Das eigene Fernrohr richtig ausrichten : der verflixte Nordpol

Autor(en): **Rehsteiner, Fritz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **66 (2008)**

Heft 348

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897844

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Das eigene Fernrohr richtig ausrichten

Der verflixte Nordpol

Von Fritz Rehsteiner

Nicht jeder Hobby-Astronom hat das Glück, sein Instrument an vor Licht und Regen geschütztem, leicht zugänglichem und erst noch oft mit klarem Himmel versehenem Ort fest installieren zu können. Für uns Andere steht am Anfang jeden Astro-Erlebnisses das Ausrichten der Stundenachse auf den Nordpol.

Fokal-Aufnahme des Grossen Orion-Nebels (Norden ist links) mit Newton Reflektor, f = 1200 mm, D = 200 mm, vom 24. Februar 2008. Das Bild entspricht einem Himmelsausschnitt von etwa 1.2° x 0.8°. Die Stundenachse wurde gemäss der hier beschriebenen Methode auf den Norpol ausgerichtet. Die Belichtung betrug 2 Minuten, Film Kodak Ultramax ISO 400. (Foto: Fritz Rehsteiner)

Moderne, voll digitalisierte und mit computerisierter Steuerung versehene Instrumente vollziehen das Ausrichten (und in der Folge auch das Auffinden und Nachführen der gewählten Himmelsobjekte) zwar weitgehend automatisch und selbstständig. Es soll aber immer noch Kollegen geben (der Autor gehört dazu), welche ihr Fernrohr nach alter Sitte mit Sternkarte, Suchfernrohr und Fadenkreuz ausrichten, «so gut es eben geht». An sie richtet sich dieser Aufsatz.

Die gute Ausrichtung eines parallaktisch montierten Teleskops parallel zur Erdachse bzw. zum geografischen Nordpol ist besonders kritisch für die Langzeit-Fotografie. Während die Nachführung in Richtung der Erddrehung mit einem guten Antrieb meist recht gut zu bewältigen ist, können schon geringe Ausrichtefehler zu Auswanderungen senkrecht zur «Hauptbewegung» (also in Deklinationsrichtung) führen, welche schwierig festzustellen und zu korrigieren sind. Beim «Projektions-Fotografieren» mit eingesetztem Okular entfällt auch die Kontrolle mittels eines Off-Axis Guiders, sodass der Erfolg ausschliesslich von der guten Achs-Ausrichtung abhängt.

Es gibt mehrere Vorschläge, um dieses Ausrichten mit «klassischer Technik» recht gut zu bewältigen. Dr. Paul-J. Hahn stellt in [1] die beiden optischen Hilfsgeräte Polstrichplatte und Projektionskollimator vor, welche die Ausrichtung «mit hoher Genauigkeit», aber nicht ohne beträchtlichen apparativen Aufwand gestatten. In [2], Chap. 3.8., beschreibt Daniel Cevey ähnliche Methoden, bei welchen ebenfalls optische Schablonen das Auge unterstützen. Bei der Scheiner-Methode [3] wird die «Fehler-Bewegung» eines Prüfsterns beim (je nachdem: Klein- oder grossräumigen) Drehen des Teleskops um die Stundenachse beobachtet und, wenn möglich, korrigiert. Sie dürfte erst recht aufwendig sein und damit viel Zeit – zu viel für einen einfachen Beobachtungsabend – beanspruchen. In [4] wird die präzise Ausrichtung der Stundenachse unter Berücksichtigung der atmosphärischen Refraktion untersucht, wodurch nahezu fehlerfreie Aufnahmen mit bis zu 6 Stunden Belichtungszeit möglich werden. Entsprechend gross ist der Aufwand.

Das hier gezeigte, rein empirische Ausrichten an Hand eines geeigneten Sternkarten-Ausschnittes ist zwar vergleichsweise primitiv, kann aber – wie noch gezeigt wird – eine in vielen Fällen genügende Genauigkeit mit tragbarem Zeitaufwand (etwa einer Viertelstunde) ergeben.

Ein weiterer Lösungsvorschlag

Das folgende Vorgehen sollte rasch ein befriedigendes Ergebnis erzielen lassen:

- Grundsätzlich: Die optischen Achsen des Fernrohrs und des Suchfernrohrs sowie die (mechanische) Stunden- bzw. Nachführ-Achse müssen mit hoher Genauigkeit (Toleranz: wenige Bogenminuten) zueinander parallel sein. Dazu, wie dies erreicht werden kann, werden in der Literatur mehrere Methoden (die meisten bei Tage durchführbar) empfohlen, weshalb hier auf weitere Hinweise verzichtet wird.

