

# Der periodische Fehler

## Teil 2 - Messung

*Jochen Borgert*

Im vorangegangenen Artikel (siehe „Andromeda“ 1/2011) wurde beschrieben, welche Ursachen der periodische Fehler einer parallaktischen Montierung hat und wie er sich praktisch auswirkt. In diesem Artikel soll nun eine Anleitung gegeben werden, den periodischen Fehler mit einer Webcam selber zu messen und zu analysieren.

Grundsätzlich läuft die Messung so ab, dass ein Stern bei eingeordeter Montierung (und natürlich eingeschalteter Nachführung) in das Bildfeld der am Teleskop montierten Webcam fokussiert eingestellt wird und die Position des Sterns über eine oder mehrere Schneckenumdrehungen in regelmäßigen Zeitabständen gemessen und aufgezeichnet wird. Die Position des Sterns im Bildfeld der Kamera wird sich im Verlaufe einer Schneckenumdrehung mehr oder weniger vom Startpunkt der Messung entfernen und zum Ende der Schneckenumdrehung wieder zum Ausgangspunkt zurückkehren. Diese Abweichung stellt den periodischen Fehler der verwendeten Montierung dar. Es ist darauf zu achten, dass zur Erlangung realistischer Ergebnisse die an vielen modernen Steuerungen vorhandene PEC-Funkti-

on (PEC = Periodic Error Correction) der Montierung ausgeschaltet ist. Die PEC-Funktion beruht darauf, dass der Benutzer in der Lernphase, die die Dauer einer Schneckenumdrehung hat, alle periodischen Fehler der Montierung per Handsteuerung korrigiert. Die Korrekturen werden von der Steuerung gespeichert und für alle weiteren Schneckenumdrehungen selbstständig weitergeführt.

Da viele Nachführfehler der Montierung so automatisch korrigiert werden, dürfte eine Messung des periodischen Fehlers bei eingeschalteter PEC-Funktion eine hervorragende Montierungsqualität vortäuschen.

Für die Messung kann fast jedes Teleskop verwendet werden. Zwei Anmerkungen seien mir hier aber erlaubt:

1.) Die Brennweite des Teleskops sollte nicht zu kurz sein.

Als Teleskop findet bei mir meistens ein Refraktor mit 80mm Öffnung bei einer Brennweite von 890mm Verwendung. Die von mir verwendete Philips ToU-Cam hat eine Pixelgröße von 5,6 Mikrometer. Die Formel gibt mit  $P$  an,

$$P = \frac{206 \cdot p}{f}$$

$p$ =Pixelgröße der verwendeten Kamera in Mikrometer,  $f$ =Brennweite des verwendeten Teleskops in Millimeter

wie viele Bogensekunden das pro Pixel abgebildete Himmelsareal hat.

Das bei einer Brennweite von 890mm auf ein Pixel abgebildete Himmelsareal beträgt etwa 1,3 Bogensekunden. Findet ein Teleskop/Teleobjektiv mit z. B. nur 250mm Brennweite Verwendung, werden schon 4,6 Bogensekunden auf einem Pixel abgebildet. Damit kann es, bei einer präzisen Montierung, vorkommen, dass sich große Teile des periodischen Fehlers der Montierung innerhalb eines Pixels abspielen. In einem solchen Fall ist es denkbar, dass die Genauigkeit der Messung leidet, da fraglich ist, wie präzise die Messung der Sternposition sozusagen „innerhalb“ eines Pixels, also subpixelgenau, funktioniert. Viele moderne Nachführprogramme erlauben eine subpixelgenaue Messung, sodass es durchaus möglich ist, ein Fototeleskop mit vielleicht 1000mm Brennweite mit einer Leitrohrbrennweite von nur 200mm sauber fotografisch nachzuführen. Ich weiß aber leider nur nicht, ob K3CCD-Tools, die Software die hier zur Bestimmung des periodischen Fehlers herangezogen wird, diese Möglichkeit bei der Bestimmung eines periodischen Fehlers auch bietet. Deshalb meine Empfehlung, keine extrem geringe Brennweite zur Messung zu verwenden.

