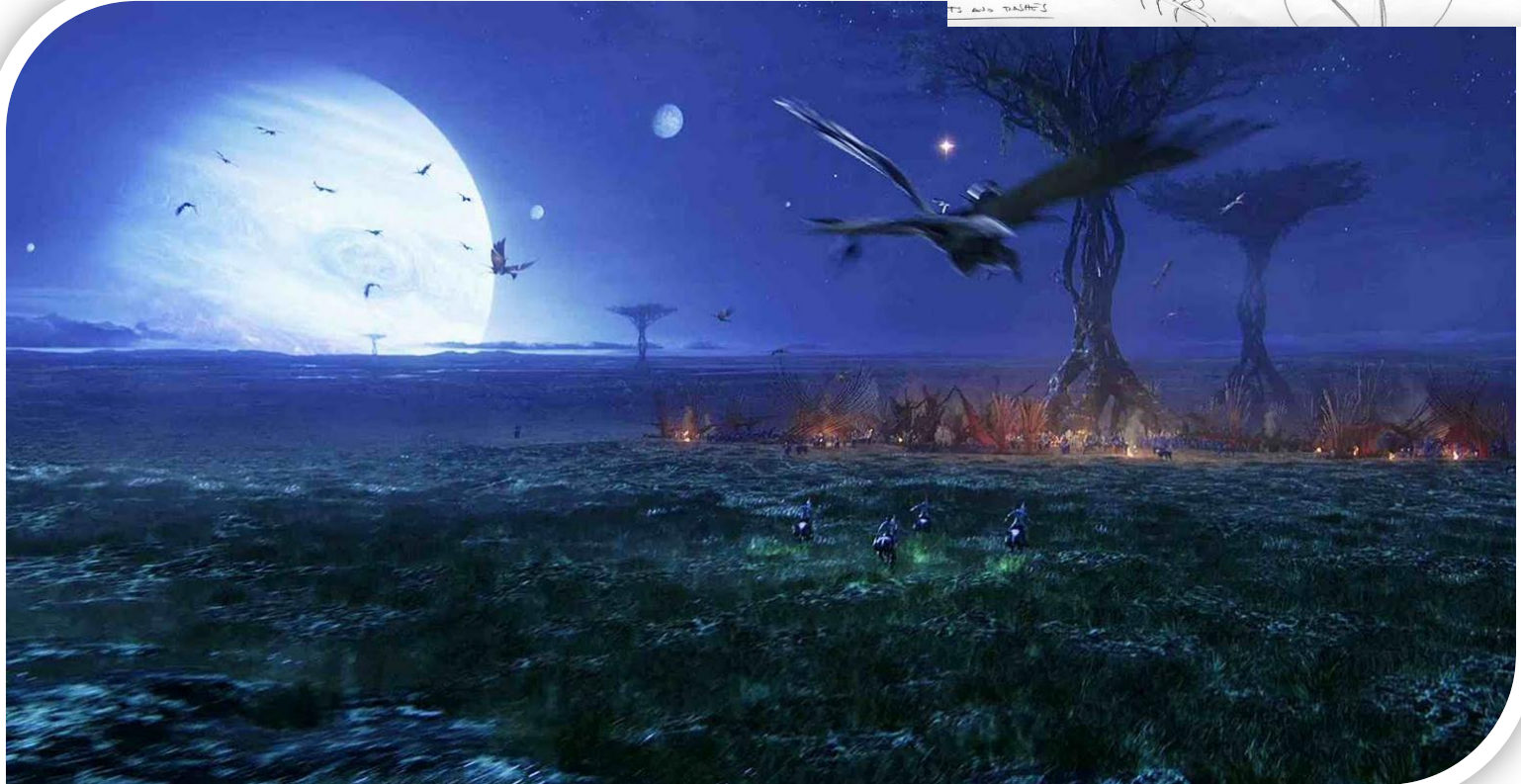
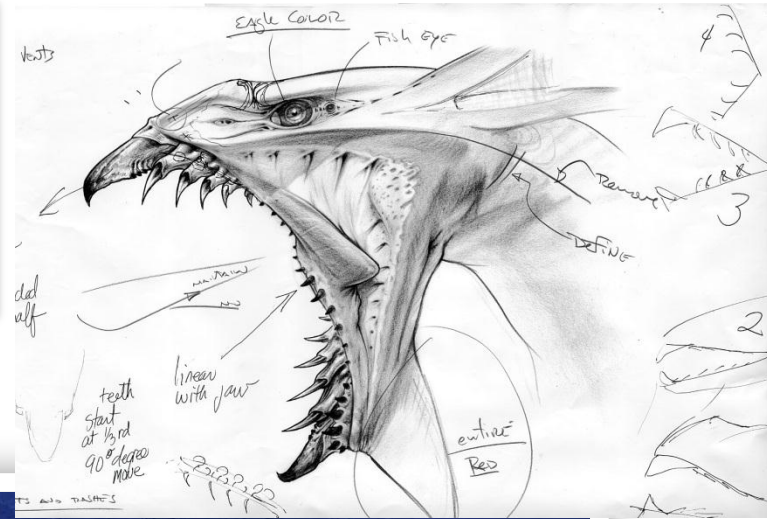


