

Der periodische Fehler – Ursprung und Auswirkungen

Jochen Borgert

Der so genannte periodische Fehler, oder auch einfach PE („periodic error“) genannt, hat Karriere gemacht. Am Anfang meiner aktiven Astro-Laufbahn vor etwa 20 Jahren schwiegen sich Käufer und Verkäufer beim Handeln mit Montierungen über dieses Thema vielfach aus. Mutige Hersteller machten zwar Angaben über die Beträge der periodischen Fehler ihrer Montierungen, diese waren aber für Amateurastronomen nur schwer nachprüfbar. Ich erinnere mich dunkel, dass z. B. Vixen damals für die Vixen SP-DX und GP-DX-Montierungen einen Fehler von ± 7 Bogensekunden angab. Was das bedeutet, werden wir im folgenden Beitrag sehen.

Mit zunehmender Verfügbarkeit von Webcams, Notebooks und Software bekam dann jeder Sternfreund ein Werkzeug an die Hand, die Angaben von Herstellern und Verkäufern hinsichtlich dieses Fehlers zu überprüfen. Als Folge dieser neuen Möglichkeiten ist der periodische Fehler zu einem fast kaufentscheidenden Kriterium bei der Anschaffung einer Montierung geworden. Viele Hersteller ziehen die grafische Darstellung des periodischen

Fehlers ihrer Montierungen zu Werbezwecken heran, viele Käufer prüfen nach dem Erwerb einer Montierung diesen Fehler sofort nach (ich auch).

Im Rahmen dieses Artikels soll ein kurzer Einblick in den mechanischen Ursprung des periodischen Fehlers gegeben werden, wobei ich aber zugegebenermaßen kein Maschinenbauer oder ähnliches bin. Unpräzise Formulierungen mögen mir von den Experten verziehen werden. Zudem werden reale Beispiele für periodische Fehler dargestellt und besprochen. Bei den Messungen der dargestellten periodischen Fehler war ich anwesend oder ich habe sie selber durchgeführt.

Insgesamt ist es das Ziel, dem Leser die Möglichkeit zu geben, Aussagen zum periodischen Fehler zu verstehen und für sich zu bewerten. In diesem Sinne ist es eigentlich zwingend, die Messung des periodischen Fehlers ausführlich darzustellen, um dem Leser so das eigentliche Werkzeug an die Hand zu geben. Dies kann in einem späteren Artikel geschehen.

Maßstab der Nachführungsgenauigkeit einer Montierung ist die scheinbare Bewegung der Sterne am Firmament. Diese Bewegung so genau wie möglich durch die motorische Rotation um die Rektaszensionsachse auszugleichen und dabei ein Teleskop stabil zu tragen, ist Hauptaufgabe jeder parallaktischen Montierung.

Wie genau eine Montierung die (relativen) Bewegung der Sterne am Himmel nachführt, wird im Regelfall anhand des sog. „Periodischen Fehlers“ einer Montierung angegeben. Bei den handelsüblichen Montierungen wird eine Schnecke über ein kleines Getriebe durch einen Motor in Drehung gesetzt und treibt ein Schneckenrad an, welches die Rektaszensionsachse (oder –welle) mit der Winkelgeschwindigkeit der Sternbewegung dreht. Pro einer Umdrehung der Schnecke dreht sich das Schneckenrad um einen Zahn weiter. Da die vollständige Umdrehung der Sterne um den Himmelspol 24 Stunden, also 1440 Minuten dauert, und das Schneckenrad beispielsweise der Vixen GP-DX-Montierung 144 Zähne hat,

dreht sich die Schnecke alle 10 Minuten einmal und treibt das Schneckenrad jeweils einen Zahn weiter. Da die Schnecken in der Regel zwar präzise, aber nicht perfekt hergestellt sind, haben sie Fehler in der Form von kleinen Erhebungen und Vertiefungen, die dazu führen, dass sich das Schneckenrad mal schneller und mal langsamer dreht, als es sich bei einer perfekten Nachführung der Himmelsdrehung eigentlich bewegen müsste. Da sich die Fehler einer solchen Schnecke bei

jeder Schneckenumdrehung wieder auswirken, die Nachführung also im Laufe einer Schneckenumdrehung um die ideale Geschwindigkeit pendelt, spricht man vom „Pendelfehler“. In den Kreisen der Amateurastronomen hat sich hierfür aber vielfach der Begriff des „Periodischen Fehlers“ (PE) einer Montierung durchgesetzt.

