

# *Cepheiden und die Vermessung des Universums*

Dr. Farid Gamgami  
16.12.2015 Olbers-Planetarium Bremen



# Überblick

- Entfernungsbestimmung mittels der Parallaxe
- Periodisch veränderliche Sterne
- Die Entdeckung von Miss **Henrietta Swan Leavitt**
- **Die Tragweite ihrer Entdeckung**

Alle Abbildungen in diesem Vortrag sind gemeinfrei/public domain



# Entfernungsmessung



Uluru (Ayers Rock) in Australien ([www.spacelapse.net](http://www.spacelapse.net))

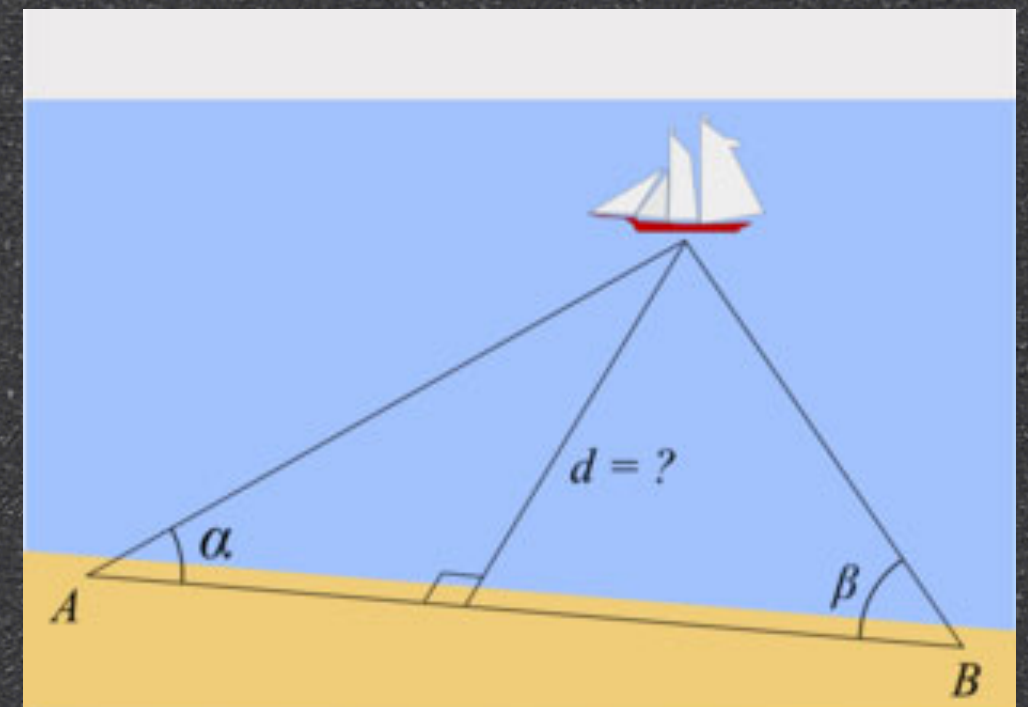


# Entfernungsmessung

- Wie misst man Entfernungen auf der Erde?

## Triangulation

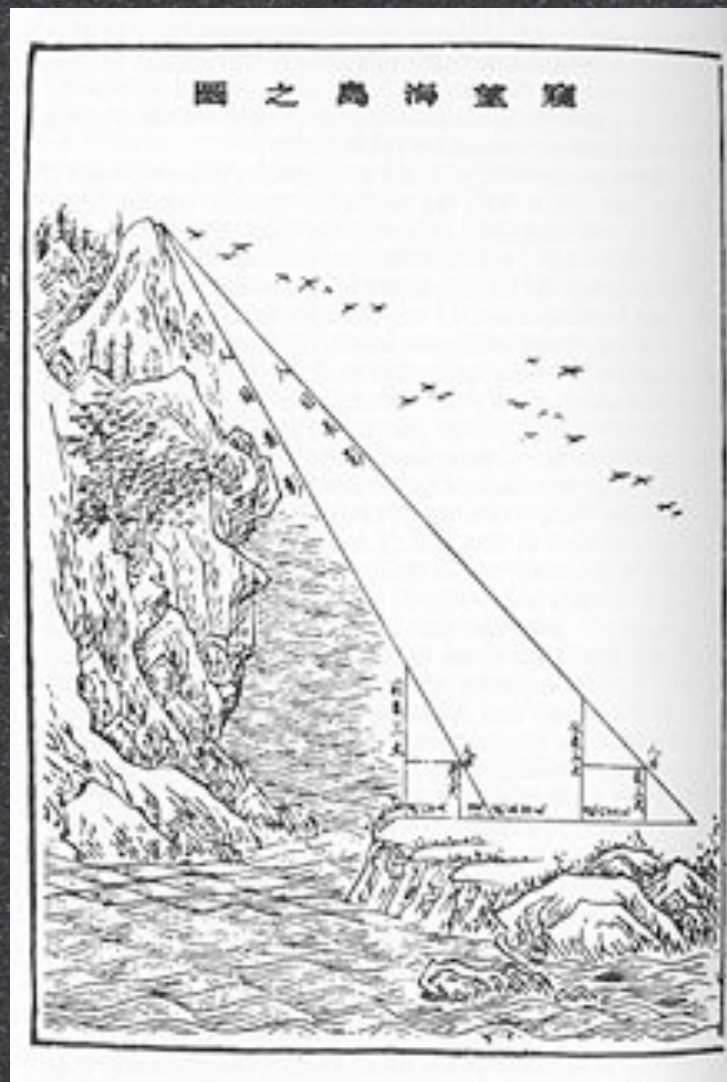
- Basislänge (AB)
- Winkelmessung ( $\alpha, \beta$ )





# Geschichtliches

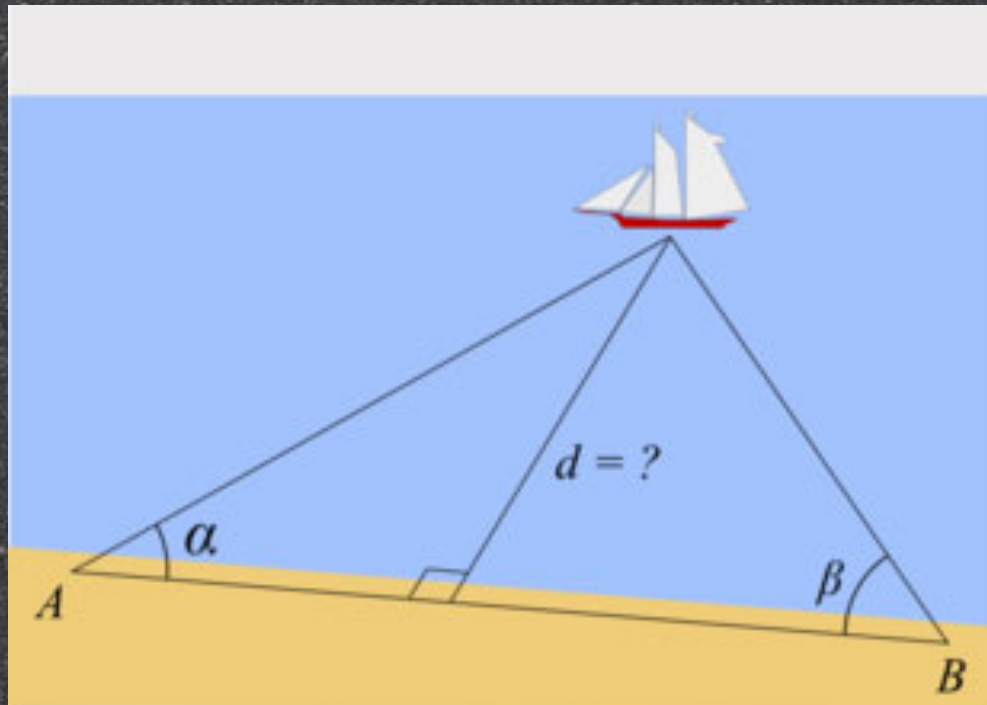
Liu Hui ein chinesischer Mathematiker (225 – 295 n. Chr.) Entfernungsbestimmung abgelegener Orte





# Triangulation

- Die Genauigkeit der Entfernungsmessung hängt entscheidend von der Präzision der Instrumente ab und von der Länge der Basis (AB)

