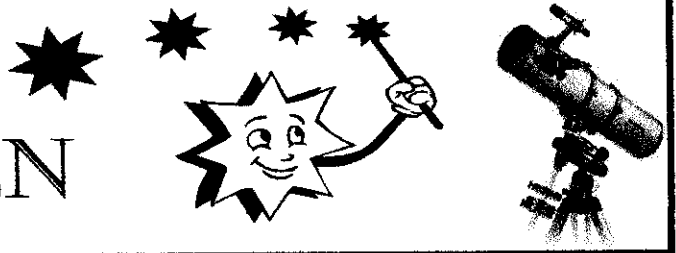
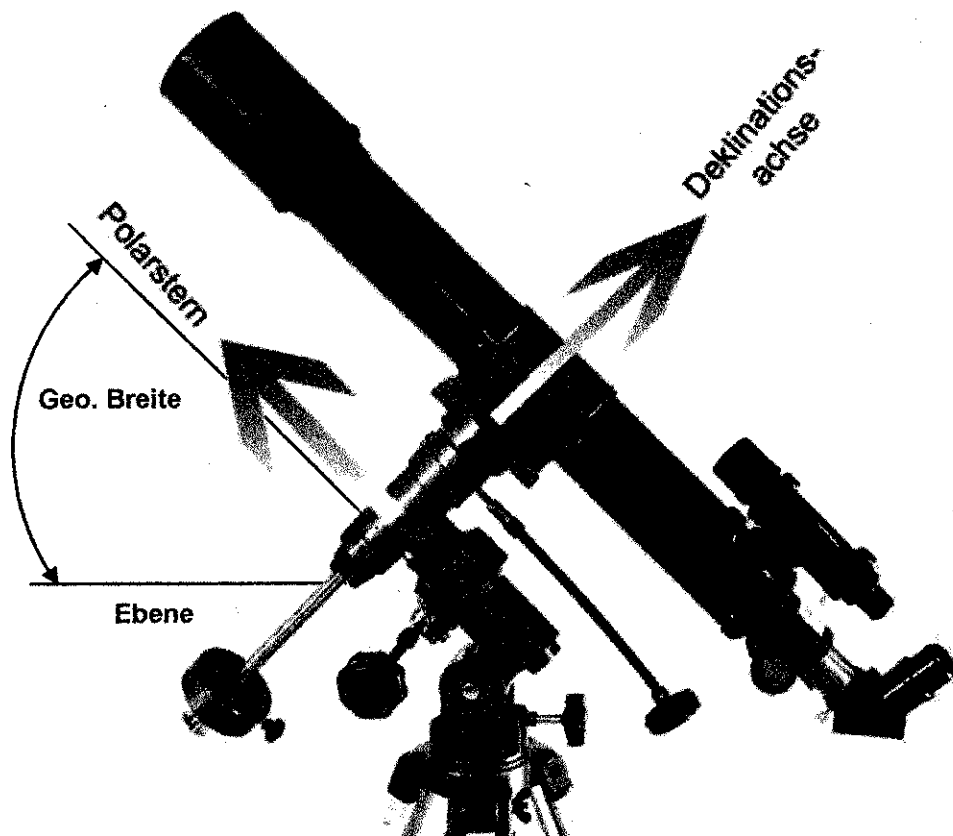


# ASTRO- NACHRICHTEN



## Anleitung

### Ausrichten einer parallaktischen Montierung



[www.astronomietag.de](http://www.astronomietag.de)

VON: **BERNHARD CHRISTIANS**

Wilhelm Kosse  
Wilhelm Leuschner Str. 48  
26871 Papenburg  
Tel: 04961/ 1694



## Einnorden einer Montierung

Für die visuelle Beobachtung ist die richtige Einnordung von untergeordneter, für die fotografische Beobachtung jedoch von größter Bedeutung. Im folgenden sollen einige Verfahren beschrieben werden, die eine entsprechende Ausrichtung der Montierung gewährleisten.

### 1. Ausrichtung mittels Polsucher

Wer über einen Polsucher verfügt, kann seine Montierung laut Versprechen des Herstellers präzise und schnell einnorden. Dazu möchte ich jedoch einige Bemerkungen loslassen.

#### **Bemerkungen:**

- Die Polsucher verfügen zwar über eine Ringmarke, ich habe aber nicht die Gewähr, daß diese exakt den richtigen Durchmesser aufweist, der ja letztendlich den Abstand des Nordsterns vom Pol repräsentieren soll.
- der Polsucher verfügt über eine lächerlich kleine Vergrößerung, die keine hinreichende Ablesegenauigkeit gewährleistet.
- die erfolgreiche Benutzung des Polsuchers setzt eine genaue Justierung desselben voraus, d.h., die optische Achse des Polsuchers muß mit der optischen Achse des auf  $90^\circ$  Deklination eingestellten Fernrohrs übereinstimmen.
- Beim Blick durch den Polsucher in den dunklen Himmel sieht man im Regelfall die Ringmarkierung nicht, weil die Marke meistens nicht beleuchtet ist.

#### **Die Justierung des Polsuchers:**

Die Justierung des Polsuchers kann in folgenden Schritten durchgeführt werden:

- das Teleskop wird auf  $90^\circ$  Deklination eingestellt und fixiert.
- man blickt bei schwacher Vergrößerung durchs Teleskop und schwenkt es um die Stundenachse; dabei darf sich das Sternfeld nicht verändern, es darf lediglich rotieren. Etwaige Abweichungen werden mit der Dek- Feineinstellung korrigiert.
- Jetzt stellt man einen hellen Stern (vorzugsweise den Nordstern) mittels der Azimut- und PolhöhenEinstellung in die Gesichtsfeldmitte (nicht mit der Deklinationseinstellung!!!).
- Abschließend wird der Polsucher mit den Klemmschrauben so justiert, daß derselbe Stern in der Gesichtsfeldmitte steht.

#### **Die Beleuchtung des Polsuchers:**

Die Beleuchtung des Polsuchers kann notdüftig derart erfolgen, daß man mit einer Taschenlampe (vorzugsweise rote Astroleuchte) schräg von vorn in den Posucher

hinein scheint, dadurch erscheint das Gesichtsfeld leicht aufgehellt und die Markierung wird sichtbar. Diese Methode ist allerdings nur Behelf und erfordert eigentlich einen dritten Arm, weil man die beiden anderen eigentlich zum justieren braucht. Besser geht es mit einer regulierbaren Hellfeldbeleuchtung, die man einfach vorn in die Montierung steckt. Die Helligkeit wird dann so sparsam eingestellt, daß die Ringmarke gerade sichtbar wird. Dieses Hilfsmittel läßt sich relativ einfach nach Abb\_1 selbst herstellen.

### **Einnorden mittels Posucher**

Das Einnorden mittels Polsucher ist denkbar einfach. Man verstellt die Azimut- und Polhöhenschraube derart, daß der Nordstern genau auf der Ringmarke liegt. Dabei ist zu beachten, daß der Pol relativ genau auf der Linie zwischen dem Nordstern und dem Stern Kochab des kleinen Wagen liegt (siehe Abb\_2). Im bildumkehrenden Polsucher zeigt der Nordstern auf der Ringmarke in Richtung Kochab.

### **Fazit**

Die Ausrichtung mittels Polsucher ist meines Erachtens nicht sonderlich genau, ist dafür aber äußerst einfach und schnell durchzuführen und reicht für die visuelle Beobachtung allemal und für die fotografische Beobachtung mit kurzen Belichtungszeiten aus.

## **2. Ausrichten nach dem Sternfeld der Polregion**

Fast genauso schnell, etwas präziser aber etwas schwieriger erscheint mir das Ausrichten der Montierung nach dem Sternfeld in der Polregion. Hierzu ist kein Posucher erforderlich. Die Ausrichtung erfolgt mit dem Fernrohr selbst bei schwacher Vergrößerung. Dazu geht man folgendermaßen vor:

- zunächst muß das Fernrohr exakt auf  $90^\circ$  Deklination ausgerichtet werden (siehe Abschnitt Justierung des Polsuchers, 1. und 2. Strichaufzählung).

- nun richtet man das Teleskop mittels Azimut und Polhöheneinstellung so aus, das man den Nordstern sieht.

- nun tastet man sich vorsichtig mittels Azimut und Polhöheneinstellung an das Sternfeld heran, das den Pol umgibt. Dazu prägt man sich am besten vorher genau das Sternfeld ein, daß im Okular sichtbar sein muß. Als Hilfsmittel ist natürlich eine Sternkarte möglichst mit eingezeichnetem Gesichtsfeld erforderlich, die man sich mittels eines der einschlägigen Planetariumsprogramme selbst erstellt (siehe Abb\_3).

