

PERIOD

Periodenanalyse in astronomischen Beobachtungsreihen

Version 4

Programmbeschreibung

*Grischa Hahn
Hans-Jörg Mettig*

Dresden, Mai 2002

Inhalt

1 EINFÜHRUNG.....	3
1.1 MATHEMATISCHE MODELLIERUNG UND GRUNDLEGENDE BEGRIFFE	3
1.2 DAS VERFAHREN VON DEEMING	6
2 DAS PROGRAMM PERIOD.....	11
2.1 ANFORDERUNGEN AN IHREN PC	11
2.2 INSTALLATION UND KONFIGURATION	11
2.3 ALLGEMEINES ZUR BEDIENUNG	13
2.4 PERIODENANALYSE NACH DEEMING	14
3 ANHANG.....	19
3.1 VERZEICHNISSTRUKTUR UND DATEIEN	19
3.2 LITERATUR	19

1 Einführung

Amateurbeobachter und Profi-Astronomen stehen öfters vor der Frage, ob in einer Beobachtungsreihe Periodizitäten auftreten, und wollen diese, falls vorhanden, dann näher charakterisieren. Bekannte Beispiele sind die Änderungen der Sonnenflecken-Relativzahl (*Gibt es außer der 11-jährigen Periode noch andere, länger- oder kürzerfristige periodische Schwankungen der Relativzahl ?*) und der Lichtwechsel Veränderlicher Sterne (*Ist der beobachtete Veränderliche periodisch; wenn ja, wie groß sind Periode und Amplitude des Lichtwechsels ?*). Um solche Fragen beantworten zu können, wird ein Verfahren benötigt, das versteckte Periodizitäten auffindet, die Art der Periodizität qualitativ näher beschreibt, als auch ihre Periode und Amplitude quantitativ näher bestimmt.

Falls die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden Beobachtungen über die gesamte Reihe hinweg identisch ist, spricht man von einer Beobachtungsreihe mit **äquidistanten** Beobachtungszeiten, oder kurz einer äquidistanten Beobachtungsreihe. Ein Beispiel dafür liefern die Sonnenflecken-Relativzahlen: Der Auswerter stützt sich oft auf lückenlose Reihen monatlicher oder jährlicher Relativzahlen. Für den Fall äquidistanter Reihen gibt es eine Anzahl von Verfahren, die in einschlägiger mathematischer und technischer Literatur beschrieben sind.

Die meisten astronomischen Beobachtungsreihen sind jedoch **nichtäquidistant**. Ein typisches Beispiel ist eine Reihe von visuellen Helligkeitsschätzungen eines Veränderlichen Sterns: Aus einigen Nächten liegen mehrere, aus anderen Nächten dagegen nur ein oder zwei Beobachtungen vor; die Beobachtungsreihe wird durch Schlechtwetterperioden "zerklüftet", weist um die Zeit der Sonnenkonjunktion herum eine große Lücke auf, usw.

Im Gegensatz zum äquidistanten Fall kommt die Behandlung nichtäquidistanter Beobachtungsreihen in der Literatur ausgesprochen kurz weg. Einige Methoden setzen spezielle Charakteristika der Verteilung der Beobachtungszeiten voraus, die bei astronomischen Beobachtungsreihen aber kaum auftreten. Ein Verfahren, das solche Einschränkungen nicht kennt, ist in leicht verständlicher Form von DEEMING in [1] beschrieben worden. Es basiert auf der Berechnung des Periodogramms ähnlich wie im äquidistanten Fall, erfordert aber noch die Berechnung des sog. Spektralfensters, um das Periodogramm richtig interpretieren zu können.

Das Verfahren von DEEMING liefert keine Liste der in der Beobachtungsreihe tatsächlich oder wahrscheinlich vorhandenen Periodizitäten: Berechnet werden zwei Funktionen, nämlich Periodogramm und Spektralfenster. Danach ist noch einige "Hand- und Kopfarbeit" nötig, um beide Funktionen richtig zu interpretieren und Angaben zu eventuell vorhandenen Periodizitäten machen zu können.

1.1 Mathematische Modellierung und grundlegende Begriffe

Dieser Abschnitt erläutert einige grundlegende Begriffe, die zum Verständnis des Verfahrens von DEEMING und zur korrekten Interpretation seiner Ergebnisse notwendig sind. Wir haben versucht, den Abschnitt so zu schreiben, daß er auch dem mathematisch Unbelasteten möglichst verständlich ist. Einzelne Passagen sind daher, vorsichtig formuliert, im mathematischen Sinne nicht ganz korrekt. Genaueres muß bei Bedarf aus der Fachliteratur entnommen werden.

Zunächst ist zu klären, was wir unter einer **Beobachtungsreihe** verstehen. Eine Beobachtungsreihe besteht aus einer Folge von Zahlenpaaren $(t(i), x(i))$ ($i=1, \dots, N$; $N > 1$), wobei ein einzelnes Zahlenpaar $(t(i), x(i))$ eine **Beobachtung** ist.

Die Zahlen t sind in der amateurastronomischen Periodenanalyse zumeist die Beobachtungszeiten.

Der Einfachheit halber wird deshalb t im folgenden mit **Beobachtungszeit** oder - noch kürzer - mit **Zeit** bezeichnet.

Die Zahlen x dagegen können ganz unterschiedlicher Natur sein, z.B. Sonnenflecken-Relativzahlen oder die Helligkeiten eines Veränderlichen Sternes. Meist sind sie auch - mehr oder minder - durch zufällige GAUSS-verteilte Beobachtungsfehler verfälscht. Der Einfachheit halber werden im folgenden diese Beobachtungsfehler "in den Skat gedrückt". $x(i)$ heißt **Beobachtungswert** zur Zeit $t(i)$.

Beispiel: Die Beobachtungsreihe eines Veränderlichen könnte wie folgt aussehen:

i	t(i)	x(i)
1	2441578.456	4.5
2	2441622.671	4.6
3	2441625.397	4.3
	:	
1734	2448632.503	5.2
1735	2448645.384	4.7
1736	2448645.672	4.5

Die Zahl N beträgt 1736. Für die dritte Beobachtung, d.h. $i=3$, gilt: $t(3)=2441625.397$ und $x(3)=4.3$.

Die Beobachtungswerte x sind von der Zeit t abhängig, aber nicht umgekehrt. Zu jeder Zeit t nimmt die Beobachtungsgröße x einen bestimmten Wert an, völlig unabhängig davon, ob der Beobachter zur Zeit t den Veränderlichen oder die Sonnenflecken-Relativzahl bestimmt hat oder nicht. Mathematisch ausgedrückt, ist x eine Funktion von t , im weiteren **Beobachtungsfunktion** genannt. Wohl anschaulichstes Beispiel einer Beobachtungsfunktion ist die Lichtkurve eines Veränderlichen Sterns.

Die zu untersuchenden Periodizitäten in x können recht verschieden aussehen. Wir unterscheiden zwei Arten. **Schwache Periodizität** bedeutet, daß - über lange Zeiträume - eine "mittlere Beobachtungsfunktion" mit einer "mittleren Periode" existiert, aber keine exakte Aussage über deren zukünftigen Gang gemacht werden kann. Die Sonnenflecken-Relativzahl und die Lichtkurve eines Mirasterns, aber auch die eines Halbbregelmäßigen Veränderlichen, sind Beispiele für schwache Periodizität. **Starke Periodizität** hingegen bedeutet, daß die Beobachtungsfunktion streng periodisch ist. Das bekannteste Beispiel für starke Periodizität aus dem mathematischen und technischen Bereich ist die Sinusfunktion. Aber auch die Lichtkurve eines Bedeckungsveränderlichen zählt dazu. Voraussetzung ist natürlich, daß die Elemente des Bedeckungsveränderlichen nicht durch einen dritten Begleiter o.ä. verändert werden.