Betrachten wir die folgende Abbildung:

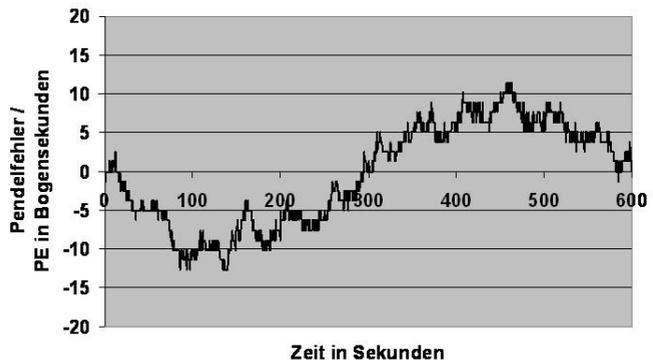


Abb. 1: Der gemessene Pendelfehler einer Vixen GP-DX

Die Abbildung stellt den Nachführfehler einer Vixen GP-DX-Montierung dar. Wie bereits geschrieben, dauert eine Schneckenumdrehung genau 10 Minuten, also 600 Sekunden. Dies lässt sich in der obigen Kurve daran erkennen, dass nach genau 600 Sekunden die annähernd sinusförmige Schwingung ihren Ausgangspunkt wieder erreicht. Eine Angabe des Pendelfehlers erfolgt

meistens in Bogensekunden und gibt an, um welchen Betrag die Nachführung der Montierung um die perfekte Nachführung, also jederzeit die exakte Winkelgeschwindigkeit der Sterne, pendelt. Manche Montierungen gönnen sich hier gerne schon mal ± 30 Bogensekunden oder mehr, d. h. mal schleichen sie im Verlauf einer Schneckenumdrehung den Sternen 30 Bogensekunden hinterher, zu anderer Zeit, natürlich immer noch während einer Schneckenumdrehung, sprinten sie den Sternen 30 Bogensekunden voraus. Absolut pendeln sie also in einem Bereich von 60 Bogensekunden.

Die obige Montierung pendelt in einem Bereich von etwa ± 10 Bogensekunden, was zwar nicht genau den Angaben von Vixen entspricht, aber dennoch ein ordentlicher Wert ist. Die hochfrequente Schwingung im Bereich von etwa 2 – 4 Bogensekunden, die der ganzen Kurve überlagert ist, ist das seeingbedingte Zittern des Sterns und kein Fehler der Montierung. Wir werden dieses Zittern bei den noch folgenden Kurven wieder sehen.

Die Ungenauigkeiten der Schnecke sind nicht die einzige Quelle von Fehlern, die die Nachführgenauigkeit der Montie-

rung beeinflussen. Das der Schnecke vorgelagerte Getriebe, die Lagerung der Schnecke, also die Mechanik, die die ortsfeste Drehung der Schnecke gewährleisten muss (Lagerböcke) und auch das Schneckenrad können Fehlerquellen sein. Beispielsweise können sich im Schneckenrad noch Späne von der Herstellung finden, die sich auf die Nachführung sehr negativ auswirken können.

Wie man sieht, gibt es viele Möglichkeiten für eine Montierung, Fehler in der Nachführung zu produzieren. Zugegebenermaßen überspitzt formuliert: mit abnehmender Preisklasse der Montierung gewinnen die oben aufgezählten Fehlerquellen an Bedeutung.

Nehmen wir die etwa in den letzten 10 Jahren sehr in Mode gekommenen Montierungen von Skywatcher (HEQ5, EQ6): Parallaxische Montierungen

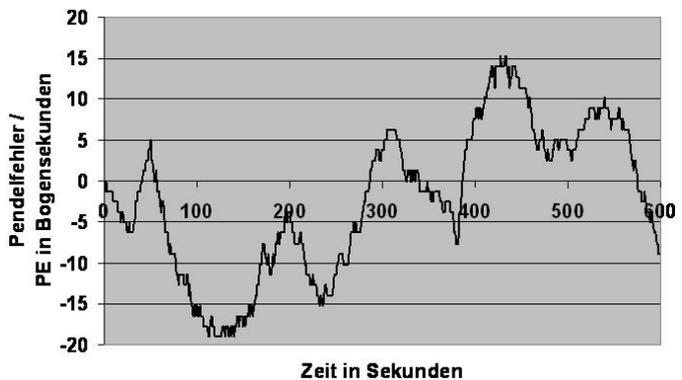


Abb. 2: Der gemessene Pendelfehler einer Skywatcher H-EQ 5

mit großer Tragfähigkeit zu kleinen Preisen. Eigentlich ein Traum, aber ein Traum, dem mit gesunder Skepsis begegnet werden sollte. Im Internet finden sich nach kurzer Suche zahlreiche Erfahrungsberichte zu diesen Montierungen, die die Nachführgenauigkeit als Problem benennen. Beispielhaft sei hier der gemessene Fehler einer H-EQ5 dargestellt (bei der ich für die Grafik angenommen habe, dass eine Schneckenumdrehung auch 600 Sekunden dauert, da ich keine genaueren Informationen finde).

