

## Hinweise zur Navigation

Der Fullscreen Modus kann durch drücken der **ESC**-Taste verlassen werden.

Das folgende PDF Dokument kann **nicht** einfach durch geblättert werden.

Befindet sich ein oder mehrere **Hyperlinks**, dargestellt mit der Farbe **cyan**, dann klickt man auf den ersten Link und fährt fort bis zum letzten. Sind alle Links abgearbeitet oder hat es keine, dann klickt man in der Fusszeile auf der rechten Seite den Link in **GELB**, welcher zur logisch nächsten Folie führt.

In der Fusszeile links befindet sich der Link zum aktuellen Inhaltsverzeichnis und die Gesamtseitenzahl rechts führt zur Zusammenfassung am Ende.

In der Kopfzeile führt das Datum an den **Beginn der Präsentation**.



<http://leq.one-arcsec.org>

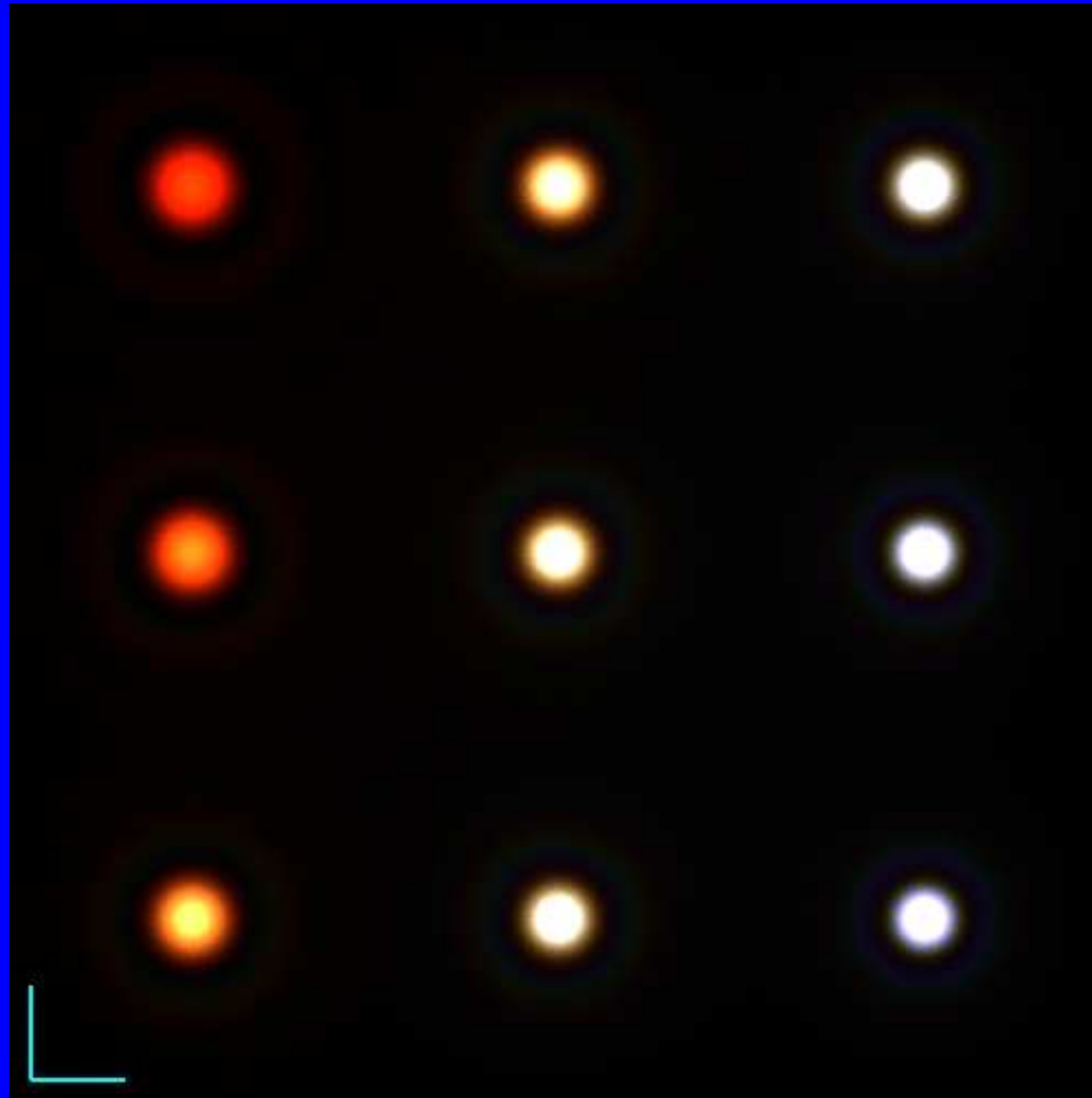
# Die Atmosphäre und ihre Auswirkungen auf die Fotografie.

**Motto für heute Abend**

**Es ist noch keine  
MeisterIn  
vom Himmel gefallen.**

# Übersicht

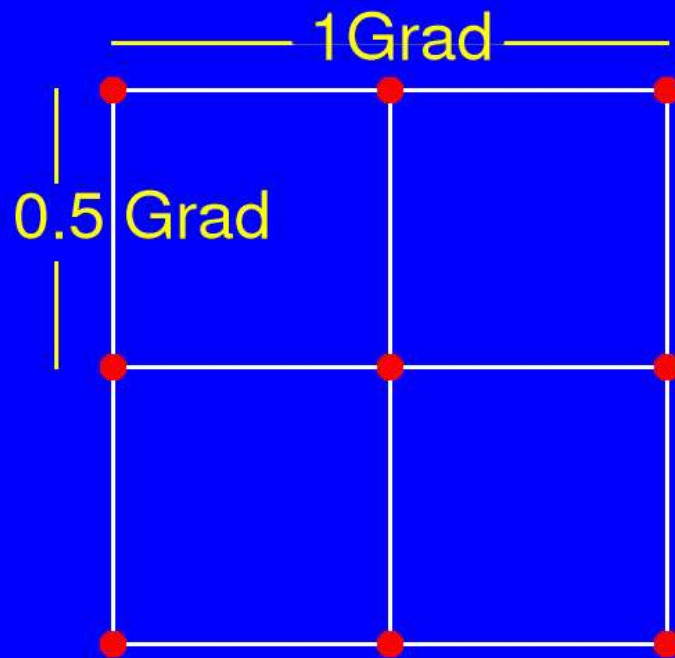
- **Die Simulation**
- **Befund auf den Fotografien**
- **Was man gerne hätte ...**
- **Erste Resultate**
- **Zweck, Folgerung und beeinflussbare Grössen**
- **Etwas Physik**
- **Die Ausrichtung der Stundenachse**
- **Existiert eine optimale Position der Stundenachse?**
- **Zusammenfassung**



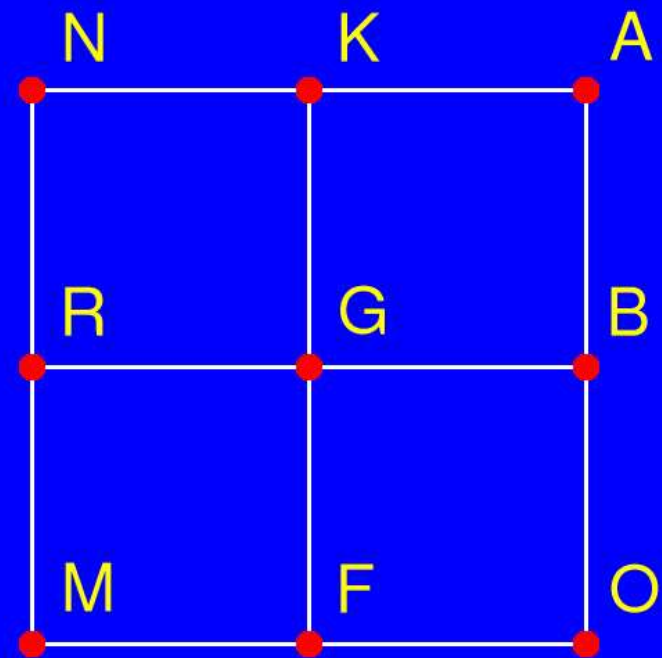
## Simulation

- Ein **ideales beugungsbegrenztes** Teleskop unter einem **realem** Himmel.
- Berücksichtigt werden alle analytisch berechenbaren Zusammenhänge

