleren Fehler von etwa  $1^\circ$  bis  $3^\circ$ . Die JUPOS-Daten beinhalten auch Beobachtungsergebnisse des International Jupiter Voyager Telescope Observations Programme (IJVTOP), einem Projekt, das Ende der siebziger Jahre anlässlich der Voyager-Vorbeiflüge initiiert wurde.

## Verfahren

Die Beobachtungen wurden mit dem Periodensuchverfahren von DEEMING [11,13] analysiert. Dazu sind zwei Funktionen - Periodogramm und Spektralfenster - zu berechnen. Existiert in der Beobachtungsreihe eine signifikante Periodizität mit einer gewissen Wellenlänge, so tritt im Periodogramm bei derselben Wellenlänge ein sog. echter Peak auf. Symmetrisch zu jedem echten Peak bilden sich im Periodogramm die Peaks aus dem Spektralfenster ab (Aliases). Durch eine Sichtung von Periodogramm und Spektralfenster, wobei echte Peaks von Aliases getrennt und beide noch vom Periodogrammruschen unterschieden werden müssen, ist es so möglich, Rückschlüsse auf tatsächlich vorhandene Periodizitäten zu ziehen.

Neben der Wellenlänge (oder: Periode) wird bei solchen statistischen Verfahren auch die Frequenz  $f$  verwendet. Sie ist hier als das Reziproke der Periode  $P$  definiert, d.h. es gilt  $f = 1/P$ , wobei  $P$  in Tagen anzugeben ist. Die Abszissen von Periodogramm und Spektralfenster sind proportional zur Frequenz unterteilt. Wird von der Intensität eines Peaks gesprochen, so ist sein Funktionswert, d.h. seine Höhe im Periodogramm oder Spektralfenster gemeint.

Um eine optimale Datenbasis zu erhalten, wurden die Beobachtungen vor Beginn der Periodenanalyse wie folgt bearbeitet:

- (1) Beobachter, deren Werte um mehr als  $2^\circ$  streuen (dies betrifft 30% aller Beobachter und etwa 10% der Beobachtungen), mit weniger als 4 Beobachtungen pro Sichtbarkeit, "Ausreißer" sowie zeitlich isolierte Beobachtungen (insgesamt 4 Beobachtungen) wurden außer Betracht gelassen.
- (2) Die 1000 Beobachtungen aus der Zeit vor 1894 konzentrieren sich fast ausschließlich auf die drei Jupiter-Sichtbarkeiten 1879/80, 1880/81 und 1881/82. Die Positionsbeobachtungen von

1883-1893, 1908-1912 und 1968-1970 sind zahlenmäßig unzulänglich. Aus diesem Grund blieben all diese Werte bei den folgenden Untersuchungen ausgeschlossen. Benutzt wurden letztendlich 600 Positionen von 17 Beobachtern aus den Jahren 1879-82, 600 Positionen von 10 Beobachtern aus den Jahren 1894-1907 und 1750 Positionen von 50 Beobachtern aus den Jahren 1971-1993.

- (3) Durch die stärkere Randabdunklung an Jupiters Terminator werden Längenpositionen ( $\lambda$ ) aus Zentralmeridianpassagen systematisch verfälscht. Die Verfälschung (Phaseneffekt) entspricht, nach Untersuchungen des Autors [12], ca. 12% des Phasenwinkels. Alle Längenwerte wurden diesbezüglich korrigiert ( $\lambda_{\text{kor}} = \lambda_{\text{beob}} + 0.12 * \phi_{\text{Jupiter}}$ ).
- (4) Die systematischen Fehler zwischen den Werten der einzelnen Beobachter wurden abgeschätzt und alle Daten auf einen Beobachter reduziert.
- (5) Der GRF driftet, längerfristig gesehen, merklich gegen das Jupiter-Rotationssystem 2. Das Verfahren von DEEMING [11] setzt jedoch voraus, daß die Daten keine extrem niederfrequenten Komponenten beinhalten. Um dem zu genügen, wurde für jede einzelne Jupiter-Sichtbarkeit eine mittlere lineare Drift berechnet, und dann die Differenz jeder Position zur dieser ermittelt. Dies Differenzen stellen dann die eigentlichen Daten dar, welche auf Periodizitäten untersucht wurden. Dieses Verfahren eliminiert alle Periodizitätskomponenten mit Wellenlängen größer oder gleich 400 Tage. Etwas problematisch beim letzten Schritt bleibt, daß bei einigen wenigen Sichtbarkeiten eine lineare Ausgleichung nicht optimal ist. Von einer Reduktion mit komplizierteren Funktionen wurde jedoch abgesehen.

### Diskussion der Ergebnisse

Die Daten wurden zunächst über längere Zeiträume analysiert. Abb. 1 zeigt die zugehörigen Periodogramme. Bei etwa 73, 90 und 116 Tagen treten deutliche Peaks auf. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist der Peak bei 90 Tagen echt und die beiden anderen sind Aliases, hervorgerufen durch Spektralfensterpeaks bei der Oppositionszeitdifferenz Jupiters von 400 Tagen. Da die untersuchten Zeiträume fast 100 Jahre auseinanderliegen, kann mit ziemlicher Sicherheit gefolgert werden, daß die 90-Tage-Schwingung eine längerfristig existierende Komponente in der Bewegung des GRF ist.