Stark periodische Beobachtungsfunktionen haben die Eigenschaft, daß sie nach Ablauf einer festen Zeitspanne, der sogenannten **Periode**, wieder den gleichen Wert annehmen. Dabei ist es gleichgültig, von welchem Zeitpunkt ausgegangen wird, ob z.B. vom Zeitpunkt des Maximums, des Minimums oder eines beliebigen Zeitpunkts auf dem absteigenden Ast der Lichtkurve eines Veränderlichen. Der inverse Wert der

Periode, d.h. 1/Periode, heißt **Frequenz f**. Falls die Beobachtungsfunktion sinusförmig ist, kommt noch der Begriff der **Amplitude** hinzu (Amplitude = Maximum minus Minimum der Beobachtungsfunktion, geteilt durch 2). - Die Begriffe Periode, Frequenz und Amplitude lassen sich auch auf schwach periodische Beobachtungsfunktionen übertragen.

Von Bedeutung ist der Begriff **Peak**. Wenn in einer Funktion $g(f)$ "ein Peak bei der Frequenz f_0 " auftritt, so bedeutet das, daß der Funktionswert g bei der Frequenz f_0 merklich größer ist als in der Umgebung von f_0 , oder bildlich ausgedrückt, daß in einer graphischen Darstellung von $g(f)$ an der Stelle f_0 eine "Spitze" (engl.: Peak) existiert. G kann dabei eine beliebige Funktion im Frequenzbereich sein. Der maximale Funktionswert im Bereich eines Peaks wird auch als dessen **Intensität** bezeichnet. - Der Begriff "Peak" ist allerdings recht weit auslegbar; eine Definition, was man als solchen bezeichnen darf und was nicht mehr, gibt es nicht.

Ein wertvolles Hilfsmittel bei der Periodenanalyse ist die **Spektraldichte**, eine Funktion der Frequenz f . Sie ist jeder Beobachtungsfunktion eindeutig zugeordnet. Die Spektraldichte ist auf der gesamten Frequenzachse definiert, nichtnegativ und bezüglich der Nullfrequenz symmetrisch. Tritt nun in der Spektraldichte bei der Frequenz f_0 ein Peak auf, so bedeutet das, daß die zugehörige Beobachtungsfunktion starke oder schwache Periodizität mit der Frequenz f_0 besitzt. Wie mit dem Verfahren von DEEMING zwischen beiden Arten unterschieden werden kann, wird später erläutert.

In der Spektraldichte der Sonnenflecken-Relativzahl z.B. wird also ein Peak bei etwa der Periode 11 Jahre, d.h. bei etwa der Frequenz 1/11, erscheinen.

Die einfachste stark periodische Funktion, die Sinusfunktion, erzeugt nur einen Spektraldichtepeak an ihrer Eigenfrequenz. In Spektraldichtefunktionen können jedoch auch mehrere Peaks auftreten. Das ist z.B. bei stark periodischen Beobachtungsfunktionen der Fall, die von der Sinusform abweichen. Der Grund für die Vielzahl von Peaks ist, daß sich solche Funktionen in eine Summe mehrerer Sinusfunktionen zerlegen lassen; jeder sinusförmige Summand produziert einen separaten Peak. Ist nun die Spektraldichte (näherungsweise) bekannt, so erlaubt die Kenntnis von Frequenzen und Amplituden ihrer Peaks einen Rückschluß auf die einzelnen Sinus-Komponenten, und damit auf die Beobachtungsfunktion an sich. Bestes Beispiel für eine kompliziertere stark periodische Beobachtungsfunktion ist die Lichtkurve eines Bedeckungsveränderlichen.

Starke und schwache Periodizität unterscheiden sich in mathematischer Hinsicht übrigens nur wenig voneinander: Schwache Periodizität bedeutet, daß einzelne *zusammenhängende Frequenzbereiche* Beiträge zur Beobachtungsfunktion liefern, während im Falle starker Periodizität diese Frequenzbereiche zu *Punkten auf der Frequenzachse* entarten.

Leider kann die Spektraldichte einer Beobachtungsfunktion nicht direkt berechnet werden. Sie muß aufgrund der Beobachtungen $(t(i), x(i))$ durch eine andere Funktion - die ihr in den Ergebnissen möglichst nahe kommt - geschätzt werden. Eine solche Schätzfunktion ist das **Periodogramm**. In der Form nach DEEMING lautet es:

$$\text{Periodogramm}(f) = \frac{2}{N} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^N x(i) \cdot \cos(2\pi f \cdot t(i)) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N x(i) \cdot \sin(2\pi f \cdot t(i)) \right)^2}$$

Als Hilfsfunktion werden wir noch das **Spektralfenster** benötigen:

$$\text{Spektralfenster}(f) = \frac{100}{N^2} \left[\left(\sum_{i=1}^N \cos(2\pi f \cdot t(i)) \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^N \sin(2\pi f \cdot t(i)) \right)^2 \right]$$

Sowohl Periodogramm als auch Spektralfenster sind für alle Frequenzen f definiert, nichtnegativ und bezüglich der Nullfrequenz symmetrisch. Das Spektralfenster ist bei der Nullfrequenz immer 100, bei allen anderen Frequenzen höchstens 100. Das Periodogramm stellt das zeitliche Verhalten der Beobachtungswerte in den Frequenzbereich transformiert dar, das Spektralfenster in ähnlicher Weise die Verteilung der Beobachtungszeiten.

In DEEMINGs Verfahren wird die Beobachtungsreihe als **stationär** vorausgesetzt, d.h. die Beobachtungsgröße x darf im Beobachtungszeitraum keinen langfristigen Trend aufweisen. Beobachtungsreihen von Sonnenflecken-Relativzahlen, Mirasternen oder Bedeckungsveränderlichen sind Beispiele stationärer Reihen, sofern sie einen wesentlich längeren Zeitraum als die fragliche Periode überdecken.

Eine Positions-Beobachtungsreihe von Jupiters GRF im Rotationssystem 2 ist dagegen im allgemeinen nicht stationär: Die Amplituden vermeintlicher Periodizitäten - in der Größenordnung 1° oder weniger - sind oft vernachlässigbar gegenüber der Drift des GRF in dem zu untersuchenden Zeitraum, der sich über mehrere Jahre erstrecken sollte.

1.2 Das Verfahren von DEEMING

Die Kernaussage des Verfahrens von DEEMING besteht darin, daß das Periodogramm näherungsweise durch eine Abbildung der Spektralfensterstruktur relativ zur Nullfrequenz über jeden einzelnen Spektraldichtepeak entsteht. Leider läßt sich kein Algorithmus ableiten, um aus Spektralfenster und Periodogramm die Spektraldichte zu *berechnen*, allerdings bietet der obenstehende Zusammenhang die praktische Möglichkeit, durch Sichtinterpretation von Periodogramm und Spektralfenster Rückschlüsse auf die Spektraldichte zu ziehen. Voraussetzung dafür ist, daß in Spektraldichte und Spektralfenster Peaks existieren. Diese Voraussetzung ist spektraldichteseitig erfüllt, wenn in der Beobachtungsreihe eine merkliche starke oder schwache Periodizität auftritt. Andererseits besitzt jedes Spektralfenster einen Peak maximaler Intensität bei $f=0$; Eigenheiten der Verteilung astronomischer Beobachtungszeiten produzieren weitere signifikante Spektralfensterpeaks. Näheres dazu am Ende dieses Abschnittes.