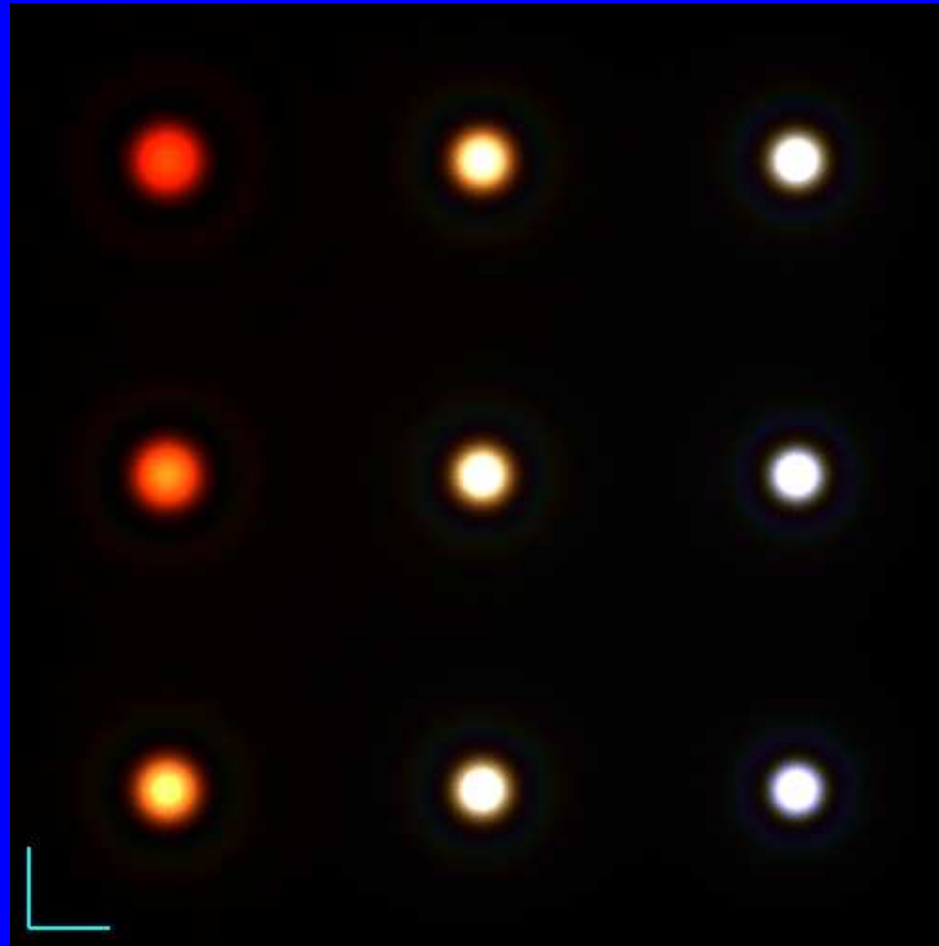
## Schematisches Sternfeld



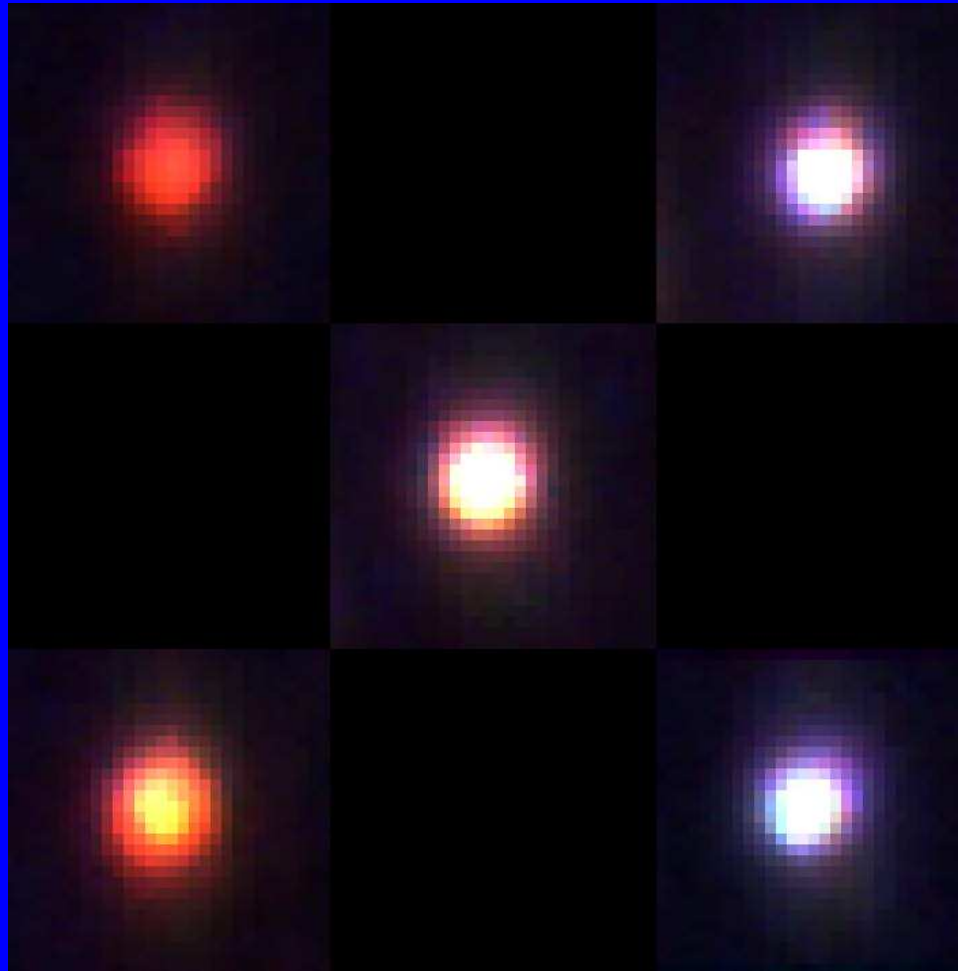
Geometrie



Spektraltypen



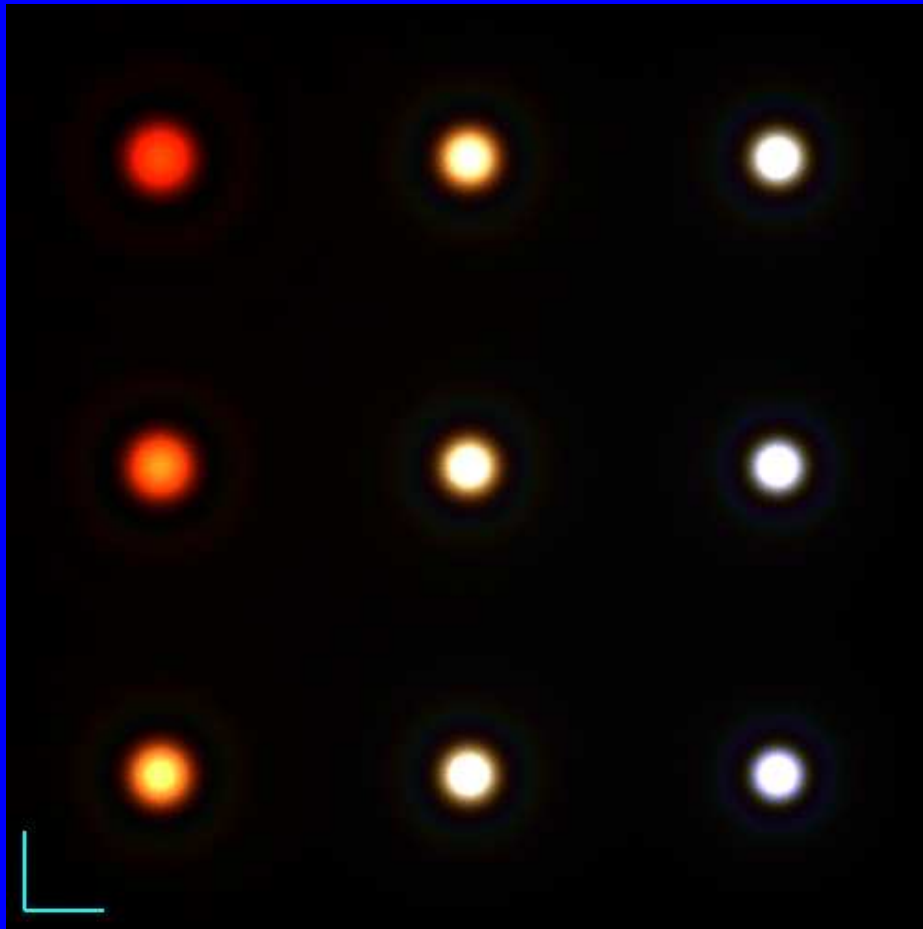
Simulierte Sterne der Spektralklassen N bis O



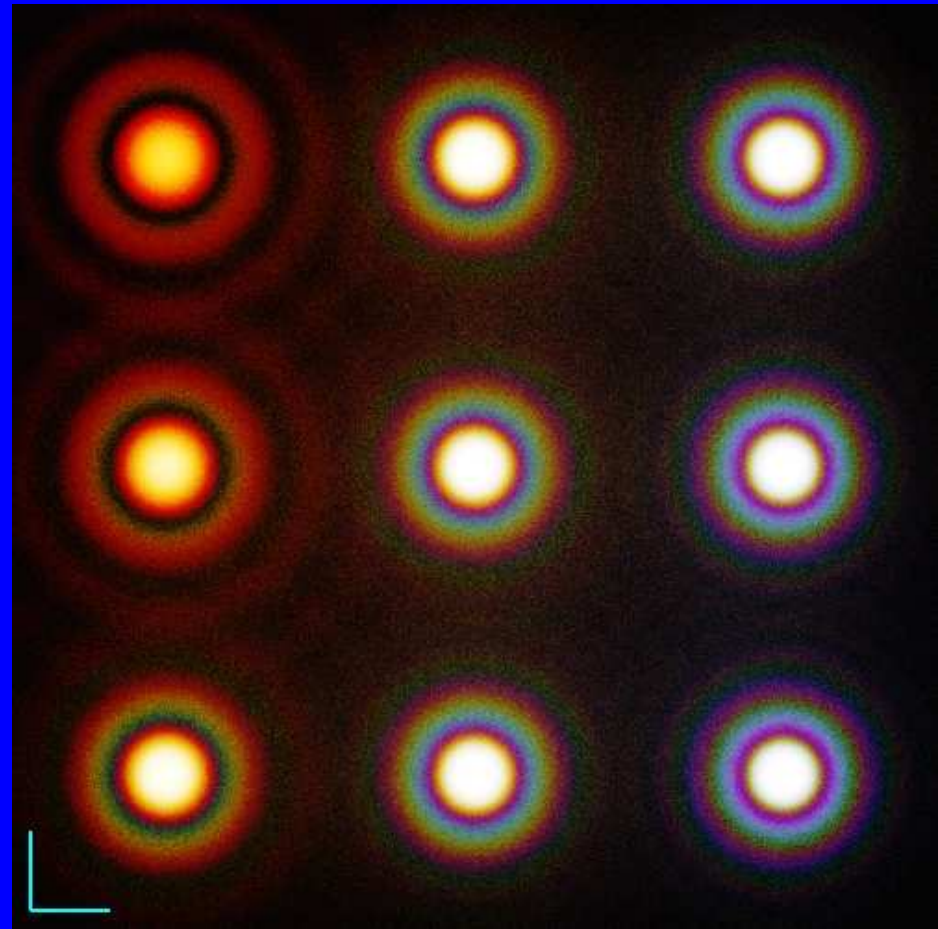
Sterne verschiedener Spektralklassen (Fotografie)

## Vorteile der Simulation

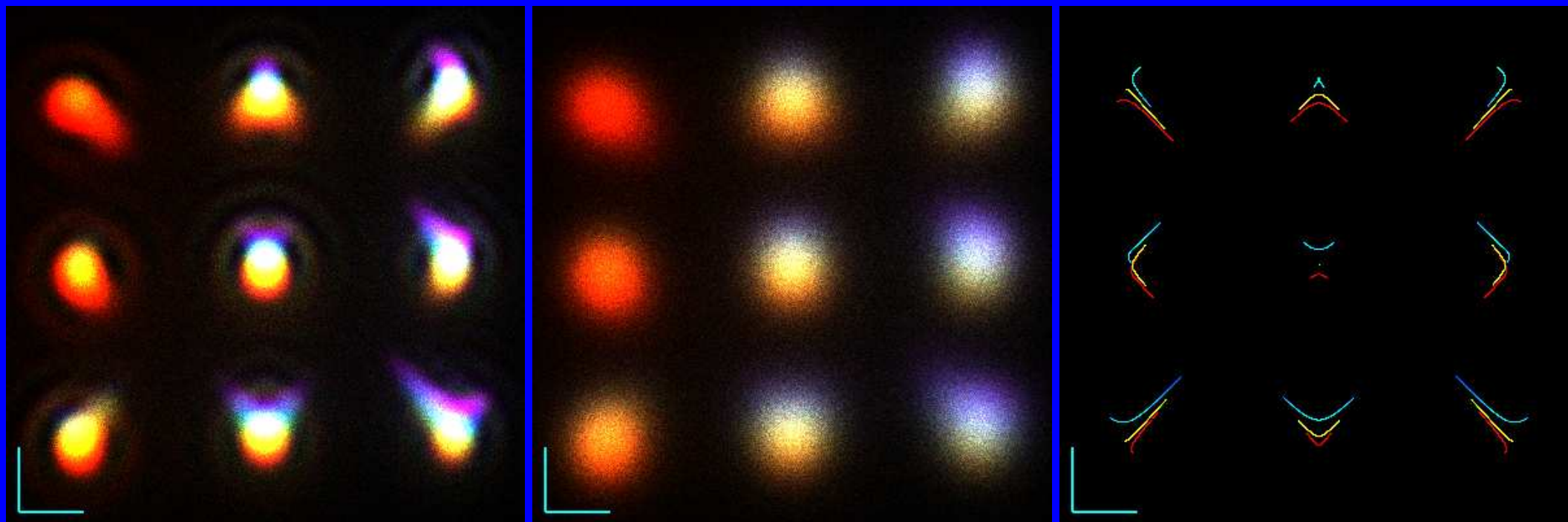
- Mit einem Teleskop schwierig(er) zu machen, da alle Effekte immer in der Summe auftreten (siehe E.S. King 1902).
- Getrennte Darstellung der verschiedenen Effekte
- Darstellung kann an ein Problem angepasst werden



Simulierte Sterne der Spektralklassen  
N bis O



Farbige “Beugungsringe”, länger  
belichtet, sonst wie links



Beugungsbegrenzt ...