# Exoplaneten – Zwillinge der Erde?



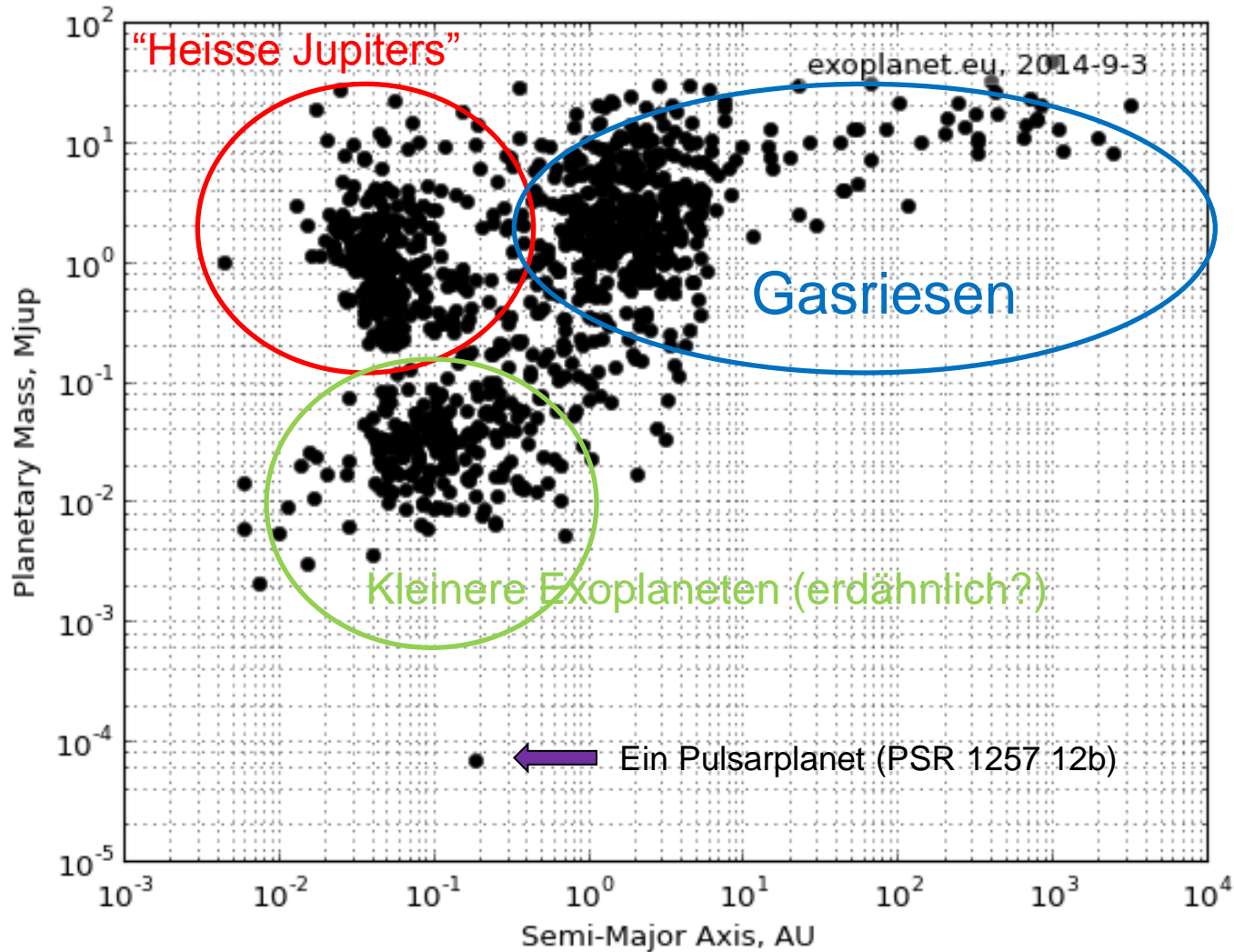
Avatar,  
2009

Kristina Kislyakova, IWF/ÖAW

# Wie viele Exoplaneten gibt es?

- Exoplanet ein extrasolarer Planet – ein Planet außerhalb des Sonnensystems
- Insgesamt wurden bereits 1821 Exoplaneten (*1135 Planetensysteme* und *467 multiple Planetensysteme*) zum Zeitpunkt dem 3. September 2014 entdeckt und beobachtet *Exoplanet.eu*
- Die erste bestätigte Entdeckung wurde *1992* verlautbart, indem einige Planeten mit der Erdmasse im Orbit des *Pulsar PSR B1257+12* beobachtet wurden.
- Der erste Exoplanet, der um *einen Hauptreihenstern* rotierte, wurde im *1995* entdeckt, als ein Jupiter-ähnlicher Riesenplanet in einer 4-tägigen Bahn neben dem naheliegenden Stern *51 Pegasi* beobachtet wurde.

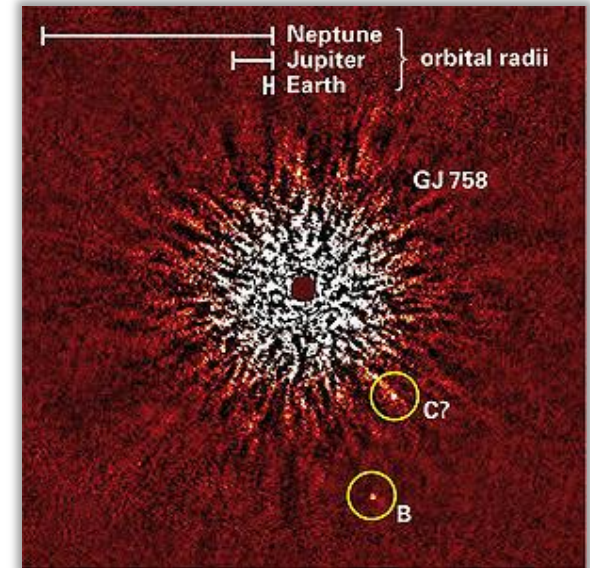
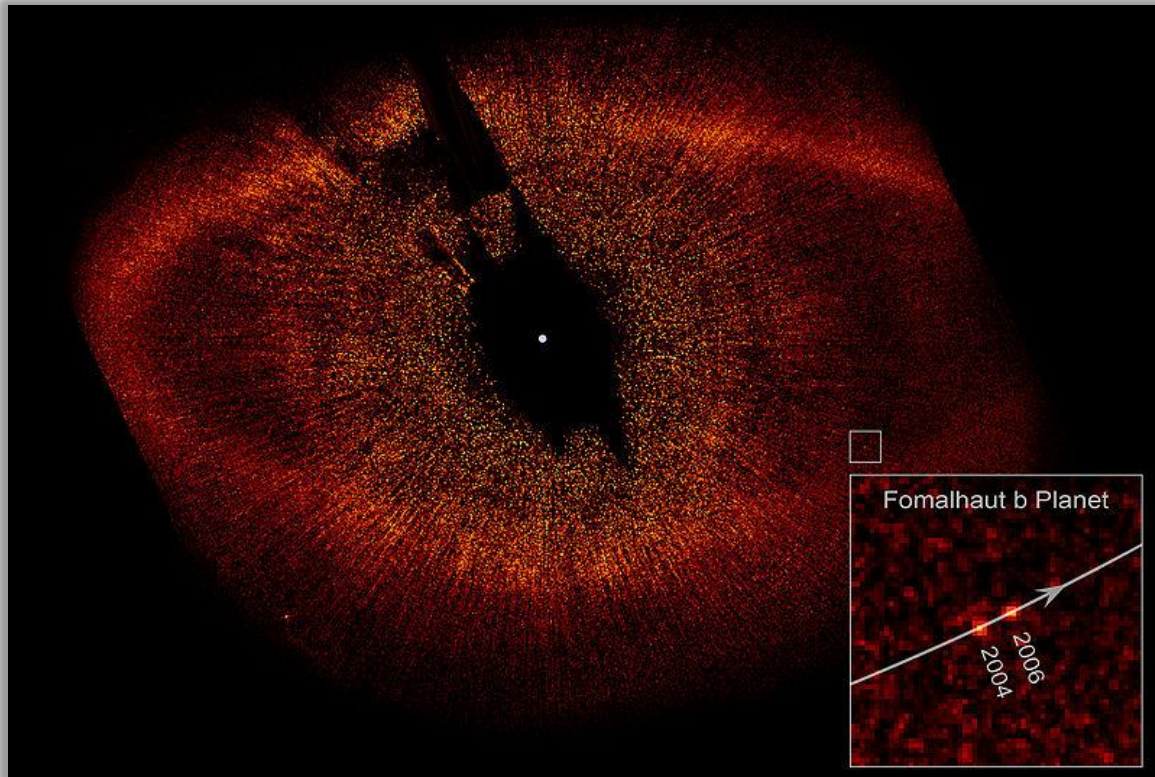
# Wie viele Exoplaneten gibt es?