Betrachten wir nun das Aussehen des Periodogramms bei bekannter Spektraldichte und bekanntem Spektralfenster. Abbildung 1 ist ein fiktives Beispiel. Die Spektraldichte habe einen Peak "R" bei der Frequenz f_0 , und damit auch einen Peak "L" bei $-f_0$ (Abb. 1a). Der obligatorische Spektralfensterpeak bei $f=0$ sei " ± 0 "; die Peaks auf der positiven Frequenzachse seien "+1", "+2" und "+3", und ihre Gegenstücke im Negativen "-1", "-2" und "-3" (Abb. 1b).

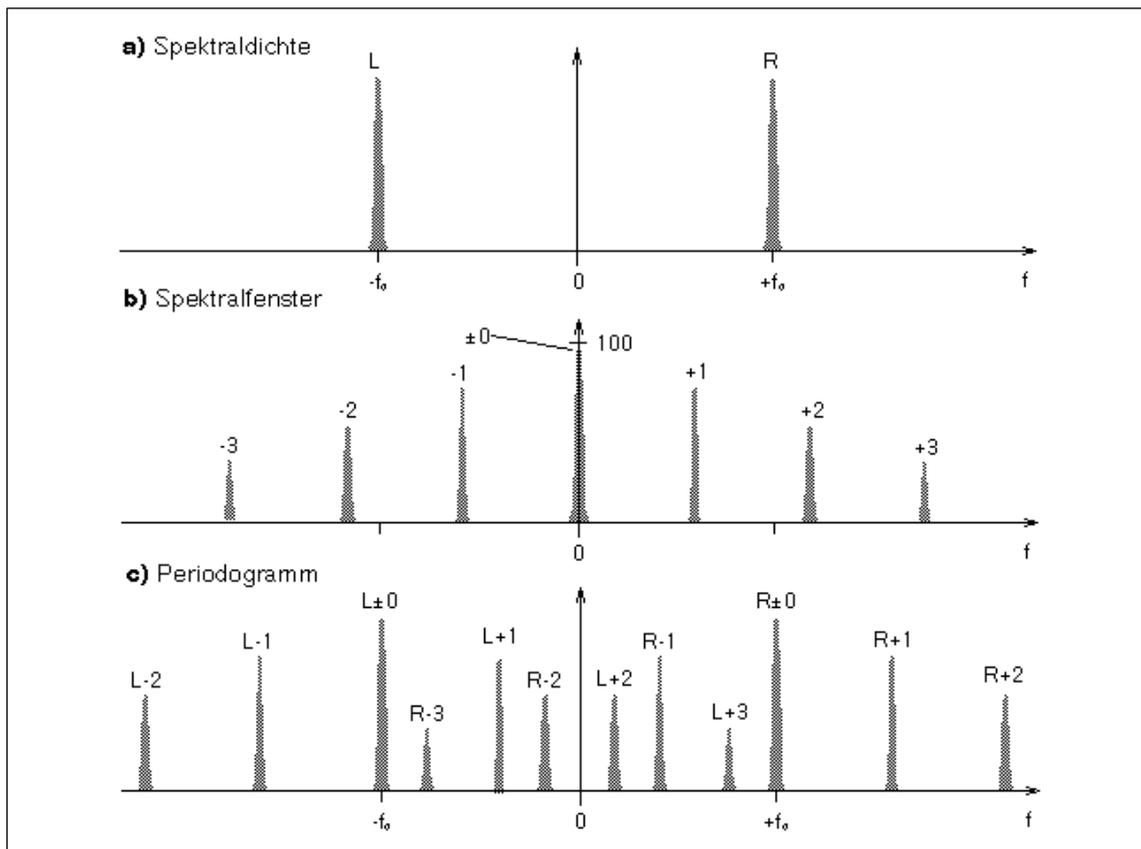


Abbildung 1: Beispiel für den Zusammenhang von Spektraldichte, Spektralfenster und Periodogramm. Die Spektralfensterstruktur um die Nullfrequenz bildet sich um jeden Spektraldichtepeak im Periodogramm ab.

Achtung: Daß alle Spektralfensterpeaks außerhalb der Nullfrequenz eine deutlich geringere Intensität als 100 haben, ist für den Fall nichtäquidistanter Beobachtungszeiten typisch und wird bei der Interpretation des Periodogramms eine Rolle spielen.

Das Periodogramm hat dann - von einem Proportionalitätsfaktor abgesehen - die in Abb. 1c gezeigte Struktur. Die Periodogrammpeak-Bezeichnung " $X \pm Y$ " ($X=L,R$; $Y=0,1,2,3$) läßt sich so interpretieren, daß der Spektraldichtepeak " X " über den Spektralfensterpeak " Y " ins Periodogramm abgebildet worden ist.

Ein Periodogrammpeak " $X \pm 0$ ", d.h. ein Peak, der dieselbe Frequenz wie der ihn hervorruftende Spektraldichtepeak hat, heißt **echter Peak**. Ein "nichtechter" Peak " $X \pm Y$ " ($Y=1,2,\dots$) heißt **Alias** (Mehrzahl "Aliases") des echten Peaks " $X \pm 0$ ". Z.B. ist in Abb. 1c " $R \pm 0$ " ein echter Peak und " $R-2$ " ein Alias von ihm.

Wenn in Abb. 1a noch weitere Spektraldichtepeaks hinzukommen würden, so entstünden in Abb. 1c auf analoge Art und Weise weitere echte Peaks und Aliases. Ein neuer Spektraldichtepeak mit z.B. vierfacher Intensität wie " R " würde einen neuen echten Peak mit doppelter Intensität wie " $R \pm 0$ " hervorrufen; die intensitätsmäßige Abstufung der ihm zugehörigen Aliases wäre analog wie bei den Aliases in Abb. 1c.

In der Praxis muß der Weg "rückwärts" gegangen werden, d.h. Abb. 1b und Abb. 1c sind bekannt, und aus ihnen muß auf Abb. 1a geschlossen werden. Daß dies beim Vorhandensein signifikanter Peaks *prinzipiell* möglich ist, wird anhand der Abbildung deutlich. Findet man nämlich im Periodogramm eine Gruppe von Peaks, die um einen

"Zentralpeak" besonders hoher Intensität frequenz- und intensitätsmäßig symmetrisch angeordnet sind, und diese Frequenzdifferenzen sowie Intensitätsabstufungen entsprechen der Peakstruktur des Spektralfensters relativ zur Nullfrequenz, so ist sehr wahrscheinlich, daß der Zentralpeak ein echter Peak ist. Allerdings kann das Vorhandensein mehrerer Spektraldichtepeaks die Identifikation der echten Periodogrammpeaks sehr erschweren.