... mit Luftunruhe ...

... Dreifarbendarstellung

Aufnahmedaten der Simulation:

$\delta = 0^\circ$ ,  $\tau = -3^h$ , Dauer 6 Stunden und die Stundenachse zeigt auf den wahren Pol.

## Zweck

- Routinemässige Herstellung von Fotografien mit der Auflösung von

$\approx 1 \dots 2''$

- Realistische Erwartungen an eine Himmelfotografie

## Folgerung

- Alle systematischen Effekte müssen mit dieser Genauigkeit bekannt **und** kompensierbar sein

## Beeinflussbare Grössen

Eine ansprechende Himmelsfotografie hängt von den folgenden **beeinflussbaren** Punkten ab

- Teleskop: Objektiv, Montierung
- Detektor: konventionelle Kamera, CCD, ...
- **Fokussierung**
- **Ort am Himmel**
- **Ausrichtung der Stundenachse**
- **Übung und Erfahrung**

- **Refraktion**

Brechung des Lichtes an einer Grenzfläche

- **Dispersion**

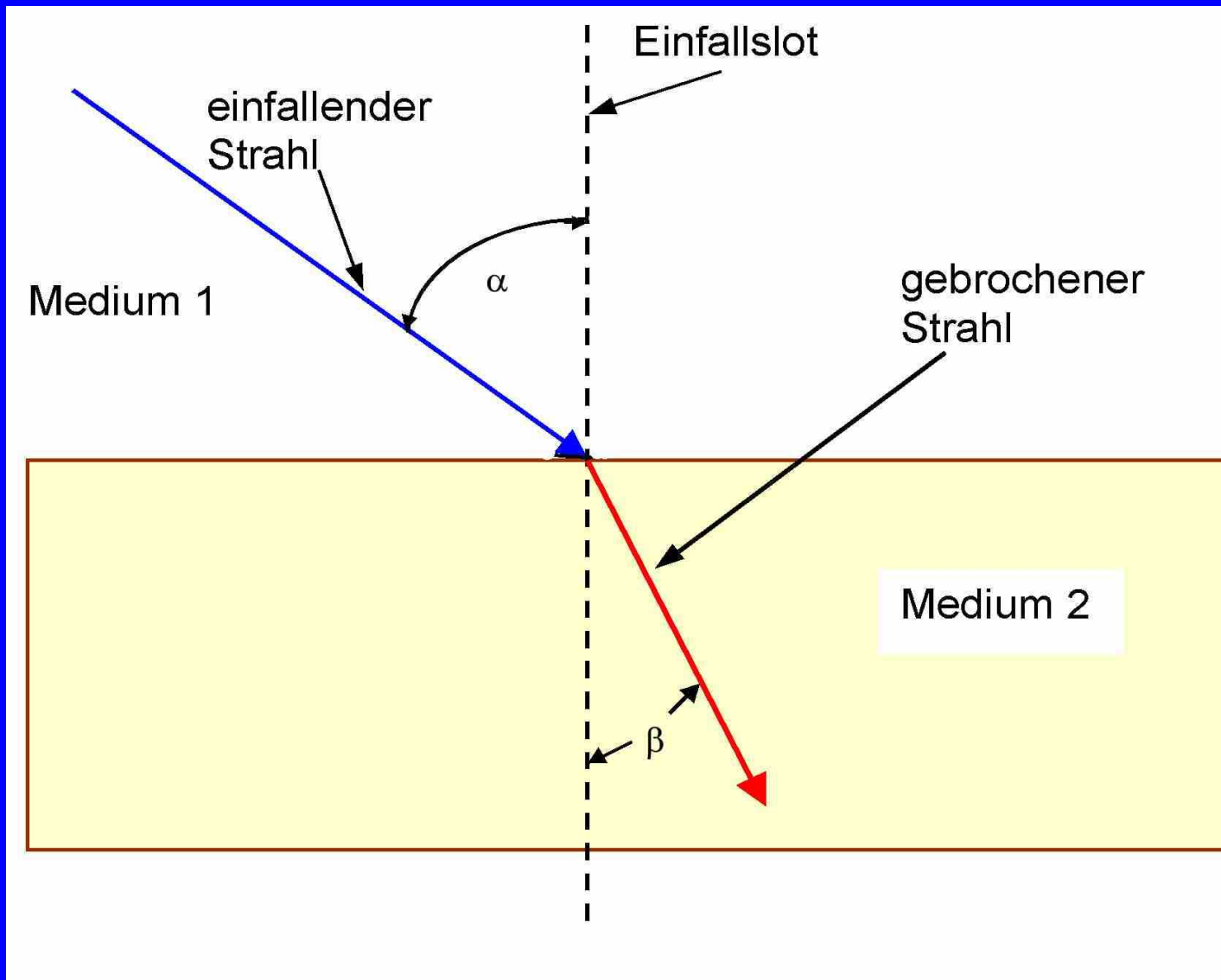
Aufspaltung des Lichts in seine Farben

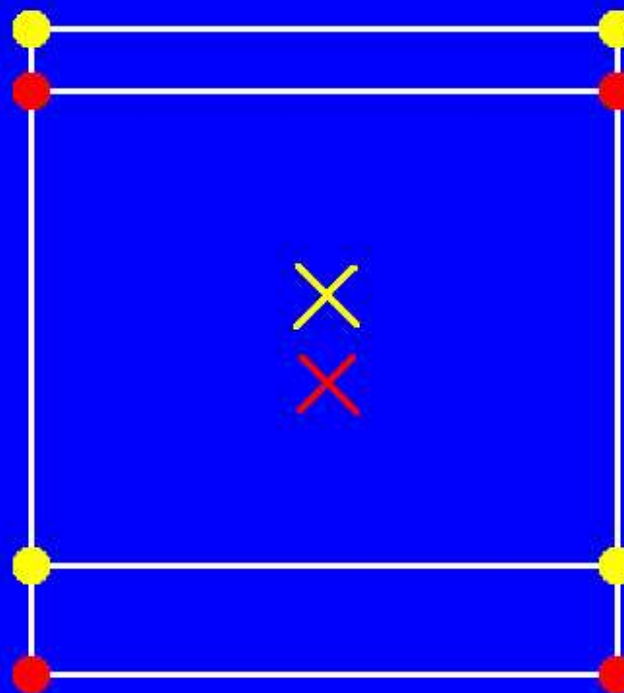
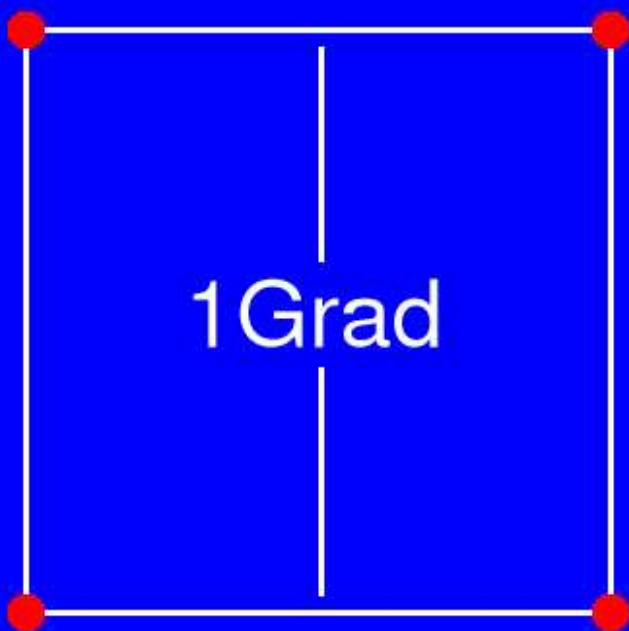
## Refraktion

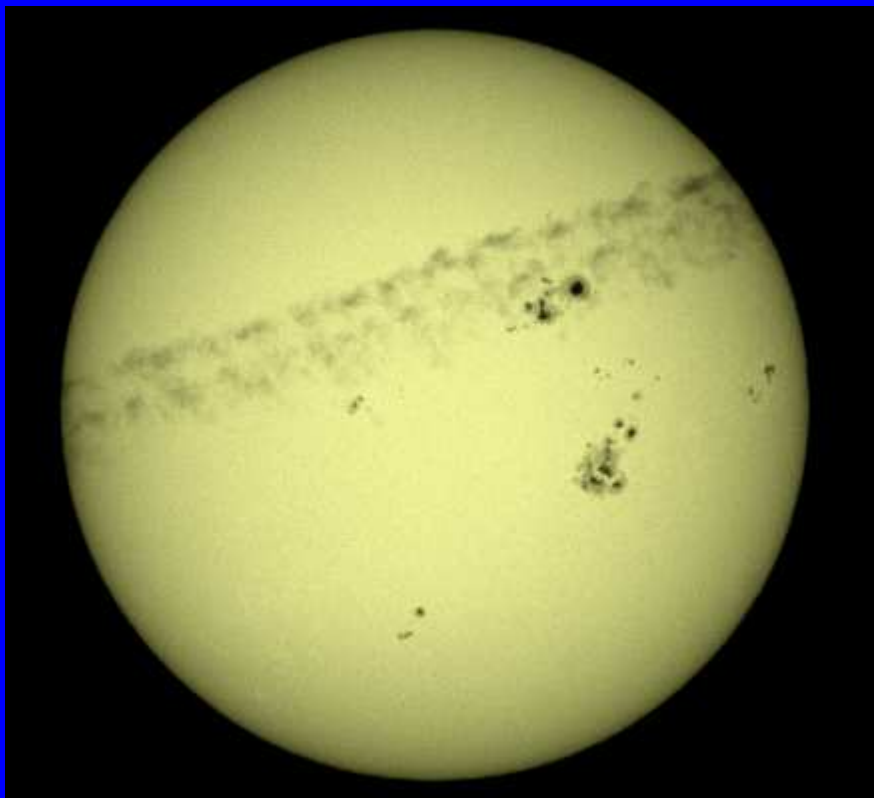
- Brechungsindex eines Mediums ist immer  $> 1$
- Der Brechungsindex  $n$  der Atmosphäre ist in der Grösse von
$$\mathbf{n_0 = 1.00027 \simeq 1}$$
- Der Betrag der Brechung der Atmosphäre ist von der Zenitdistanz abhängig und die Näherung dafür lautet

