Astronomie in Heidelberg

Vom Königstuhl in die Welt

Thomas Henning
Max-Planck-Institut für Astronomie

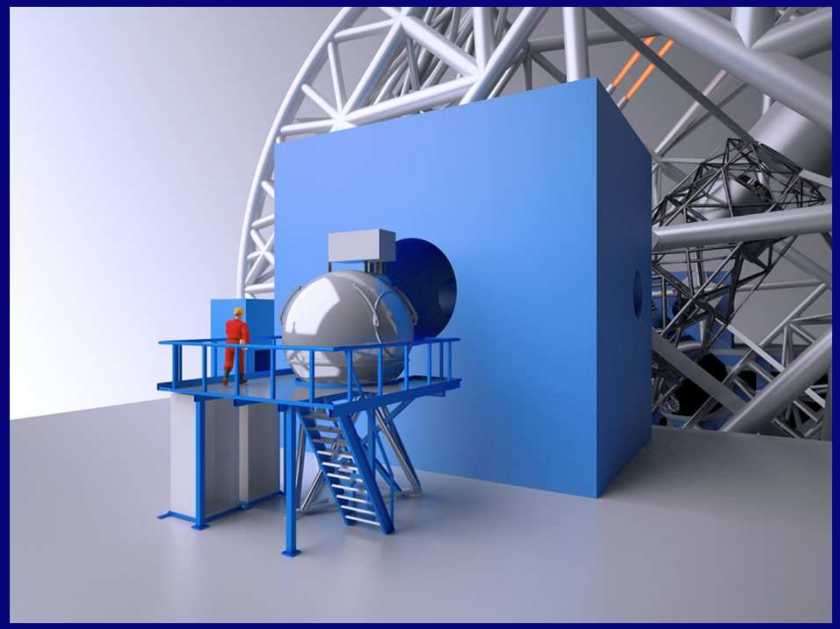
Max-Planck-Institut für Astronomie
Ein anderer Blick auf den Königstuhl

Zwei wissenschaftliche Abteilungen

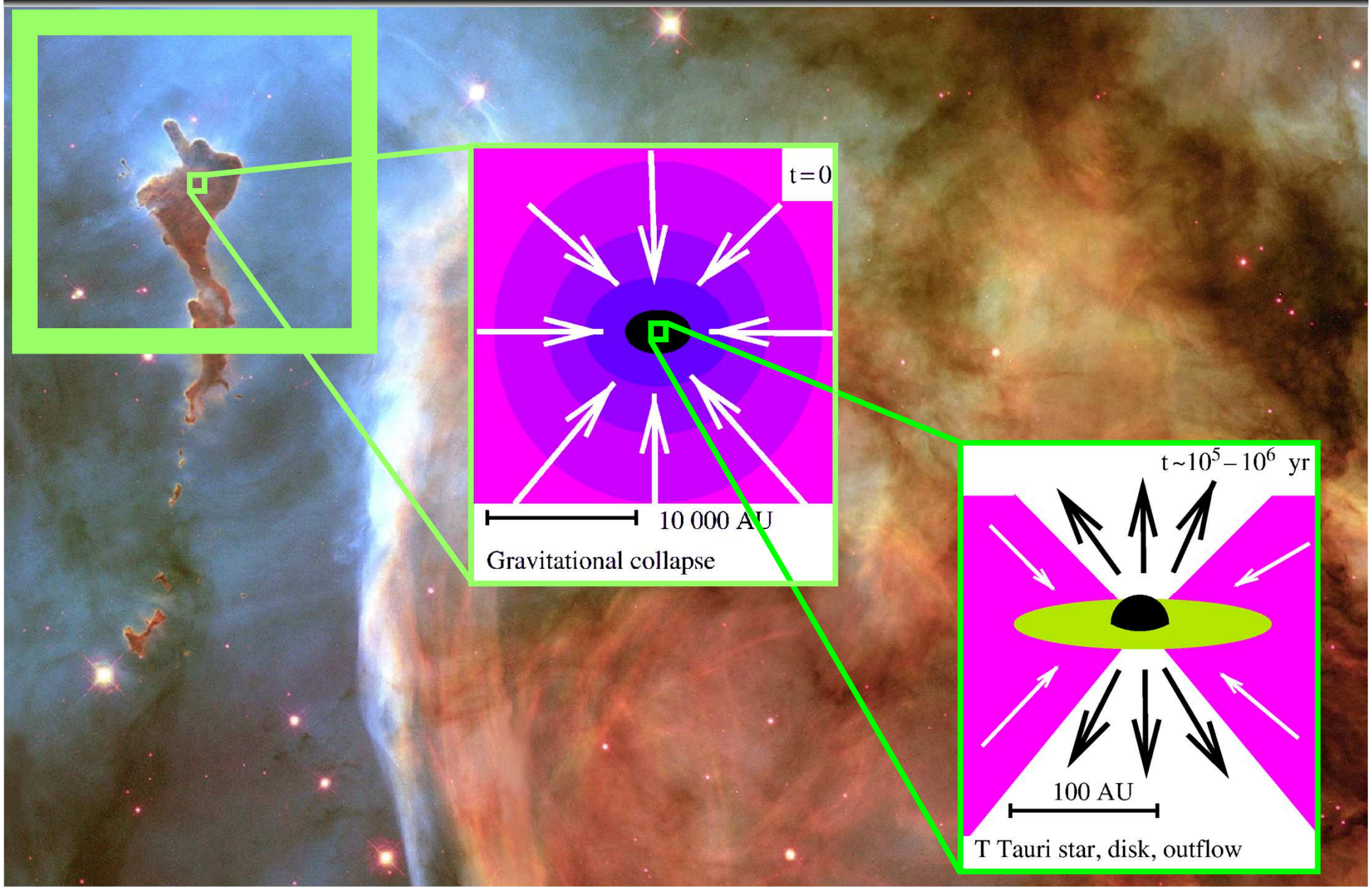
MPIA im letzten Jahrzehnt

METIS & MICADO: Instrumente für das ELT

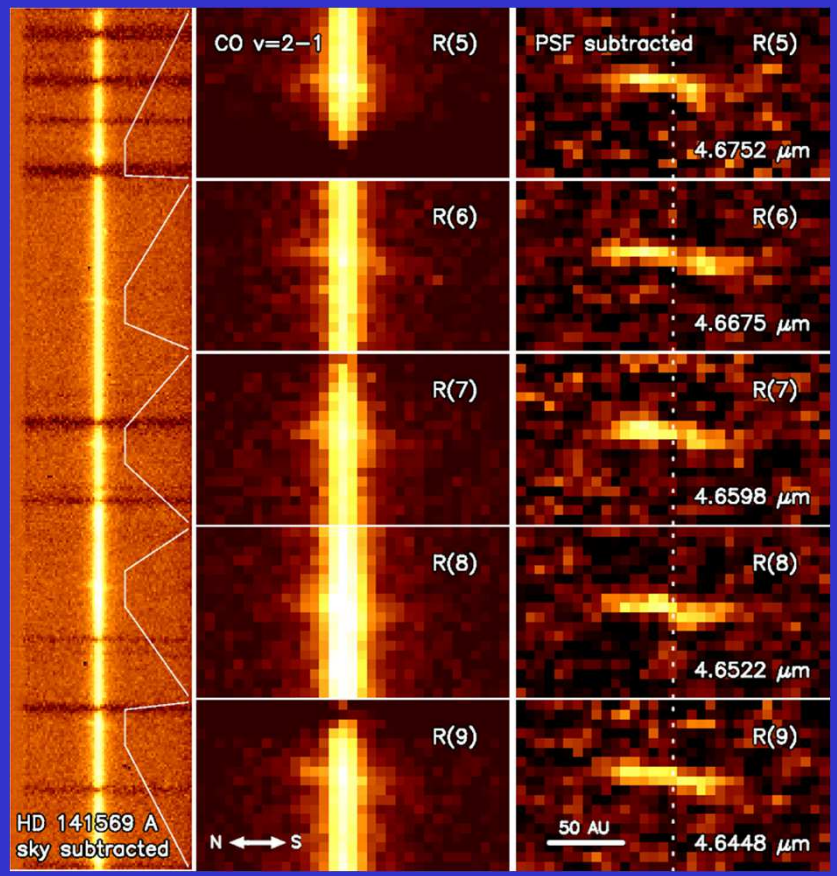
Startschuss vor wenigen Wochen:
Abkommen unterzeichnet



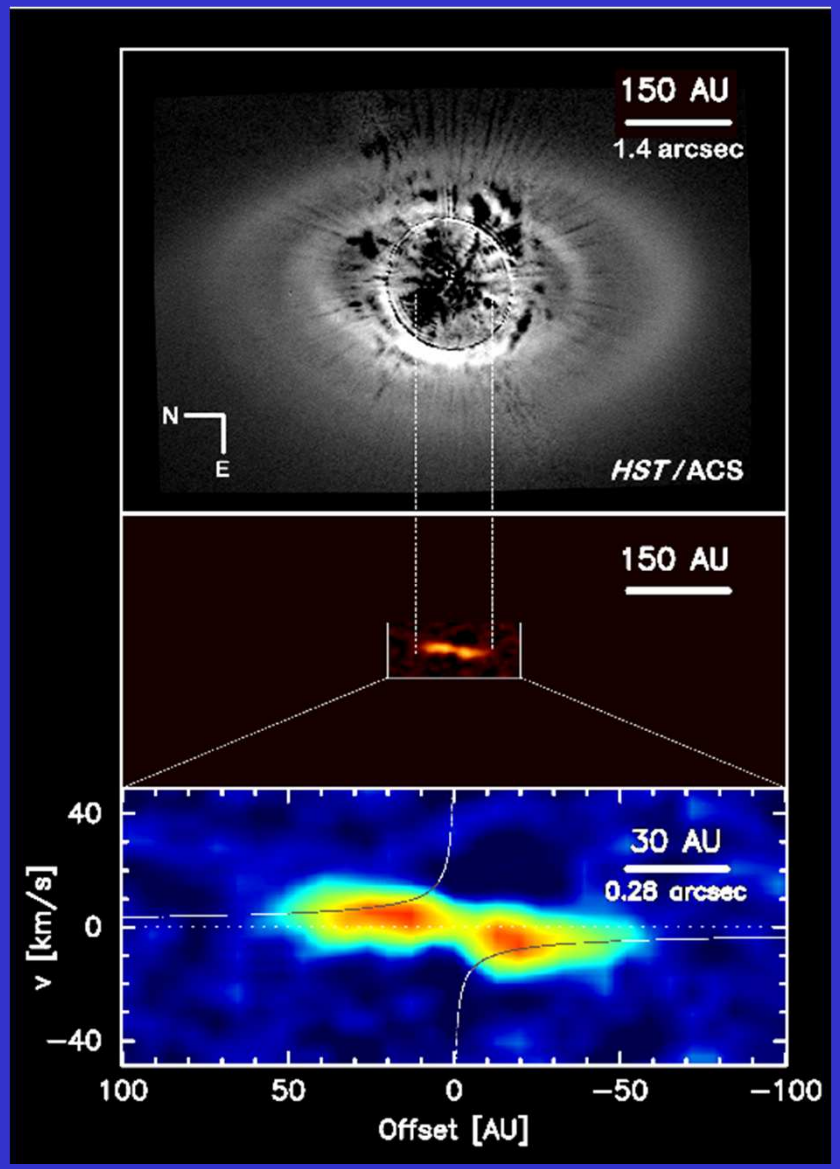
Molekülwolken – Sterne – Scheiben – Planeten



Protoplanetare Scheiben sind klein …

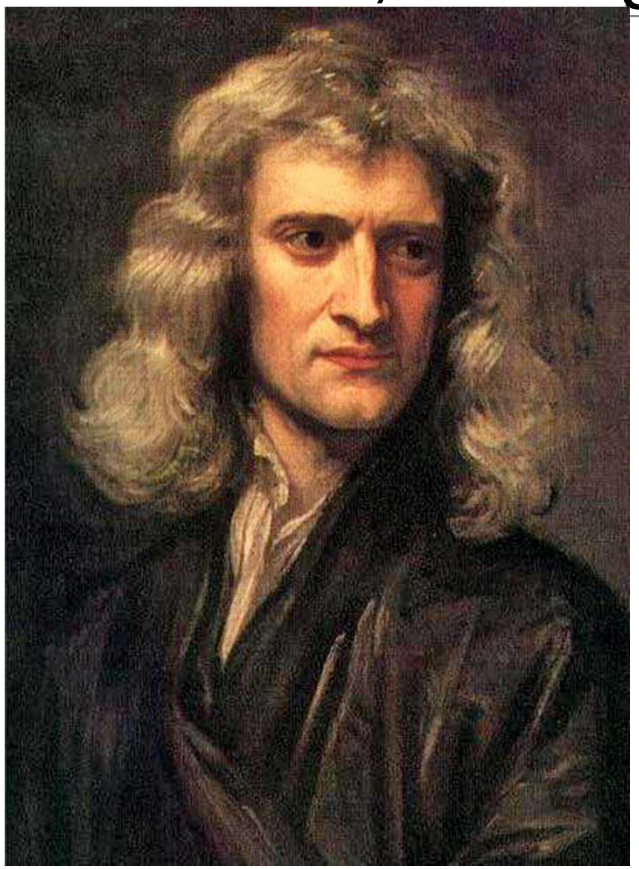


- CO-Emission bei 4,7 µm
- Gas auf Keplerbahn
- Innere Lücke (r~11 AU)



Goto et al. (2006)

Turbulenz, Seeing und viel mehr!



If the Theory of making Telescopes could at length be fully brought into Practice, yet there would be certain Bounds beyond which Telescopes could not perform. For the Air through which we look upon the Stars, is in a perpetual Tremor; as may be seen by the tremulous Motion of Shadows cast from high Towers, and by the twinkling of the fix'd Stars.

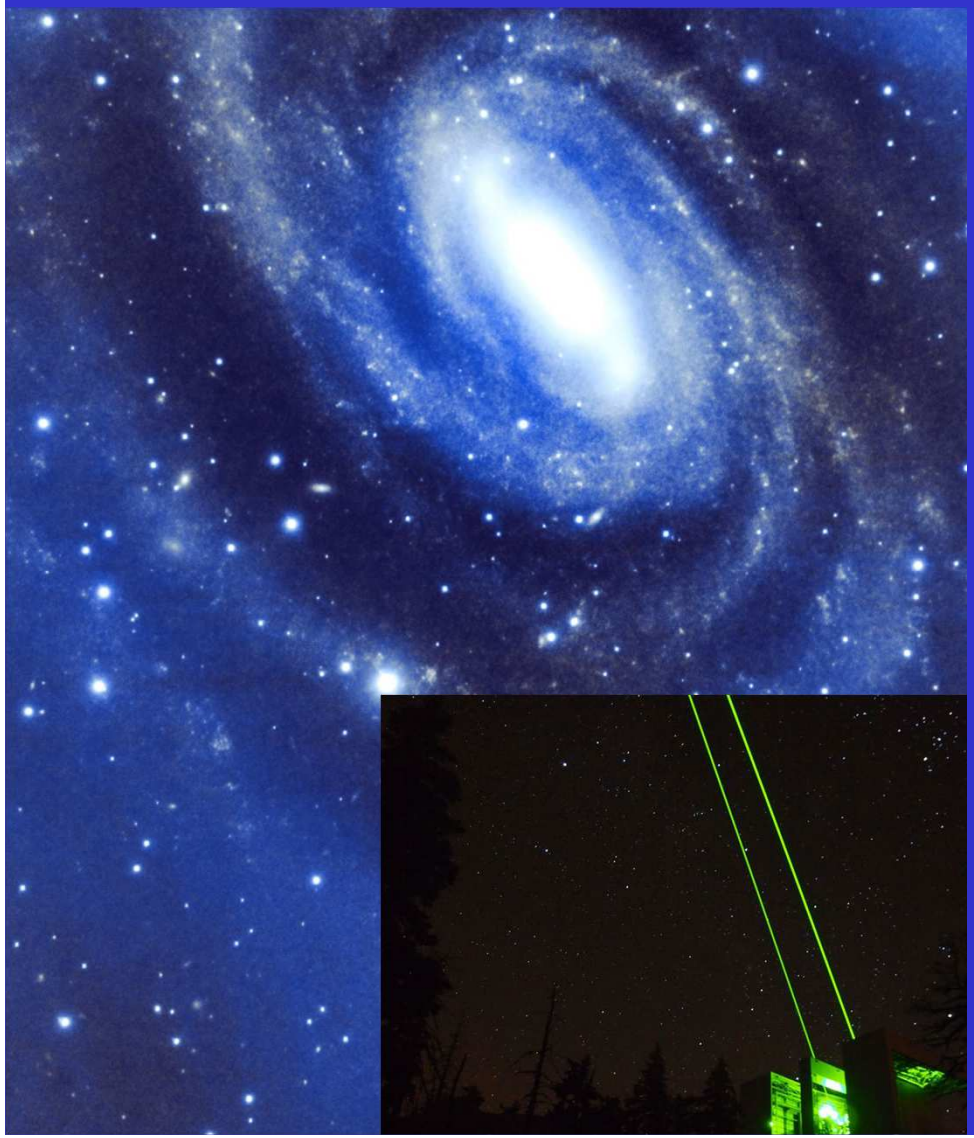
But these Stars do not twinkle when viewed through Telescopes which have large apertures. For the Rays of Light which pass through divers parts of the aperture, tremble each of them apart, and by means of their various and sometimes contrary Tremors, fall at one and the same time upon different points in the bottom of the Eye, and their trembling Motions are too quick and confused to be perceived severally. And all these illuminated Points constitute one broad lucid Point, composed of those many trembling Points confusedly and insensibly mixed with one another by very

