Astro121 - Einführung in die Astronomie

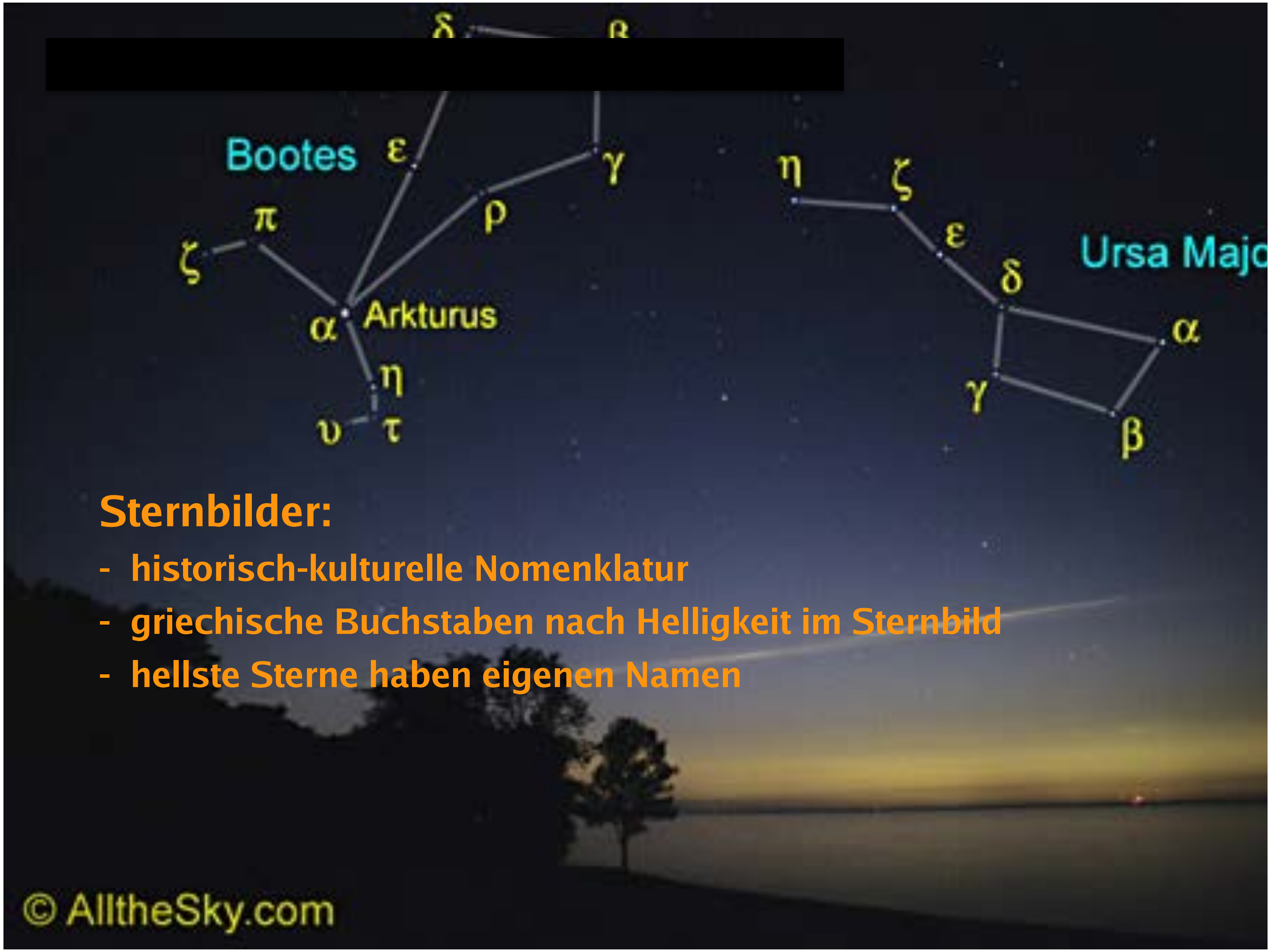
Koordinaten

Prof. Frank Bigiel

Argelander-Institut für Astronomie

UNIVERSITÄT BONN

Erdrotation / Koordinaten

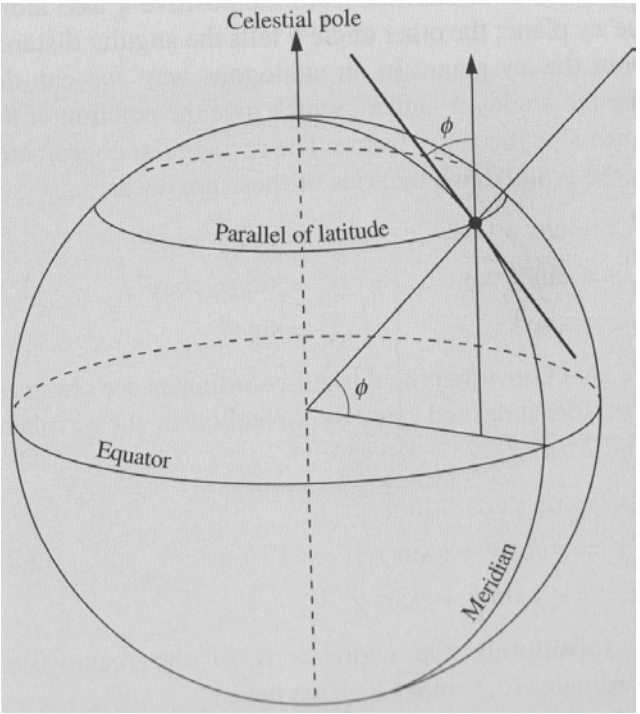


Sternbilder:

- historisch-kulturelle Nomenklatur
- griechische Buchstaben nach Helligkeit im Sternbild
- hellste Sterne haben eigenen Namen

Erdrotation

– West nach Ost; Periode: 23^h56^m (= 1 Sterntag)
– Bewegung des Himmels (scheinbar)
  - Polarstern fix
    – = Himmelsnordpol
    – Höhe über dem Horizont = geographische Breite



