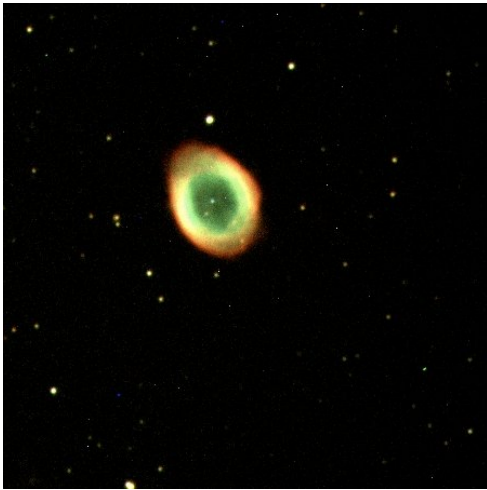
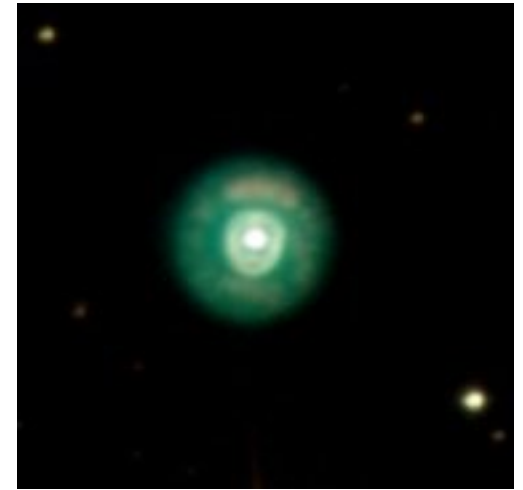




