

Eine kleine Einführung in die Welt der Sterne

Ralf-Dieter Scholz
Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam **AIP**

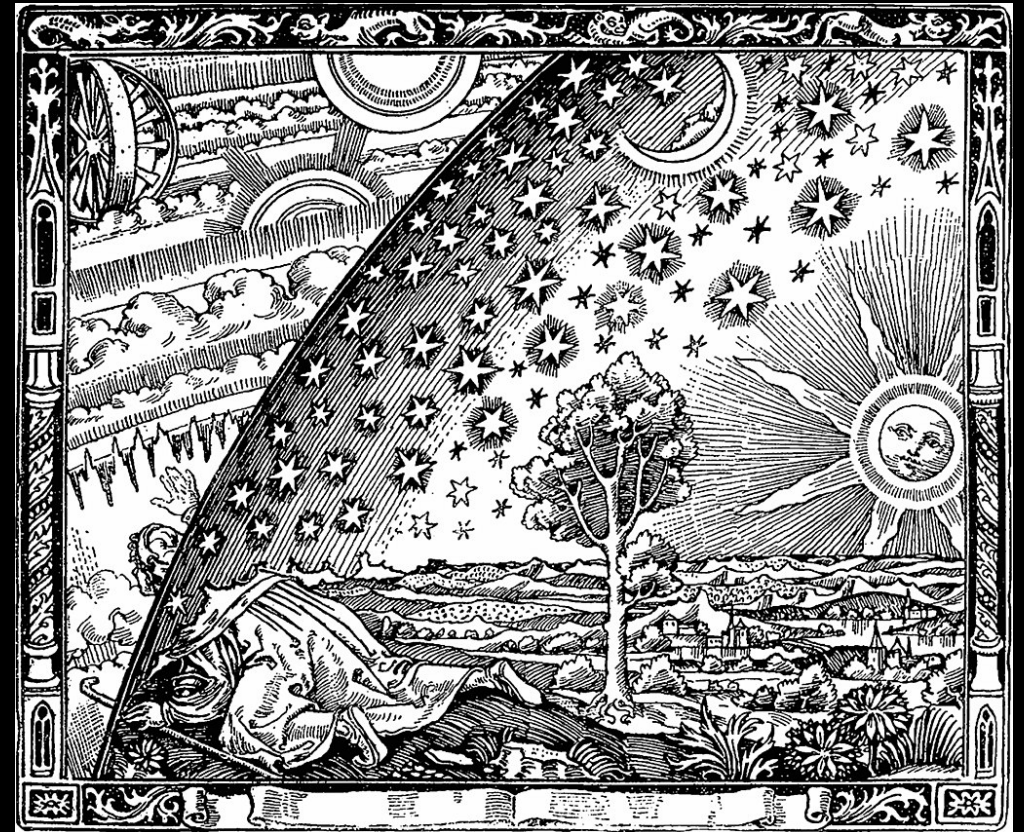
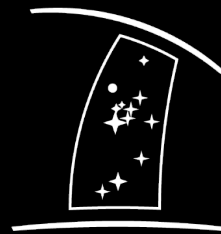


Image credit: Flammarion (1888)

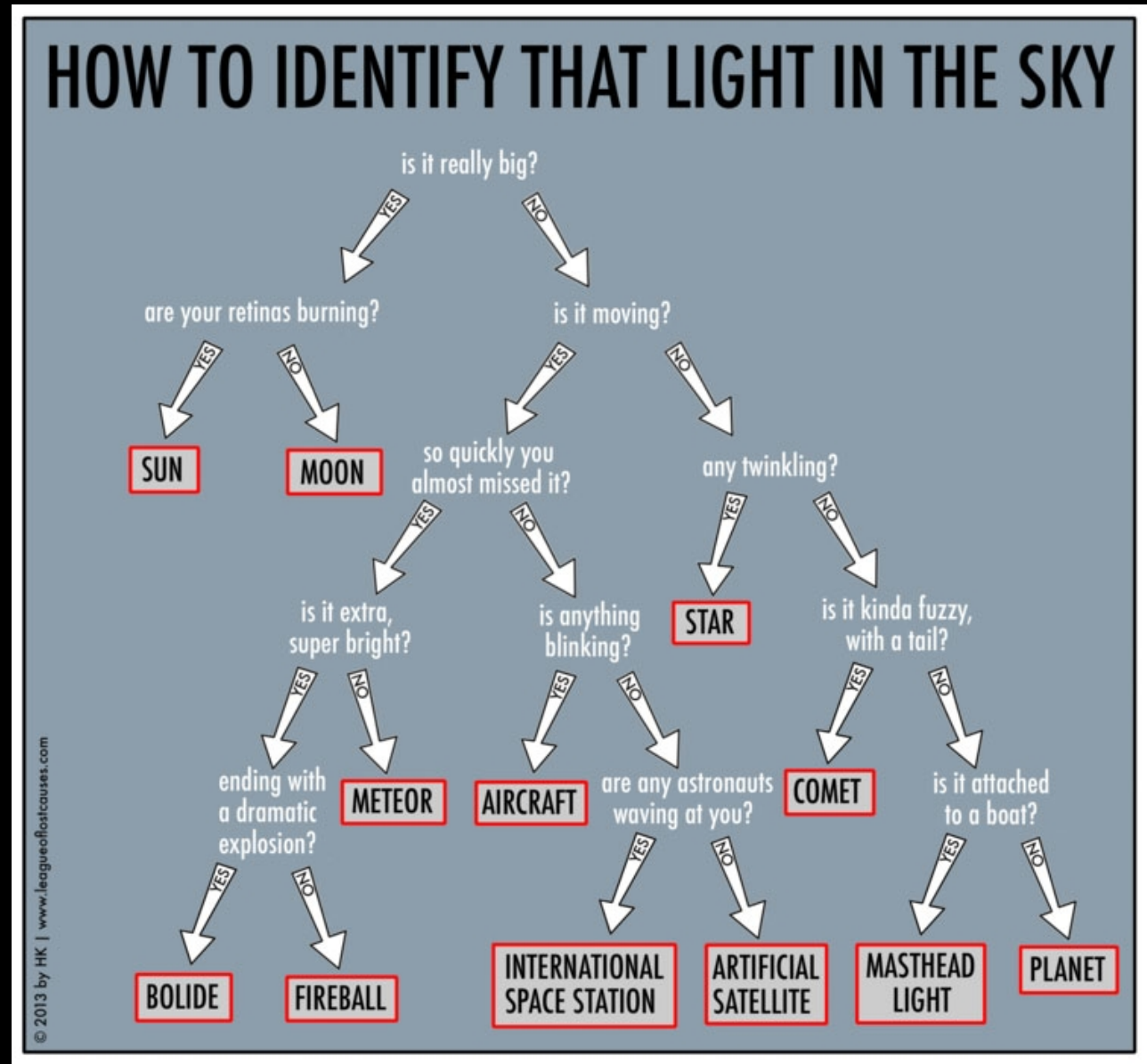
Vortrag im NAJU-Seminar am 23. März 2022

Unterscheidung von Lichtern am Himmel nach:

- # Größe ?
- # Bewegung ?
- # Geschwindigkeit ?
- # Helligkeit ?
- # Blinken ?
- # Funkeln/Glitzern ?
- # Punktform ?
- # ...

Image credit: The League of Lost Causes
Astronomy picture of the day (APOD)

deutsche Version: www.starobserver.org/2021/11/14/



Aktuell am Himmel:

Blick nach Süden – Anfang März 24 Uhr MEZ, Mitte März 23 Uhr MEZ, Ende März 23 Uhr MESZ



Quelle: Planetarium Hamburg

Orientierung am Polarstern

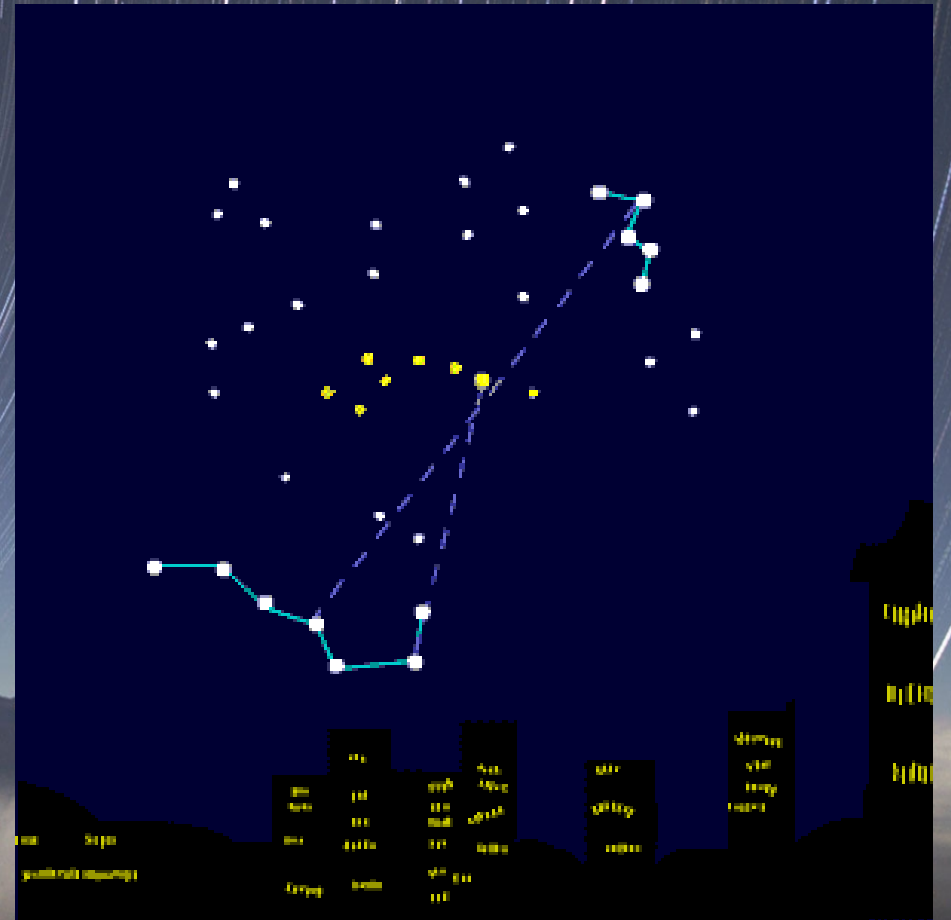


Image credit: Peter Michaud (Gemini Observatory), AURA, NSF
APOD: apod.nasa.gov/apod/ap051220.html

Animation: [Wikimedia Commons](#)

Winkelmessung am Himmel

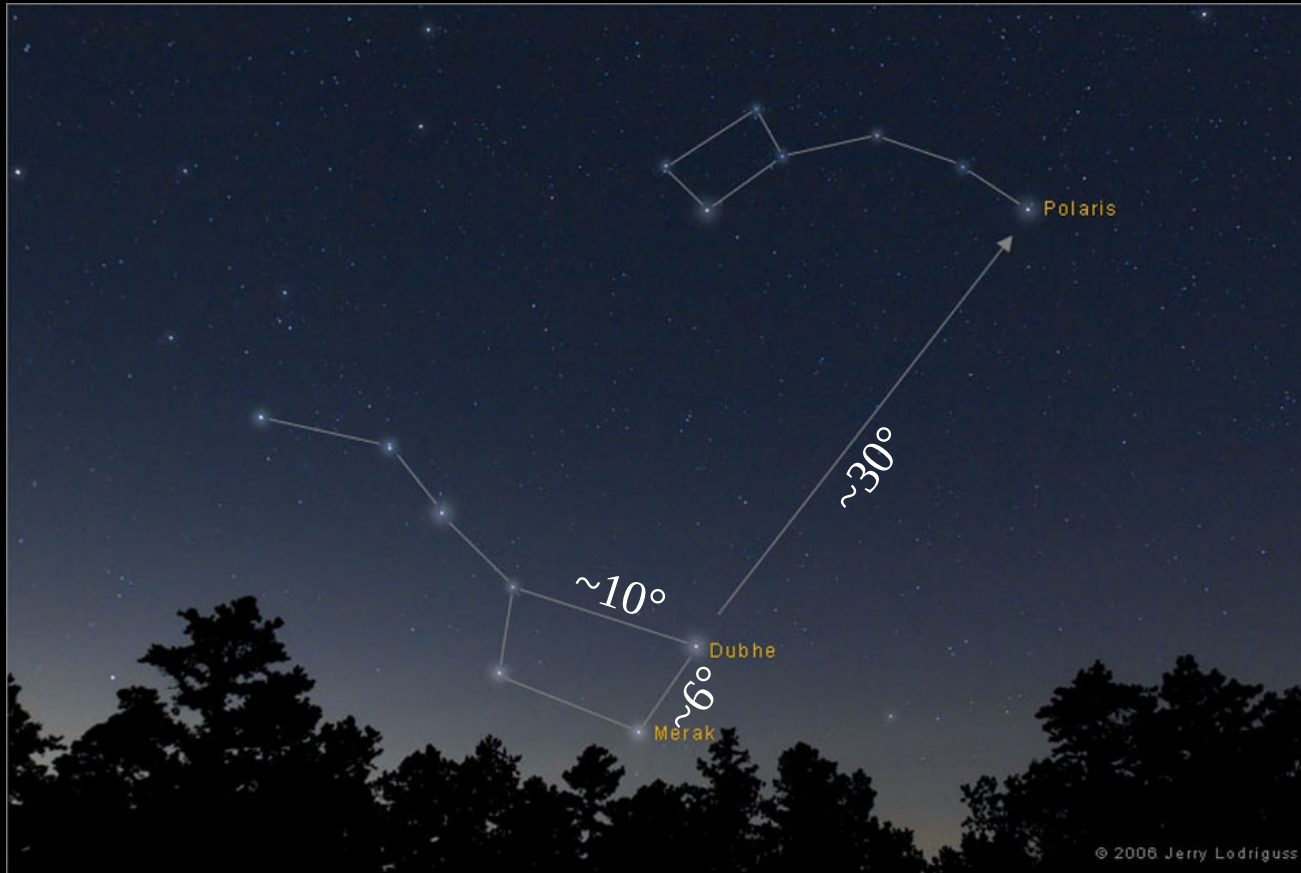


Image credit:
Jerry Lodriguss
(APOD, 8. Jan 2007)

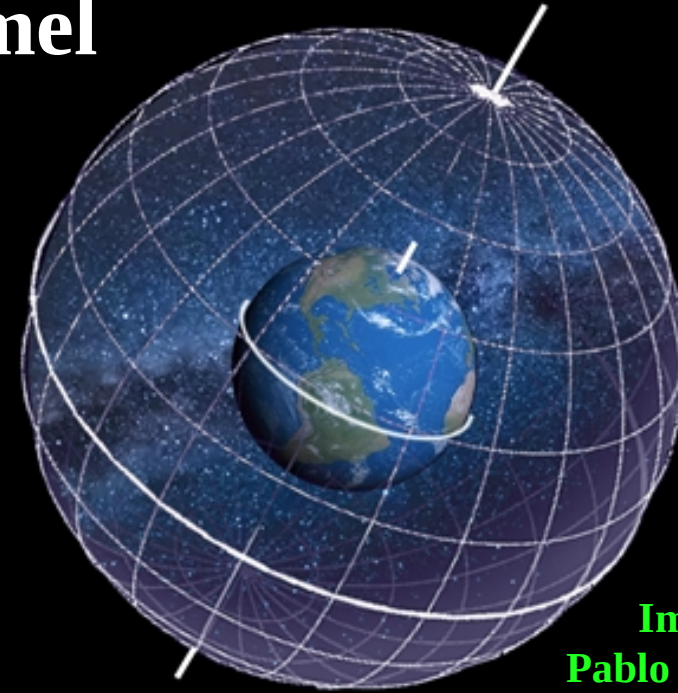


Image credit:
Pablo Carlos Budassi
Wikimedia Commons

Äquatorialsystem mit 2 Winkelkoordinaten:

Rektaszension von 0 bis 24 Stunden bzw. 360°

Deklination von -90° bis $+90^\circ$

$1^\circ = 60'$ (Bogenminuten [arcmin])

$= 3600''$ (Bogensekunden [arcsec])

3. Koordinate = Entfernung

(Scheinbare) Größenverhältnisse am Himmel

M31: $\sim 4^\circ$ ($1^\circ = 60' = 3600''$),

Mond: 30'-34',

Jupiter: max. 48''



Andromedagalaxie
im gleichen Abbildungsmaßstab
wie der Mond !