Es taucht die Frage auf, ob die 90-Tage-Schwingung zeitlich konstant ist, was Periode und Amplitude betrifft. Zu diesem Zweck sind die Analysezeiträume so weit wie möglich zu verkleinern. Da jedoch die Anzahl der jeweils untersuchten Beobachtungen nicht zu gering werden darf, können die Zeiträume nicht beliebig klein gewählt werden. In Versuchen hat sich eine Rechnung über sechs Jupiter-Sichtbarkeiten, d.h. reichlich sechs Jahre, als optimal erwiesen. Bei ausreichend vielen Beobachtungen wurden auch Rechnungen über vier oder fünf Sichtbarkeiten ausgeführt.

Das Resultat: Der einzige Peak, der in sämtlichen Analysezeiträumen auftritt und im Wellenlängenbereich auch nur geringfügig "wandert", ist der bei 90 Tagen. Der Alias bei 116 Tagen ist um die Jahrhundertwende nur bei 4 von 11 Rechnungen höher als der 90-Tage-Peak (siehe Abb. 1a). Die zeitliche Entwicklung der Parameter der 90-Tage-Komponente zeigen Tab. 1 sowie Abb. 2. Eine Schwingung mit einer Wellenlänge zwischen 70 und 140 Tagen zeigt sich ebenfalls 1879/80; in den beiden folgenden Sichtbarkeiten sind keine signifikanten Periodizitäten feststellbar.

Zur Mitte jedes Analysezeitraums wurde eine Startepoche der 90-Tage-Schwingung berechnet. So konnte ihr wahrscheinlicher Verlauf über die gesamten Zeitabschnitte 1894 bis 1907 bzw. 1971 bis 1993 rekonstruiert werden, und es wurde eine laufende Epochenzählung möglich (s. Tab. 1). Teilt man nun die Zeitdifferenz zwischen der ersten und letzten Epoche durch die Anzahl der zwischenzeitlich verflossenen, so erhält man einen langfristigen Mittelwert der Wellenlänge. Zwischen 1894 und 1907 betrug er 89.81 Tage, und von 1971 bis 1993 89.78 Tage. - Das Phasendiagramm des ersteren Zeitraums, bezogen auf die Wellenlänge des 90-Tage-Peaks in Abb. 1a, zeigt Abb. 3.

Interessant sind Peaks mit 155 bis 240 Tagen Wellenlänge, die in den Periodogrammen zwischen 1971 und 1993 erscheinen (Tab. 2, Abb. 1c und 1d). In den letzten Jahren scheint z.B. eine Periodizität mit etwa 225 Tagen Wellenlänge existiert zu haben; ein Phasendiagramm dazu zeigt

Abb. 4. Die meisten dieser Peaks können nicht plausibel als Alias erklärt werden. Generell scheinen sich jedoch die Peaks bei 155 bis 240 in ihrer Deutlichkeit zu denen bei 90 Tagen gegenläufig zu verhalten (Tab. 1/2).

In den Spektralfensterbereichen, die für die Interpretation der Periodogramme im Bereich von mehr als 40 Tagen Wellenlänge von Interesse sind, traten bei allen Untersuchungen nur Peaks bei 400 Tagen auf, die durch die synodische Umlaufzeit Jupiters - d.h. die Konjunktionlücken - entstehen. Dadurch lagen die Aliases in unmittelbarer Nähe der echten Peaks, und die Periodogrammanalyse gestaltete sich von dieser Seite her unproblematisch.

### **Abschließende Bemerkungen**

Die hier vorgestellten Ergebnisse sind nur ein erster Schritt, die periodischen Schwankungen in der Längenposition des GRF und speziell die 90-tägige Komponente zeitlich umfassender zu dokumentieren. Eine größere Datenbasis des Programms JUPOS würde die Aussagekraft zukünftiger Analysen verbessern. Sorgfältige visuelle Amateurbeobachtungen erscheinen dazu ausreichend, zumal aus weiter zurückliegenden Jahrzehnten kaum andere Daten zur Verfügung stehen.

### **Danksagung**

Ich danke Hans-Jörg Mettig für die sachdienliche Beratung.