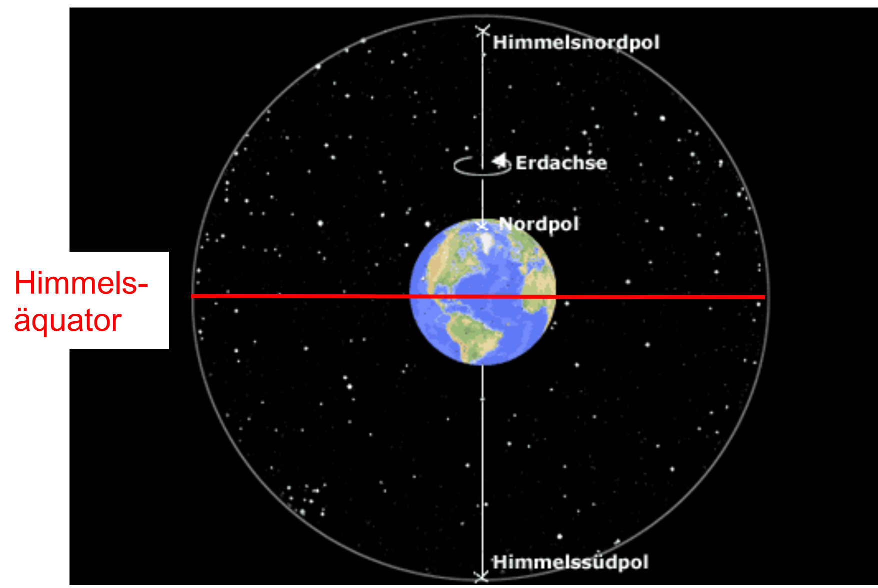
H. Karttunen, Fundamental Astronomy, Springer 2003

Erdrotation

– West nach Ost; Periode: 23^h56^m (= 1 Sterntag)
– Bewegung des Himmels (scheinbar)

- Polarstern fix
  – = Himmelsnordpol
  – Höhe über dem Horizont = geographische Breite
- Andere Sterne Vollkreis um Pol in einem Sterntag
  – Bewegung am Himmelsäquator:

  1 Vollmond/Sonnendurchmesser (=½ Grad) in 2 Minuten



http://www.br-online.de/wissen-bildung/spacenight/sterngucker/erde/himmelspole.html

Erdrotation / Koordinaten

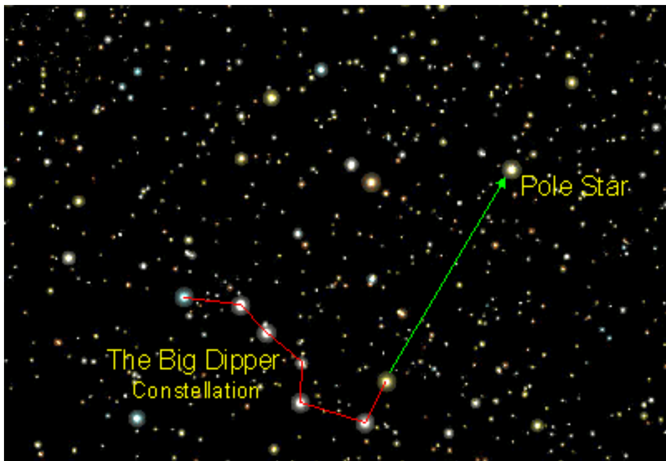
Von der Erde aus gesehen:

Sterne (Sonne, Mond, Planeten) bewegen sich von O -> W

-> **Erde rotiert von W -> O**

Blick nach Süden (auf Nordhalbkugel):

Sterne bewegen sich von “links” nach “rechts”



Blick nach Norden:

Wegweiser zum Polarstern

Erdrotation / Koordinaten

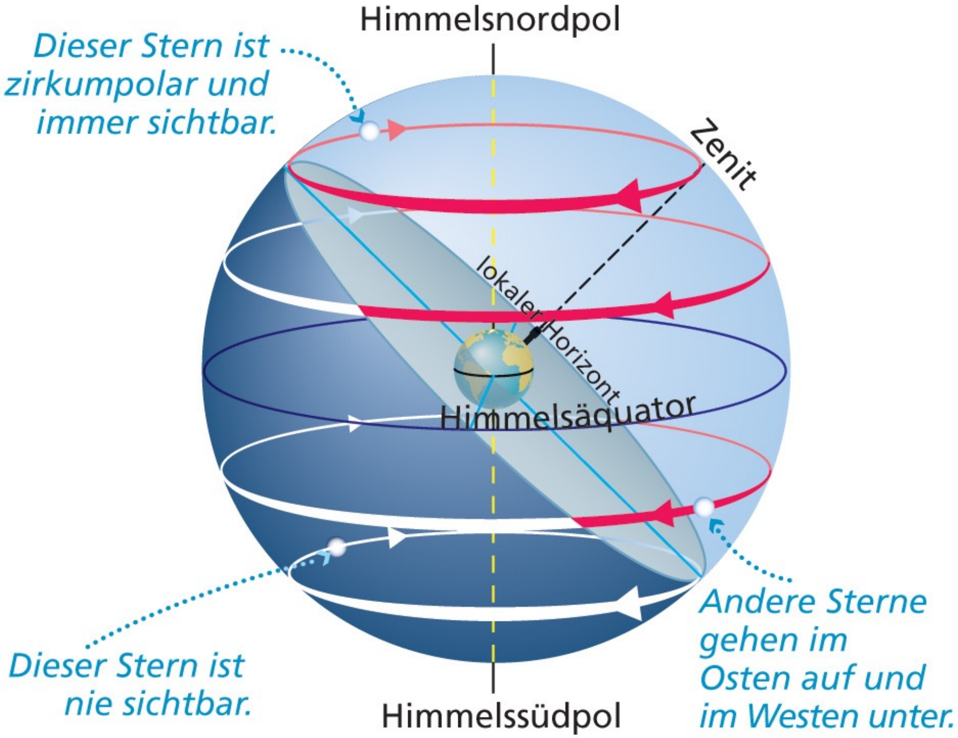
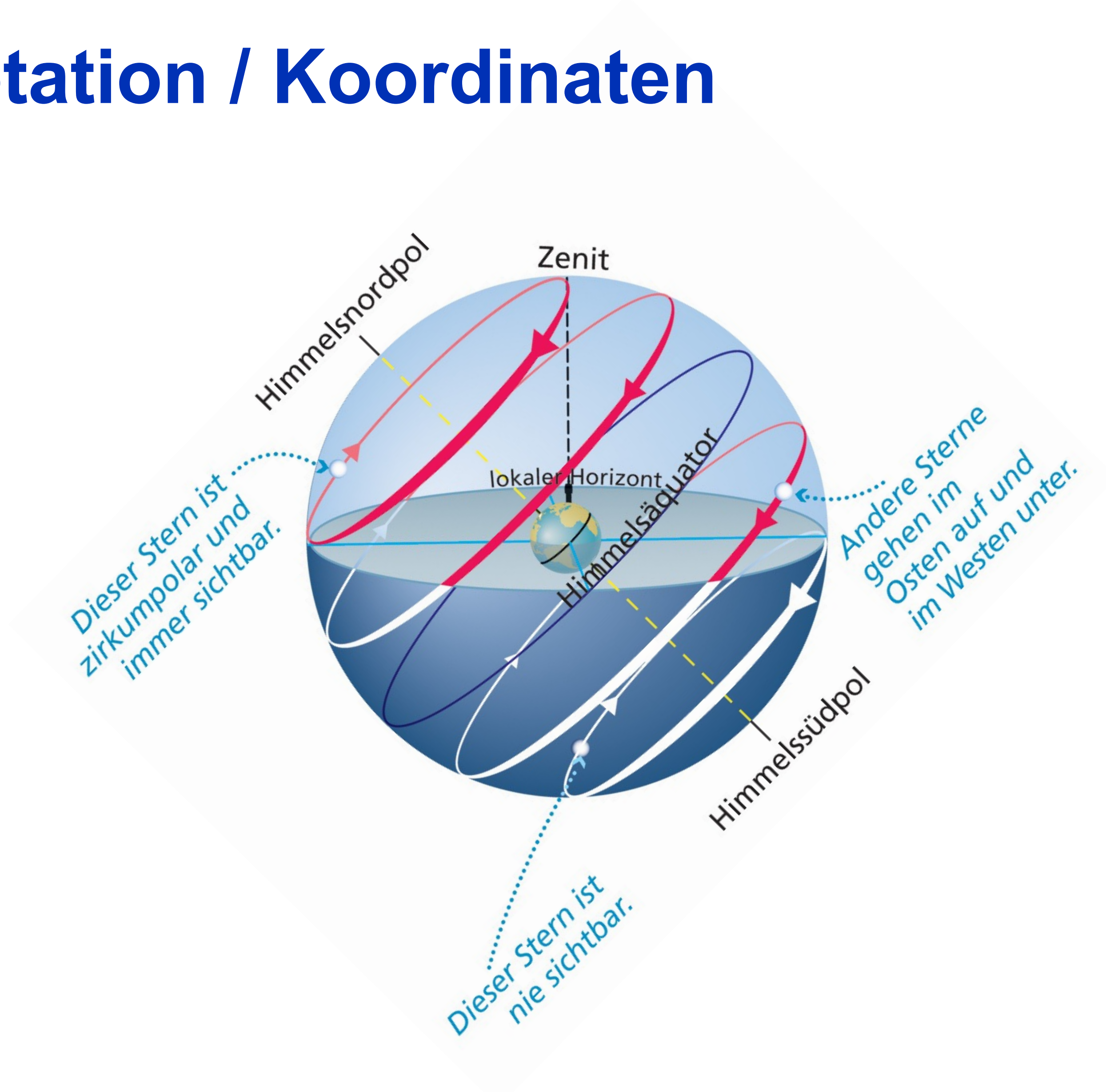