- Die Sterne in der Polregion sind mit 10 – 11m etwa gleich hell und bei dunklem Himmel auch mit kleinen Instrumenten auszumachen.

## **3. Ausrichten nach der Scheinermethode**

Die Scheinermethode taucht in den vielfältigsten Varianten in der Astronomieliteratur auf und schreckt fast jeden Amateur ab, sie auch anzuwenden (siehe Anhang 2). Dabei ist sie eigentlich die einfachste und, richtig angewendet, die präziseste Methode, eine

Montierung einzunorden. Für die Langzeitfotografie mit langen Brennweiten ist sie gar unerlässlich! Ausschlaggebender Grund für die abschreckende Wirkung ist wohl die in der Literatur rein qualitativ beschriebene Korrektur der festgestellten Abweichung sowie der häufige Hinweis, daß die Methode nicht so ganz einfach ist und die Justierung sich über mehrere Abende hinziehen könne und somit nur für stationär aufgestellte Montierungen lohne.

Sollte es nun möglich sein, aus der gemessenen Abweichung eine zielgenaue Korrekturgröße zu ermitteln, so wären wir schon einen Schritt weiter und müßten uns nicht mehr mit diesen nichtssagenden Äußerungen abgeben wie zum Beispiel: „---- und stellen Sie eine Abweichung nach Norden fest, so müssen Sie die Montierung um einen kleinen Betrag nach Osten justieren----,,.

Eigene Überlegungen sowie zwei Beiträge von Amateuren zeigen, daß es auch anders geht. Der Beitrag von Roger Leifert (Anhang 1) beschreibt die Scheinermethode in Theorie und Praxis und stellt sie in ein völlig neues Licht. Diesen Beitrag sollte man unbedingt einmal lesen, zumal er auch viele praktische Tips enthält, die vor typischen Fehlern warnen. Diesem Beitrag kann ich eigentlich nur hinzufügen, daß man bei der Auswahl eines geeigneten Leitsterns im Süden (12h) bzw Osten (6h) oder Westen (18h) eine Toleranz von +-2h zulassen kann, wenn man mit einem Meßfehler von 5% leben kann. Von der Justierung von Azimut und Polhöhe in einem Schritt kann ich allerdings nur abraten, weil dazu eine äußerst präzise Nachführung erforderlich ist.

Meine eigenen Überlegungen finden Platz auf einem Blatt (siehe Abb\_4). Hier ist die fehlerhafte Ausrichtung im Bild dargestellt und daraus die Korrekturgröße auf äußerst simple Weise quantitativ abgeleitet:

Korrektur =  $(720/\pi)$  pro Minute \* Abweichung oder mit guter Näherung

**Korrektur = 230/Minute \* Abweichung**

Besonders leicht merken kann man sich den Korrekturfaktor für eine Zeitspanne von 15 min. Er beträgt etwa 15.

Diese Berechnung der Korrekturgröße gilt sowohl für den Azimut (Leitstern im Süden) als auch für die Polhöhe (Leitstern im Osten oder Westen).

Genial ist, daß sowohl die Messung der Abweichung als auch die Korrektur mit ein und demselben Okular erfolgen kann. Hilfreich wäre natürlich die Verwendung eines Okulars mit einer Strichteilung in beide Richtungen.

Der Leitstern muß im Übrigen nicht in Äquatornähe, sondern sollte im Interesse zur Vermeidung der Refraktionserscheinungen am Horizont weiter in Richtung Pol gewählt werden.

Auf die genaue Beschreibung der Scheinermethode kann mit Verweis auf Anhang 1 an dieser Stelle verzichtet werden.

Eine ganz pfiffige Anwendung der Scheinermethode ist in Anhang 3 beschrieben. Der Autor (unbekannt) verwendet für die Ausrichtung jeweils ein Sternpaar, das auf gleicher Deklination liegt. Er kann daher auf die jeweilige Meßzeit (15min oder mehr)

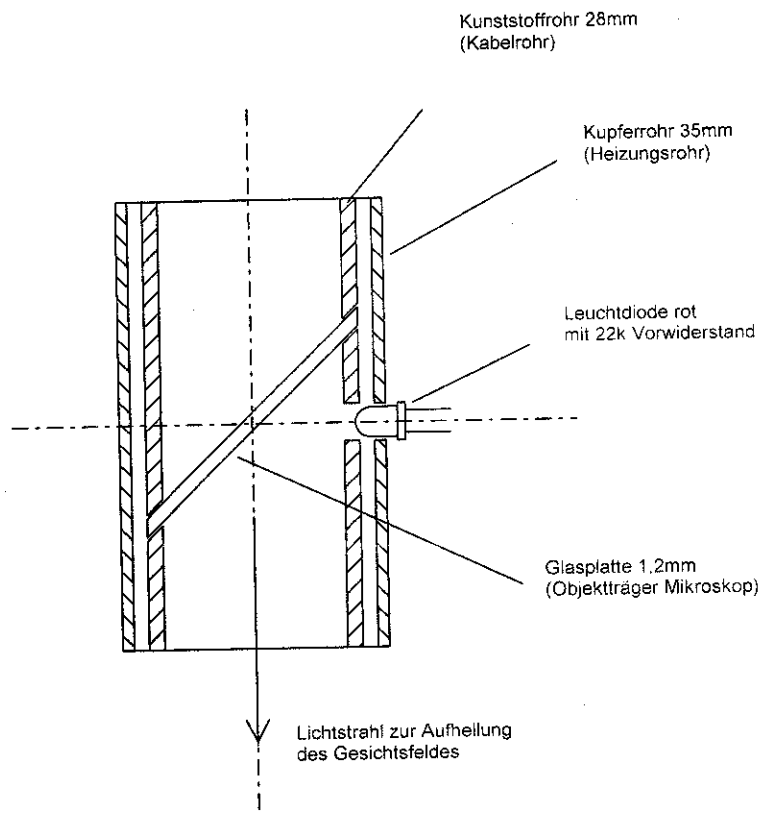
verzichten, weil er die Abweichung durch den Vergleich der beiden Sterne in Deklination direkt erfaßt und den Zeitraum aus dem Abstand der beiden Sterne kennt. Die Berechnung der Korrekturgröße ist die gleiche wie oben beschrieben. Die dort beschriebene Methode ist etwas für ungeduldige Zeitgenossen, bei der allerdings Vorsicht geboten ist. Erwischt man nämlich versehentlich den falschen Stern, so ist die Arbeit für die Katz.

### **Abschließende Bemerkungen**

Dieser Beitrag bietet eigentlich nichts grundsätzlich Neues. Trotzdem hoffe ich, damit dem einen oder anderen Sternfreund Detailinformationen in die Hand zu geben, die ihm das nächtliche Hobby etwas erleichtern.

Insbesondere würde ich mir wünschen, daß die Scheinermethode nun doch mehr Anhänger gewinnt, zumal mit den neuen Erkenntnissen die Korrektur berechenbar ist und somit eine exakte Einnordung in wenigen Schritten möglich erscheint. Somit rückt eine erfolgreiche fotografische Beobachtung auch auf dem Felde ein Stück näher.

# Hellfeldbeleuchtung für Polsucher



## Bemerkungen:

Zuerst das Loch in der Montierung messen, das die Hellfeldbeleuchtung aufnehmen muß (hier 35 mm). Dann entsprechendes Rohr mit passendem Außendurchmesser suchen. Dann zweites Rohr suchen, das mit Luft in das erste Rohr paßt. Den Platz zwischen dem Innen- und dem Außenrohr füllt man später einfach mit Moosgummi oder selbstklebendem Filz.