# Wie sind Exoplaneten zu finden?

- Die meisten derzeitigen Methoden sind *indirekt*
- **Radialgeschwindigkeitsmethode** (oder Doppler Methode)
- **Transitmethode oder Durchgangsbeobachtung** (Beobachtungen der Helligkeitsänderung -Verdunkelung- des Sterns aufgrund )
- **Gravitational microlensing-Methode**
- **Berechnung nach gestörter Planetenbahn** (transit timing variations - wenn es im System mehrere Planeten gibt, stören sie leicht die Bahne der Nachbarplaneten)
- **Astrometrische Methode** (Beobachtung der Bewegung des Sterns um den gemeinsamen Schwerpunkt)
- **Pulsar Timing**
- **Direkte Beobachtungen** (von der Staubscheibe in der Sternnähe)

# Direkte Beobachtungen von Exoplaneten

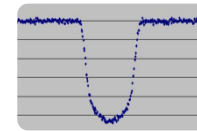


Fomalhaut 2b (Hubble Space Telescope) & Gliese 758 b (Subaru Telescope), nahinfrarot

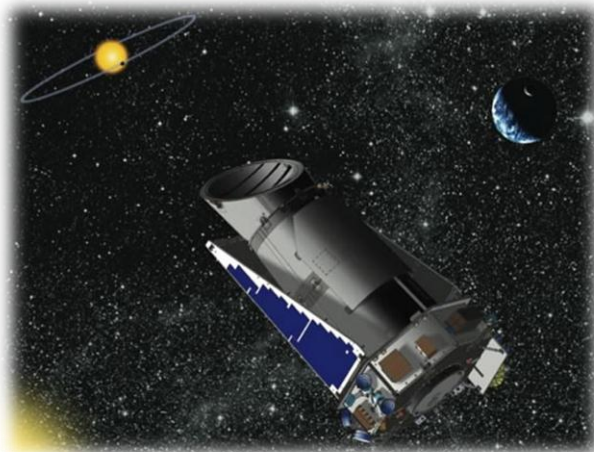
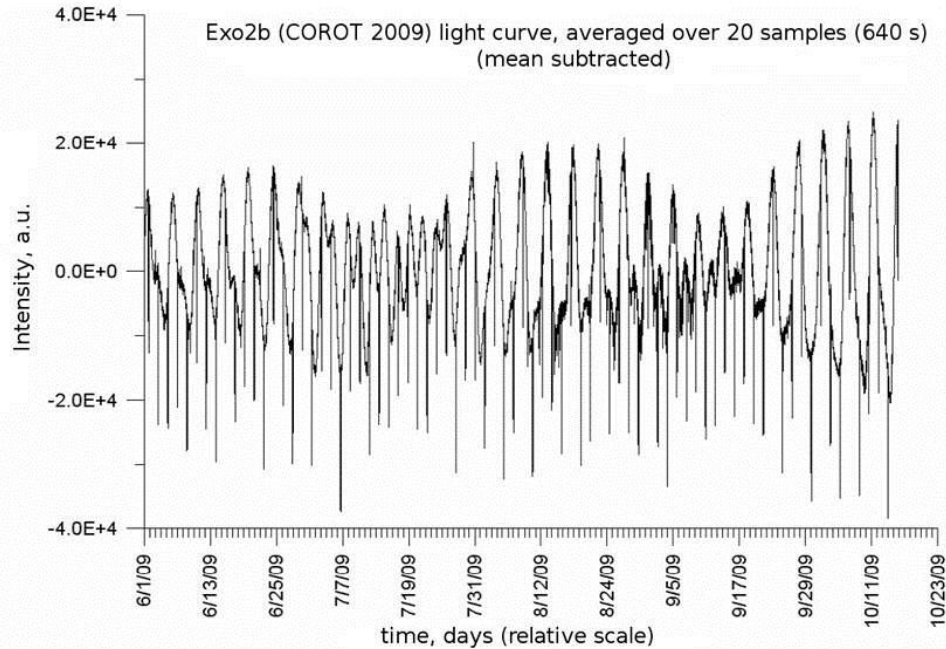
## Fomalhaut 2b („the Eye of Sauron“):

Bahnperiode ~ 900 Jahre,  
Distanz Stern-Planet ~115 a.E.,  
Distanz Stern-Sonne ~ 7,6 pc