Abbildung 2.10: Der lokale Himmel für einen typischen Ort auf der Nordhalbkugel der Erde. Der Horizont schneidet unter einem Winkel durch die Himmelskugel; dadurch scheinen die täglichen Kreisbahnen der Sterne am Himmel geneigt zu sein. Hinweis: Wenn Sie die Seite so drehen, dass der Zenit nach oben weist, können Sie die Bahnen der Sterne leichter erkennen.

Pearson „Astronomie“

Erdrotation / Koordinaten



Pearson „Astronomie“

Erdrotation / Koordinaten

- Naheliegend: Horizontalsystem: Definiert

durch Höhe (Altitude) und Azimuth (oft – nicht immer! – im Uhrzeigersinn von Süden gemessen)

- Grosser Nachteil: Orts- und zeitabhängig! Nicht geeignet für umfangreiche Objektkataloge

Erdrotation / Koordinaten

Horizontales Koordinatensystem

- Azimut: A: Winkeldistanz zur Südrichtung
- Höhe h (altitude, elevation): Winkeldistanz über dem Horizont
- Zenit-Distanz: z = 90° - h

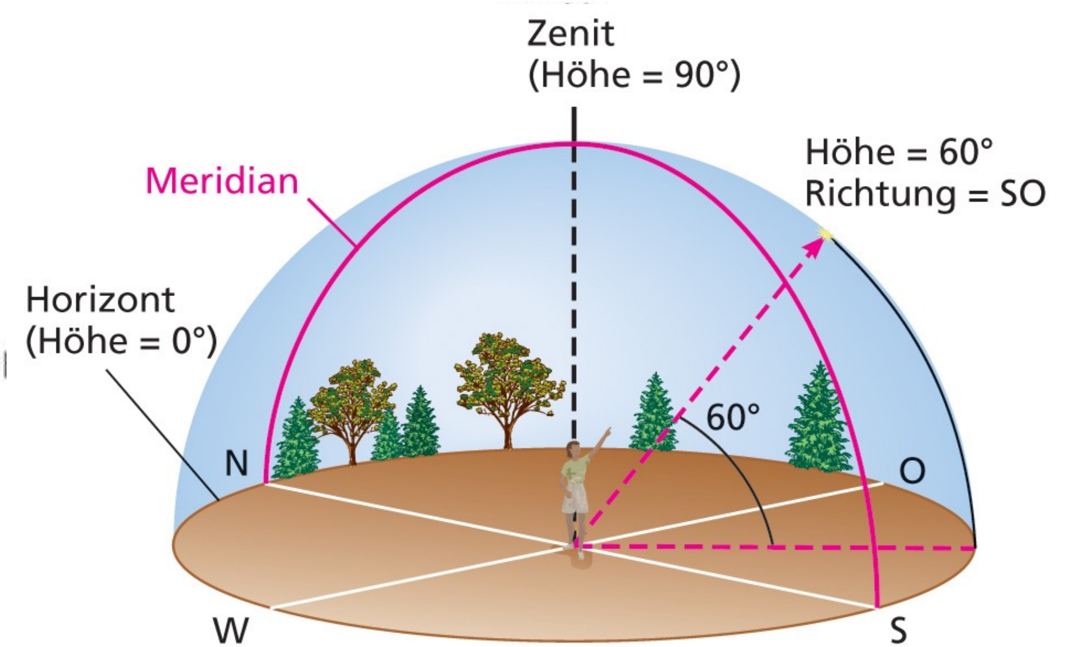


Abbildung 2.6: An jedem Ort der Erde erscheint der Himmel wie eine Kuppel (eine Halbkugel). Die Zeichnung zeigt wichtige Referenzpunkte am Himmel. Sie zeigt auch, wie wir eine beliebige Position am Himmel durch ihre Höhe und Richtung kennzeichnen können.