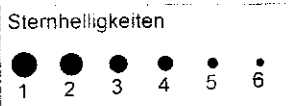
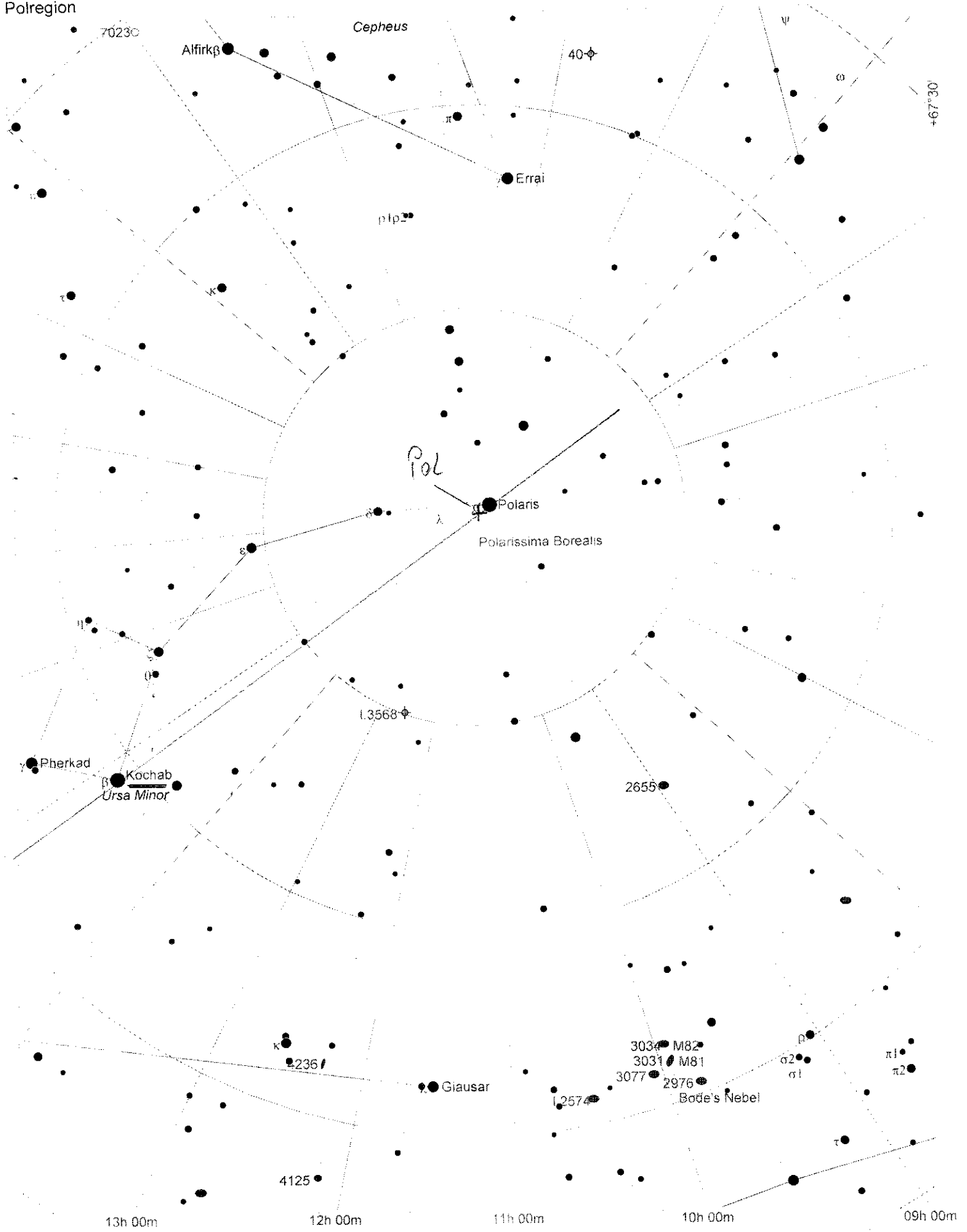
Das Innenrohr im Winkel von 45° trennen. Glasplatte so halbwegs elliptisch zuschneiden und Kanten schleifen (naß!).

Innen- und Außenrohr für die Aufnahme der Leuchtdiode bohren, und zwar so, daß der LED-Lichtstrahl die Mitte der Glasplatte trifft.

die Kathode der LED wird direkt mit Masse (Minuspol) der Batterie verbunden und kann auch direkt an das Kupferrohr angelötet werden. Die Anode der Led muß über einen Widerstand (hier 22k) mit dem Pluspol der Batterie verbunden werden. Diesen lötet man am besten direkt an das LED- Bein und sichert es mit einem Stückchen Isolierschlauch gegen Kurzschluß.

Abb 1

Polregion

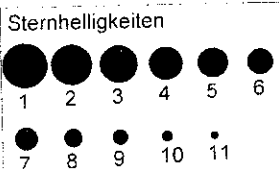
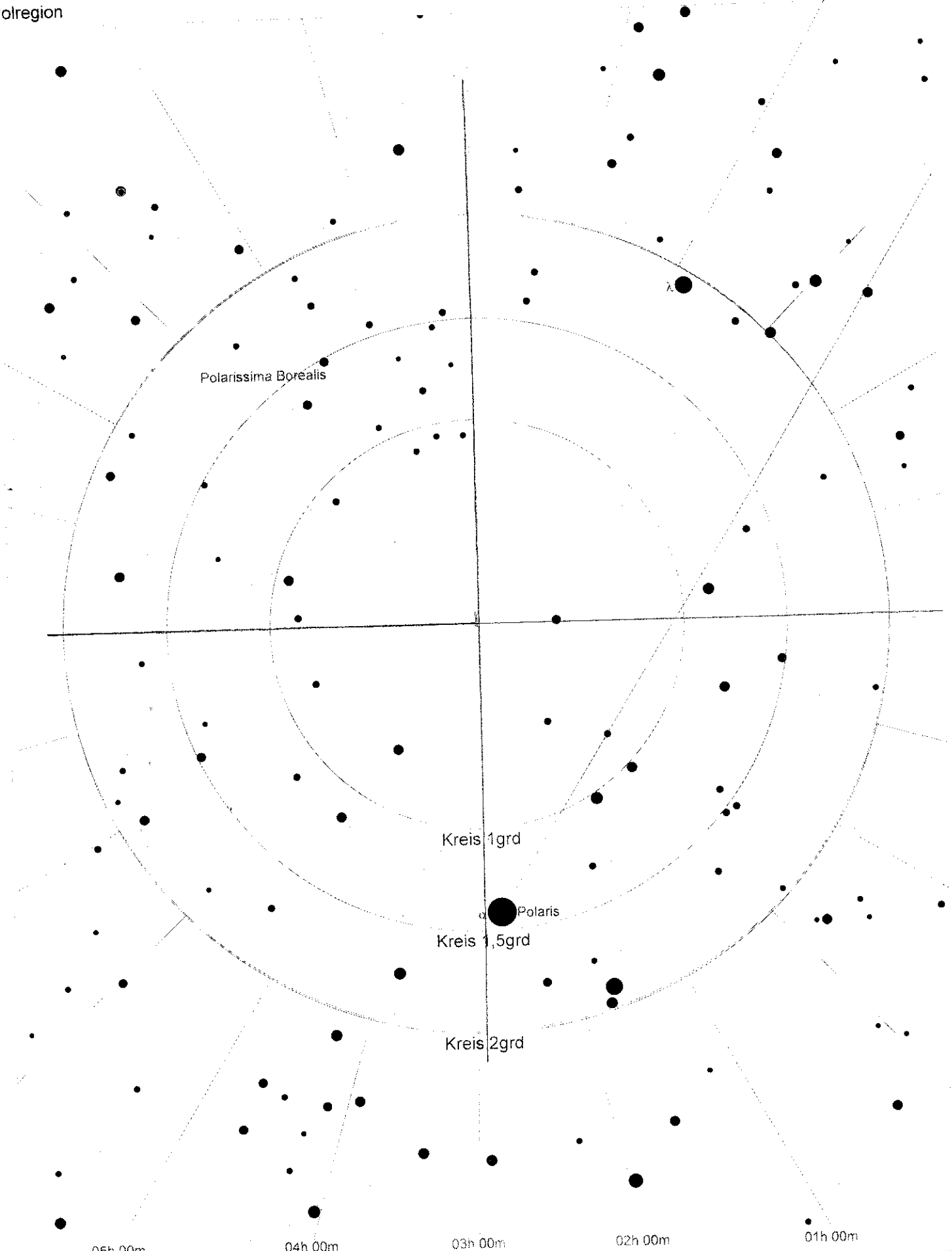


- Typ C Galaxie
- Elliptische Galaxie
- Spiralgalaxie
- ◇ Planetarischer Nebel

Abb 2



ZentrumRA: 11h 13m Dek: +86°35'04.10.2006 15:16 Breite:32°56' Breite:+53°10'00.0" Länge:-08°15'00.0"



