

Astronomie und Astrophysik Eine Einführung

Ø Was sind die wichtigsten Fragen?

Ø Mit welchen Methoden können wir sie beantworten?

(Ein sehr voreingenommener Überblick)

Teleskope

∅ **Bodengebunden** (*Radio*)



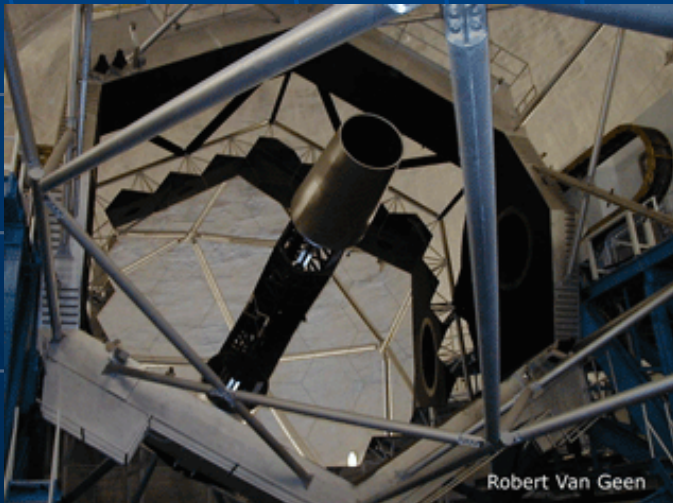
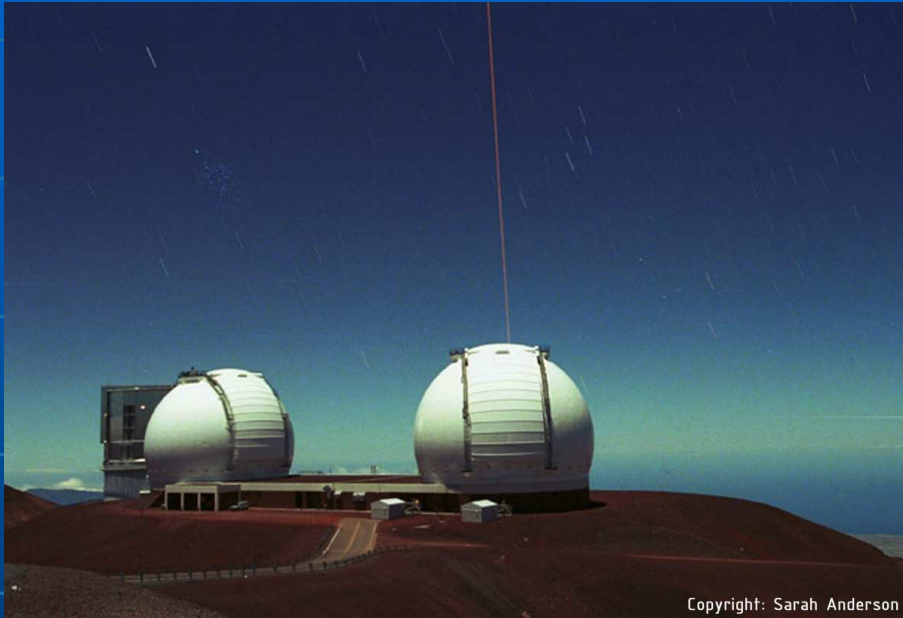
Arecibo