Astronomie



Kursjahr 2016/17

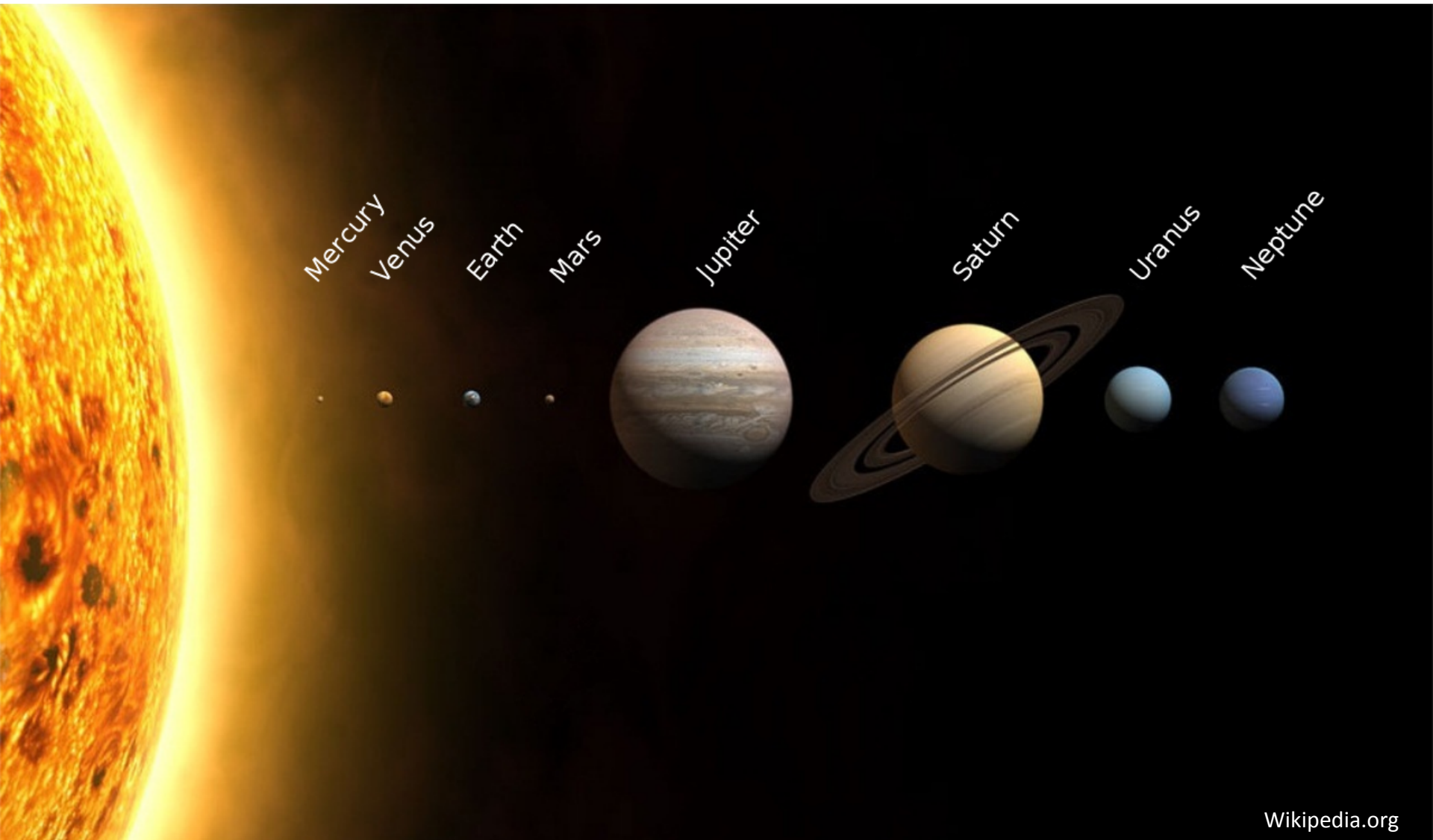
Leibniz Kolleg Tübingen

PD Dr. Thorsten Nagel

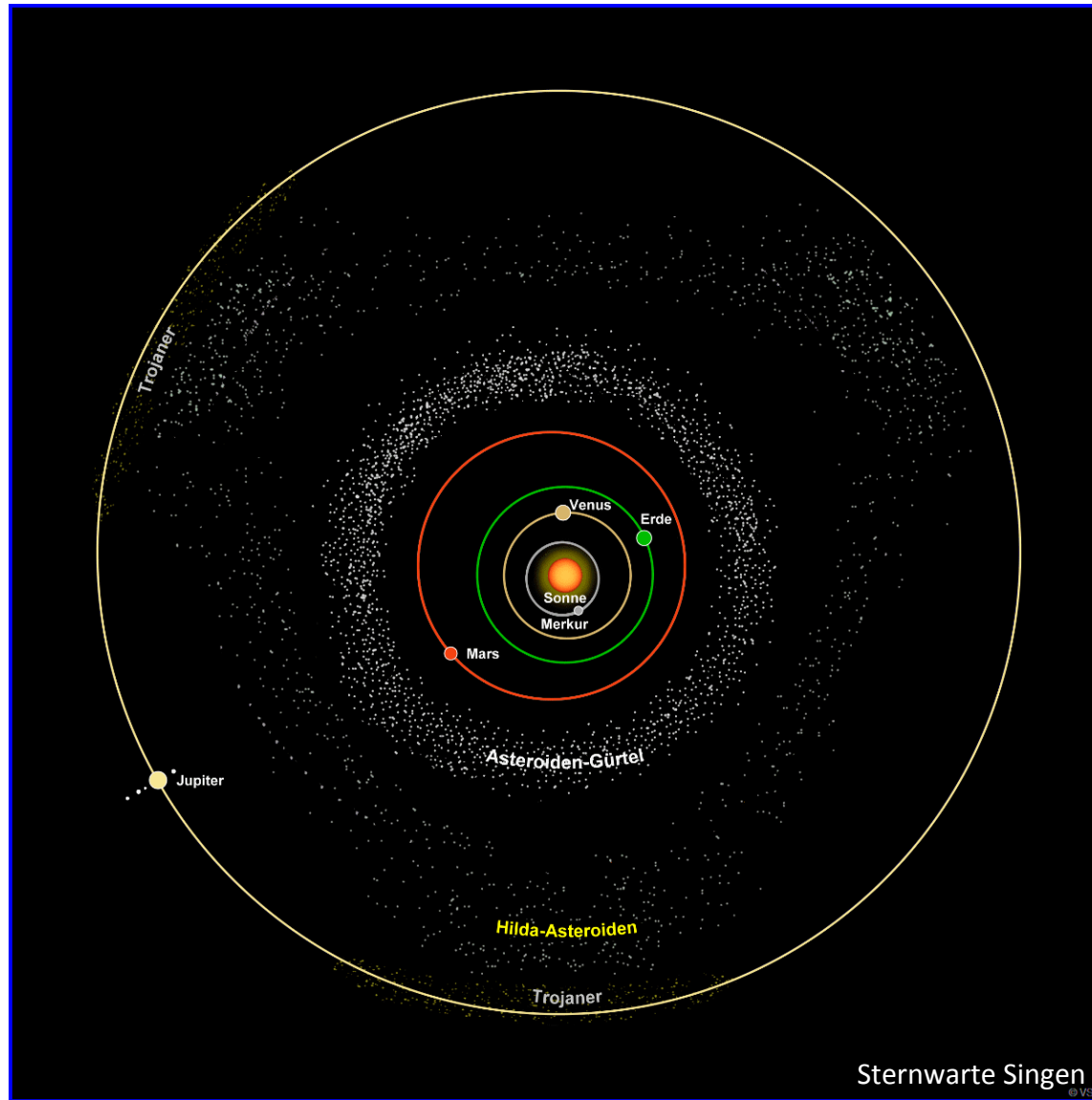
Kapitel 2

(Unser) Sonnensystem

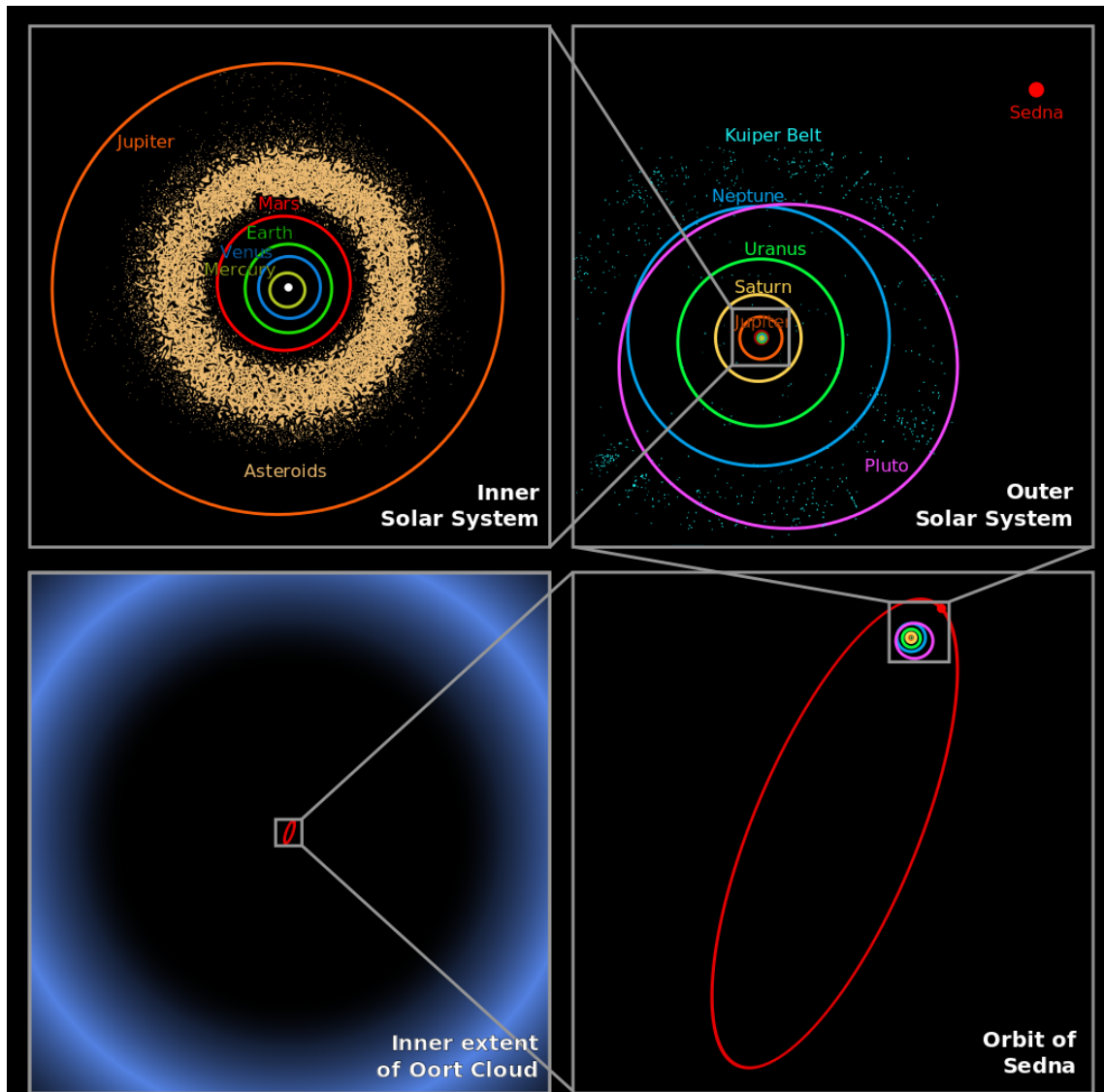
Überblick



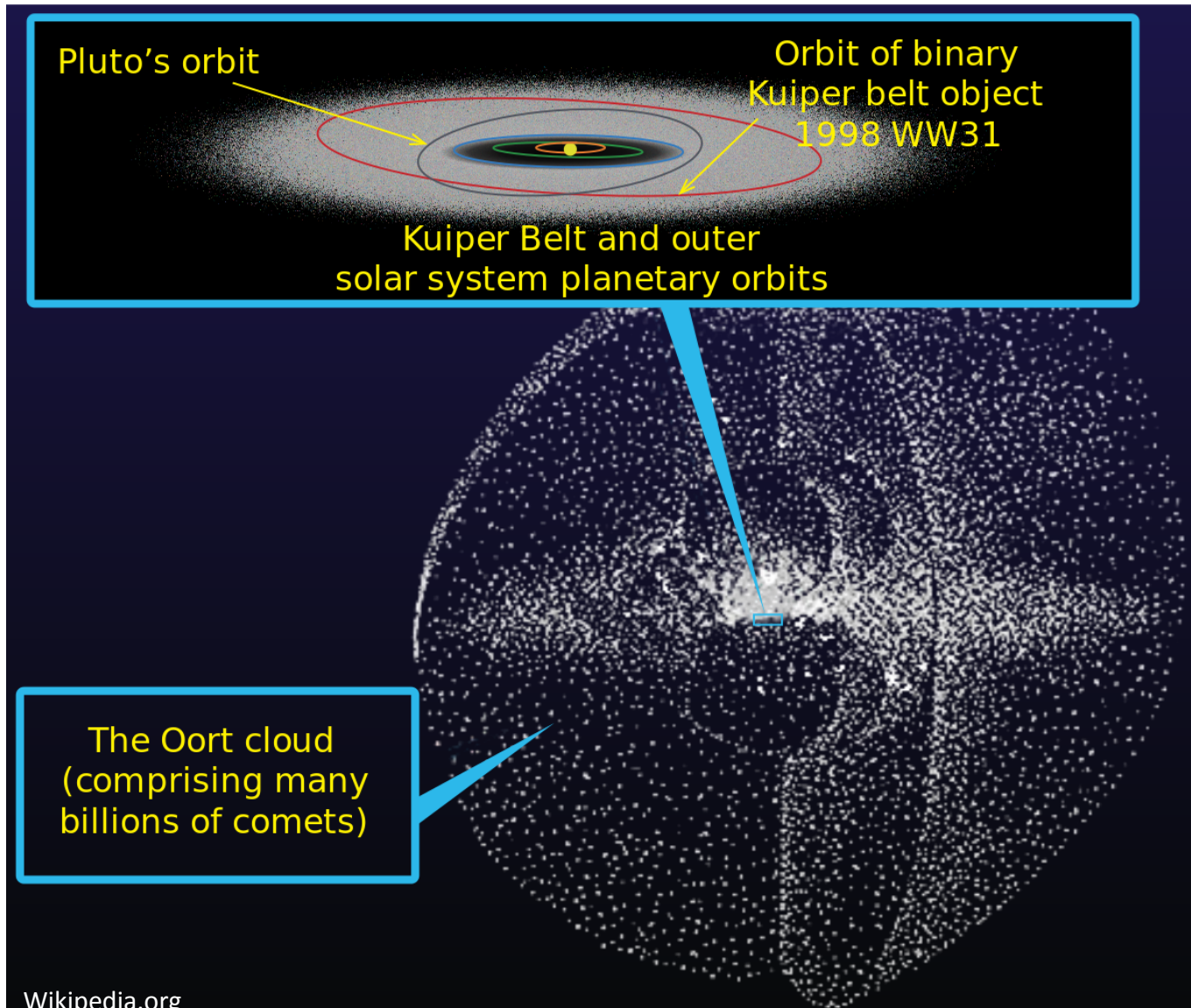
Überblick



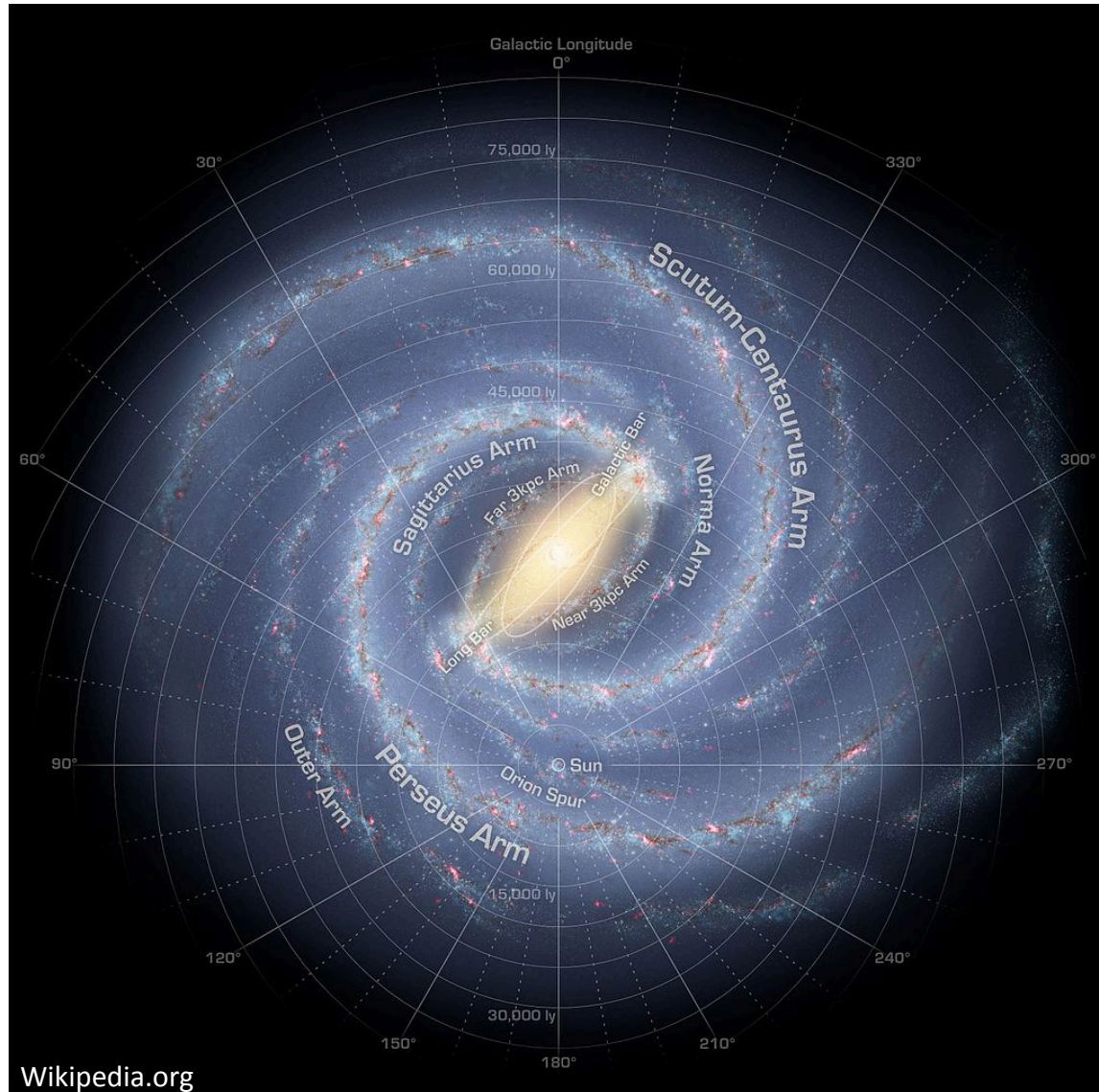
Überblick



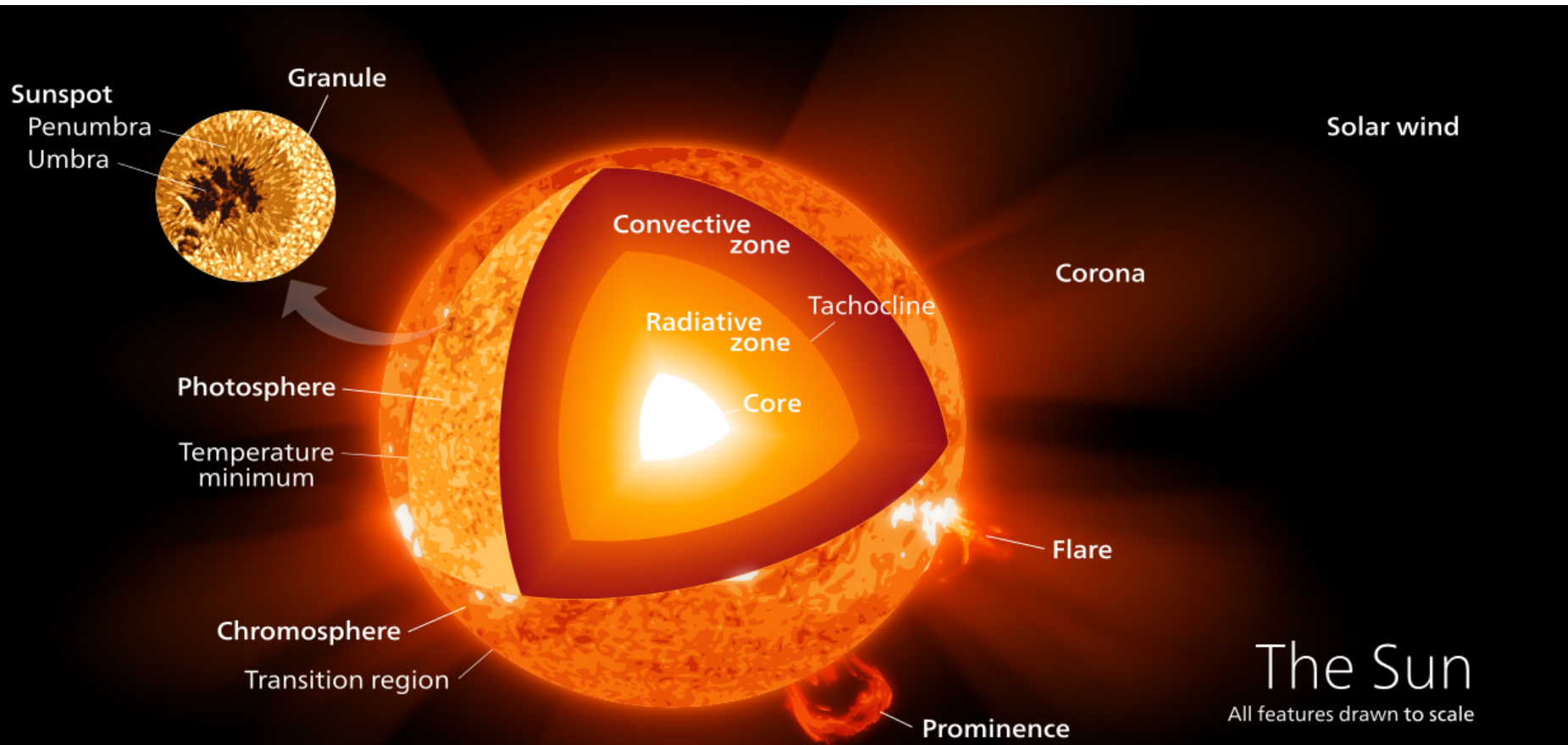
Überblick



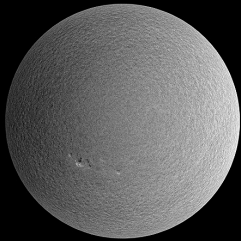
Überblick



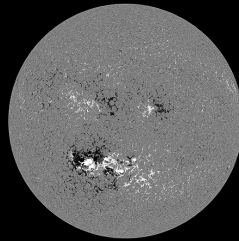
Die Sonne



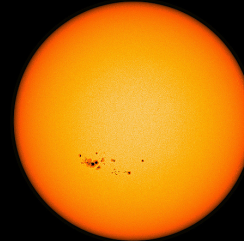
Die Sonne



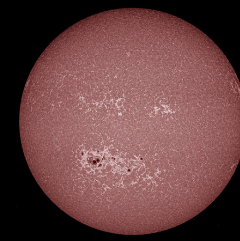
HMI Dopplergram
Surface movement
Photosphere