Okular

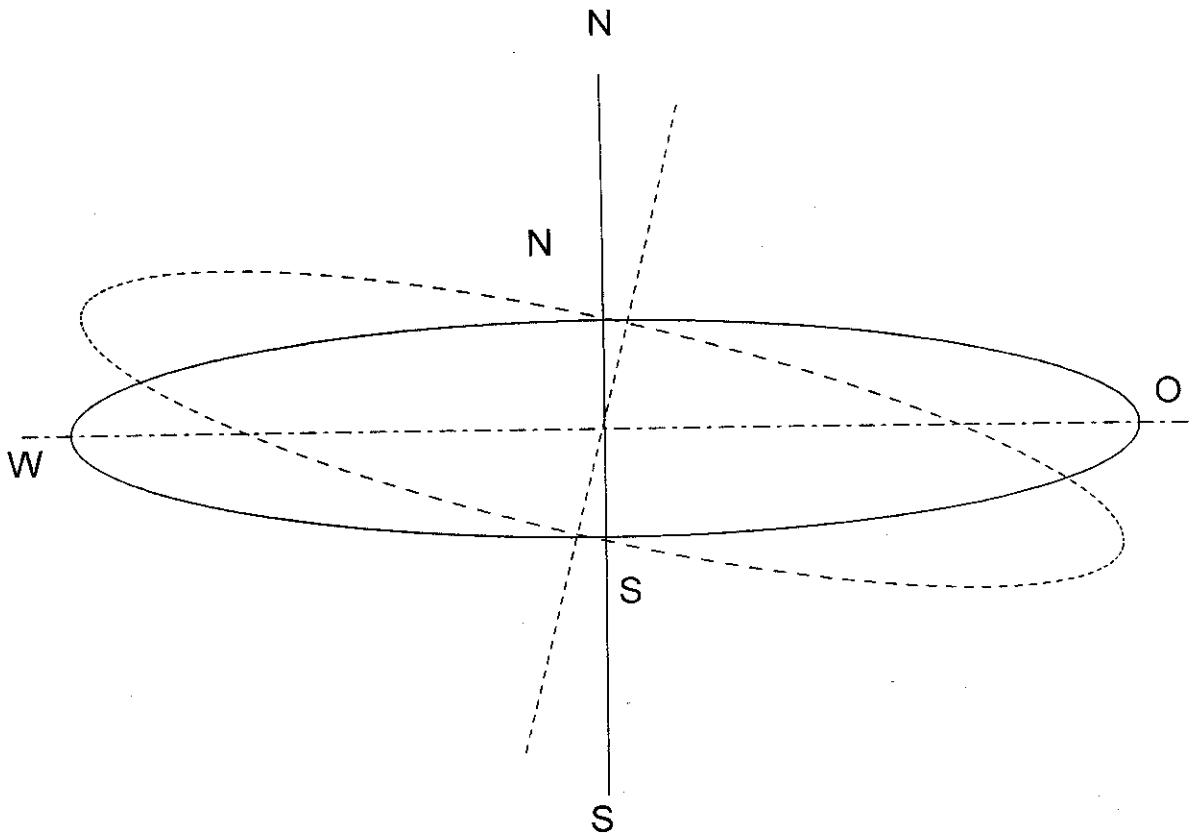
Abb 3



ZentrumRA: 23h 42m Dek: +89°58'04.10.2006 15:31 Breite:02°16' Breite:+53°10'00.0" Länge:-08°15'00.0"



# Abweichungsverlauf bei fehlerhafter Ausrichtung



Obiges Bild veranschaulicht die Abweichung in Deklination bei fehlerhafter Aufstellung der Montierung im Azimut im Verlauf eines Sterntages.

Aufgrund der Kreisbewegung verläuft die Abweichung sinusförmig. Die maximale Abweichung wird im Osten und im Westen erreicht. Die größte differentielle Abweichung wird im Norden und im Süden erreicht. Sie ist für die Ausrichtung der Montierung von Interesse. Auf der Nordhalbkugel der Erde ist allerdings nur die Südrichtung für die Messung der Abweichung möglich.

Rechnet man im Bogenmaß, so beträgt die Steigung der Abweichung auf 12h eins. Das heißt, daß in der Zeit von 4min (entspricht  $1^\circ$ ) eine Abweichung von  $2\pi/360$  (entspricht  $1^\circ$ ) erfolgt. Im Umkehrschluß heißt das, daß die Korrektur  $(720/\pi)/\text{min}$  mal so groß ist wie die gemessene Abweichung.

Der Fehler bei einer Abweichung von  $\pm 1h$  von 12h beträgt  $\pm 1\%$ , bei einer Abweichung von  $\pm 2h$  etwa  $\pm 5\%$ . Im Anbetracht bescheidener Ablesegenauigkeit sind diese Abweichungen bei der Einstellung des Leitsterns durchaus noch vertretbar.

Für die Korrektur der Polhöhe gelten die gleichen Verhältnisse um  $90^\circ$  bzw 6h gedreht.

Abb 4

# Das Scheiner-Verfahren zur Poljustierung

von Roger Leifert

In fast allen Lehrbüchern zur praktischen Astronomie wird das Scheiner-Verfahren zur Ausrichtung einer parallaktischen Montierung auf den Himmelspol aufgeführt. Hervorgehoben wird dabei immer wieder die Einfachheit der Methode und die hohe erzielbare Genauigkeit. Erfahrungsberichte über das Einrichten von stationären oder transportablen Teleskopen mittels der Scheiner-Methode sprechen aber eine andere Sprache. Hier ist von nächtelangen Justierarbeiten zu lesen bis hin zur völligen Verzweiflung des Anwenders. Bei einem Blick in die Originalveröffentlichung von Julius Scheiner [1] stellt man schnell fest, daß die Ursache für viele unnützlich mit „Scheinern“ verbrachte Stunden in einer durchgehend falschen oder unzureichenden Beschreibung seiner Methode in der modernen Literatur liegt. Daß das Scheiner-Verfahren bei Beibehaltung der Genauigkeit und Einfachheit auch in kürzester Zeit durchzuführen ist, war der Grund für diesen Artikel.

## 1.) Auswirkungen einer ungenau auf den Himmelspol ausgerichteten Montierung

Eine parallaktische Montierung, die nicht genau auf den Himmelspol ausgerichtet ist, verursacht:

- ein Abdriften des Bildfeldes sowohl in Rektaszension als auch in Deklination. Dieses Abdriften ist besonders bei längeren Beobachtungspausen störend.
- eine Bildfeldrotation, selbst wenn das o.g. Abdriften durch Korrekturen in beiden Achsen ausgeglichen wird. Diese Bildfeldrotation ist besonders in der Astrofotografie bei langen Belichtungszeiten störend.
- eine Abweichung der Teilkreise.

## 2.) Das Prinzip der Scheiner-Methode

Beim Scheiner-Verfahren wird ein Kontrollstern in die Mitte eines Fadenkreuzokulars gebracht, dessen Fäden genau entlang den Richtungen der Himmelsachsen Rektaszension und Deklination ausgerichtet sind.

Scheiner hat nun die Abhängigkeit der Driftrate des Kontrollsternes in Richtung Deklination ( $v_y$ ) und Rektaszension ( $v_x$ ) von den Komponenten des Polaufstellungsfehlers in Azimut ( $\Delta A$ ) und Polhöhe ( $\Delta P$ ) sowie der Deklination  $\delta$  und des Stundenwinkels  $H$  untersucht:

$$v_y = \Delta P \cdot \sin H + \Delta A \cdot \cos H$$

$$v_x = (\Delta P \cdot \cos H + \Delta A \cdot \sin H) \cdot \sin \delta$$

Gln. {1a,b}

Rechnet man dies vom Bogenmaß in handliche Einheiten um, erhält man

$$v_y \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot (\Delta P[^{\circ}] \cdot \sin H + \Delta A[^{\circ}] \cdot \cos H)$$

$$v_x \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot (\Delta P[^{\circ}] \cdot \cos H + \Delta A[^{\circ}] \cdot \sin H) \cdot \sin \delta$$

Gln. {2a,b}

Ein Fehler der Polaufstellung von lediglich einer Bogenminute führt also zu einer Drift von ca. 0,26''/min. Die Drift in Deklination  $v_y$  ist offensichtlich unabhängig von der Deklination des beobachteten Kontrollsternes sowie von Kollimationsfehlern der Montierung und der Optik (Achsen nicht senkrecht zueinander).