Das VLA in New Mexico



Teleskope

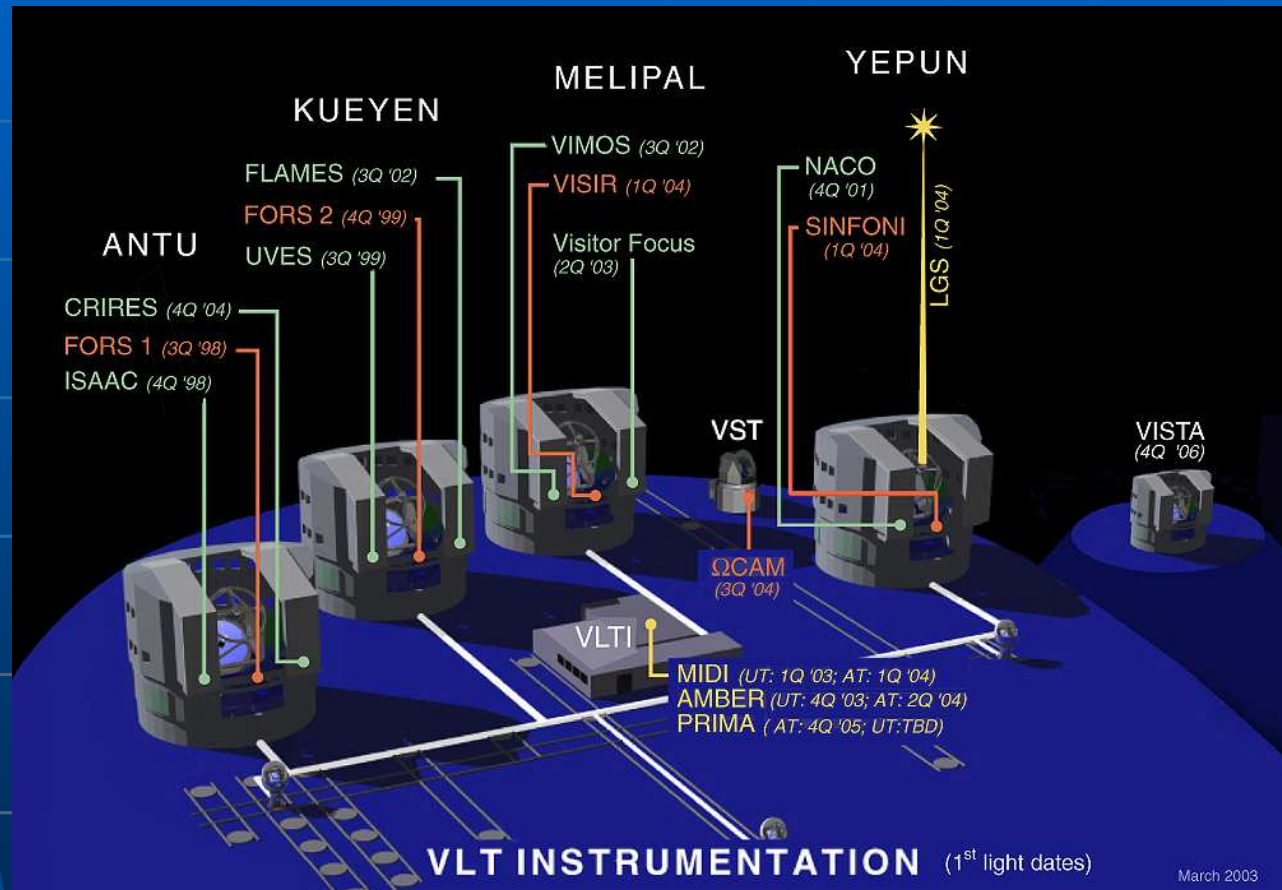
∅ **Bodengebunden** (*nahes IR bis nahes UV*)



Keck

Teleskope

∅ **Bodengebunden** (nahes IR bis nahes UV)



ESO-VLT

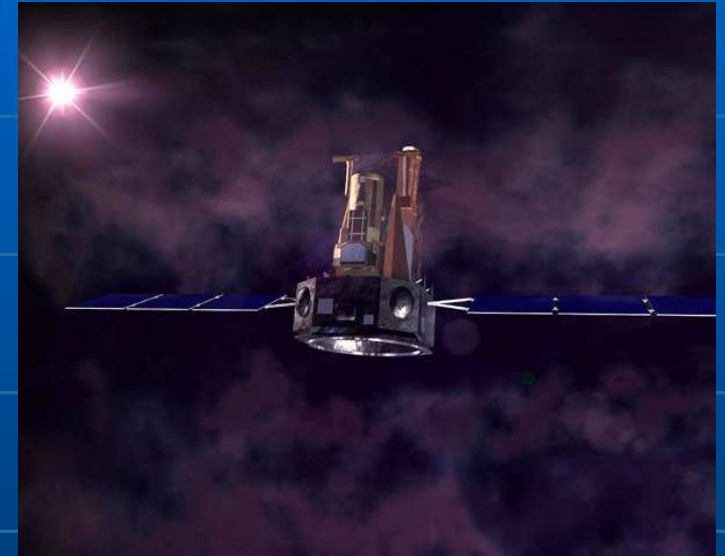
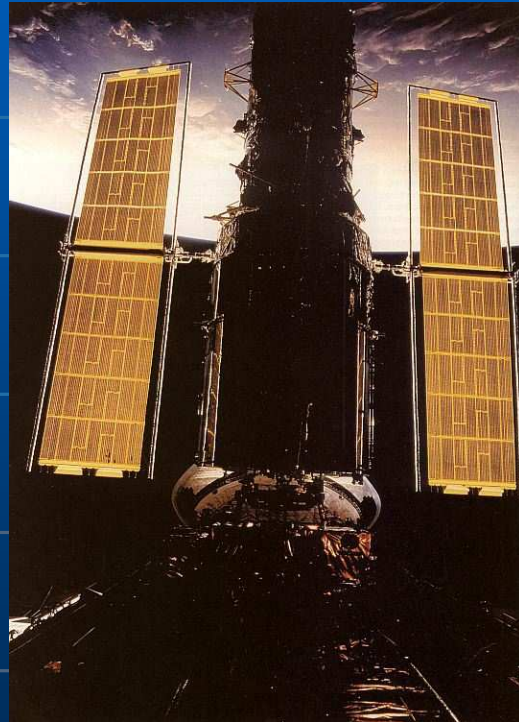
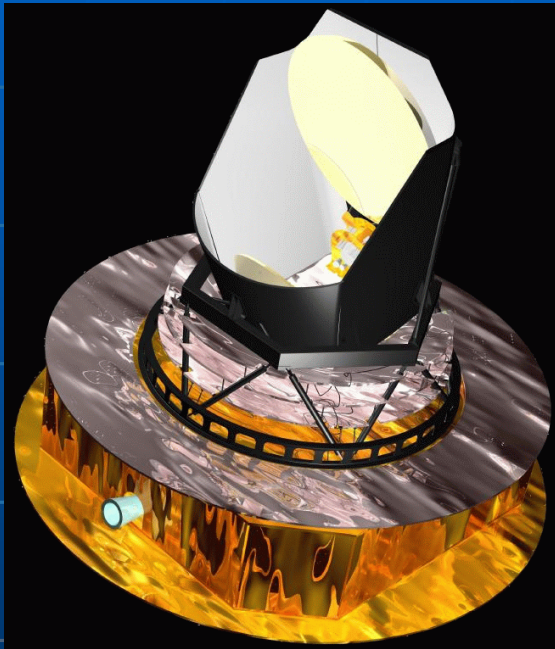
2MASSWJ1207334-393254