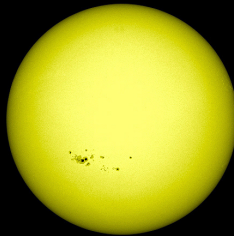
HMI Magnetogram
Magnetic field polarity
Photosphere



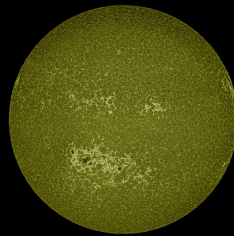
HMI Continuum
Matches visible light
Photosphere



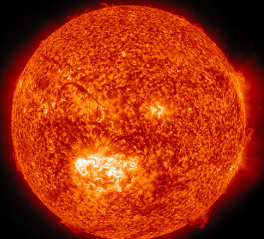
AIA 1700 Å
4500 Kelvin
Photosphere



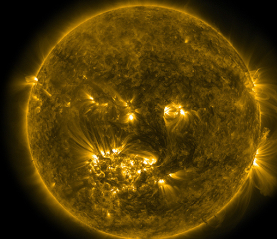
AIA 4500 Å
6000 Kelvin
Photosphere



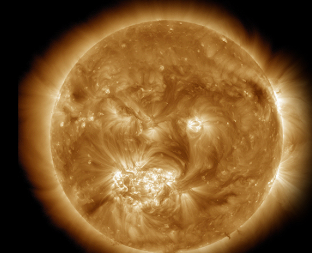
AIA 1600 Å
10,000 Kelvin
Upper photosphere/
Transition region



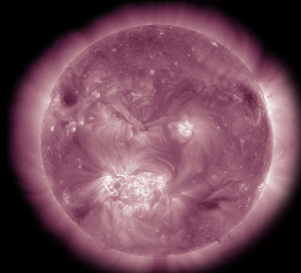
AIA 304 Å
50,000 Kelvin
Transition region/
Chromosphere



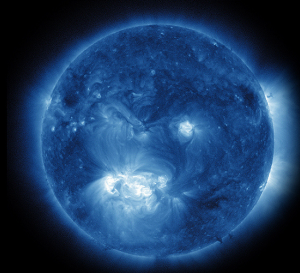
AIA 171 Å
600,000 Kelvin
Upper transition
Region/quiet corona



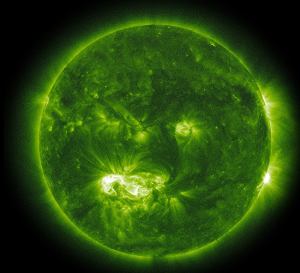
AIA 193 Å
1 million Kelvin
Corona/flare plasma



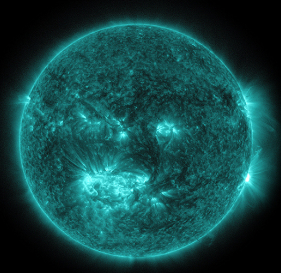
AIA 211 Å
2 million Kelvin
Active regions



AIA 335 Å
2.5 million Kelvin
Active regions

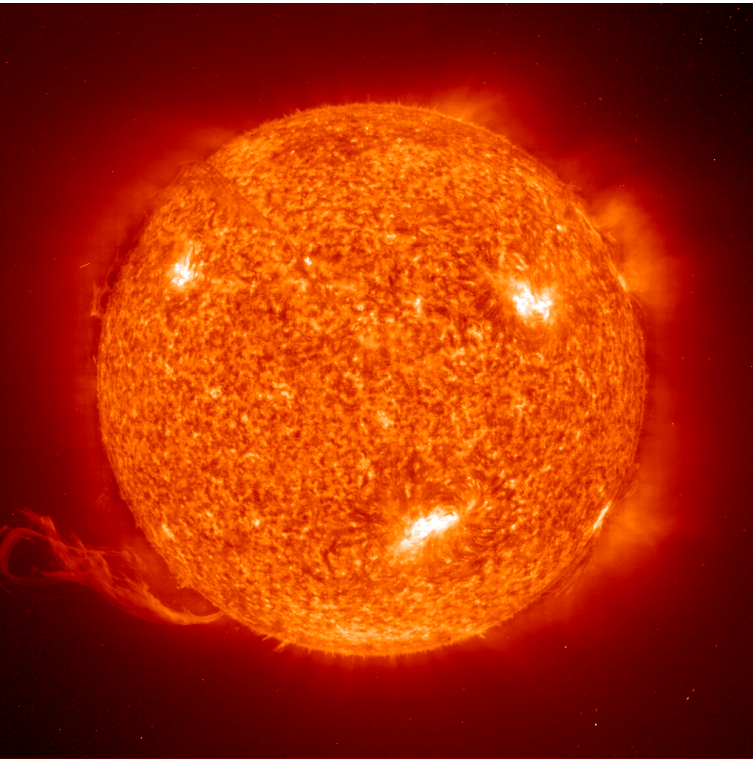


AIA 094 Å
6 million Kelvin
Flaring regions



AIA 131 Å
10 million Kelvin
Flaring regions

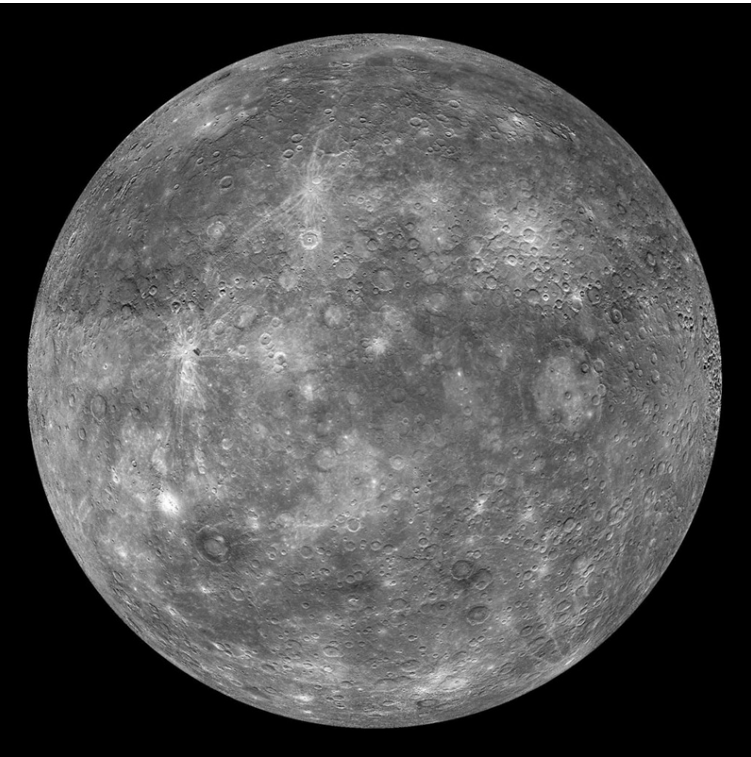
Die Sonne



NASA

- Durchmesser 1 392 684 km
- Masse $1,9884 \cdot 10^{30}$ kg
- mittlere Dichte $1,408 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 25,38 Tage
- absolute Helligkeit +4,83 mag
- Oberflächentemperatur 5778 K
- Zentraltemperatur 15,6 Mio K
- Zentraldichte 150 g/cm^3
- Umlaufdauer ums galaktische Zentrum 210 Mio Jahre
- Alter $4,57 \cdot 10^9$ a

Die inneren Planeten: Merkur



NASA

- Durchmesser 4879,4 km
- Masse $3,301 \cdot 10^{23}$ kg
- mittlere Dichte $5,427 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 58 d 15 h 36 min
- Umlaufdauer 87,969 Tage
- mittlerer Sonnenabstand 0,39 AE
- Temperatur -173°C bis $+427^\circ\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $0,01^\circ$
- Anzahl Monde 0

Die inneren Planeten: Venus



NASA

- Durchmesser 12 103,6 km
- Masse $4,869 \cdot 10^{24}$ kg
- mittlere Dichte $5,243 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 243 Tage 27 min
- Umlaufdauer 224,701 Tage
- mittlerer Sonnenabstand 0,72 AE
- Temperatur 464°C
- Neigung Rotationsachse $177,36^\circ$
- Anzahl Monde 0

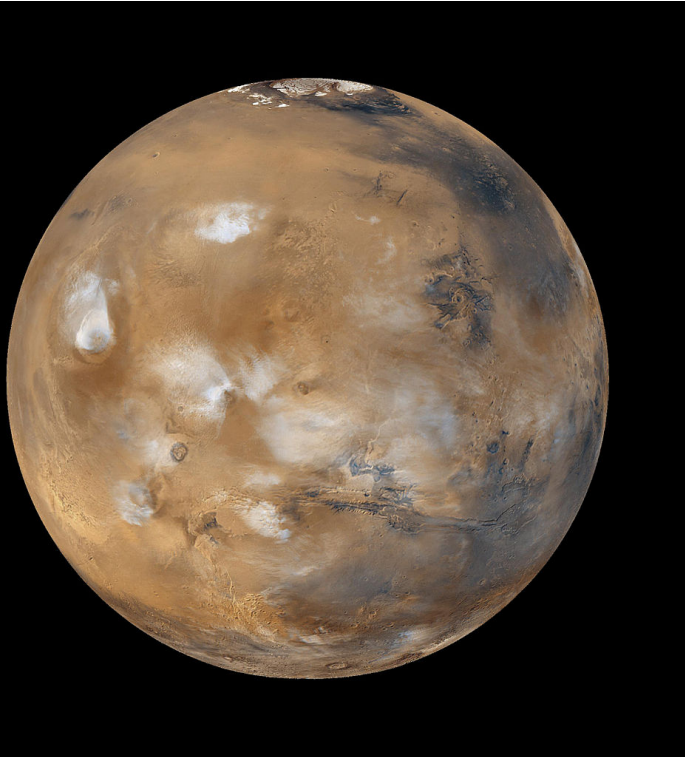
Die inneren Planeten: Erde



NASA

- Durchmesser 12 756,3 km
- Masse $5,974 \cdot 10^{24}$ kg
- mittlere Dichte $5,515 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 23 h 56 min 4,1 s
- Umlaufdauer 365,256 d
- mittlerer Sonnenabstand 1,00 AE
- Temperatur -89°C bis $+58^\circ\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $23,44^\circ$
- Anzahl Monde 1