- Zu Beginn jeder Beobachtung: Ausrichtung des Suchfernrohrs auf den geografischen Nordpol an Hand einer geeigneten Sternkarte, jedoch ohne weitere Hilfsmittel. Dies wird im Folgenden beschrieben.

In [3], Seite 40 wird lapidar empfohlen, das Fernrohr am Ende der Justierung «auf den Himmelspol auszurichten», dessen genaue Lage der Sternkarte zu entnehmen sei. Die dem Verfasser bekannten Sternkar-

ten [5], [6], [7] zeigen jedoch die Umgebung des Nordpols bei Weitem nicht in der erforderlichen Detaillierung. Zusätzlich ist die Umgebung des Nordpols – mit Ausnahme des Polarsterns – sehr arm an genügend markanten Sternen: Innerhalb eines Kreises von 3° Durchmesser finden sich gerade 3 Sterne heller als 7 mag. Im unmittelbaren Umfeld des Pols, etwa im Umkreis von 0.2°, dürfte kein Stern heller als 10 mag sein und sich allenfalls als Orientierungshilfe eignen.

Dagegen hängt die erforderliche Präzision der Achsenausrichtung natürlich stark vom geplanten Einsatz ab, siehe auch Abschnitt «Wie genau ist „genügend genau?"» auf Seite 7. In [3], Kapitel 2.3, wird für Belichtungszeiten bis zu einer Stunde eine «Restabweichung von einer Bogenminute binnen 15 Zeitminuten» als oft genügend beurteilt. Ein vom Verfasser in Fokaltechnik aufgenommenes Bild des grossen Orion-Nebels (siehe Bild zu Beginn dieses Aufsatzes) lässt eher eine Restabweichung von etwa 0.3 Bogenminuten unabhängig von der Belichtungszeit als wünschbar erscheinen. Dies dürfte mit dem hier dargestellten Vorgehen noch realisierbar sein. Für weiter gehende Verfeinerungen sind jedoch aufwendigere Verfahren notwendig (siehe erster Abschnitt Seite 5), welche an der Grenze des mit einem transportablen Teleskop noch Machbaren liegen.

Sternkarte der Pol-Umgebung und geeignetes Orientierungs-Instrument

Welchen Anforderungen soll unsere Ausrüstung genügen, um eine genügend genaue Ausrichtung der Teleskop-Achse «am Himmel» zu ermöglichen?

a) Die Sternkarte der Pol-Umgebung muss genügend Information enthalten, und das Ausrichte-Instrument muss diese «liefern», um eine Orientierung überhaupt zu ermöglichen.

b) Der Kartenmassstab muss die Pol-Lage mit der erforderlichen Genauigkeit wiedergeben.

c) Die Karte soll bezüglich Bildausschnitt und erkennbarer Details den Eigenschaften des für die Ausrichtung gewählten Instrumentes angepasst sein.

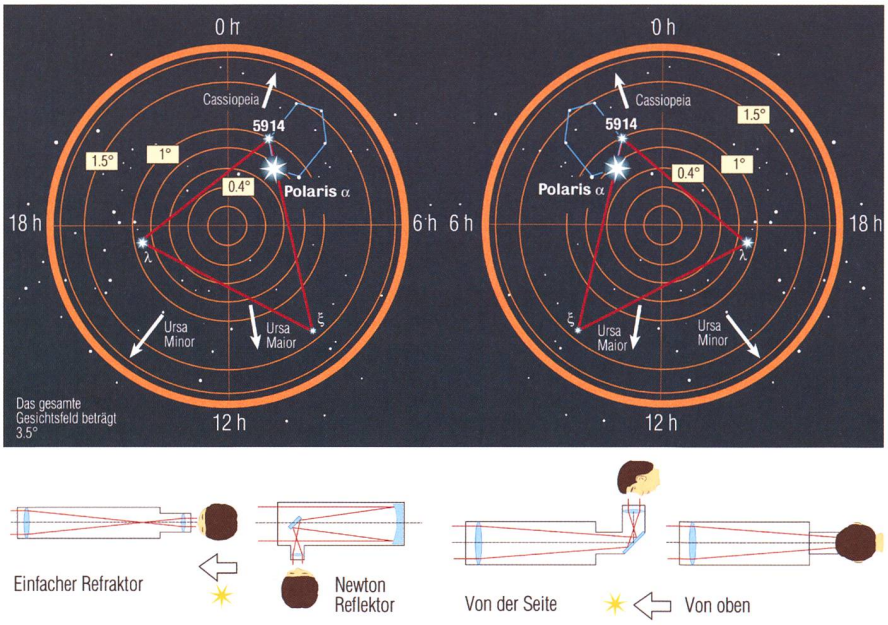
Sternbezeichnung (siehe Fig. 1 und 2)	Helligkeit	Rektaszension RA [Std / Min]	Deklination δ [90° - δ]
α Ursae minoris (Polaris)	1.97 mag	02 h 32 min	0° 44' 09"
λ Ursae minoris	6.31 mag	17 h 17 min	0° 57' 44"
5914 Ursae minoris	6.46 mag	01 h 34 min	0° 59' 03"