# Transitphotometrie



CoRoT

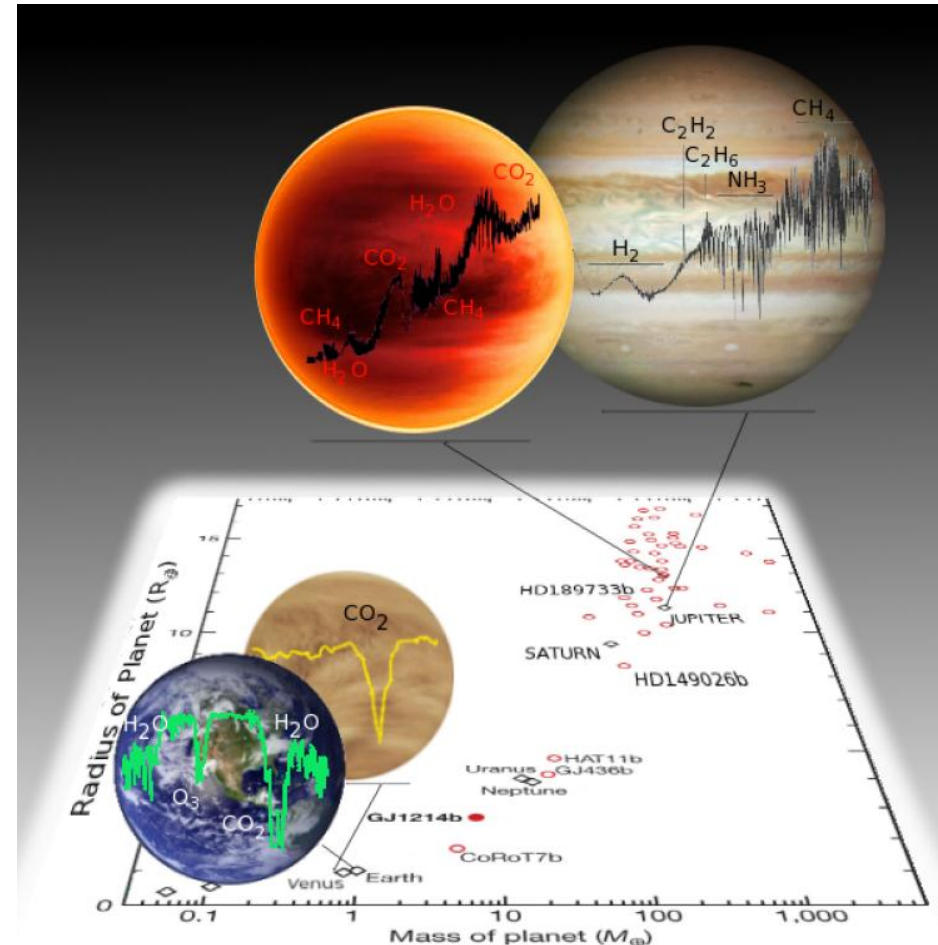


Kepler

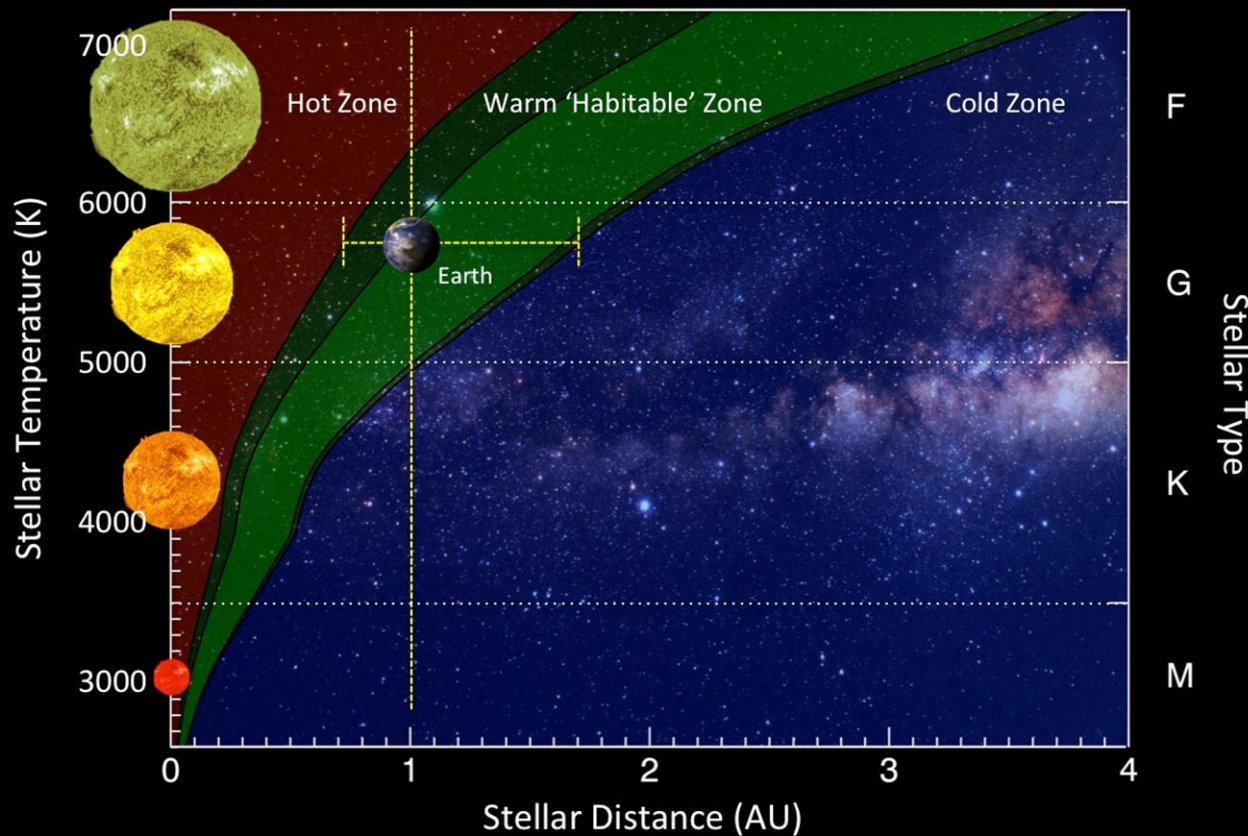
Coming: **Cheops**; probably  
coming: **Plato**, etc.

# Atmosphärencharakterisierung: IR Spektroskopie

- JWST (James Webb Space Telescope)
- EChO (Exoplanet Characterization Observatory)
- TPF (Terrestrial Planets Finder)
- Darwin