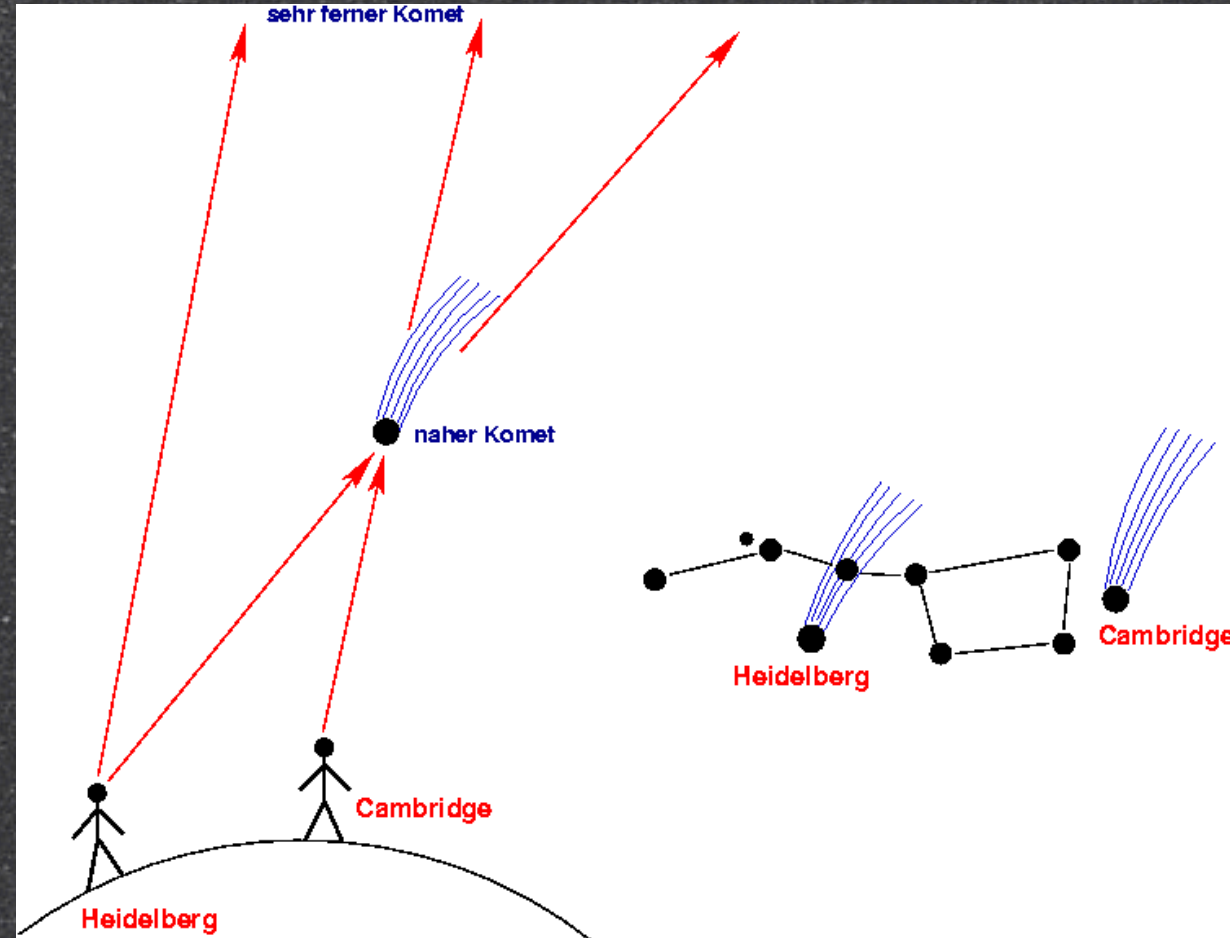


Theodolit



# Parallaxe

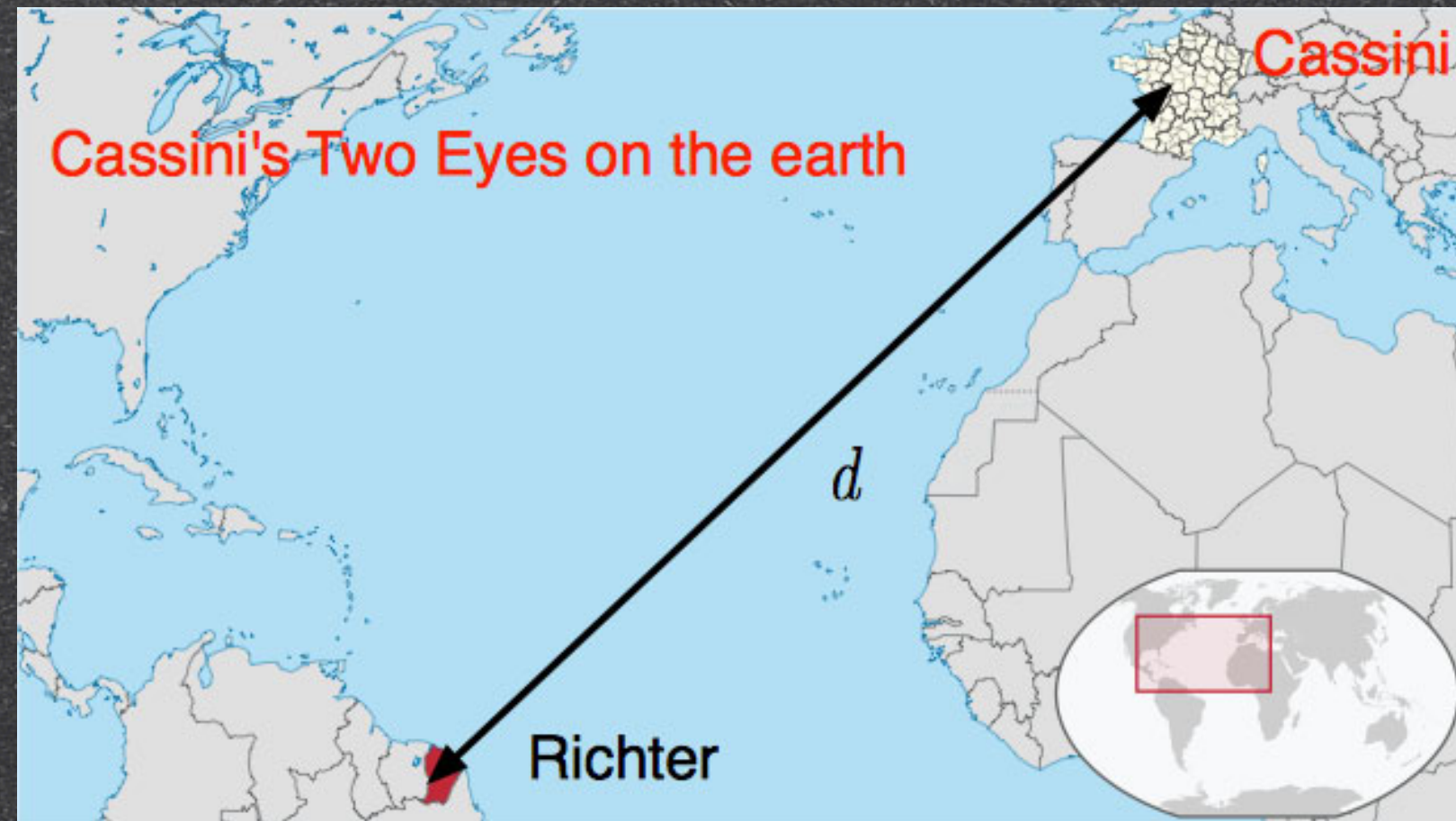
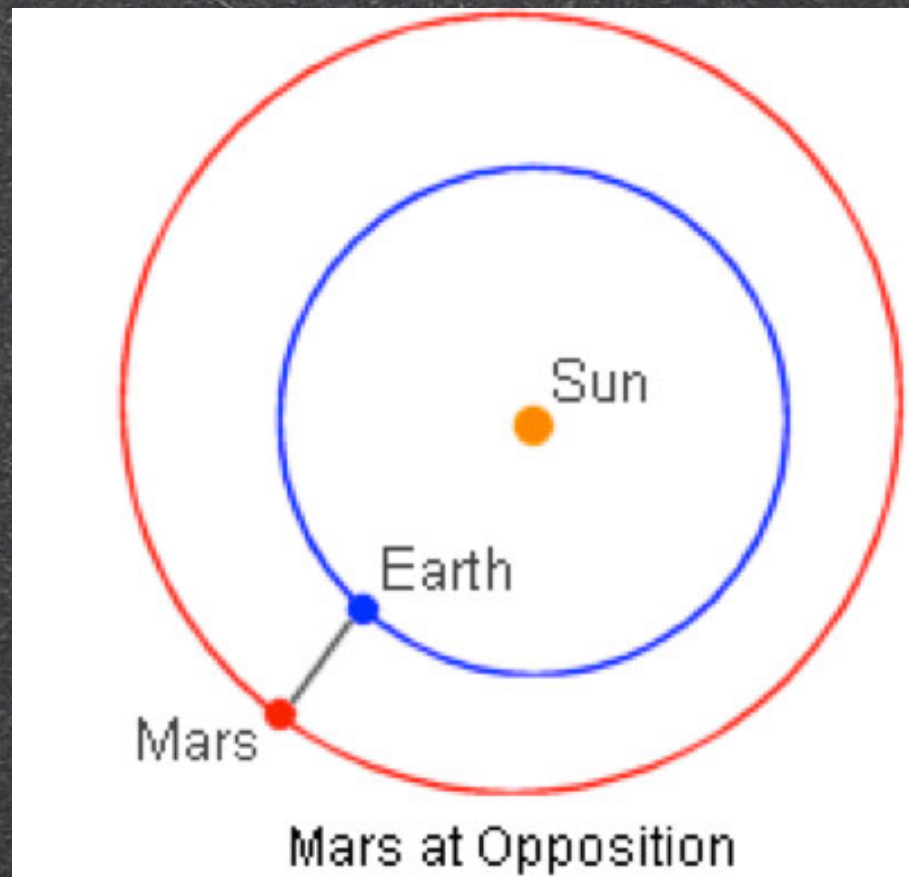
Unter Parallaxe versteht man die scheinbare Wanderung eines Himmelsobjektes vor dem Hintergrund