a) bedeutet, dass der Kartenausschnitt genügend gross ist, um mindestens 3 Orientierungssterne zu enthalten. In Polnähe eignet sich hierfür eine Kreisfläche von 3° bis 4° Durchmesser.

Zu b) sei angenommen, dass eine Genauigkeit bzw. Auflösung der Sternkarte (und somit auch des für die Achs-Ausrichtung verwendeten Fernrohrs) von 1' (Bogenminute) genüge. Die Ablesegenauigkeit auf der Karte dürfte anderseits bei ½ mm bis 1 mm liegen, womit sich ein Kartenmassstab von 30 bis 60 mm pro Grad empfiehlt.
Ohne die Anforderungen an das Ausrichtungs-Instrument im Detail zu analysieren, darf wohl angenommen werden, dass ein gutes Suchfernrohr sie meistens zufriedenstellend erfüllt. Der Autor verwendet an seinem 8" Newton einen Such-Refraktor von 50 mm Apertur und 8x Vergrösserung mit gutem Erfolg. Es sei hier nochmals darauf hingewiesen, dass wesentlich ausgefeiltere Hilfsmittel nur wenig zusätzlichen Nutzen bringen, da sie die Ausrichte-Methode des «Schätzens und Interpolierens» als begrenzenden Faktor nicht ändern.
Ein fast triviales, praktisch aber nicht ganz unwichtiges Phänomen ist die Bilddrehung (siehe Fig. 1 und 2). Während das «astronomische Fernrohr» (Keplerscher Refraktor) und der Newton Reflektor (wohl auch der Cassegrain Reflektor) ein, wenn auch verkehrtes, so doch seitenrichtiges Bild liefern, führt ein Zenitprisma zu einem spiegelverkehrten Bild. Da Suchfernrohre sehr oft ein solches aufweisen, muss dieser Umstand auch bei der Sternkarte berücksichtigt werden.

Beschaffung einer geeigneten Sternkarte

Wie bereits erwähnt, ist dem Verfasser keine Sternkarte der Nordpol-Umgebung bekannt, welche den im vorangegangen Abschnitt erwähnten Bedingungen genügt. Im «Google» Suchprogramm (Internet) konnte jedoch eine Abbildung der Pol-Umgebung gefunden werden, welche sich als Basis zur Herstellung der Karte (Fig. 1 und 2) als



Figur 1 (links): Kartenausschnitt der Pol-Umgebung: Ansicht von blossem Auge, im Feldstecher oder im Einfachen Refraktor, Newton Reflektor u.a.m.: Seitenrichtig, aber «auf dem Kopf». Figur 2 (rechts): Kartenausschnitt der Pol-Umgebung; Ansicht im «astronomischen Fernrohr» mit Zenitprisma: gespiegelt / seitenverkehrt.