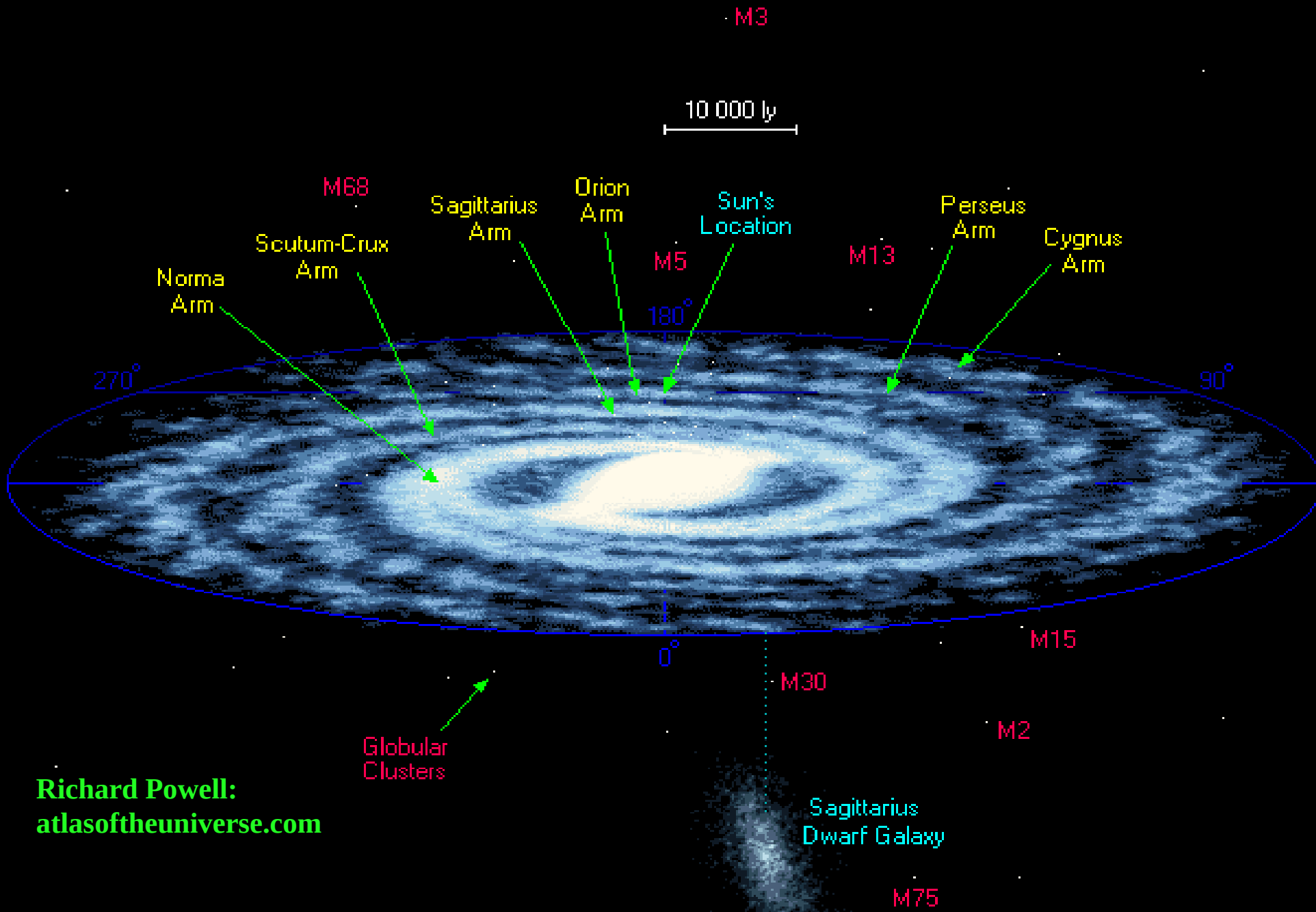
Image credit:
Adam Block &
Tim Puckett
APOD
25.Sep.2020

Jupiter
(vergrößert)



Image credit:
GustavoAckles, Pixabay

Die Milchstraße (unsere Galaxis)



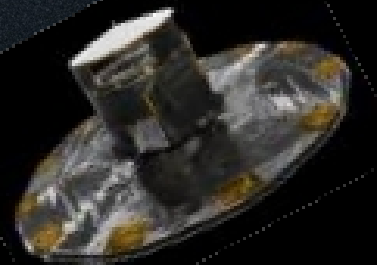
Richard Powell:
atlasoftheuniverse.com

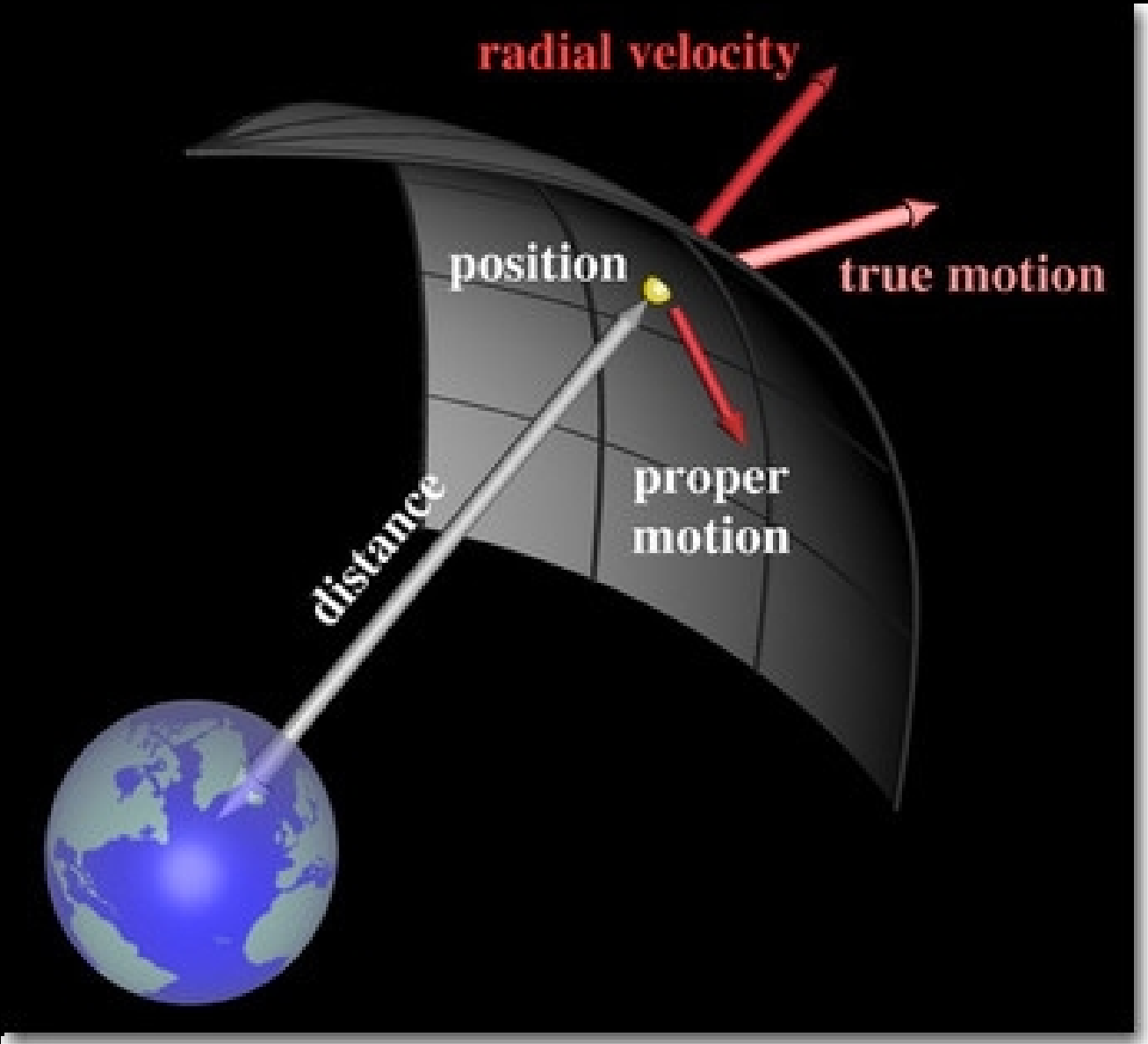
Gaia (ESA):

Himmelsatlas in galaktischen Koordinaten
(Ebene der Milchstraße als Himmelsäquator)

Genaue Messung der Positionen,
Eigenbewegungen und Parallaxen
von 2 Milliarden Sternen (!)
seit Dez. 2013

**Image credit: ESA / Gaia Data
Processing and Analysis Consortium (DPAC)**





Eigenbewegung der Sterne

=
scheinbare Bewegung
am Himmel
in Bogensekunden pro Jahr
["/yr]

Geschwindigkeit
in [km/s]

ergibt sich erst aus

Entfernung
in [pc]

Image credit: The RAVE Collaboration

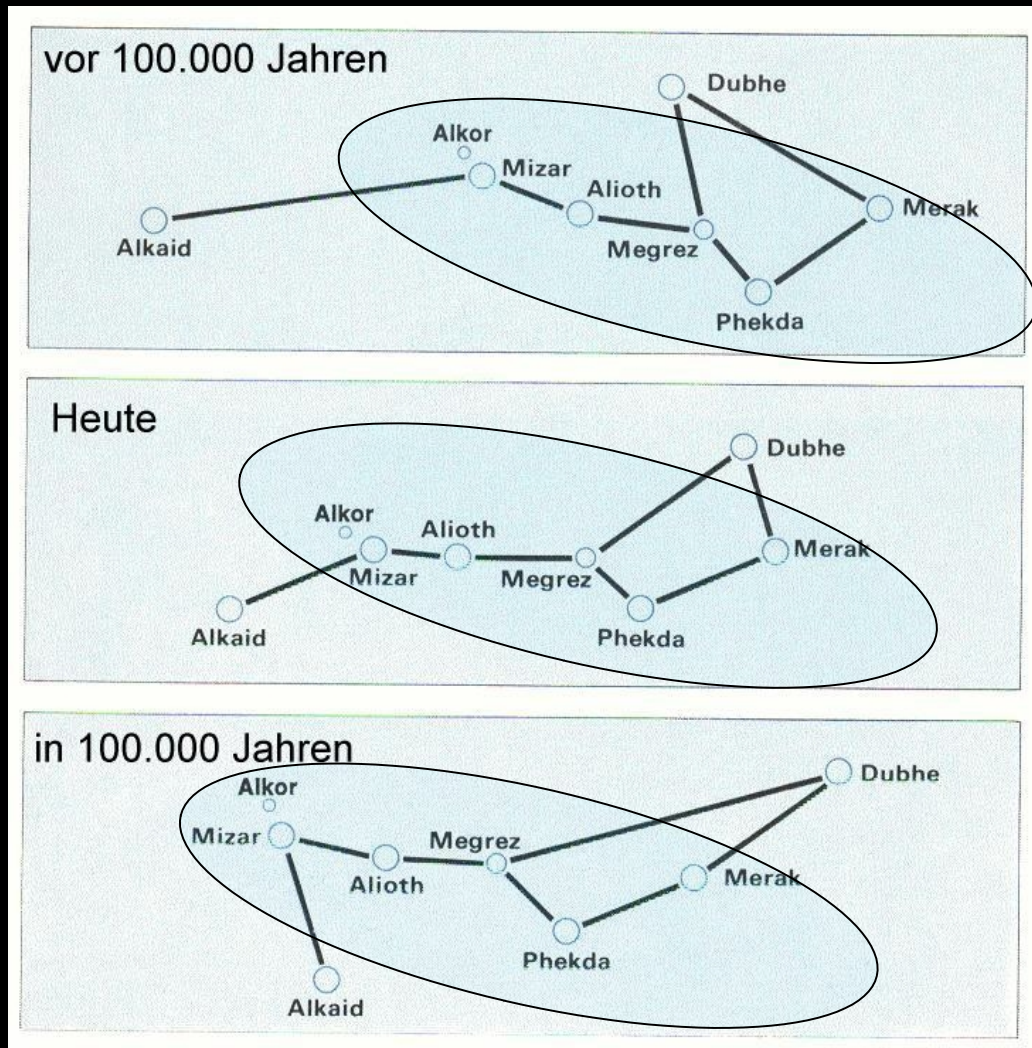
Barnards's Pfeilstern

Eigenbewegung
10,4 arcsec/yr



Image credit: universetoday.com

Eigenbewegung der Sterne verändert Sternbilder



“Bärenstrom” - 5 von 7 Sternen
im Großen Wagen haben
~ gleiche Entfernung
~ gleiche Bewegung

Großer Wagen
= Teil des Sternbilds
Großer Bär



Sidney Hall (1825)
Wikimedia Commons

Vorstellung
verschiedener Völker:

- Indianer: Bär mit Jungen
- Araber: Sarg und 3 Klageweiber
- Römer: 7 wandernde Ochsen
- Chinesen: großer Löffel

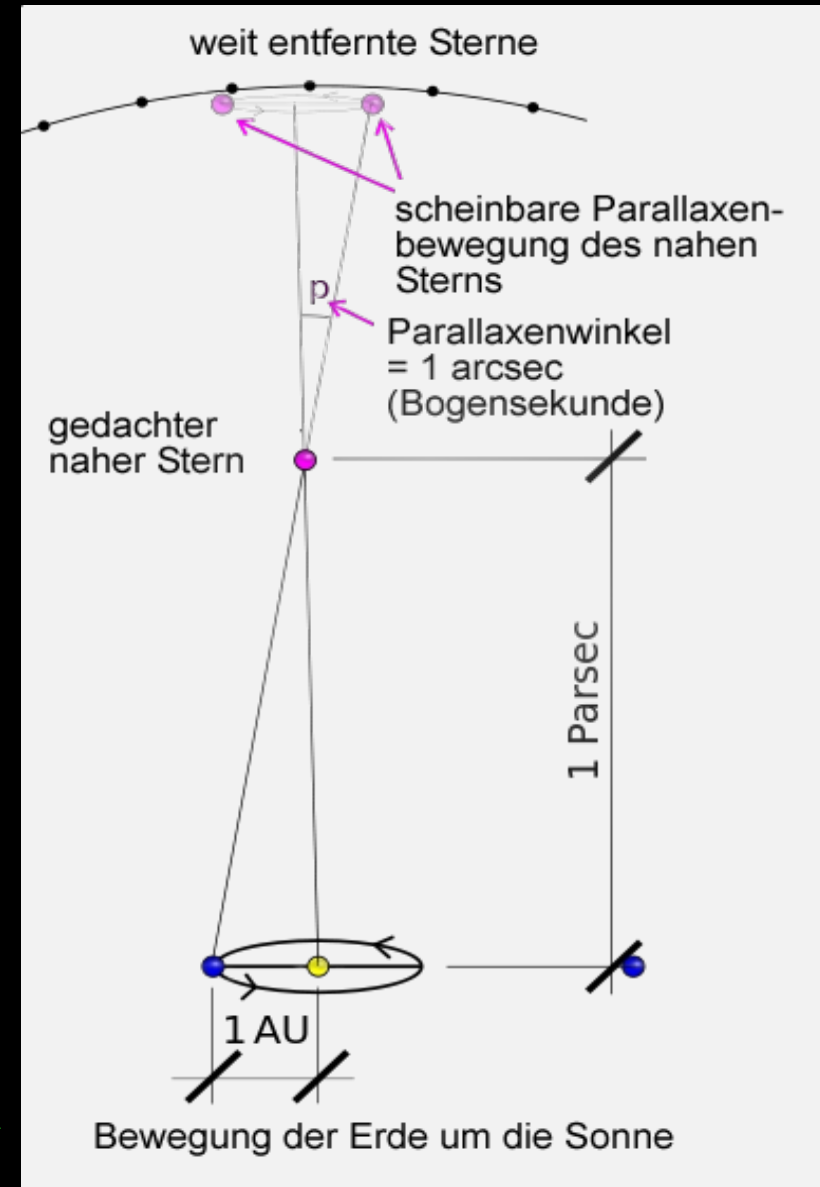
Zusätzlich zeigen Sterne eine jährliche parallaktische Bewegung

hervorgerufen durch Bewegung der Erde
um die Sonne

trigonometrische Parallaxe:

1 arcsec (1") → Entfernung 1 Parsec (1 pc)
(≈ 3 Lichtjahre ≈ 200000 AU)

Image
credit:
Wikimedia
Commons



Eigenbewegung

+

**parallaktische
Bewegung**

WISE J0720-0846

noch ungenaue Entfernungsmessung: 7.0 ± 1.9 pc
wegen großer Fehler der Positionen von 1955-2010

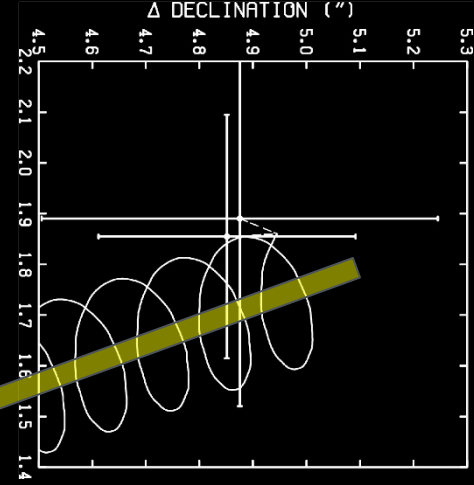
Scholz (2014)

1981

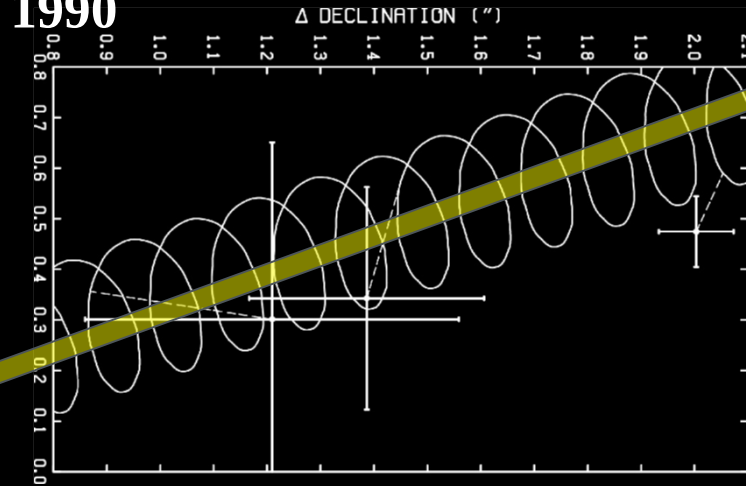
1985

1990

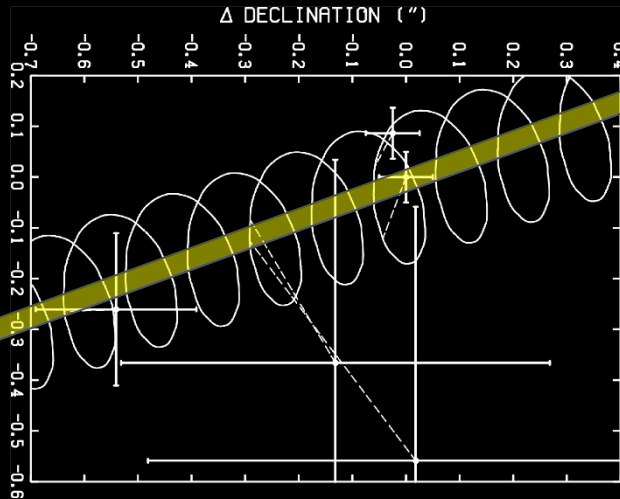
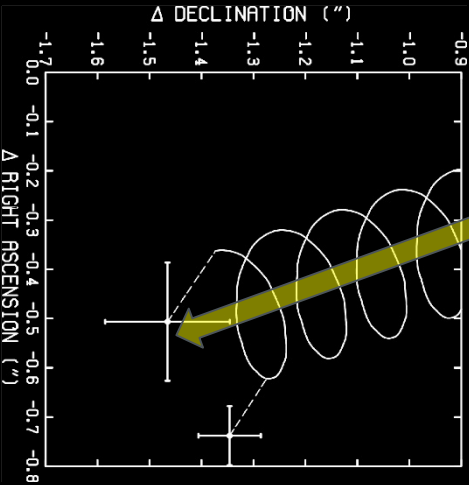
1955



2004 2001 1999

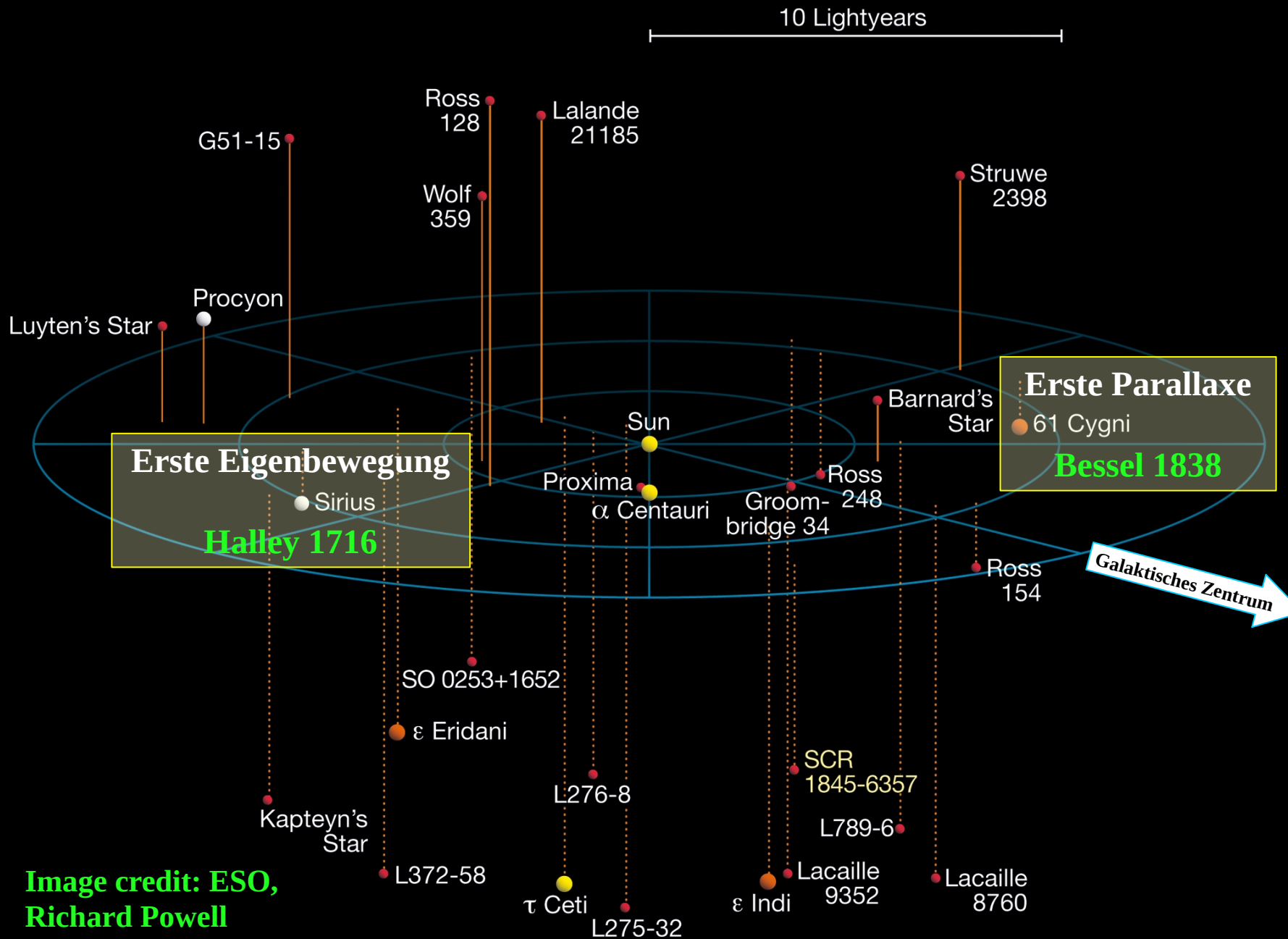


2010



später Entfernung genauer bestimmt: 6.80 ± 0.05 pc

Dupuy et al. (2019)



Die Sterne in unmittelbarer Nachbarschaft der Sonne

Die meisten sind mit bloßem Auge nicht sichtbar!

Image credit: ESO, Richard Powell

Stand: März 2006

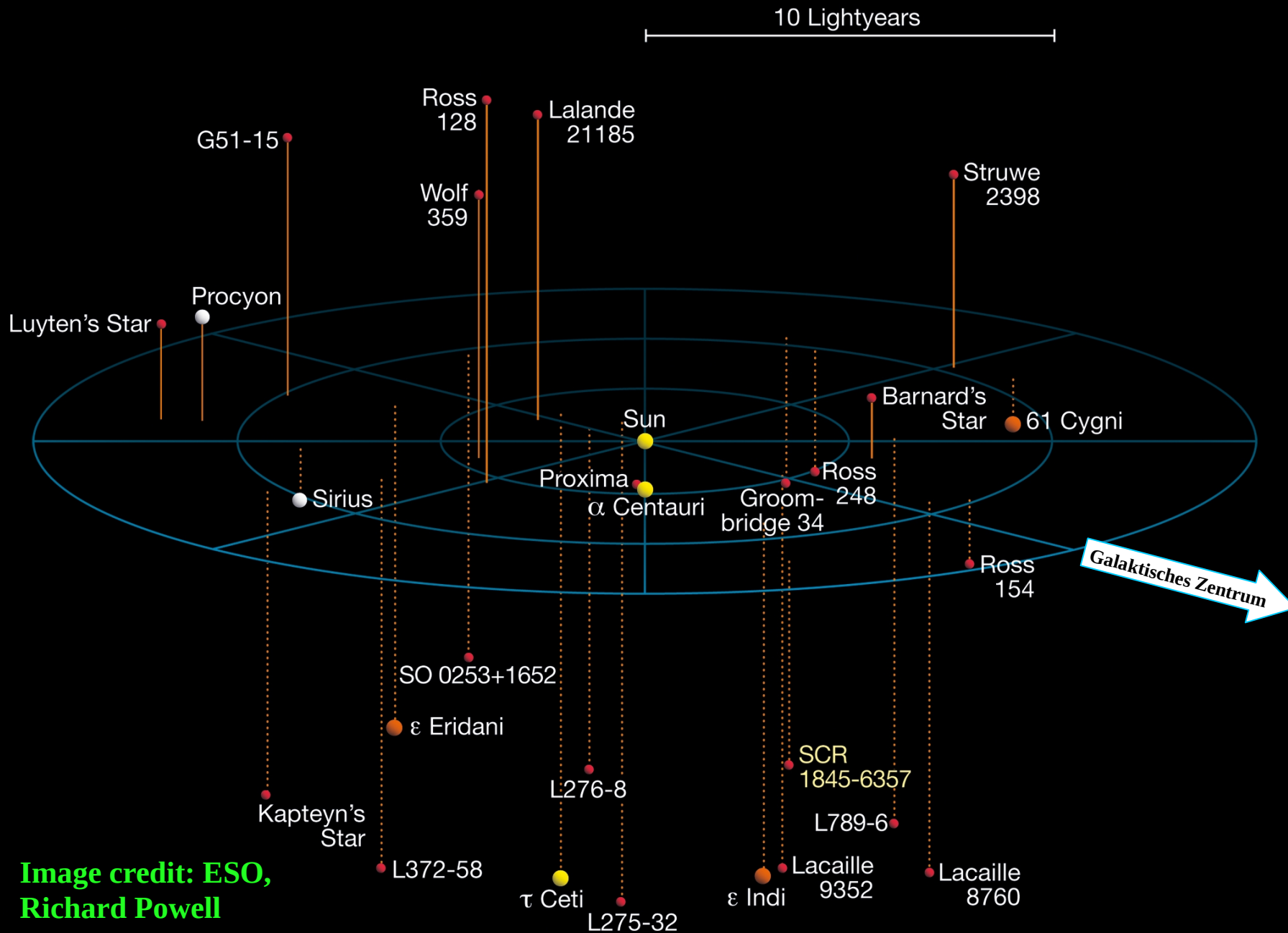


Image credit: ESO,
Richard Powell

Wie groß sind Abstände zwischen den Sternen (relativ zu ihrer Größe) ?

Sonne und Umgebung im Maßstab 1 : 100 Milliarden



Sonne $\approx 1,4\text{cm}$
Gelbe Cherrytomate

Erde $\approx 0.13\text{mm}$
Sandkorn

|----Abstand Sonne–Erde $\approx 1,5\text{m}$ ----|

Image credit:
Ralf-Dieter Scholz,
AIP

Wie weit entfernt wäre alpha Centauri (die nächste gelbe Tomate)?