Adresse: Böttgerstraße 43, D-01129 Dresden, Germany

### **Literatur**

- [1] Solberg, H. G. jr., Jupiter's Red Spot in 1965-66, *Icarus*, 8, 82-89 (1968)
- [2] Solberg, H. G. jr., Jupiter's Red Spot in 1966-67, *Icarus*, 9, 212-216 (1968)
- [3] Solberg, H. G., A 3-month oscillation in the longitude of Jupiter's Red Spot, *Planetary and Space Science*, 17, 1573-1580 (1969)
- [4] Reese, E. J., Jupiter's Red Spot in 1968-69, *Icarus*, 12, 249-257 (1970)
- [5] Reese, E. J., Jupiter's Red Spot in 1969-70, *Icarus*, 14, 343-354 (1971)
- [6] Reese, E. J., Jupiter's Red Spot in 1970-71, *Icarus*, 17, 57-72 (1972)
- [7] Molesworth, P. B., Report on Observations of Jupiter for 1903-4, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 65, 691-706 (1905)
- [8] McKim, R. J. and Murray, J. B., The apparition of 1973, *Mem. Brit. Astron. Assoc.*, 43 (1), 7 (1990)
- [9] McKim, R. J., The apparition of 1974, *Mem. Brit. Astron. Assoc.*, 43 (1), 15-16 (1990)
- [10] Mettig, H.-J., JUPOS: Database for object positions on Jupiter, *J. Brit. Astron. Assoc.*, 104, 91 (1994)
- [11] Deeming, T. J., Fourier analysis with unequally spaced data, *Astrophys. and Space Sci.*, 36, 137-158 (1975)
- [12] Hahn, G., Systematische Fehler bei der Schätzung von Zentralmeridianpassagen auf Jupiter, *Mitteilungen für Planetenbeobachter*, 15, 1-12 (1991)
- [13] Hahn, G., Mettig, H.-J., PERIOD - Periodenanalyse in astronomischen Beobachtungsreihen, Software for DOS-PC's

Grischa Hahn, Juni 2002

Zeitraum	Opp	ZMP	Jahr	Epoche	24 ...	Wellenlänge [d]	Amplitude [°]	Identifikation
1894/95-1897/98	4	176	1896,7	0	13794	92,32	1,12	sicher
1894/95-1898/99	5	308	1897,9	5	14246	91,42	0,83	sicher
1894/95-1900	6	335	1898,1	6	14341	91,56	0,80	sicher
1895/96-1901	6	330	1899,0	9	14610	89,51	0,68	sicher
1896/97-1902	6	346	1899,9	13	14966	89,35	0,68	sicher
1897/98-1903/04	6	341	1900,5	16	15235	89,51	0,60	sicher
1898/99-1904/05	6	343	1901,5	20	15590	89,28	0,64	sicher
1900-1905/06	6	268	1903,5	28	16305	89,44	0,68	mäßig
1901-1906/07	6	274	1904,2	31	16575	90,03	0,87	mäßig
1902-1906/07	5	229	1904,8	33	16756	90,26	0,76	mäßig
1903/04-1906/07	4	172	1905,5	36	17027	90,40	0,87	mäßig
1965/66*)	1	-	1966,0	-	-	-	1,00	-
1964/65-1966/67*)	3	-	1966,0	-	-	90,60	-	-
1963/64-1968/69*)	6	-	1966,6	0	38312	89,90	0,80	-
1962-1969/70*)	8	-	1966,6	27	40740	89,98	0,76	-
1962-1971*)	9	-	1967,1	30	41008	89,89	0,77	-
1971-1974/75	4	307	1973,1	38	41725	89,59	0,39	unsicher
1971-1975/76	5	452	1974,1	42	42083	89,13	0,45	unsicher
1971-1976/77	6	511	1974,5	44	42259	88,91	0,46	unsicher
1972-1977/78	6	487	1975,8	49	42710	90,17	0,45	unsicher
1973-1978/79	6	616	1976,8	53	43072	90,69	0,50	unsicher
1974-1979/80	6	634	1977,4	55	43251	90,85	0,72	mäßig
1975/76-1980/81	6	585	1978,2	59	43612	91,25	0,81	sicher
1976/77-1982	6	504	1979,5	64	44067	91,16	0,79	sicher
1977/78-1983	6	479	1980,1	66	44248	89,83	0,93	sicher
1978/79-1984	6	416	1980,8	69	44517	89,62	0,98	sicher
1979/80-1985	6	340	1982,8	77	45237	89,78	0,90	sicher
1980/81-1986	6	384	1985,0	86	46039	88,97	0,58	sicher
1982-1987/88	6	447	1986,3	92	46571	88,82	0,50	mäßig
1983-1988/89	6	508	1987,3	96	46931	89,05	0,47	mäßig
1984-1989/90	6	597	1987,9	98	47109	89,07	0,45	mäßig
1985-1990/91	6	614	1988,2	99	47201	89,10	0,42	unsicher
1986-1991/92	6	592	1988,7	102	47466	90,34	0,41	unsicher
1987/88-1992/93	6	526	1989,7	106	47825	90,82	0,40	unsicher
1988/89-1992/93	5	409	1990,4	108	48007	90,40	0,38	unsicher
1989/90-1992/93	4	284	1991,2	112	48367	90,66	0,41	unsicher

Tab. 1: Numerische Resultate zum 90-Tage-Peak. "Opp" ist die Anzahl der Sichtbarkeitsperioden Jupiters im betrachteten Zeitraum, "ZMP" die Anzahl der analysierten Positionsschätzungen und "Jahr" das arithmetische Mittel der Beobachtungszeiten. "Epoche" ist die laufende Nummer derjenigen gemittelten Schwingung im entsprechenden Zeitraum, die zum Julianischen Datum "24..." beginnt (die beiden Nullepochen sind willkürlich festgelegt), "Wellenlänge" entspricht der Lage des Peaks im Periodogramm und "Amplitude" dessen Intensität. "Identifikation" gibt an, inwieweit der Peak als echt einzuschätzen ist. Mit \*) gekennzeichnete Zeiträume beinhalten Ergebnisse aus [1-6].