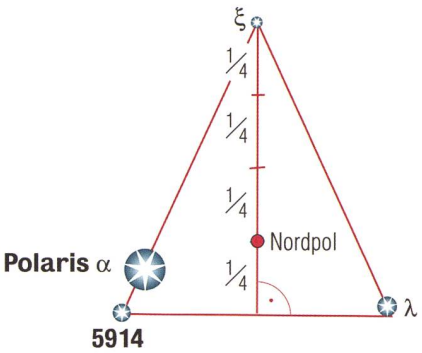
tauglich erwies. Sowohl Informationsgehalt als auch Genauigkeit und Winkeltreue sind bei geeignetem Abbildungsmassstab (z.B. 1° ~ 3 cm) ausreichend. Eine mindestens ebenso gute Ausgangsbasis kann man sich selbst mit einer entsprechenden Aufnahme, z.B. mit einem Teleobjektiv, beschaffen.
Grössenmassstab, Orientierung sowie die Lage des geografischen Nordpols als Ursprung des Koordinatensystems können an Hand der Sternkoordinaten (Tabelle Seite 6) bestimmt werden, welche der Wikipedia-Information zu «Ursa minor» (../List_of_stars_in_Ursa_minor) entnommen wurden.

Praktisches Vorgehen

Mit dem bisher Gesagten sind die theoretischen Voraussetzungen zum raschen und in sehr vielen Fällen genügend genauen Auffinden des geografischen Nordpols gegeben. Die Umsetzung am Instrument hängt stark von der Bauart des Teleskops bzw. seiner Montierung und vom Beobachtungsort ab. Jedoch sollten sowohl die azimutale Ausrichtung des Fernrohrs als auch seine Neigung (Elevation) im Rahmen der Montierung feinfühlig angepasst werden können. Auf jeden Fall lohnt es sich, hierfür gute Voraussetzungen zu schaffen.
Im praktischen Einsatz ist zunächst zu klären, ob eine «direkte» oder eine spiegelverkehrte Sternkarte benötigt wird (siehe dazu Abschnitt «Sternkarte der Pol-Umgebung» auf Seite 6). Sodann erfolgt die Grob-Orientierung in der Polarstern-Umgebung, wozu meistens das in der Sternkarte (Fig. 1 und 2) blau eingezeichnete Sechseck gute Dienste leistet. Als nächstes empfehlen wir die Identifikation des in guter Näherung gleichschenkligen Dreiecks [λ – ξ – 5914], welches den Polarstern zwar enthält, jedoch nicht als Eckstern. Wie in Fig. 3 gezeigt, unterteilt der Nordpol darin die Mittelsenkrechte auf der Strecke [5914 – λ] ziemlich genau im Verhältnis 1 : 3.

Wie genau ist «genügend genau»?

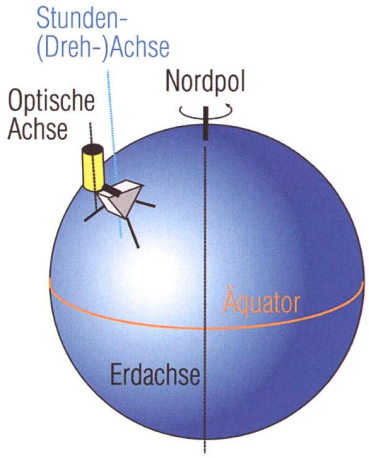
Hier soll versucht werden, die Tauglichkeit der vorgestellten Methode für den praktischen Einsatz zu beurteilen.
Welche Abbildungs-Genauigkeit des Fernrohrs wir als „genügend" beurtei-



Figur 3: Polumgebung («direkt»). (Grafik: Thomas Baer nach F. Rehsteiner)

len, hängt primär von der vorgesehenen Anwendung ab. Als solche möge etwa gelten:

- Fotografieren mit Langzeit-Belichtung (typisch 10 min.)
- Verschiedene Vergrösserungen bzw. Abbildungs-Massstäbe (repräsentativ:100 mm/°) unabhängig von der Fotografier-Methode.



Figur 4: Situations-Skizze: Der Ausrichtefehler am parallaktisch montierten Fernrohr ist unabhängig vom Ort seiner Aufstellung. (Grafik: Thomas Baer nach F. Rehsteiner)