Pearson „Astronomie“

Erdrotation / Koordinaten

- Naheliegend: Horizontalsystem: Definiert

durch Höhe (Altitude) und Azimuth (oft – nicht immer! – im Uhrzeigersinn von Süden gemessen)

- Grosser Nachteil: Orts- und zeitabhängig! Nicht geeignet für umfangreiche Objektkataloge

- Besser: Äquatoriales, mitbewegtes Koordinatensystem

Folgt der Bewegung der Sterne auf Bahnen parallel zum Himmelsäquator und gemessen relativ zu mitbewegtem Bezugspunkt

- Vorteil: Koordinaten Orts- und zeit**un**abhängig

Erdrotation / K rdinaten

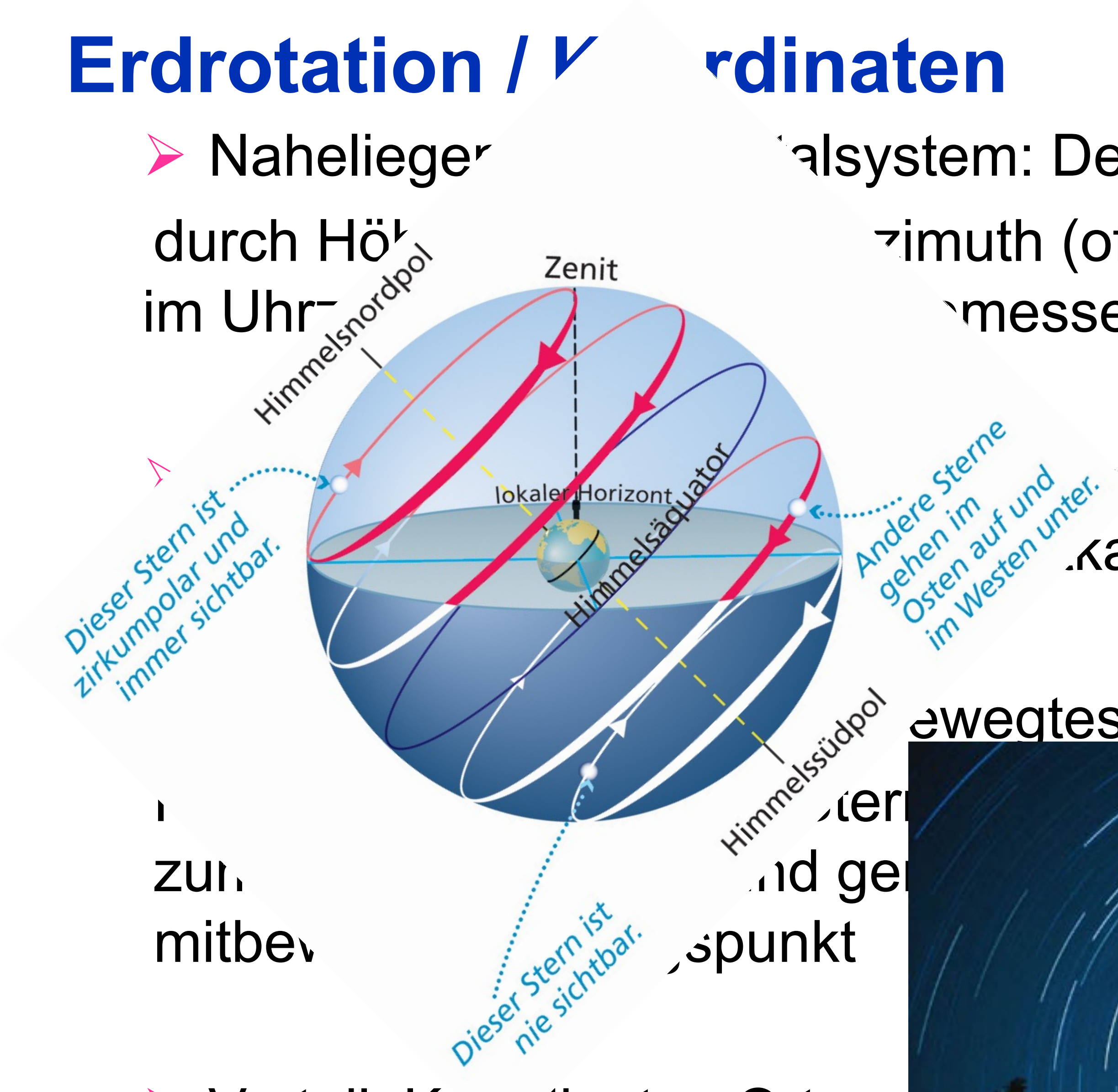
- Naheliegen   alsystem: Definiert durch Hö   zimuth (oft – nicht immer! – im Uhr   messen)