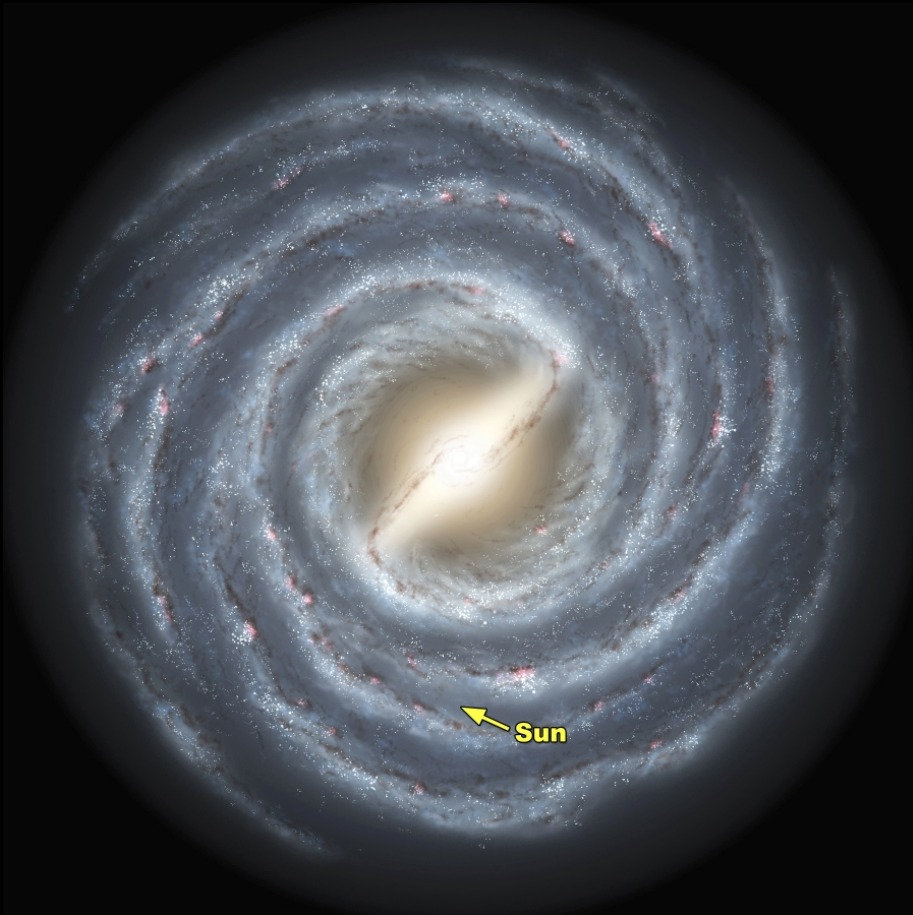
Sonne und Umgebung im Maßstab 1 : 100 Milliarden



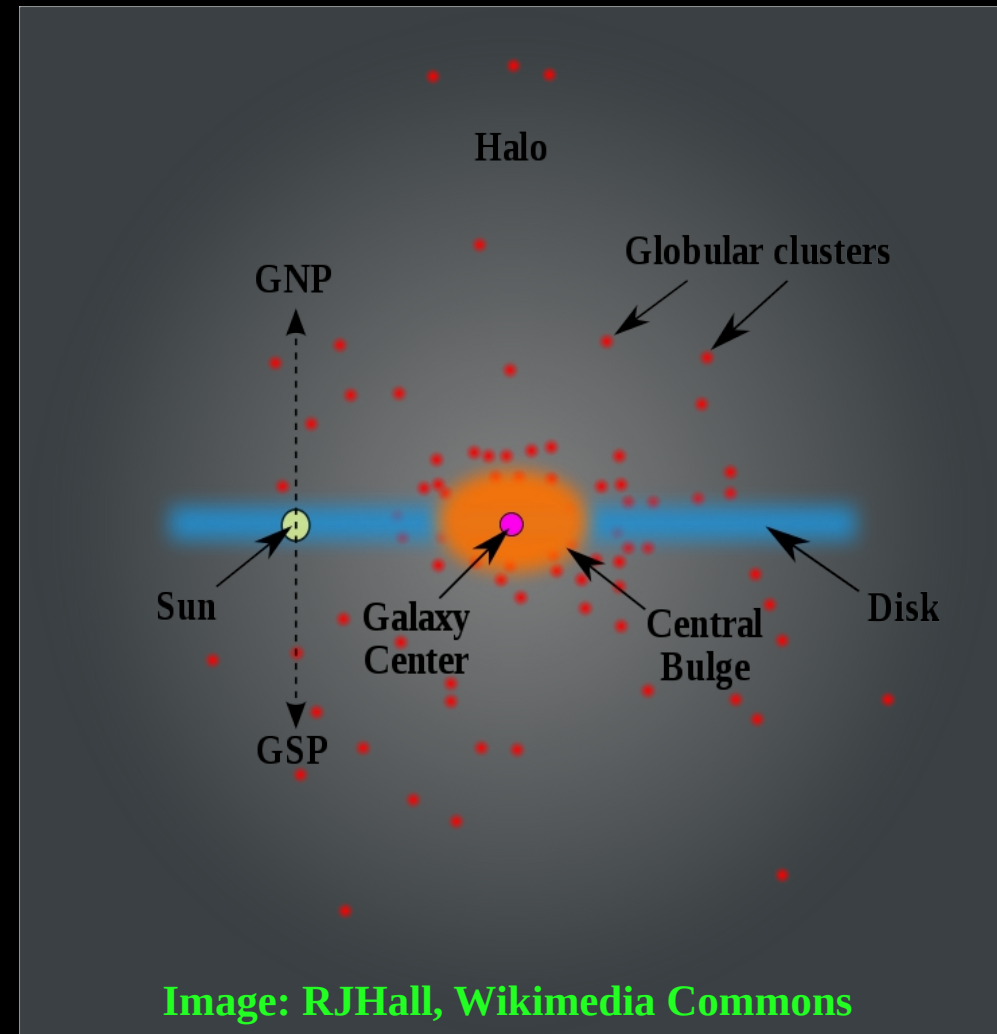
Image credit: Google Maps / R.-D. Scholz, AIP

Galaktischer Halo ist im Vergleich zur Scheibe dünn besiedelt und rotiert kaum um das galaktisches Zentrum

Image: R. Hurt, JPL, NASA

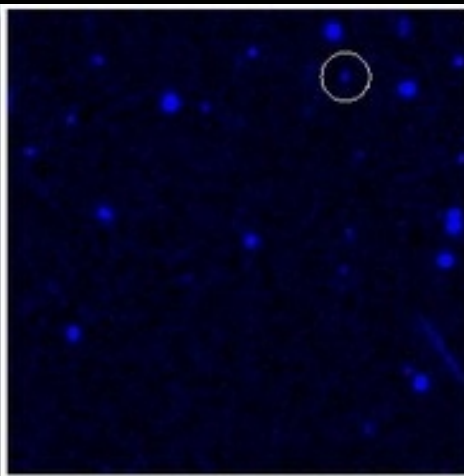


Rotations-Geschwindigkeit der Sonne ~200 km/s



Besucher aus dem Halo der Galaxis

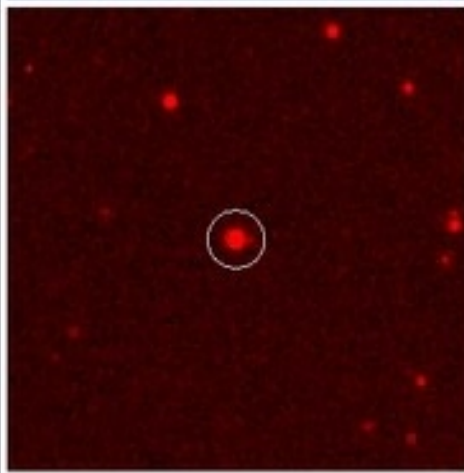
1976



1985



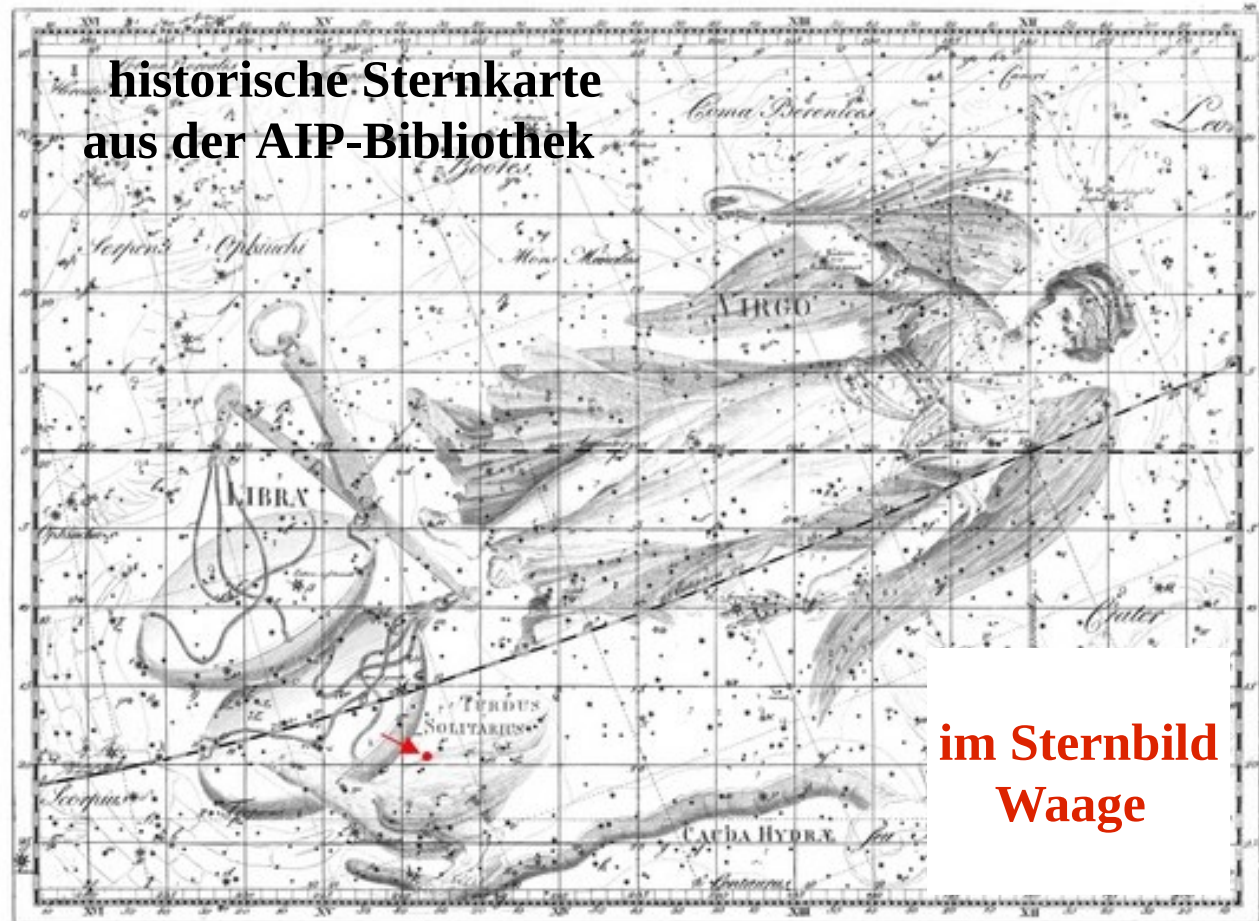
1994



SSSPM J1444-2019

in Potsdam entdeckter, kühler und schwach leuchtender Unterzergstern mit großer Geschwindigkeit ($>200\text{km/s}$) relativ zur Sonne (Scholz, Lodieu & McCaughrean 2004)

historische Sternkarte
aus der AIP-Bibliothek



im Sternbild
Waage

Johan Elert
Bode (1782)



**Bewegt sich auch ziemlich schnell (~120km/s)
relativ zur Sonne und wird schon in ½ Million Jahren
mit bloßem Auge nicht mehr sichtbar sein!**

Dritthellster Stern am Himmel: Arcturus



Jupiter

**Image credit: Wally Pacholka
apod.nasa.gov/apod/ap070814.html**

(c) Wally Pacholka / AstroPics.com

Die schnellsten Sterne verlassen sogar unsere Galaxis !

Hypergeschwindigkeits-Sterne
>600 km/s

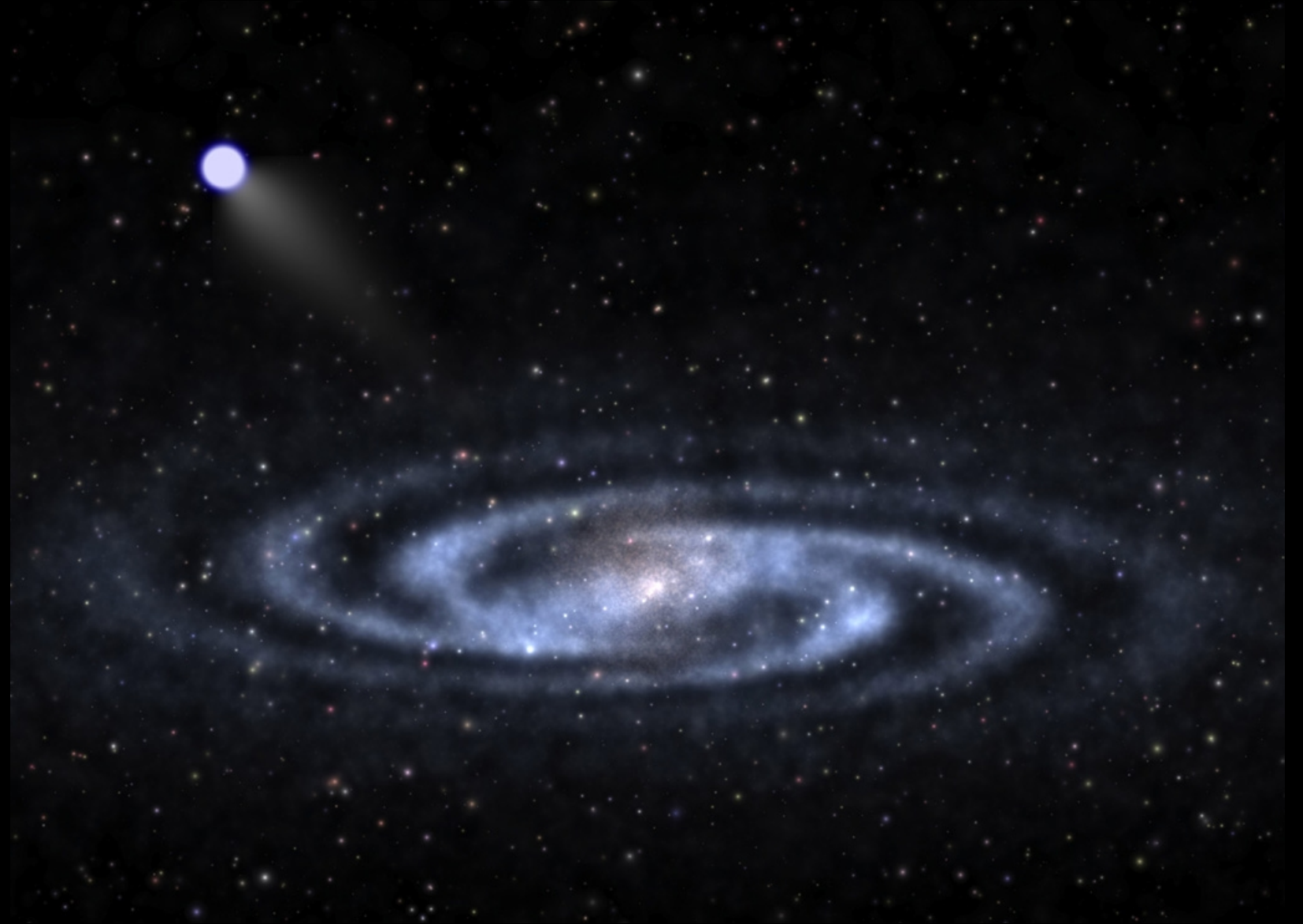
vom super-massereichen
schwarzen Loch im Zentrum der
Milchstraße weggeschleudert ?

Selten und meist weit entfernt

→ kleine **Eigenbewegung**

aber große
Radialgeschwindigkeit !