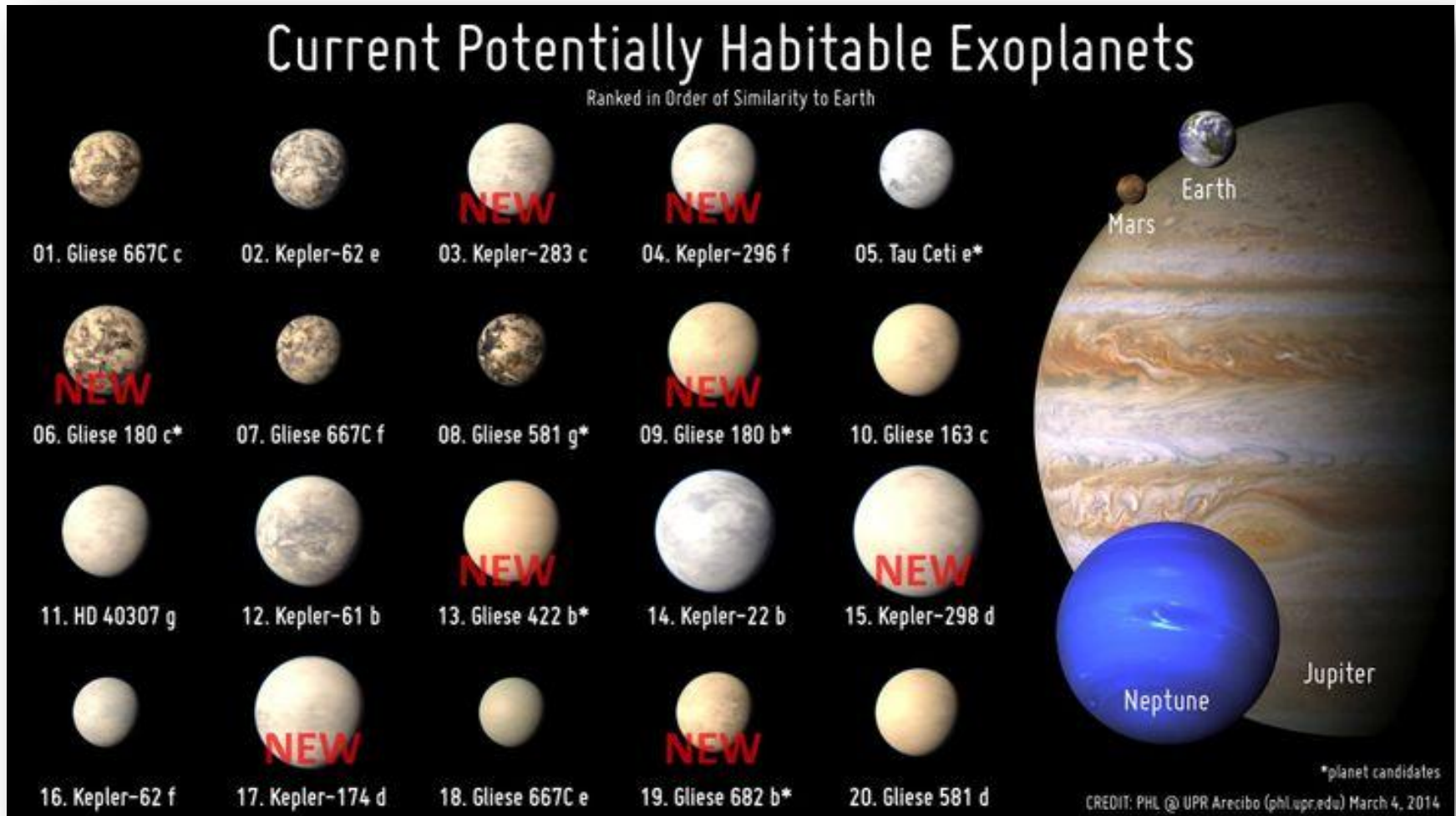


## Habitable Zone of Main Sequence Stars

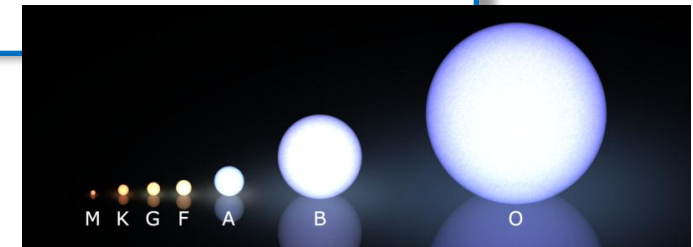




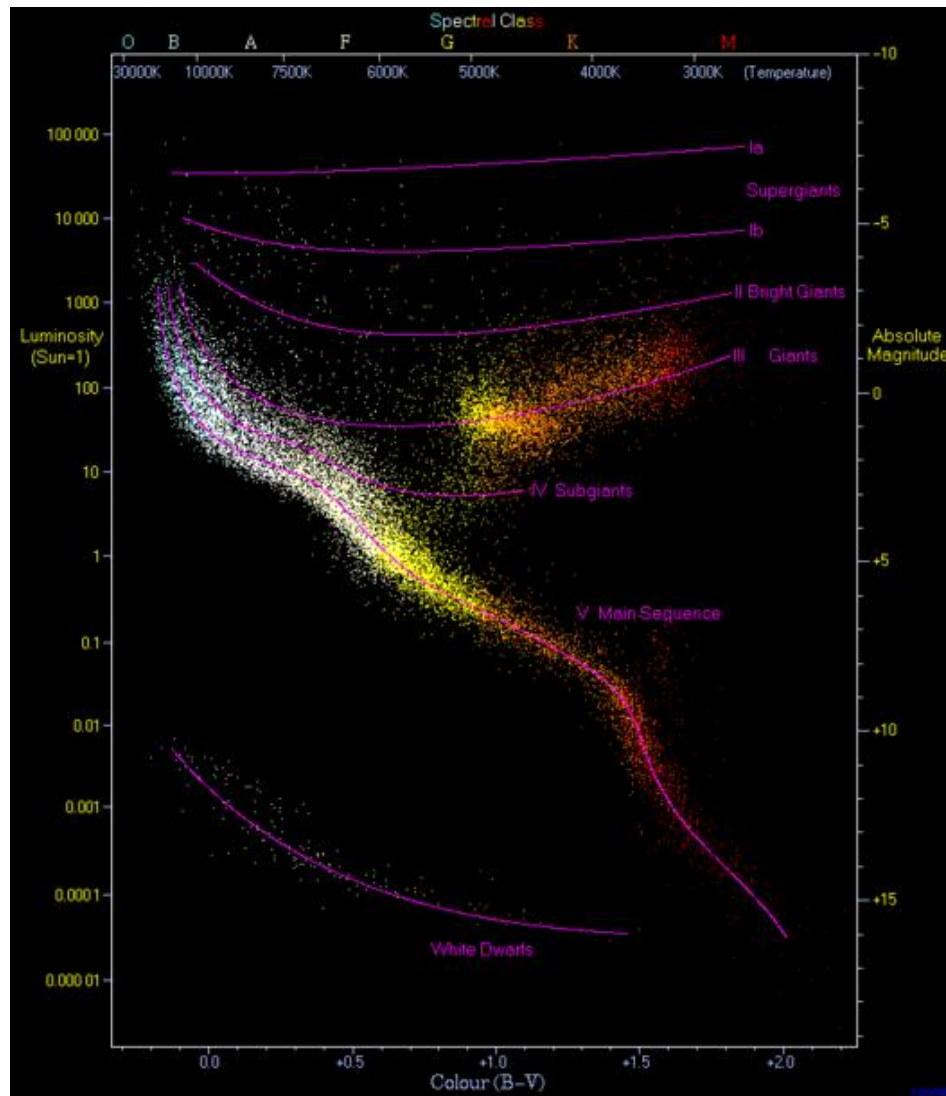
# Die Planeten in der HZ sind zur Zeit nicht leicht zu entdecken, aber...



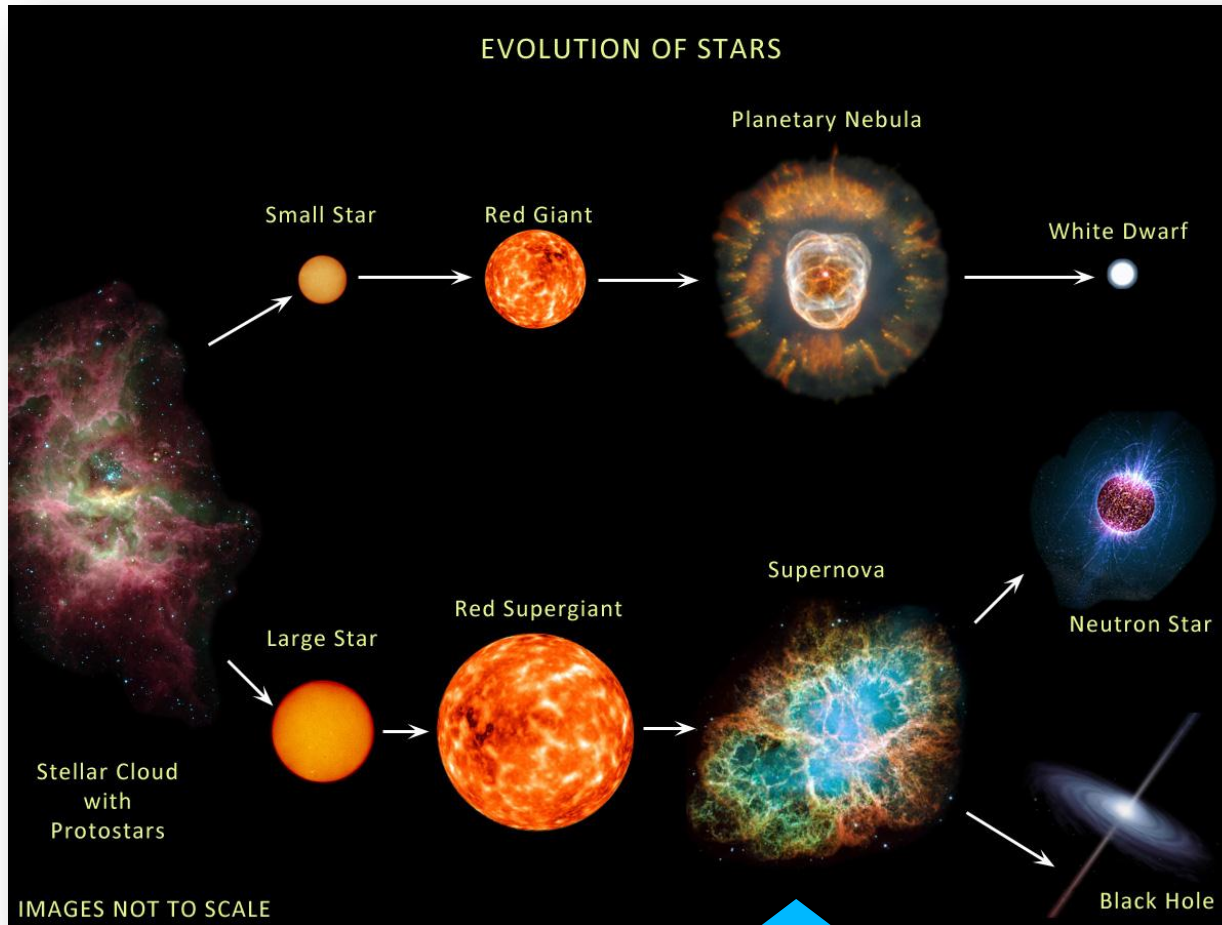
# Hertzprung-Russell Diagramm und Spektralklassen der Sterne



