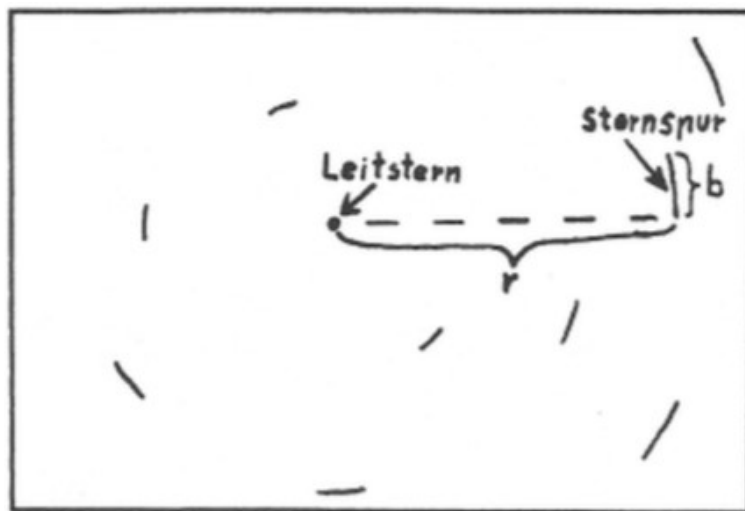


# Einnorden einer astronomischen Montierung

- Jürgen Goldan -

Das Einnorden (Einsüden) einer Montierung dient dem exakten parallelen Ausrichten der Stundenachse einer Fernrohrmontierung zur Rotationsachse der Erde. Ziel ist es bei der photographischen Nachführung eine Korrektur in Deklination zu vermeiden und das automatische Anfahren von Objekten zu ermöglichen. Bei der Photographie entstehen zusätzlich Abbildungsfehler durch eine scheinbare Drehung aller Sterne um den genutzten Leitstern. Bei Steuerungssoftware mit Lernmöglichkeit der Aufstellungsfehlern ist dies nicht zwingend nötig.



**Abb. 1:** Drehung um Leitstern durch Aufstellungsfehler

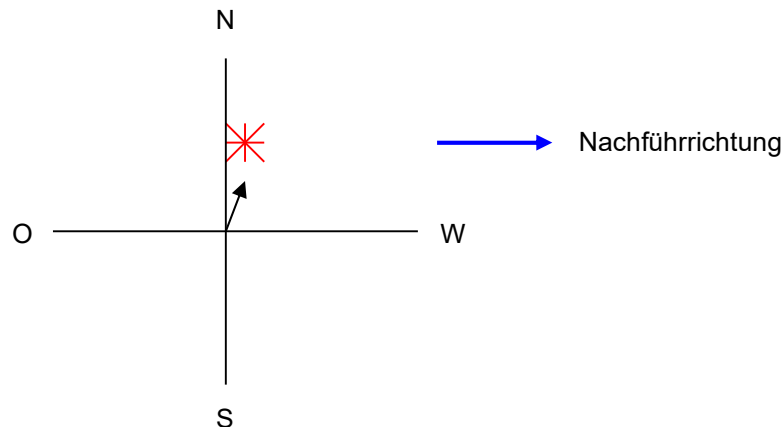
Das Einnorden wird nach dem Verfahren des **Einscheinern** durchgeführt. Eine Montierung muss in azimuthaler Richtung und in Höhe der Stundenachse eingestellt werden (2 Freiheitsgrade). In einem ersten Schritt erfolgt das Einstellen der azimuthalen Ausrichtung der Montierung, in einem zweiten Schritt das des Höhenwinkels. Da beide Einstellungen nicht unabhängig voneinander sind, wird das Verfahren iterativ durchgeführt.