Scheiner fiel weiterhin auf, daß es je zwei Stellungen des Fernrohres (bei  $H=0^h/12^h$  und  $H=6^h/18^h$ ) gibt, an denen sich die Komponenten des Polaufstellungsfehlers ( $\Delta A$ ,  $\Delta P$ ) in einem Abdriften des Kontrollsternes genau in Rektaszensions- und Deklinationsrichtung niederschlagen:

### Stellung A:

Steht das Fernrohr im Meridian (Nord-Süd-Linie; Stundenwinkel  $0^h$  oder  $12^h$ ), verursacht der *Azimuthfehler*  $\Delta A$  der Polachse die *Deklinationsdrift* (und dementsprechend der Polhöhenfehler die Rektaszensionsdrift). Dann vereinfacht sich die Gleichungen {2} zu:

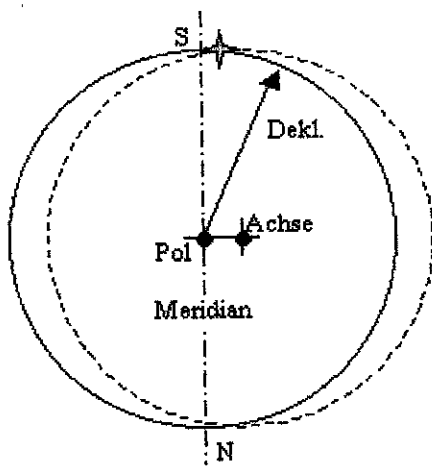


Abb.: Azimutfehler

$$v_y \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot \Delta A [']$$

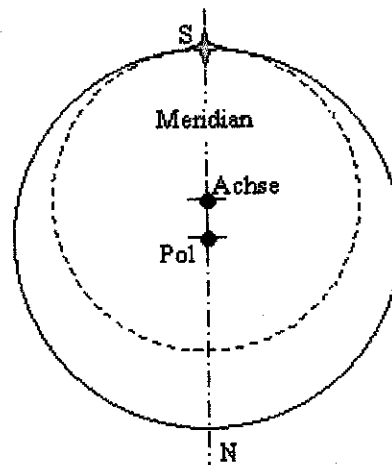


Abb.: Polhöhenfehler

$$v_x \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot \sin \delta \cdot \Delta P [']$$

Gln. {3a,b}

**Stellung B:**

Steht das Fernrohr bei einem Stundenwinkel von  $6^h$  oder  $18^h$ , bewirkt ausschließlich der *Polhöhenfehler*  $\Delta P$  die *Deklinationsdrift* (und der Azimutfehler die Rektaszensionsdrift). In den Gleichungen vertauscht sich dann einfach die Rolle von  $\Delta A$  und  $\Delta P$ :

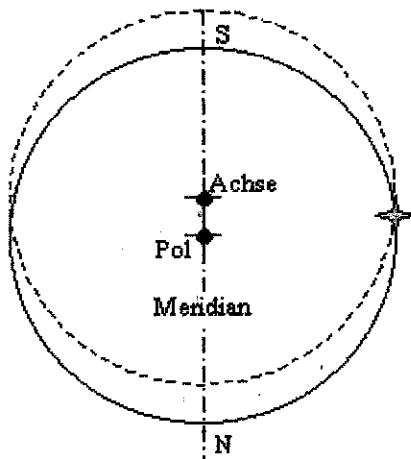


Abb.: Polhöhenfehler

$$v_y \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot \Delta P [']$$

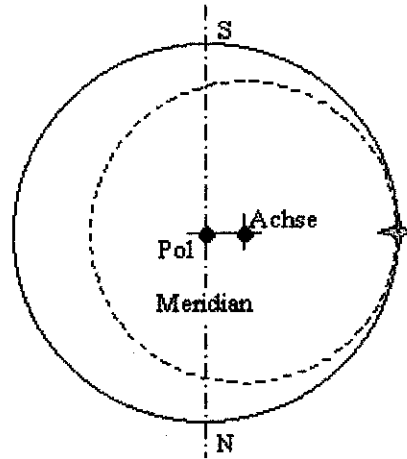


Abb.: Azimutfehler

$$v_x \left[ \frac{''}{\text{min}} \right] = 0,26 \cdot \sin \delta \cdot \Delta A [']$$

Gln. {4a,b}

Damit lassen sich die beiden Komponenten des Polfehlers separieren und getrennt korrigieren. Man nutzt beim klassischen Scheiner-Verfahren aus praktischen Gründen nur die Drift in *Deklinationsrichtung*  $v_y$  aus, obwohl sich die andere Komponente des Polfehlers gleichzeitig in einer *Rektaszensionsdrift*  $v_x$  bemerkbar macht. Aufgrund der Ungenauigkeit des Stundenantriebs (Schneckenpendel, ungenaue Antriebsgeschwindigkeit etc.) wird diese Möglichkeit normalerweise nicht ausgenutzt.

**3.) Praktische Erwägungen beim Scheiner-Verfahren**

Um die Drift des Kontrollsternes schnell zu erkennen, ist eine möglichst hohe Vergrößerung anzuwenden. Scheiner gibt an, daß bei einer 300- bis 400-fachen Vergrößerung ein Polfehler von einer Bogenminute nach 2 Minuten zu erkennen ist. Dies ist aber nur bei Windstille und gutem Seeing möglich, ansonsten muß man bei etwas schwächerer Vergrößerung einige Minuten länger warten, um die Abweichung sicher erkennen zu können. Unter optimalen Bedingungen kann auch eine höhere Vergrößerung angewendet werden.

Um den Einfluß der Refraktion und von Durchbiegungen der Achsen so gering wie möglich zu halten, sollte das Fernrohr in Stellung A zum Zenit zeigen und in Stellung B auf einen möglichst polnahen Stern mit einem Stundenwinkel von  $6^h$  oder  $18^h$  zeigen. In der Literatur wird hier oft irrtümlicherweise eine Stellung in der Nähe des West-

oder Osthorizontes angegeben. Dies ist wegen der verfälschenden Refraktionserscheinungen der ungünstigste Ort für die Stellung B!

#### 4.) Vereinfachung der Justierarbeiten, Teil 1

Da sich mit den Gleichungen {3} und {4} aus den Driftraten die absolute Größe des Polfehlers bestimmen läßt, wird man leicht zu folgender Vorgehensweise verführt:

Man nehme statt eines einfachen Fadenkreuzokulars ein Meßokular mit Skala, bestimme aus der gemessenen Deklinationsdrift den absoluten Polfehler und drehe die Justierschrauben um einen Winkel  $x$ , der sich aus dem Übersetzungsverhältnis der Justierschrauben ergibt. Fertig.

Eigene Erfahrungen auch an gut konstruierten Montierungen haben aber gezeigt, daß dies so nicht mit der notwendigen Genauigkeit funktioniert. Die Justierschrauben für Azimut und Polhöhe und die zugehörige Mechanik sind schließlich etwas elastisch und folgen bei kleinsten Schraubendrehungen nicht genau dem Willen des Astronomen bzw. den Ergebnissen von Berechnungen. Beim endgültigen Festziehen der Konterschrauben wird ohne Gegenkontrolle häufig die ganze vorherige Feinjustierung wieder zunichte gemacht. Der Autor spricht hier leider aus eigener Erfahrung. Im übrigen wären bei dieser Verfahrensweise wieder aufwendige Messungen und Überlegungen erforderlich.

Man muß aber gar nicht erst den Umweg über die Übersetzungsverhältnisse der Justiermechanik machen. Schließlich läßt sich das Ergebnis des Anziehens der Justierschrauben direkt im Okular am Kontrollstern beobachten und zwar in einer einfach vorherzusagenden Weise. Bei einer *Deklinationsdrift* des Kontrollsternes muß die Polhöhenjustierung im Okular genau senkrecht dazu –also in *Rektaszensionsrichtung*- sichtbar werden.

Bei einem Beobachtungsintervall von  $t$  Minuten, so müssen wir einfach den Kontrollstern mit den Justierschrauben um den  $x$ -fachen Betrag der Deklinationsabweichung auf dem Rektaszensionsfaden verschieben. Die Konstante  $x$  ergibt sich direkt aus den Gleichungen {1-4}, wenn man alle Winkleinheiten auf das gleiche Maß bringt:

$$x = \frac{231}{z[\text{min}]}$$

Gl. {5}

Man beobachtet also einfach den Kontrollstern im Zenit eine gewisse Zeit  $t$  und korrigiert dann mit den Azimut-Justierschrauben derart, daß der Kontrollstern um den  $x$ -fachen Betrag der *Deklinationsabweichung* in Richtung des *Rektaszensionsfadens* verschoben wird. Dazu braucht man noch nicht einmal ein Meßokular, da man auch mit der Schätzung einer  $x$ -fachen Verschiebung in zwei Schritten zum Ziel kommt.