-     ängig! Nicht   kataloge

-     ewegtes Koordinatensystem

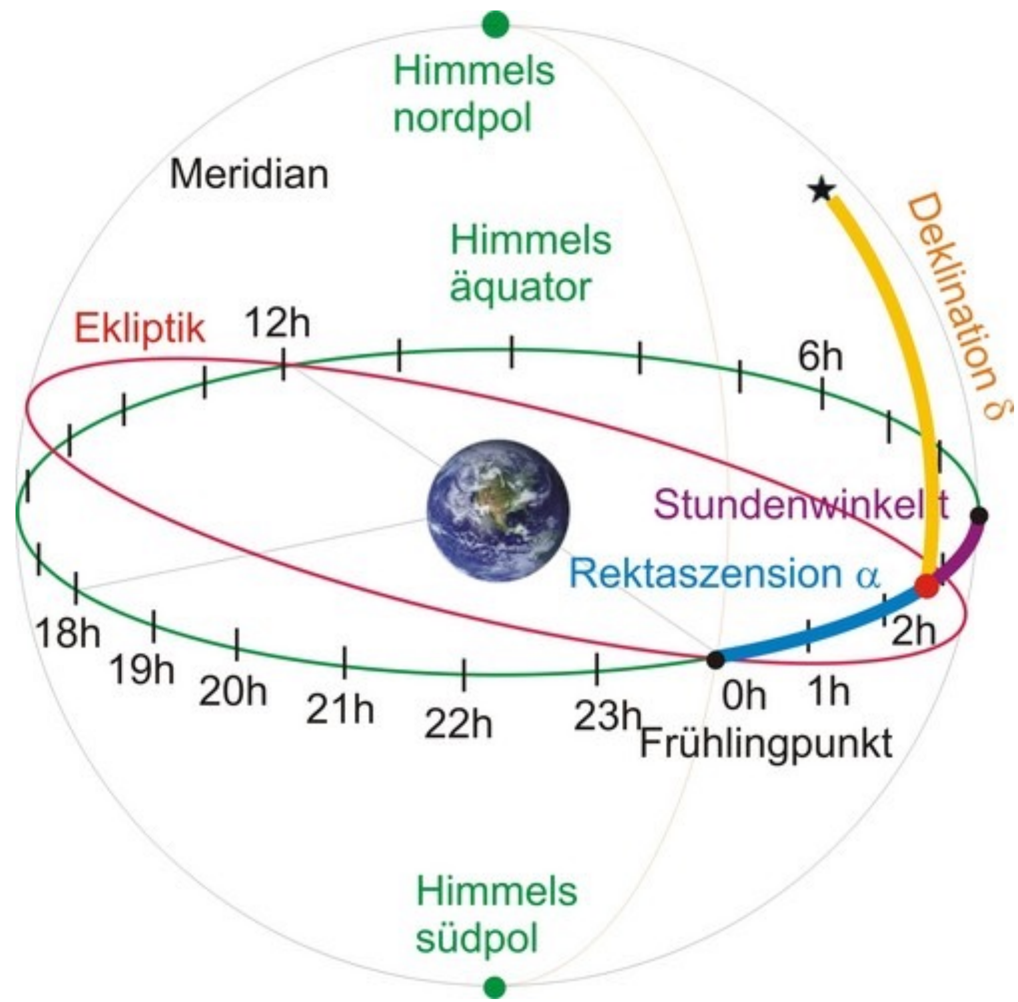
  I   tern
  zu   nd ge
  mitbe   spunkt

- Vorteil: Ko dinaten Orts- u



Erdrotation / Koordinaten

- Definiere mitrotierenden Bezugspunkt: Frühlingspunkt
- Die Sonne "bewegt" sich dann von der Süd- auf die Norhalbkugel
- Rektaszension (R.A.): Winkeldifferenz Objekt – Frühlingspunkt
- Deklination: Winkeldifferenz Objekt – Äquator
- Beispiel: zweitnächster Stern
  α-Centauri:
  14h 39m 36.491s, -60°50'02.308"



http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2010/07/17/wie-misst-man-die-sternzeit/

Erdrotation / Koordinaten

Mitbewegtes äquatoriales Koordinatensystem

-> Koordinaten α, δ sind unabhängig von Erdrotation, also ~ konstant

-> Definition:

θ= Sternzeit = Stundenwinkel des Frühlingspunktes
(abhängig von der geographischen Länge)

Es gilt: $\theta = t + \alpha$

Für einen Stern im Meridian gilt $t = 0$, also $\theta = \alpha$

-> z.B. stehen zur Sternzeit 7^h die Sterne mit α = 7h im Meridian
(haben also ihre höchste Höhe über dem Horizont erreicht)

-> Koordinatensystem ist immer noch nicht fest fixiert im Weltraum,
da Frühlingspunkt sich durch Präzession und Nutation der Erdachse verschiebt (um jeweils 50" und 20" pro Jahr).

-> Daher: Spezifikation eines Referenz-Äquators und des Referenz-Frühlingspunktes durch Jahresangabe ("Epoche"):
z.B.: α_{1950} oder α_{2000}, *oder* $\alpha(1950)$ *oder* α(2000)

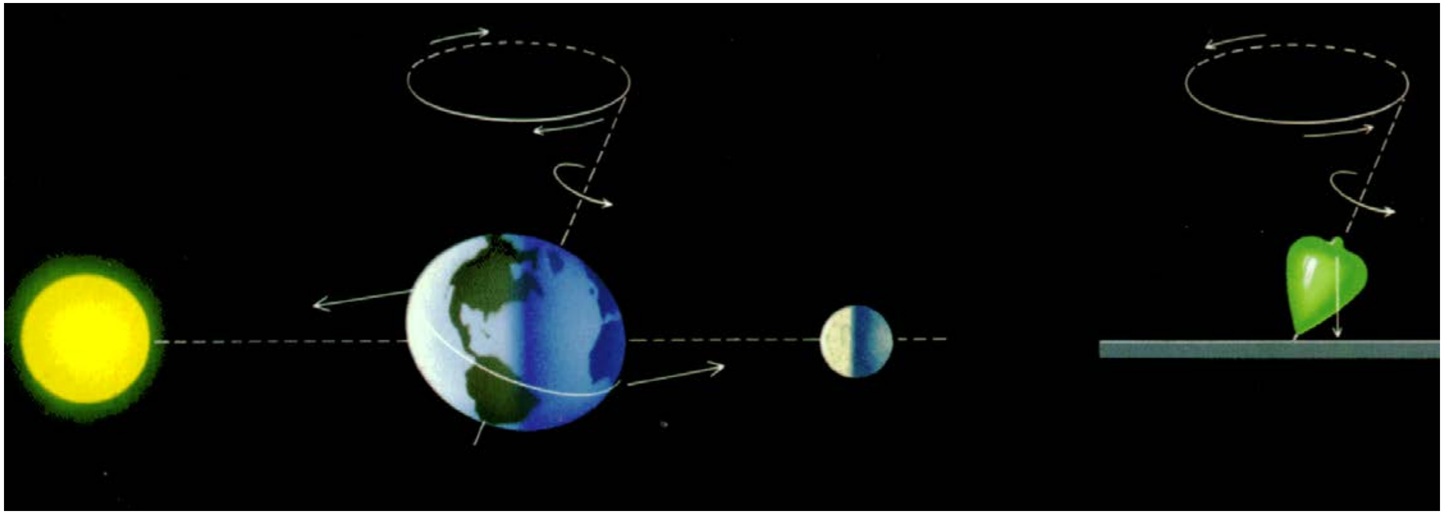
Veränderung von Sternpositionen

- Eigenbewegung der Sterne ("proper motion")
- Radialgeschwindigkeit (Änderung der Entfernung)
- Orientierung der Erde (Rotation, Präzession, Nutation)
- Bewegung der Erde um Sonne (Aberration, Parallaxe)
- Erdatmosphäre (Refraktion)