# Marsparallax

## 📍 Cassini & Richer (1672)



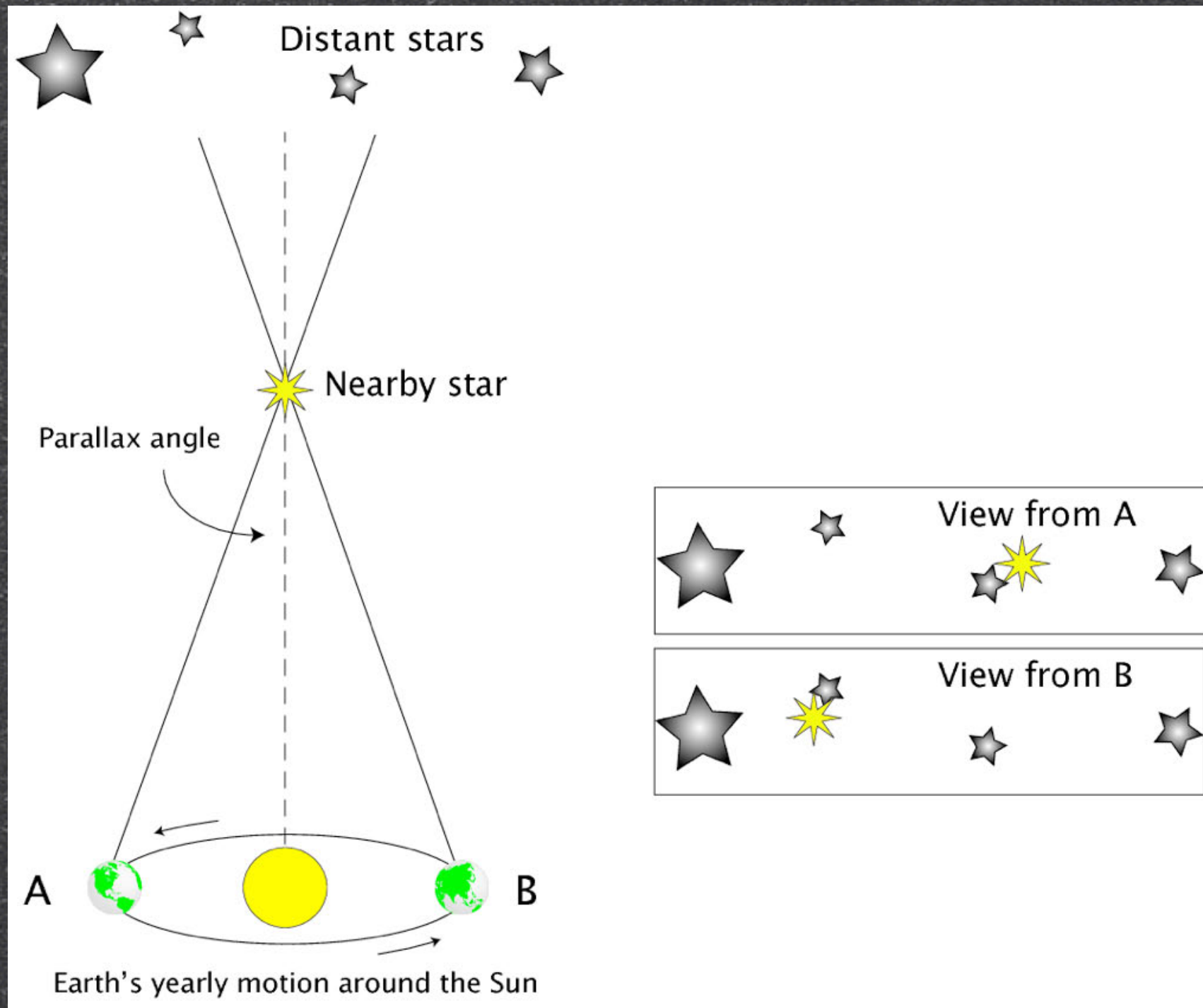


# Sternparallaxe

- Die Sterne scheinen sich nicht zu bewegen, daher sprechen wir von einem Fixsternhimmel.
- Das bedeutet, dass die Parallaxe sehr klein sein muss!
- Wir müssen die uns größte Basis nutzen: Den Erdborbit!



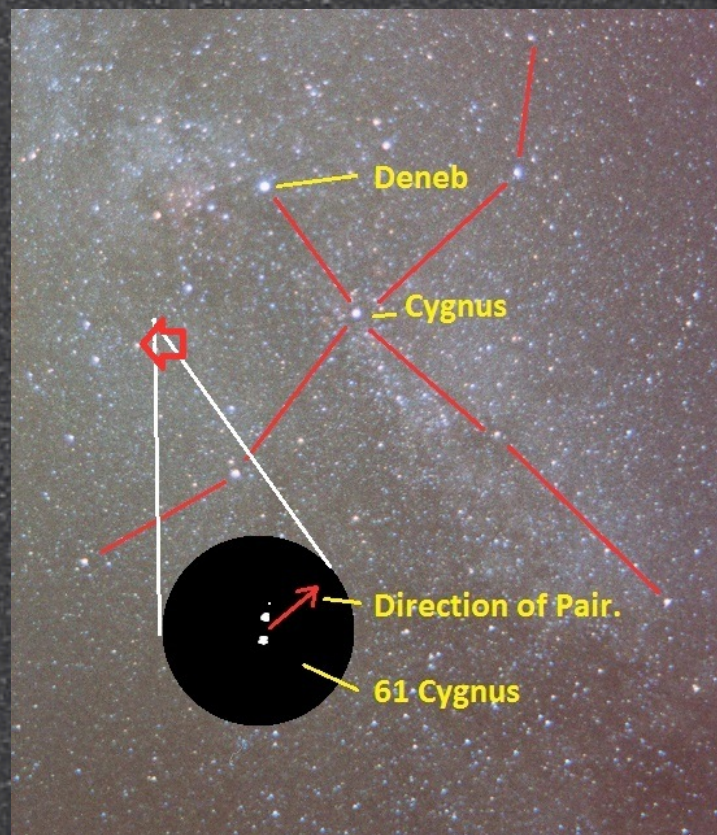
# Sternparallaxe





# Sternparallaxe

1833 hat Friedrich Wilhelm Bessel die „erste“ Sternparallaxe gemessen, nämlich die von 61 Cygni (0,3 Bogensekunden, 10,3 ly)



[www.astroguys.com](http://www.astroguys.com)

heutiger  
Wert  
beträgt  
11,4 ly



<https://cosmology.carnegiescience.edu>



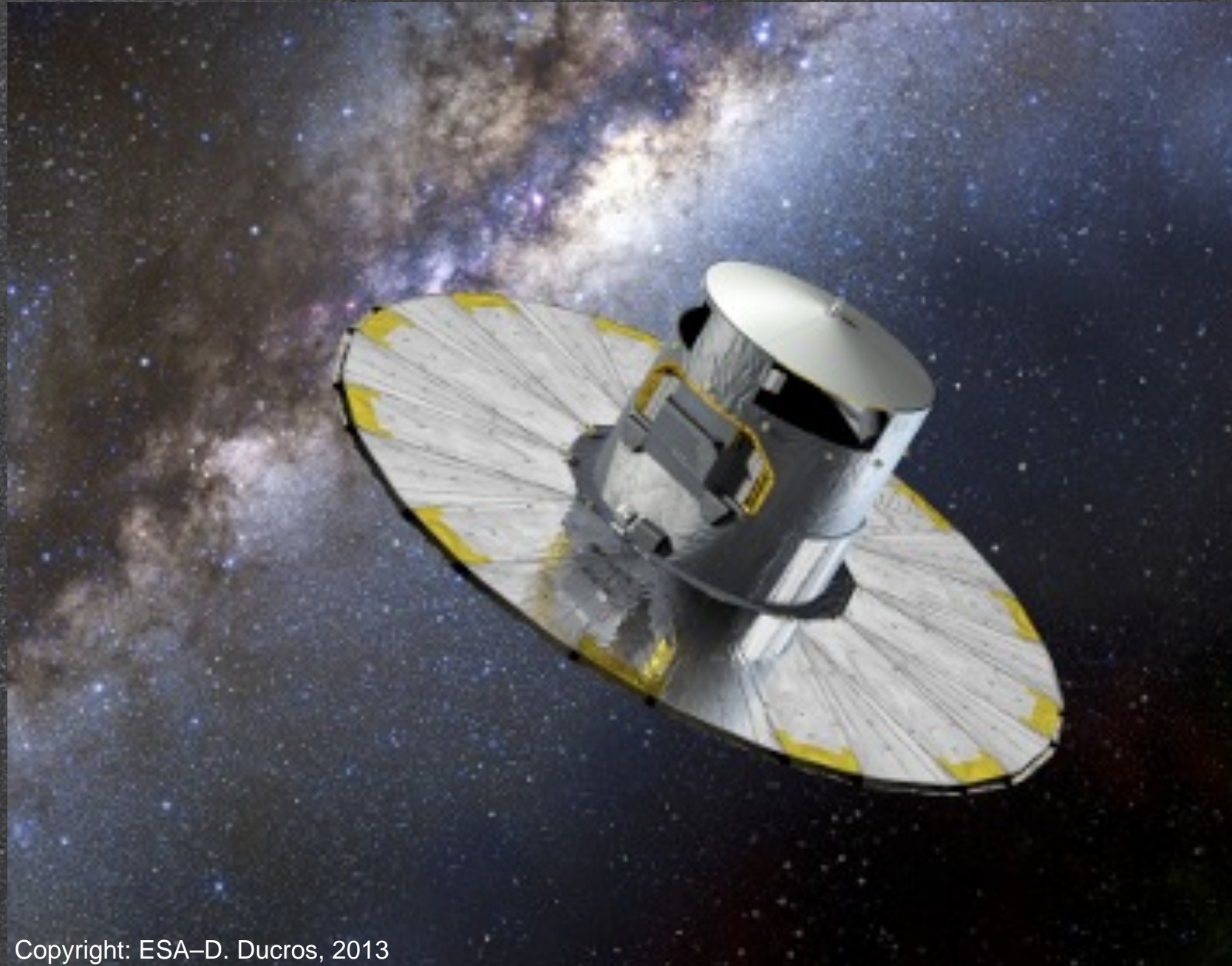
# Sternparallaxe

Bodengebundene Messungen sind aufgrund der Turbulenzen der Atmosphäre beschränkt auf eine Distanz von maximal 100 parsec

(1 pc  $\sim$  3,26 ly  $\sim$  63 AU)



# Die Zukunft der Astrometrie



Copyright: ESA-D. Ducros, 2013



# Die Zukunft der Astrometrie

## GAIA'S REACH

The Gaia spacecraft will use parallax and ultra-precise position measurements to obtain the distances and 'proper' (sideways) motions of stars throughout much of the Milky Way, seen here edge-on. Data from Gaia will shed light on the Galaxy's history, structure and dynamics.