Die Spektralklasse des Sterns spielt eine wichtige Rolle für die Habitabilität von Planeten und Planetensysteme



# Evolution der Sterne und deren Einfluss auf die Habitabilität

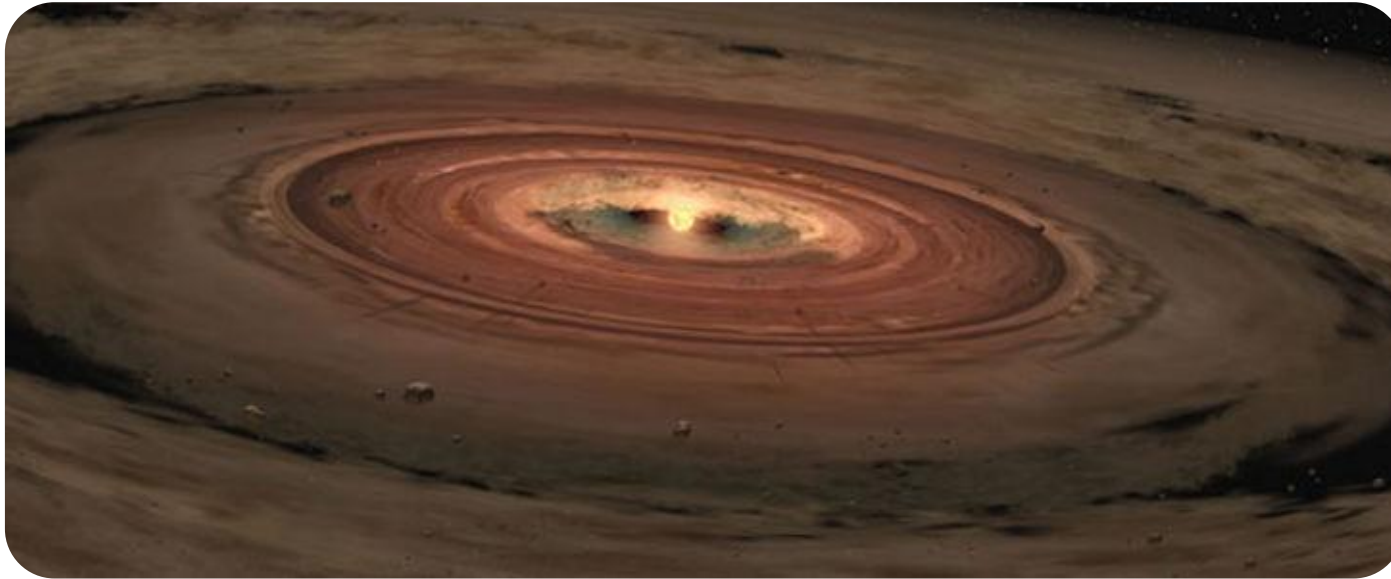


**Katzenaugennebel:**  
Planetarischer Nebel  
im Sternbild Drache  
(HST Beobachtung)

**Krebsnebel:**

Supernovaüberrest und ein Pulsarwind-Nebel

# Geburt und Tod von den Exoplaneten



Protoplanetare Scheibe, wo nach dem heutigen Kenntnis die Exoplaneten geboren werden (kann in IR beobachtet werden)



Ein Planet neben dem Pulsar,  
Supernovaüberrest

Die leichteren Sterne dehnen sich extrem aus (Sonne vermutlich bis zur Erdbahn) und verlieren die äußeren Schichten, indem ein planetarischer Nebel geboren wird.

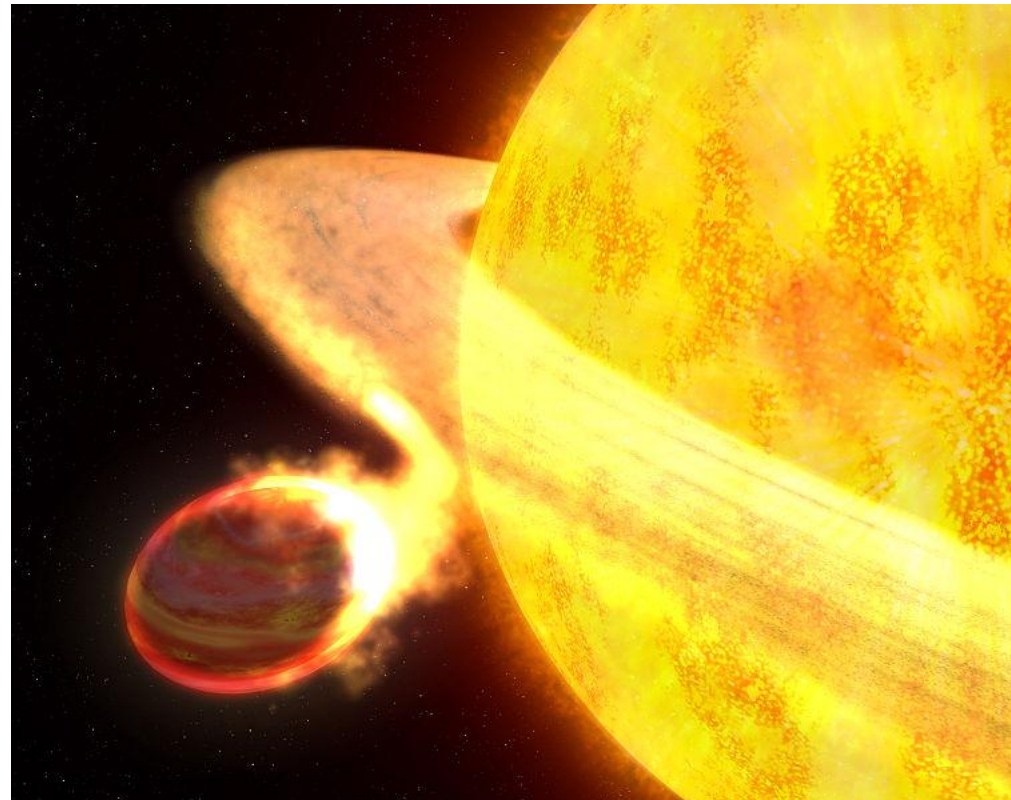
# „Heisse Jupiters“

- Befinden sich sehr nah am Stern, oft weit *innerhalb der Bahn von Merkur und Venus*
- Großer Wärmefluss vom Stern



Planeten von diesem Typ verlieren möglicherweise große Gasmengen aus der ursprünglichen Atmosphäre.