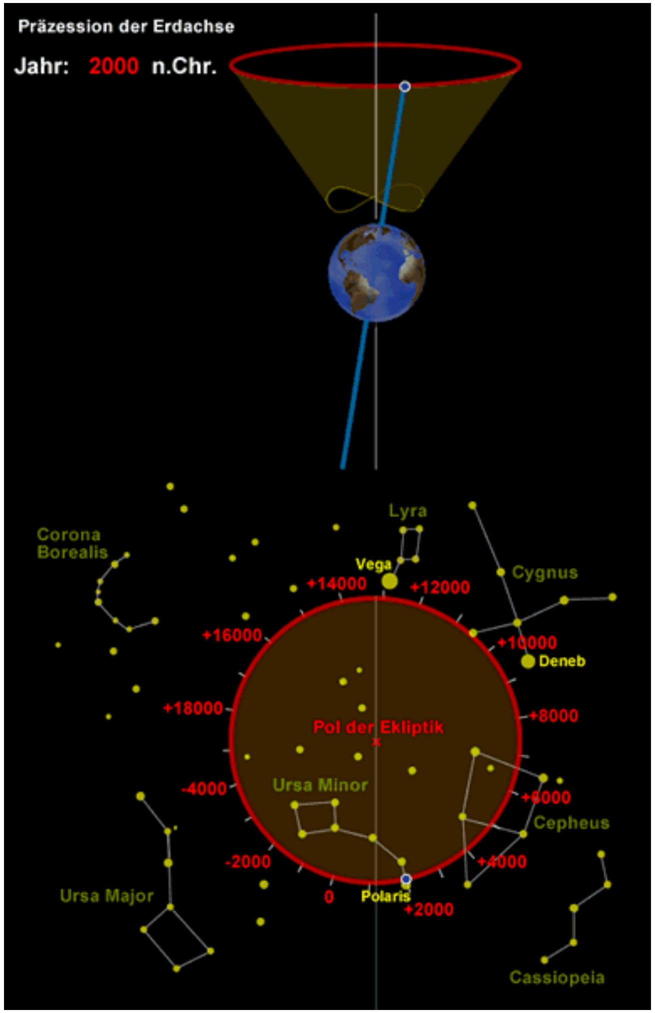
Veränderung von Sternpositionen

Präzession der Erde im Gravitationsfeld Sonne/Mond

- Erde abgeplattet, “Wulst” von 21 km, gekippt um 23°.5
- Gezeitenkräfte von Sonne & Mond -> Drehmoment -> versucht Erdachse aufzurichten -> Präzessionsbewegung (Kreisel)
- Himmelspole wandern über den Himmel, Frühlingspunkt wandert
  - Periode: 25,725 Jhr = 50".3878 / Jhr
  - Relation von Jahreszeiten und Tierkreiszeichen ändern sich
  - Entdeckt: 129 v. Chr. v. Hipparchos, (Babylonier ?)



Veränderung von Sternpositionen



Präzession der Erde

rotierende Erde bewegt sich als Kreisel

-> Erdachse zeigt in verschiedene
Richtungen am Sternenhimmel
(zur Zeit auf Polarstern Polaris)

-> Bewegung des Himmelspols
durch Kreiselbewegung der
Erdachse:
-> die nächsten Pol-Sterne:
Iota Cep (in 4300 Jhr),
Deneb (in 8000 Jhr),
Wega (in 11000 Jhr),
Polaris (in 25,800 Jhr,
aber Eigenbewegung)

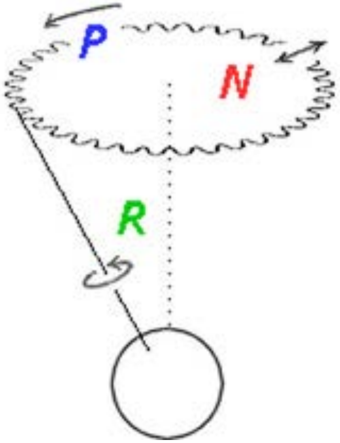
Veränderung von Sternpositionen

Nutation: Störung der Präzessionsbewegung

- Grund: nicht konstante Drehmomente der Gezeiten auf Erdwulst wegen:
  - -> Bahnneigung des Mondes
  - -> Eliptizität von Erd und Mondbahn
- Periode: 18.6 Jahre
- Effekte:
  - Verschiebung der Bahnknoten (Schnittpunkte)
  - Jahreszeitliche Verschiebung der Bedeckungen / Finsternisse
  - Längennutation (Verschiebung des Frühlingspunktes)
  - "Schiefen"nutation (Inklination der Ekliptik)

Entdeckt: 1728 von James Bradley

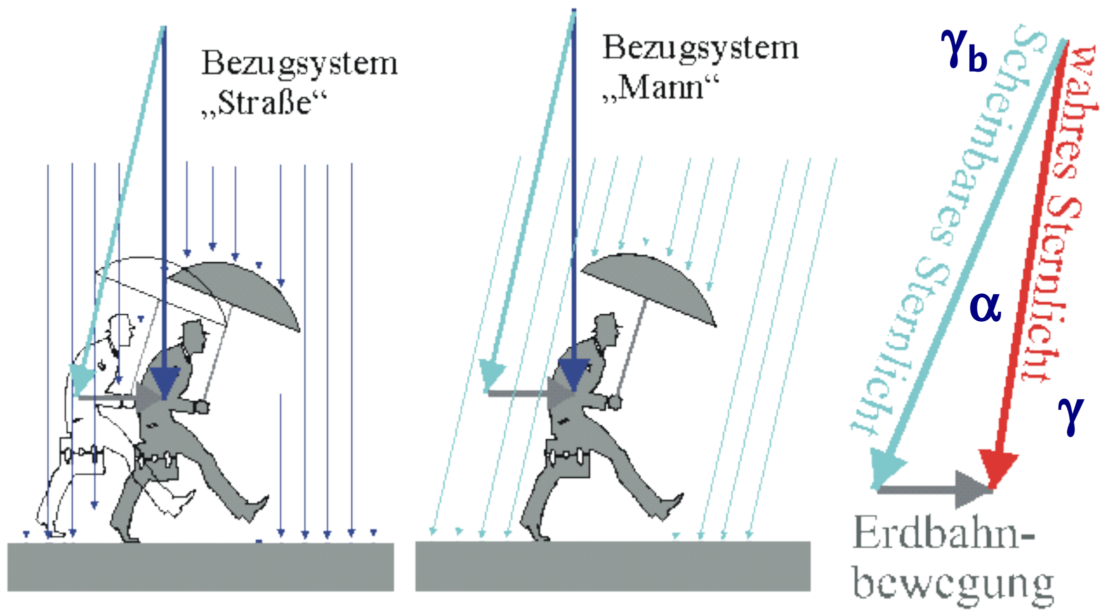
R: Rotation
N: Nutation
P: Präzession



http://en.wikipedia.org/wiki/Nutation

Veränderung von Sternpositionen

Aberration: **Lichteinfallsrichtung variiert wegen Erdbewegung**



[www.leifiphysik.de]