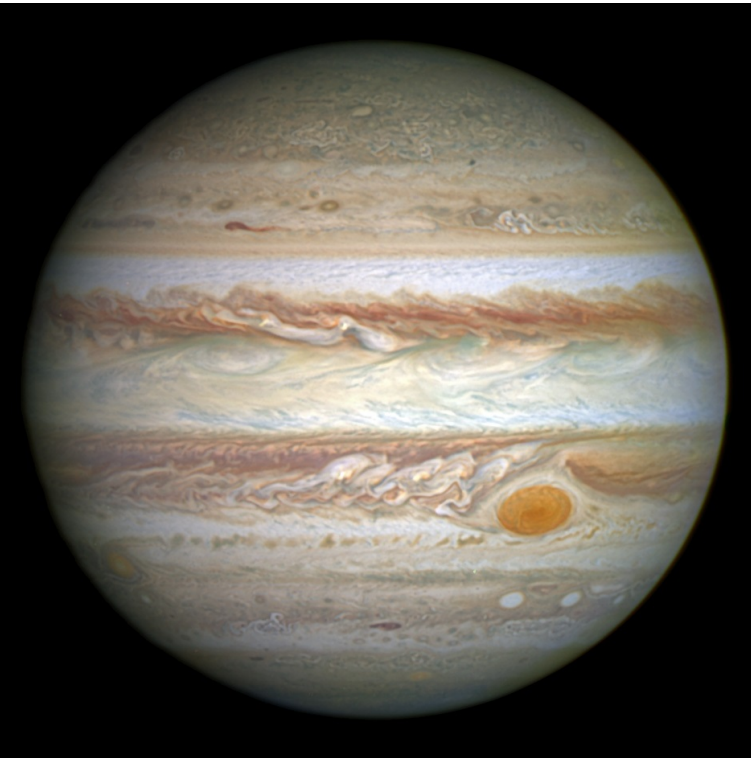
Die inneren Planeten: Mars



NASA

- Durchmesser 6 792,4 km
- Masse $6,419 \cdot 10^{23}$ kg
- mittlere Dichte $3,933 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 24 h 37 min 22 s
- Umlaufdauer 686,980 d
- mittlerer Sonnenabstand 1,52 AE
- Temperatur $-133 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+27 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $25,19^{\circ}$
- Anzahl Monde 2

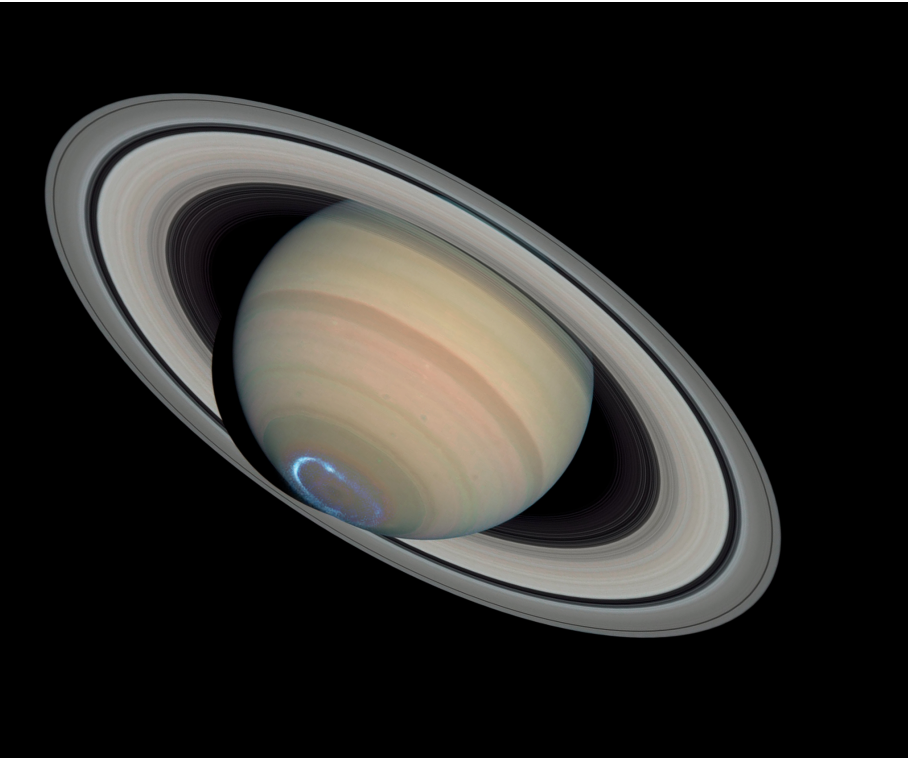
Die äußeren Planeten: Jupiter



NASA

- Durchmesser 133 708 km (Pol) bzw. 142 984 km (Äquator)
- Masse $1,899 \cdot 10^{27}$ kg
- mittlere Dichte $1,326 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 9 h 55 min 30 s
- Umlaufdauer 11 a 315 d
- mittlerer Sonnenabstand 5,20 AE
- Temperatur $-108 \text{ }^\circ\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $3,13^\circ$
- Anzahl Monde 67

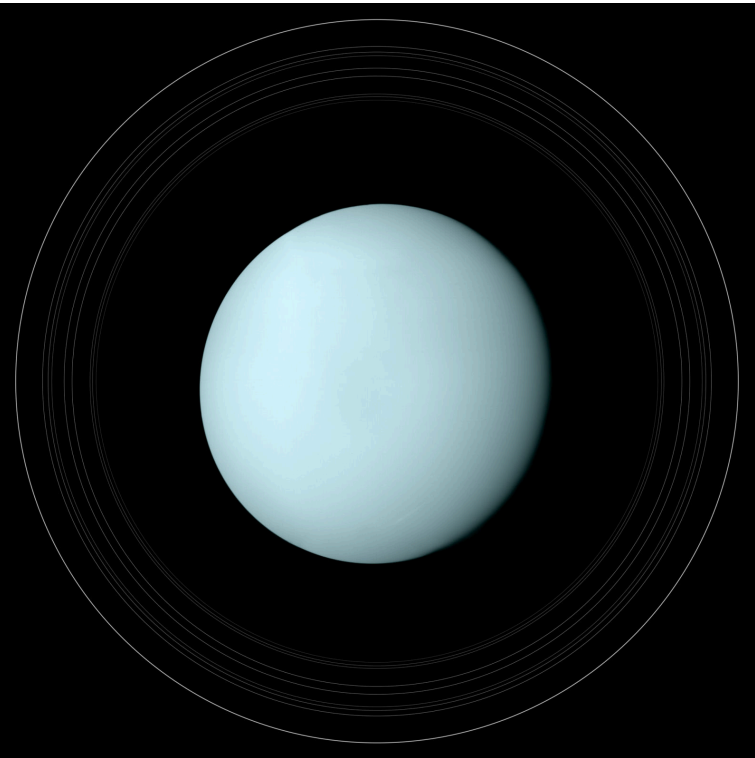
Die äußeren Planeten: Saturn



NASA

- Durchmesser 108 728 km (Pol) bzw. 120 536 km (Äquator)
- Masse $5,685 \cdot 10^{26}$ kg
- mittlere Dichte $0,687 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 10 h 33 min
- Umlaufdauer 29,457 a
- mittlerer Sonnenabstand 9,55 AE
- Temperatur $-139 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $26,73^{\circ}$
- Anzahl Monde 62

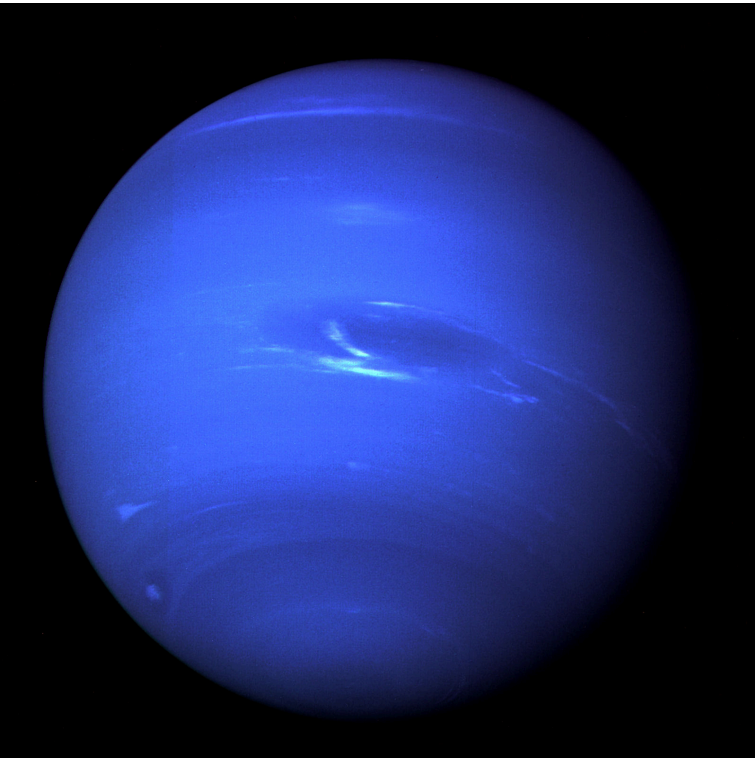
Die äußeren Planeten: Uranus



NASA

- Durchmesser 49 946 km (Pol) bzw. 51 118 km (Äquator)
- Masse $8,683 \cdot 10^{25}$ kg
- mittlere Dichte $1,27 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 17 h 14 min 24 s
- Umlaufdauer 84,011 a
- mittlerer Sonnenabstand 19,22 AE
- Temperatur -197°C
- Neigung Rotationsachse $97,77^\circ$
- Anzahl Monde 27

Die äußeren Planeten: Neptun



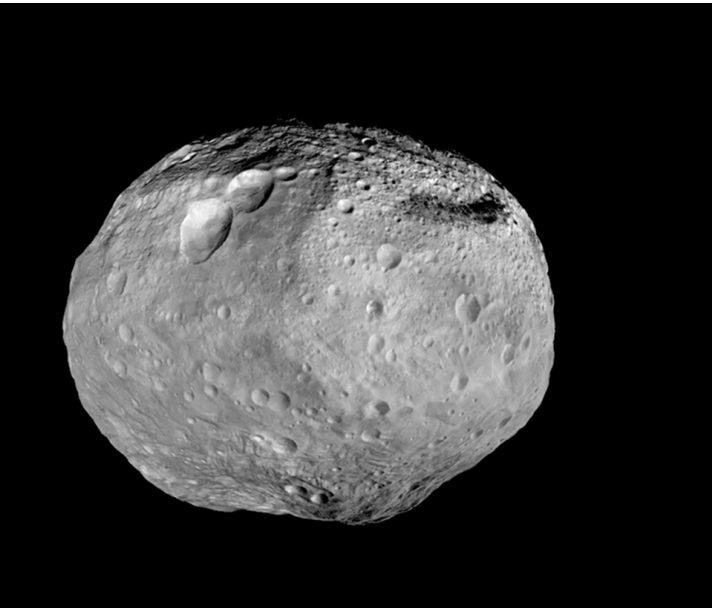
NASA

- Durchmesser 48 682 km (Pol) bzw. 49 528 km (Äquator)
- Masse $1,0243 \cdot 10^{26}$ kg
- mittlere Dichte $1,638 \text{ g/cm}^3$
- Rotationsperiode 15 h 57 min 59 s
- Umlaufdauer 164,79 a
- mittlerer Sonnenabstand 30,11 AE
- Temperatur $-201 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Neigung Rotationsachse $28,32^{\circ}$
- Anzahl Monde 14

Zwergplaneten



Asteroiden und Kometen



Asteroid Vesta
NASA

Asteroiden

- Meter bis einige 100km groß
- Millionen Objekte
- ungleichförmig
- meist im Asteroidengürtel zwischen Mars- und Jupiterbahn
- jenseits Neptunbahn als Transneptunische Objete TNO bezeichnet
- meist Gestein, nur selten rein metallisch