$$\mathbf{R \simeq (n_0 - 1) \times \tan \zeta}$$

- Befunde auf den Fotografien



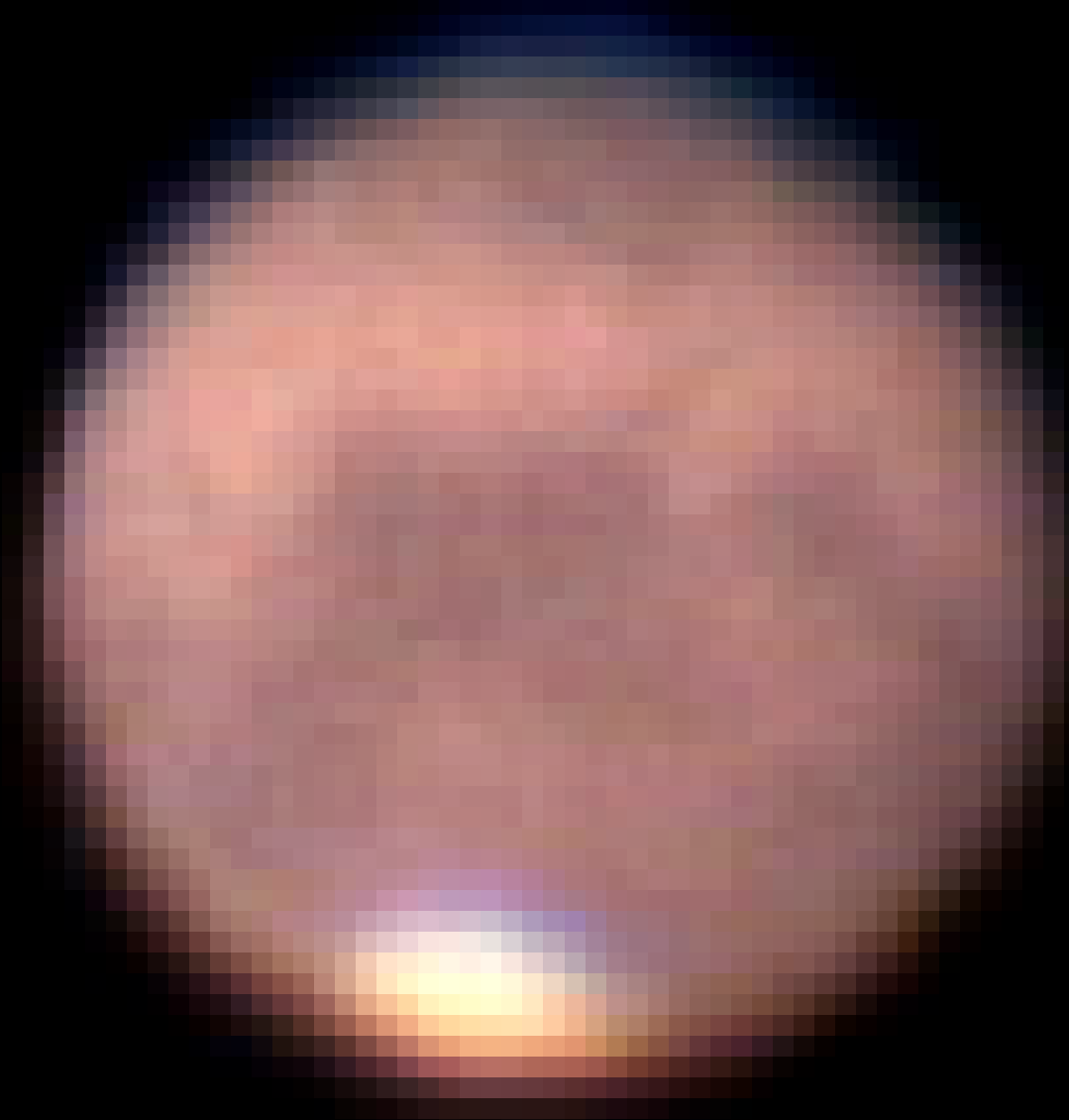




Sonne am 30. Oktober 2003  
Fleckengruppen 486 und 488



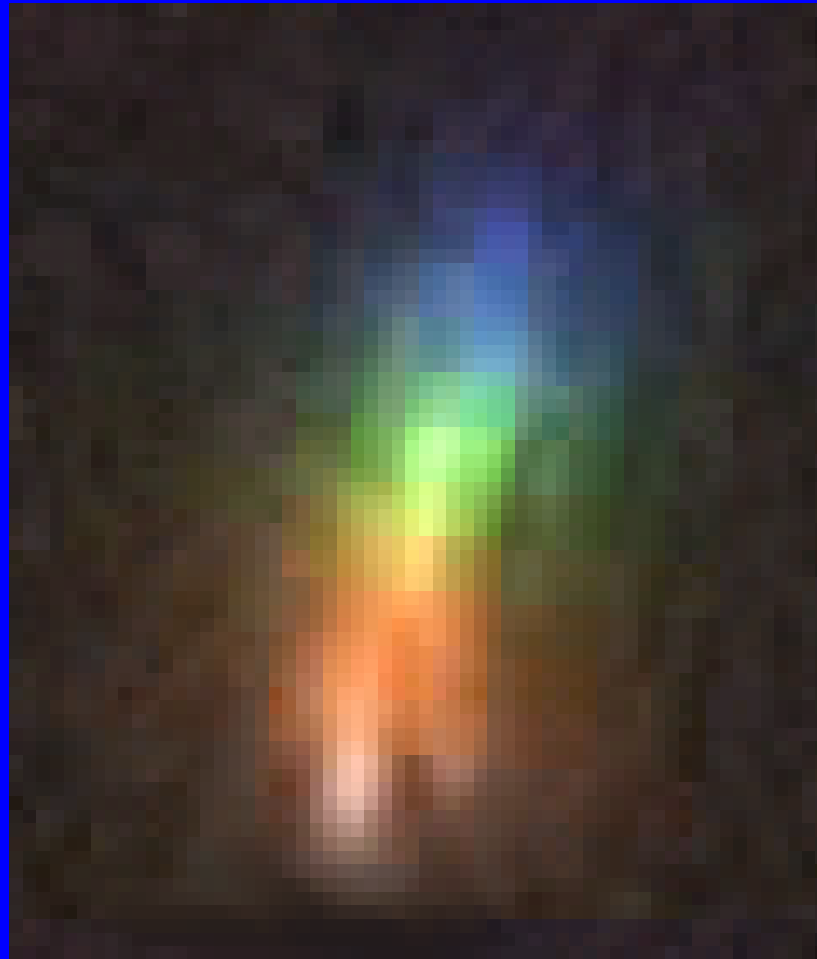
Sonne am Horizont



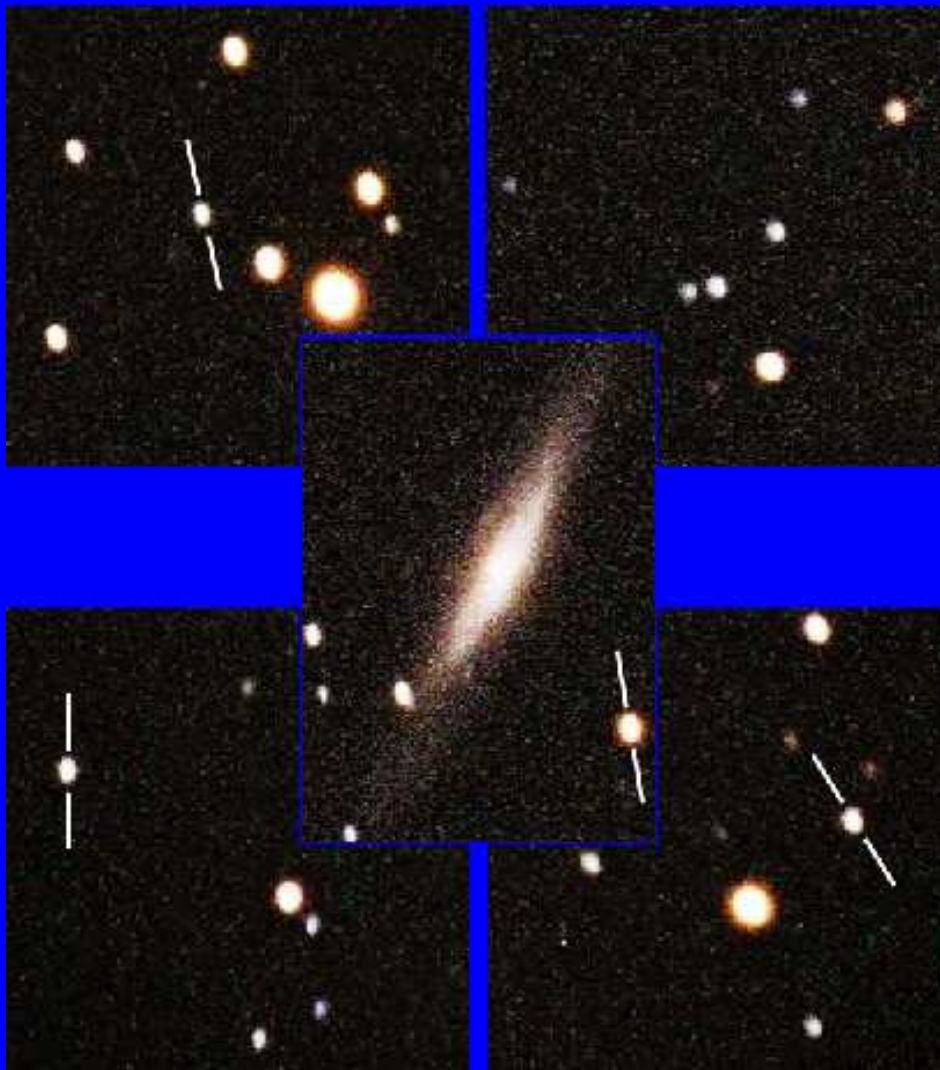




Omega Centauri Ausschnitt, ca.  $10^\circ$  über Horizont Belichtungszeit ca. 600 sec



Fomalhaut (Typ A3)  $6.4^\circ$  über dem Horizont. Die Länge des Spektrums beträgt ca.  $7.7''$  im sichtbaren Bereich.