Abberationswinkel: größter Winkel wenn Licht senkrecht einfällt
= Aberrationskonstante, $\alpha_{max} = v_{Erde} / c$ (nichtrelativistisch)

Veränderung von Sternpositionen

Aberration:

Lichteinfallsrichtung variiert durch Bewegung des Beobachters

Hier: Bewegungskomponenten der Erde

- 0.5 km/s Rotationsgeschw. am Äquator
- 30 km/s Bahngeschw. Erde um Sonne
- 10 km/s Eigengeschw. der Sonne in Galaktischer Scheibe
- 220 km/s Bahngeschw. der Sonne in Galaxis
- einige 100 km/s Eigengeschw. der Galaxis

Gleichungen in nicht-relativistische Näherung:

$$\beta \equiv \frac{v}{c} \ll 1, \quad \alpha \simeq \beta \sin\gamma, \quad \alpha \ll \gamma$$

wirkl. Winkel = γ , beob. Winkel = γ_b , Differenz = $\alpha = \gamma_b - \gamma$

für Erde (jährlich) : $\beta = 10^{-4}, \quad \alpha_{max} = 10^{-4} = 20.5 \ asec$

Werte für die Aberrationskonstante **κ** mit $\alpha[''] \simeq \kappa \sin\gamma$

täglich: 0''.32 cos φ , jährlich: 20''.6 , Galaktisch: 150'' ($2 \cdot 10^8$ yr)

Veränderung von Sternpositionen - Parallaxe

Veranschaulichung:

Finger am ausgestreckten Arm, ein Auge abwechselnd schliessen. Finger bewegt sich gegen Hintergrund.

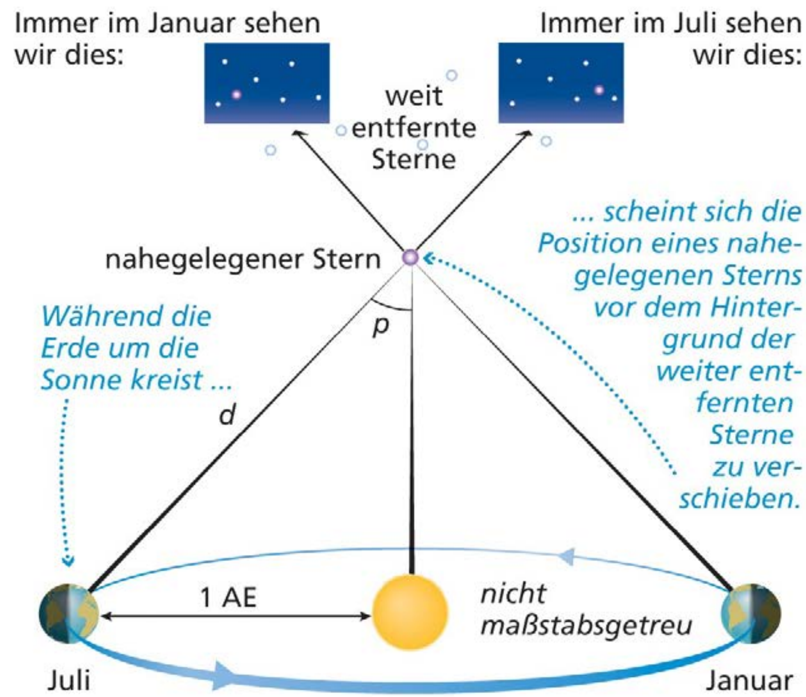
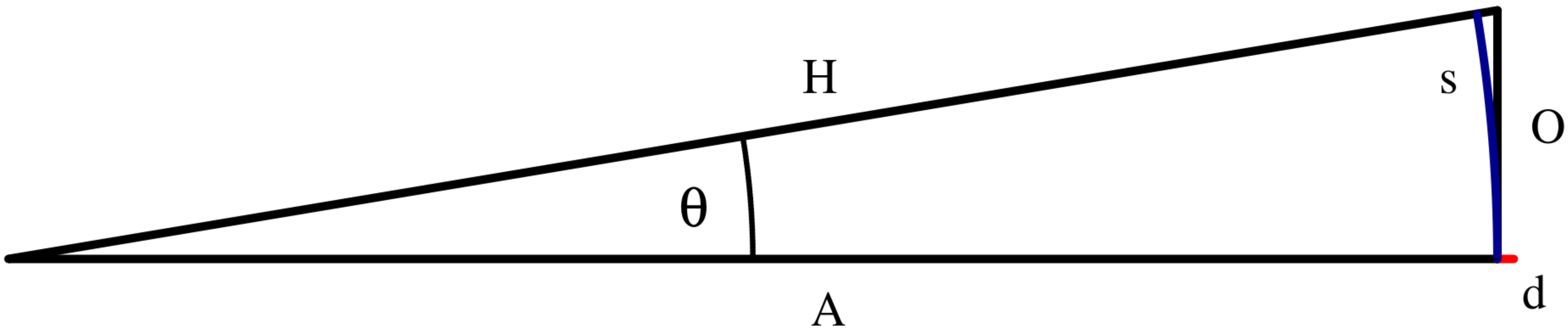


Abbildung 15.3: IF **Aufgrund der Parallaxe verschiebt sich die scheinbare Position nahegelegener Sterne im Lauf eines Jahres vor dem Hintergrund der entfernten Sterne vor und zurück.** Der Winkel p, der *Parallaxenwinkel*, entspricht der halben jährlichen Parallaxenverschiebung. Wenn wir p in Bogensekunden messen, beträgt die Entfernung d des Sterns $1/p$ Parsec. Der in diesem Bild dargestellte Winkel ist extrem übertrieben: Alle Sterne haben Parallaxenwinkel von weniger als einer Bogensekunde.