Zum Einstellen der beiden Ausrichtungen werden verschiedene Sterne genutzt. Für die horizontale Einstellung wird ein Stern im Meridian genommen. Wird ein Stern exakt im Zenit genommen, so bleibt dieser auch nach dem Verdrehen der Montierung im Gesichtsfeld. Hat dieser Stern einen größeren Abstand (Stundenwinkel) zum Meridian, so besteht ein Einfluss des eventuell vorhandenen Höhenfehlers der Aufstellung. Für den Höhenwinkel wird ein Stern im Osten oder Westen genau am Horizont genutzt. Nur ein Stern in dieser Position hat keinen Fehlereinfluss bei einem noch vorhandenem Azimutfehler. Praktisch ist ein Stern direkt im Osten oder Westen am Horizont nicht zu beobachten. Daher wird ein Stern einige Grad über dem Horizont verwendet. Wurde der Azimutfehler durch einen ersten Stern im Meridian bereits beseitigt, so besteht kein Restfehler bei der Beobachtung dieses Sternes. Ferner ist zu beachten, dass ein Stern im Osten oder Westen unterhalb etwa  $20^\circ$  sich nicht auf einer exakten mathematischen Spur bewegt, sondern durch Refraktion zum Zenit (nach oben) verschoben wird. Am Horizont beträgt die Refraktion etwa  $0,5^\circ$ . Die Höheneinstellung an einem Ost- oder einem Weststern wird daher zu verschiedenen Ergebnissen (Abhängig von der Höhe des Sternes) führen. Die beste Einstellung ist ein mittlerer Wert aus beiden Einstellungen. Folgende Vorgehensweise ergibt sich:

**1. Schritt:** Ausrichten des Fernrohrs in den Zenit und suchen eines geeigneten Sternes. Der Stern wird eingestellt und beobachtet. Der Stern wird sich aus dem Fadenkreuz in Deklination bewegen. Befindet sich der Stern exakt im Zenit, so kann mit der

Azimuteinstellung der Stern wieder genau auf das Fadenkreuz zurückgedreht werden und die Fehlstellung beseitigt werden. Befindet dieser sich nicht genau im Zenit, so kann mit der Azimutverdrehung zumindest die Drehrichtung der Montierung festgelegt werden. Dabei ist der Stern nicht völlig auf den Faden zurückzustellen, sondern nur zu einem Teil. Der Vorgang wird nach dem erneuten Anfahren des Sternes auf das Fadenkreuz wiederholt.

Skizze für Nord- und Südhalbkugel, Blick zum Zenit. Das Kreuz entspricht dem Fadenkreuz bei Ausrichtung in Nachführrichtung:



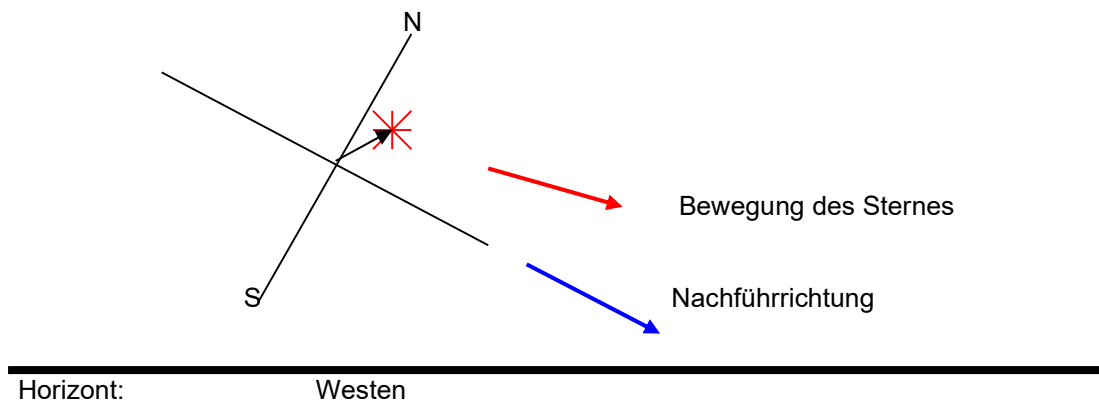
**Abb. 2:** Blick zu einem Stern im Zenit

Der Stern weicht hier nach Norden aus. Ein fiktiver Punkt am Fuß der Montierung an der Westseite muss nach Norden gedreht werden, d.h. bei Blickrichtung von oben auf die Montierung im Uhrzeigersinn drehen. Es ist unabhängig ob der Stern von der senkrechten Linie abweicht, hier zeigt sich nur ein Fehler in der Nachführgeschwindigkeit. Das Gesagte gilt auch für einen Standpunkt auf der Südhalbkugel.