Eine Besonderheit ergibt sich im Falle *starker Periodizität*: **Die Intensität eines echten Periodogrammpeaks ist näherungsweise auch die Amplitude der zugehörigen sinusförmigen Komponente der Beobachtungsfunktion.**

Die Frage ist natürlich, wie man unterscheiden kann, ob in einer Beobachtungsreihe schwache oder starke Periodizität vorliegt. Die praktisch einzige Möglichkeit besteht darin, mehrere Periodogramme desselben Beobachtungsobjekts zu vergleichen, die mit unterschiedlichem Beobachtungsumfang N berechnet worden sind: Bleibt mit steigendem N die Intensität des fraglichen echten Peaks in etwa konstant, so repräsentiert er eine starke Periodizität. Wird die Intensität dagegen immer geringer (geht sie gegen Null), so liegt schwache Periodizität vor.

Aus Abb. 1 wird deutlich, daß eine Rekonstruktion der Spektraldichtepeaks nur dann möglich ist, wenn der Auswerter genügend große Bereiche von Periodogramm und Spektralfenster berechnet hat. Da diese Frage praktisch sehr bedeutsam ist, muß sie noch näher beleuchtet werden. Da Spektralfenster und Periodogramm bezüglich der Nullfrequenz symmetrisch sind, genügt zunächst die Berechnung im nichtnegativen Frequenzbereich ($f \geq 0$). Der zu analysierende Frequenzbereich wäre dann aber immer noch unendlich groß. So stellt sich die Frage nach einer maximalen Frequenz, ab der Periodogramm und Spektralfenster, ohne damit großen Schaden anzurichten, nicht mehr berechnet werden brauchen. Im Falle des Periodogramms hängt diese Grenze in erster Linie davon ab, welches die höchste Frequenz aller tatsächlich vorhandenen Spektraldichtepeaks ist. Zwar ist diese Frequenz unbekannt (eben weil sie ja erst gesucht werden soll), aber in der Praxis kann man meist doch eine vernünftige Abschätzung geben, oberhalb welcher Frequenz keine signifikanten Spektraldichtepeaks mehr zu erwarten sind. Die derartige Wahl einer maximalen Periodogrammfrequenz sichert jedoch nur, daß alle signifikanten Spektraldichtepeaks auch einen echten Peak im berechneten Frequenzbereich hinterlassen, nicht aber die *Identifizierbarkeit* von echten Peaks.

Die Frage stellt sich daher weiter: *Bis zu welchen Frequenzen müssen Periodogramm und Spektralfenster berechnet werden, um alle Periodogrammpeaks eindeutig in echte Peaks und Aliases einteilen zu können, vorausgesetzt, der höchstfrequente Spektraldichtepeak ist maximal von der Frequenz f_0 ? Die Antwort lautet: Periodogramm und Spektralfenster müssen im Frequenzbereich $0 \dots 2f_0$ ermittelt werden.*

Jedoch bereitet eine Tatsache, die in Abb. 1 bewußt vergessen wurde, bei der Interpretation des Periodogramms oft arge Schwierigkeiten: Ein Periodogramm ist stets mehr oder minder "verrauscht"; d.h., es treten praktisch überall Peaks auf, die nichts mit Spektraldichtepeaks zu tun haben, sondern durch Beobachtungsfehler oder eine komplizierte Beobachtungsfunktion entstehen. Das Kernproblem der Periodogramminterpretation ist daher oft nicht, echte Peaks von Aliases, sondern erst einmal echte Peaks und Aliases von **Rauschpeaks** unterscheiden zu müssen.

Noch eine Bemerkung zu komplizierteren stark periodischen Beobachtungsfunktionen. Theoretisch ist es möglich, eine solche Funktion durch die Werte der Frequenzen und Intensitäten der Periodogrammpeaks (zumindest näherungsweise) zu rekonstruieren. Das Verfahren von DEEMING erscheint dafür aber weniger geeignet. Es sollte

vorteilhafterweise dort angewandt werden, wo eine versteckte Periodizität erst einmal gefunden werden soll. An der Wahrnehmbarkeitsgrenze liegende Periodizitäten werden sich im Periodogramm aber meist nur durch einen, selten zwei echte Peaks bemerkbar machen.

Kommen wir nun noch zu einigen Besonderheiten in astronomischen Beobachtungsreihen. Diese sind meist nicht kontinuierlich, sondern es treten in regelmäßigen Abständen zeitliche Lücken auf. Ist das der Fall, sprechen wir vom Vorhandensein eines **Beobachtungszyklus**. Der mittlere **Abstand** zwischen aufeinanderfolgenden Serien von Beobachtungen sei dabei **a** und die mittlere **Dauer** einer einzelnen Serie von Beobachtungen **d**. Bei der Existenz eines Beobachtungszyklus ist d stets kleiner als a .

Beispiel: Ein Veränderlicher Stern wurde jeweils in den Monaten April bis September, also ein halbes Jahr lang, über mehrere Jahre hinweg beobachtet, wobei in diesen Zeiträumen täglich eine Beobachtung durchgeführt wurde. Es ergeben sich folgende Beobachtungszyklen:

$$\text{Zyklus 1: } a_1 = 356^d, d_1 = 1/2 a_1 = 178^d$$

$$\text{Zyklus 2: } a_2 = 1^d, d_2 = 0$$

Jeder Beobachtungszyklus erzeugt im Spektralfenster eine Peakstruktur mit Peaks bei ganzzahligen Vielfachen der Frequenz $1/a$. Die Intensität der Peaks nimmt mit zunehmenden Abstand zu Nullfrequenz ab (Abb. 2c).

Die Peakstruktur eines Beobachtungszyklus hängt außerdem von der Dauer des Zyklus ab. Dies sollen die Abbildungen 2a-c veranschaulichen. Die Intensität der Peaks verringert sich nämlich drastisch, falls sich diese in der Nähe der ganzzahligen Vielfachen der Frequenz $1/d$ befinden.

Jede Peakstruktur eines Beobachtungszyklus bildet sich im Spektralfenster weiterhin um alle nicht zu diesem Zyklus gehörigen Peaks ab.