Isaac Newton
Opticks, 1704

Newton erkannte die Wichtigkeit der Luftunruhe (Turbulenz), welche zu Seeing und Teleskopen auf hohen Bergen führte

Scharfer Blick des LBT auf NGC 6384

Durch Kombination von ARGOS und LUCI



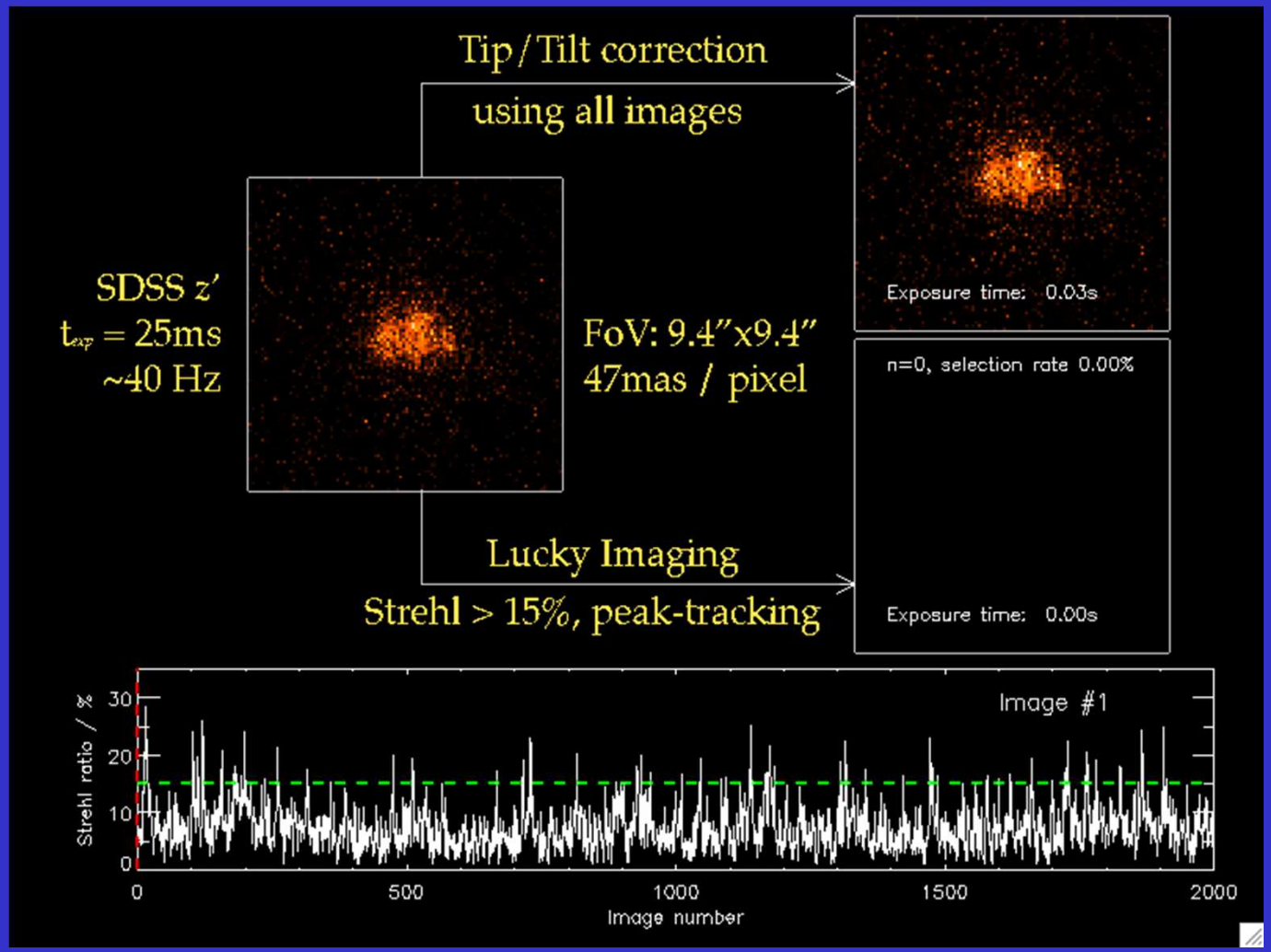
LUCI

- Infrarotkamera & Spektroskopie
- Großes Feld und beugungs-begrenzte Auflösung

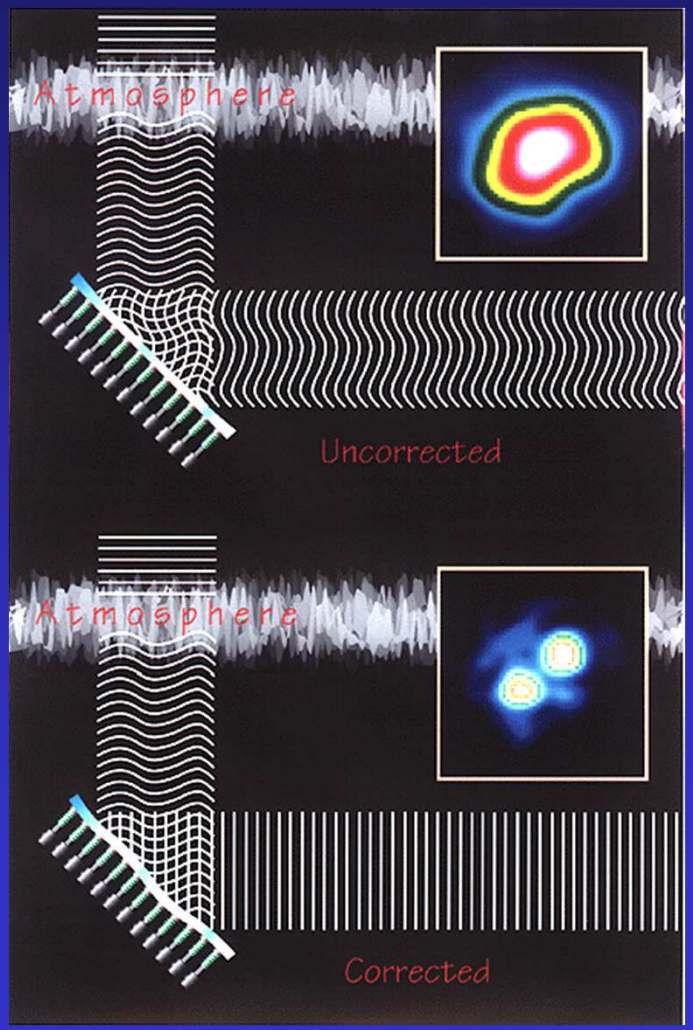
ARGOS

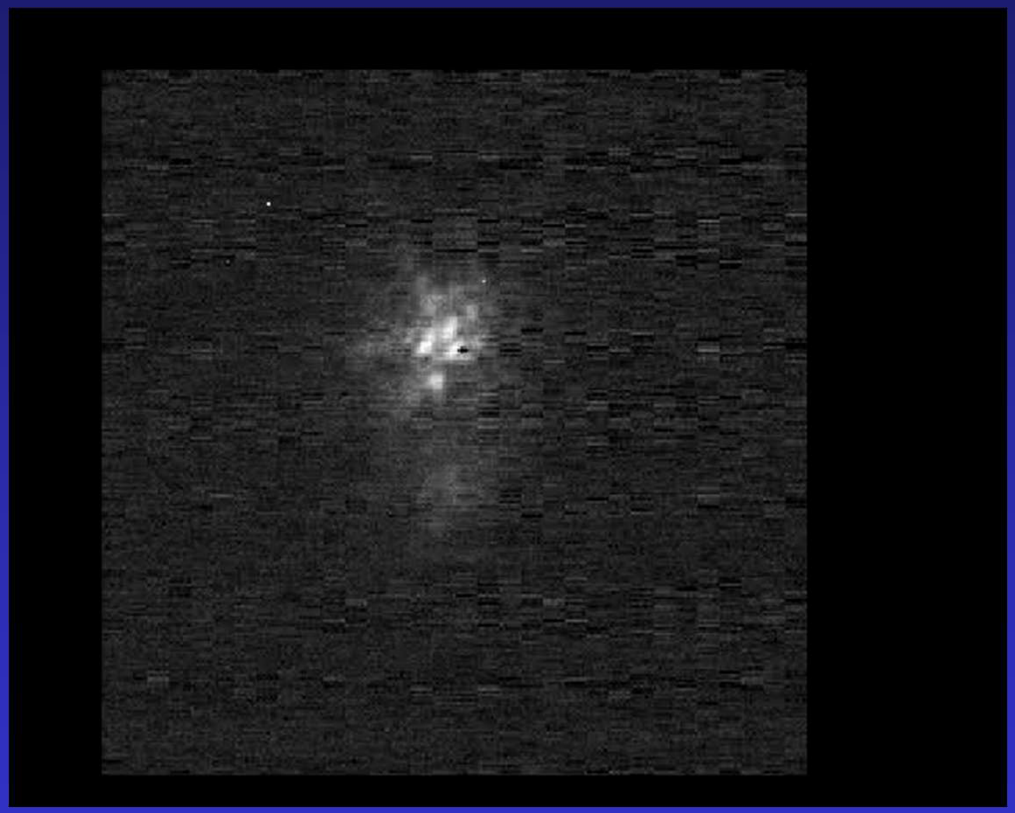
- LASER-Leitstern-System
- Künstlicher Stern zur AO-Korrektur

AstraLux-Beobachtung des ?-M-Zwerges 2MASS 03323578+2843554



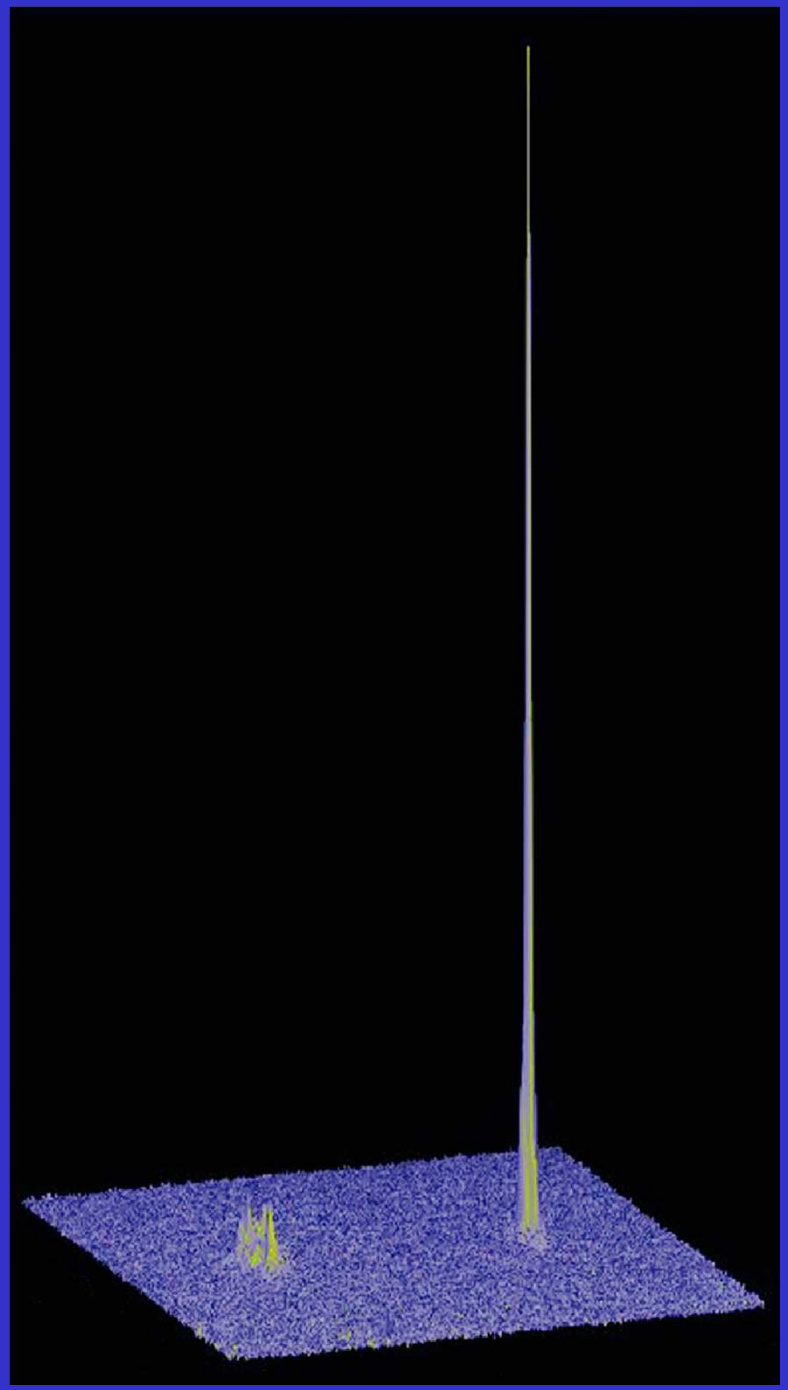
Atmosphärische Turbulenz: Adaptive Optik





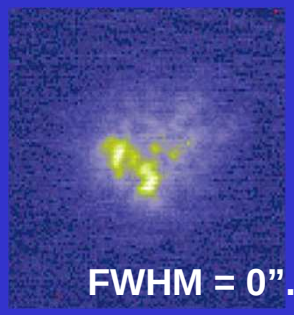
Adaptive Optik

Das erste Bild mit NAOS-CONICA.