Previous missions could measure stellar distances with an accuracy of 10% only up to 100 parsecs\*



Sun

Galactic Centre

Gaia's limit for measuring distances with an accuracy of 10% will be 10,000 parsecs

Gaia will measure proper motions accurate to 1 kilometre per second for stars up to 20,000 parsecs away



Eine unscheinbare  
Mitarbeiterin und ein  
unscheinbarer Fund



# Henrietta Swan Leavitt

- Geb. am 4 Juli 1868 in Lancaster Mass. USA
- Gest. am 12 Dezember 1921 (Krebs) in Cambridge Mass. USA
- Absolvierte 1892 das Radcliffe College
- Anstellung im Harvard Observatorium 1893





# Henrietta Swan Leavitt

*„hard-working, serious-minded . . . , little given to frivolous pursuits and selflessly devoted to her family, her church, and her career“.*





# Harvard Observatorium

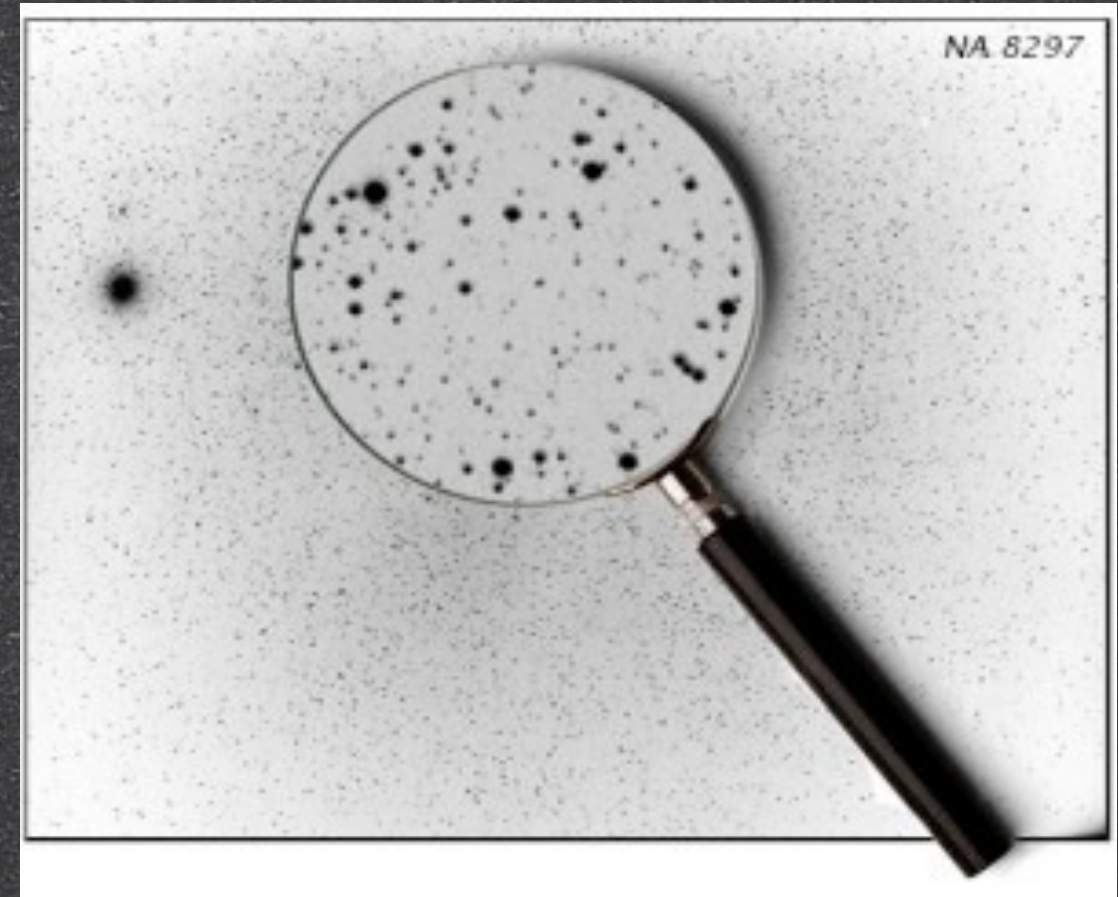
- Edward Charles Pickering  
Direktor des Harvard  
Observatoriums
- Computers (\$10.50/Woche)
- Pickering's Harem



Ihre Haupttätigkeit bestand darin Photoplatten  
auszuwerten



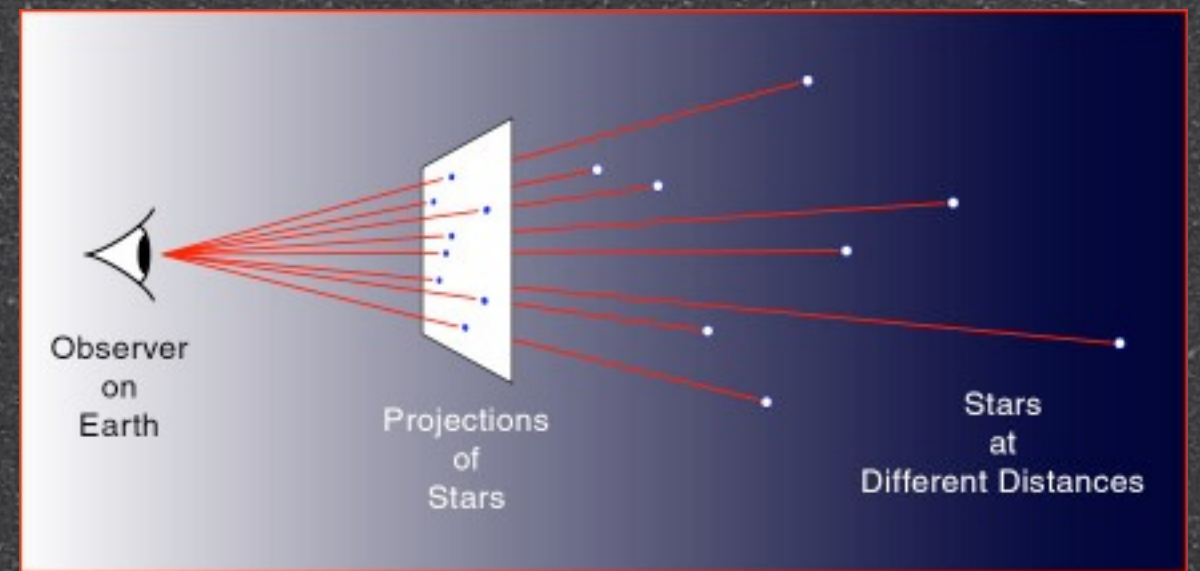
# Ein mühsamer Job





# Scheinbare und absolute Leuchtkraft

Auf direktem Wege, messen wir auf der Erde immer die scheinbare Leuchtkraft ( $l$ )



Um auf die absolute Leuchtkraft ( $L$ ) zu kommen (d.h. den Effekt der Distanz herauszurechnen) benötigt man die Entfernung

$$L = 4\pi r^2 \times l$$

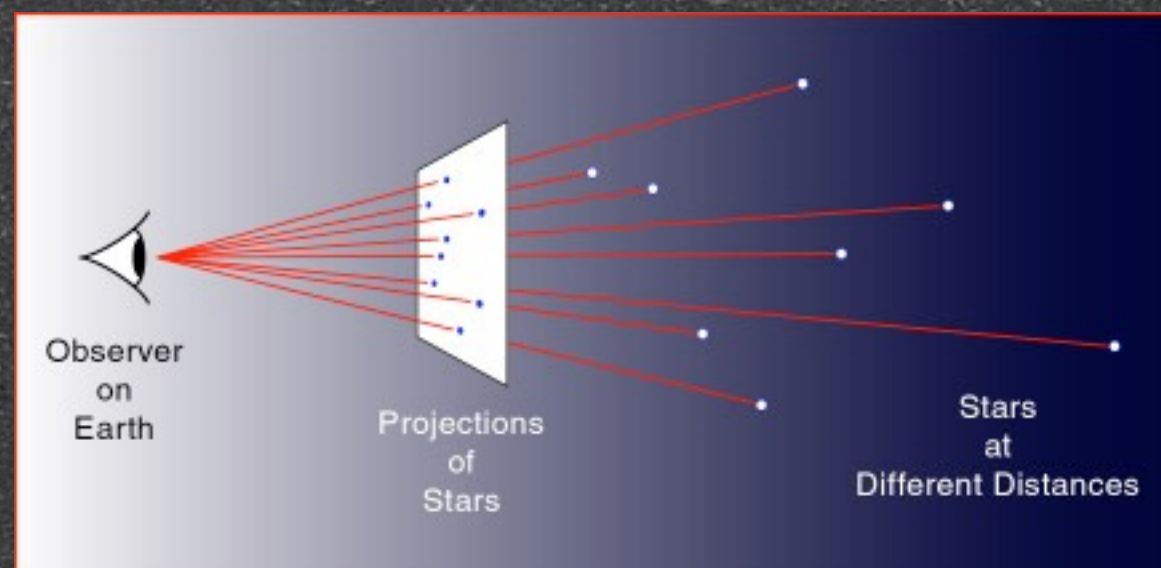


# In gleicher Entfernung

Galaxien sind so weit entfernt, dass die Distanzen innerhalb der Wolken vernachlässigbar sind.

D.h. alle Sterne der Magellanischen Wolke sind von uns aus gesehen gleich weit entfernt!