**Ben Bromley,
University of Utah**





Andromeda galaxy

Cassiopeia

Pleiades

Deneb

Polaris

Capella

Aldebaran

Altair

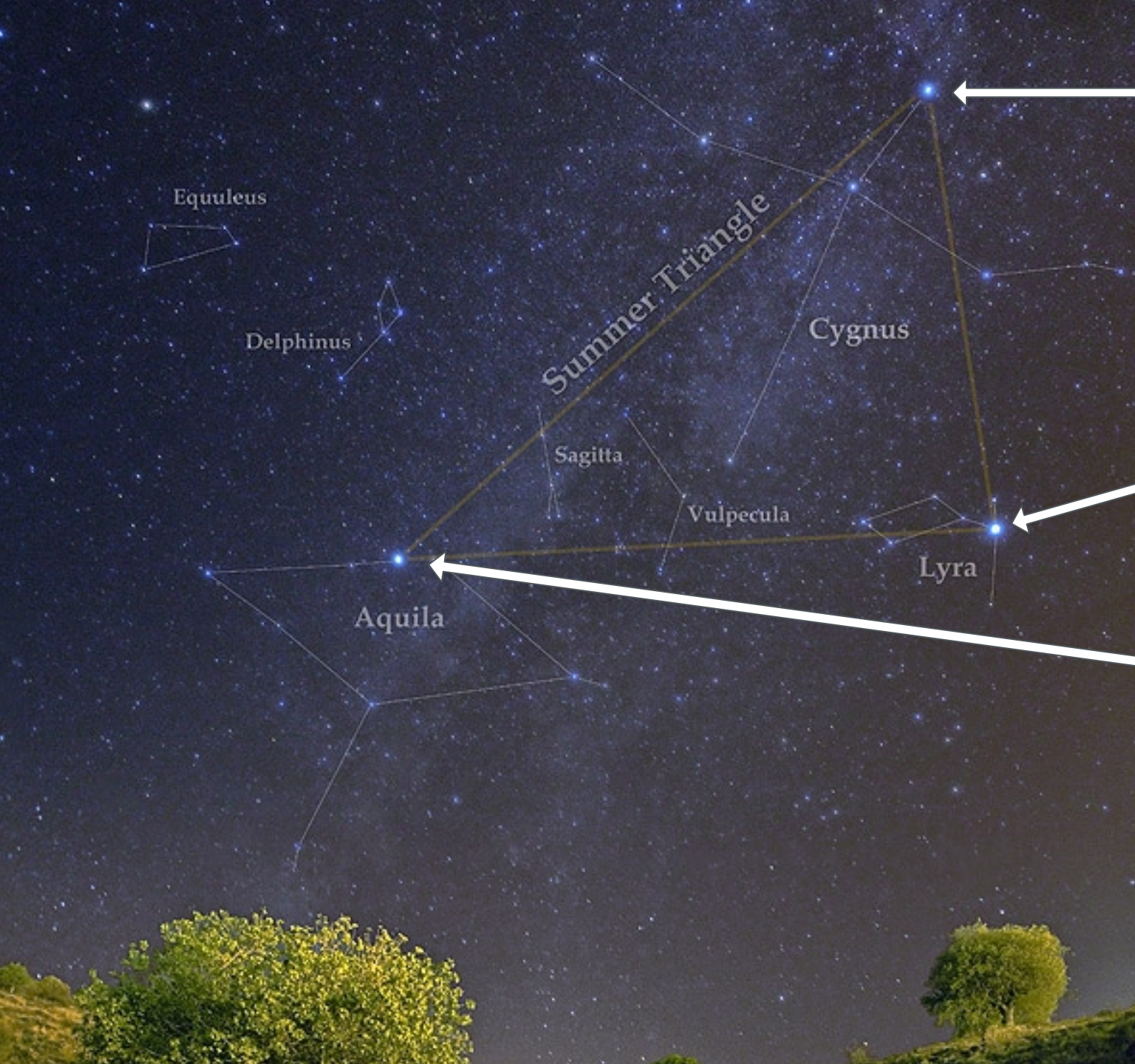
Vega

big dipper

Mars

Sommerdreieck Altair-Deneb-Vega

Image credit: Dong Han
(APOD, 19. Oktober 2018)
aufgenommen im Eifel-Naturpark



Deneb

Sternbilder des Sommerdreiecks

Vega

Altair

**Image credit: Babak Tafreshi (TWAN)
APOD, 12. September 2009**

Die Nachbarn der Sonne, Sirius (9 Lj) & Prokyon (11 Lj), neben den weit entfernten Sternen im Orion



Image credit: kronerda
Wikimedia Commons



Image credit:
Wikimedia Commons

Die Nachbarn der Sonne, Sirius (9 Lj) & Prokyon (11 Lj), neben den weit entfernten Sternen im Orion

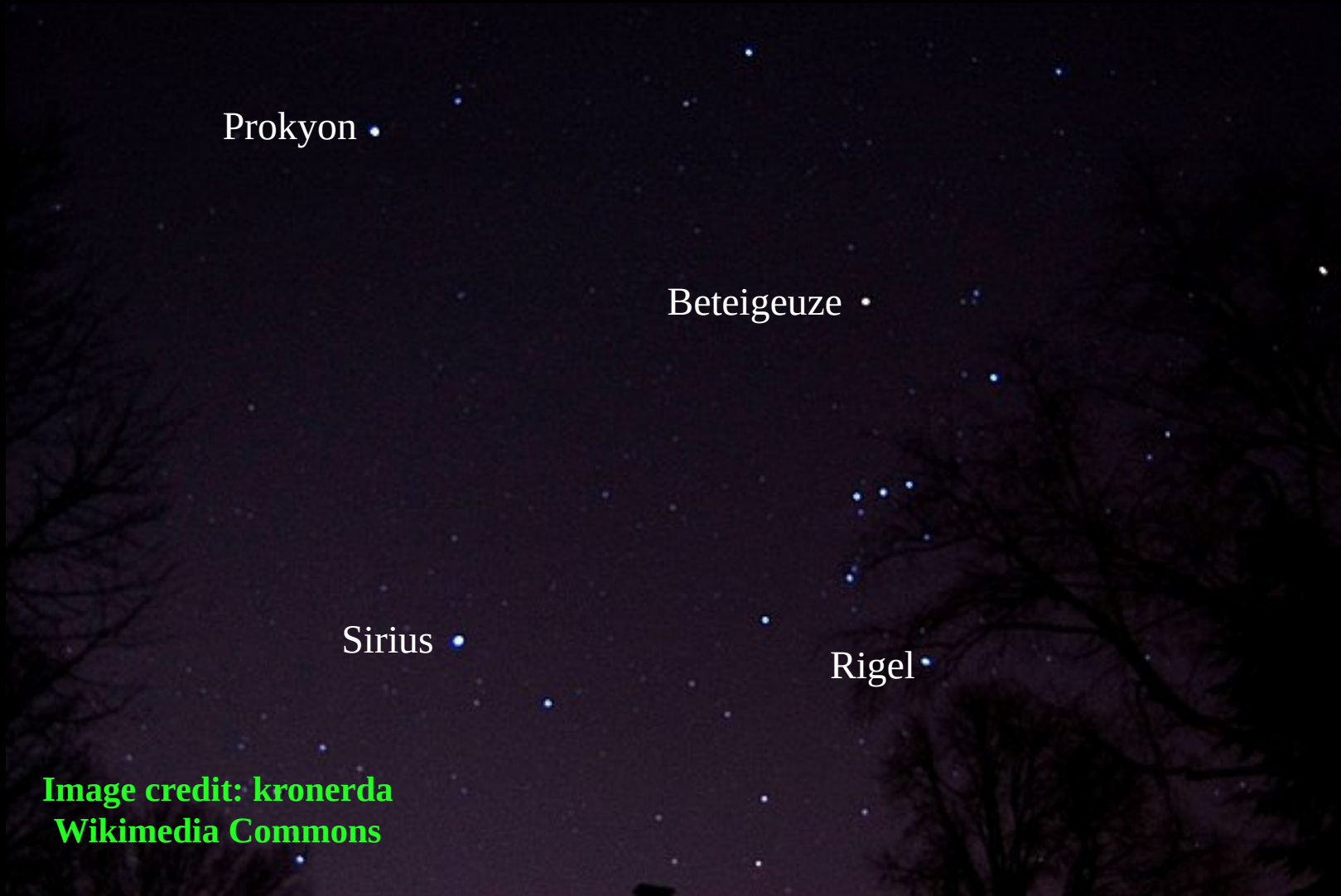


Image credit: kronerda
Wikimedia Commons

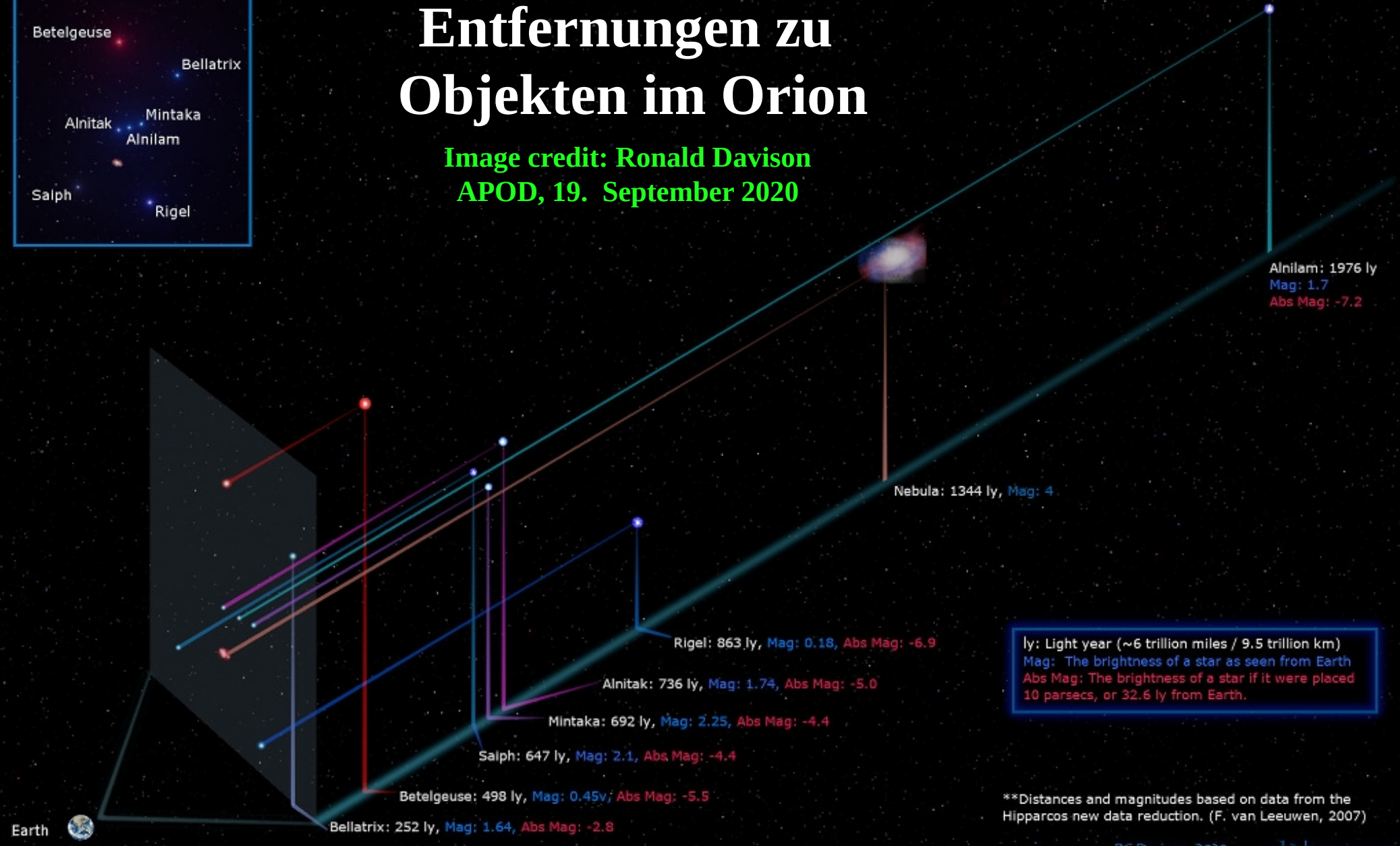
+ deren Farben



Image credit:
David Malin
APOD, 29. August 1998

Entfernungen zu Objekten im Orion

Image credit: Ronald Davison
APOD, 19. September 2020

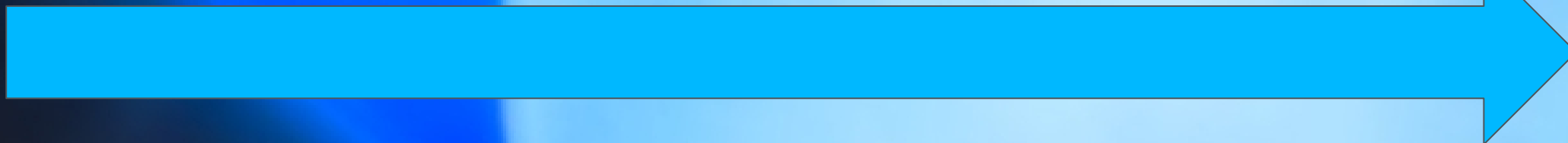


ly: Light year (~6 trillion miles / 9.5 trillion km)
Mag: The brightness of a star as seen from Earth
Abs Mag: The brightness of a star if it were placed 10 parsecs, or 32.6 ly from Earth.

**Distances and magnitudes based on data from the Hipparcos new data reduction. (F. van Leeuwen, 2007)

Sterne im Vergleich

Masse, Leuchtkraft



Lebensdauer,
Häufigkeit

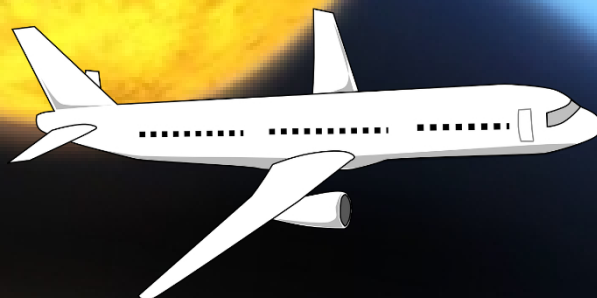
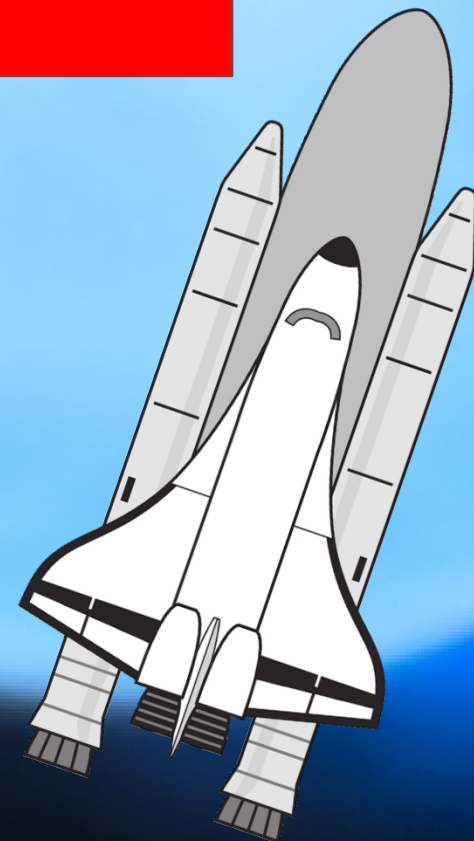