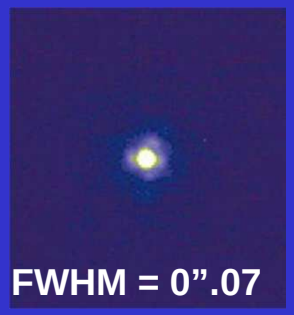
Adaptive Optik

aus

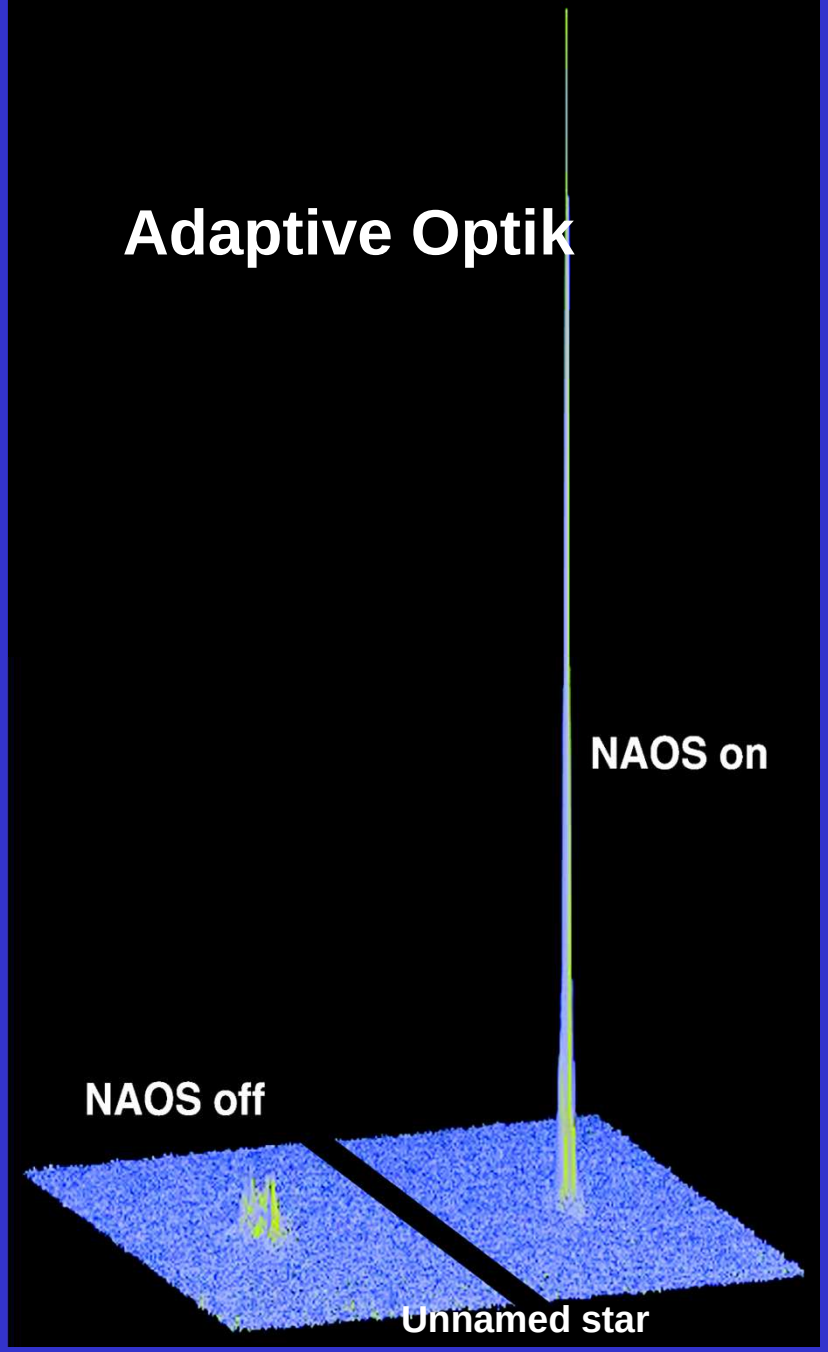


Adaptive Optik

an

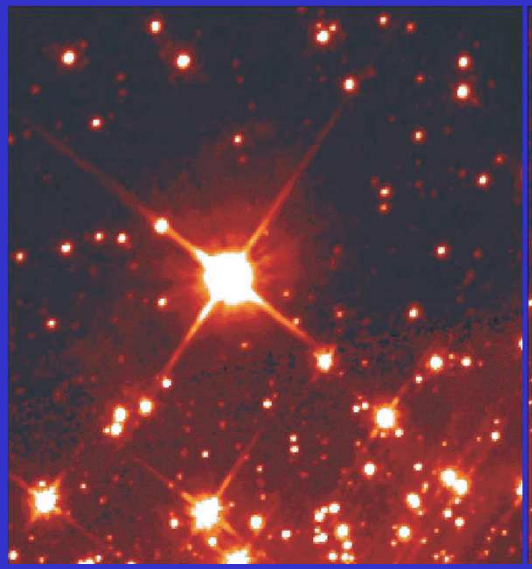


Adaptive Optik

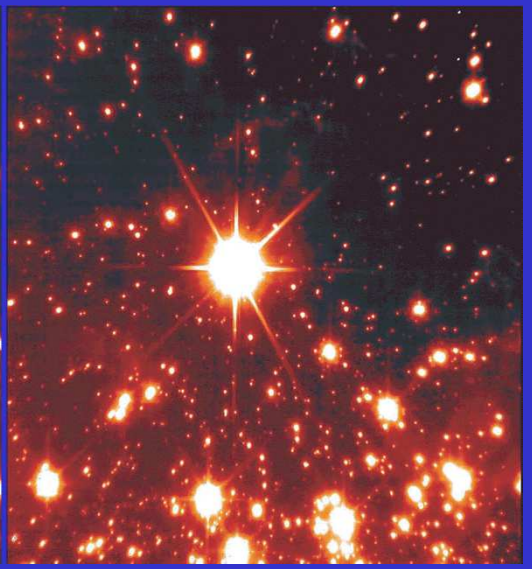


NGC 3603

HST

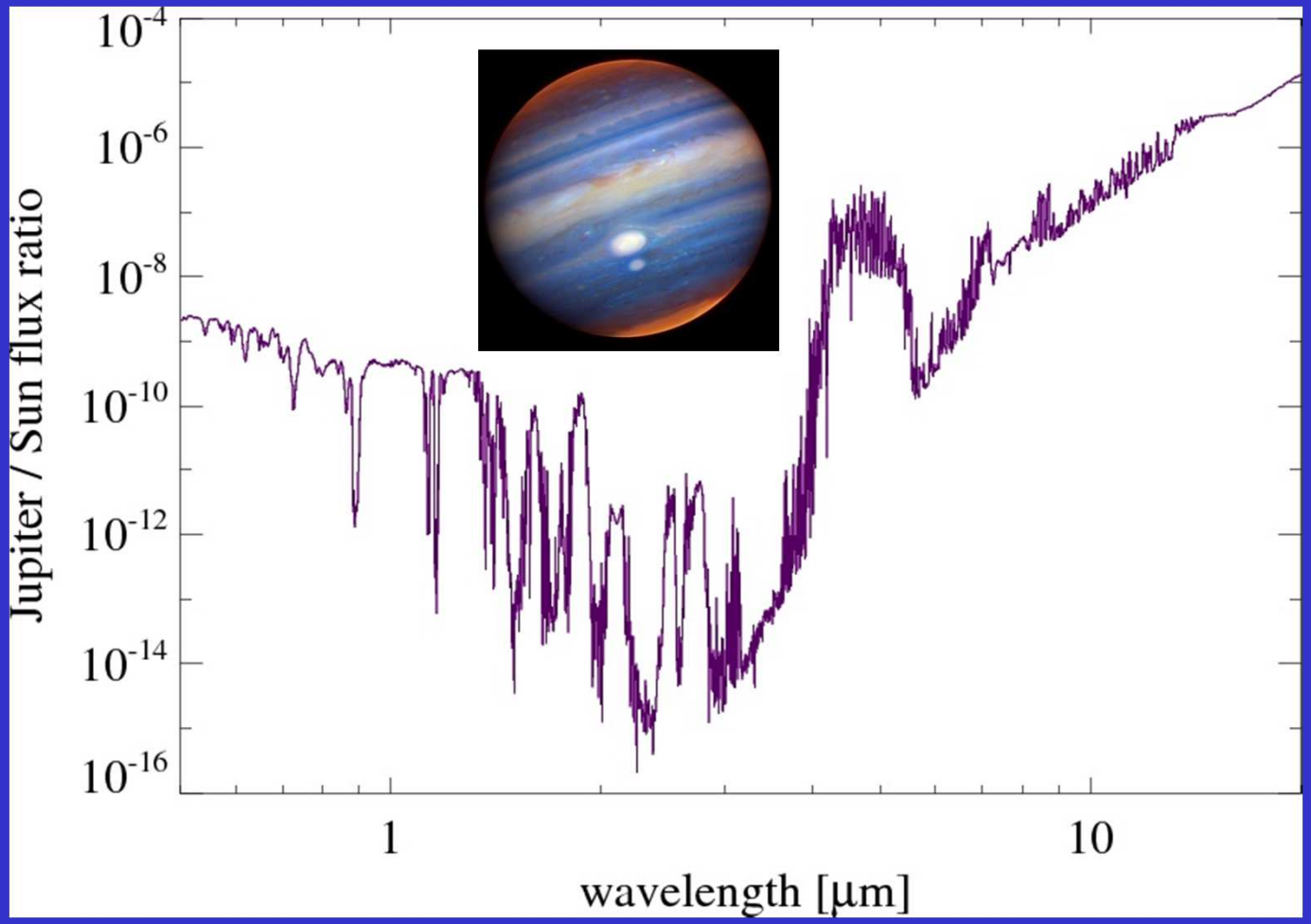


NAOS-CONICA



Die Suche nach der zweiten Erde …

Wie können wir einen extrasolaren Planeten sehen?



- Extremes Helligkeitsverhältnis zwischen Stern und Planet
- Kleine Winkelentfernung (< 1 arcsec)

Wie können wir einen extrasolaren Planeten sehen?

Wie können wir einen extrasolaren Planeten sehen?

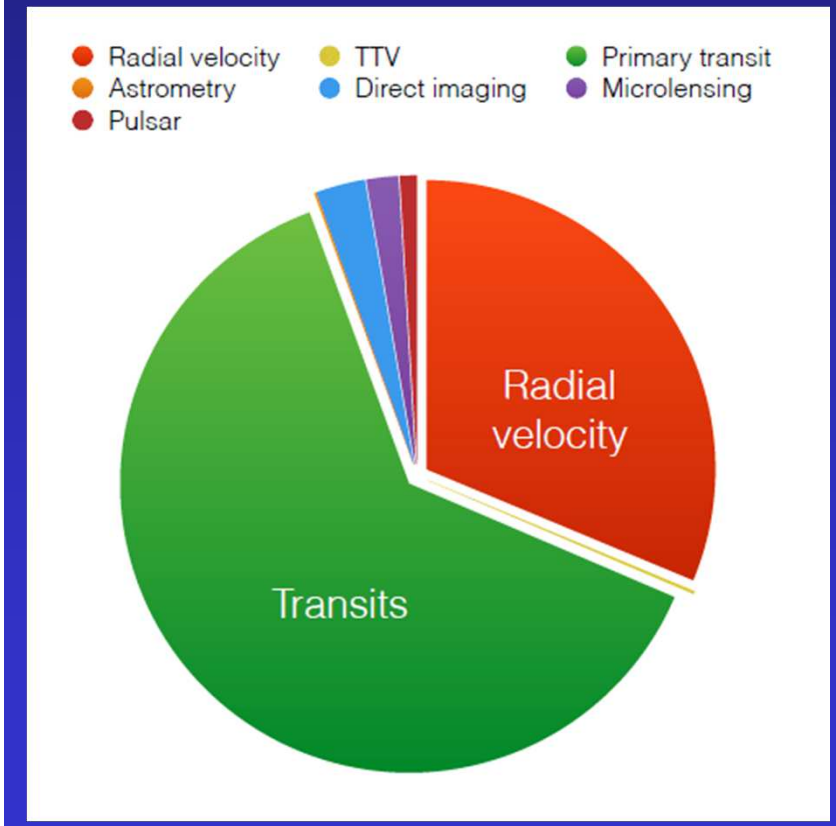
1995-2015 - Eine Flut von Entdeckungen …

Wolszczan & Frail (1992): Planetensystem um den Millisekundenpulsar PSR 1257+12

nature

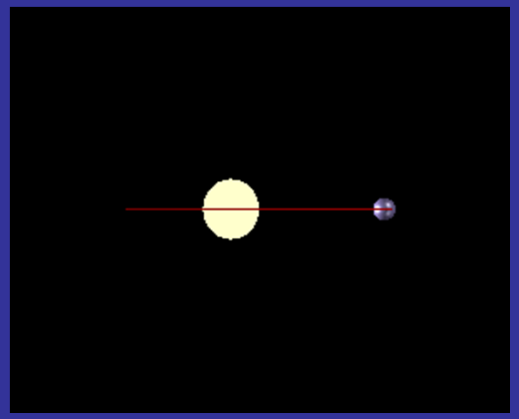
letters to nature

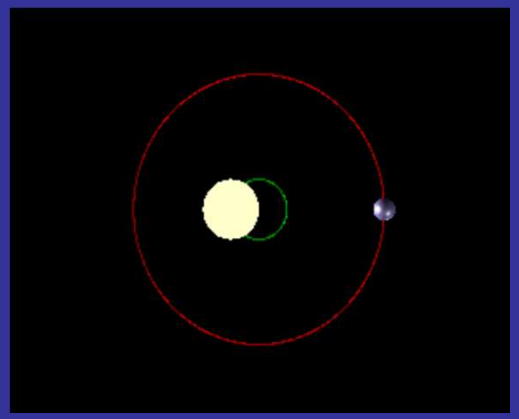
A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12

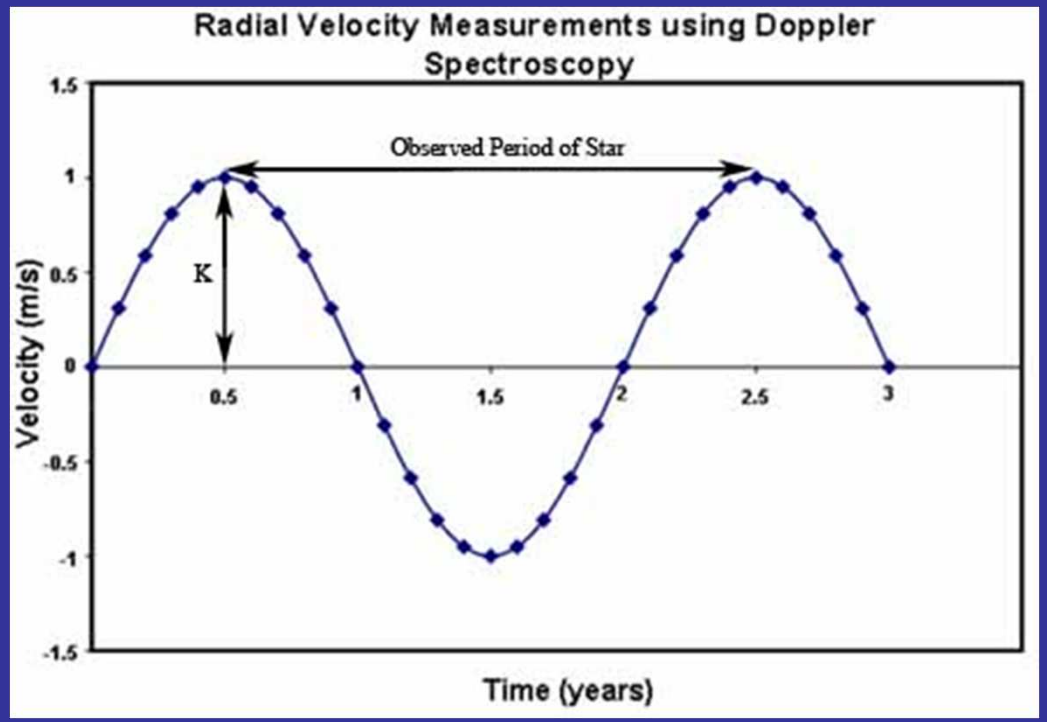


- **Mehr als 3000 Exoplaneten entdeckt**
- **Radialgeschwindigkeitsmethode (Planeten bis zu 10 AE Abstand; Gesteinsplaneten auf nahen Umlaufbahnen)**
- **Transit-Technik (Kepler-Mission) (Planeten bis zu 1AE Abstand; Erdähnliche Planeten bis zu Riesenplaneten)**
- **Heiße Jupiter sind dieAusnahme; Gesteinsplaneten sind am häufigsten**

Was messen wir?







$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

100 km/s → 0.22 nm @ 656 nm

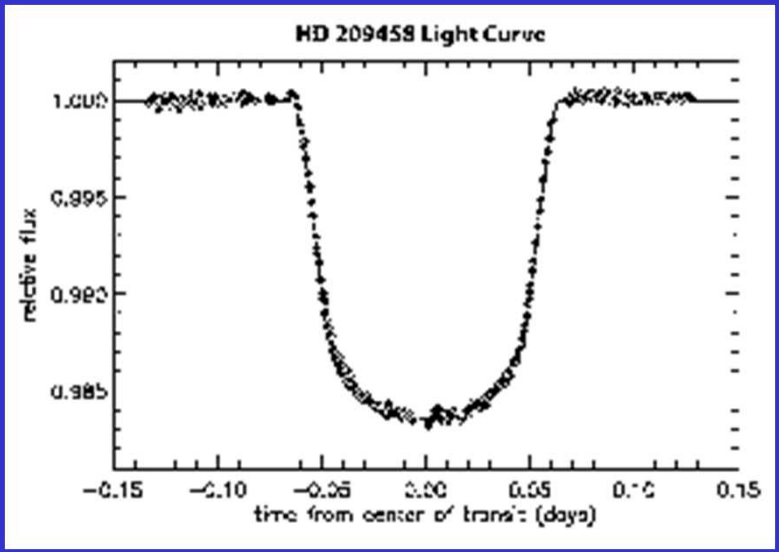
Wir messen M sin i

Erde um die Sonne	**9 cm/s und 1 Jahr**
Jupiter um die Sonne	**11 m/s und 11 Jahre**
Jupiter @ Erdbahn	**25 m/s und 1 Jahr**

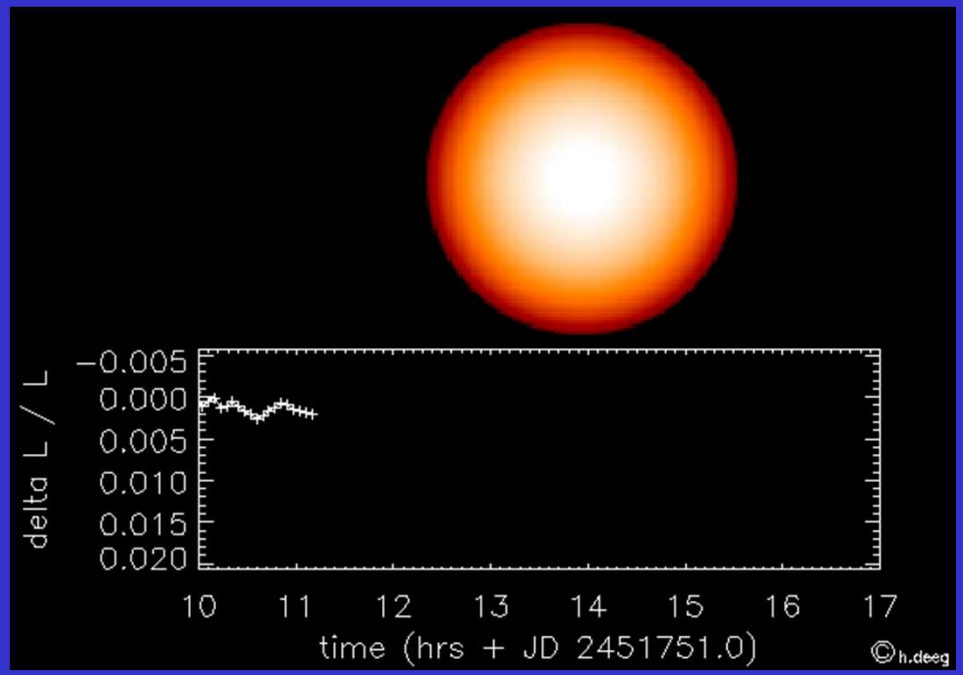
Erinnern Sie sich an das Jahr 2004?