Ein Beispiel – **WASP-12b** (267 pc, entdeckt bei den Transitbeobachtungen)



# Chtonische Exoplaneten: CoRoT -7b?

## Planet CoRoT-7 b

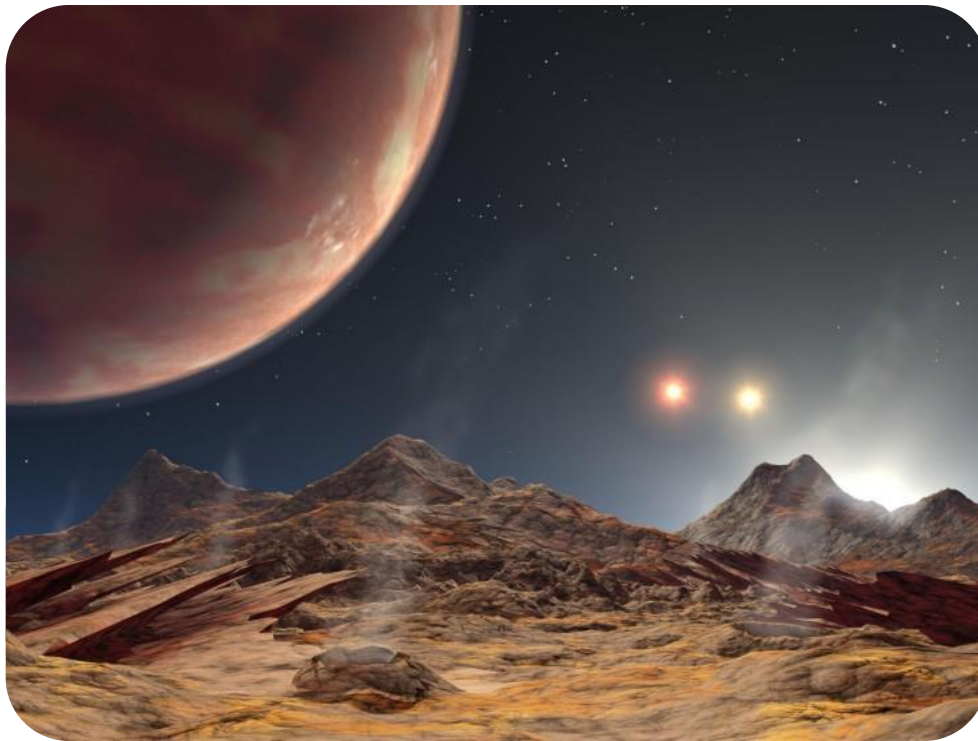
Name	CoRoT-7 b
Discovered in	2009
$M \times \sin i$	$0.0151 \pm 0.0025 M_J$
Semi-major axis	$0.0172 \pm 0.00029 \text{ AU}$
Orbital period	$0.853585 \pm 2.4e-05 \text{ days}$
Eccentricity	—
$\omega$	—
$T_{\text{peri}}$	—
Radius	$0.15 \pm 0.008 R_J$
Inclination	$80.1 \pm 0.3^\circ$
Update	Oct. 15, 2010
Detection method	detected by transit
Molecules detected	—

## Star

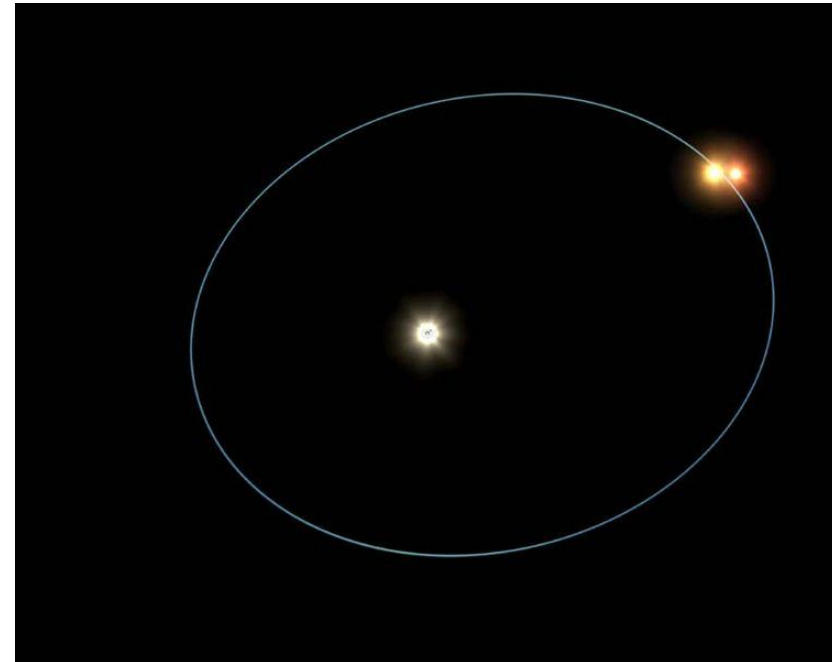
Name	CoRoT-7
Distance	$150 \pm 20 \text{ pc}$
Spectral type	K0V
Apparent magnitude V	11.7
Mass	$0.93 \pm 0.03 M_{\text{Sun}}$
Age	$1.5^{+0.3}_{-0.3} \text{ Gyr}$
Effective temperature	$5313 \pm 73 \text{ K}$
Radius	$0.87 \pm 0.04 R_{\text{Sun}}$
Metallicity [Fe/H]	$0.03 \pm 0.07$
$RA_{2000}$	06:43:49.0
$Dec_{2000}$	-01:03:46
Planetary system	3 planets



# Exotische Welten: das erste Tautooine?



Umlaufperiode von dem Planeten  
(«Heißer Jupiter») – ca. 3.3 Tage



System HD188757 (67 pc,  
entdeckt im Jahr 2005,  
Umlaufperiode vom Stenpaar 25,7  
Jahre)