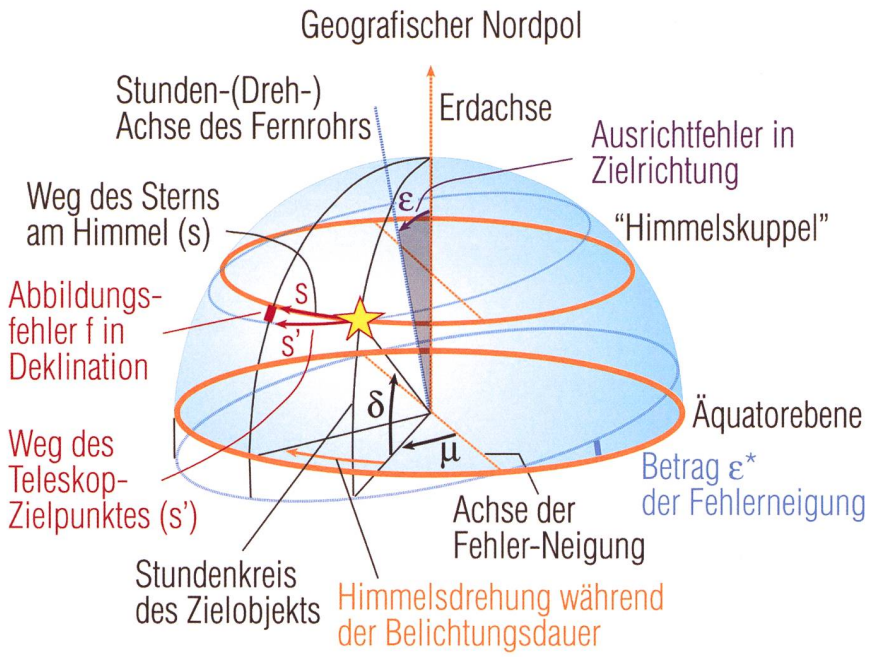
Als Ergebnis streben wir die „möglichst punktförmige" Abbildung eines Sterns mittlerer Helligkeit an. Folgen der mangelhaften Nachführung sollen also den anderen Unschärfe-Ursachen wie Luftbewegung, Pixelgrösse bzw. Filmkörnung und optische Fehler eher untergeordnet sein als umgekehrt. Dies möge den zulässigen Fehler auf einem Bild von 10 x 15 cm auf etwa 0.3 bis 0.5 mm beschränken entsprechend einer Toleranz von etwa 0,3 % des Blickfeldes.
Als Ursache für Unschärfen beschränken wir uns hier auf die Untersuchung in der zur Nachführbewegung senkrechten (Deklinations-) Richtung, d.h. auf die mangelhafte Ausrichtung. Dabei orientieren wir uns, unabhängig vom Ort der Aufstellung, am Koordinatensystem Erdachse, Äquatorialebene sowie der Neigungsrichtung des Aufstellungsfehlers, siehe Fig. 4 und 5.
Das «Fehlerdreieck» (s, s', f) in Fig. 5 «geozentrische Sicht der Sternbewegung» zeigt, dass der Deklinationsfehler f [°] bei einer Beobachtungsdauer t_B [min.] in sehr guter Näherung beträgt

$$f = s \times \varepsilon = v \times t_B \times \cos\delta \times \varepsilon \qquad (1)$$

Der „Ausrichtefehler" ε hängt sowohl vom Betrag des Neigungswinkels ε* zwischen der (fehlerhaften) Stundenachse und der Erdachse als auch dem Zwischenwinkel μ zwischen der Neigungs- oder Fehlerachse und dem Stundenkreis des Sterns ab. Da sowohl ε* als auch μ kaum je bekannt sind, genügt es, für die Abschätzung des maximalen Fehlers ε = ε* zu setzen.

Der Term cos δ im Ausdruck für s trägt der Tatsache Rechnung, dass die effektive Länge der von einem Stern am Himmel während der Beobachtungsdauer zurückgelegten Strecke s kontinuierlich vom Äquator

s [°]	*Weg des Sterns am Himmel während der Beobachtungsdauer t_B : $s = v \times t_B \times \cos\delta$*
s' [°]	*Weg des Teleskop-Zielpunktes am Himmel während Beobachtungsdauer t_B*
ε [rad]	*Ausrichtefehler der Teleskopachse in Zielrichtung: $\varepsilon = \varepsilon^* \times \cos\delta$*
ε[rad]*	*Fehler-Neigungswinkel der Teleskopachse; z.B. $\varepsilon \leq 0.2° \sim 3.49 \times 10^{-3}$ rad (Betrag und Richtung normalerweise unbekannt)*
μ [°]	*Winkel zwischen Fehler-Neigungsachse und Stundenkreis des Zielobjekts*
v [°/min]	*Drehgeschwindigkeit der Erde; v = 0.25 °/min*
t_B [min]	*Beobachtungs- bzw. Belichtungsdauer; typisch t_B = 10 min*
δ [°]	*Deklinationswinkel*