Transits

Hubble Space Telescope
HD 209458



Brown et al. (2001)



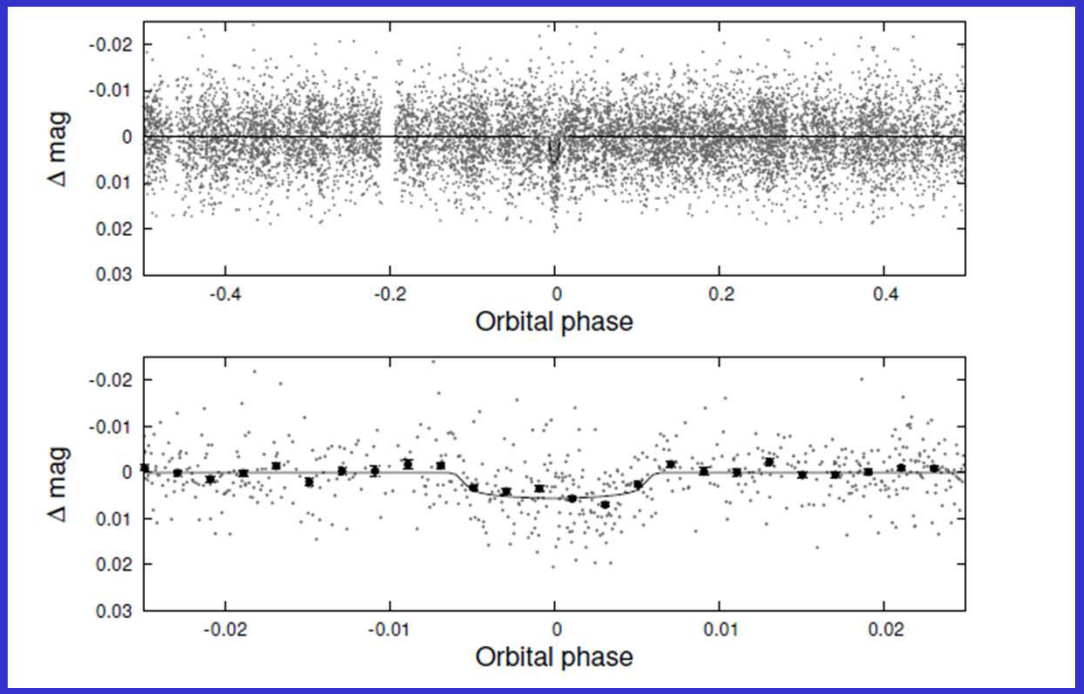
Masse = 0,62 M_J
Große Halbachse = 0,046 AE
Radius 1,42 R_J
Dichte 0,27 g/cm^3

Hat-South – Planeten rund um die Uhr

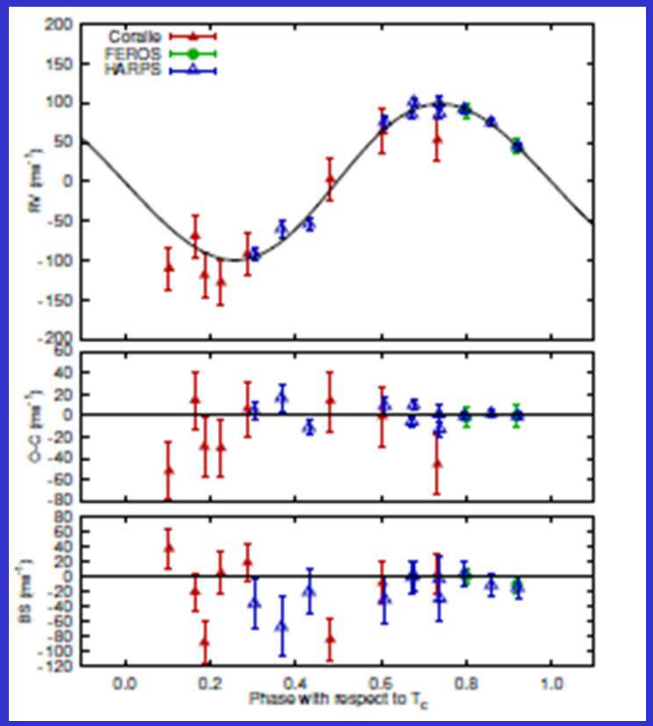
Drei Plätze in Chile, Australien und Namibia (2x 4 Teleskope)

- 2015: 4 Millionen Sterne beobachtet
- 54 Tbyte Daten/Jahr; 128 Quadratgrad/Station
- Technische Details: Bakos et al.: PASP 125, 154 (2013)

HATS-17b - Eine Entdeckung für heute …



Entdeckungslichtkurve

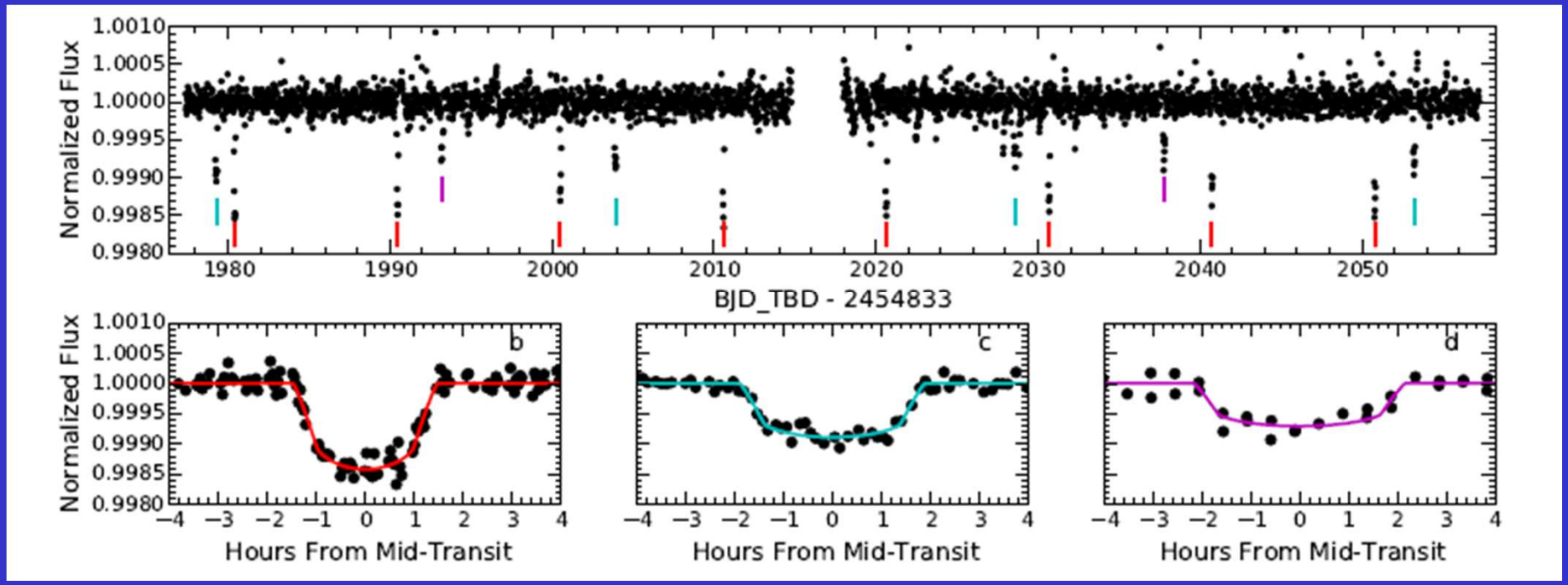


Radialgeschwindigkeit-Bestätigung

Planet um hellen (V=12.4 mag) metallreichen sonnenähnlichen Stern (Brahm et al. 2016)

Warmer Jupiter auf Kreisbahn mit längster vom Boden gemessener Periode von 16.2546 Tagen: 0,777 R_J und 1,338 M_j (stark angereichert mit schweren Elementen)

K2 Collaboration – Unsere Jagd …



3 „transiting“ Planeten mit 1,5-2,1 R_{earth} (Perioden: 10-45 Tage)
Planet d an innerer Kante der habitablen Zone
Mutterstern ist heller M0-Zwerg (Ks=8.6 mag)

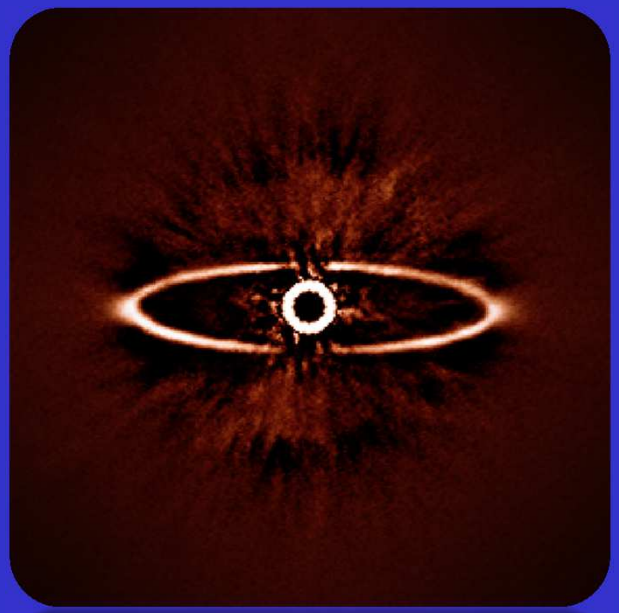
(Crossfield et al. 2015, … und die nächsten: Schlieder et al. 2016)

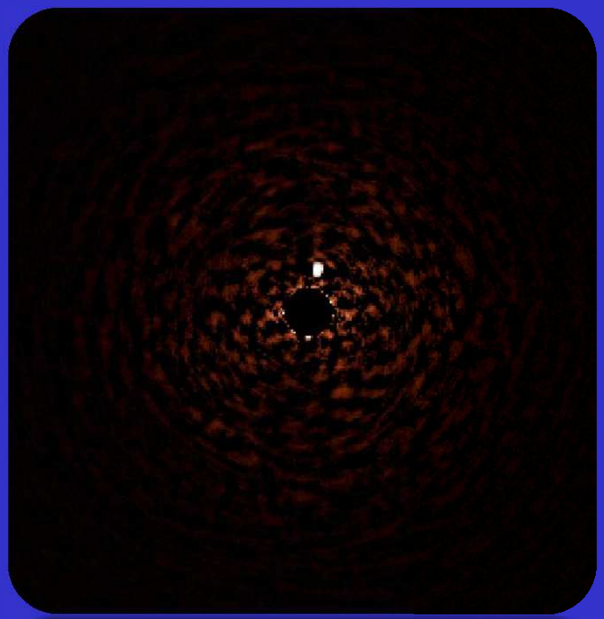
European Southern Observatory – Paranal/Chile

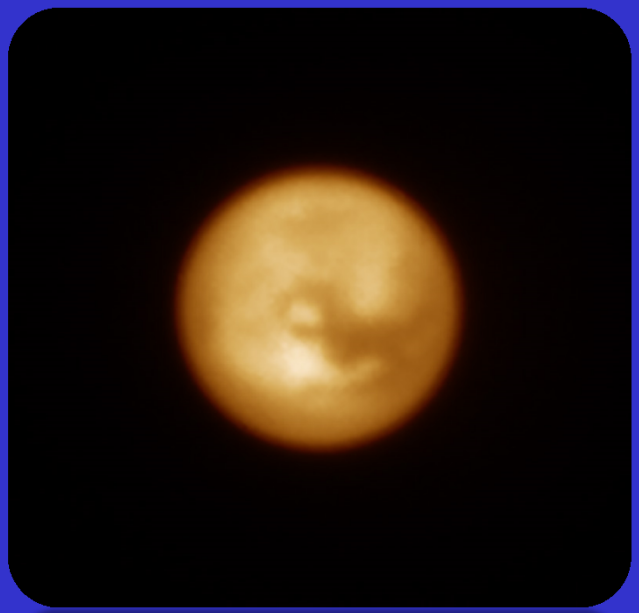
Very Large Telescope (VLT) : 4 x 8 m und VLT Interferometer

Der Planetenjäger SPHERE – Ankunft in Chile

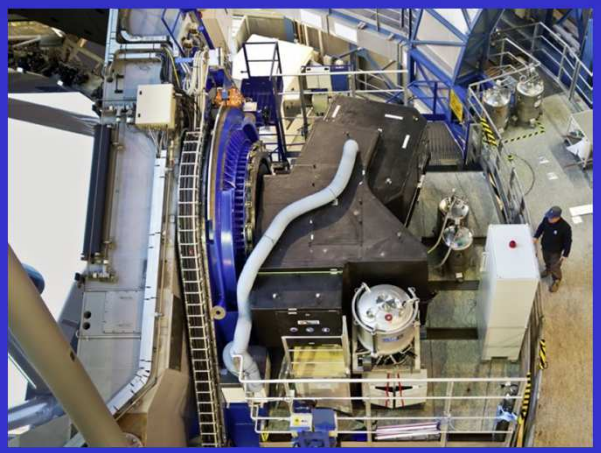
SPHERE – Und es funktioniert perfektioniert