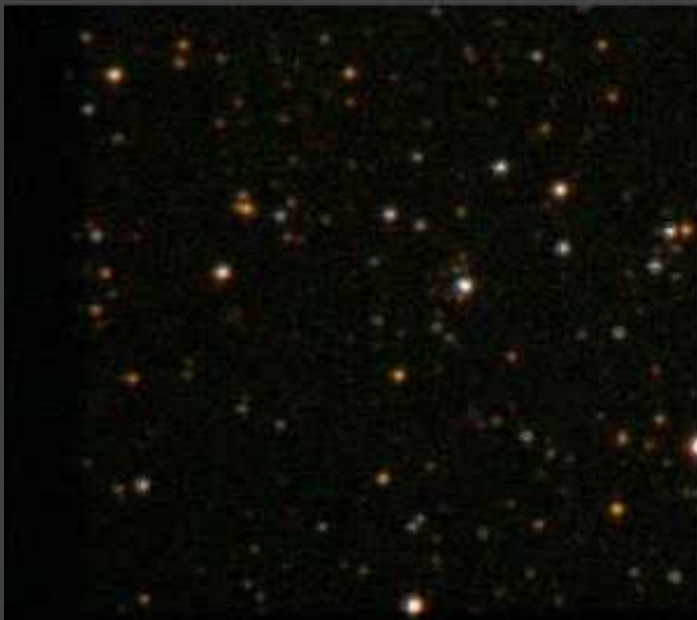
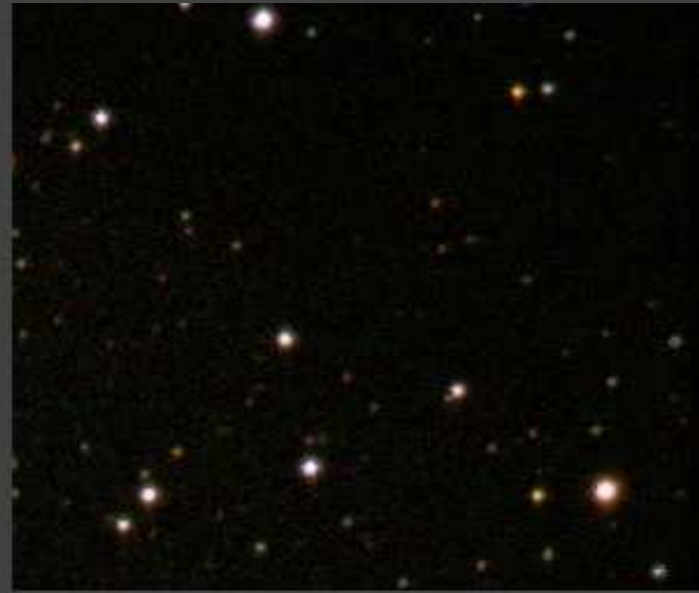


- Variation der Spuren
  - Richtung
  - Längeüber das ganze Feld.
- Verminderung der
  - Auflösung
  - Beleuchtung
- Mögliche Ursachen
  - “differentielle” Refraktion
  - Ausrichtung

NGC 2683 70 Min.,  $\delta = 33.4^\circ$ ,  
 $\tau = -3^h 10^m$







Omega-Nebel M 17, Ecken, 35 Min.,  $\delta = -16.2^\circ$ ,  $\tau = -1^{\text{h}}43^{\text{m}}$

## Optimierung der Ausrichtung

Es gibt zwei sich ausschliessende Möglichkeiten:

- **E.S. King (1902):** Bewegung in der  $\delta$ -Richtung ist NULL
- **Wallace & Tritton (1979):** Minimierung der Bildfeldrotation

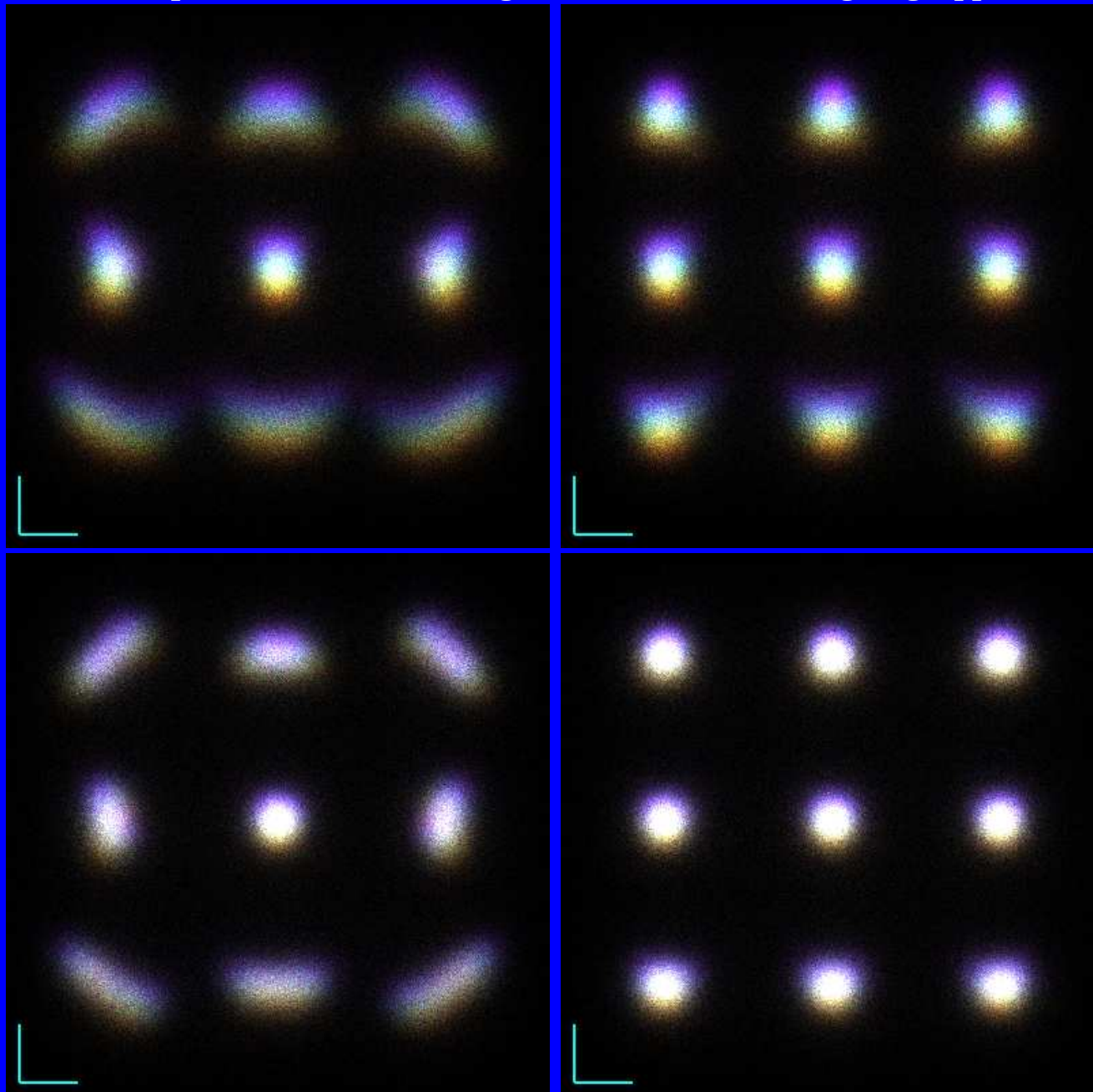
Beiden gemeinsam ist die Tatsache, dass die Position der Stundenachse nicht mehr fest ist, **sondern dass sie in Abhängigkeit des zu beobachtenden Ortes am Himmel variiert.**

$$\lambda = 4' (3')$$

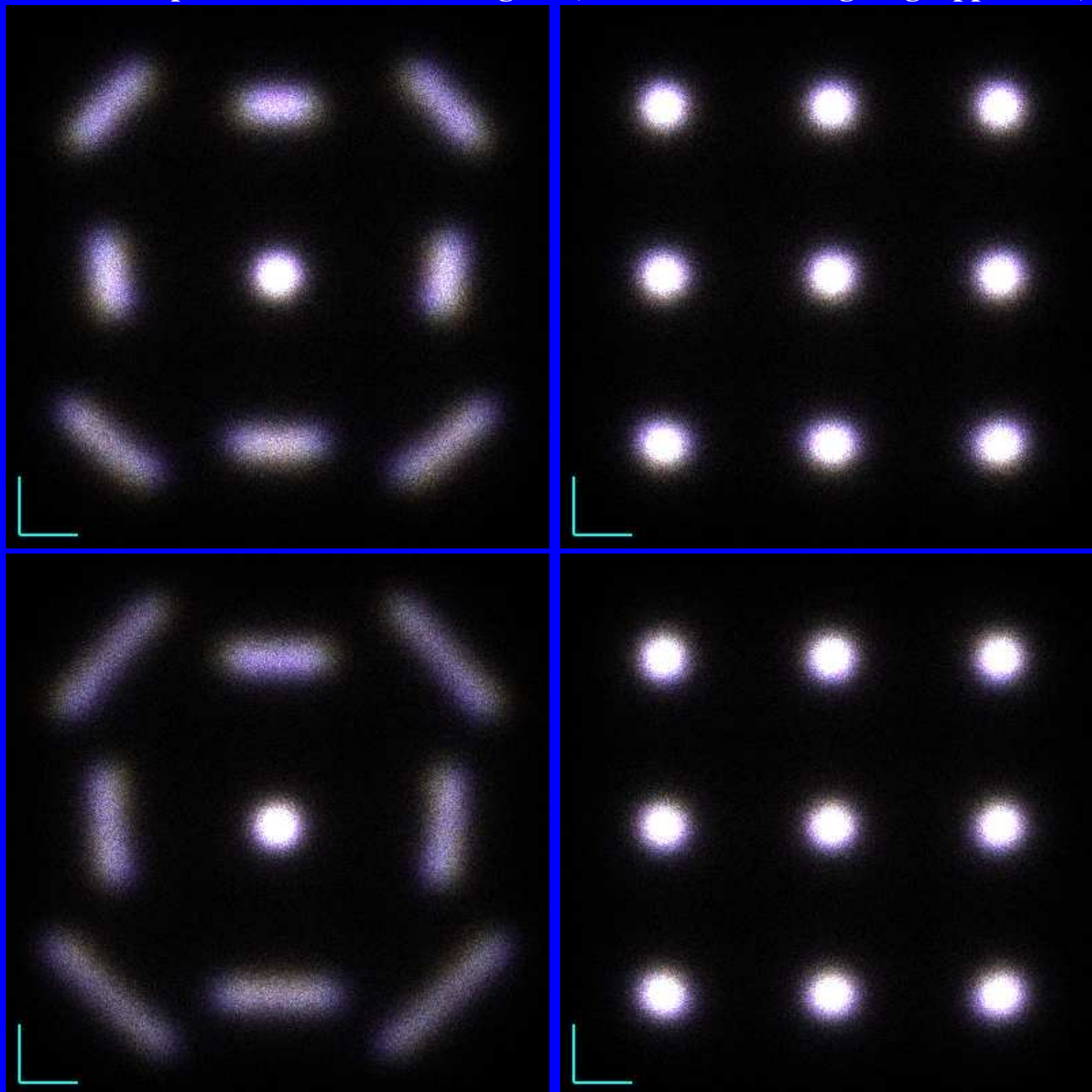
Stundenachse  
experimentell  
gemäss  
J. Scheiner  
**fest** ausgerichtet