Asteroiden und Kometen



Komet Hale-Bopp, 4. April 1997
E. Kolmhofer, H. Raab; Johannes-Kepler-
Observatory, Linz, Austria

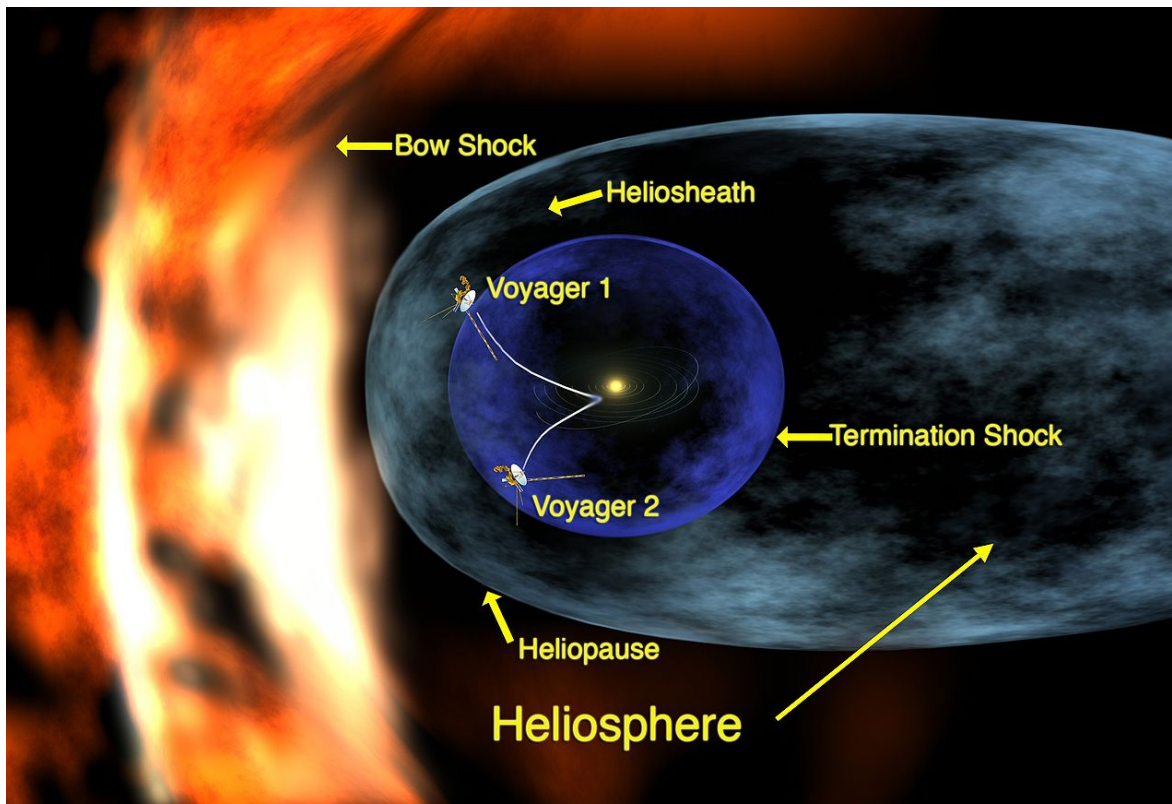
Kometen

- 1-10 km großer Kern
- Eis, Staub, lockeres Gestein
- in Sonnennähe 2 Mio km große Koma und 100 Mio km Schweif
- a-, kurz- (200a) oder langperiodisch ($>200a$)
- stammen aus Kuipergürtel oder der Oortschen Wolke

Grenzen des Sonnensystems

Heliosphäre:

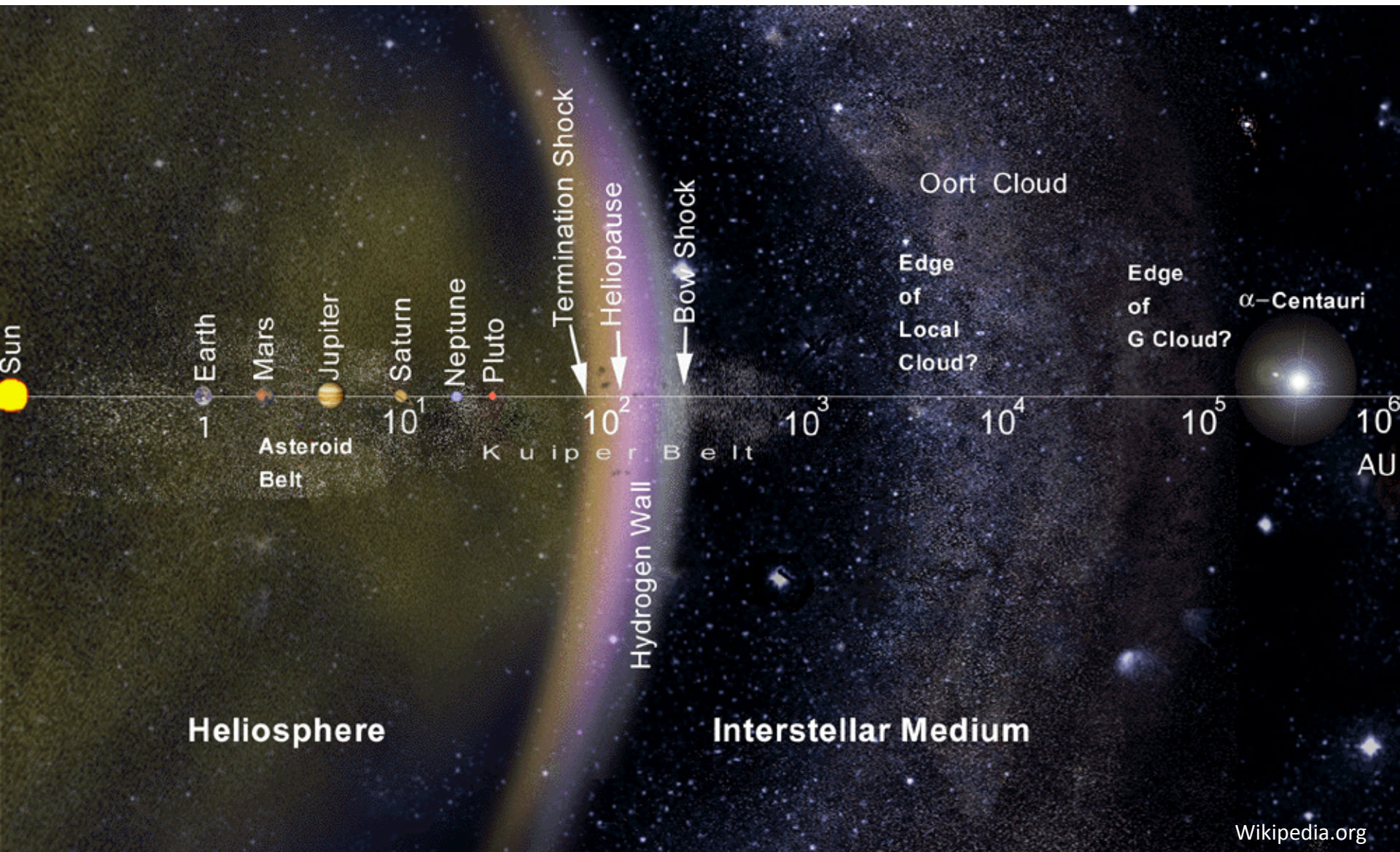
Sonnenwind dominiert, interstellares Medium ISM wird vom Teilchenstrom der Sonne verdrängt



Grenzen des Sonnensystems

- Übergang ins ISM stufenweise
 - Termination shock: Abbremsen von 350 km/s auf 130 km/s, Aufheizen auf 200.000°C, 80-100 AE
 - Heliosheath: geringere Teilchengeschwindigkeit, 10 AE (Bewegungsrichtung) - 100 AE (gegen) dick
 - Heliopause: äußerer Rand der Heliosheath, ISM und Sonnenwind vermischen sich
 - Bow Shock: „Bugwelle“ im ISM in relativer Bewegungsrichtung des Sonnensystems
 - Oortsche Wolke: vermutlich sphärische Ansammlung von Objekten (z.B. Kometen) in 100 000 AE Abstand

Grenzen des Sonnensystems



Extrasolare Planeten

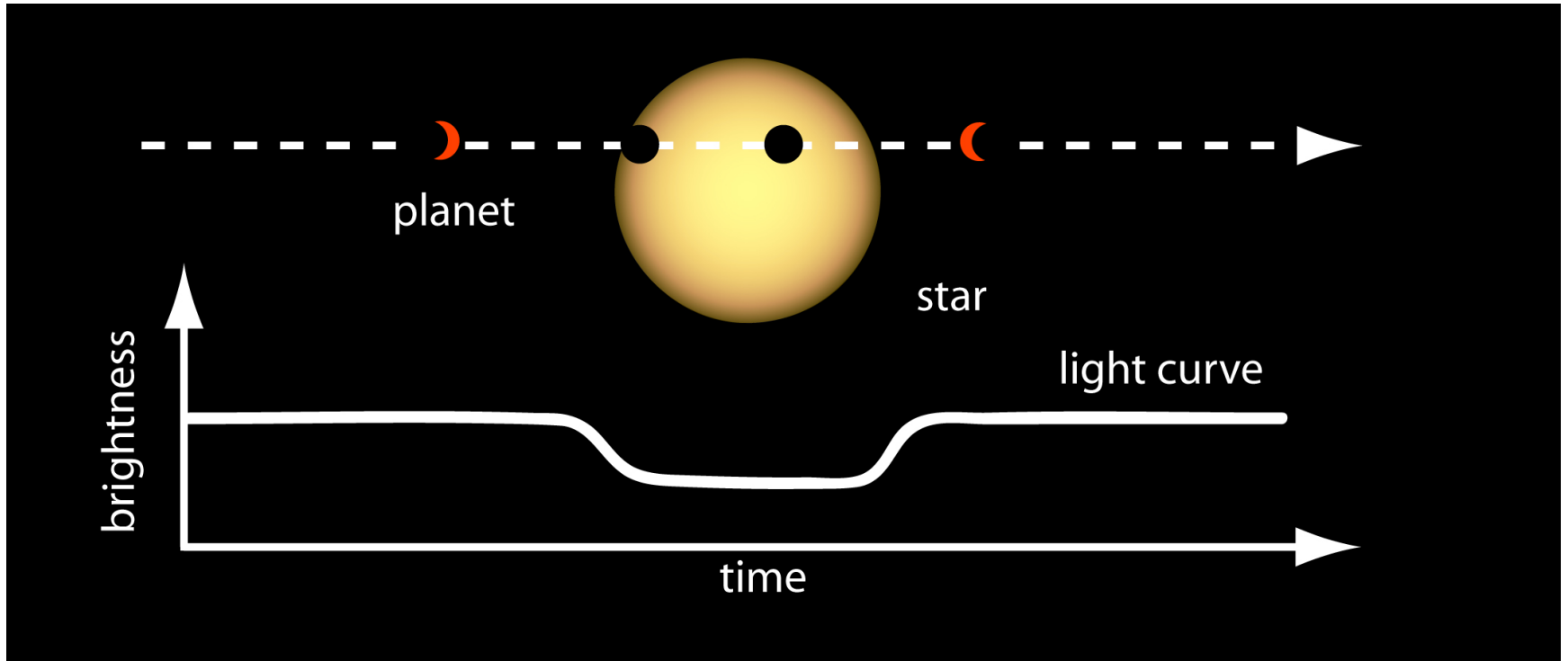
Exoplaneten = Planeten um andere Sterne

Entdeckungsmethoden:

- Radialgeschwindigkeitsmessung (Dopplereffekt)
- Transitmethode
- Gravitationslinseneffekt
- Direkte Abbildung
- Astrometrie
- Timing