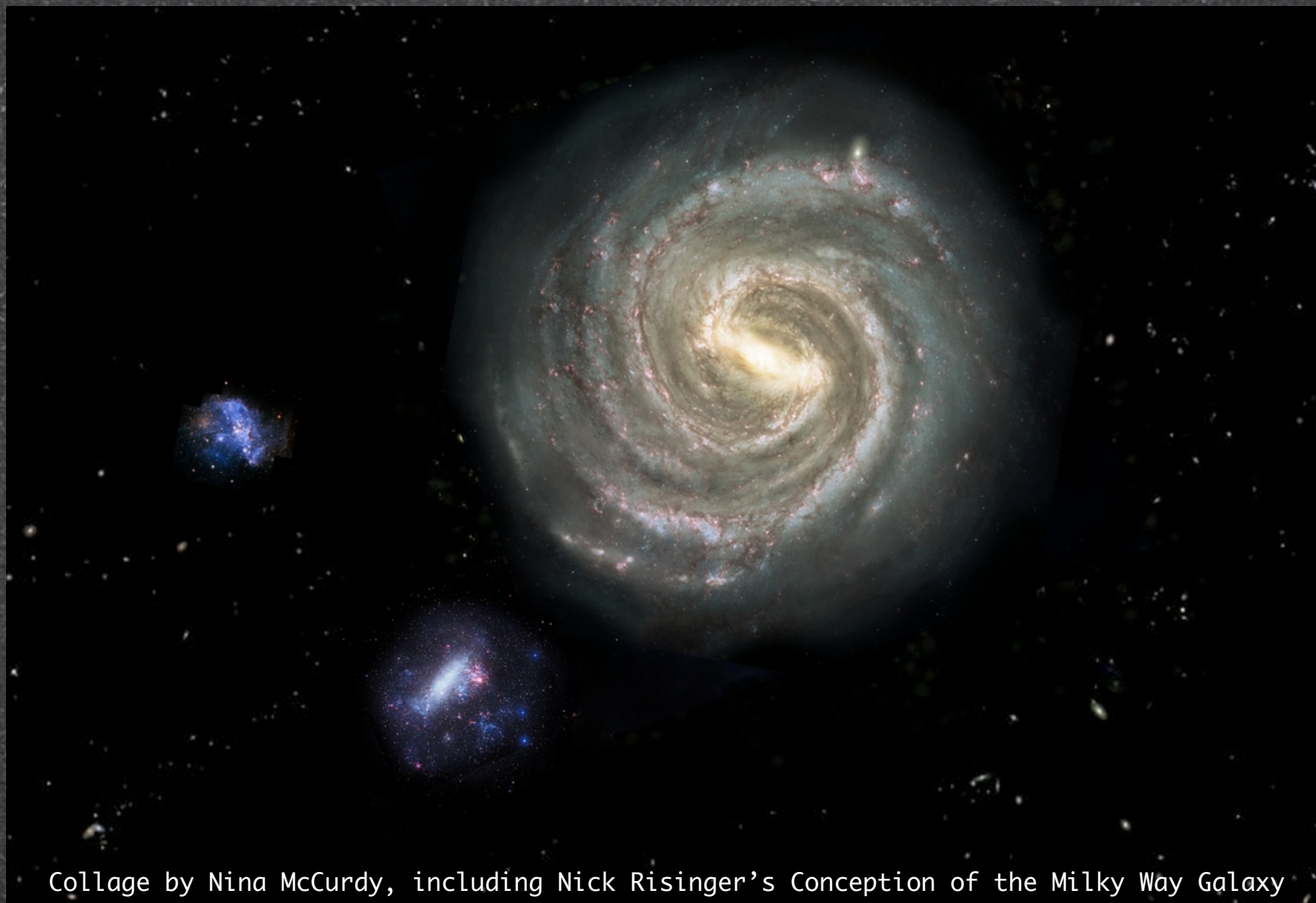
D.h. ihre Helligkeitsunterschiede sind real und kein Effekt unterschiedlicher Distanzen





# Die Magellanischen Wolken

Sie entdeckte 1777 veränderliche Sterne in  
den Magellanischen Wolken

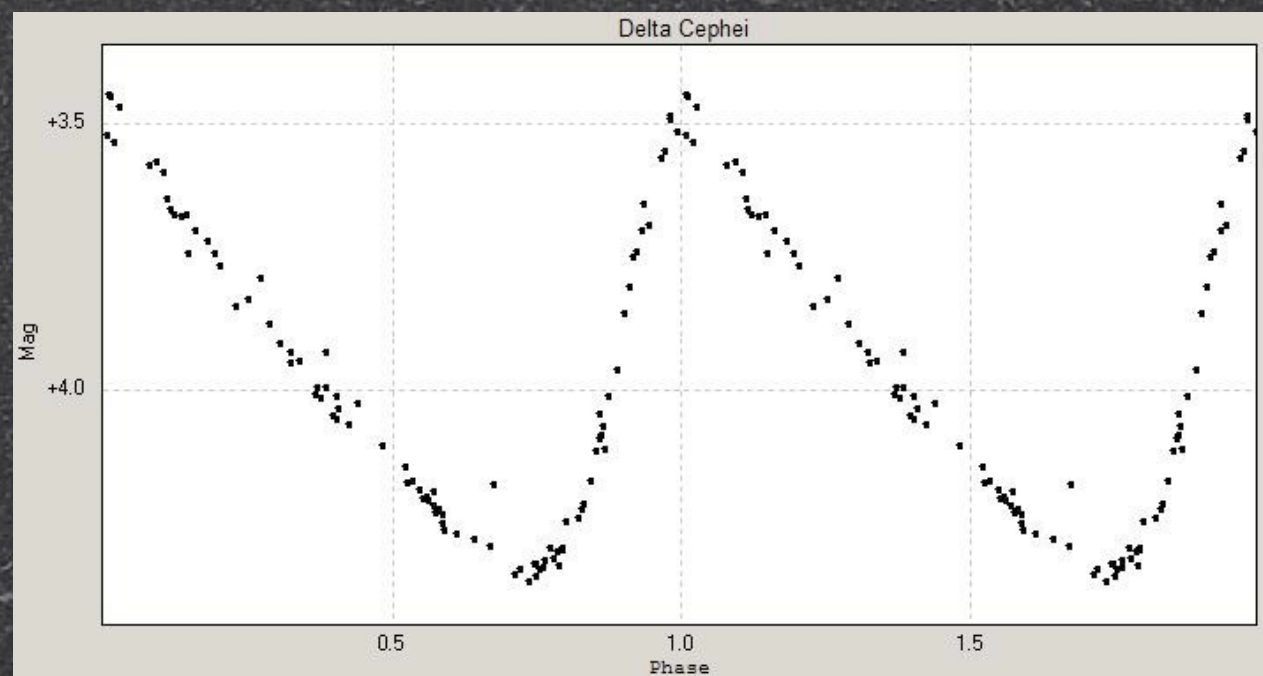


Collage by Nina McCurdy, including Nick Risinger's Conception of the Milky Way Galaxy



# Was ist ein veränderlicher Stern?

- Ein Stern wird veränderlich genannt, wenn sich seine Helligkeit signifikant ändert
- Eine besondere Klasse sind die periodisch veränderlichen Sterne

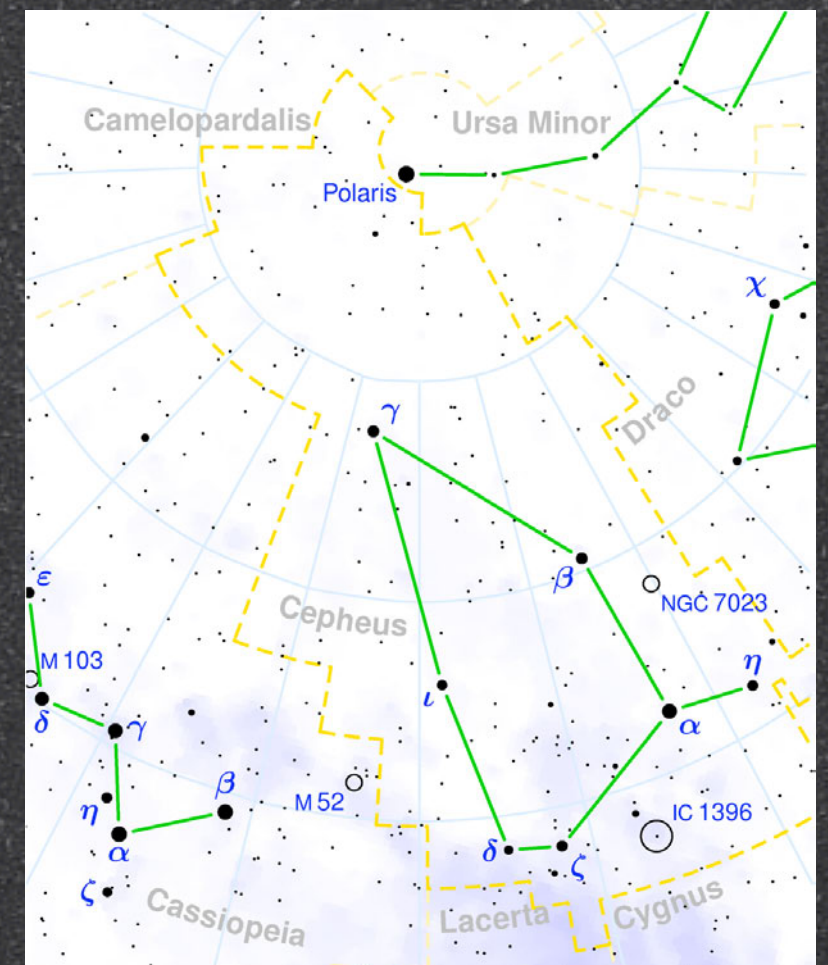




# Die Klasse der Cepheiden

- Der Stern  $\delta$  Cephei im Sternbild Cepheus ist der erste beobachtete periodisch veränderliche Sterne (1784 John Goodricke)

Masse	4,5 M
Leuchtkraft	2000 L
Radius	44.5 R
Periode	5,36 Tage
Entfernung	887 ly





# Die Entdeckung

ANNALS OF HARVARD COLLEGE OBSERVATORY. VOL. LX. No. IV.

1777 VARIABLES IN THE MAGELLANIC CLOUDS.

BY HENRIETTA S. LEAVITT.