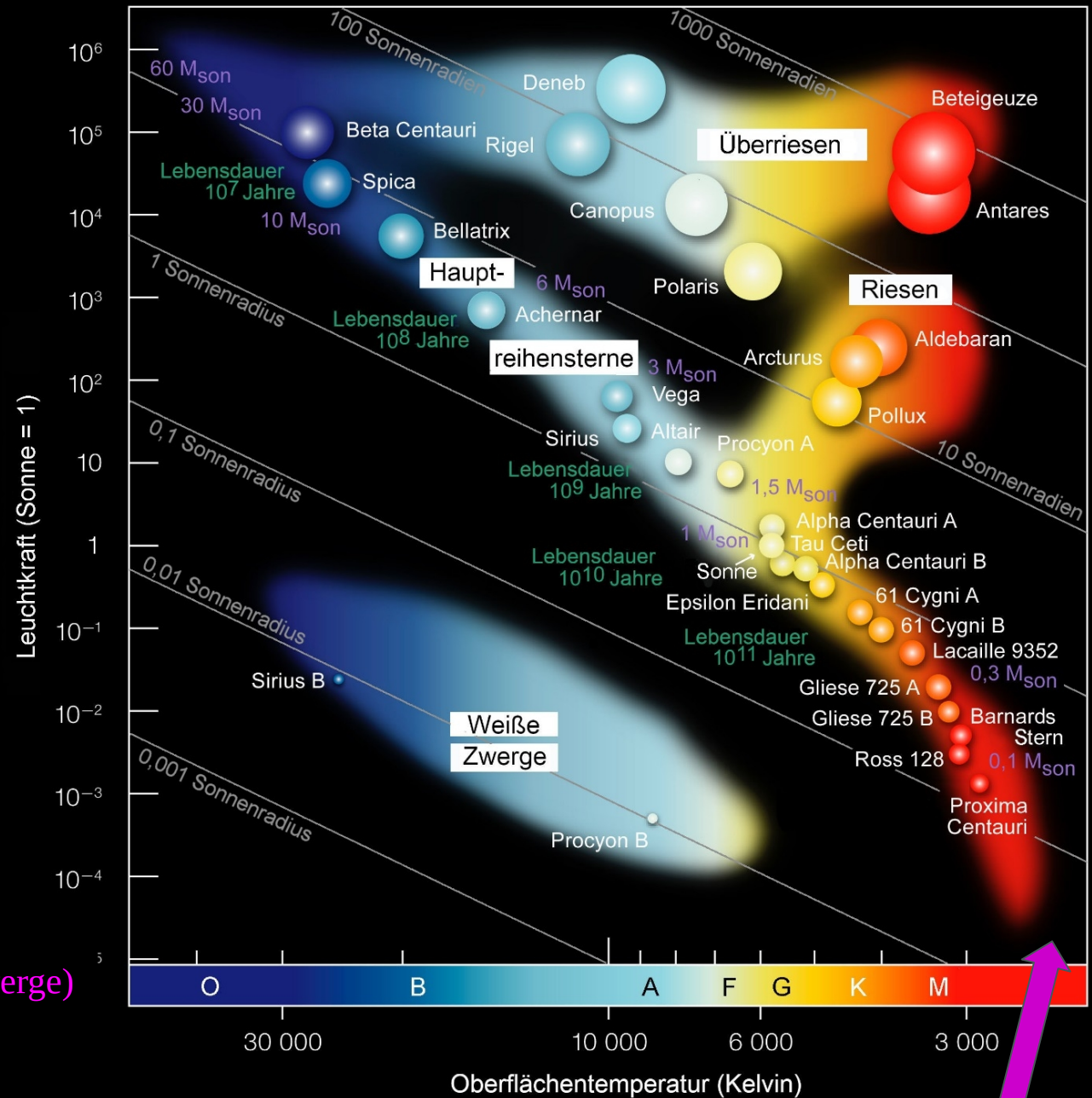
Image credit:
ESO / M. Kornmesser



Welt der Sterne von sagenhafter Vielfalt

Hertzsprung-Russell-Diagramm (HRD)

Image credit: ESO,
Wikimedia Commons



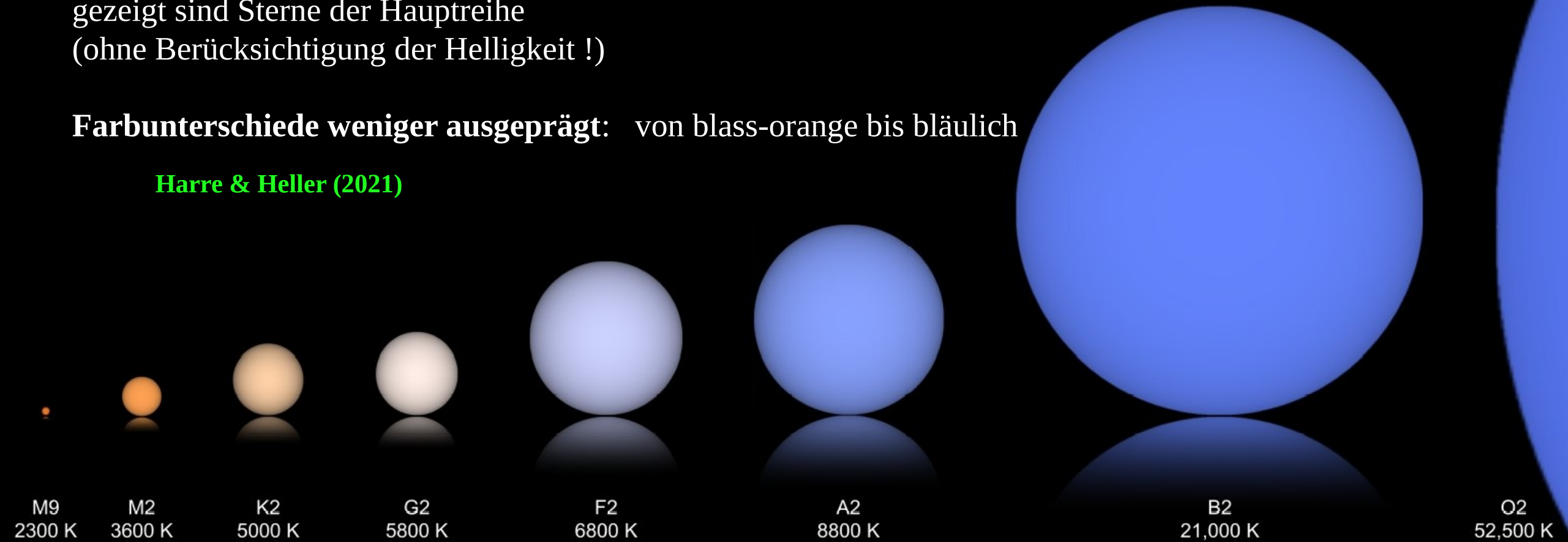
Oh, **B**e **A** Fine **G**irl/**G**uy, **K**iss **M**e ... **LTY** (braune Zwerge)

Tatsächliche (für das menschliche Auge wahrnehmbare) Farben

gezeigt sind Sterne der Hauptreihe
(ohne Berücksichtigung der Helligkeit !)

Farbunterschiede weniger ausgeprägt: von blass-orange bis bläulich

Harre & Heller (2021)



„Brown dwarfs are violet“

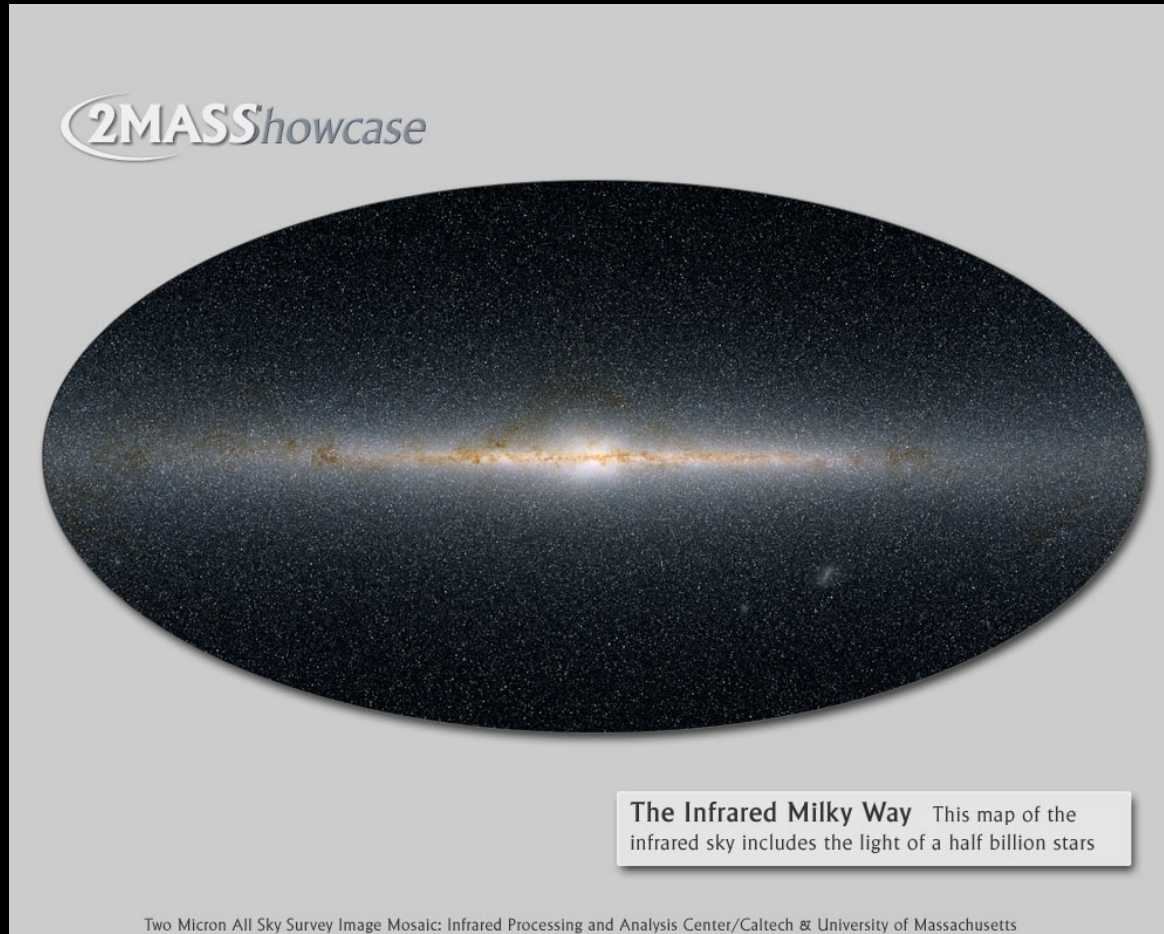
Cranmer (2021)



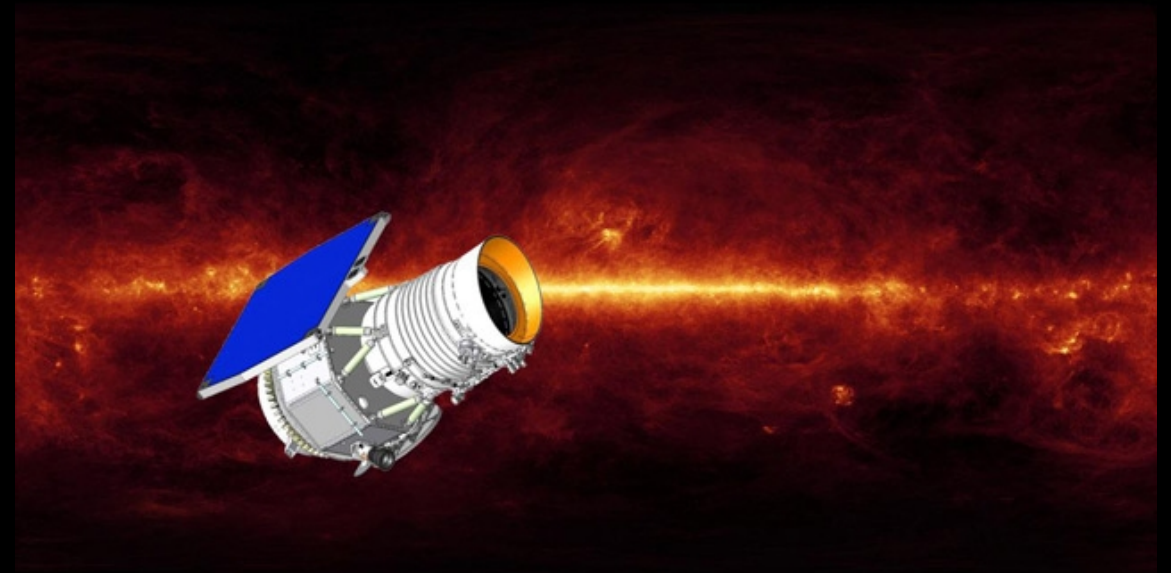
Suche nach nahen **roten Zwergsternen** und **braunen Zwergen**

Himmelsdurchmusterungen im infraroten Licht,
z.B. Two Micron All Sky Survey (2MASS)

Image credit: IPAC / Caltech & University of Massachusetts



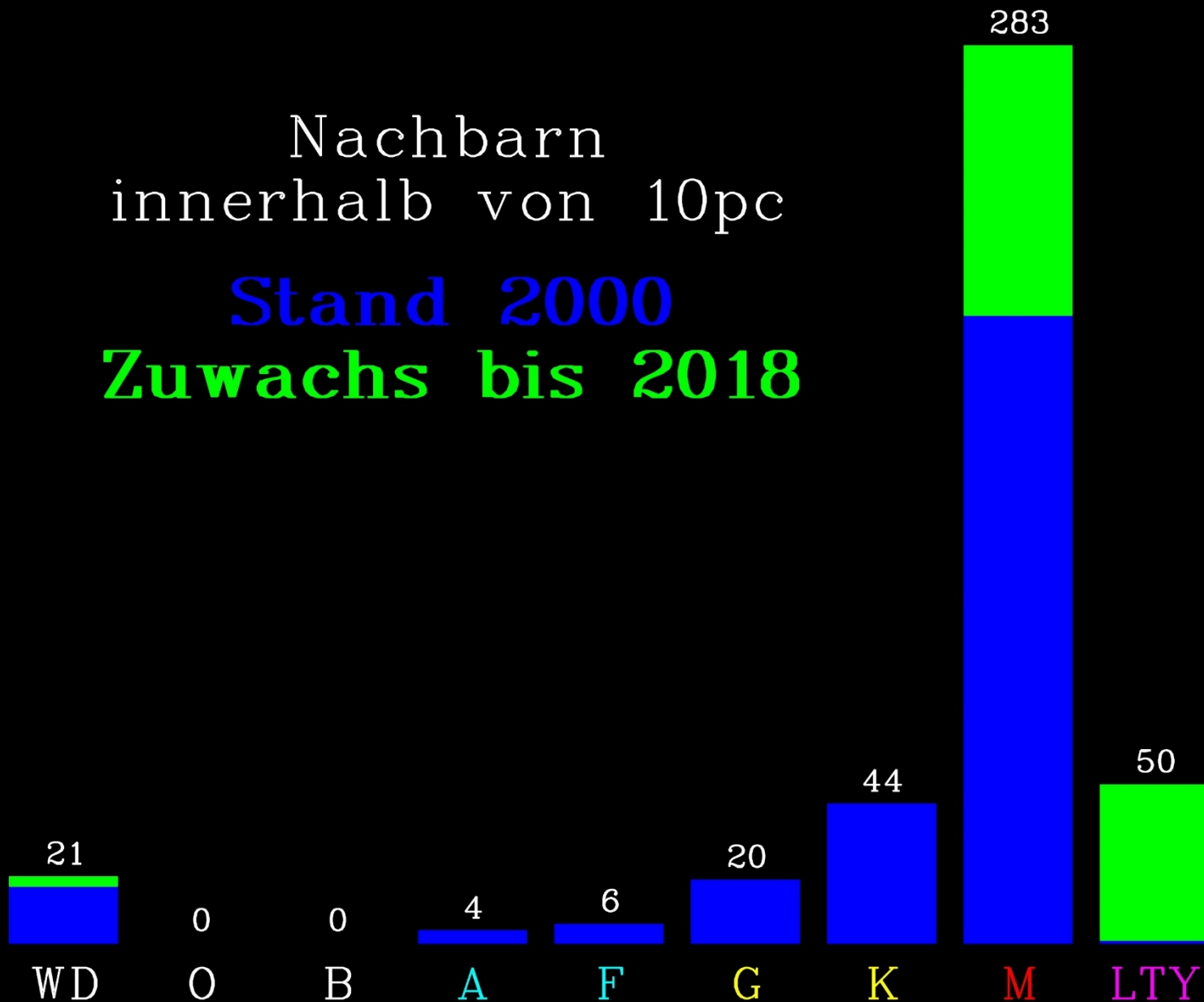
besonders geeignet für **braune Zwerge**:
WISE = Wide-field Infrared Survey Explorer
Image credit: NASA