Zeitraum	Wellenlänge [d]	Amplitude [°]	Identifikation
1971-1974/75	-	-	-
1971-1975/76	-	-	-
1971-1976/77	224	0.6	sicher
1972-1977/78	230	0.6	sicher
1973-1978/79	235	0.7	sicher
1974-1979/80	237	0.8	sicher
1975/76-1980/81	238	0.8	mäßig
1976/77-1982	154	0.8	unsicher
1977/78-1983	204	0.6	unsicher
1978/79-1984	203	0.6	unsicher
1979/80-1985	191	0.8	mäßig
1980/81-1986	-	-	-
1982-1987/88	180	0.5	mäßig
1983-1988/89	211	0.4	unsicher
1984-1989/90	216	0.4	mäßig
1985-1990/91	219	0.5	sicher
1986-1991/92	220	0.5	sicher
1987/88-1992/93	225	0.6	sicher
1988/89-1992/93	225	0.5	sicher
1989/90-1992/93	228	0.6	sicher

Tab. 2: Parameter signifikanter, u.U. echter Peaks zwischen 400 und 100 Tagen Wellenlänge. Die Spalten sind analog wie in Tab. 1 bezeichnet.

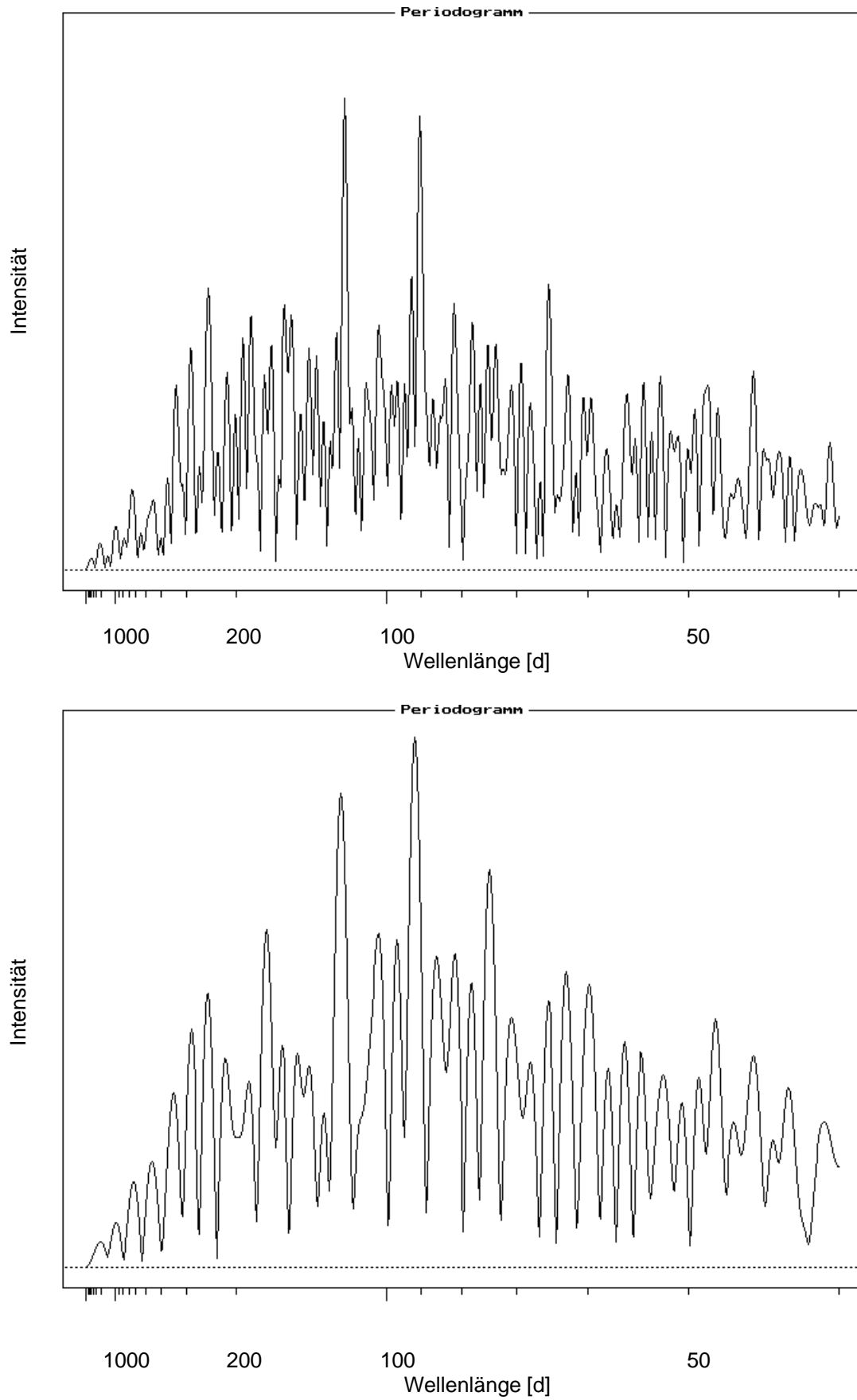


Abb. 1a/b: Periodogramme für die Zeiträume 1894 bis 1907 (a), 1894 bis 1900 (b). Die Abszisse zeigt die Wellenlänge in Tagen, der Höchstwert der Ordinate beträgt einheitlich  $0.8^\circ$ .

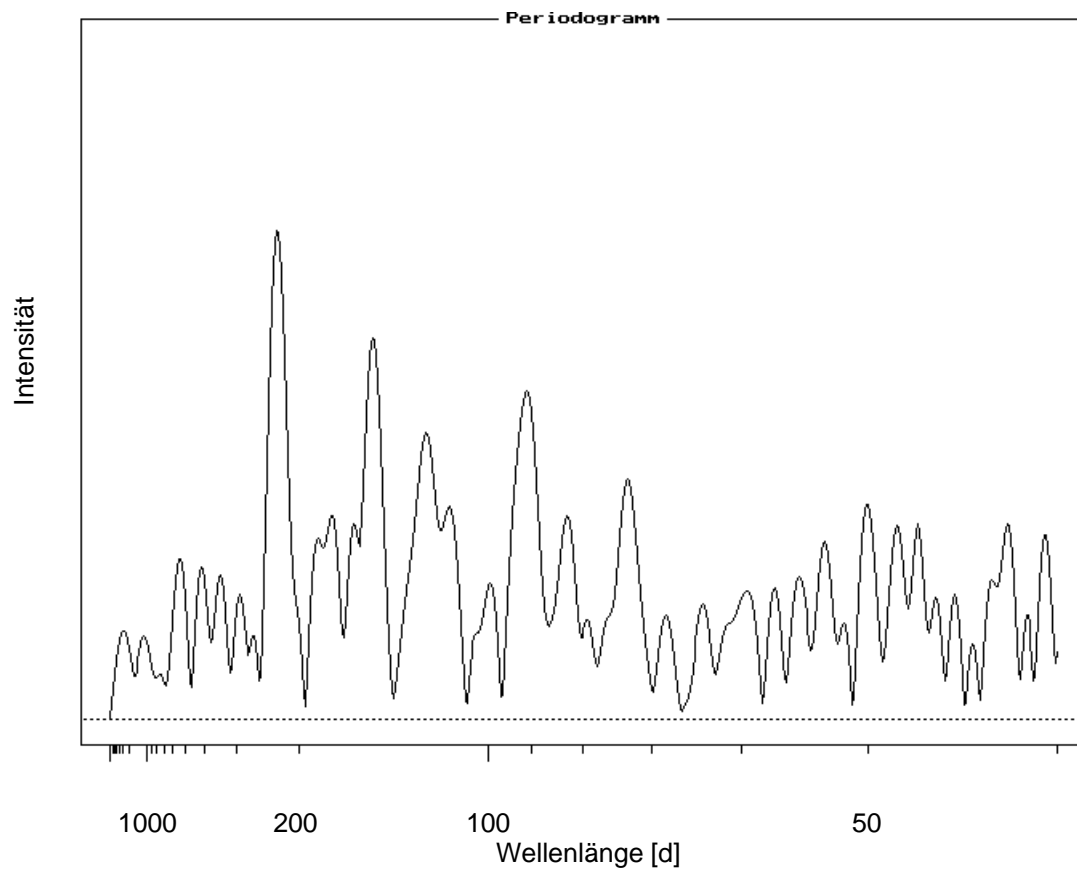
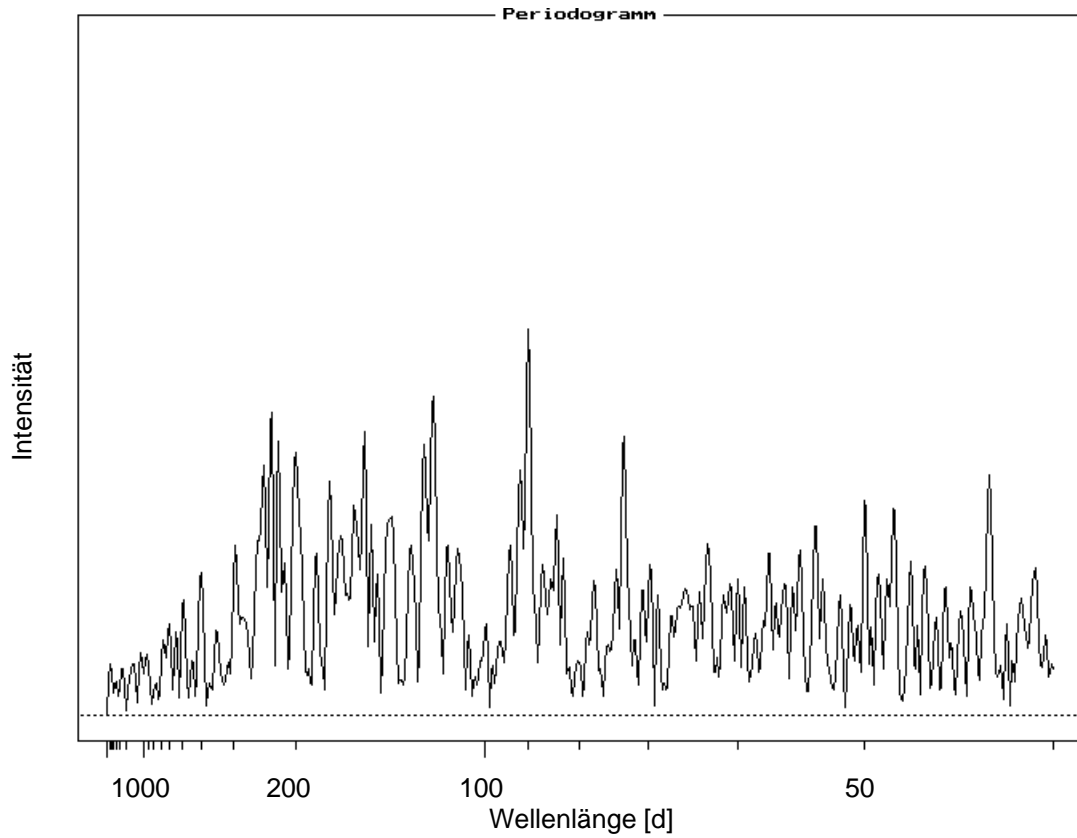