---



# Die Entdeckung

- Miss Leavitt entdeckte die Perioden-Helligkeits-Beziehung

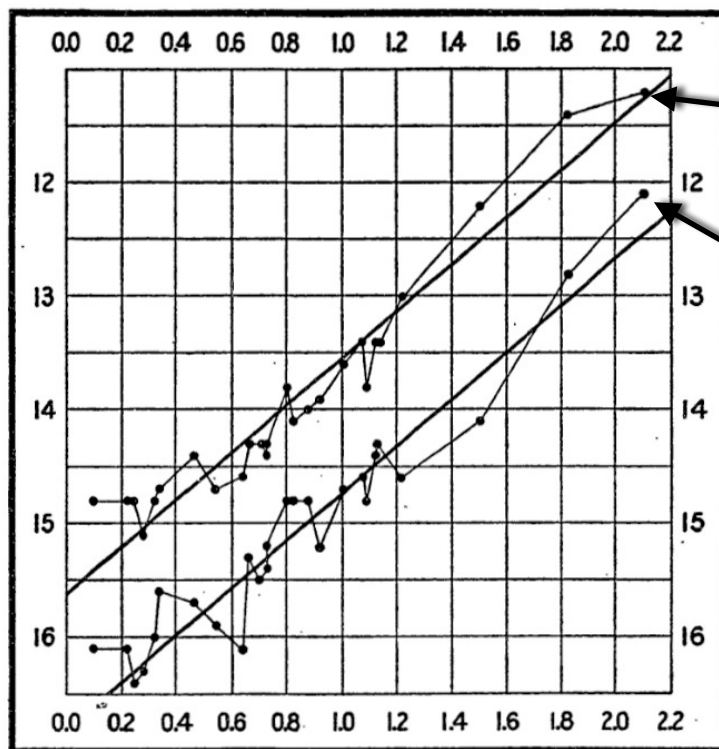
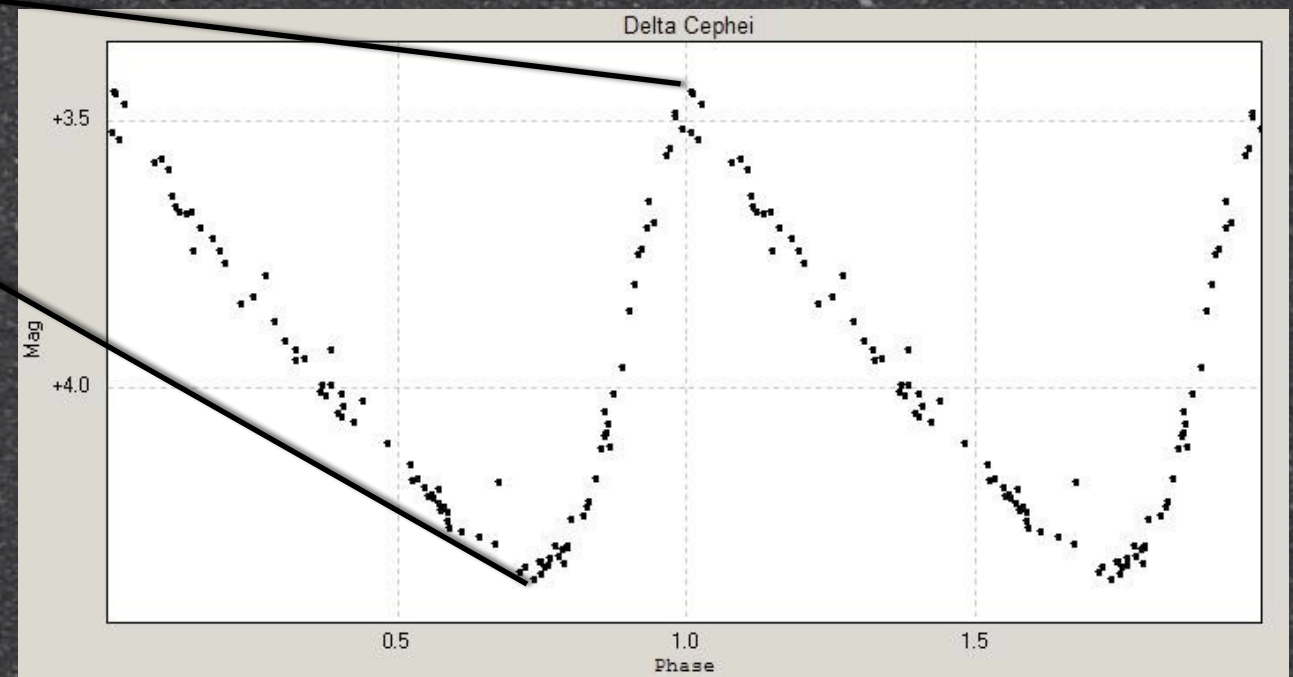


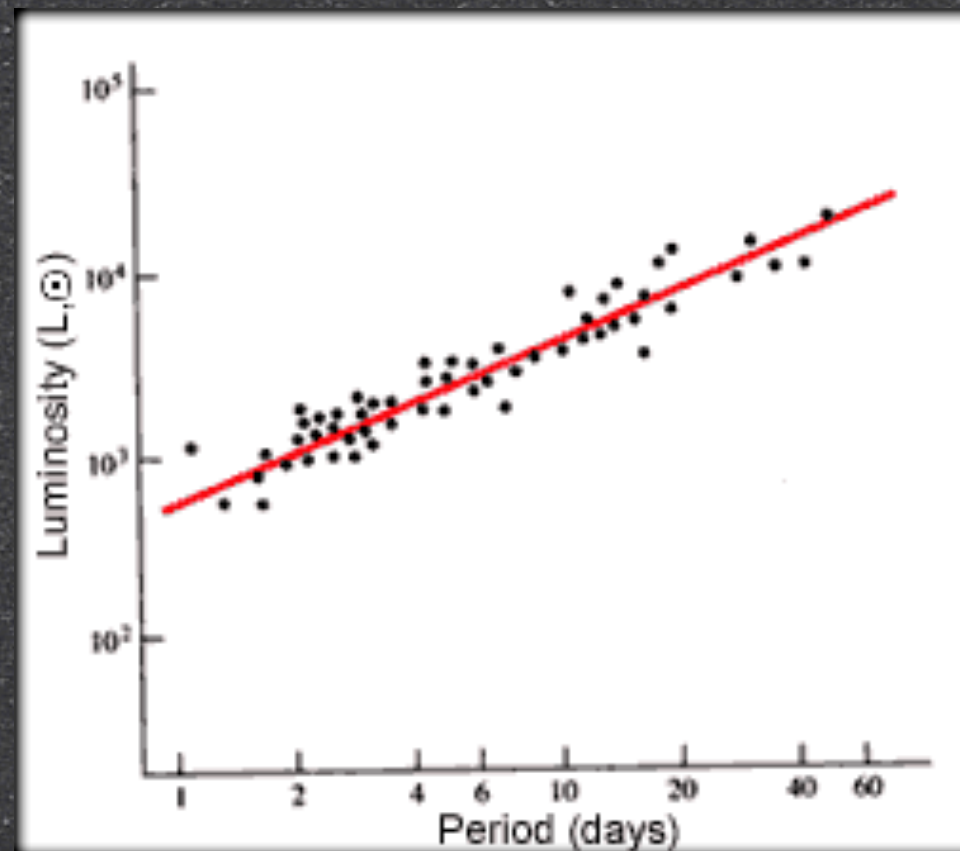
FIG. 2.





# Die Entdeckung

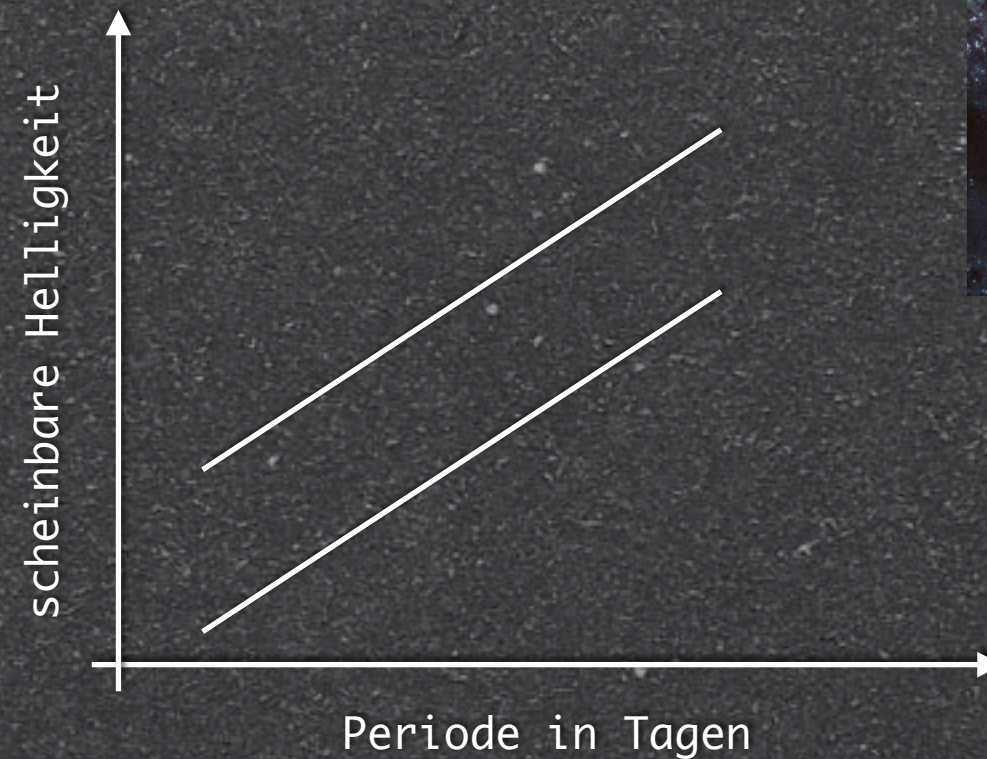
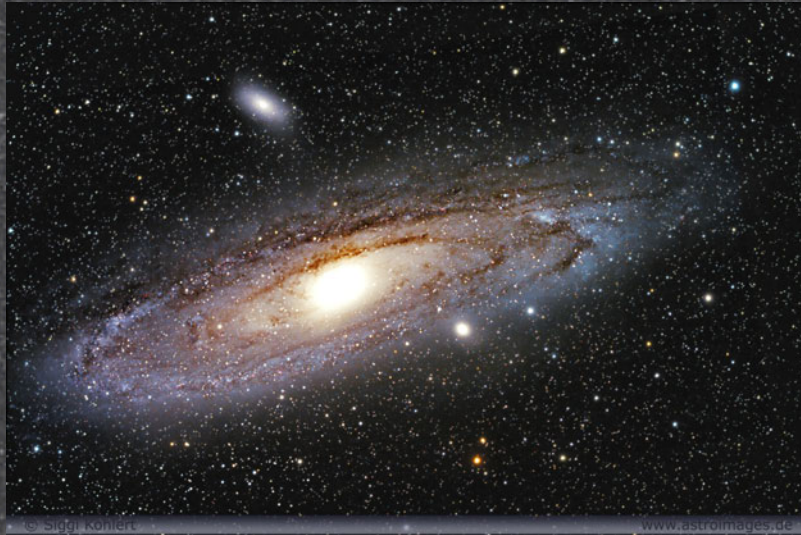
- Miss Leavitt entdeckte die Perioden-Helligkeits-Beziehung