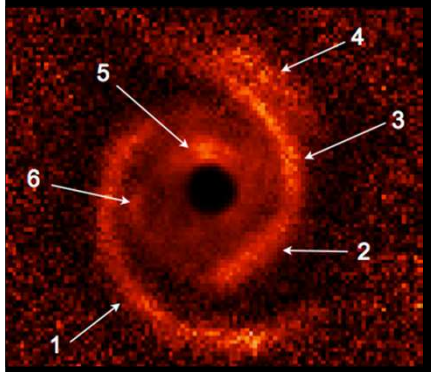




Erste SPHERE - Bilder

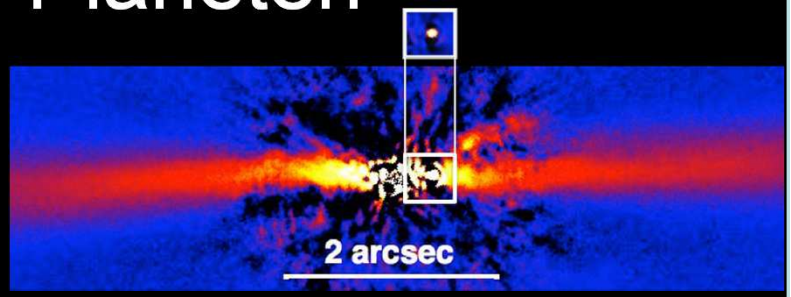


SPHERE: Von Scheiben zu Planeten



MWC 758

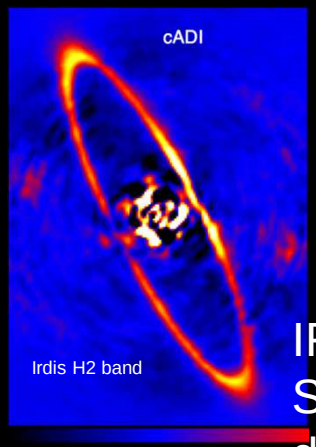
β Pic

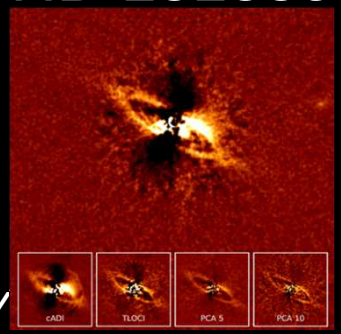


HD 131835

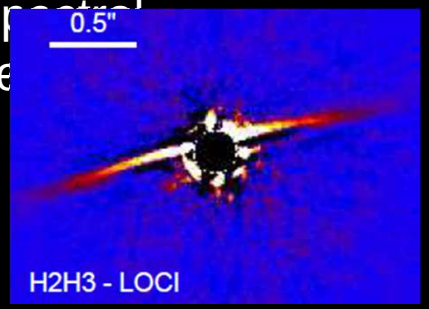
HD142527

HR4796A

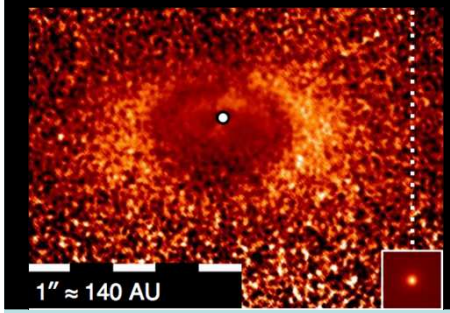




IFS Y
Sp
de



HD 106906



LkCa 15

AU Mic

Scheiben aufgelöst – Eine Revolution

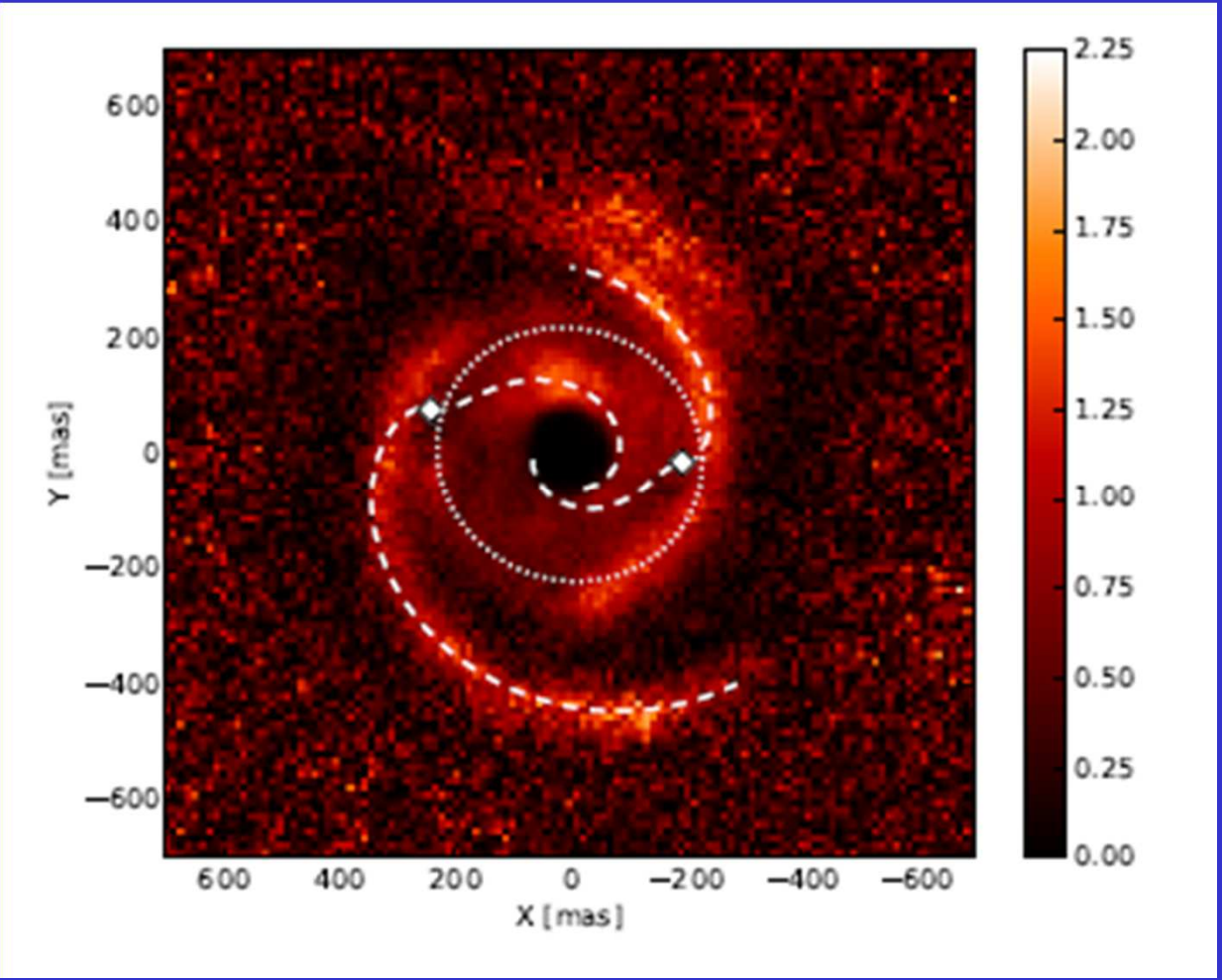
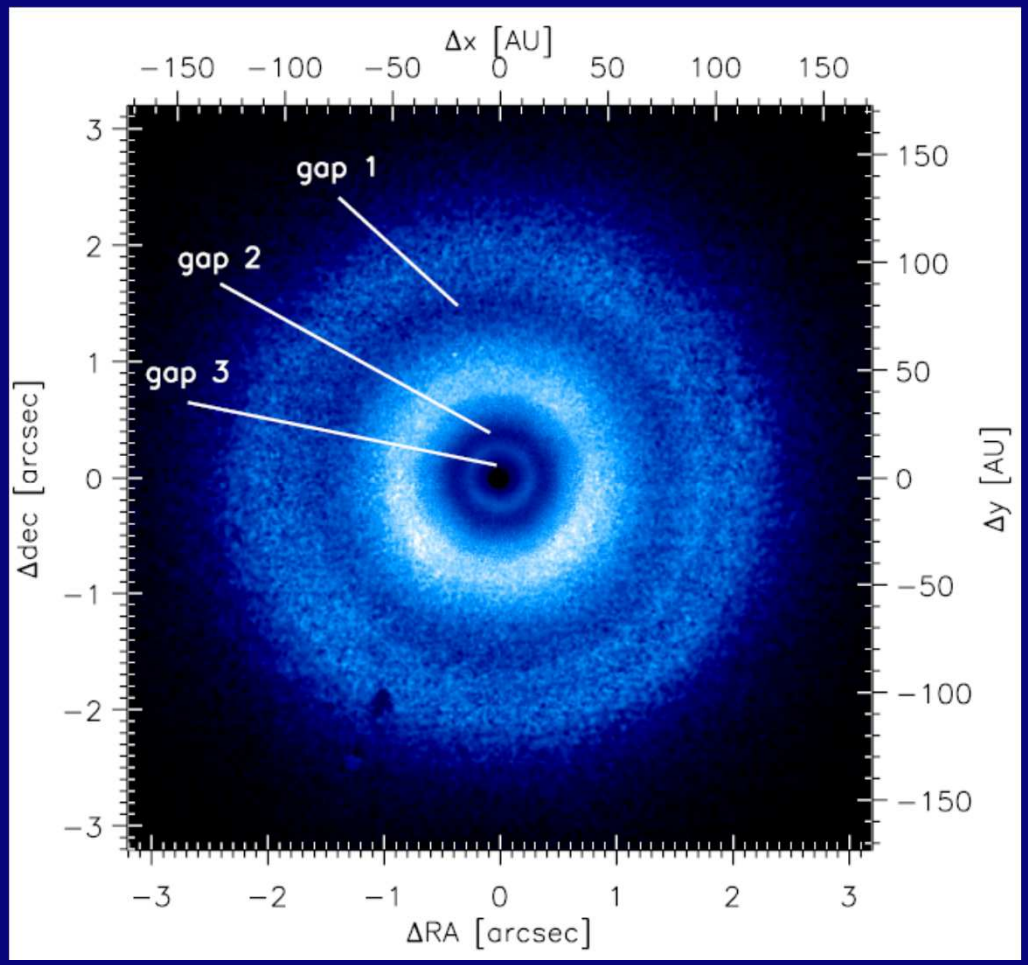


Abbildung in polarisierten Licht von MWC 758 mit SPHERE

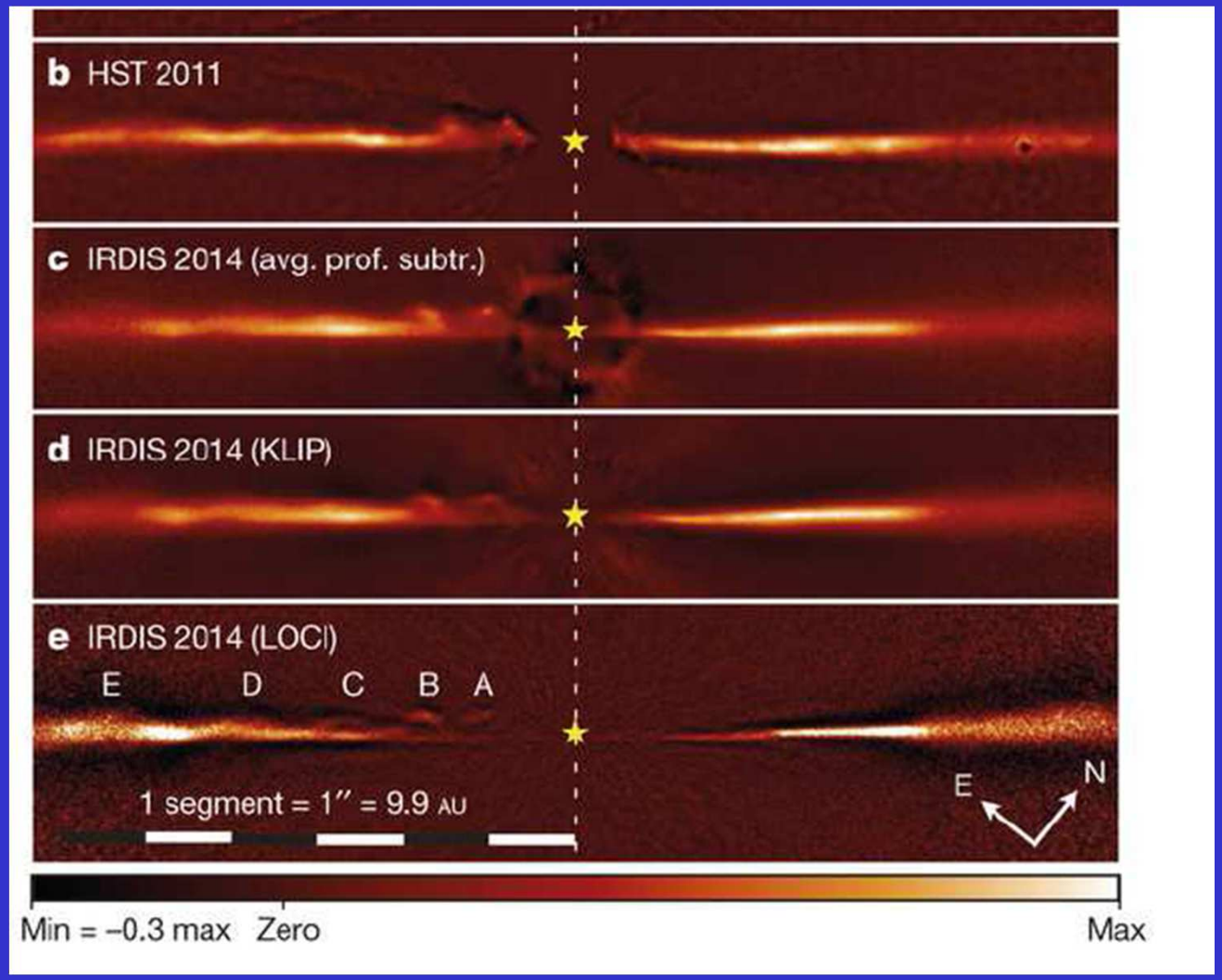
λ =1.04 µm mit 0.027´´ Auflösung (26-148 AE) zusammen mit Modell (Benisty et al. 2015)

SPHERE – Die Entdeckungsmaschine am VLT



TW Hydrae Ringwelt – SPHERE @ H band mit Lyot-Koronagraph (93 marcsec) – van Boekel, Henning et al. (2016)
Lücken @ 85, 21, and 6 AE

AU Mic in Bewegung – Weltraum & Boden

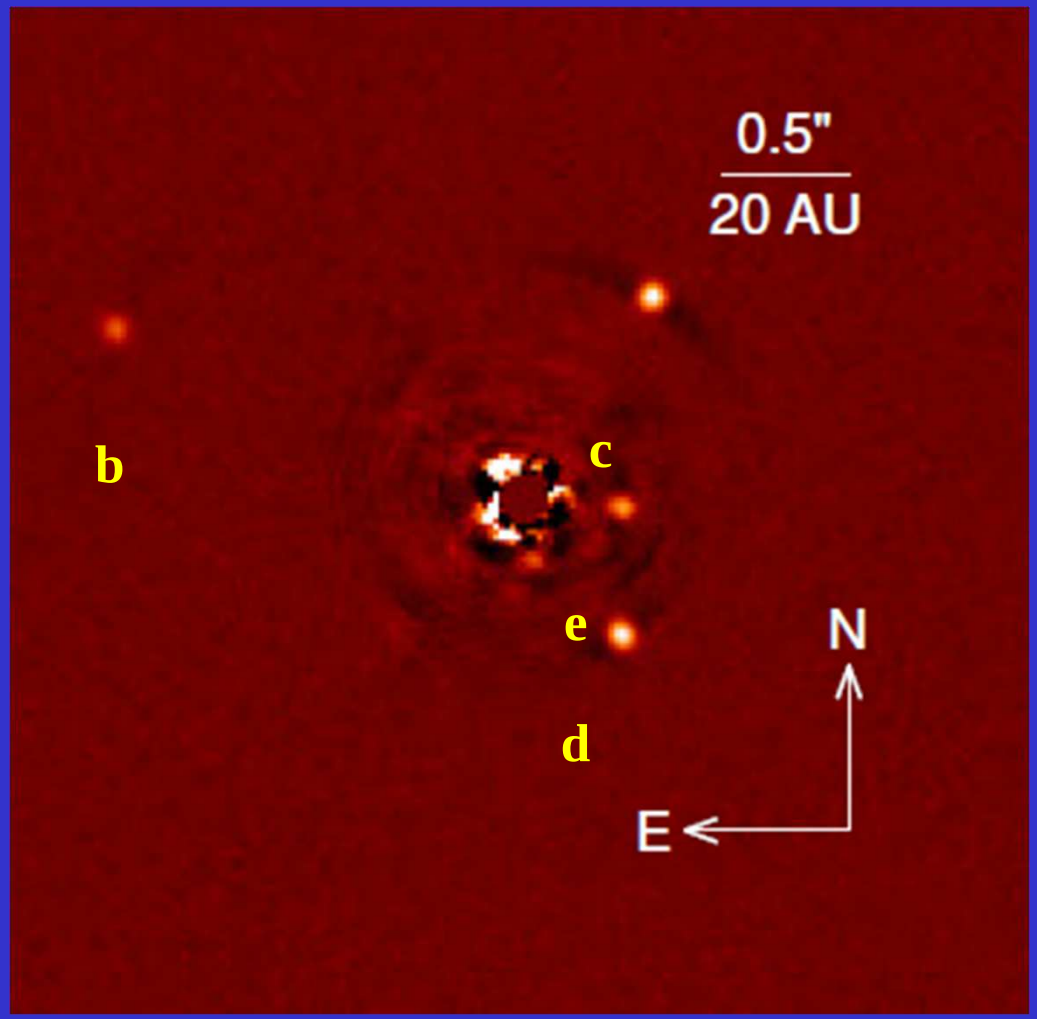


Boccaletti + SPHERE GTO + HST-Teams (Nature 526, 230, 2015)
Hohe projizierte Geschwindigkeiten von 4-10 km/s