Im Zenit gilt:

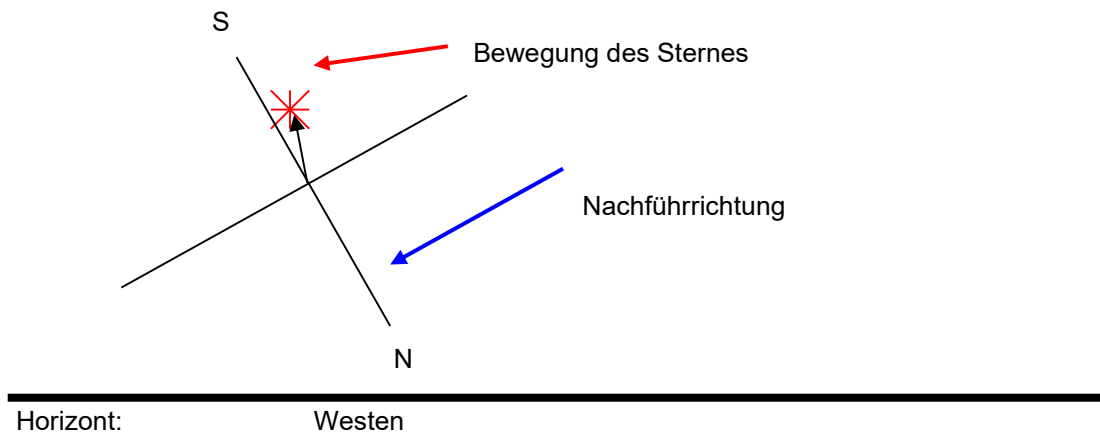
- **Stern läuft nach Norden aus** → **Drehen im Uhrzeigersinn**
- **Stern läuft nach Süden aus** → **Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn**

**2. Schritt:** Ausrichten der Montierung in der Polhöhe. Hierzu wird ein Stern im Osten oder Westen möglichst 20-30° über dem Horizont gewählt, eingestellt und beobachtet. Der Stern wird sich vom Ost-West Faden in Deklination entfernen. Die Skizze zeigt die mögliche Bewegung eines Sternes im Westen (Untergang) auf der Nordhalbkugel:



**Abb. 3:** Blick zu einem Stern am Horizont (Nordhalbkugel)

Aus der Skizze wird deutlich, dass der Stern flacher läuft als die Montierung, d.h. die Polhöhe muss erhöht werden. Die entsprechende Anordnung auf der Südhalbkugel:



**Abb. 4:** Blick zu einem Stern am Horizont (Südhälfte)

Auch hier bewegt sich der Stern flacher als die Montierung, die Polhöhe des fiktiven Südpols muss erhöht werden. Für eine Standpunkt auf der Nord- oder Südhälfte gilt:

Im Westen (Untergang) gilt:

- **Stern läuft zum Zenit aus** → **Polhöhe erhöhen**
- **Stern läuft zum Horizont aus** → **Polhöhe verringern**

Im Osten (Aufgang) gilt:

- **Stern läuft zum Zenit aus** → **Polhöhe verringern**
- **Stern läuft zum Horizont aus** → **Polhöhe erhöhen**

Auf der Südhälfte ist die Polhöhe die Höhe des fiktiven Südpols der Montierung über dem Südhorizont.

Dieser Vorgang wird in den Richtungen Ost- → West-Stern bzw. West- → Ost-Stern wiederholt. Durch Refraktion verläuft der Stern flacher am Horizont, für beide Zielrichtungen wird die Polhöhe zu hoch eingestellt, die wirkliche Polhöhe ist niedriger. Der Refraktionseffekt lässt sich verringern durch Nutzung von Sternen oberhalb einer Höhe von ca. 20° über dem Horizont.

### Abschätzung der Aufstellungsfehler:

Sei  $d$  die Abweichung des Sternes in Bogensekunden vom horizontalen Faden nach  $t$  Minuten, so ergibt sich überschlagsmäßig eine azimutale Drehung  $\alpha$  in Grad der Montierung zu:

$$(1) \quad \alpha = \frac{d}{t \cdot 15 \cdot \cos \varphi}$$

Dabei ist  $\varphi$  die geographische Breite des Standpunktes. Für die Polhöhe gibt sich unabhängig von der geographischen Breite eine Kippung  $\beta$  der Polhöhe:

$$(2) \quad \beta = \frac{d}{t \cdot 15}$$

Rechnerisch ergeben sich folgende Drehwinkel  $\alpha$  und  $\beta$  der Montierung bei einem Test von 5 Minuten Wartezeit bei verschiedenen Abweichungen  $d$  des Leitsternes:

<b>d</b>	<b>Azimut-Fehler <math>\alpha</math></b>		<b>Polhöhe <math>\beta</math></b>
<i>Ort:</i>	<i>Deutschland</i>	<i>Namibia</i>	<i>beliebig</i>
10 "	0,20 °	0,15 °	0,13 °
30 "	0,62 °	0,43 °	0,40 °

**Tab. 1:** Abschätzung der Fehlerkomponenten