Je größer die mittlere Leuchtkraft  
desto größer die Periode



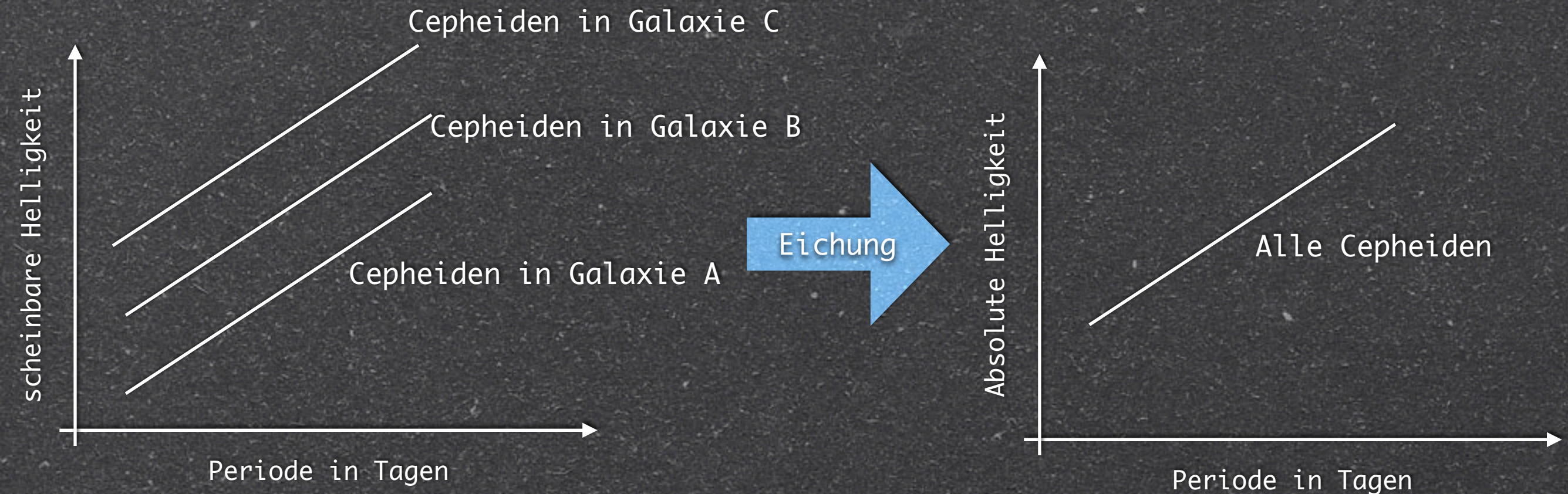
# Die P-L Beziehung



Sie erhalten 2 Kurven wegen des Distanzeffektes.



# Die P-L Beziehung Eichen

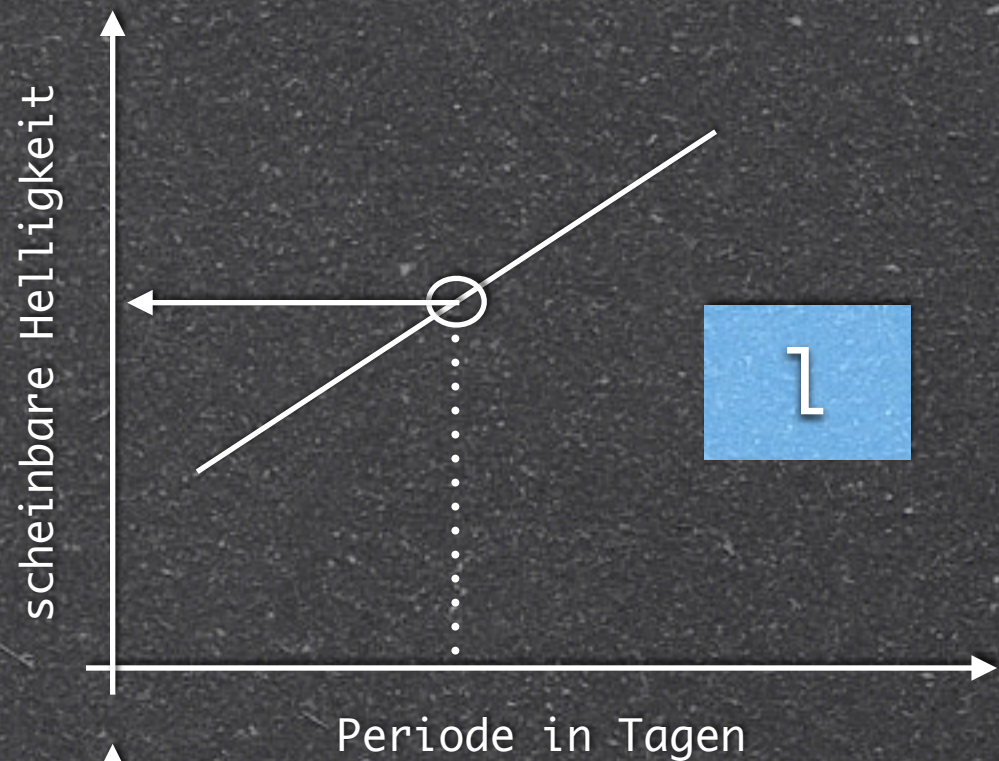


Kalibrierung = Eichung

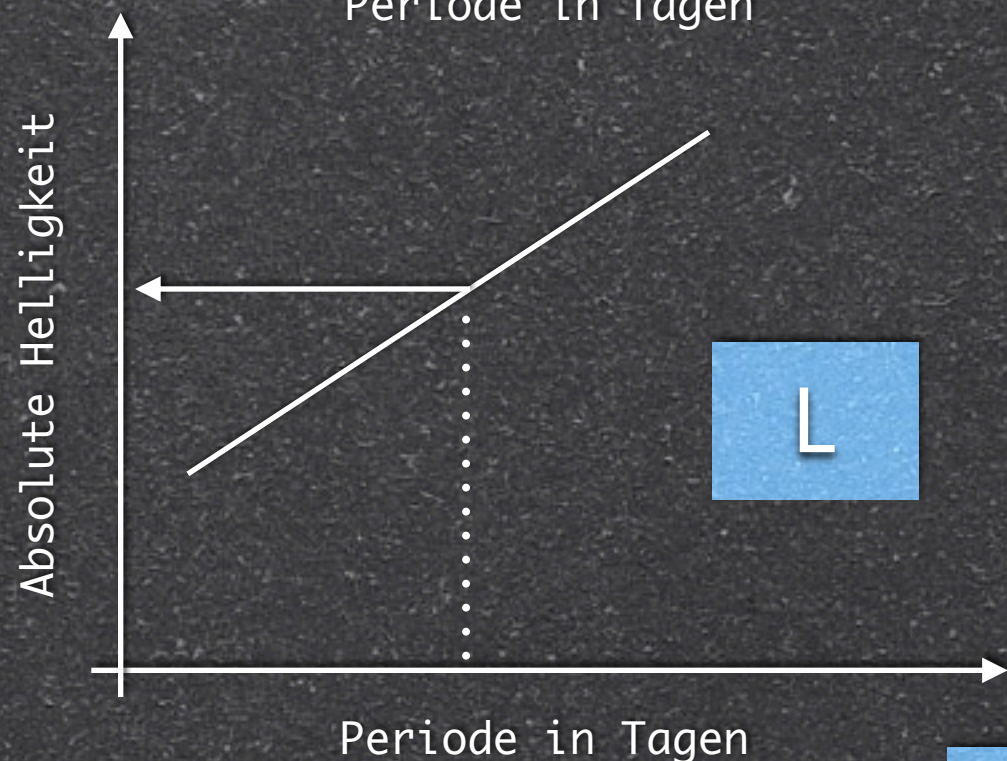
heißt, man benötigt die Entfernung eines beliebigen Cepheiden, dann kann man seine absolute Helligkeit berechnen.



# So geht man vor



Man messe die scheinbare Helligkeit  $l$  und die Periode des Cepheiden



Mit Hilfe der gemessenen Periode und der geeichten P-L Beziehung kann man die absolute Helligkeit nach schlagen (aus einer Tabelle) oder ablesen (aus einem Diagramm)

Die Periode ist nur ein Verbindungsglied



Die Entfernung

$$L = 4\pi r^2 \times l$$

L aus der geeichten  
P-L Beziehung

Periode P

Scheinbare  
Helligkeit l



# Die Tragweite

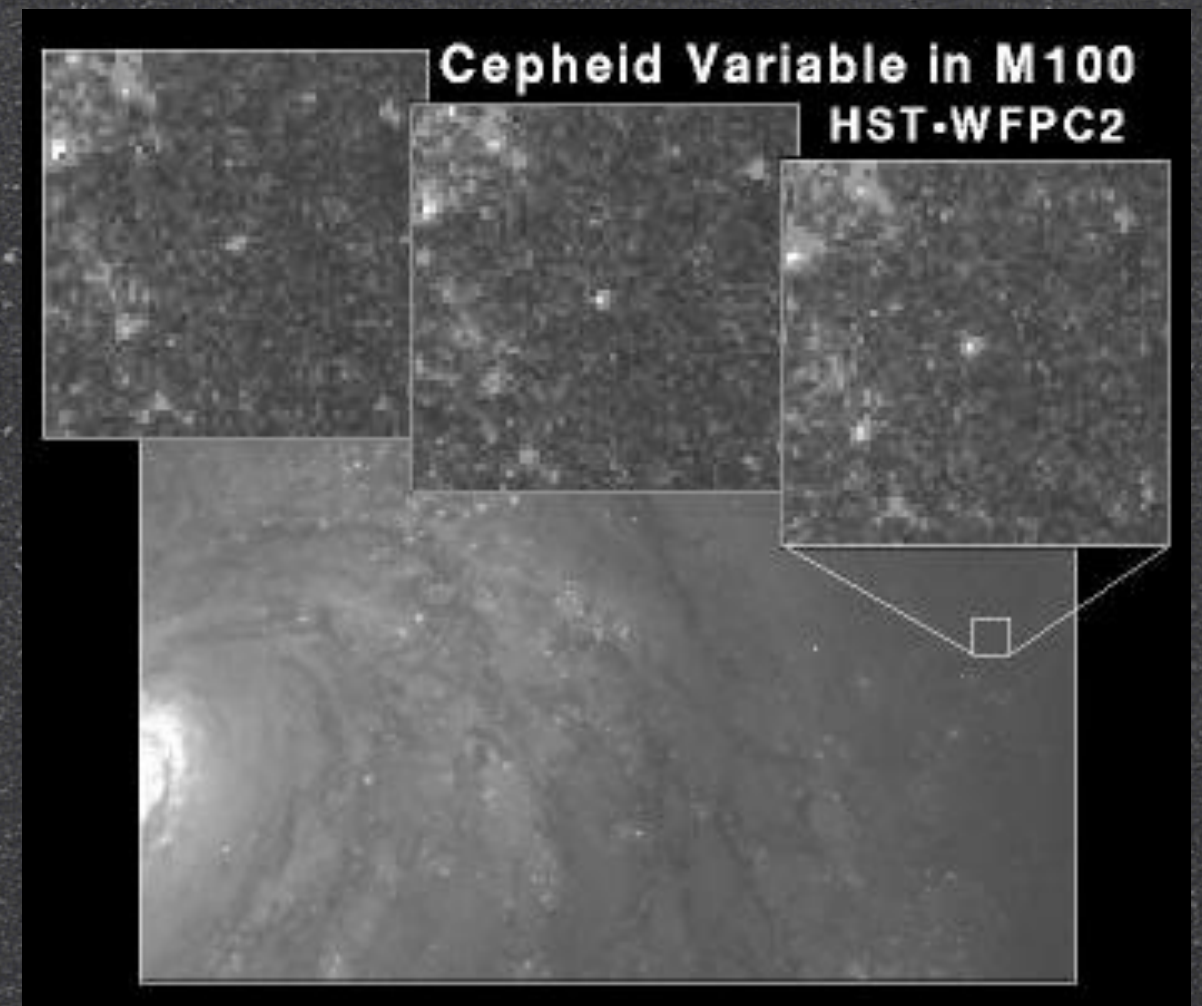
- Edwin Hubble (1925) nutzt die Periode-Leuchtkraft-Beziehung, um zu beweisen, dass die Andromedagalaxie ausserhalb der Milchstrasse liegt
- Hubble entdeckte 12 Cepheiden in der Andromeda Galaxie
- Er schätzte die Distanz zu 900 ly ab, der heutige Wert liegt bei 2300 ly