Vergleichen wir diesen Pendelfehler mit dem Pendelfehler der GP-DX stellen wir fest, dass der Betrag des Fehlers mit etwa ± 17 größer und der Fehler zudem deutlich unruhiger ist.

Für visuelle Beobachtungen sind Montierungen mit großen und unruhigen periodischen Fehlern durchaus geeignet. Man muss schon sehr genau hingucken, um das Umherwandern des Beobachtungsobjektes im Gesichtsfeld aufgrund des periodischen Fehlers überhaupt wahrzunehmen und als störend zu empfinden.

Bei astrofotografischen Anwendungen hingegen tritt das Problem der ungenauen Nachführung stark in den Vordergrund.

Heutige Astrofotografen vertrauen oft auf den Einsatz eines „Autoguider“. Damit ist eine kleine Kamera am Leitfernrohr oder Off-Axis-Guider

gemeint, die permanent die Ist-Position eines Leitsterns überwacht und bei Abweichungen dieses Sterns von der vorher festgelegten Soll-Position Signale an die Montierung übermittelt, diese Abweichung durch Veränderung der Motorgeschwindigkeit zu korrigieren. Je größer nun der auftretende Nachführfehler ist und je schneller er auftritt, umso schneller muss die Nachführkorrektur funktionieren. Tritt ein Nachführfehler nun sehr schnell auf, kann es vorkommen, dass die Nachführkorrektur nicht mehr ausreichend schnell korrigieren kann und sich Nachführfehler einschleichen. Bei der oben gemessenen H-EQ5 könnten Schwierigkeiten dieser Art etwa bei 390 Sekunden auftreten. Dort durchläuft die Nachführung eine Abweichung von 10 oder mehr Bogensekunden in einem Zeitraum von etwa 10 Sekunden. Probleme dieser Art können den eigentlich sehr schönen Teilbereich „Astrofotografie“ des Hobbys Astronomie schnell zu einer frustrierenden Angelegenheit werden lassen, die ihren Reiz verliert. Aus dieser Perspektive ist es kein Wunder, dass die meisten Sternfreunde, die sich dem Bereich Astrofotografie verschrieben haben, früher oder später viel Geld spielen lassen, um Montierungen der für Qualität bekannten Hersteller (z. B. Astro Physics, Takahashi, Alt) zu erwerben, obwohl es Montierungen mit vergleichbarer Tragfähigkeit von Skywatcher zu einem Bruchteil (!) des

Preises gibt. Beispielsweise legt man aktuell für eine Skywatcher EQ6 Sky-scan mit einer offiziellen Tragfähigkeit von etwa 16-18 Kilogramm ca. 1200 Euro auf den Tisch, während Takahashi für eine EM200 Temma 2M, ebenfalls mit einer offiziellen Tragfähigkeit von etwa 16-18 Kilogramm, ca. 6600 Euro sehen möchte.

Wo das Geld bleibt, klärt sich bei der Betrachtung der folgenden Fehlerkurve einer Takahashi EM200. Das Schneckenrad dieser Montierung hat 180 Zähne, so dass eine Schneckenumdrehung $1440 \text{ Minuten} / 180 = 8 \text{ Minuten} = 480 \text{ Sekunden}$ dauert.

güder stellt dieser Fehler überhaupt kein Problem dar.

Aber keine Sorge, die Erkenntnis aus diesem Artikel soll nicht sein, dass der angehende Astrofotograf fast den Gegenwert eines Kleinwagens in eine Montierung stecken muss, um in den paar klaren Nächten pro Jahr gute Astrofotos machen zu können. Denn auch mit einer preiswerten Montierung lässt sich erfolgreich fotografieren, so man denn bereit ist, Arbeit, Zeit und möglicherweise Geld in die Optimierung der Montierung und der Nachführung zu investieren.