Nachbarn
innerhalb von 10pc

Stand 2000

Zuwachs bis 2018



Entdeckungen der letzten Jahrzehnte

lt. Angaben des
Research Consortium
On Nearby Stars
(RECONS)

Image credit:
Ralf-Dieter Scholz, AIP

Braune Zwerge = Produkt fehlgeschlagener Sternentstehung

Kritische Masse (8% der Masse der Sonne) nicht erreicht, deshalb keine Kernfusion von Wasserstoff zu Helium

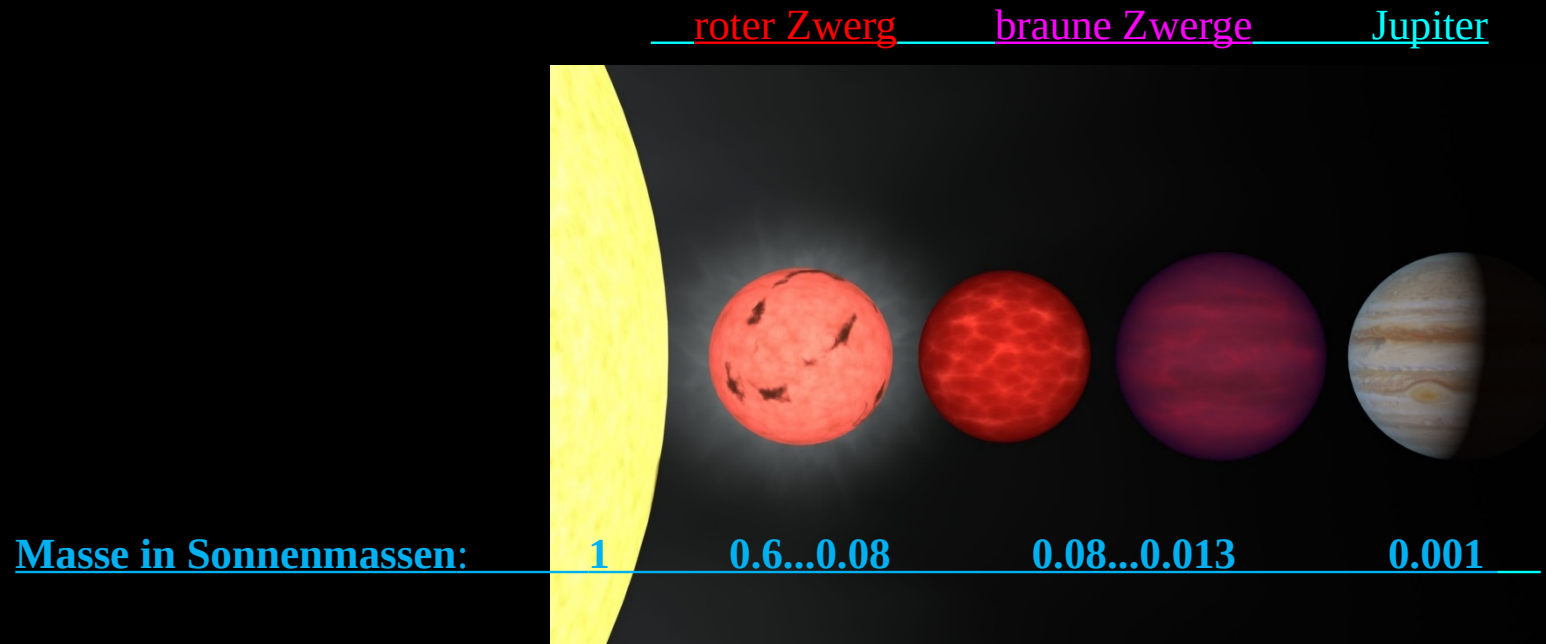


Image credit: Robert Hurt / IPAC

Braune Zwerge kühlen mit der Zeit ab (ihr Spektraltyp ändert sich); werden fast unsichtbar

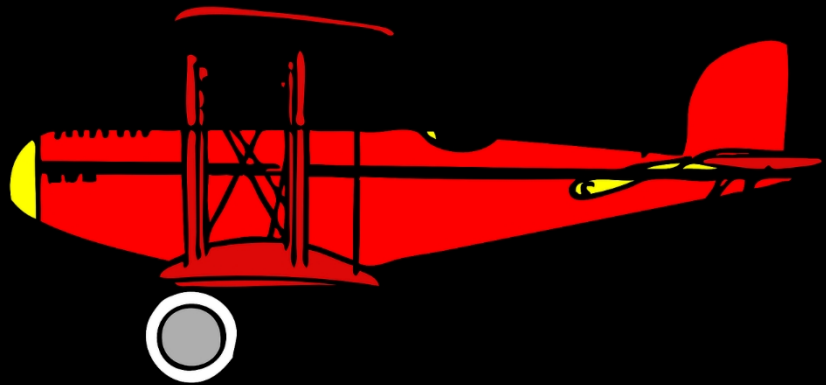
Roter Zwergstern

>8% (bis ca. 60%) der Sonnenmasse

Stabile Kernfusion von Wasserstoff zu Helium

Viele Milliarden Jahre gleich hell und warm (Spektraltyp M)

10-40% des Sonnenradius (ungefähr 1-4 Jupiterradien)



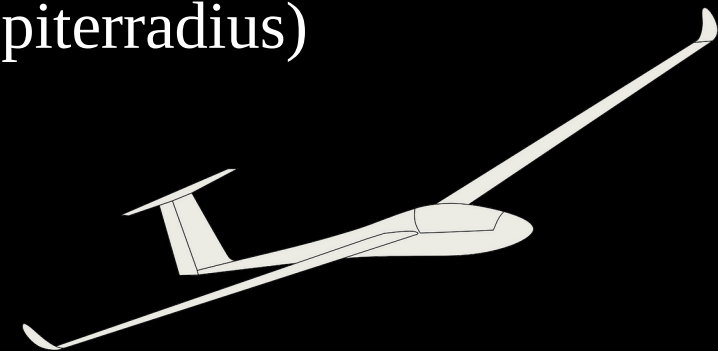
Brauner Zwerg

<8% der Sonnenmasse

Keine Kernfusion von Wasserstoff zu Helium

Helligkeit und Temperatur nehmen stetig ab (Spektraltyp M → L → T → Y)

10% des Sonnenradius (ungefähr 1 Jupiterradius)



Zwei in Potsdam entdeckte nahe **braune Zwerge**

ϵ Indi Ba, Bb
T1+T6 @ 3.622 pc (K4-Stern-Begleiter)

entdeckt: 2003 und 2004

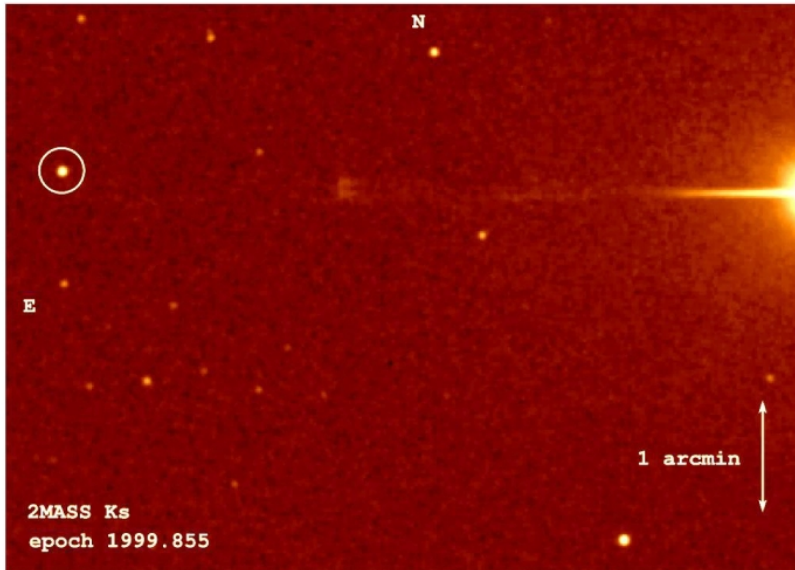
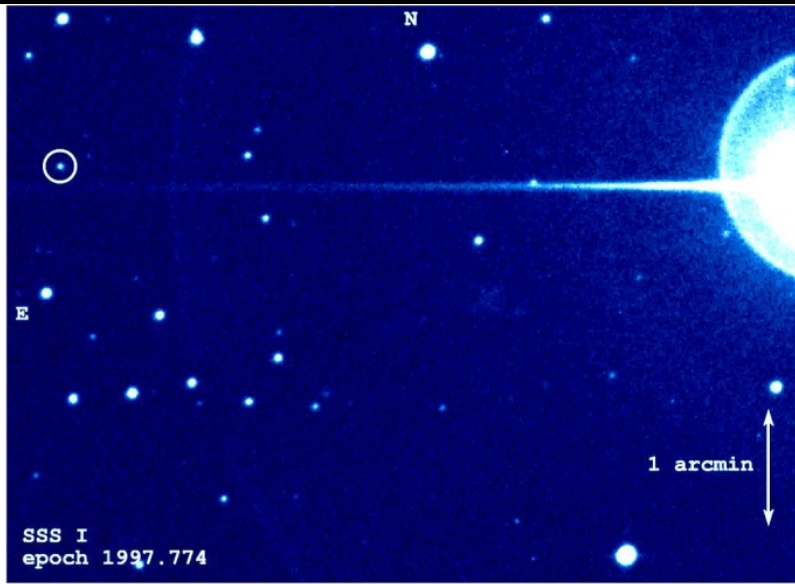
Image credit: ESO

ϵ Indi Ba, Bb

↖
0.7"

VLT/NAOS-CONICA

Scholz et al. (2003)
McCaughrean et al. (2004)



Epsilon Indi B
(SuperCOSMOS + Two Micron All Sky Survey)



Image credit:
ESO /
SuperCOSMOS
Sky Surveys /
2MASS

Das ϵ Indi-System liegt im Sternbild Indianer (noch)

Sehr große Eigenbewegung ($4.5''/\text{yr}$) \rightarrow wechselt in einigen 1000 Jahren in das Sternbild Tukan !



Constellation Indus
(Uranographia by J.E. Bode, 1801)

ESO PR Photo 03d/03 (13 January 2003)