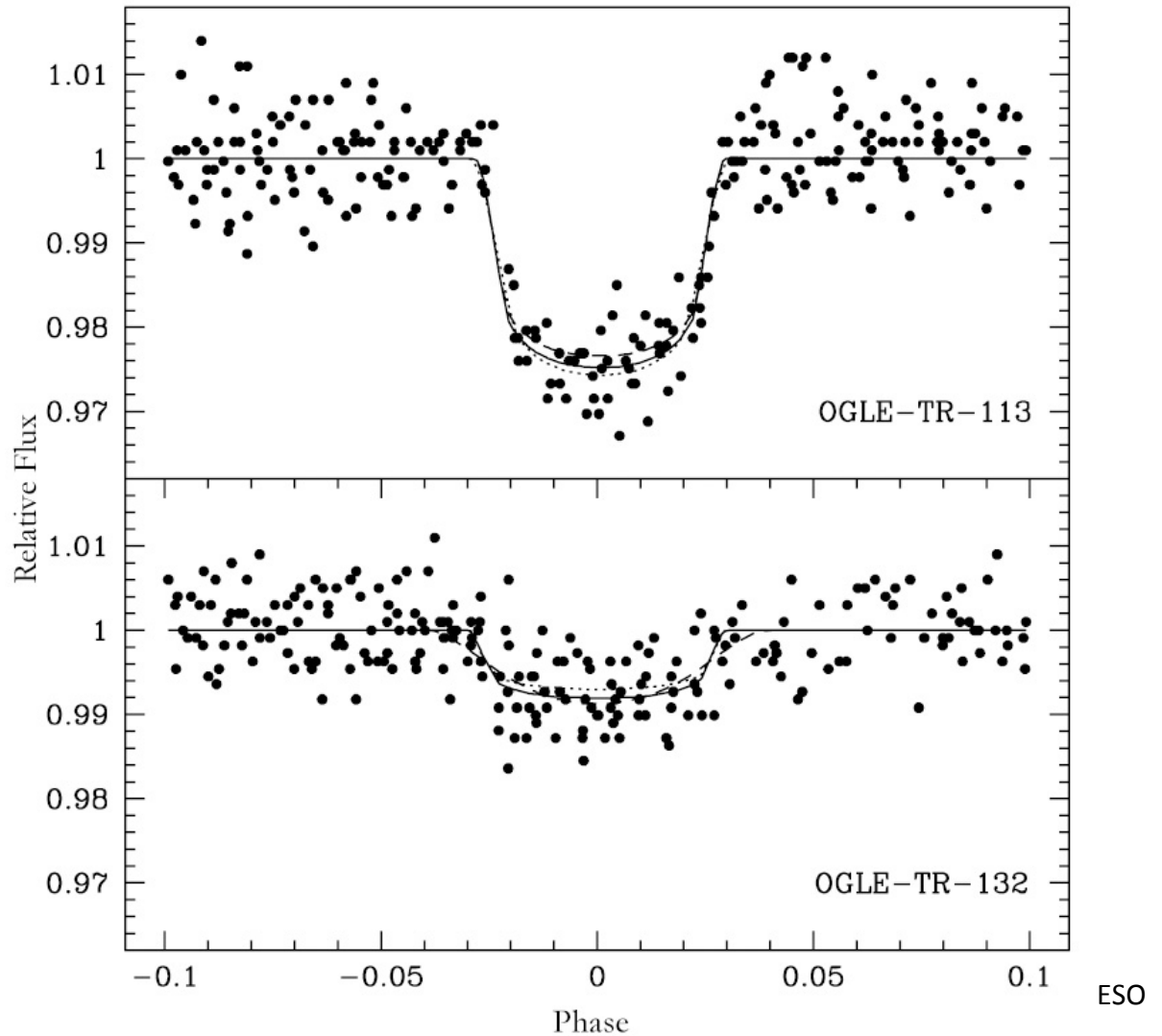
Extrasolare Planeten

Transitmethode



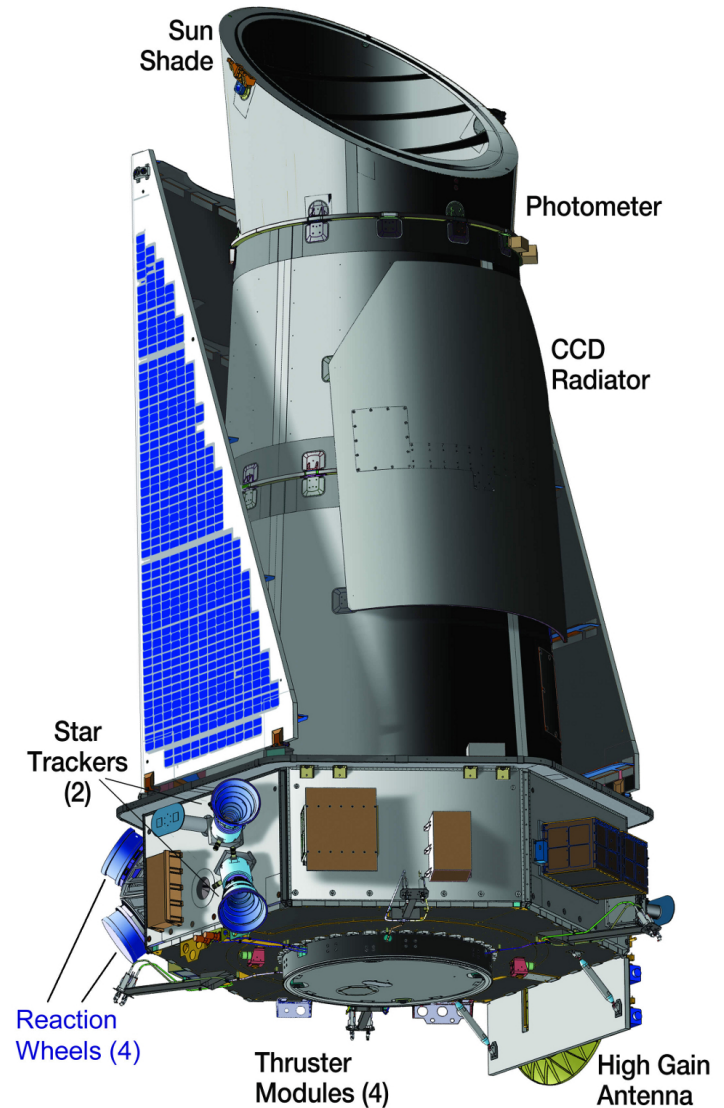
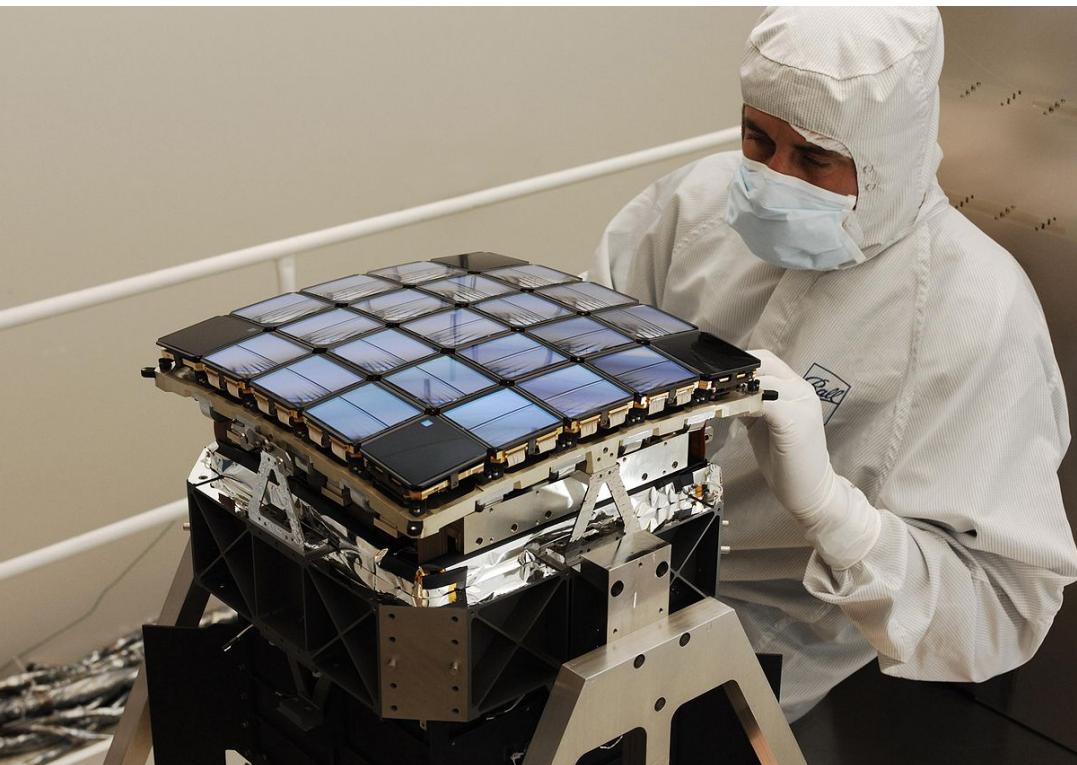
Extrasolare Planeten