Das Large Binocular Telescope

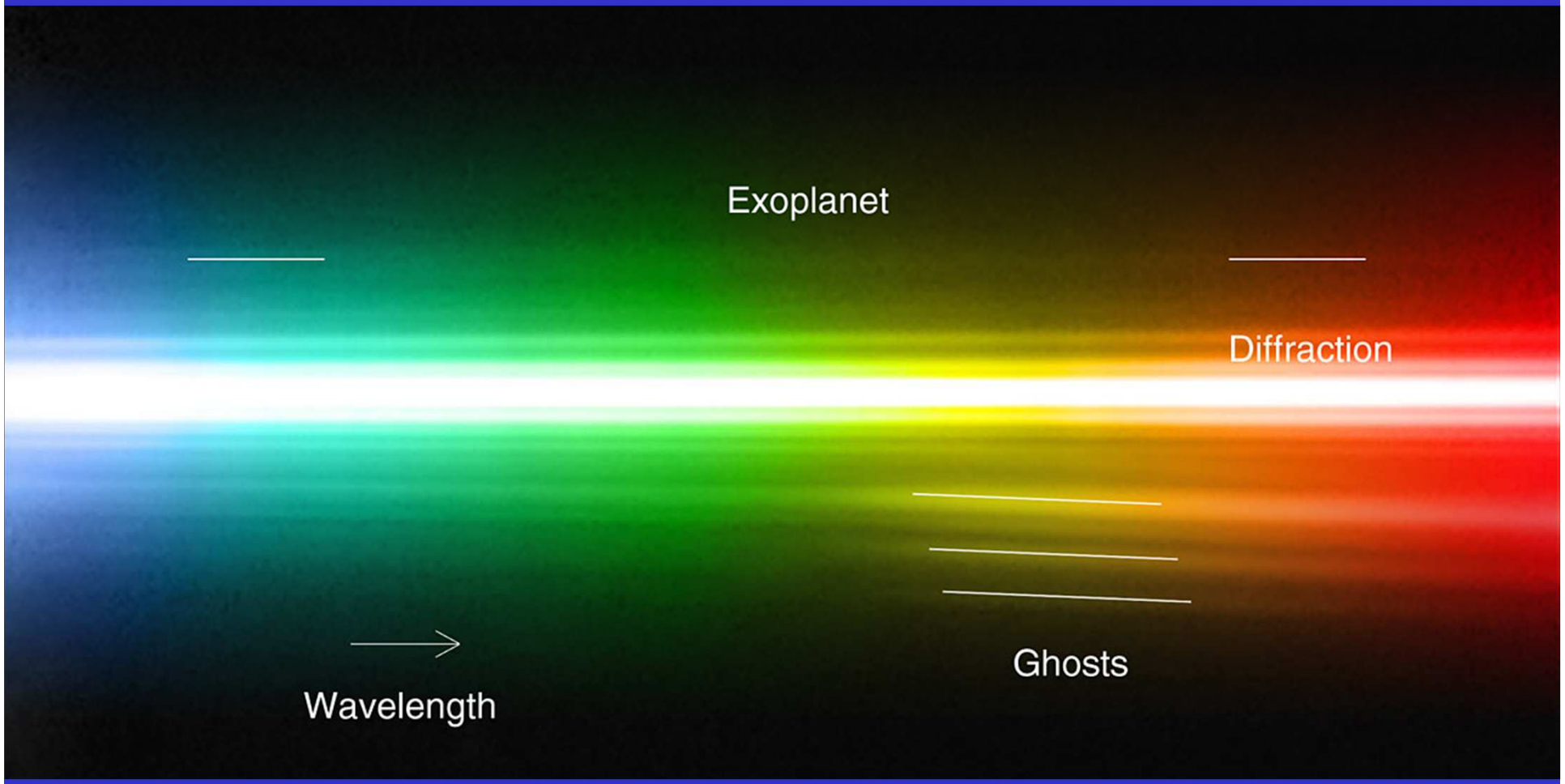
Wir können sie auch sehen …

L´ Band-Abbildung
des HR 8799- Systems
LBT/LEECH
Maire et al. (2015)



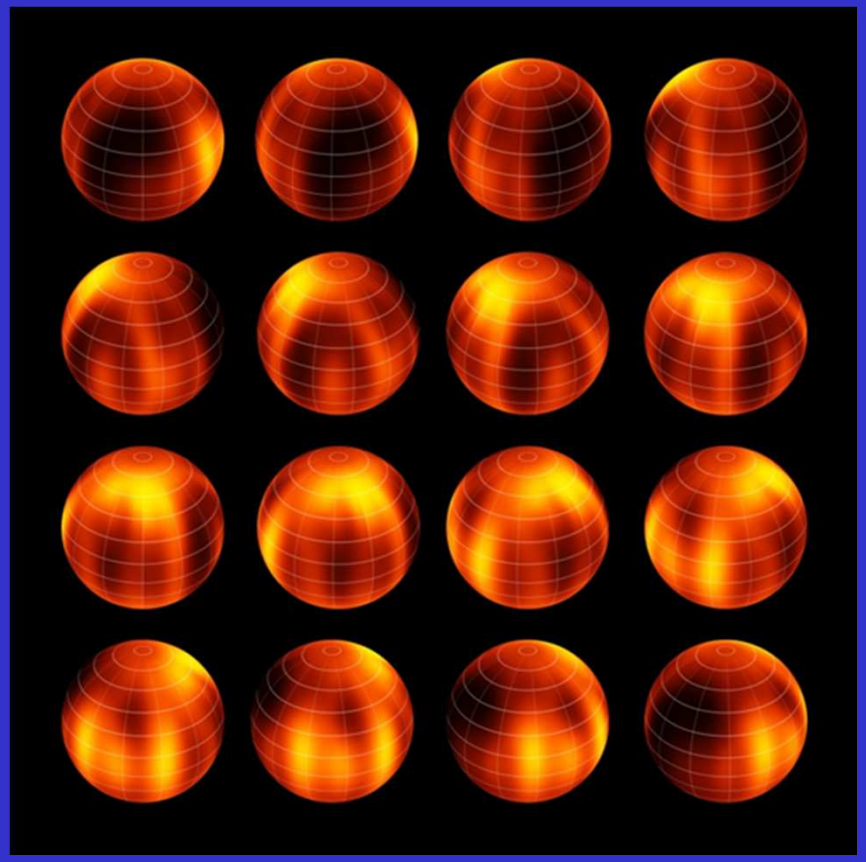
(Entdeckung durch Marois et al. 2008, 2010)

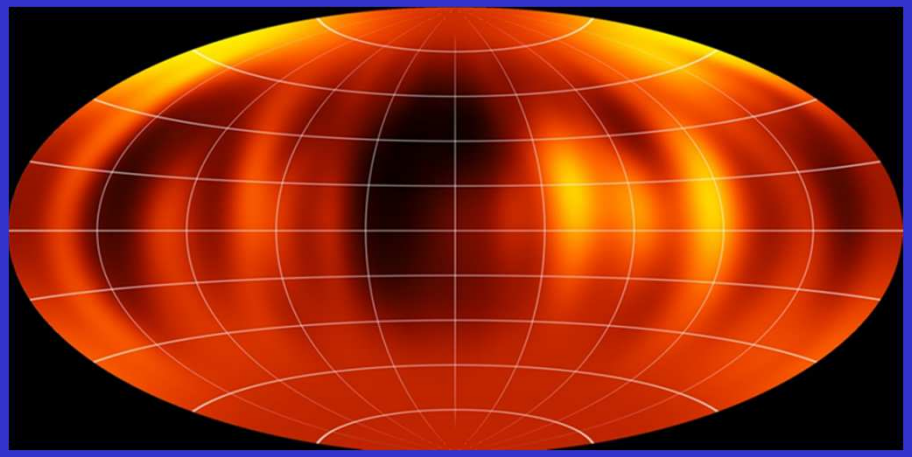
Räumlich aufgelöste Spektroskopie: HR 8799b



Janson et al. (2010)

Wetter auf einem Braunen Zwerg

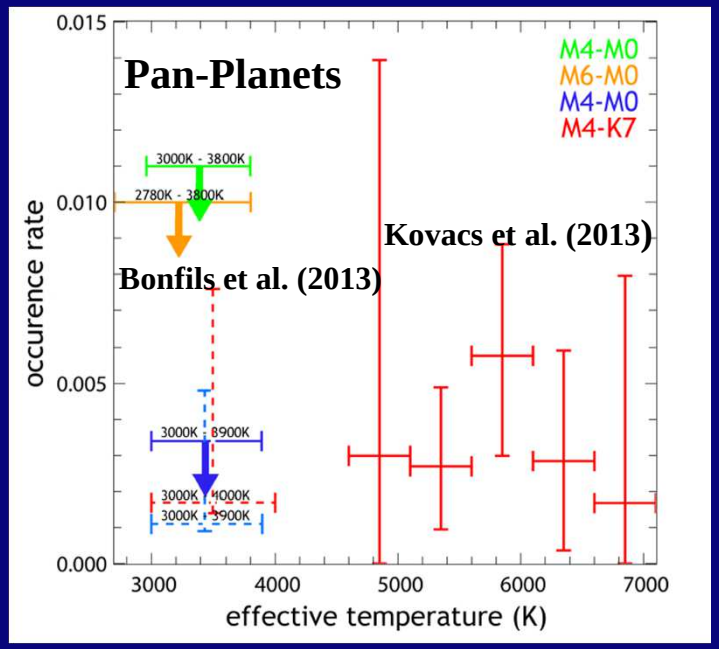




Crossfield et al. (2014)

Erfolgreiche Exoplaneten-Programme etabliert

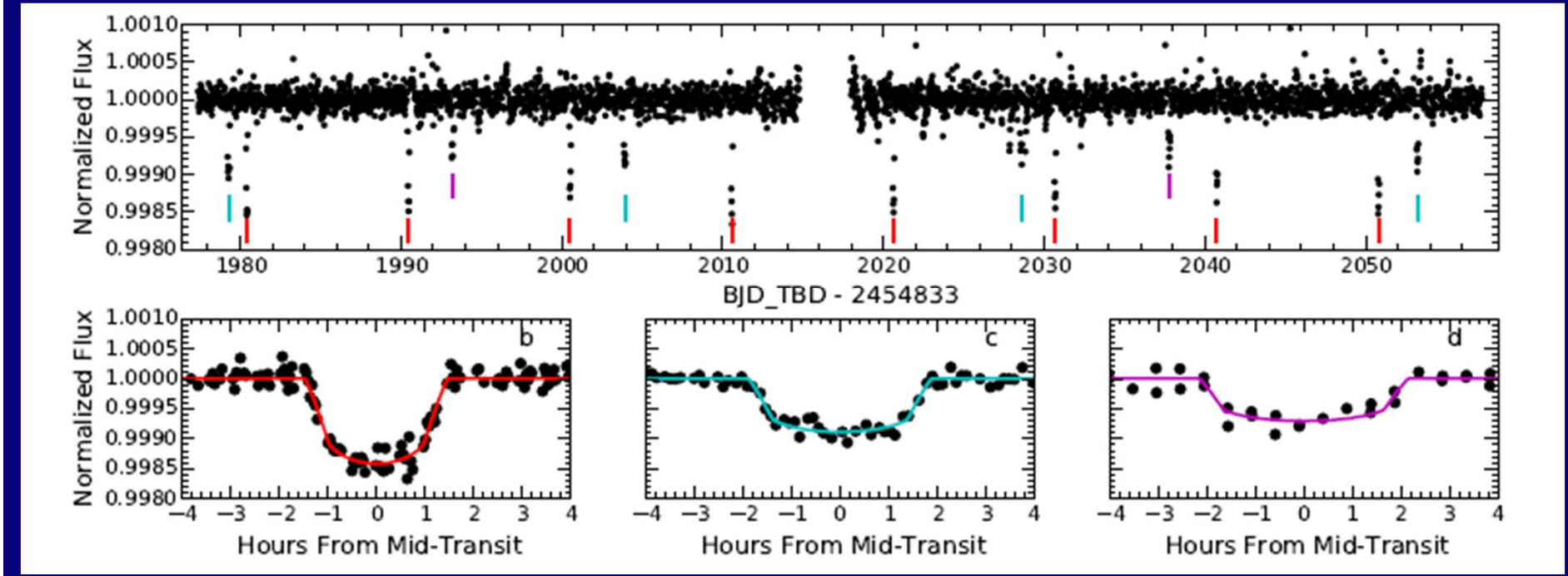
- Hat-South in Entdeckungsmodus (Seit 2014 – 50 planets, Tiefer Transit, Warmer Jupiter)
- Riesenplaneten @ Riesensterne (Kepler + CAHA RV): Kepler-91b, Kepler-432b
- Pan-Planets: Heiße Jupiter @ M-Zwergen
- Direkte Abbildung: SPHERE/SHINE und NACO/IPSY am VLT



Hat-South – Princeton/ANU/MPIA
MPIA/Namibia-Station

24 sq. Deg. – 60.000 M-Zwerge
Häufigkeit von heißen Jupitern: 0.1-0.3%
(Obermeier et al. 2016)

Entdeckung erdähnlicher Planeten



Drei Transitplaneten mit 1.5-2.1 R_{earth} (10-45 d Perioden)

Planet d an innerer Kante der habitablen Zone

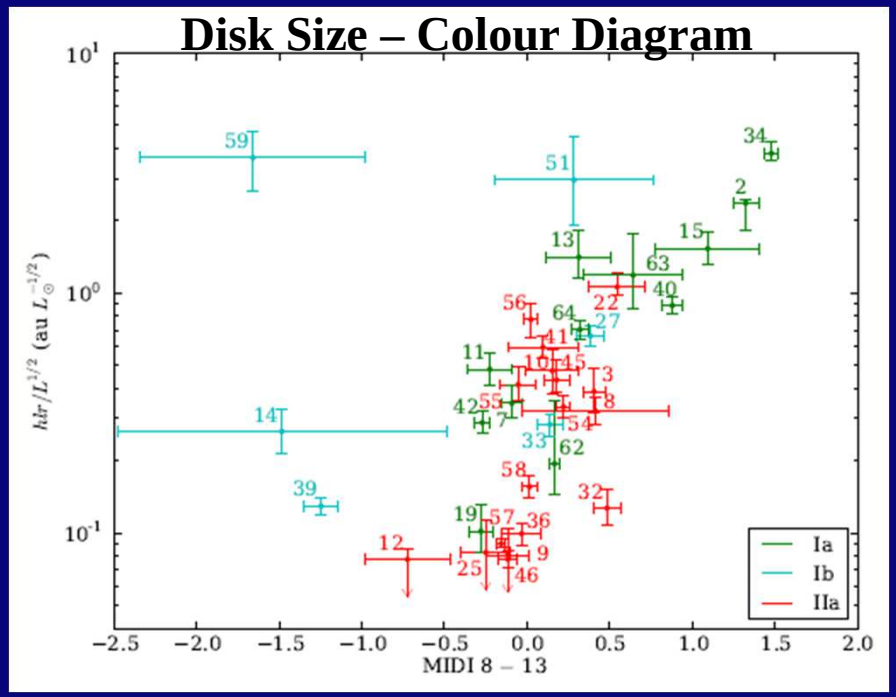
Zentraler Stern ist heller M0-Zwerg (Ks=8.6 mag)

(Crossfield et al. 2015; Schlieder et al. 2016, Crossfield et al. 2016)

Protoplanetare Scheiben sind klein …

Die Zerlegung von Scheiben

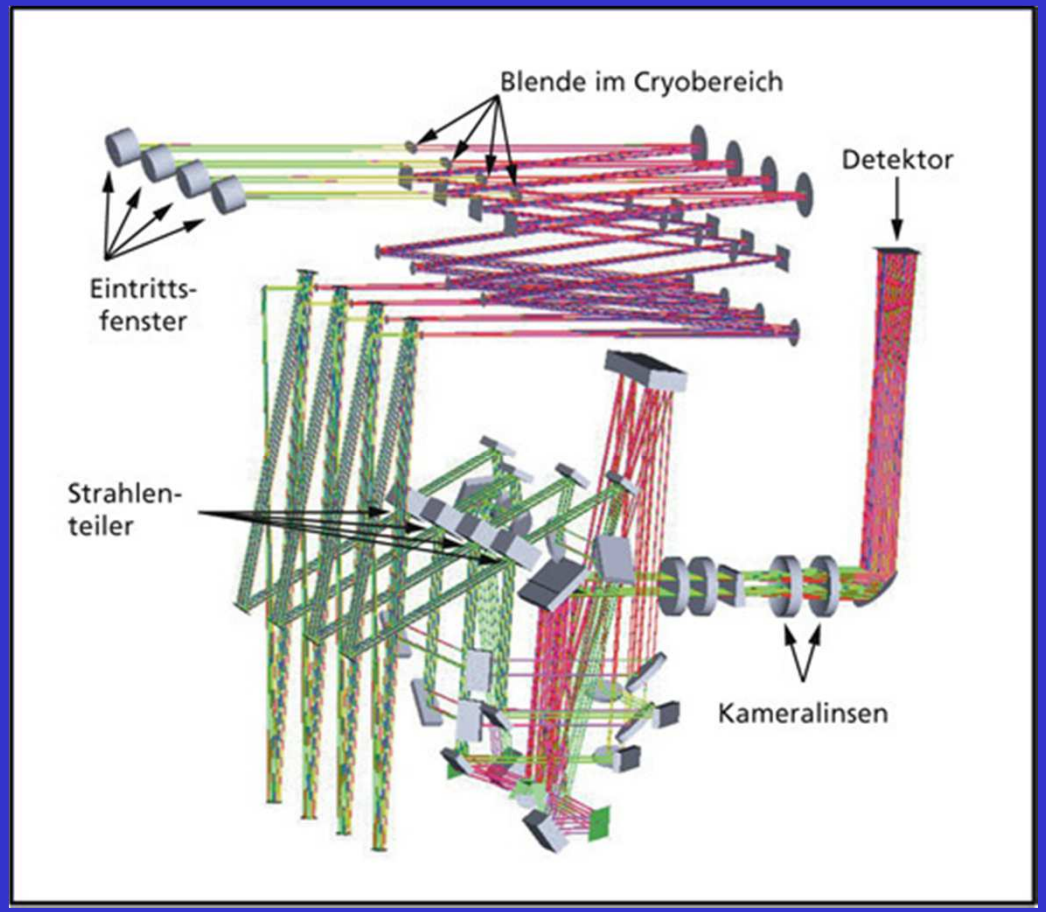
Homage to MIDI (2002 -2015)