Abb. 1c/d: Periodogramme für die Zeiträume 1971 bis 1993 (c) sowie 1987 bis 1993 (d). Die Abszisse zeigt die Wellenlänge in Tagen, der Höchstwert der Ordinate beträgt einheitlich  $0.8^\circ$ .

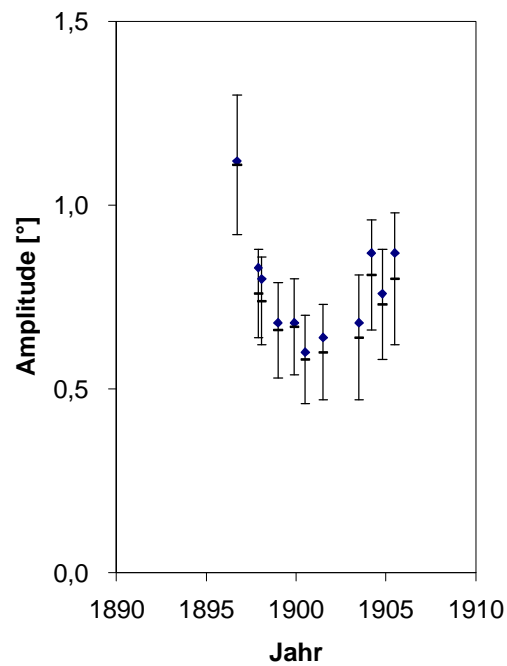
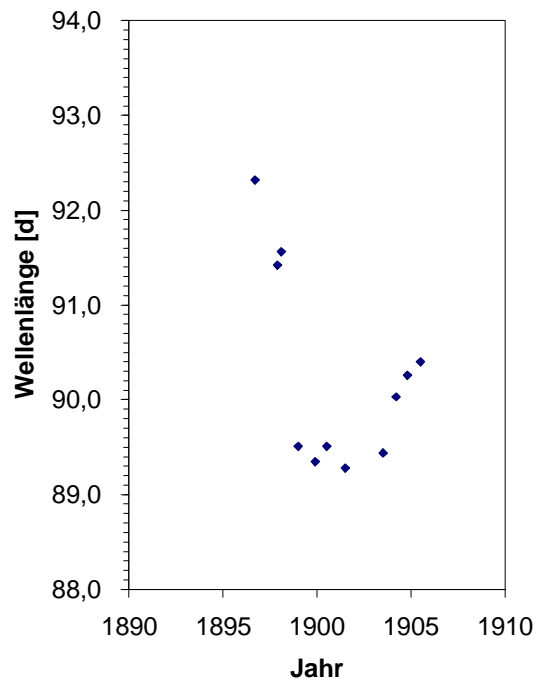


Abb. 2a/b: Wellenlängen (in Tagen) und Amplituden (in Grad) der 90-Tage-Schwingung in den Jahren 1879 bis 1907 (a, b). Bei den Amplituden stellen Dreiecke die Intensität des Periodogrammpeaks dar; Kreuze bezeichnen Werte, die durch Regressionsrechnungen mit einer Sinusfunktion der entsprechenden Wellenlänge erhalten wurden.