Pearson „Astronomie“

Kleinwinkelnäherung (Reihenentwicklung)

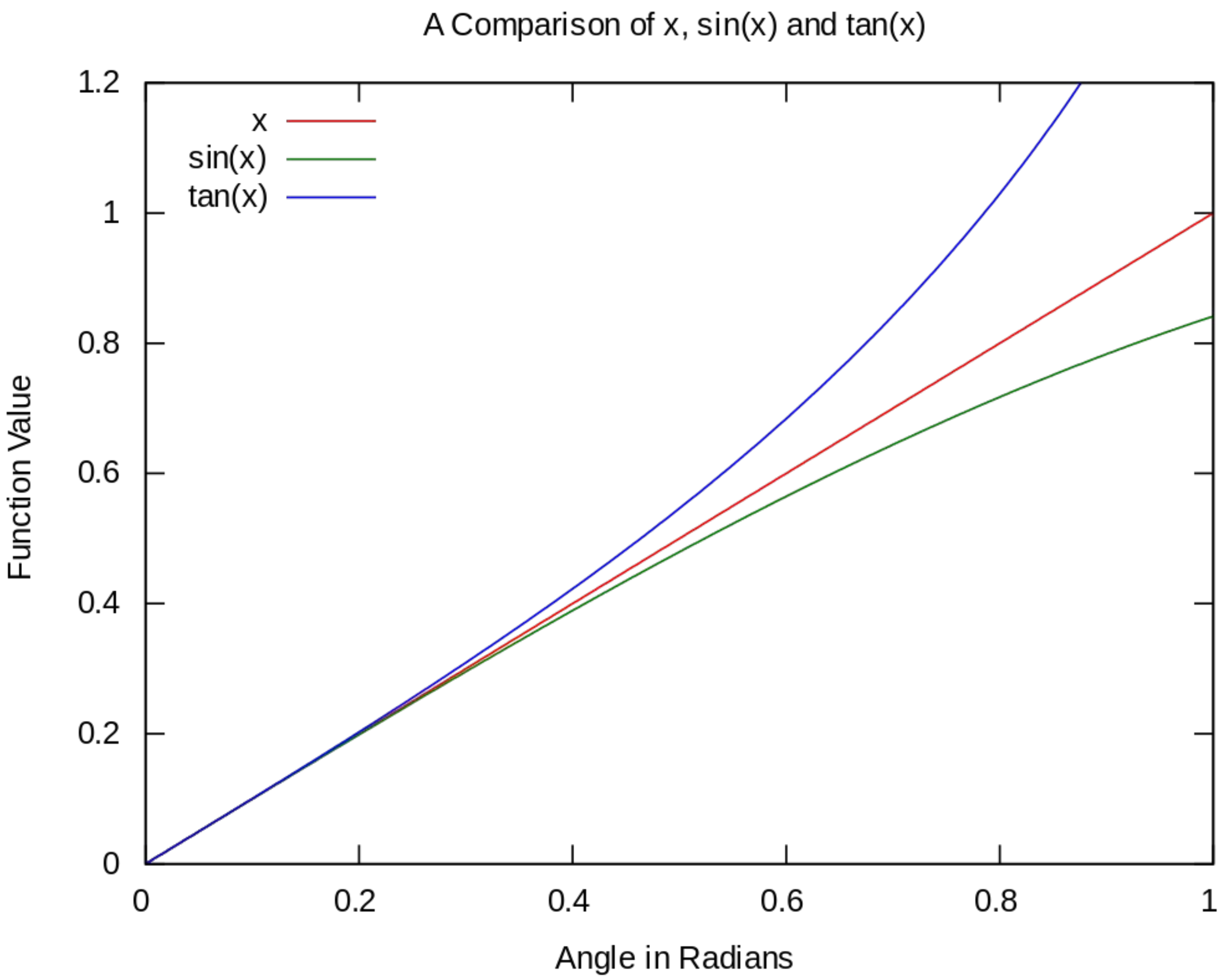


$$\sin x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n+1)!} x^{2n+1} \qquad = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \cdots \qquad \text{für alle } x$$

$$\cos x = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(2n)!} x^{2n} \qquad = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \cdots \qquad \text{für alle } x$$

$$\tan(x) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{B_{2n}(-4)^n(1-4^n)}{(2n)!} x^{2n-1} \qquad = x + \frac{x^3}{3} + \frac{2x^5}{15} + \cdots \qquad \text{für } |x| < \frac{\pi}{2}$$

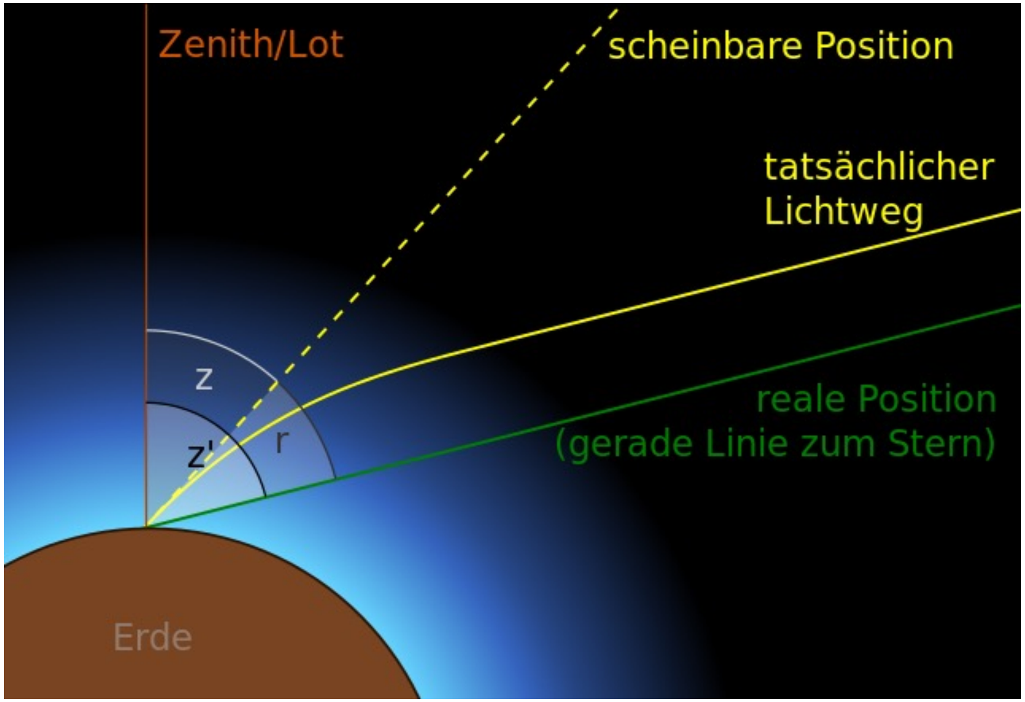
Kleinwinkelnäherung (Reihenentwicklung)



Veränderung von Sternpositionen

Refraktion:

- Media mit unterschiedlichen Brechungsindizes: Licht wird gebrochen.
- Objekt/Stern scheint höher.
- Abhängig vom Zenithwinkel.



Wikipedia