Transitmethode



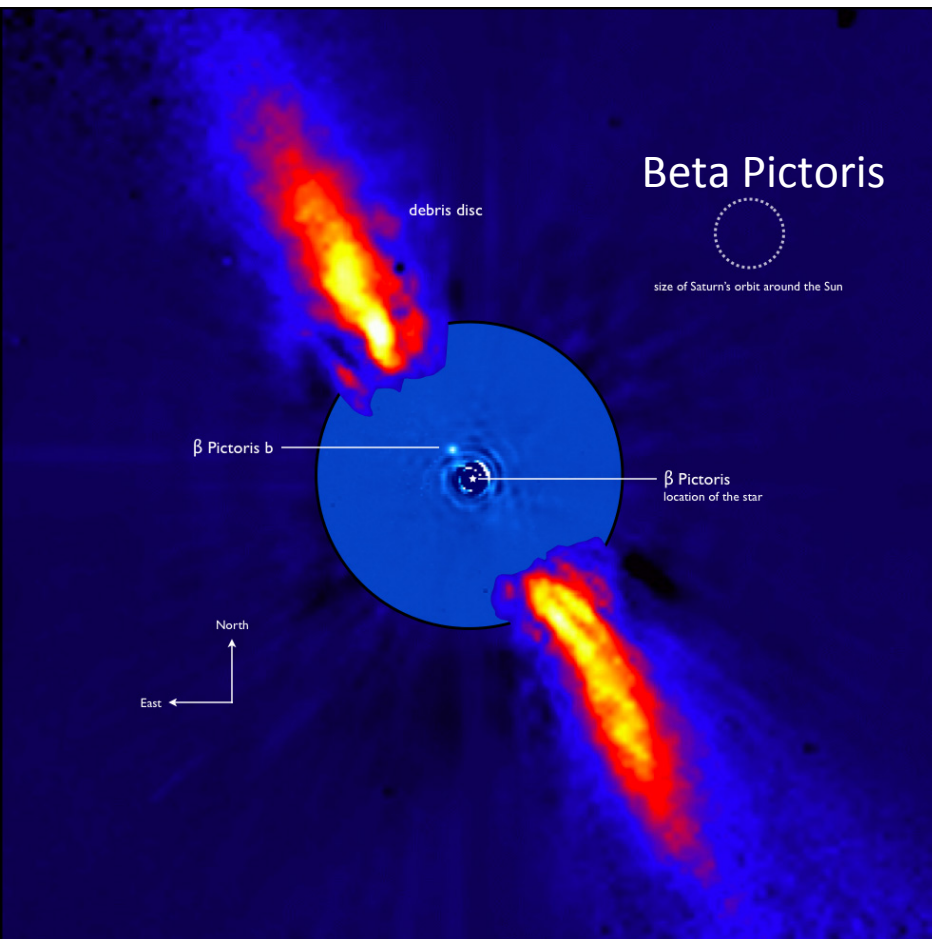
Extrasolare Planeten

Transitmethode: Kepler-Mission

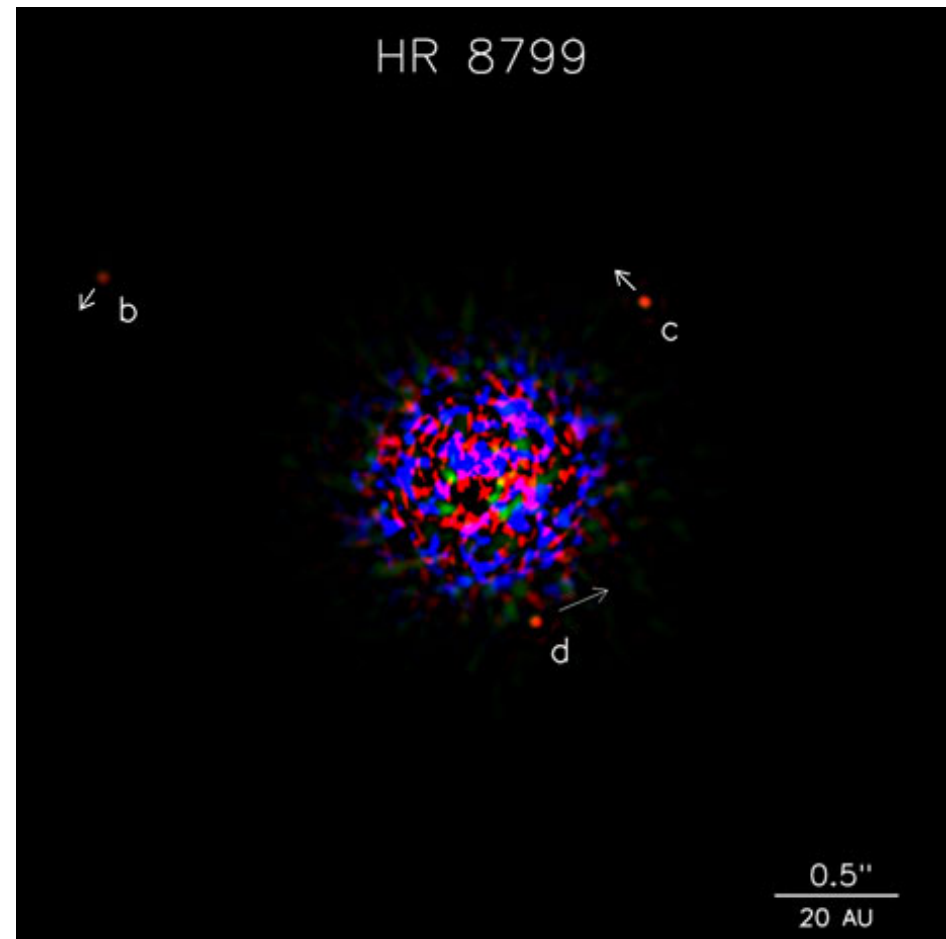


Extrasolare Planeten

Direkte Abbildung



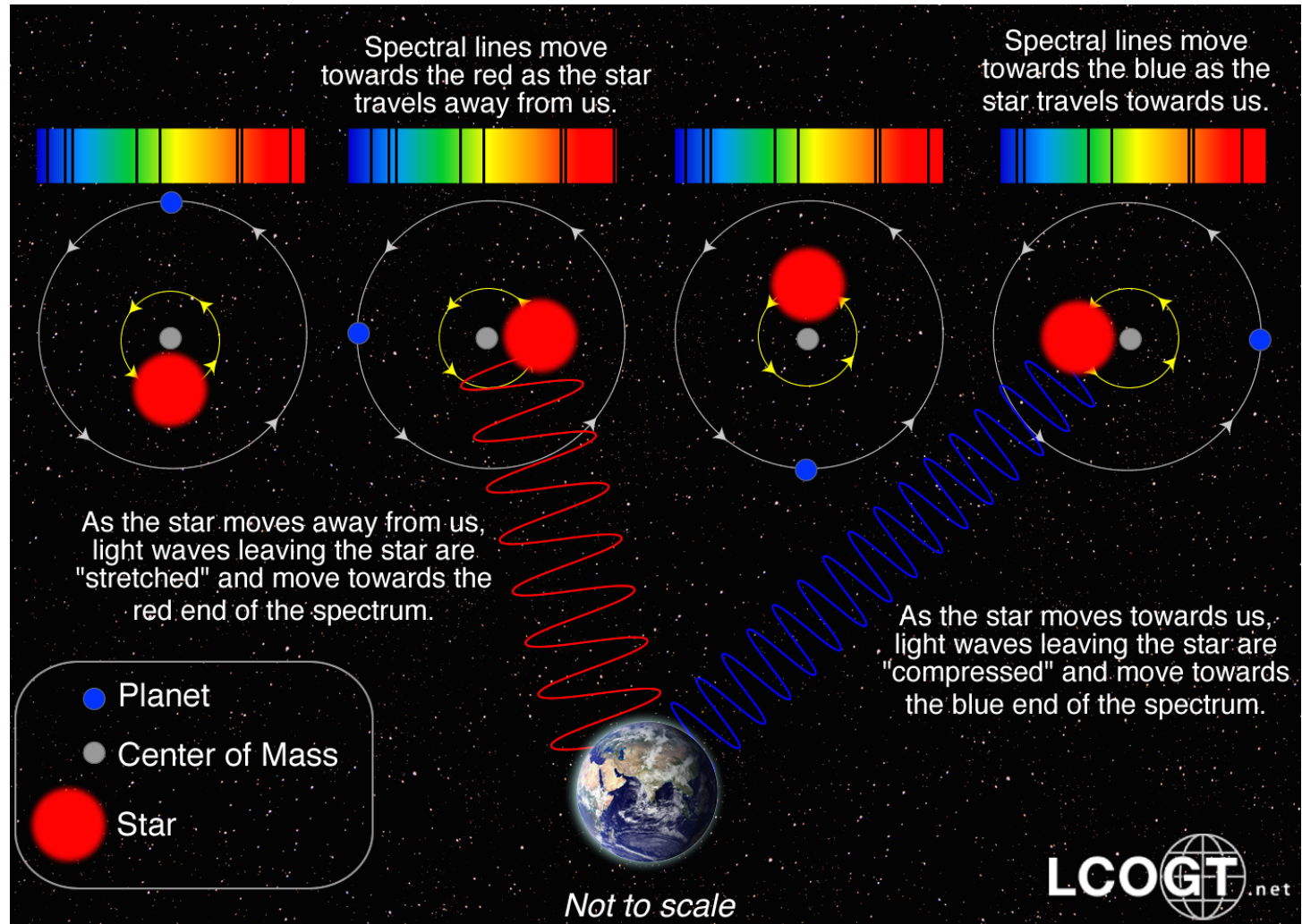
ESO



Gemini Observatory

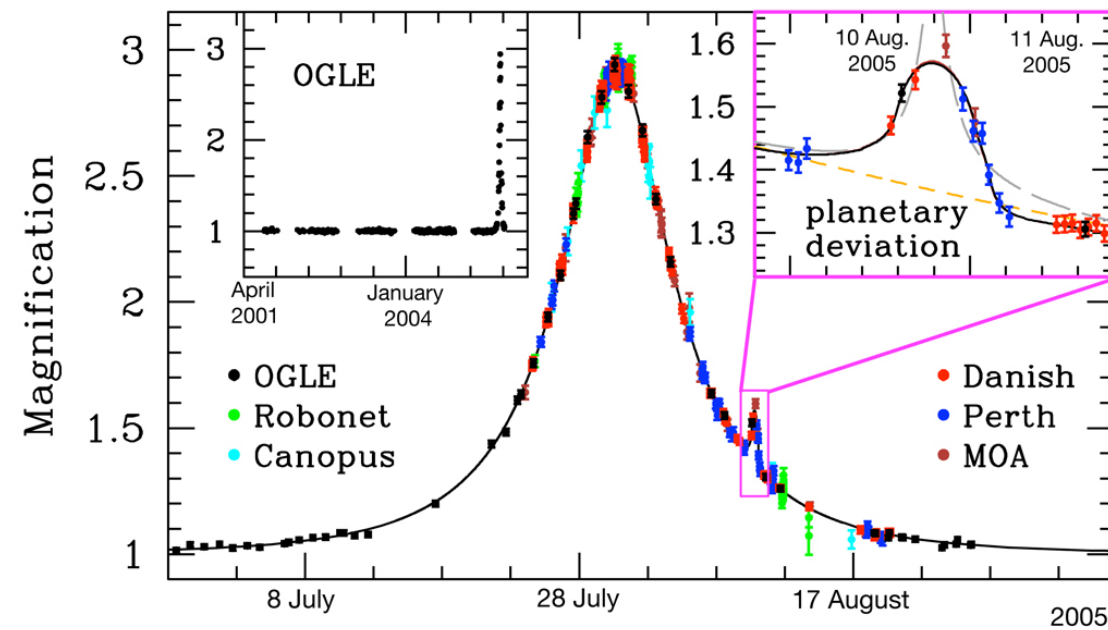
Extrasolare Planeten

Radialgeschwindkeitsmethode

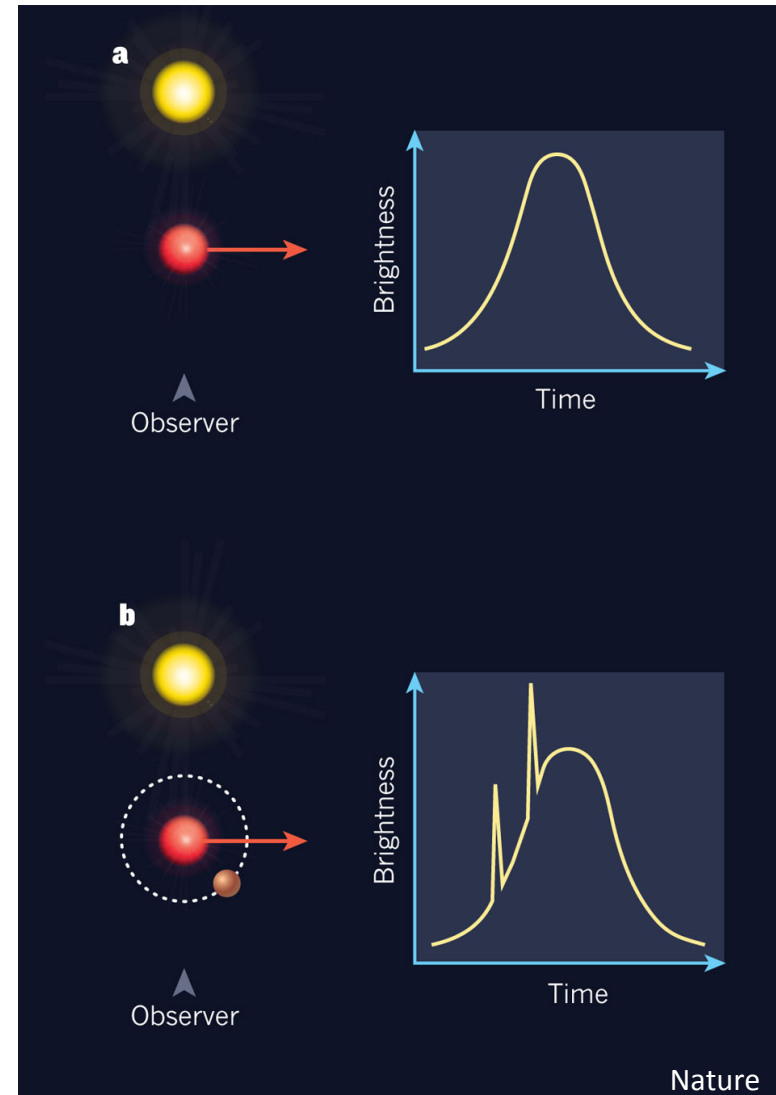


Extrasolare Planeten

Gravitationslinseneffekt



Light Curve of OGLE-2005-BLG-390

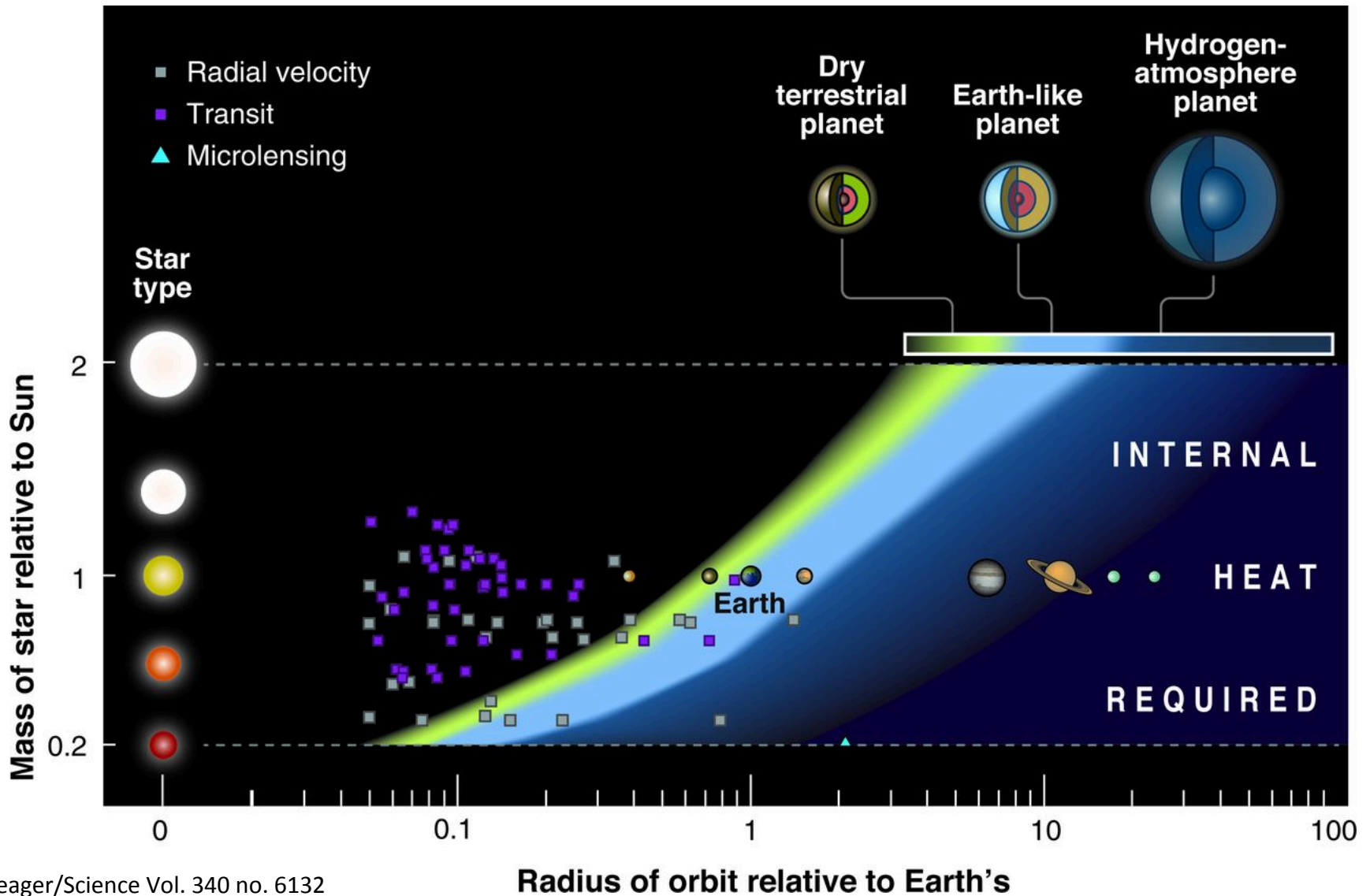


Extrasolare Planeten

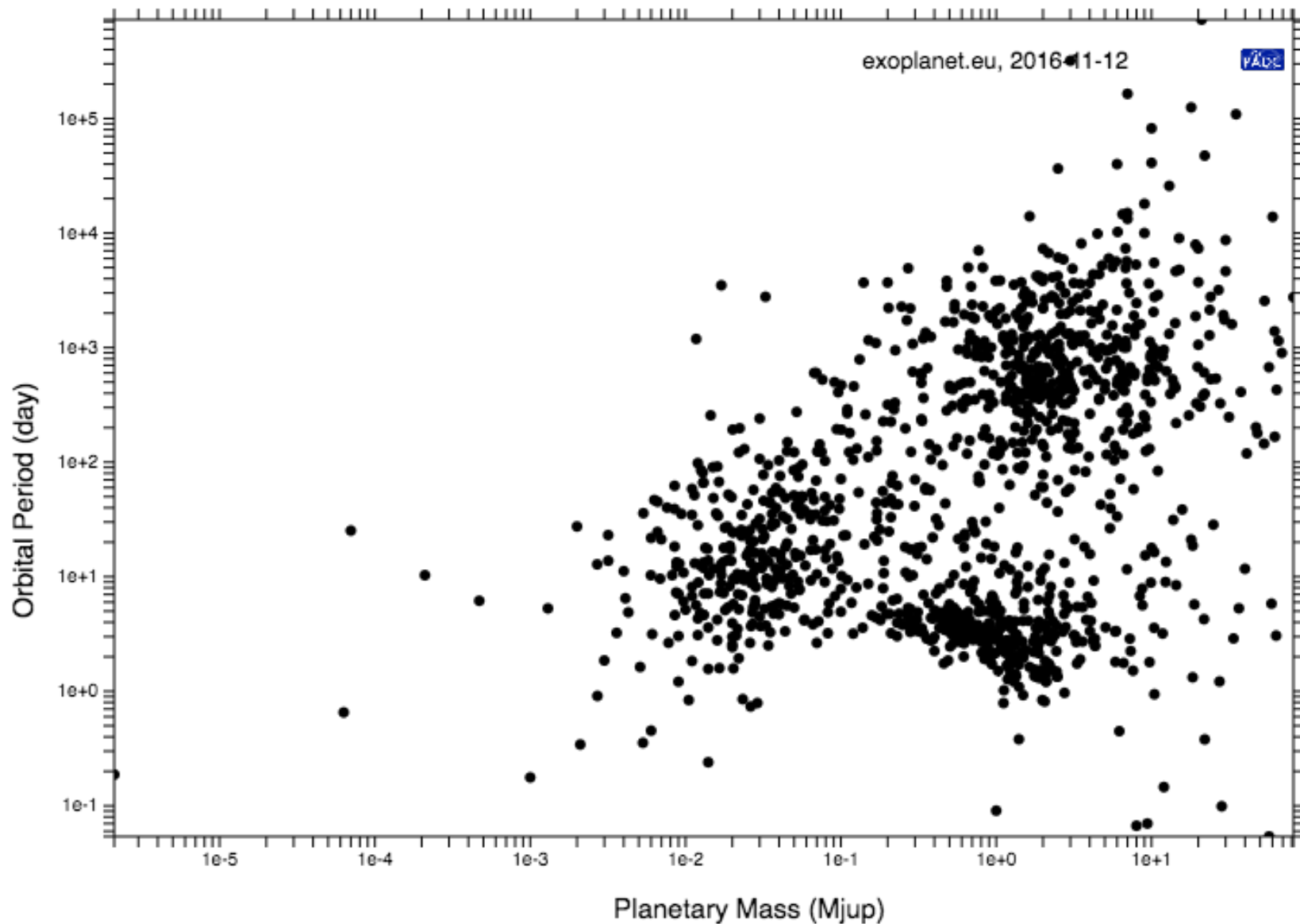
Bisher insgesamt gefunden:

- 3545 extrasolare Planeten (Stand 6. Dez. 2016)