2.) Das Teleskop sollte eine ordentliche Abbildungsleistung haben. Schlechte

Teleskope neigen dazu, eigentlich runde Sterne als kleine Kreuze, Striche oder Ähnliches abzubilden. Dies kann, wie ich aus eigener Erfahrung berichten kann, die verwendete Software durchaus verwirren und eine Messung ruinieren. Beispielsweise hatte der anfänglich von mir verwendete Off-Axis-Guider die Angewohnheit, alle Sterne als Doppelsterne darzustellen. Daher konnte sich die Nachführsoftware nicht entscheiden worauf sie nachführen sollte. Sie entschied sich einfach zwischen den nebeneinander liegenden Helligkeitszentren hin- und her zu springen (und die Aufnahme zu versauen).

Als Software zur Messung des periodischen Fehlers verwende ich, wie bereits gesagt, im ersten Schritt eine Version von K3CCD-Tools, die unter <http://www.pk3.org/Astro/index.htm?k3ccdtools.htm> im Internet zu finden ist.

Netterweise findet sich neben der aktuellen Version zum Preis von 49,99 Dollar auf der Seite auch die alte Version 1.1.7.541, die für den eigenen Gebrauch kostenlos ist. Allerdings muss hierzu alle 3 Monate ein neuer Software-Schlüssel herunter geladen werden. Dieser wird beim erstmaligen Starten der Version nach Ablauf der Frist per „copy and paste“ wieder eingegeben. Die kostenlose Version ist für unser Ziel, den periodischen Fehler

einer Montierung zu bestimmen, völlig ausreichend.

Zur Durchführung der Messung baut man also die zu testende Montierung poljustiert mit einem Teleskop nicht zu kurzer Brennweite auf und sucht sich einen Stern im Süden, der sich etwa in der Nähe des Himmeläquators aufhält. Zur späteren Auswertung ist es sinnvoll, sich die Deklination des Sterns zu notieren. Um eine optimale Leistung der Montierung zu gewährleisten wird oft empfohlen, die Gegengewichte auf der Gegengewichtsstange so zu positionieren, dass das Teleskop ein leichtes Übergewicht nach Osten hat, damit die Schnecke während der Nachführung gut an das Schneckenrad angedrückt wird und nicht hin und her pendelt.

Um schon während der Messung eine realistische Darstellung des Nachführfehlers zu bekommen, sollte man in K3CCD vor Beginn der ersten Messung unter dem Punkt „Options“ und dem Unterpunkt „Telescope and CCD Camera Settings“ Öffnung und Brennweite des verwendeten Teleskops, wie auch die Pixelgröße der verwendeten Kamera angeben. Die Brennweitenangaben der Teleskophersteller sind oft nicht auf den Millimeter genau. Beispielsweise habe ich die Brennweite meines Vixen 80Mf, die mit 910mm angegeben ist, selber zu 890mm bestimmt. Hier ist, falls die

Messung besondere Bedeutung hat, z. B. in einem Konflikt mit einem Händler, eine gewisse Sorgfalt geboten.

Die Angabe zu „Barlow / Reducer“ auf diesem Reiter bezieht sich auf verwendete Optiken zur Verlängerung oder Verkürzung der Brennweite des verwendeten Teleskops. Hätte beispielsweise das Teleskop eine nur kurze Brennweite, könnte man diese z. B. mit einer 2fach Barlowlinse verdoppeln. Unter „Barlow/Reducer“ wäre dann „2,00x“ einzutragen.

Den gesuchten Stern fokussiere man für die Webcam und positioniere ihn, etwa unter Zuhilfenahme des unter K3CCD einblendbaren Fadenkreuzes, in der Mitte des Bildfeldes.

Als nächstes drehe man die Webcam im Auszug, sodass der Stern bei ausgeschalteter Nachführung waagrecht aus dem Bildfeld der Kamera läuft. Dies kann man gut mit dem Schnelllauf der Steuerung und dem Fadenkreuz bewerkstelligen. Ist das geschafft, gilt es den Stern wieder in das Fadenkreuz zu holen. Dies ist nicht unbedingt notwendig, gewährleistet aber, dass der Stern auch bei großen Abweichungen nicht sofort aus dem Bildfeld der Kamera wandert. Jetzt wird der sogenannte „Drift Explorer“ interessant. Dieser Knopf findet sich rechts neben dem Fadenkreuz. Hier anklicken und es erscheint das Fenster, in dem die Abweichung des gewählten Sterns,

ausgedrückt in Bogensekunden, von der Mitte in Rektaszension und Deklination angegeben wird. Oben im Drift Explorer finden wir drei Knöpfe. Drückt man den ganz linken Knopf (Target), so kann man per Anklicken mit dem Mauszeiger im Videobild einen zu messenden Stern angeben. Dessen Position bzw. dessen Abweichung wird dann im Fenster des Drift-Explorers dargestellt.