*Eigentlich wird die Existenz von diesen Planeten  
immer noch diskutiert*

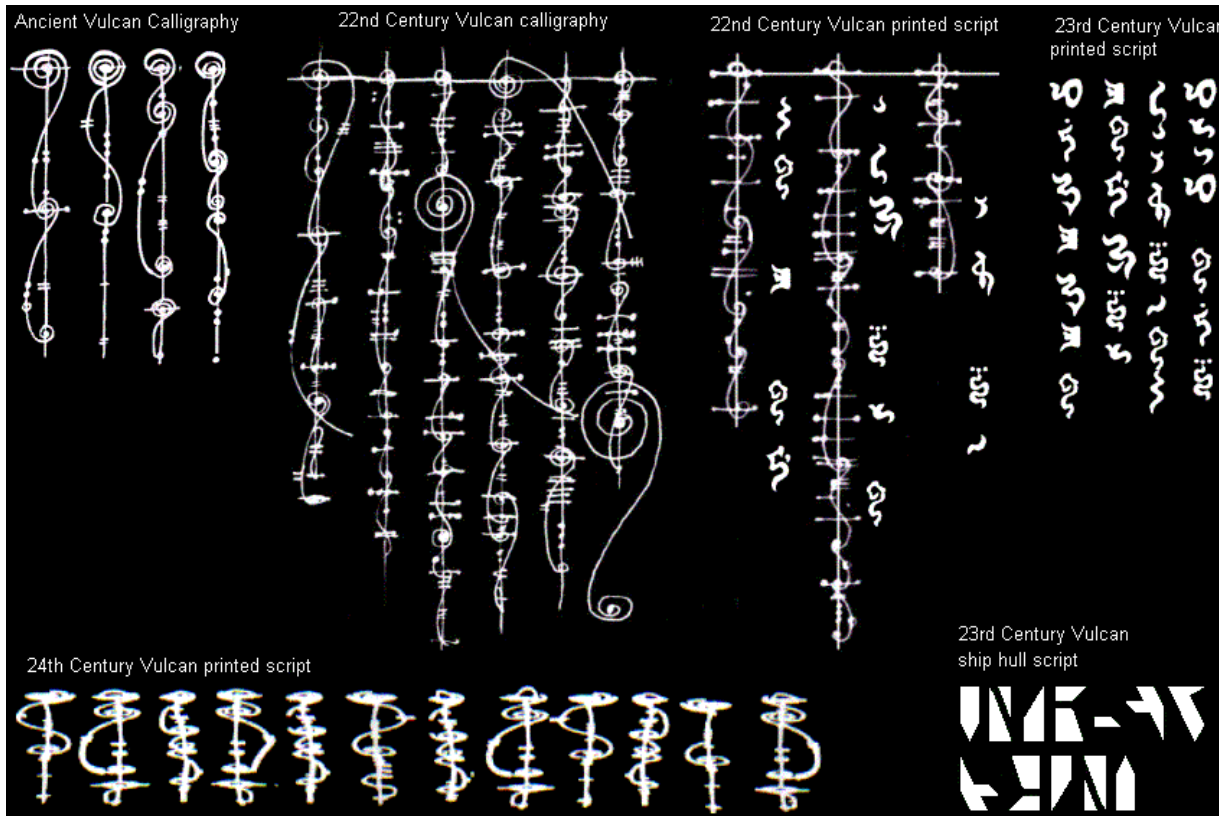
# Typen von den habitablen Exoplaneten



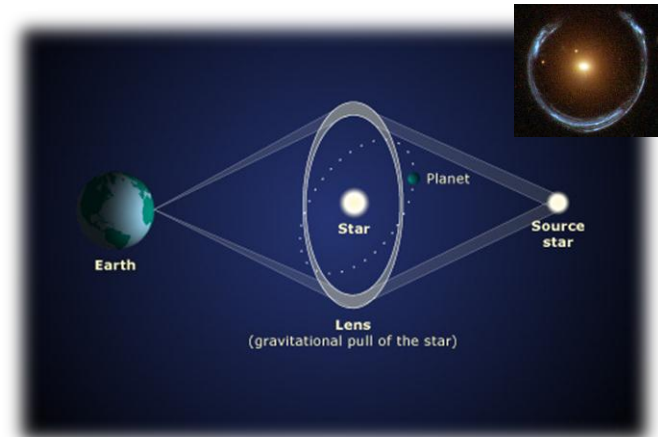
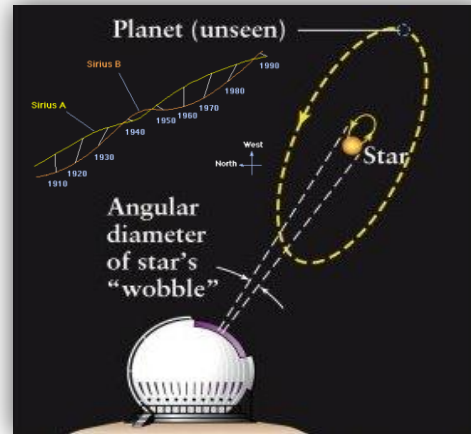
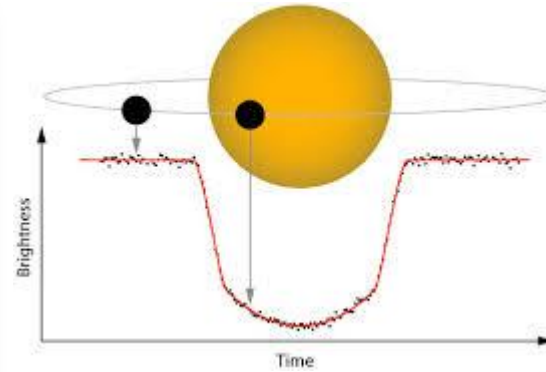
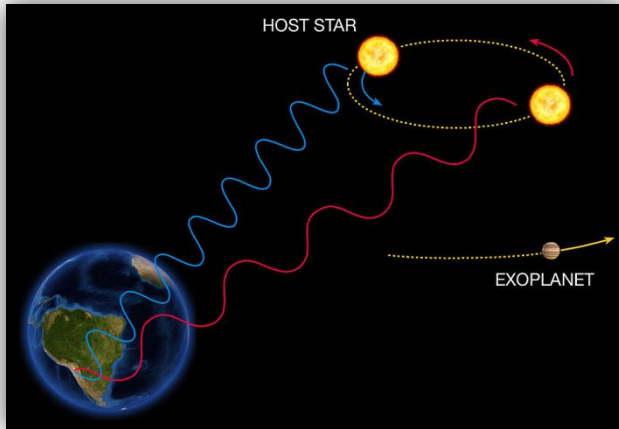
- **CLASS I:** klassische habitable Planeten, wo sich das Leben wie bei der Erde entwickeln und verbreiten kann
- **CLASS II:** Planeten, wo die Bedingungen am Anfang ihrer Geschichte für das Leben passend sind, sie sich aber in Welten mit harschen, extremen Bedingungen weiterentwickeln (Welten wie Mars oder Venus) – Leben für Mikroorganismen könnte möglich sein
- **CLASS III:** Satelliten von Riesenplaneten mit einem Ozean unter einer Eisschichte, sodass der Ozean sich im direkten Kontakt mit der unterliegenden Bodenkruste befindet (wie Europa)
- **CLASS IV:** Satelliten von den Riesenplaneten mit einem Ozean zwischen zwei Eisschichten (wie Titan, Ganymede, etc.)



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



# Wie sind Exoplaneten zu finden?



- Radialgeschwindigkeit
- Transitmethode
- Gravitational microlensing
- Transit timing variations
- Astrometrie
- Pulsar timing
- Direkte Beobachtungen