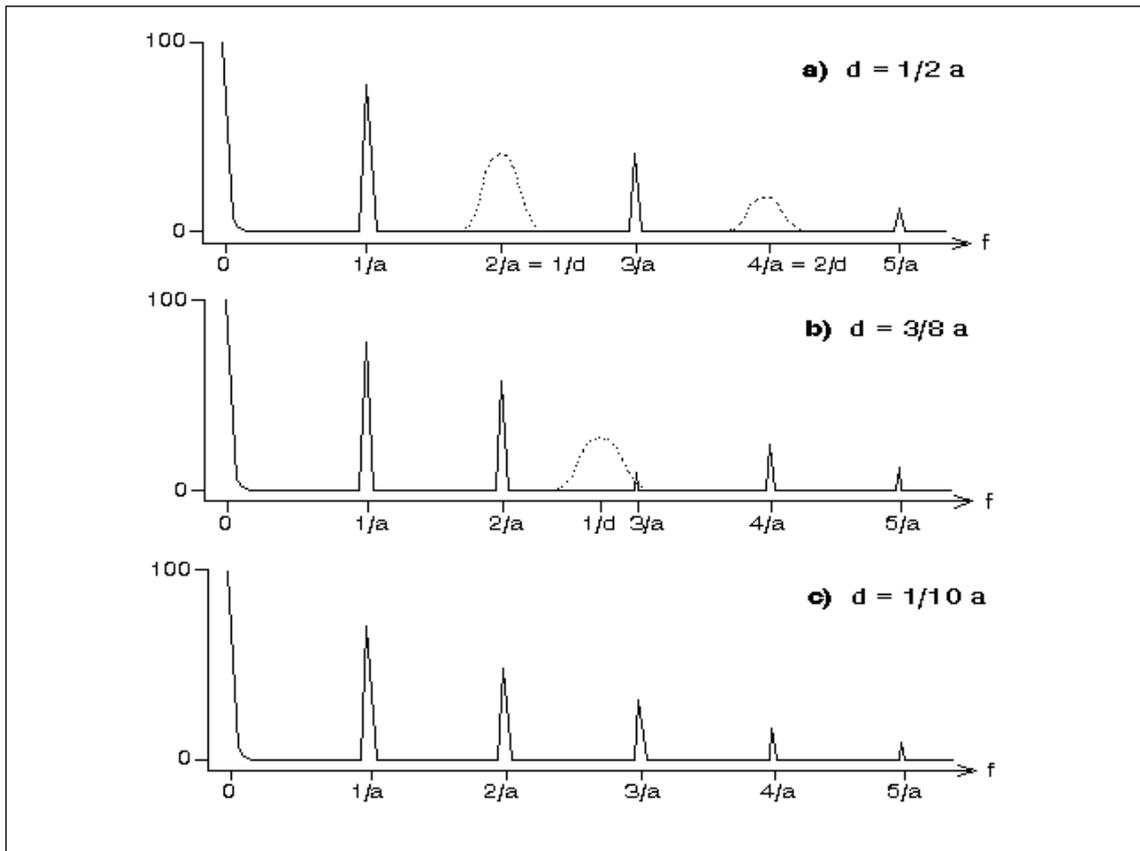


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Abständen (a) und Dauer (d) von Beobachtungszyklen im Spektralfenster. Die gepunkteten "Peaks" geben den Einflußbereich der Dauer d wieder.

2 Das Programm PERIOD

PERIOD ist ein Periodenanalyseprogramm, welches im wesentlichen das Verfahren von DEEMING beinhaltet. Als Plattform wurden IBM-kompatible PC und das Betriebssystem DOS gewählt.

Bei Änderungsvorschläge zu Programm und Dokumentation bzw. Beschreibungen eventuell auftretender Fehler senden wenden Sie sich bitte an den Autor Grischa Hahn.

Typographie *Programfunktionen* und *Menüpunkte* werden kursiv und fett hervorgehoben. **[Tasten]** sind fett dargestellt und in eckigen Klammern eingefasst. DOS-Kommandos und -Dateien sind in Courier gesetzt.

2.1 Anforderungen an Ihren PC

Zum reibungslosen Lauf des Programms müssen sie über folgendes System verfügen:

- PC 80286 oder kompatible PC, 2MB RAM, VGA
- DOS ab Version 3.0
- (mögl. grafikfähiger) Drucker

PERIOD ist sehr rechenintensiv. Für ein effizientes Arbeiten werden deshalb folgende Empfehlungen gegeben:

- numerischer Koprozessor
- maximaler freier Hauptspeicher

2.2 Installation und Konfiguration

Installation Legen Sie auf Ihrer Festplatte ein Programmverzeichnis für PERIOD an (PERIOD-Hauptverzeichnis) und kopieren Sie in dieses die Dateien PER_PROG.EXE (alle nötigen Programmdateien) und ggf. PER_BSP.EXE (Beispieldateien). Führen Sie diese aus. Es werden alle relevanten Dateien entpackt.

Start Wechseln Sie in das PERIOD-Hauptverzeichnis und rufen Sie PERIOD.EXE auf. Eine Liste der optionalen Parameter von PERIOD.EXE erhalten Sie nach Aufruf von PERIOD /?.

Wenn Ihr PC mit einem fehlerhaften Pentium-Prozessor (Herstellungsdatum bis 1. Quartal 1995) bestückt ist, schalten Sie vor jeder Arbeit mit PERIOD den Koprozessor mit dem DOS-Kommando

```
set 87=N
```

aus. Bei Bedarf ist er nach Verlassen von PERIOD mit set 87= wieder zu aktivieren.

Konfiguration Nachdem Sie PERIOD gestartet haben drücken Sie bitte die Taste **[Esc]**, woraufhin ein Fenster mit verschiedenen Konfigurationsmöglichkeiten erscheint. Über diese Fenster verlassen Sie auch wieder das Programm.

Textmodus Hier geben Sie an, wieviel Zeilen auf Ihrem Bildschirm dargestellt werden

sollen. Für monochrome LC-Displays ist unter Umständen die Option /L nützlich, falls eine Unterscheidung zwischen Grau und Weiß auf dunklem Hintergrund nicht möglich ist.

Grafikmodus

Wählen Sie hier den Typ Ihrer Grafikkarte aus. Haben Sie keine Kenntnis über diese, genügt der erste Eintrag **autodetect**.

VESA steht für einen mittlerweile weit verbreiteten Standard für Super-VGA-Grafikkarten (SVGA), der von der **Video Electronics Standard Association** definiert wurde. Wenn Ihre Grafikkarte diesen Standard unterstützt, sollten Sie VESA als Treiber auswählen.

Die Funktionen des VESA-Standards sind dabei entweder fest in Ihrer Grafikkarte eingebaut oder sie werden nachträglich durch einen Softwaretreiber von DOS aus geladen. In letzteren Falle sollten Sie sich nach Möglichkeit einen VESA-Treiber mit der Version 1.1 oder höher organisieren.

Nach erfolgter Treiberwahl haben Sie bei VESA-Karten die Möglichkeit die Auflösung explizit anzugeben. Vergewissern Sie sich vorher, ob auch Ihr Monitor die gewünschten Auflösungen synchronisieren kann. Falls dies nicht passiert, brechen sie den Grafikaufbau sofort mit [**Esc**] und/oder [**B**] ab!

Drucker-einstellungen

Für den Druck von Texten gelten lediglich die Einstellungen zu Druckerport und Blattauswurf.

Druckerport

Spezifiziert den Druckeranschluß LPTx (x. parallele Schnittstelle) oder COMx (x. serielle Schnittstelle) bzw. die Umlenkung der Druckausgaben in eine Datei, welche dann später mit `COPY /B DATEINAME GERÄT` von DOS aus gedruckt werden kann.

Blatt auswerfen

Besagt ob das Blatt Papier nach Beendigung des Drucks aus dem Drucker ausgeworfen wird oder aber im Drucker verbleibt, um weitere Druckausgaben aufnehmen zu können.

Höhe und Breite

Spezifiziert die Größe des Grafikausdrucks in cm. Der Druck beginnt immer in der linken oberen Ecke des Blattes.

Ausdruck drehen

Ein Grafikausdruck kann um 90° entgegen des Uhrzeigersinnes gedreht werden. **Höhe** und **Breite** beziehen sich aber weiterhin auf die normale Ansicht der Grafik, wie sie auf dem Bildschirm erscheint.

Druckertyp, Druckerauflösung

Wählen Sie hier den Typ (die Emulation) des Grafikdruckers, sowie bei Nadeldruckern die Druckerauflösung in dpi (Punkte pro Zoll) aus.

Systemzeit

ermöglicht das Stellen der internen Uhr Ihres Rechners, die in der oberen rechten Bildschirmcke eingeblendet ist. Tragen Sie entweder eine neue Zeit ein und bestätigen Sie sie mit [**Enter**], oder verlassen Sie das Fenster mit [**Esc**], wodurch die alte Zeit beibehalten wird.