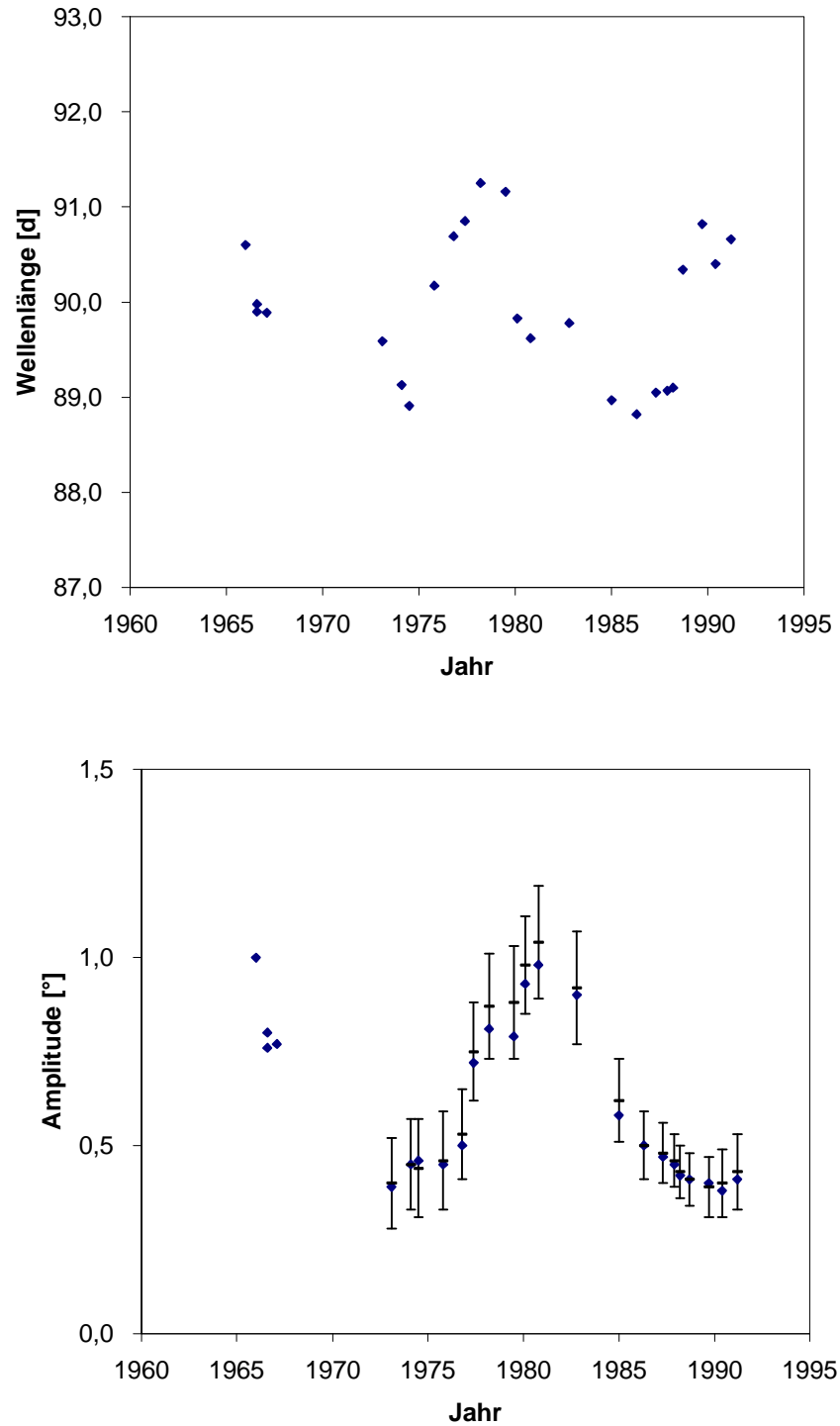


Abb. 2c/d: Wellenlängen (in Tagen) und Amplituden (in Grad) der 90-Tage-Schwingung in den Jahren 1971 bis 1993 (c, d). Bei den Amplituden stellen Dreiecke die Intensität des Periodogrammpeaks dar; Kreuze bezeichnen Werte, die durch Regressionsrechnungen mit einer Sinusfunktion der entsprechenden Wellenlänge erhalten wurden.