# Kürzlich

Das Weltraumteleskop  
Hubble entdeckte 20  
Cepheiden in der  
Galaxie M100 in einer  
Entfernung von 56  
Millionen Ly ( $\pm 6$  ly)





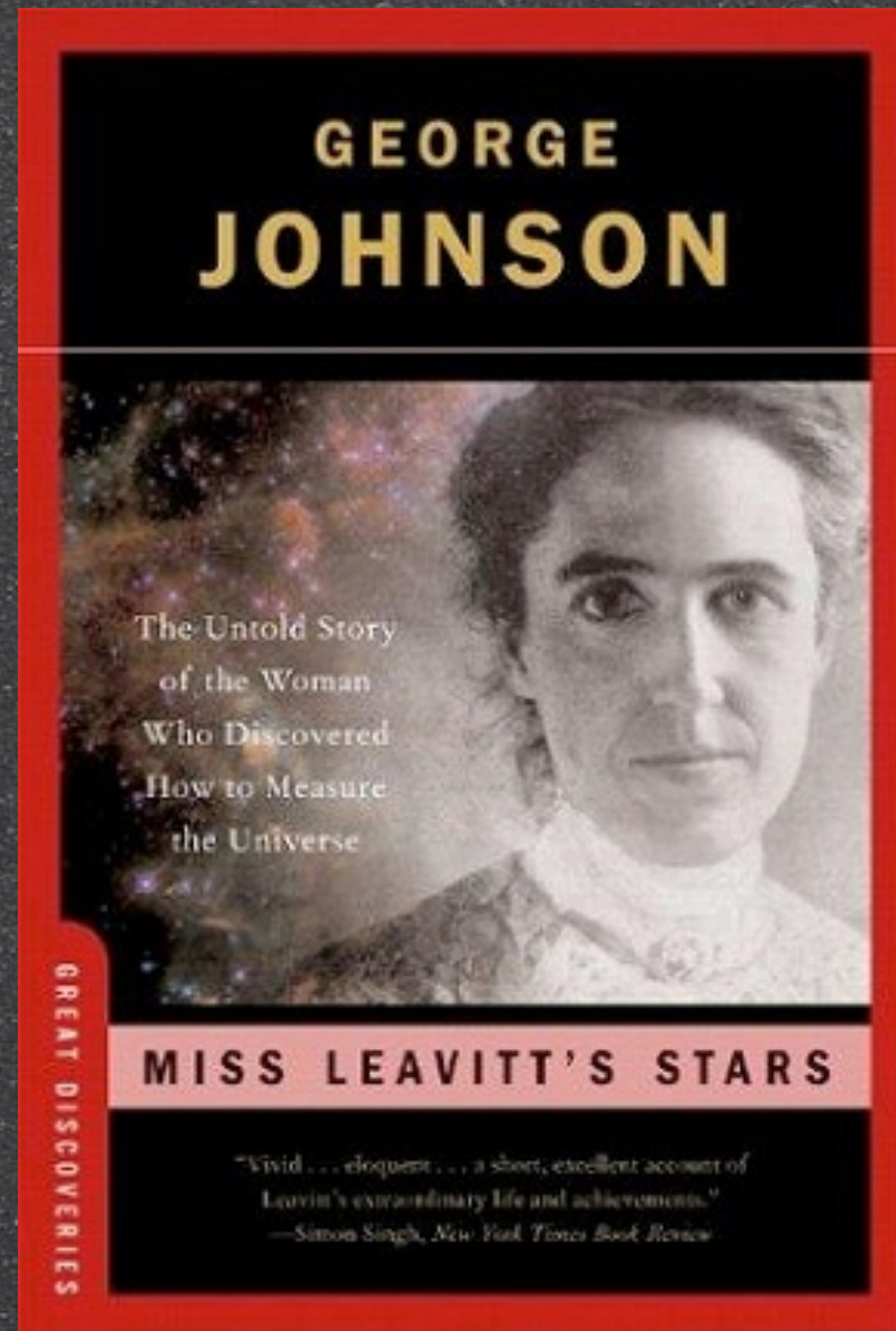
# Fast ein Nobelpreis

Gösta Mittag-Leffler  
(schwedischer Mathematiker)  
Mitglied des Nobelpreiskomitees  
wollte Miss Leavitt 1924 für  
den Physik-Nobelpreis 1926  
nominieren, doch war sie da  
bereits verstorben.





# Buchtipp



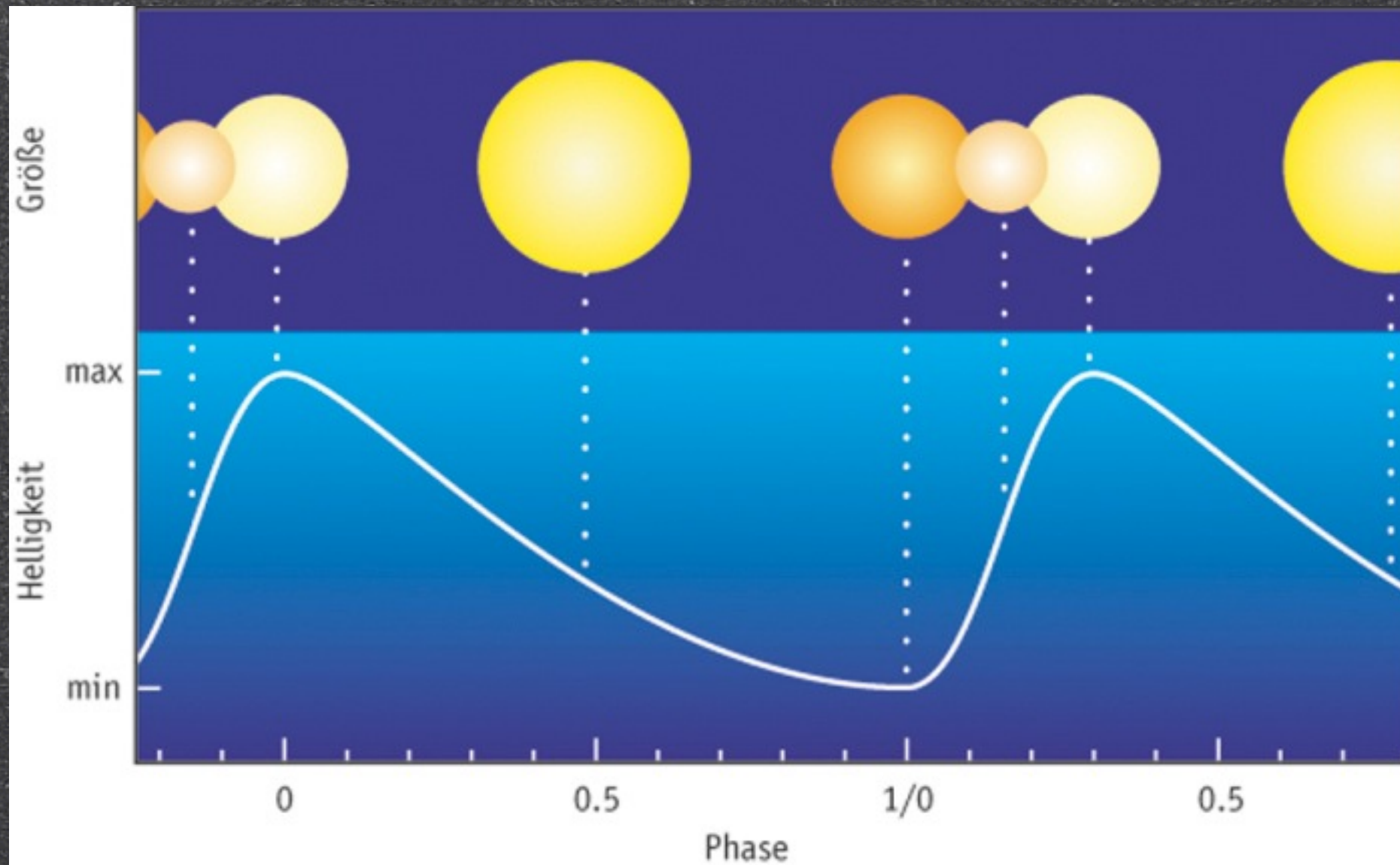
Bei weiteren Fragen kontaktieren Sie [Farid.Gamgami@gmx.de](mailto:Farid.Gamgami@gmx.de)



Ende



# Back-Up





# Back Up 2