2.3 Allgemeines zur Bedienung

In den kommenden Abschnitten beschränken wir uns auf die Erläuterung der prinzipiellen Funktionsweise von PERIOD. Es würde zu weit führen, detailliert sämtliche Aktionen erläutern zu wollen, die in einer bestimmten Situation möglich oder nötig sind. Dieser Abschnitt soll Sie mit den Grundelementen der Bedienung von PERIOD vertraut machen.

PERIOD wird am effektivsten über die Tastatur bedient, die Maus wird aber auch unterstützt. Kennen Sie PERIOD noch nicht, empfehlen wir die Tastaturbedienung. Tasten, die eine spezielle Funktion besitzen, sind

- farblich hervorgehoben (bei monochromen Monitoren invers),
- in Fenster-Fußzeilen aufgeführt oder
- in Hilfetexten erläutert.

Hilfetexte sind mit **[F1]** aufzurufen, falls diese Taste explizit als Hilfe ausgewiesen ist. Die **[F1]**-Hilfe steht außerdem in allen Grafiken zur Verfügung.

Daneben gibt es Tasten, die auf dem Bildschirm nicht explizit beschrieben werden und deren Funktion Sie sich daher einprägen möchten. Nachfolgend finden Sie auch wichtige Hinweise zu Standard-Elementen, die in verschiedenen Teilen von PERIOD auftreten.

Eingabemasken Einen Wert bestätigen Sie mit **[Enter]**, oder Sie verwerfen ihn mit **[Esc]**. Ein Doppelklick mit der linken Maustaste in die Eingabemaske entspricht **[Enter]**, ein einfacher Klick mit der rechten Maustaste ist dasselbe wie **[Esc]**. Allerdings gibt es ein paar Ausnahmen. Sie sind unterhalb der betreffenden Masken beschrieben.

Umlaute Vermeiden Sie in Dateinamen immer Umlaute, und schreiben Sie 'oe' statt 'ö', 'ss' statt 'ß' oder 'e' statt 'é'.

Zurück im Programm

Mit **[Esc]** gehen Sie immer „ein Fenster zurück“, wobei neu eingegebene oder geänderte Werte verworfen werden. Allerdings gibt es Ausnahmen. Die aktuellen Einstellungen werden gesichert, wenn Sie mit **[Esc]**

- das Hauptmenü des Programm oder
- das Fenster Korrekturen

verlassen. Außerdem bricht **[Esc]** einen Programmablauf oder Grafikaufbau ab. Das Drücken der rechten Maustaste hat dieselbe Wirkung wie **[Esc]**.

Bewegen in Listen und Texten

In Listen und Texten bewegen Sie sich mit den Tasten **[↑]** und **[↓]**. **[Bild↑]**, **[Bild↓]**, **[Pos1]** und **[Ende]** ermöglichen ein schnelles Blättern. In Texten geblättert werden kann auch durch Klicken der linken Maustaste in die obere oder untere Fensterhälfte. Befindet sich am rechten Rand ein Rollbalken kann dieser mit Hilfe der linken Maustaste ebenfalls zum Bewegen innerhalb von Listen genutzt werden. In Dateilisten können Sie sich auch durch Eintippen des entsprechenden Namens an die Zeile herantasten.

Dateilisten-Funktionen

Wenn eine Dateiliste geöffnet ist, sehen Sie weiteres Fenster, das Funktionen wie **Datei löschen** anbietet. Welche Funktionen gerade aktiv sind, hängt von der Liste ab. Die Bezeichnungen sind selbsterklärend, außer vielleicht **Sätze anketten** und **Export**.

Sätze anketten

Wollen Sie zum Beispiel von Datei A die Sätze mit den laufenden Nummern 12 bis 43 an das Ende der Datei B kopieren, so tun Sie das wie folgt: Gehen Sie mit dem Markierungsbalken auf B und drücken Sie

[F5]. Es erscheint ein Fenster mit einer Eingabemaske. Nach der Eingabe 'A' können Sie sich A auflisten lassen. Dann geben sie die Satznummern 12 bzw. 43 ein, und die Sätze werden kopiert.

Export

Die **Export**-Funktion ermöglicht Ihnen, die PERIOD-spezifischen Dateiformate in das ASCII- oder dBaseIII-Format zu konvertieren. Gehen Sie mit dem Markierungsbalken auf die gewünschte Datei, drücken Sie [F7] und wählen Sie die Art der Konvertierung aus. Die konvertierte Datei finden Sie dann in demselben Verzeichnis wie ihr Original (s. Abschnitt 3.1), sie hat die Erweiterung ASC bzw. DBF.

Ja/Nein-Abfragen

Bei Ja/Nein-Abfragen drücken Sie [J], [N] oder [Esc]. Sie können, um "Ja" zu signalisieren, ebenso mit der linken Maustaste auf die Fragebox klicken, bzw. für "Nein" die rechte Maustaste betätigen.

2.4 Periodenanalyse nach DEEMING

Als Ausgangsmaterial zur Periodenanalyse benötigt PERIOD hinreichend viele Beobachtungen ($t(i)$, $x(i)$). Bei der Periodenanalyse nach DEEMING sind das mindestens 10, bei der Darstellung im Phasendiagramm existieren keine Beschränkungen. Die Obergrenze liegt bei 14500 Beobachtungen.

Der Wert t steht dabei für die unabhängige Variable, welche im weiteren die Beobachtungszeit genannt wird. Die von t abhängige Variable x stellt den Beobachtungswert zur entsprechenden Beobachtungszeit dar. Die Abstände der einzelnen t voneinander müssen nicht gleich groß, aber wesentlich kleiner als die mutmaßliche Periode sein. Der Zeitraum der Beobachtungen möchte viele der mutmaßlichen Perioden umfassen.

Damit PERIOD die Beobachtungen ($t(i)$, $x(i)$) verarbeiten kann, müssen diese in einer Datei mit der Extension `.DAT` vorliegen, die zudem folgende Turbo-Pascal-Struktur besitzt:

```
record t, x : real; end;
```

Um Ihnen die Konvertierung in dieses Format zu erleichtern, existiert im PERIOD-Hauptverzeichnis ein Hilfsprogramm `ASKONV.EXE`, welches ASCII-Daten aus einer einfachen Textdatei in das geforderte Format konvertiert. Jede Beobachtung ($t(i)$, $x(i)$) muß dabei in der ASCII-Datei in einer Zeile stehen, wobei beide Werte durch Leerzeichen, Semikolon, Tabulator oder Schrägstrich voneinander getrennt sein müssen. Nähere Informationen zu `ASKONV` erhalten Sie nach einem parameterlosen Aufruf des Programmes. **Achtung:** Sowohl t als auch x dürfen maximal 11 gültige Stellen incl. Komma nicht überschreiten !

Ein weiteres Hilfsprogramm `JPKONV.EXE` konvertiert Daten aus der Jupiterpositionsdatenbank PC-JUPOS.

Ist die Konvertierung erfolgreich abgeschlossen, kopieren Sie die Datendatei in das PERIOD-Unterverzeichnis `\DATEN`, soweit dies nicht schon durch die Konvertierungsprogramme geschehen ist.