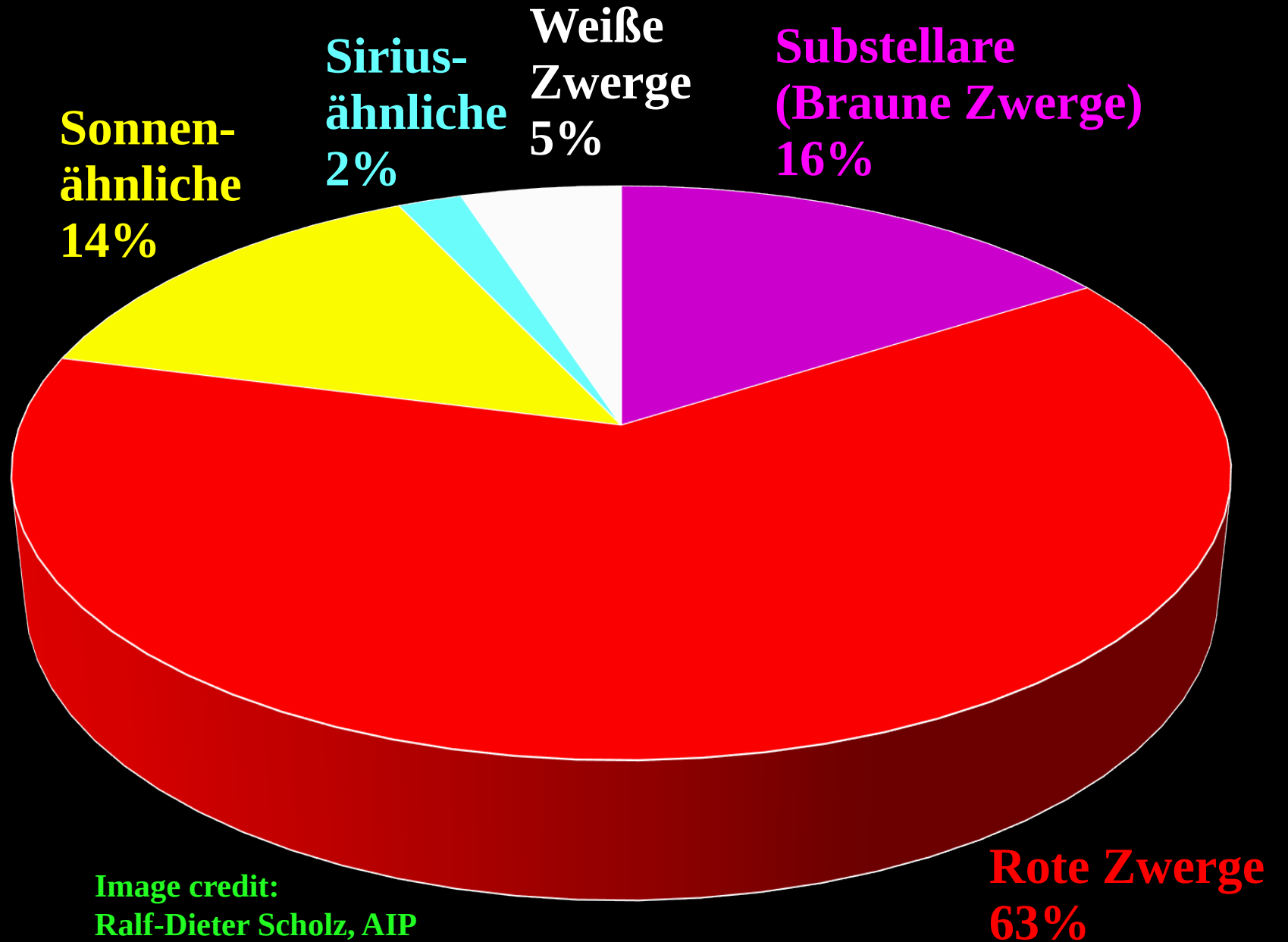
© European Southern Observatory



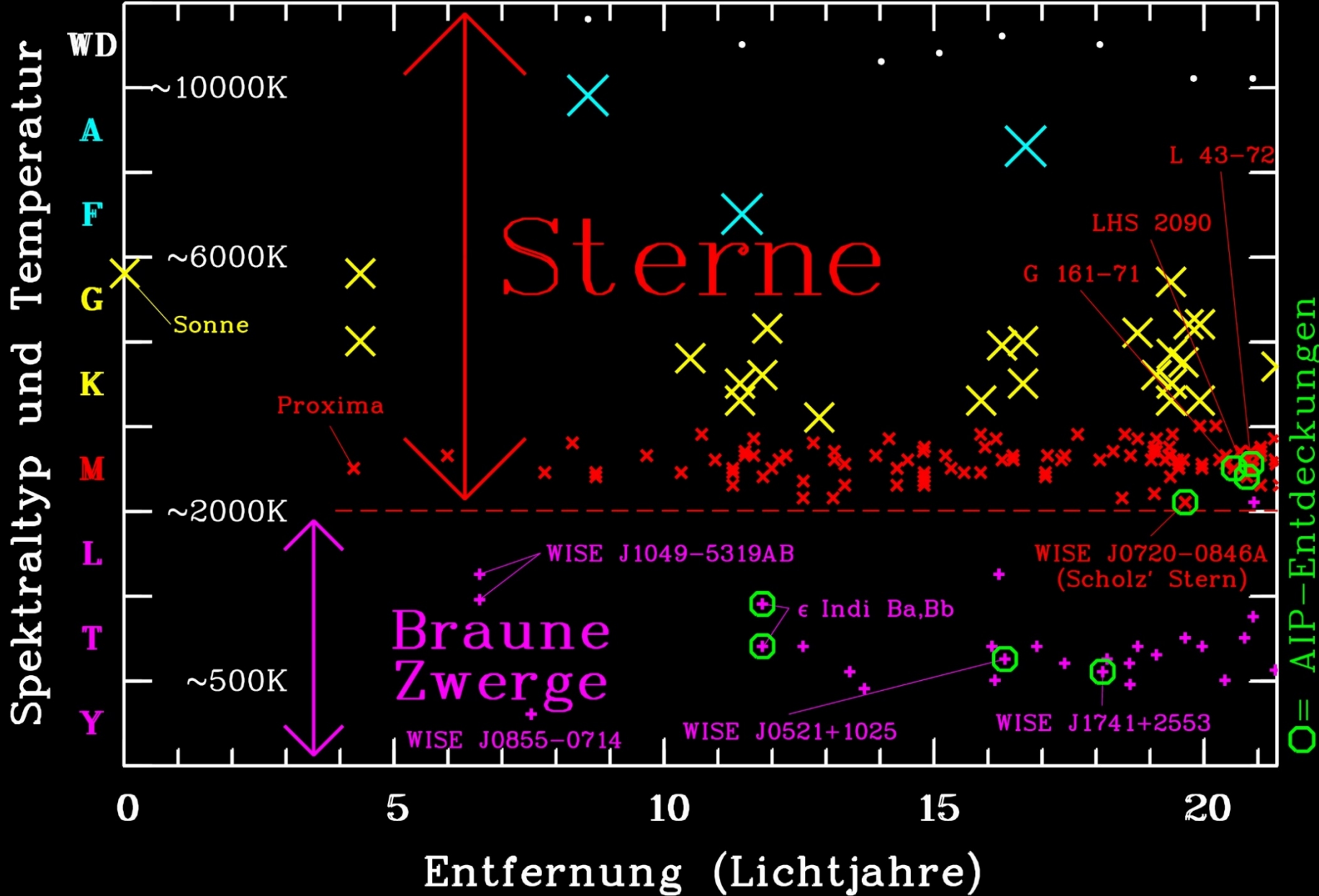
Stellare und substellare Fraktionen in der Galaxis



Riesensterne bilden nur Spittergruppen <1%



Nahe Nachbarn der Sonne (Stand: 23. Feb. 2015)



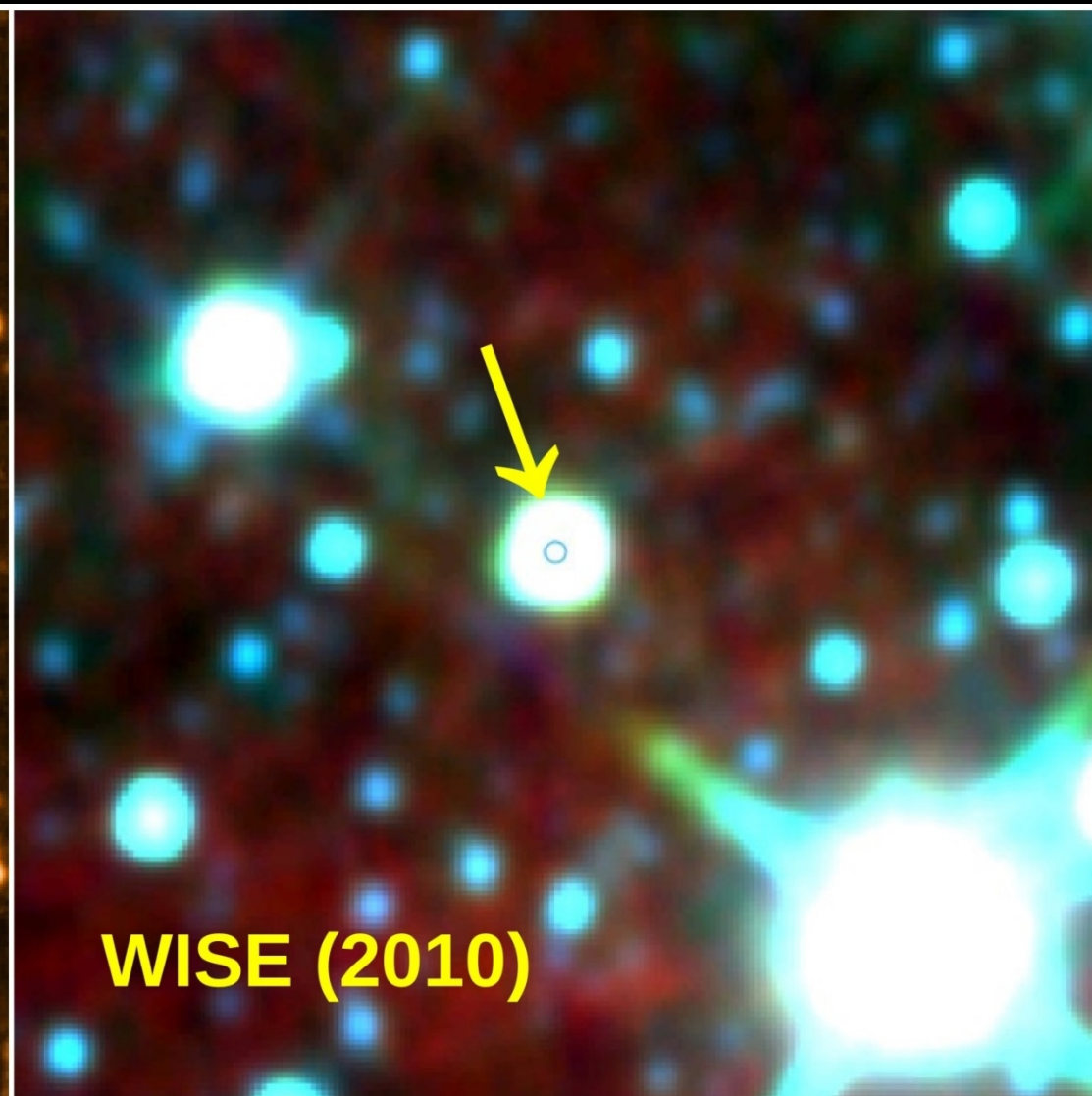
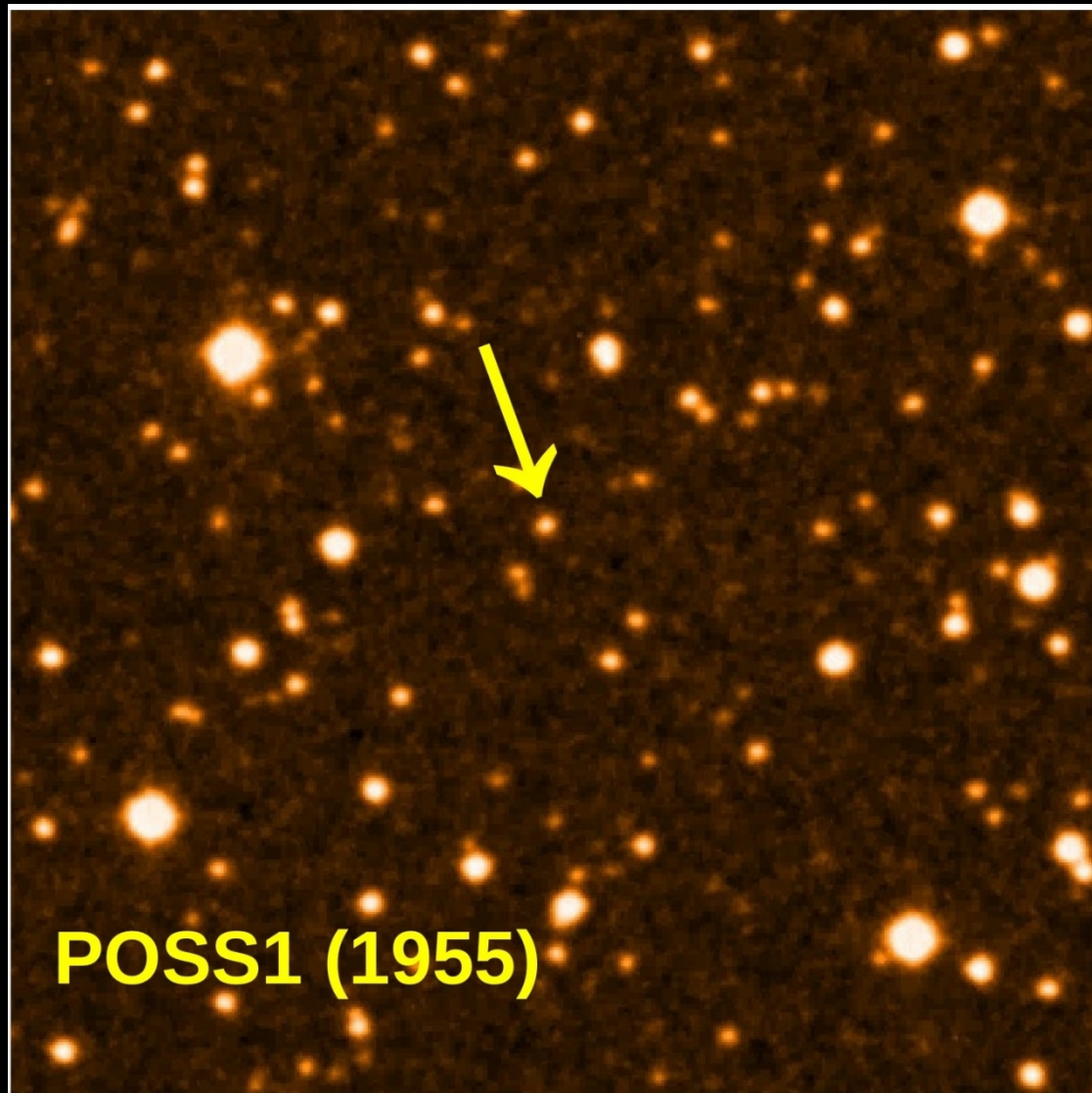
Entdeckungen von **M + LTY** seit Einsatz von:

photografischer Astrometrie vor ≈100 Jahren

Infrarot-Astronomie vor ≈25 Jahren

Image credit: Ralf-Dieter Scholz, AIP

Neuer Nachbar (M9 @ 7pc) WISE J0720-0846 (Scholz 2014)



WISE J0720-0846 = naher Vorbeiflug vor nur 70000 Jahren (!)

Burgasser et al. (2015)
Mamajek et al. (2015)
Dupuy et al. (2019)

eines **roter Zwergsterns** in Begleitung
eines **braunen Zwergs**

an der Sonne



Eric Mamajek
(University of Rochester)

nennt
WISE J0720-0846
Scholz's star

Image credit: Michael Osadciw / University of Rochester

Damals 5 mal näher als heute Proxima + alpha Centauri AB !

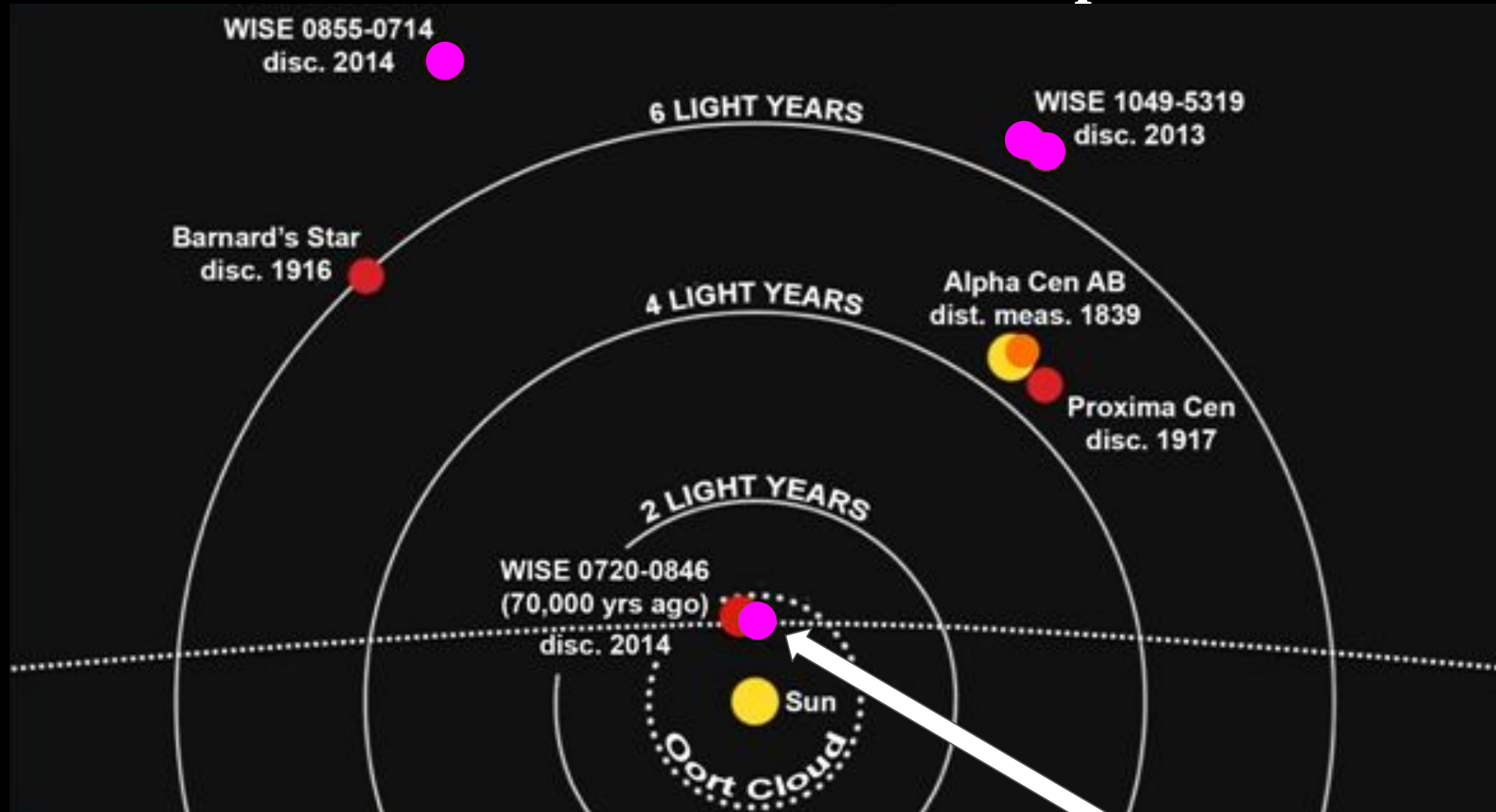


Image credit: NASA Astrophysics Forum (Penn State University and P. Eisenhardt)

● = braune Zwerge

Passage des äußeren Bereichs
der Oortschen Wolke!

**Konnten die Neandertaler den Scholz' Stern
sehen?**

Nein!

Image credit: José A. Peñas / SINC



Blick auf die Milchstraße von der Europäischen Südsternwarte (Paranal, Chile)

Kleiner Ausschnitt
einer Aufnahme der
Milchstraße zeigt
unscheinbaren **roten
Zwergstern**: Proxima



Image credit:
David Malin, UKST, DSS, AAO



Video credit: ESO / J. F. Salgado

Danke !

Weitere Informationen:

www.aip.de/members/de/ralf-dieter-scholz/