$$\lambda = 51.8''$$

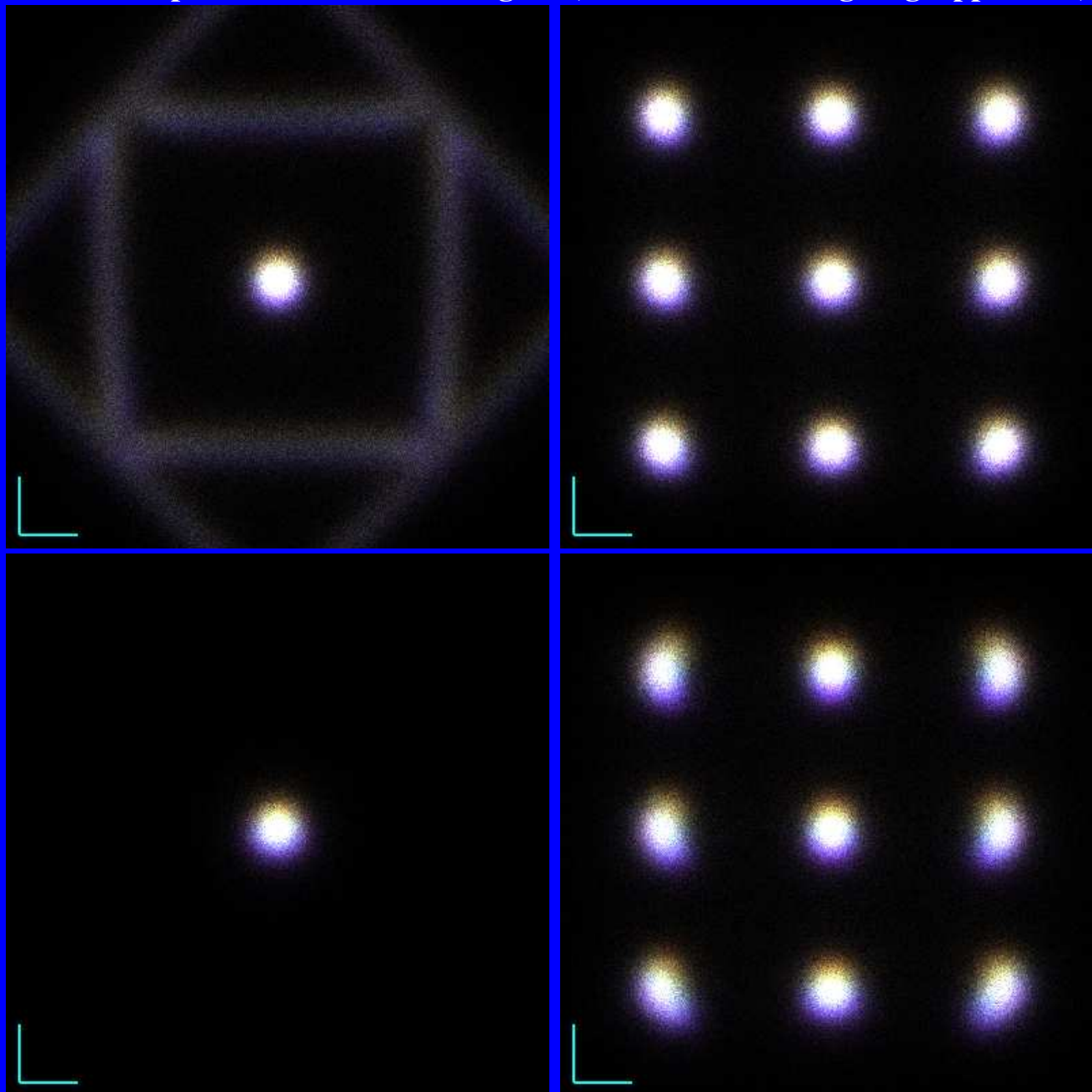
Stundenachse  
zeigt **fest**  
auf den  
scheinbaren Pol



$\delta = 0, 20^\circ$  Beginn  $\tau = -3^h$  Ende  $\tau = +3^h$



$\delta = 40, 60^\circ$  Beginn  $\tau = -3^h$  Ende  $\tau = +3^h$

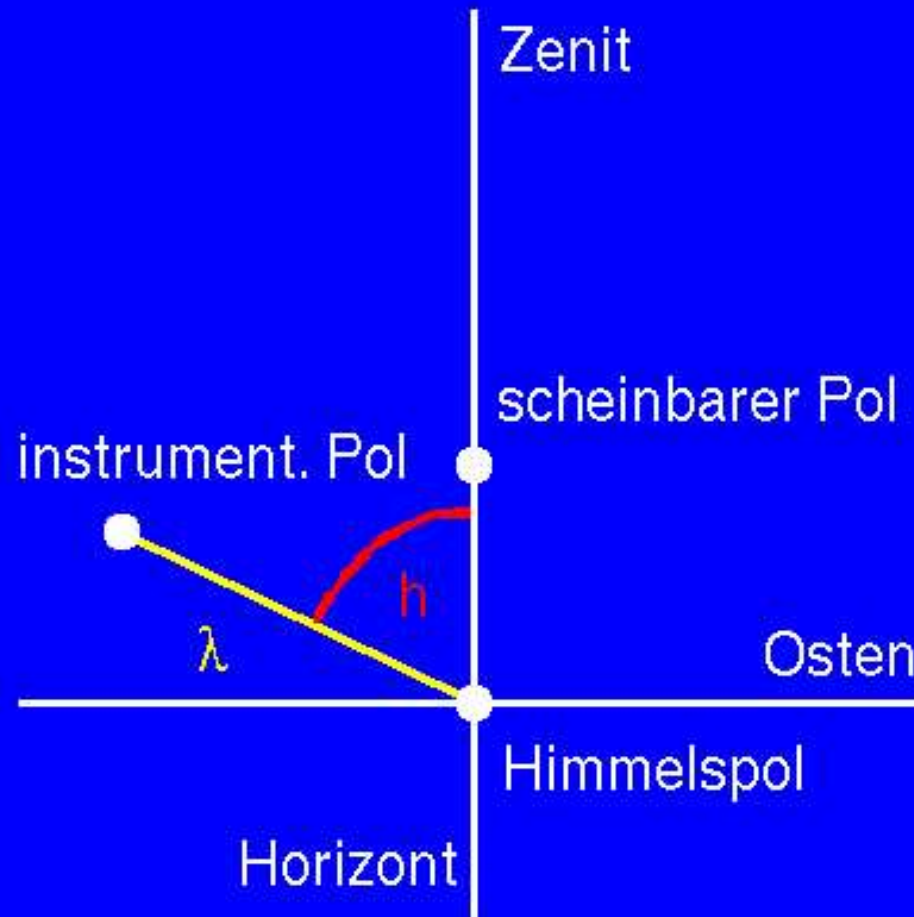


$\delta = 80, 90^\circ$  Beginn  $\tau = -3^h$  Ende  $\tau = +3^h$

## Eine Kette ist so stark . . .

- Die Ausrichtung der Stundenachse mit der Genauigkeit der Methode gemäss **J. Scheiner** ist **ungenügend**.
- Für **Bildfelder bis etwa  $1^\circ \times 1^\circ$**  fährt man mit der Ausrichtung auf den **scheinbaren Pol gut**.
- Ist die **Luftunruhe ausserordentlich gering** oder steht eine Fotografie in der **Polregion** an, dann muss man für grössere Bildfelder die Stundenachse gemäss **Wallace & Tritton** ausrichten.

# Aufgabe



# Ausrichtung der Stundenachse

Anforderungen:

- Genauigkeit  $\leq 30''$
- zeitlicher Aufwand  $\leq 30$  Minuten
- Eignung für alle Teleskope und Montierungen

Zusätzliche Mittel:

- Stoppuhr
- Messokular
- programmierbarer Taschenrechner

## Methoden

- E.S. King: **Messung in der Polregion**
- A.A. Rambaut: **Messung “irgendwo” am Himmel**
- (J. Scheiner: **Messung in der Polregion**)

## Art der Messung

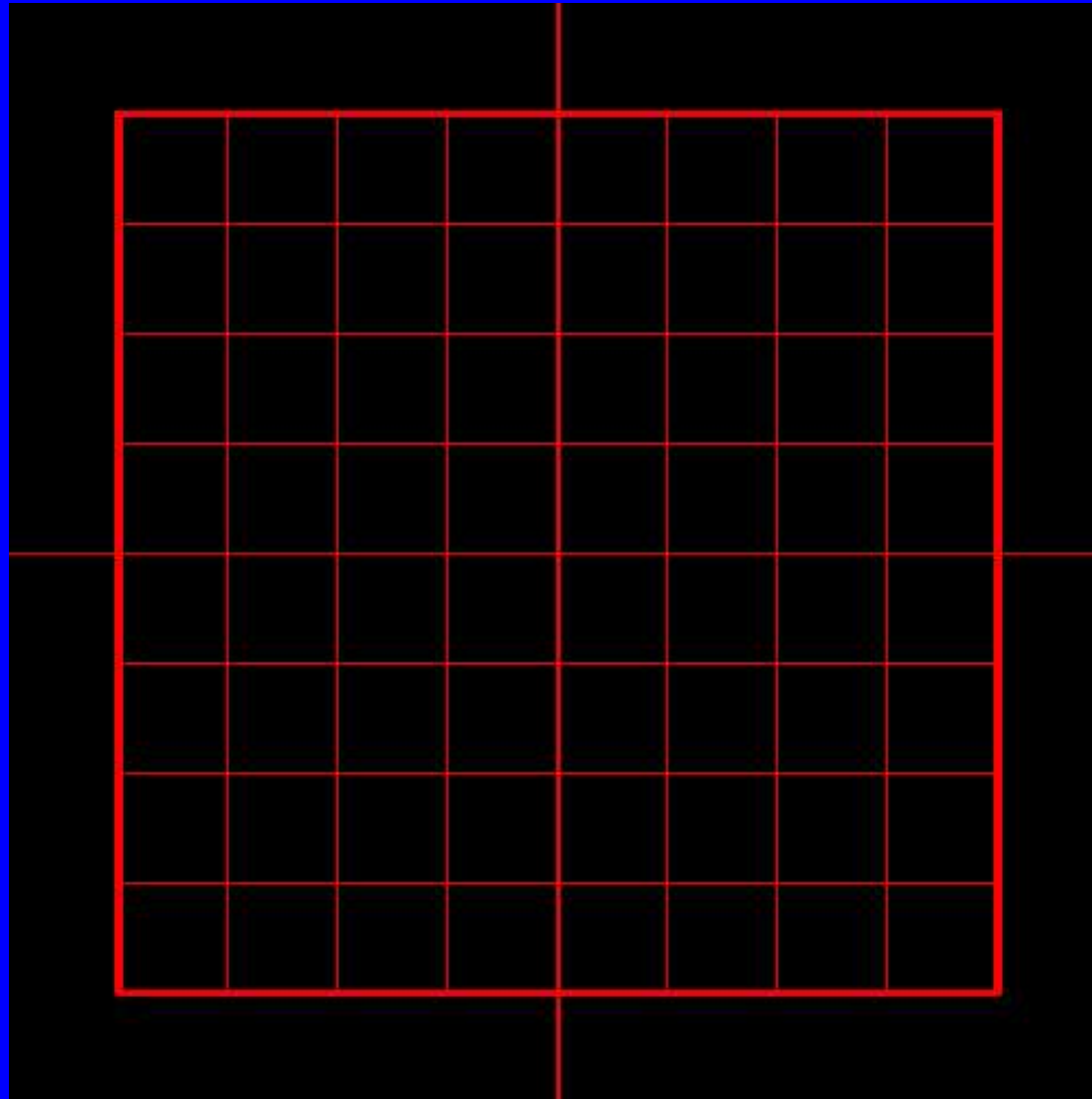
- visuell: temporär aufgestellte Teleskope
- fotografisch: Sternwarte