- Datendatei** Nun starten Sie PERIOD und wählen die gewünschte Datei unter **Datendatei** aus.
- Korrekturen** PERIOD rechnet nicht mit den Originalwerten t und x , sondern mit modifizierten Werten t' und x' . Unter **Korrekturen** müssen Sie die Parameter der Konvertierungen $t \rightarrow t'$ und $x \rightarrow x'$ so festlegen, daß die t' und x' folgenden Forderungen genügen.
- Die x' dürfen keinem längerfristigen Trend bzw. einer Drift unterliegen. Die Korrektur dieser Drift erfolgt mit den Parametern **tN** und **xD**.
 - Das Mittel aller t' sowie aller x' sollte, aber muß nicht unbedingt, Null betragen. Die dahingehenden Korrekturen erfolgen mit **tK** bzw. **xK**.
 - Die gültigen Stellen von t' und x' müssen sich zwischen der 8. Vor- und der 4. Nachkommastelle befinden, dürfen aber insgesamt 11 nicht überschreiten. Die mutmaßliche Periode sollte zwischen 0.1 und 1000 liegen und ihre Amplitude zwischen 1 und 100 betragen. Beachten Sie in diesem Zusammenhang auch, daß das Programm Periodenwerte mit maximal 7 Vor- und 10 Nachkommastellen berechnet. All dies können Sie mit den Korrekturwerten **tF** und **xF** realisieren.
 - Falls Ihre x -Werte Sternenhelligkeiten in Größenklassen darstellen, können Sie mit einem negativen **xF** eine richtige Darstellung im Phasendiagramm erreichen. Die Periodenanalyse wird davon nicht beeinflusst.
- Anf.-t'/End.-t'** Die zu verarbeitenden Daten können Sie über ein Zeitintervall **Anfangs-t' ... End-t'** eingrenzen. "min" steht dabei für $t'=-1000000$ und "max" für $t'+1000000$.
- Delta f'** Die Frequenzauflösung **Delta f'** beeinflusst, mit welcher Genauigkeit Periodogramm und Spektralfenster berechnet werden. Sie gibt den Abstand (die Schrittweite) der Frequenzstützstellen (**StSt**) an, an denen beide Funktionen berechnet werden. Die Schrittweite beträgt dabei $1/(\text{Delta } f')$. Wird dieser Wert zu klein gewählt, verschwinden Peaks zwischen den Stützstellen, ist er zu groß, wird unnötig Rechenzeit verschwendet. Ein guter Richtwert für **Delta f'** ist die 10-fache Größe des durch die Parameter **Anfangs-t'** und **End-t'** begrenzten effektiven Beobachtungszeitraumes der Daten.
- Beispiel: Wird in dem Beispiel auf Seite 4 ein **Anfangs-t'** von 2441600 und ein **End-t'** von "max" vereinbart, ergibt sich ein effektiver Beobachtungszeitraum von 2441622.671 ... 2448645.672. Der optimale Wert für **Delta f'** beträgt danach 70230.
- von/bis P'** Das Periodenintervall **von P' ... bis P'** sollte bei der Periodensuche von unendlich (= "max") bis zur halben Periode (d.h. der doppelten Frequenz) der kleinsten mutmaßlichen Periodizität reichen. Beachten Sie, daß die Frequenz als das Reziproke der Periode, d.h. $1/\text{Periode}$ definiert ist. "max" steht damit für die Nullfrequenz. **Von P'** legt im Spektralfenster und Periodogramm die linke Begrenzung fest und **bis P'** die rechte. Die Frequenz der Periode **von P'** muß stets kleiner als die der Periode **bis P'** sein. Es können auch negative Perioden (Frequenzen) berechnet werden.
- In späteren Rechnungen, wenn nur der Bereich um eine schon bekannte Periode untersucht werden soll, kann man das Periodenintervall auch

entsprechend einschränken.

Funktionstasten	Die Liste der im Hauptmenü verfügbaren Funktionstasten erhalten Sie über [F1] :																						
[Strg]+[R] [Alt]+[L]	Rücksetzen aller Einstellungen auf die Standardwerte erzeugt ein neues Periodenintervall mit der Länge des aktuellen Frequenzintervalls, das sich genau links (in der graphischen Darstellung) an das aktuelle anschließt.																						
[Alt]+[R]	erzeugt ein neues Periodenintervall mit der Länge des aktuellen Frequenzintervalls, das sich genau rechts (in der graphischen Darstellung) an das aktuelle anschließt.																						
[Alt]+[V]	paßt von P' auf Grundlage eines festzulegenden Frequenzintervalles an.																						
[Alt]+[B]	paßt bis P' auf Grundlage eines festzulegenden Frequenzintervalles an.																						
[Alt]+[I]	paßt das Periodenintervall bei festem von P' auf eine Stützstelle pro Grafikpixel an.																						
[Alt]+[F]	paßt Delta f' auf eine Stützstelle pro Grafikpixel an.																						
[Alt]+[A]	paßt Delta f' auf den optimalen Wert der zehnfachen Größe des t'-Intervalles an																						
[Esc]	bringt ein Untermenü mit weiteren Einstellungsmöglichkeiten zur Ansicht. Über dieses Menü verlassen Sie auch PERIOD.																						
Erg.-Dateiname	Unter Erg.-Dateiname geben Sie den Namen der Ergebnis-Datei an, die durch die Periodenanalyse erstellt werden soll.																						
Einstellungen	Unter diesen beiden Menüpunkten können sie die laden/speichern aktuellen Einstellungen sichern bzw. alte wieder einladen.																						
Start	Starten Sie die Periodenanalyse mit Periodenanalyse starten .																						
Erg.-Dateien	Die numerischen Werte der Funktionen Spektralfenster(f') sowie Periodogramm(f'), können Sie sich nach erfolgter Rechnung unter Ergebnis-Dateien anschauen. Dazu müssen Sie lediglich die gewünschte Datei Erg.-Dateiname anwählen und [Enter] drücken.																						
Periodogramm	Unter diesem Menüpunkt können Sie sich die und Ergebnis-Datei des aktuellen Erg.-Dateinamens, d.h. Spektralfenster Periodogramm und Spektralfenster, in den Grenzen von P' ... bis P' graphisch ausgeben lassen. Als Identifikationshilfsmittel auftretender Peaks steht Ihnen dabei eine Frequenzlinie zur Verfügung. Die aktuellen Werte der Linienposition werden unterhalb der Darstellung eingeblendet. Beachten Sie, daß die dort angezeigten Funktionswerte (y) aus linearen Interpolationen der Ergebnislisten berechnet werden. Es kann daher passieren, daß aufgrund der geringen Auflösung der Grafikkarte Differenzen zwischen den numerischen und den graphischen Werten auftreten !																						
	Eine Liste der verfügbaren Funktionen erhalten Sie mit [F1] :																						
Funktionstasten	<table border="0"> <tr> <td>[F]</td> <td>- zeigt das Spektralfenster</td> </tr> <tr> <td>[P]</td> <td>- zeigt das Periodogramm</td> </tr> <tr> <td>[H]</td> <td>- zeigt das Phasendiagramm zur aktuellen Periode P'</td> </tr> <tr> <td>[Y]</td> <td>- skaliert im Periodogramm den maximalen Ordinatenwert (max_y)</td> </tr> <tr> <td>[W]</td> <td>- weißer Bildhintergrund</td> </tr> <tr> <td>[S]</td> <td>- schwarzer Bildhintergrund</td> </tr> <tr> <td>[Strg]+[→]</td> <td>- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach rechts</td> </tr> <tr> <td>[Strg]+[←]</td> <td>- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach links</td> </tr> <tr> <td>[→]</td> <td>- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach rechts</td> </tr> <tr> <td>[←]</td> <td>- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach links</td> </tr> <tr> <td>[Pos1]</td> <td>- setzt die Frequenzlinie an den linken Rand der Grafik</td> </tr> </table>	[F]	- zeigt das Spektralfenster	[P]	- zeigt das Periodogramm	[H]	- zeigt das Phasendiagramm zur aktuellen Periode P'	[Y]	- skaliert im Periodogramm den maximalen Ordinatenwert (max_y)	[W]	- weißer Bildhintergrund	[S]	- schwarzer Bildhintergrund	[Strg]+[→]	- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach rechts	[Strg]+[←]	- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach links	[→]	- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach rechts	[←]	- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach links	[Pos1]	- setzt die Frequenzlinie an den linken Rand der Grafik
[F]	- zeigt das Spektralfenster																						
[P]	- zeigt das Periodogramm																						
[H]	- zeigt das Phasendiagramm zur aktuellen Periode P'																						
[Y]	- skaliert im Periodogramm den maximalen Ordinatenwert (max_y)																						
[W]	- weißer Bildhintergrund																						
[S]	- schwarzer Bildhintergrund																						
[Strg]+[→]	- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach rechts																						
[Strg]+[←]	- verschiebt die Frequenzlinie um 10 Pixel nach links																						
[→]	- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach rechts																						
[←]	- verschiebt die Frequenzlinie um 1 Pixel nach links																						
[Pos1]	- setzt die Frequenzlinie an den linken Rand der Grafik																						