Der Kontrollstern wird sich beim Anziehen der Justierschrauben erfahrungsgemäß zunächst gar nicht und dann gleich sprunghaft im Okular bewegen. Dabei wird er zudem nicht exakt in die gewünschte (Rektaszensions-) Richtung aufen, sondern etwas schräg. Dies ist ebenfalls eine Folge der mechanischen Verwindungen der Montierung beim Ausüben von Kräften durch das Anziehen der Justierschrauben. Mittels der direkten optischen Kontrolle kann man hier aber etwaige Abweichungen sofort wieder ausgleichen. Am komfortabelsten funktioniert dies mit kompakt gebauten Montierungen, bei denen man während der Justierarbeit das Auge am Okular behalten kann. Die gleiche Prozedur wiederholt man am besten noch einmal zur Feinjustage. Abschließend schwenkt man auf einen polnahen Stern bei einem Stundenwinkel von  $6^h$  oder  $18^h$  (Stellung B) und erledigt nach dem gleichem Prinzip die Justierung der Polhöhe.

Besondere Vorsicht ist nach erfolgter Feinjustierung beim Anziehen von Konterschrauben geboten. Hier kann die ganze vorangegangene Arbeit wieder zunichte gemacht werden. Deshalb sollte man bei diesem abschließenden Arbeitsschritt das Auge nicht vom Fadenkreuzokular nehmen. Es ist schon erstaunlich um welche Beträge man beim „Anknallen“ von Konterschrauben die ganze Montierung wieder dejustieren kann!

Der Zeitaufwand dieser Methode liegt bei insgesamt etwa 40-60 Minuten für eine Justiergenauigkeit von  $1'$ , die für praktisch alle Zwecke ausreichend ist. Eine höhere Justiergenauigkeit wäre durch die dann größenordnungsmäßig überwiegenden unvermeidlichen Refraktions- und Durchbiegungseffekte übertrieben.

Vielleicht verwundert es einige Leser, daß bisher nichts zur *Richtung* der notwendigen Korrekturen gesagt wurde z.B. in der Lehrbuchform „wenn der Kontrollstern in Stellung A auf dem Deklinationsfaden nach oben abweicht, ist die Polausrichtung zu weit östlich und die Polachse muß nach Westen gedreht werden...“. Die Praxis zeigt, daß die Grefferquote durch Ausprobieren nach dem Zufallsprinzip etwa gleich der Fehlerquote durch Nachdenken ist („ich habe ein Zenitprisma, also ist alles umgedreht, aber weil meine Justierschrauben Linksgewinde haben, ist es doch wieder richtigrum...“). Hat man die Justierschrauben zufällig in die falsche Richtung gedreht, macht sich dies wenige Sekunden (!) später in einer verdoppelten Driftrate bemerkbar. In diesem Fall verschiebt man den Kontrollstern mit den Justierschrauben um den doppelten Betrag in die andere Richtung.

**.) Vereinfachung der Justierarbeiten, Teil 2**

Da die Montierung mit einer quarzstabilisierten Ansteuerung und einem präzisen Schneckenantrieb ausgestattet, kann man sich das Umschwenken in Stellung B ersparen und beide Komponenten des Polfehlers in Stellung A gleichzeitig beheben. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, daß die Einstellung des Fernrohres auf die Polgendung entfällt, die bei manchen Montierungstypen oder Aufstellungsorten (Balkonsterntur) gar nicht zugänglich ist.

Wie wir weiter oben gesehen haben, macht sich in Stellung A des Fernrohres der Azimutfehler in einer Deklinationsdrift  $v_y$  und der Polhöhenfehler *gleichzeitig* in einer Rektaszensionsdrift  $v_x$  bemerkbar. I.a. wird die Abweichung des Kontrollsternes also schräg zu den Fadenkreuzstrichen verlaufen, da sich der Polfehler aus zwei Komponenten zusammensetzt.

Damit die Rektaszensionsdrift auch auswertbar ist, muß der Stundenantrieb exakt mit Sternengeschwindigkeit laufen und das Beobachtungsintervall muß genau gleich der Zeit für eine oder mehrere ganze Schneckenumdrehungen ( $1436 \text{ min}/\text{Zähnezahl des Schneckenrades}$ ) gewählt werden, um den unvermeidlichen Schneckenpendel zu überlisten.

Hier ist aber größte Vorsicht geboten, um nicht im guten Glauben an die Qualität des Antriebs zu falschen Ergebnissen zu kommen. Trotz Quarzstabilisierung laufen viele Montierungen mit *Sonnengeschwindigkeit* (1 Umdrehung der Polachse in 24h) anstelle mit *Sternengeschwindigkeit* (1 Umdrehung der Polachse in 23h 56m). Dies alleine kann zu einer Drift in Rektaszension von bis zu  $2,5''/\text{min}$  führen, was einen Polhöhenfehler von ca.  $10'$  ertauscht!

Reichfalls ist selbst bei qualitativ hochwertigen Schneckenantrieben das Schneckenpendel nicht exakt sinusförmig, sondern meist sägezahnförmig oder gar sprunghaft. Man sollte daher diejenige Phase des Schneckenpendels ausnützen, in der die Abweichung am geringsten ist. Außerdem genügt der leichteste Winddruck auf das Fernrohr, um eine Rektaszensionsdrift vorzutäuschen. Es geht also nur bei absoluter Windstille oder in einer Kuppel oder mit längeren Meßintervallen, in denen sich die Drift deutlicher bemerkbar macht.

Als letztes müssen wir berücksichtigen, daß in Gleichung {3} und damit auch in den „x-Faktor“ noch die Deklination des Kontrollsternes eingeht. Im Zenit ist diese gleich der geographischen Breite  $\Phi$ . Damit wird Gleichung 3 für die Bestimmung des Polhöhenfehlers zu:

$$x' = \frac{230}{z[\text{min}] \cdot \sin \Phi} \quad \text{Gl. \{6\}}$$

Hier wird deutlich, daß das Fernrohr auf gar keinen Fall auf einen äquatornahen Stern eingerichtet werden darf, da die Rektaszensionsdrift durch den Polhöhenfehler dann verschwinden würde ( $\sin \delta = 0$ ). In unseren geographischen Breiten ( $\Phi \approx 50^\circ$ ) vereinfacht sich Gleichung {6} weiter zu:

$$x' = \frac{300}{z[\text{min}]} \quad \text{Gl. \{7\}}$$

Der Autor hat mit dem nochmals vereinfachten Verfahren eine Justierung in beiden Komponenten auf etwa  $1'$  in weniger als 30 Minuten erreicht.

**.) Kurzanleitung:**

1. Man bringe ein Fadenkreuzokular mit ca. 200- bis 400-facher Vergrößerung (ggf. mit Barlowlinse) am Fernrohr an. Ideal sind Fadenkreuze mit Strichteilung in beiden Richtungen.
2. Man bringe das Fernrohr kurz vor die Meridianstellung (Nord-Süd-Richtung) und stelle einen Kontrollstern in der Nähe des Zenits ein (Stellung A).
3. Die Fäden werden parallel zu den Himmelsrichtungen Rektaszension und Deklination gebracht.
4. Man bringt den Kontrollstern in die Fadenkreuzmitte und wartet eine Zeitspanne  $t$  Minuten ab.
5. Nun mißt oder schätzt man den Abstand des Kontrollsternes vom *Deklinationsfaden* und verdreht die *Azimuth-Justierschrauben* solange, bis der Kontrollstern im Okular um den  $x$ -fachen Betrag der Deklinationsabweichung in Rektaszensionsrichtung verschoben ist (Wert aus Gleichung {5}).
6. Ergibt sich plötzlich die doppelte Driftrate, versetzt man den Kontrollstern mit den Azimuth-Justierschraube um den doppelten Betrag in die andere Richtung und wiederhole Schritt 4 und 5 zur Feinjustierung.
7. Bei einem präzisen Stundenantrieb verdreht man nun noch die *Polhöhen-Justierschrauben* soweit, daß der Kontrollstern um den  $x'$ -fachen Betrag der *Rektaszensionsabweichung* verschoben wird (Wert aus Gleichung {6}).

**Scheiner-Verfahren**

w., {7}). Weiter mit Schritt 10.

Man schwenke das Fernrohr nun auf einen Stundenwinkel von  $6^h$  oder  $18^h$  (Stellung **B**). Hat man keinen justierten Stundenwinkel-Teilkreis, verdreht man einfach die Stundenachse aus der Meridianlage um  $90^\circ$  bzw.  $6^h$ . Nun schwenkt man mit der Deklinationsachse ganz in die Nähe des Polarsterns bzw. in der südlichen Hemisphäre in die Nähe des südlichen Himmelspols, bis man einen geeigneten Kontrollstern gefunden hat. Dabei darf die Einstellung der Stundenachse auf  $6^h$  bzw.  $18^h$  nicht oder nur geringfügig geändert werden.