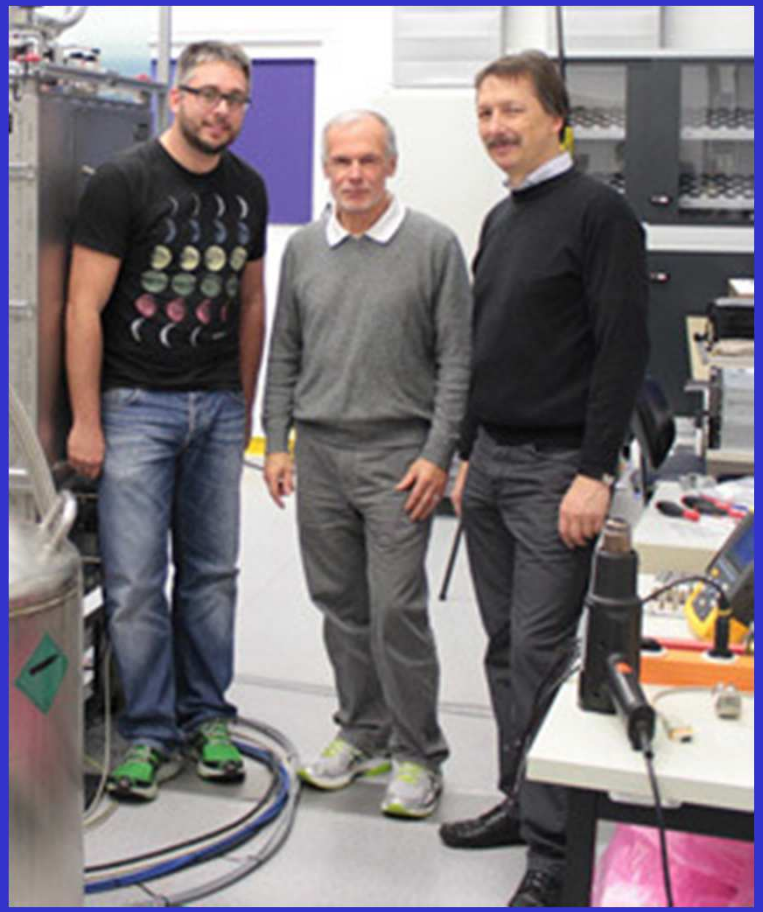


Menu, van Boekel, Henning et al. (2015)

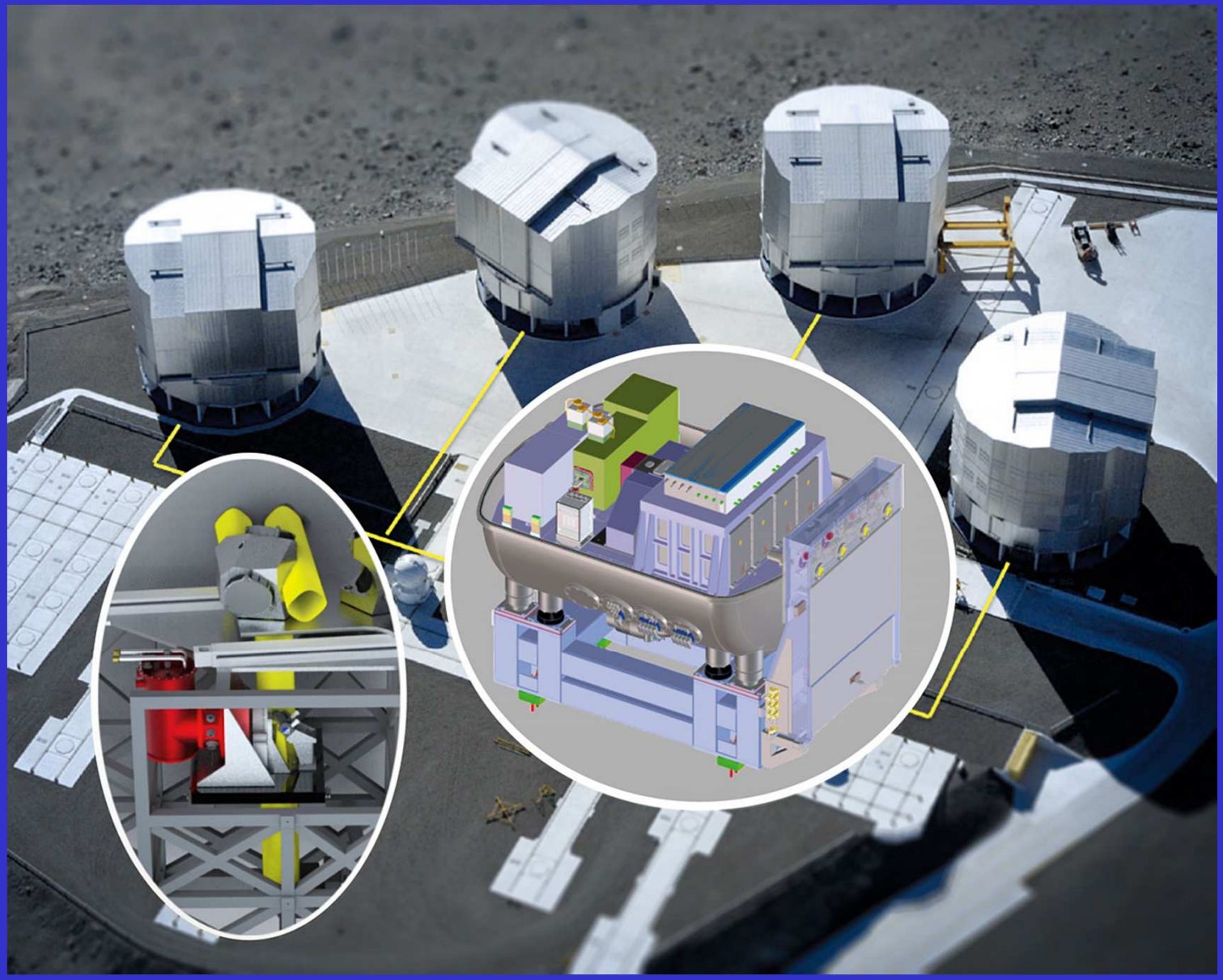
Größte Zusammenstellung von MIR-Interferometriedaten für Scheiben um Sterne mittlerer Masse:
Übergang von flachen (II) zu „flared“ (I) Scheiben

MATISSE hat das MPIA verlassen

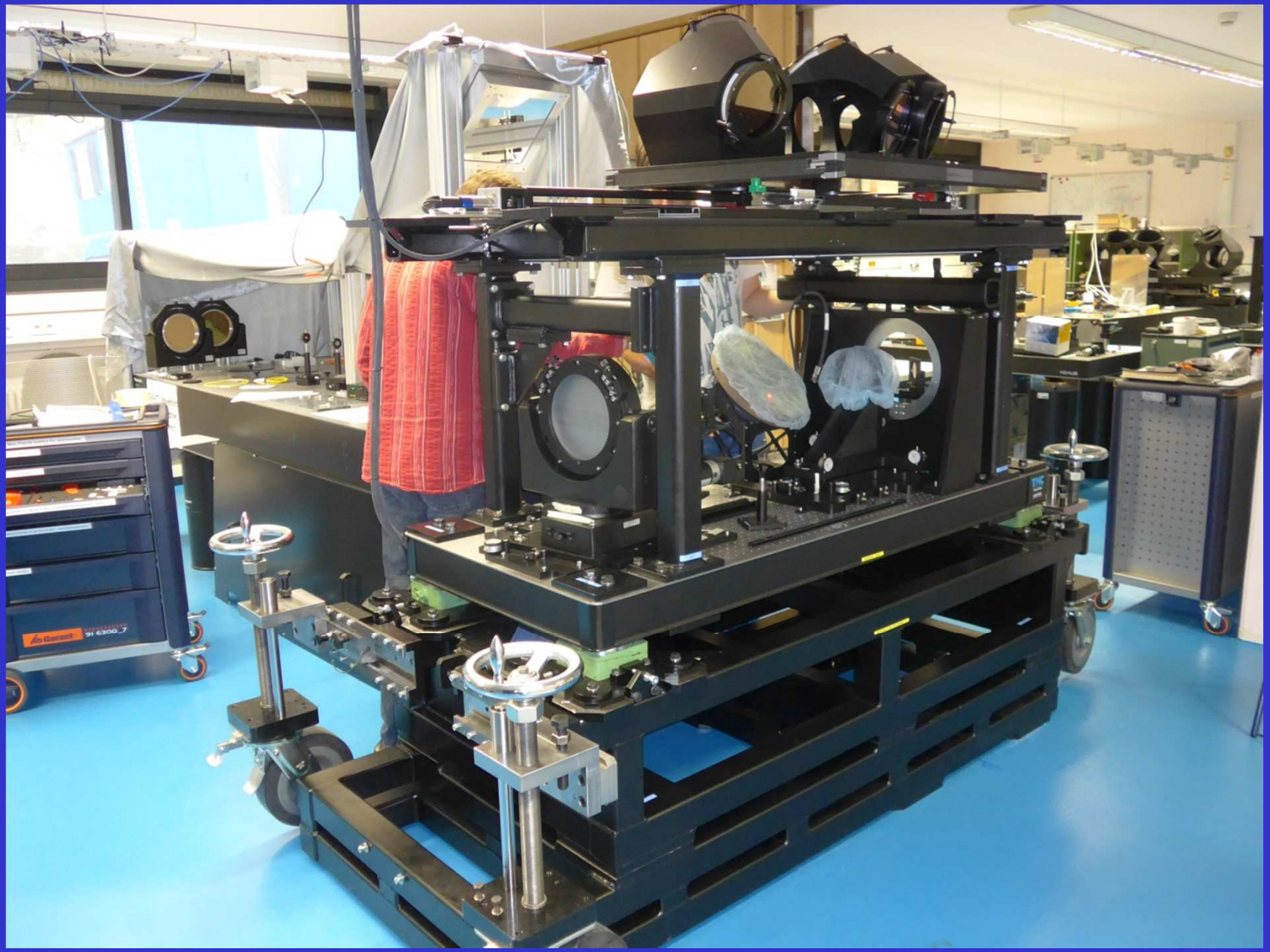




GRAVITY & CIAO am Paranal



Gravity/CIAO – Scharfe Augen für das VLT – MPIA/ Januar 2016



Ankunft auf dem Paranal – 3. Februar 2016

2 März 2016 abends : Geschafft !
Erster Wellenfrontsensor im neuen Zuhause !

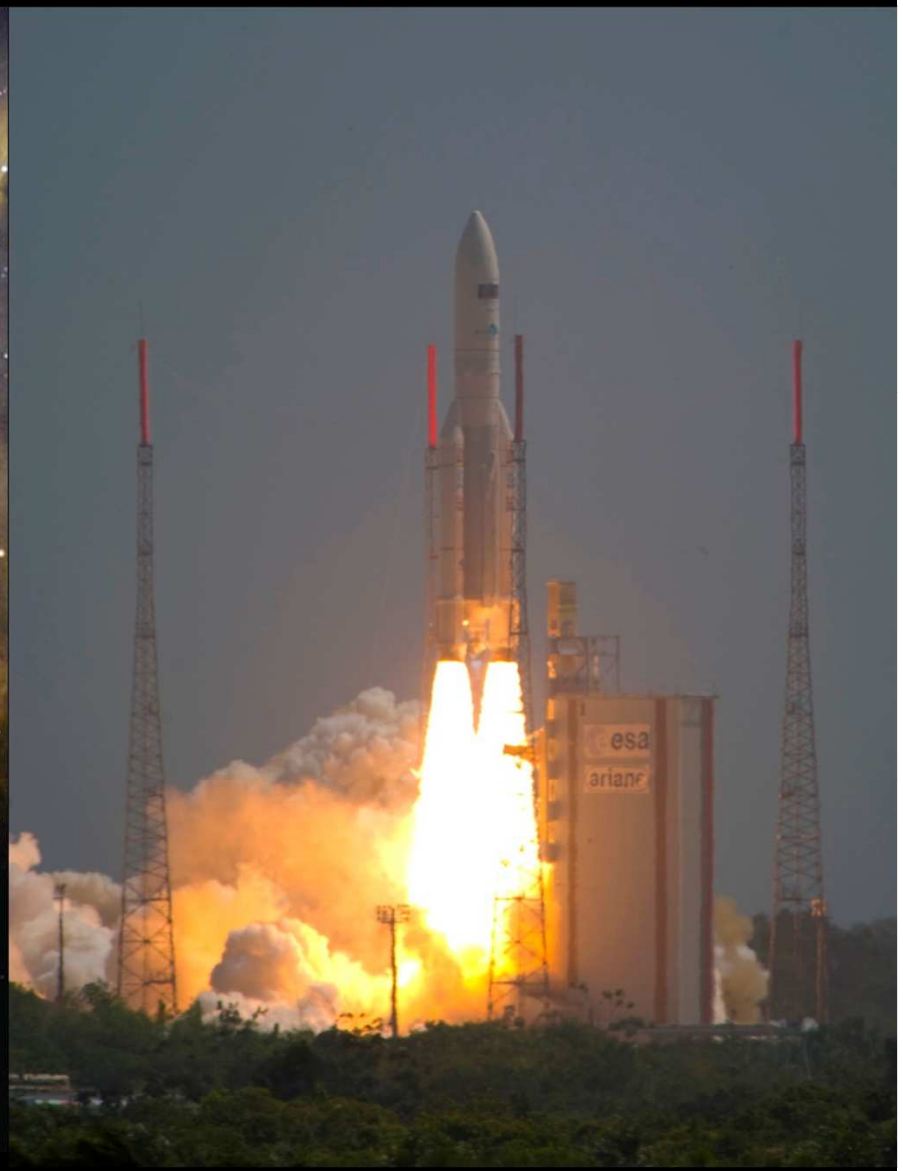
Und dies wiederholen wir für die nächsten 3 Teleskope ….

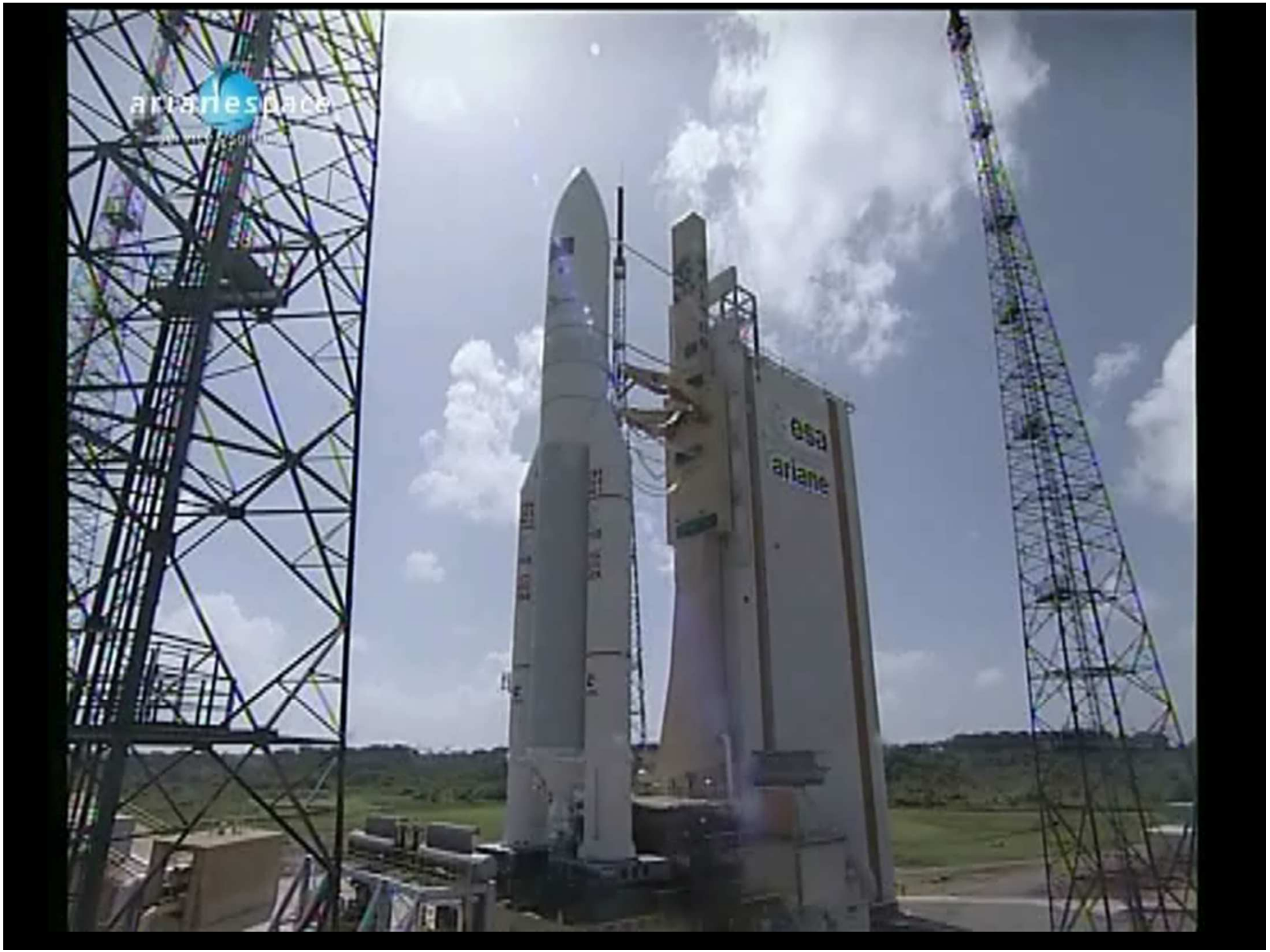
CIAO#1 AIV-Team

MPIA: Udo (IT), Casey (AO System), Wolfgang (Co-I), Sascha (Electronics), Stefan (Mechanics)