- [Ende] - setzt die Frequenzlinie an den rechten Rand der Grafik
- [Leertaste] - zeigt bzw. löscht die aktuelle Frequenzlinie und die zugehörigen Ausschriften
- [D] - Druck der Grafik auf dem in den Konfigurationen angegebenen Grafikdrucker
- [Strg]+[Druck] speichert Grafikbildschirm als PCX-Grafikdatei mit 256 Farben. Wenn Sie keinen Pfad angeben wird die Datei im PERIOD-Unterverzeichnis BILDER abgelegt
- [Esc] - bricht den Grafikaufbau vorzeitig ab bzw. zeigt ein Funktionsfenster an
- [B] - beendet die Grafik

Mausbenutzung: Mit einem Klick der **linken** Maustaste können Sie die Frequenzlinie positionieren. Ein Klick der **rechten** Maustaste läßt ein Funktionsfenster erscheinen, über welches Sie die wichtigsten Funktionen per Maus anwählen können.

Phasendiagr.

Wenn Sie den Bereich der Periode genügend eng eingegrenzt haben, können Sie mit dem **Phasendiagramm** optisch auf nähere Suche gehen. Das Phasendiagramm stellt die Daten der angewählten **Datei** in einem Phase-x'-Diagramm dar, das mit einer wählbaren Periode P' auf den Phasenbereich [-1.0...+1.0] reduziert ist. Die Nachkommastellen des Quotienten t'/P' sind dabei als Phase zur Zeit t' definiert.

Die Liste der verfügbaren Funktionstasten erhalten Sie über [F1]:

Funktionstasten

- [X] - Eingabe des darzustellenden x'-Intervalles (dx')
- [P] - Eingabe der Bezugsperiode P'
- [A] - Eingabe des Abstandes der Mittelwerte
- [I] - Eingabe des Intervalles der Mittelwerte
- [M] - Anzeige der Mittelwerte als Polygonzug (dünne Linie = Mittelwerte, dicke Linie = Mittel aufeinanderfolgender Mittelwerte)
- [R] - lineare Regressionsrechnung mit der Funktion $x' = a + b * \sin(2\pi * \text{Phase})$
- [W] - weißer Bildhintergrund
- [S] - schwarzer Bildhintergrund
- [Ende] - **xK** wird auf 0 gesetzt - wenn Sie jetzt gar keine Datenpunkte mehr sehen, sollten Sie [Pos1] betätigen
- [Pos1] - die Daten werden in die Mitte der Darstellung gebracht:
 $xK = (x'_{\max} - x'_{\min}) / 2$
- [Bild↑] oder [Strg]+[↑] - verschiebt die Daten um 10 Pixel nach oben, **xK** wird um "10 Pixel" verringert
- [Bild↓] oder [Strg]+[↓] - verschiebt die Daten um 10 Pixel nach unten, **xK** wird um "10 Pixel" vergrößert
- [↑] - verschiebt die Daten um 1 Pixel nach oben, **xK** wird um "1 Pixel" verringert
- [↓] - verschiebt die Daten um 1 Pixel nach unten, **xK** wird um "1 Pixel" vergrößert
- [Strg]+[→] - verschiebt die Daten um 10 Pixel nach rechts, **tK** wird um "10 Pixel" verringert
- [Strg]+[←] - verschiebt die Daten um 10 Pixel nach links, **tK** wird um "10 Pixel" vergrößert
- [→] - verschiebt die Daten um 1 Pixel nach rechts, **tK** wird um "1 Pixel" verringert
- [←] - verschiebt die Daten um 1 Pixel nach links, **tK** wird um "1 Pixel" vergrößert
- [+] - Vergrößerung der Bezugsperiode P' um **Delta f'**

- [**-**] - Verringerung der Bezugsperiode P' um **Δf**
- [**Strg**]+[**+**] - Start einer fortlaufenden Vergrößerung von P'
- [**Strg**]+[**-**] - Start einer fortlaufenden Verringerung von P'
- [**D**] - Druck der Grafik auf dem in den Konfigurationen angegebenen Grafikdrucker
- [**Strg**]+[**Druck**] speichert Grafikbildschirm als PCX-Grafikdatei mit 256 Farben. Wenn Sie keinen Pfad angeben wird die Datei im PERIOD-Unterverzeichnis BILDER abgelegt
- [**Esc**] - Abbruch fortlaufender Veränderungen von P' ; vorzeitiger Abbruch des Grafikaufbaus bzw. Anzeige eines Funktionsfenster
- [**B**] - beendet die Grafik

Hinweis: Achten Sie bei der Regressionsrechnung darauf, daß sich der Nullpunkt der auszugleichenden sinusförmigen Schwingung im Koordinatenursprung des Phasendiagrammes befindet (Parameter **tK**).

Mausbenutzung: Ein Klick der **rechten** Maustaste läßt ein Funktionsfenster erscheinen, über welches Sie die wichtigsten Funktionen per Maus anwählen können.

3 Anhang

3.1 Verzeichnisstruktur und Dateien

\PERIOD	PERIOD .EXE	Programm PERIOD
	PERIOD .CFG	Konfigurationsdatei
	ASKONV .EXE	Konvertierung ASCII → PERIOD
	JPKONV .EXE	Konvertierung PC-JUPOS → PERIOD
	*****.BGI	Druck- und Grafiktreiber
	LITT .CHR	Grafikfont
	DPMI16BI.OVL	DPMI-Extender
	RTM.EXE	DPMI-Extender

Unterverzeichnisse unter \PERIOD:

\HILFE	Hilfdateien	
\DATEN	*****.DAT	Datendateien
\PARAMETR	*****.PPD	Einstellungsdateien
\RESULTS	*****.DEM	Ergebnisdateien
\RESULTS\COMMENTS	*.DOC	Dokumentationen

3.2 Literatur

- [1] *Deeming, T. J.:* FOURIER analysis with unequally spaced data. *Astrophysics and Space Science* **36** (1975), S. 137-158.
- [2] *Mettig, H.-J.:* Periodensuche in astronomischen Beobachtungsreihen: Anwendung nichtparametrischer Verfahren aus der Theorie Stochastischer Prozesse. Diplomarbeit TU Dresden, 1988.