- in 2656 Planetensystemen
- davon 597 Systeme mit mehreren Planeten
- zusätzlich mehrere tausend Kandidaten, die noch überprüft werden müssen
- Statistik: 20% sonnenähnlicher Sterne haben erdähnlichen Planeten in habitabler Zone

Extrasolare Planeten



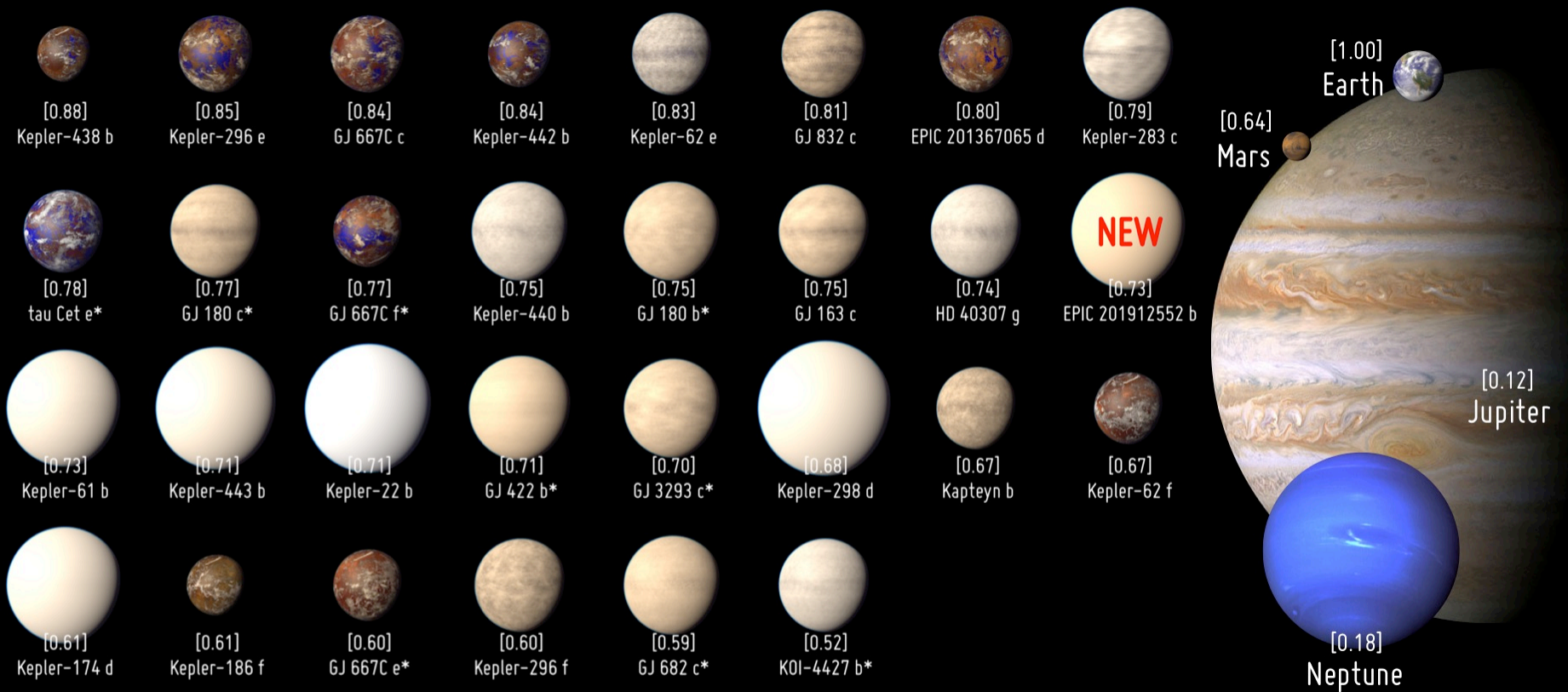
Extrasolare Planeten



Extrasolare Planeten

Potentially Habitable Exoplanets

Ranked by the Earth Similarity Index (ESI)



Artistic representations. Earth, Mars, Jupiter, and Neptune for scale. ESI value is between brackets. Planet candidates indicated with asterisks.

CREDIT: PHL @ UPR Arecibo (phl.upr.edu) April 2, 2015