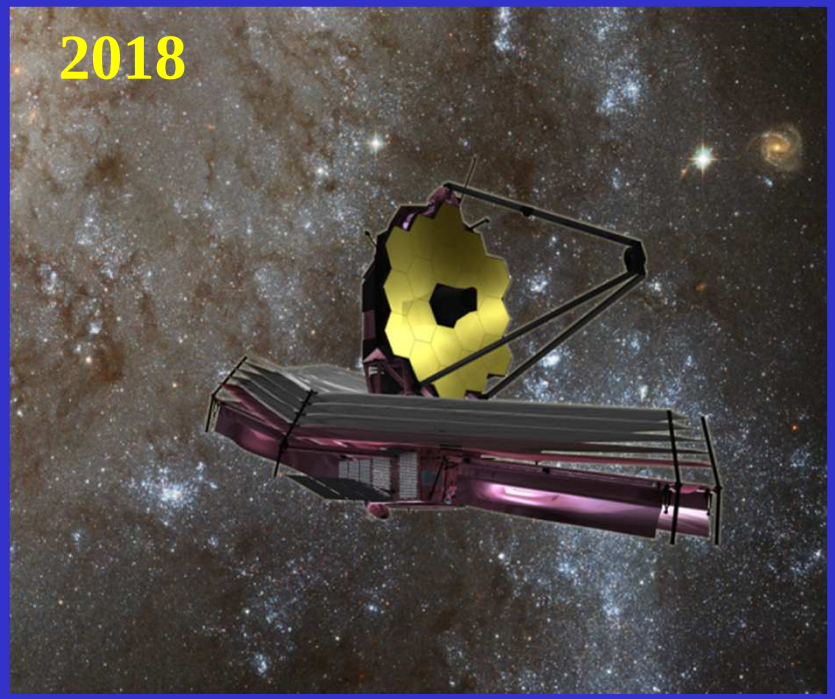
ESO Garching: Gerd Jacob, Francoise Delplancke, Johan Kolb, Michael Esselborn, Sylvain Oberti ; Henri Bonnet

Herschel-Start am 14. Mai 2009

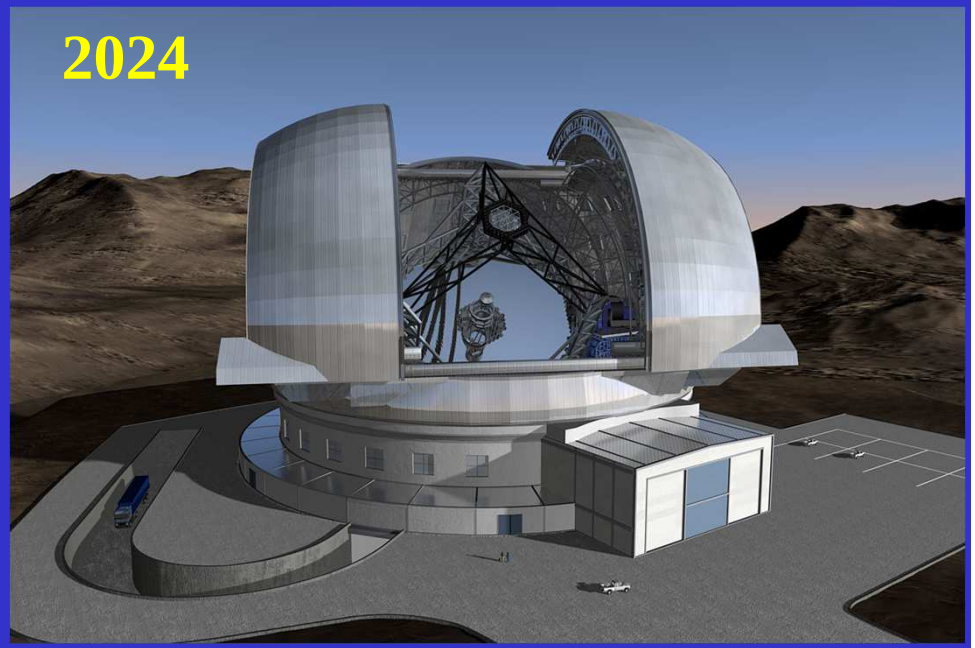



arianespace
ariane

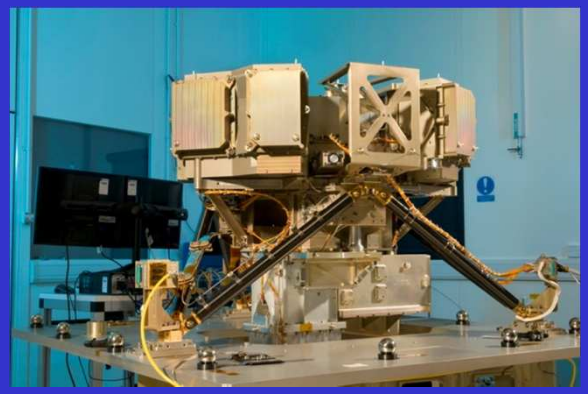
Scheiben & Planeten – Die Zukunft ist hell …



James Webb Space Telescope



European Extremely Large Telescope



MIRI Instrument/ MPIA

METIS Instrument/ MPIA

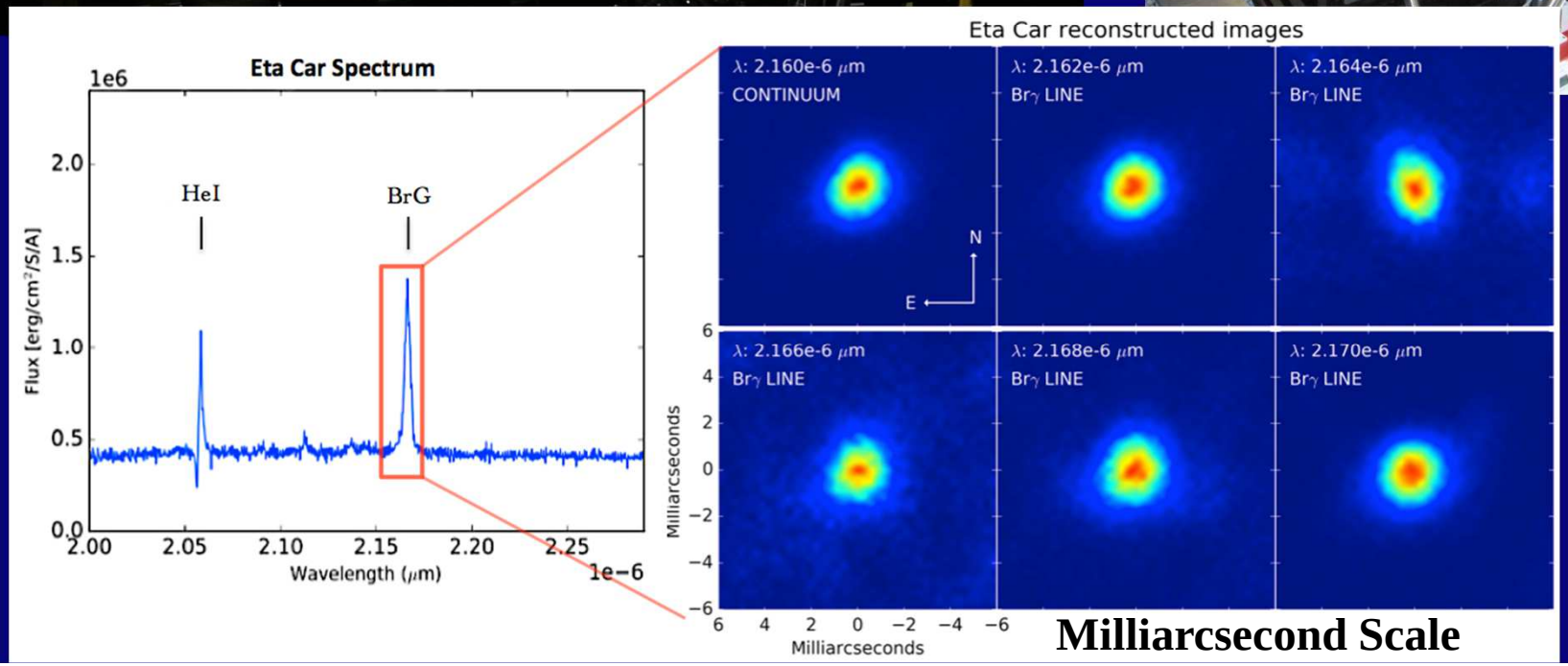
METIS & MICADO: Instrumente für das ELT

Startschuss vor wenigen Monaten:
Abkommen unterzeichnet

GRAVITY – Der nächste Schritt am VLTI

Beam Combiner Instrument in VLTI Lab

Wavefront Sensor in Coude Room

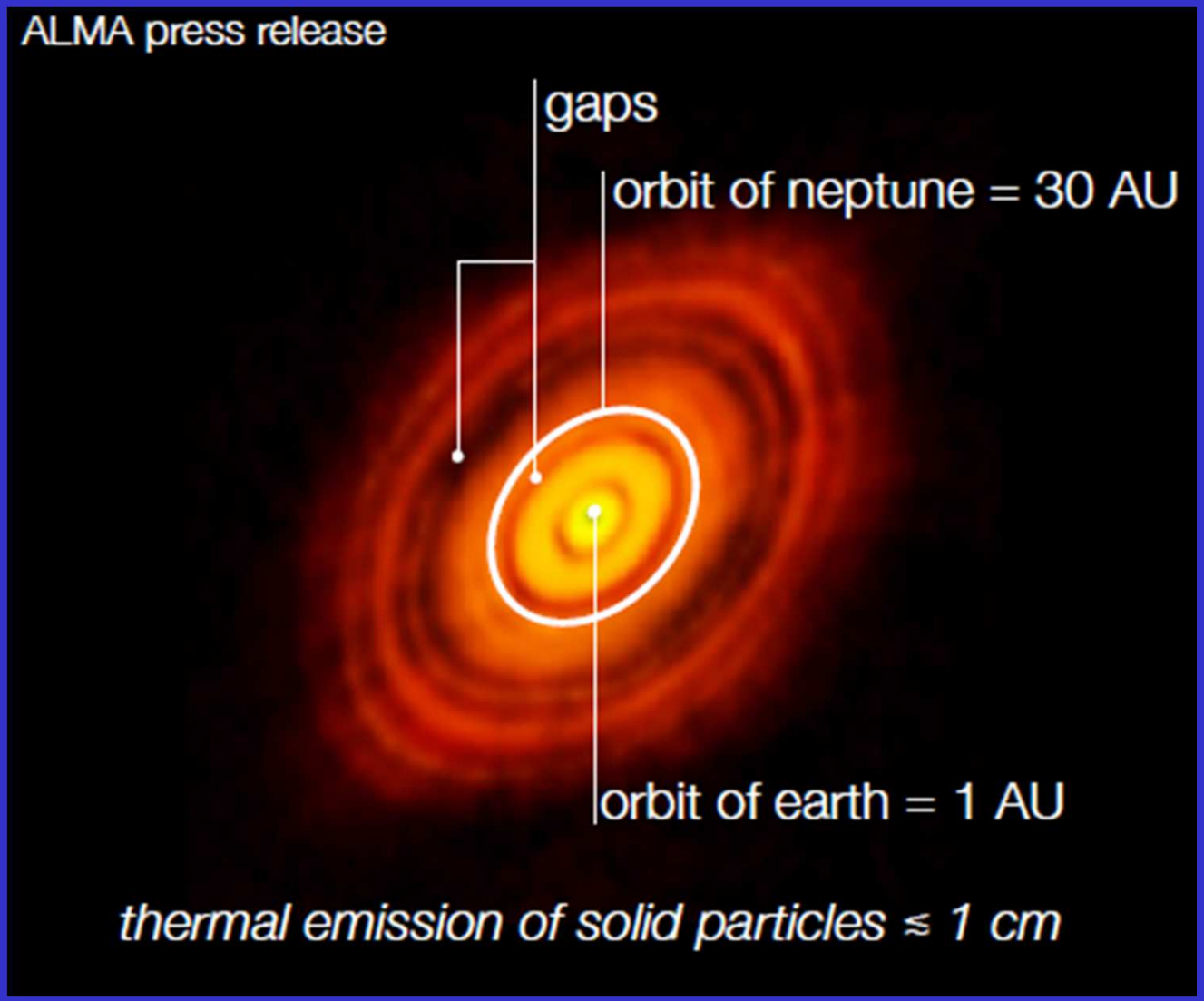


Milliarcsecond Scale

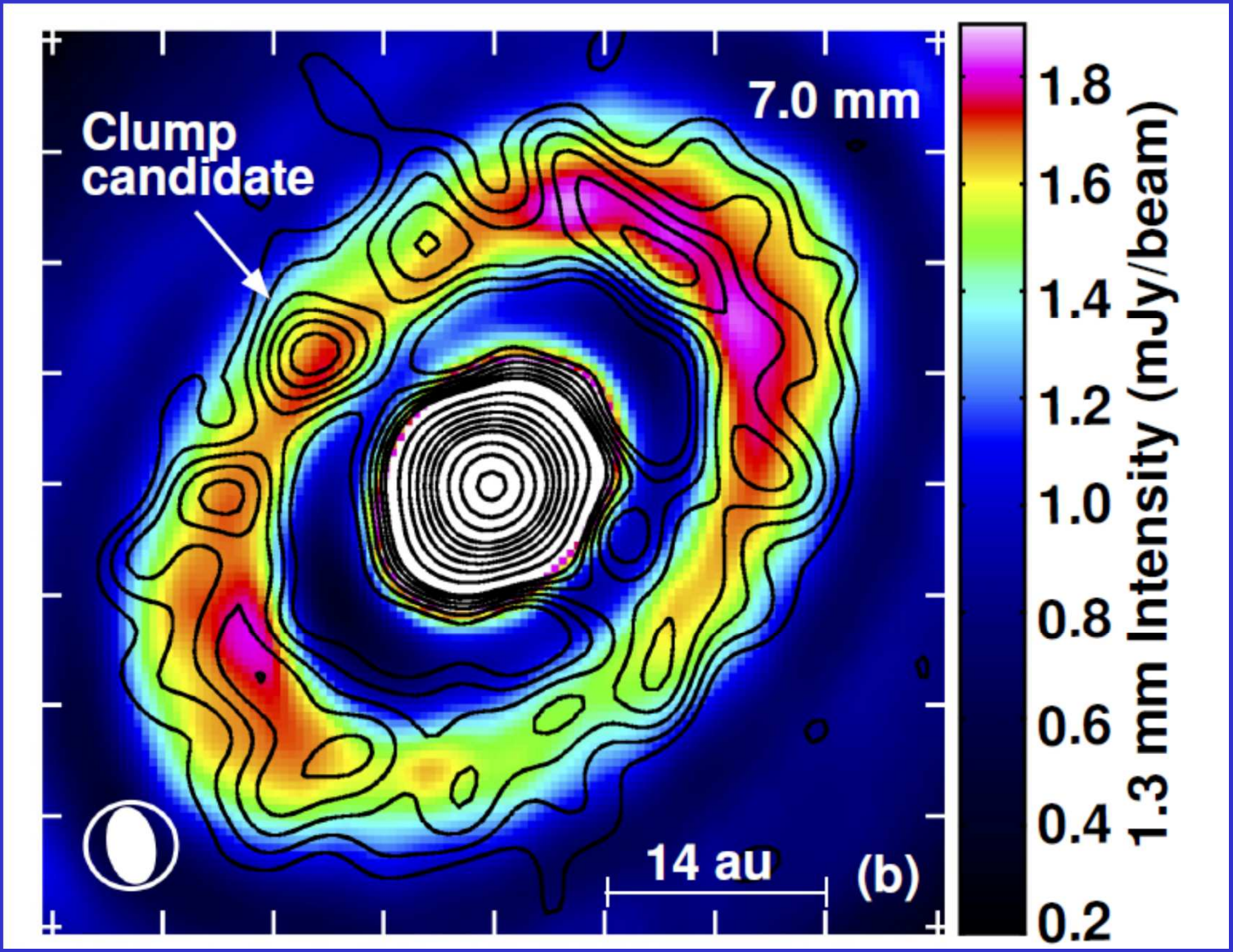
ALMA – Eine besondere Himmelsmaschine

Chajnator-Plateau – Atacama-Wüste/Chile

HL Tauri mit dem Atacama Large Millimetre/Submillimetre Array



Ein Geschenk für Sie: Ein Protoplanet …



Carrasco-Gonzalez, Henning, Chandler et al. (2016)

Wir haben nachgesehen – Der Platz ist bereit …

Vielen Dank!