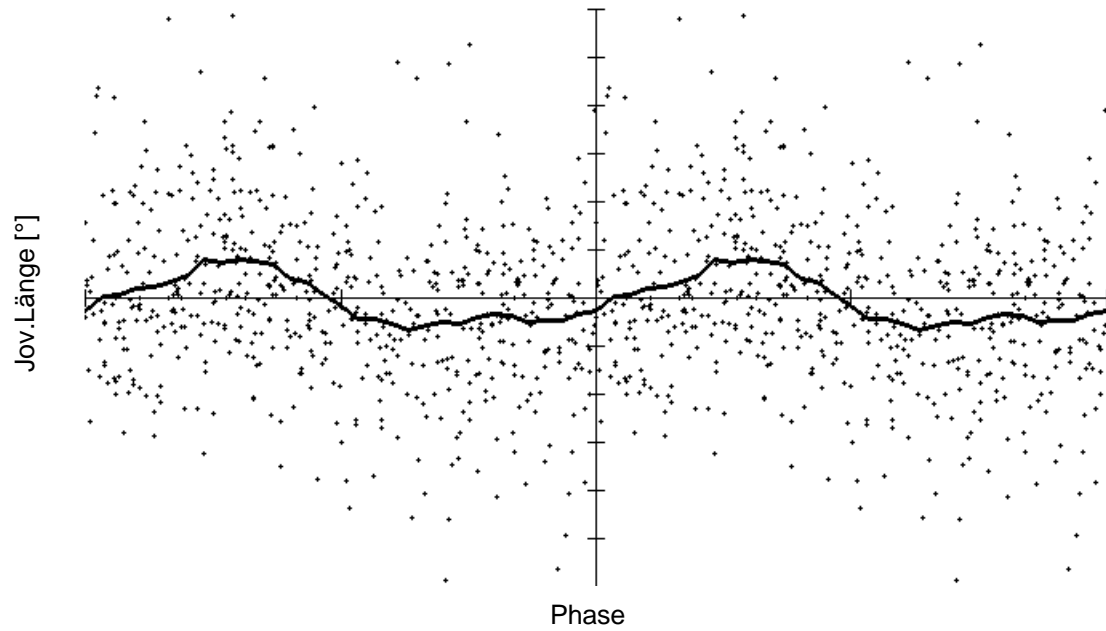


Abb. 3: Phasendiagramm im Zeitraum 1894 bis 1907 bei einer Wellenlänge von 90.09 Tagen. Der Polygonzug verbindet arithmetische Positionsmittel, die im Abstand von drei Tagen über jeweils 15 Tage gerechnet sind. Die Phase verläuft von -1 (links) bis +1 (rechts), d.h. es sind zwei vollständige Epochen dargestellt. Auf der Ordinate ist die jovigraphische Länge in  $1^\circ$ -Schritten markiert. Der mittlere Fehler einer Einzelmessung wurde zu  $1.8^\circ$  geschätzt, die Amplitude der sinusförmigen Schwingung zu  $0.65^\circ \pm 0.10^\circ$ .

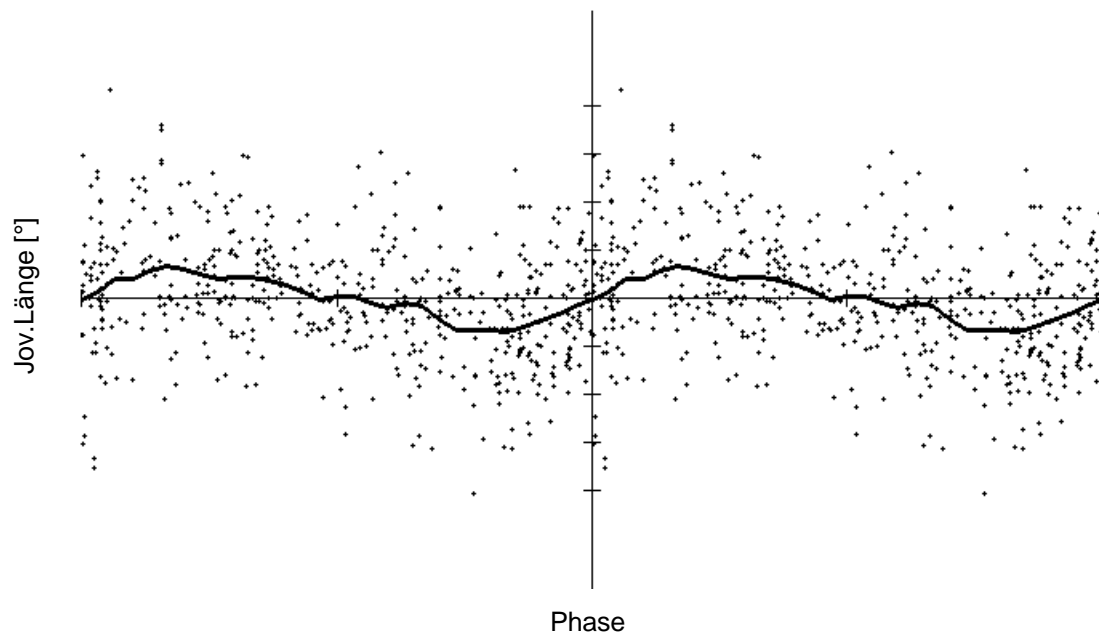


Abb. 4: Phasendiagramm im Zeitraum 1987 bis 1993 bei einer Wellenlänge von 225.0 Tagen. Der Polygonzug verbindet arithmetische Positionsmittel, die im Abstand von 7.5 Tagen über jeweils 21 Tage gerechnet sind. Der mittlere Fehler einer Einzelmessung wurde zu  $1.2^\circ$  geschätzt, die Amplitude der sinusförmigen Schwingung zu  $0.60^\circ \pm 0.10^\circ$ .