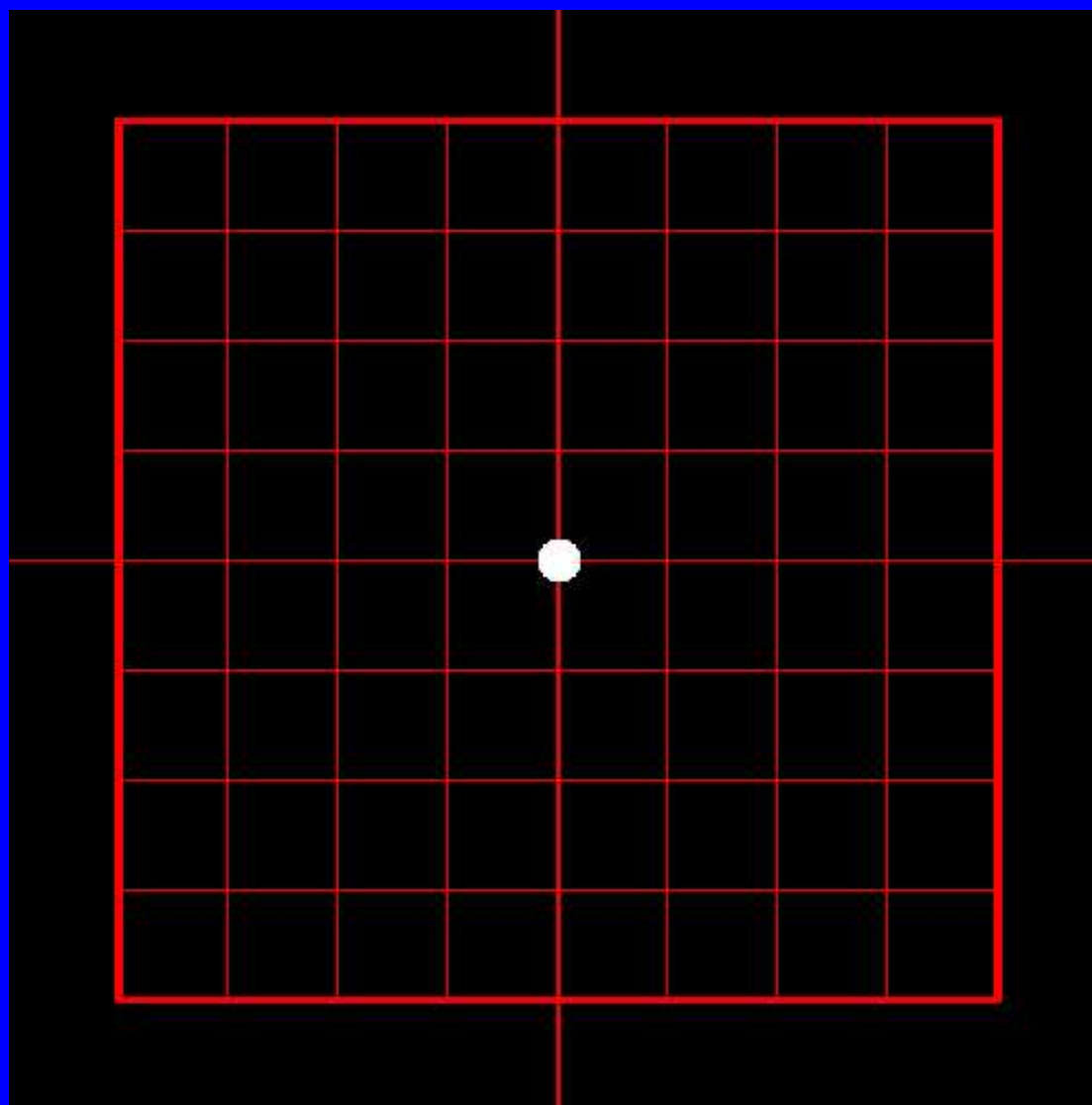
## E.S. King - Aufnahme der Polregion

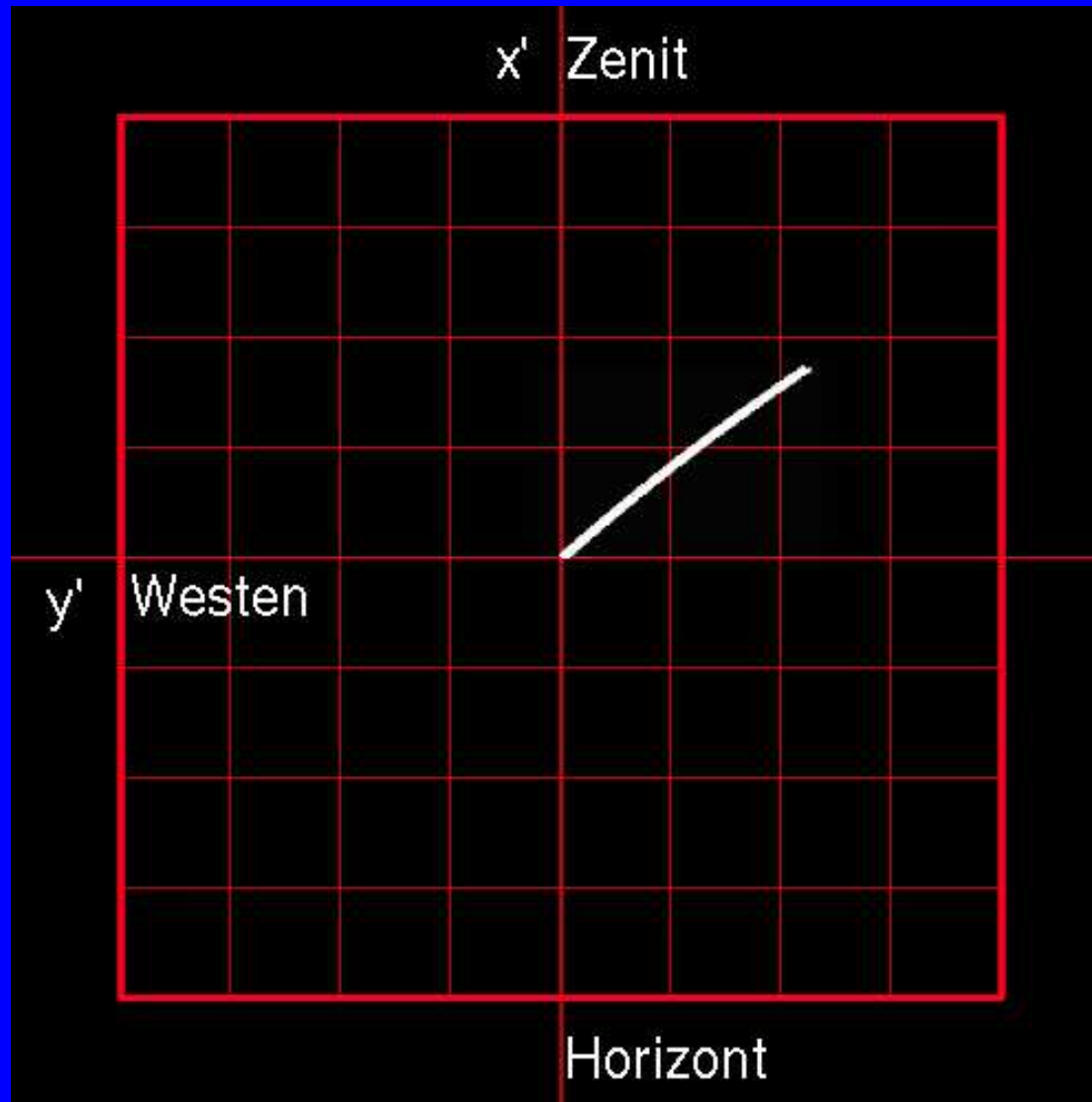
1. Nivellierung des Stativs
2. Grobe Ausrichtung der Montierung
3. Einstellung der Deklination  $\delta' = 90^\circ$
4. Ausrichtung der Kamera parallel zum Horizont
5. Nachführung mit siderischer Geschwindigkeit, z.B. 30 Minuten
6. Nachführung abgeschaltet, z.B. 5...10 Minuten
7. Berechnung bzw. Konstruktion der Korrekturen
8. Verstellen der Stundenachse