Figur 5: Geozentrische Sicht der Sternbewegung: Weg des Sterns «am Himmel» und Weg des Fernrohr-Bezugspunktes um die fehlerhafte Stundenachse während der Belichtungsdauer; resultierender Deklinations-Fehler (Grafik: Thomas Baer nach F. Rehsteiner)

(Maximum) zum Pol abnimmt; bei diesem verschwindet sie.
Mit den angegebenen «typischen Werten» ($v = 0.25$ °/min, $\varepsilon = 0.2°$; $t_B = 10$ min) erhält man somit für einen Stern am Äquator ($\delta = 0°$; $\cos\delta = 1$) den Fehler $f = 0.00873° = 0.52'$ [Bogenminuten].

Man beachte, dass dies der «echte» Fehler am Himmel ist. Zur Beurteilung seiner Zulässigkeit beim Fotografieren muss er noch auf den Abbildungsmassstab umgerechnet werden. Ein solcher von 100 mm/° würde zu einer aufstellungsbedingten Unschärfe von 0.88 mm führen.

Dies ist nun fast das Doppelte des oben als Ziel Postulierten. Wenn man jedoch berücksichtigt, dass normalerweise sowohl der Deklinationswinkel $\delta \neq 0°$ als auch der «Zwischenwinkel» $\mu \neq 0°$ sind, so darf ohne weiteres mit einer Halbierung dieses Wertes gerechnet werden, was ungefähr dem angestrebten Ziel entspricht.

Die Gleichung (1) erlaubt nun unschwer die weiteren Aussagen

- Für eine Halbierung des Fehlers auf 0,3% des Blickfeldes bei einem Foto-Massstab von 100 mm/° müsste der Ausrichtefehler auf 0.1° halbiert werden.
- Sterne in Polnähe – etwa im Bereich $\delta > 60°$ – werden schärfer abgebildet als solche nahe dem Äquator.
- Der Fehler ist direkt proportional der Beobachtungs- bzw. Belichtungsdauer.

Vor allem beim Fotografieren lichtschwacher Objekte mag es deshalb sinnvoll sein, zwei unabhängige Bildserien aufzunehmen, zwischen denen der Ausrichtevorgang wiederholt wird. Damit erhöht man die Wahrscheinlichkeit, dass dank einer «zufällig» besseren Aufstellung noch schärfere Bilder entstehen.

Sterngucken als Erlebnis

Fast alle an der Grenze des Machbaren liegenden Astro-Erkenntnisse, wie sie uns etwa vom Hubble Teleskop in eindrücklichster Weise gezeigt werden, sind für uns Hobby-Astronomen unerreichbar. Umso stärker zählen nach Ansicht des Autors das Erlebnis und die Befriedigung über das, was man mit den vorhandenen, beschränkten Mitteln «doch noch» erreichen kann.
Je mehr man sich dieses «Doch noch» von undurchschaubaren Automaten abnehmen lässt, desto geringer ist der verbleibende, persönliche Erlebnis-Spielraum. Dieser Aufsatz möge dazu beitragen, sich ein solches «Doch noch» ein Stück weit zu bewahren.

Fritz Rehsteiner
Greithstrasse 2
CH-9402 Mörschwil
fritz.rehsteiner@bluewin.ch

Bibliographie

- [1] Internet-Seite: http://www.p-j-hahn.de/astronomie.html: Polstrichplatte, Projektionskollimator. Copyright 1980, Dr. Paul-J. Hahn
- [2] Daniel Cevey: Notions d' Astrophotographie, 2de edition, Copyright Observatoire de Genève, 1999
- [3] Klaus-Peter Schröder, Praxishandbuch Astrofotografie, Copyright 2003, Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co., Stuttgart, Kap. 2.3
- [4] M. Wild und A. v. Känel: Die Atmosphäre als Prisma. In: Sterne und Weltraum Nr. 4/2008
- [5] Schurig-Götz: Tabulae Caelestes – Himmels-Atlas, Copyright Bibliographisches Institut AG, Mannheim
- [6] Space map: Die Sterne – Stand der Sterne im Jahre 2000 ... Copyright 1969 by Hallwag Publishers, Berne, Switzerland
- [7] Ursa Minor – from Wikipedia, the free encyclopedia (internet page)