Man bringt den Kontrollstern in die Fadenkreuzmitte und wartet wieder eine feste Zeit  $t$  ab.

Nun mißt oder schätzt man den Abstand des Kontrollsterns vom Deklinationsfaden und verdreht die *Polhöhen-*Justierschrauben solange, bis der Kontrollstern im Okular um den  $x$ -fachen Betrag der Deklinationsabweichung in Rektaszensionsrichtung verschoben ist. Bei anschließend doppelt so hoher Drift wieder den Kontrollstern um den doppelten Betrag in die andere Richtung verschieben. Schritt 8 und 9 zur Feinjustierung wiederholen.

d). Alle Justierschrauben vorsichtig kontern. Kontrolle mit dem Auge am Okular, daß der Stern in der Fadenkreuzmitte bleibt.

**Schlußbemerkung:**

Bei der Anwendung der Scheiner-Methode wird die Montierung automatisch auf den refraktierten Himmelspol ausgerichtet. Dies ist eher vorteilhaft, da die Refraktionserscheinungen sich dann etwas geringer auf die Nachführung auswirken, als bei Ausrichtung auf den wahren Himmelspol [2].

Das Scheiner-Verfahren ist neben der extrem aufwendigen photographischen Methode [3], [4], [5] das einzige Verfahren, daß mit einfachsten Hilfsmitteln (Fadenkreuzokular, Uhr) eine von allen anderen Faktoren unabhängige exakte Poljustierung gewährleistet. Das Scheiner-Verfahren ist bei aller Einfachheit ein hochpräzises Autokollimations-Verfahren, da der zu korrigierende Fehler selbst zur Messung herangezogen wird.

Alternative Justierverfahren mittels indirekter Hilfsmittel (Polsucher, Teilkreise etc.[6]-[13]) haben den Nachteil, daß die Justiermittel selbst erst einmal unabhängig geprüft und kalibriert werden müssen. Bei transportablen Montierungen ist man sich dann nie sicher, ob Poljustierung tatsächlich ausreichend genau erfolgt.

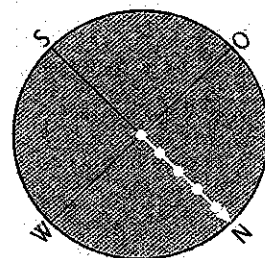
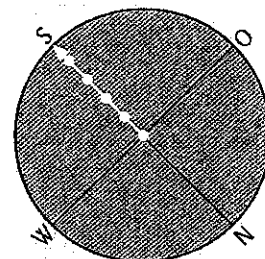
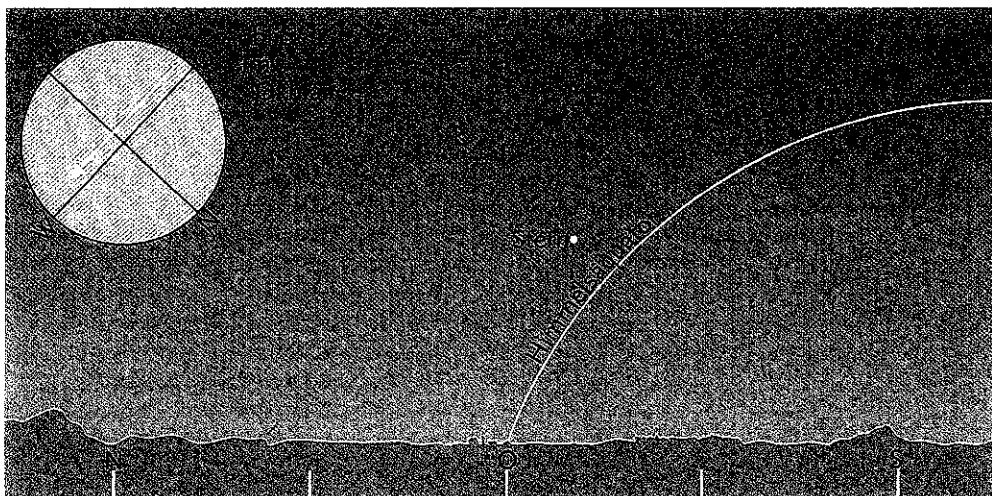
**Literatur:**

- 1] J. Scheiner: Die Photographie der Gestirne, Leipzig, 1897
- 2] E.S. King: Forms Of Images in Stellar Photography, Annals of the Harvard College Observatory, Vol. XLI, No. I, S. 53ff, 1902
- 3] Edward S. King: A Manual of Celestial Photography, Boston, 1931
- 4] C.P. Custer: Photographic Polar Alignment of an Equatorial Mounting, S&T 46, S. 329ff, 1973
- 5] Hans Vehrenberg: Die Feinjustierung der Polachse auf photographischem Wege, SuW 7, S. 130f, 1968
- 5] Helmut H. Schaefer: Feinjustierung der Polachse einer parallaktischen Montierung, SuW 25, S. 604f, 1986
- 7] Alan J. MacRobert: Mastering Polar Alignment, S&T ..., S. 306ff, 1984
- 8] B.L. Souther: The Precise Adjustment Of An Equatorial Mounting, S&T ..., S. 78ff, 1978
- 9] B.L. Souther: Further Notes On Adjusting A Telescope, S&T ..., S. 173ff, 1978
- 10] Truman P. Kohmann: Polar Alignment Of Portable Equatorial Telescopes, S&T ..., S.135ff, 1976
- 11] Werner Rummel: Der Polsucher, ein neues Justierinstrument, SuW ..., S. 186ff, 1968
- 12] Karl-Wilhelm Schrick: Das Einrichten astronomischer Fernrohre, SuW ..., S. 42ff, 1968
- 13] A.H. Kleyn: Die Justierung parallaktischer Montierungen mit Hilfe von Taschenrechnern, Orion 178, S.100ff, 1979
- | .....: Some Notes On Polar Alignment, S&T ..., S. 280ff, 1979

**Adresse des Autors:**

Roger Leifert  
Hans-Böckler-Allee 87  
52074 Aachen

Email: roger.leifert@planet-interkom.de



### Die Scheiner-Methode

Wenn der Pol verdeckt sein sollte oder Sie mit dem oben beschriebenen Verfahren Probleme haben, dann können Sie eine bereits bestehende grobe Ausrichtung auf den Pol mittels der Scheiner-Methode mit hoher Genauigkeit verbessern, was aber etwas Zeit in Anspruch nimmt:

1. Sie setzen ein Fadenkreuzokular ins Fernrohr ein und richten es so aus, dass einer der Fäden in Ost-West-Richtung verläuft.
2. Suchen Sie mit dem Fernrohr nun einen äquatornahen Stern auf, der möglichst genau im Süden steht.
3. Wenn der Stern beim Nachführen immer nach Süden aus dem Fadenkreuz herausläuft (was bei einem Fernrohr ohne Zenitprisma einer Abweichung nach oben, bei einem Fernrohr mit aufrechtem Zenitprisma einer Abweichung nach unten entspricht), dann muss die Montierung um ihre Azimutachse mit dem Südende nach Osten gedreht werden – andernfalls nach Westen.
4. Stellen Sie den Stern wieder ein und überprüfen Sie, ob die Abweichung nun kleiner geworden ist. Gegebenenfalls muss die Ausrichtung im Azimut weiter korrigiert werden.
5. Zur Justage der Polhöhe wird nun ein Stern eingestellt, der gut  $20^\circ$  über dem Ostpunkt steht.
6. Wenn dieser Stern beim Nachführen nach Süden wegläuft, real also in Richtung des Horizontes, dann muss die Polhöhe der Montierung vergrößert, andernfalls muss sie verkleinert werden.
7. Nach einer kontrollierenden Wiederholung schwenken Sie nun wieder in den Süden zurück und durchlaufen dieses Verfahren von Schritt (2) bis (7) weitere Male, bis die Deklinationsabweichungen hinreichend niedrig sind. Die Größenordnung einer optimalen Korrektur liegt etwa bei den auf vier Stunden hochgerechneten Abweichungen. Die Korrektur muss den Stern z. B. um das 16fache der beobachteten Deklinationsabweichung verschieben, wenn diese über einen Zeitraum von 15 Minuten entstand.

Alternativ zu (5) können Sie auch einen Stern einstellen, der über dem Westpunkt steht, z. B. wenn der Osthimmel von Ihrem Standort aus verdeckt ist. In diesem Fall müssen Sie nur bedenken, dass bei einer Abweichung des Sterns nach Süden die Polhöhe verkleinert, bei einer Abweichung nach Norden vergrößert wird, die Korrekturen also genau umgekehrt herum durchzuführen sind.