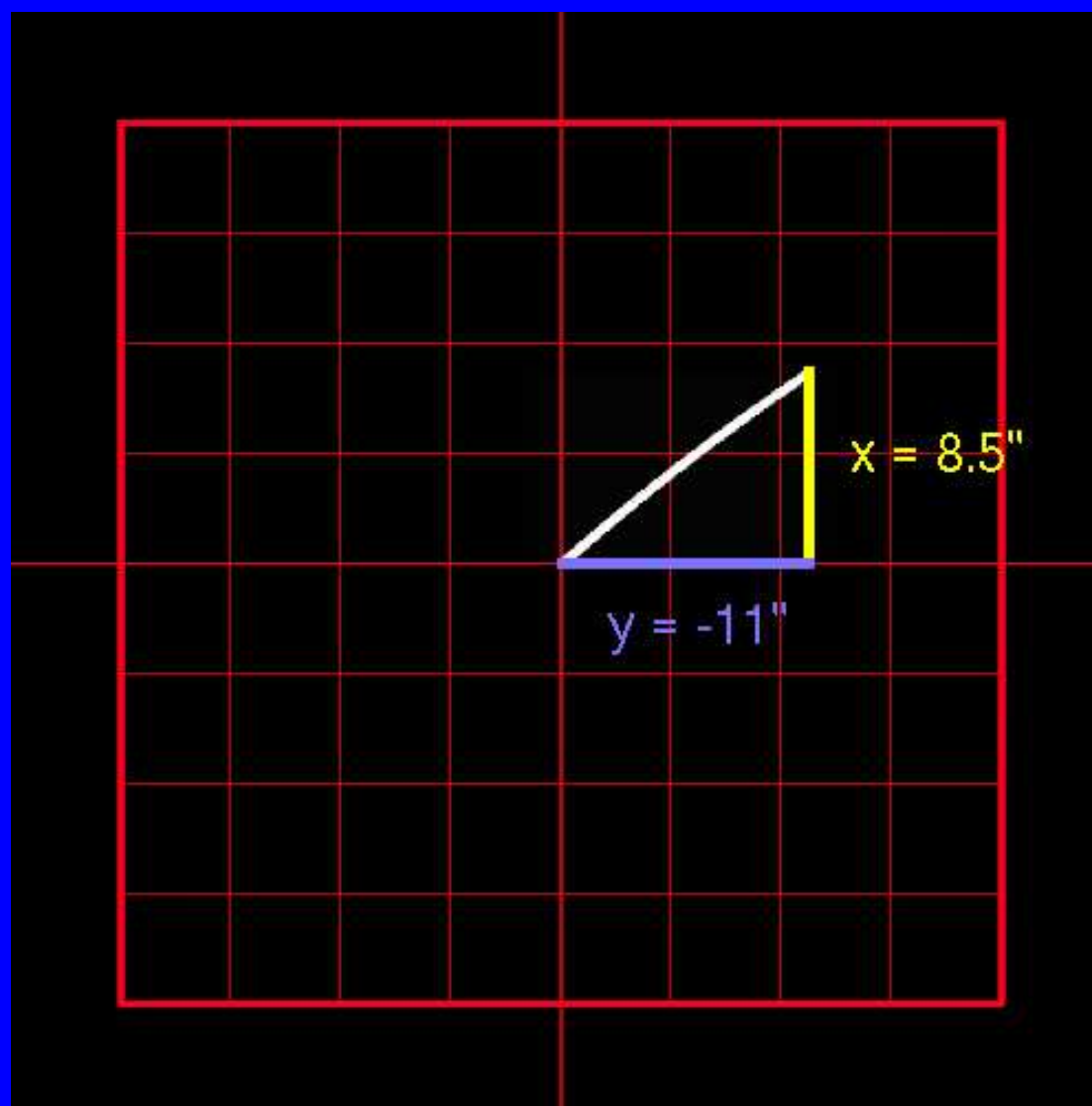
## E.S. King - Messokular

1. Nivellierung des Stativs
2. Grobe Ausrichtung der Montierung
3. Zentrierung des Sterns, z.B. Polaris
4. Ausrichtung des Messfeldes parallel zum Horizont
5. Siderische Nachführung, z.B. 30 Minuten
6. Berechnung der Korrekturen
7. Verstellen der Stundenachse









## Auswertung

Mit dem Satz von Pythagoras bestimmt man die Länge der Spur

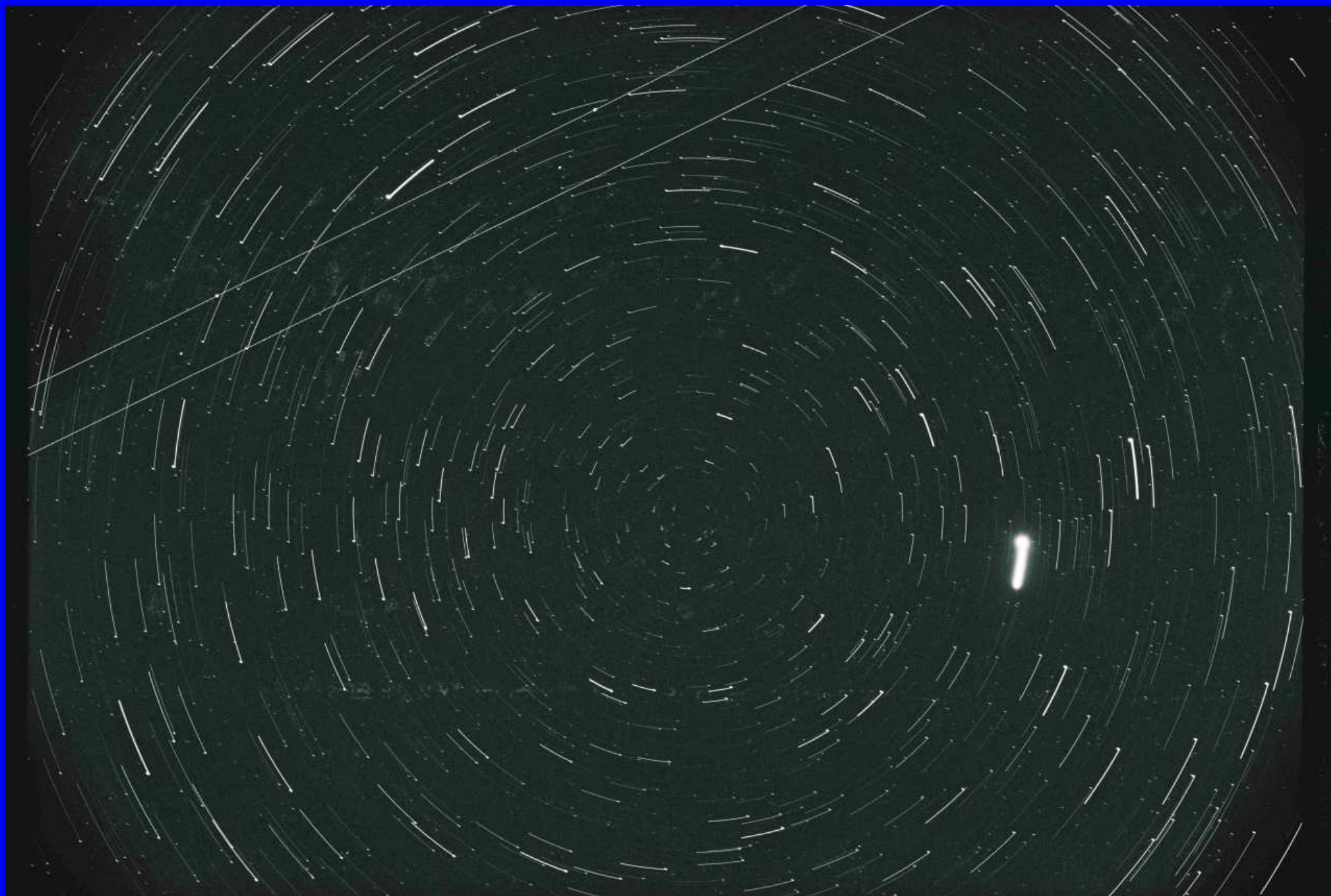
$$l = \sqrt{8.5^2 + 11^2} = 13.9''$$

Die Distanz des instrumentellen Pols vom scheinbaren Pol

$$\lambda = \frac{T \times l}{2\pi \times \Delta t} = \frac{86164.1 \text{ sec} \times 13.9''}{2\pi \cdot 1800 \text{ sec}} = \underline{106''}$$

und der Winkel vom Meridian aus gezählt

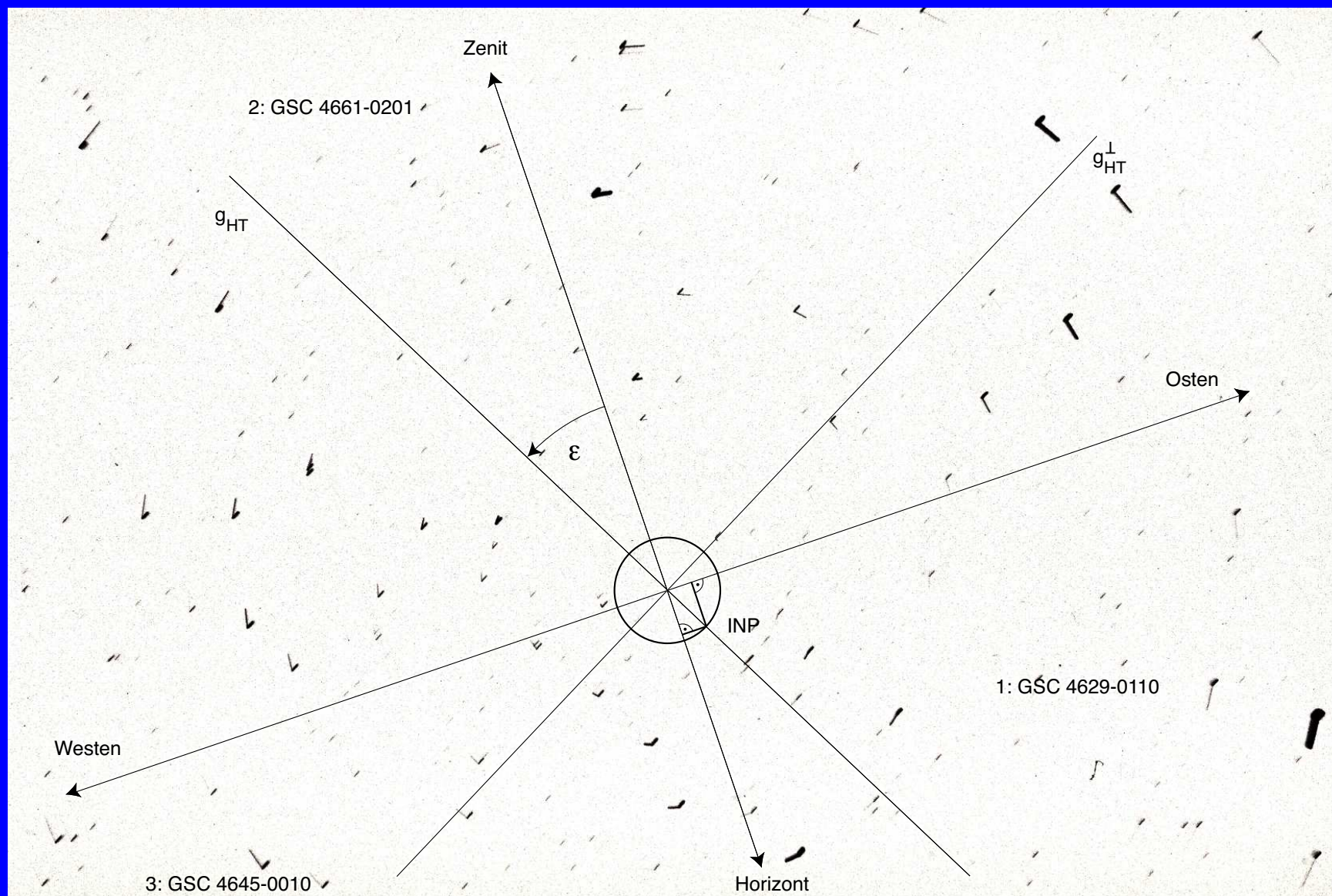
$$h = \frac{7.5^\circ}{2} + \arctan\left(\frac{8.5}{11}\right) + 180^\circ = (3.75 + 37.69 + 180)^\circ = \underline{221.5^\circ}$$



21. Aug. 2001, 21:00UTC, nachgeführt 21:20UTC, 30 Minuten



Wie vorher, Ausschnitt um Polaris



Konstruktion des instrumentellen Pols

## Zusammenfassung

- Es gibt nur bedingt “pinpoints”, die Refraktion ist die Limite.
- Die **resultierende** Verzerrung des Bildfeldes kann durch die Position der Stundenachse minimiert werden.
- Die Stundenachse kann mit einer Genauigkeit von  $\simeq 30''$  ausgerichtet werden.

• <http://leq.one-arcsec.org>

30' / 30" / 03"

- 30 Minuten für die Messung
- 30" Genauigkeit der Ausrichtung
- 3" garantiertes Auflösungsvermögen

Längere Sternspuren auf Himmelsaufnahmen  
sind Vergangenheit.

**A vos montures et bonne chance !**

Luc Dettwiller et. al. 1992