Nehmen wir als Beispiel wieder die weit verbreitete Skywatcher EQ6. Im Internet finden sich zahlreiche Beispiele für die periodischen Fehler dieser Montierung. Diese Fehler lassen sich aber verbessern, beispielsweise durch den Austausch des Fettes der

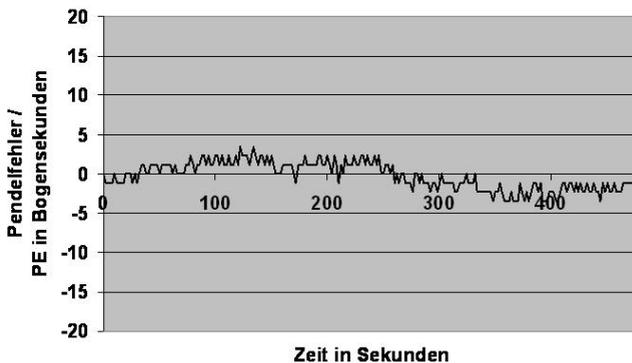


Abb. 3: Der gemessene Pendelfehler einer Takahashi EM200.

Hier handelt es sich um den periodischen Fehler einer Takahashi EM200. Die Amplitude des periodischen Fehlers liegt bei etwa ± 4 Bogensekunden und tritt im Verlaufe einer Schneckenumdrehung sehr ruhig und gleichmäßig auf. Für einen Auto-

Montierung, durch den Einbau neuer Getriebe oder Lager von Qualitätsherstellern. Dass dies einen teilweise erheblichen Zeit- und Geldaufwand bedeutet, dürfte klar sein.

Dass der Bedarf zur Optimierung, auch bei hochpreisigen Montierungen, vom Markt erkannt worden ist, zeigt das Beispiel Ovision. Dieser Hersteller hat

sich darauf spezialisiert, gegen entsprechende Bezahlung, Schnecken von sehr hoher Qualität für Montierungen des amerikanischen Hersteller Losmandy zu liefern. Händler von Losmandy-Montierungen nennen für die G11-Montierungen einen periodischen Fehler von ± 10 Bogensekunden, während mit nachgerüsteten Ovision-Schnecken periodische Fehler von etwa ± 3 Bogensekunden (oder weniger) erreicht werden können. Natürlich hat der Spaß seinen Preis in Höhe von etwa 400 bis 500 Euro. (<http://www.ovision.com/>).

Vielleicht können wir die Erkenntnis aus diesem Artikel unter dem Leitsatz „You get what you pay for“ zusammenfassen.

Gute Astrofotos sind auch mit billigen Montierungen möglich. Dies erfordert aber die Bereitschaft, Geld und Zeit in die Verbesserung der Ausrüstung zu stecken und so manche frustrierende Nacht mit der Optimierung der Nachführung zu verbringen (oder aber Einschränkungen bei Belichtungszeit oder Brennweite zu akzeptieren). Wer dazu nicht bereit ist und auf Nummer sicher gehen will, sollte tatsächlich zu den hochpreisigen Produkten greifen, denn dort ist die Wahrscheinlichkeit selber Hand anlegen zu müssen annähernd gleich Null.

Auf der Website „<http://demeautis.christophe.free.fr/ep/pe.htm>“ sind die gemessenen periodischen Fehler zahl-

reicher Montierungen zu finden. Für potentielle Montierungskäufer sicher nicht uninteressant.

Auch sollte der Blick nicht alleine auf den periodischen Fehler gerichtet werden. Qualitätsunterschiede zwischen Montierungen findet man im praktischen Einsatz schnell. Wie präzise und stabil funktioniert die Poljustage einer Montierung? Die ersten EQ6-Montierungen wurden beispielsweise ohne notwendige Markierungen am Polsucher ausgeliefert. Hier mussten die Käufer nacharbeiten. Oder aber wie verhält sich der so genannte „Totgang“ in Deklination? D. h. wie lange muss nach einem motorischen Richtungswechsel in Deklination, bedingt etwa durch das Getriebeispiel, gewartet werden, bis die Montierung sich tatsächlich bewegt?

Erfahrungen mit Vixen SP und GP-Montierungen zeigten hier jeweils Verzögerungen im Bereich von etwa 6 bis 7 Sekunden, während die Takahashi-Montierungen, die ich kenne, sich hier mit etwa 1 bis 2 Sekunden begnügen.

Sicher sind das keine kaufentscheidenden Kriterien, dennoch sollten auch Überlegungen in diese Richtung vor dem Montierungskauf angestellt werden. Der Teufel steckt hier oft im Detail. Die wirklich guten Nächte in Deutschland sind zu rar, als dass sie mit Ärger und Frustration über Mängel der Ausrüstung verbracht werden sollten!