2.13 Zur Justage der Polhöhe stellen Sie einen Stern in östlicher Richtung ein. Wandert der Stern im Laufe der Zeit nach Süden, dann muss die Polhöhe vergrößert werden. Bewegt er sich dagegen nach Norden, stellt man die Polhöhe etwas flacher ein.

# Tips für die Astropraxis

**Hans Merker**  
**Hoffmannstr. 35**  
**26842 Ostrhauderfehn**  
**Tel.: 0 49 52 / 99 41 84**

## Polachsen-Justierung schnell gemacht

Hobby-Astronomen stehen bei Exkursionen oft vor dem Problem, ihre Teleskope einnorden zu müssen. Eine sorgfältig justierte Polachse ist Voraussetzung für schnelles Finden von Objekten und ebenfalls Vorbedingung für gelungene Astrophotos. Ist die Polhöhe, also der Winkel zwischen der Horizontalen und der Polachse, falsch, so muß das obere Ende der Polachse nach oben oder unten verstellt werden (falls ihr unteres Ende fest steht). Stimmt das Azimut der Polachse nicht, so muß ihr oberes Ende nach Osten oder Westen verstellt werden.

Hans Oberndorfer beschreibt in seinem Buch „Schau mal in die Sterne“ die Scheinersche Methode, die eine exakte Ausrichtung der Polachse auf den Himmels-

nordpol ermöglicht. Sie wird folgendermaßen angewendet: Ist das Azimut der Polachse fehlerhaft, so wandern – bei festgeklemmter Deklinationsachse – Sterne in Meridiannähe nach Norden oder Süden aus dem Gesichtsfeld des Okulares heraus. Ist hingegen die Polhöhe fehlerhaft, so verlassen Sterne im Westen oder Osten nach einiger Zeit die Mitte des Gesichtsfeldes. In beiden Fällen ist die Polachse in entsprechender Weise zu verstellen. Der Nachteil dieser Methode wird in dem erwähnten Buch auch sogleich geschildert: Stunden können vergehen, bevor die Justierung vollkommen ist, so daß meistens nur eine ungefähre Ausrichtung der Polachse erreicht werden wird. Ich möchte hier nun eine Abänderung der Scheinerschen Methode vorstellen, mit der die Polachse recht genau und vor allem sehr schnell justiert werden kann.

Die Tagbögen zweier Sterne mit gleicher Deklination sind ebenfalls gleich: Der vorauseilende Stern hat bereits die Position, die der nacheilende Stern zu einem späteren Zeitpunkt einnehmen wird. So wird z. B.  $\zeta$  Sge ( $\alpha = 19^h48^m$ ,  $\delta = 19^\circ11'$ ) 5 h 33 min später an der Posi-

tion von  $\alpha$  Boo ( $\alpha = 14^h15^m$ ,  $\delta = 19^\circ08'$ ) zu sehen sein. Die Deklinationsdifferenz von  $3'$  wird hier vernachlässigt. Die Justierung der Polachse geschieht dann folgendermaßen:

a) *Justierung des Azimutes der Polachse.* Man wähle zwei Sterne im Süden, die in Rektaszension etwa 3 bis 4 h auseinander liegen und – das ist wichtig – möglichst die gleiche Deklination besitzen. Sie sollten zudem hell genug sein, um nicht mit anderen Sternen verwechselt werden zu können und ihr Abstand vom Himmelsäquator sollte nicht zu groß sein. Dann wird der östliche Stern im Sucher angepeilt und im Hauptrohr in die Mitte des Feldes gestellt. Danach wird die Deklinationsachse festgeklemmt und der westliche Stern angepeilt. Bei fehlerhaftem Azimut der Polachse wird nun dieser nördlich oder südlich von der Mitte des Gesichtsfeldes stehen. Die erforderliche Korrektur geschieht durch Verstellung des Azimutes der Polachse. Anschließend wird alles wiederholt, bis auch der westliche Stern genau in der Mitte des Gesichtsfeldes landet.

b) *Justierung der Polhöhe.* Hierfür sind zwei Sterne mit annähernd gleicher Deklination im Osten oder Westen auszuwählen, die etwa  $30^\circ$  über dem Horizont stehen sollten. Dann wird wieder der östliche der beiden Sterne eingestellt, die Deklinationsachse festgeklemmt und danach der westliche Stern angepeilt. Je nachdem, ob dieser nördlich oder südlich von der Mitte des Gesichtsfeldes zu liegen kommt, ist die Polhöhe zu vergrößern oder zu verkleinern.

Wenn die Polachse zu Beginn sehr fehlerhaft eingerichtet war, müssen die Schritte a und b ein bis zweimal wiederholt werden. Innerhalb kurzer Zeit wird man die Polachse auf diese Weise sehr schnell und genau eingerichtet haben. Um die Sterne, die zum Justieren dienen sollen, nicht mit anderen zu verwechseln, ist eine Skizze hilfreich, die den Anblick im Sucher zeigt. Geeignete Sternpaare, die zu verschiedenen Jahreszeiten zum Justieren der Polachse verwendet werden können, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In der Spalte „Osten/Polhöhe“ bzw. „Westen/Polhöhe“ ist angegeben, wann (Monat/hh:mm) die beiden Sterne im Osten bzw. Westen zu finden sind. Dort können die Sternpaare zum Justieren der Polhöhe der Polachse benutzt werden. In der Spalte „Süden/Azimut“ ist angegeben, wann die Sternpaare etwa im Süden zu finden sind und zur Justierung des Azimutes der Polachse dienen können. □

Tabelle 1: Liste geeigneter Sternpaare zum Justieren der Polachse zu Beginn der astronomischen Dämmerung.

	$\alpha$	$\delta$	m [mag]	Osten/Polhöhe	Westen/Polhöhe	Süden/Azimut
32 Ori	05 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 8	+5°57'	4.2	1/19:30	4/19:30	1/21:30
v Tau	04 03.1	+6 00	3.9	12/17:30		2/19:30
$\alpha$ Tau	04 35.9	+16 30	0.9	1/17:40	3/22:30	1/22:00
$\gamma$ Gem	06 37.7	+16 24	1.9	12/20:00	4/20:30	2/20:00
						3/18:00
$\beta$ Cnc	08 16.5	+9 12	3.5	1/20:00	4/21:00	2/21:30
$\pi^2$ Ori	05 36.9	+9 17	4.2	2/18:00		3/19:30
$\delta$ Ser	15 34.7	+10 30	3.8	4/21:00	6/23:00	5/22:00
t Leo	11 23.9	+10 32	3.9	5/20:00		
$\zeta$ Sgr	19 49	+19 10	5.0	5/22:30	10/20:40	6/22:30
$\gamma$ Her	16 21	+19 10	3.7		11/18:00	
$\beta$ Peg	23 03.8	+28 05	2.6	8/20:00	1/17:30	9/21:50
$\beta$ Cyg	19 30.7	+27 58	3.1	9/18:00	12/19:30	10/19:50
						11/17:50
$\gamma$ Peg	0 13.2	+15 11	2.8	8/21:30	1/21:00	10/22:00
$\alpha$ Peg	23 04.8	+15 12	2.5	9/19:30	2/19:00	11/20:00
				10/18:00		12/18:00
6 Tri	2 12.4	+30 18	5.0	8/22:00	1/21:00	11/21:00
$\eta$ Boo	14 31.8	+30 23	3.6	9/20:00	2/19:00	12/19:00
o Tau	3 24.7	+9 02	3.6	11/19:00	1/22:30	1/19:00
o Psc	1 45.4	+9 09	4.5	12/21:00	2/20:30	12/21:00
3 Aur	4 57	+33 09	2.7	11/19:40	3/20:30	1/20:00
3 Tri	2 03	+33 16	3.9	12/14:40		
$\eta$ Peg	22 43	+30 13	3.0		1/18:30	9/22:00
$\zeta$ Cyg	21 12.9	+30 14	3.2		12/20:30	10/20:00
						11/18:00
$\alpha$ Ser	15 44.3	+6 25	2.6		4/22:30	4/22:30
$\epsilon$ Hya	8 46.8	+6 25	3.4		5/20:30	5/20:30
o Psc	1 45.4	+9 09	4.5			10/21:00
$\alpha$ Aql	19 50.8	+8 52	0.8			11/19:30
						12/17:00
$\zeta$ Peg	22 43	+30 13	3.0			8/21:30
$\rho$ Boo	14 31.8	+30 23	3.6			