Der ganze rechte Knopf (Log to file) speichert die gemessenen Positionen in einer .log-Datei im Programmordner von K3CCD-Tools. Anhand dieser Datei kann der aufgenommene periodische Fehler später noch genauer ausgewertet werden.

Man hat in diesem Fenster ganz unten die Möglichkeit das sog. „Intervall“ einzustellen. Dieses Intervall gibt an, in welchen zeitlichen Abständen die Abweichung des Sterns von der Mittenposition gemessen wird. Die Abstände sind beliebig. Man könnte zur Orientierung etwa folgende Rechnung aufstellen: Das in K3CCD-Tools angezeigte Fenster zur Darstellung des Nachführfehlers hat eine Breite von 256 Pixel. Dauert eine Schneckenumdrehung meiner Montierung nun 10 Minuten (wie bei der Vixen GP, GP-DX), also 600 Sekunden, sollte etwa alle  $600 \text{ Sekunden} / 256 = 2,4 \text{ Sekunden}$  oder 2400 Millisekunden eine Messung der Sternposition vorgenommen werden, damit würde dann genau eine

Schneckenumdrehung in dem Fenster von K3CC-Tools dargestellt. Da ich die Auswertung der Messung sowieso erst später durchführe, mache ich alle 500 bis 1000 Millisekunden eine Messung, um auch schnelle Ausreißer der Montierung aussagefähig „abtasten“ zu können.

Ist die Messung, etwa über zwei Schneckenumdrehungen, im Kasten, kann die Messung beendet und das Teleskop wieder abgebaut werden. Zur Auswertung der aufgenommenen Messung verwende ich gerne „PEAS“ von Karel Siman. Diese Software findet man unter **[http://www.grecner.cz/astro/peas\\_a.htm](http://www.grecner.cz/astro/peas_a.htm)**.

Bei der Verwendung dieser Software muss zuerst eine Quelle zur Auswertung angegeben werden. Bei dieser Abfrage wählen wir natürlich das von uns verwendete K3CCD-Tools. Weiter geht es mit einer Abfrage von Pixelgröße der verwendeten Kamera, der Brennweite des verwendeten Teleskops und der Deklination des zur Messung verwendeten Sterns, die wir uns hoffentlich notiert haben. Alle diese Angaben sind notwendig, um den periodischen Fehler korrekt in Bogensekunden angeben zu können.

Ist das erledigt, gibt PEAS eine grafische Darstellung des periodischen Verhaltens der getesteten Montierung wieder. Wie eine solche Darstellung zu interpretieren ist, wurde ja bereits

im ersten Artikel behandelt. Hier sei nur auf eine weitere Anzeige in PEAS verwiesen, die die Interpretation des periodischen Fehlers verfeinert. Unter der grafischen Anzeige des periodischen Fehlers finden wir eine mit „FFT“ bezeichnete Darstellung. „FFT“ ist die Abkürzung für „Fast Fourier Transformation“, eine in weiten Bereichen der Optik sehr wichtige mathematische Operation. Die Idee hinter der FFT ist, dass sich jede Schwingung, und nichts anderes ist ein solcher periodischer Fehler, aus einer Überlagerung von sinusförmigen Schwingungen unterschiedlicher Wellenlänge und Wellenhöhe erzeugen lässt. Diese Operation erlaubt es uns also zu untersuchen, welche Einzelschwingungen sich in einem solchen periodischen Fehler verstecken. Ein idealer periodischer Fehler, der völlig sinusförmig verlaufen würde, würde in der FFT-Analyse nur eine Spitze bei der Dauer einer Schneckenumdrehung zeigen. Je mehr und größere Spitzen bei kurzen Zeiten in der FFT-Analyse auftauchen, desto unruhiger verläuft der periodische Fehler und desto vorsichtiger sollte man hinsichtlich der fotografischen Tauglichkeit dieser Montierung sein. Erläuterndes dazu wurde ja bereits im ersten Artikel zum periodischen Fehler geschrieben.