NACO Image of the Brown Dwarf Object 2M1207 and GPCC

Teleskope

∅ **Weltraumgebunden** (*fernes IR bis γ -Strahlung*)



Supercomputer

∅ Numerische Simulationen



IBM-
Regatta
~4,2 TF
(RZG)

1. Die Kosmologie

- ∅ Der “Urknall”: ***Gab es ihn wirklich?***
- ∅ Die Geometrie des Universums: ***Ist es “flach” oder gekrümmt? “Offen” oder “geschlossen”?***
- ∅ Der Energieinhalt des Universums: ***Was ist die “dunkle Materie”, was die “dunkle Energie”?***

(G. Schäfer, W. Rau, B. Leibundgut)

Das kosmologische Paradigma (*"Concordance cosmology"*)

Geometrie des Universums: *"flach"* (Euklidisch)

"Dunkle Energie": *~70%*

"Dunkle Materie": *~26%*

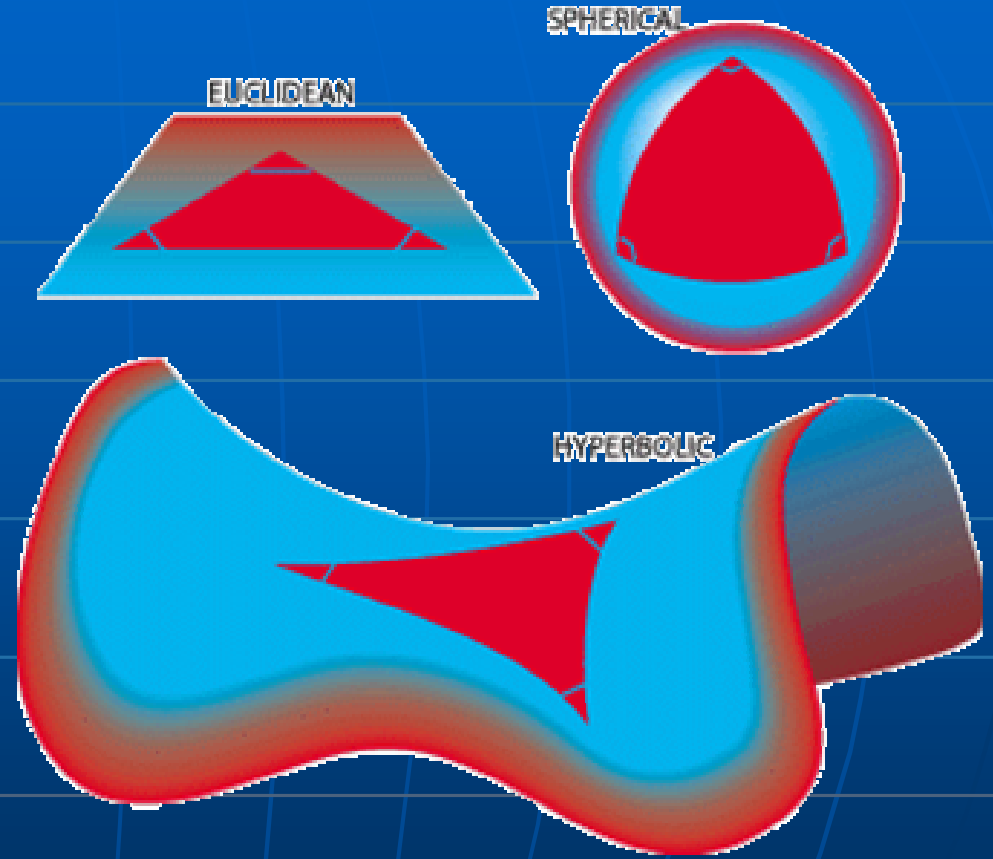
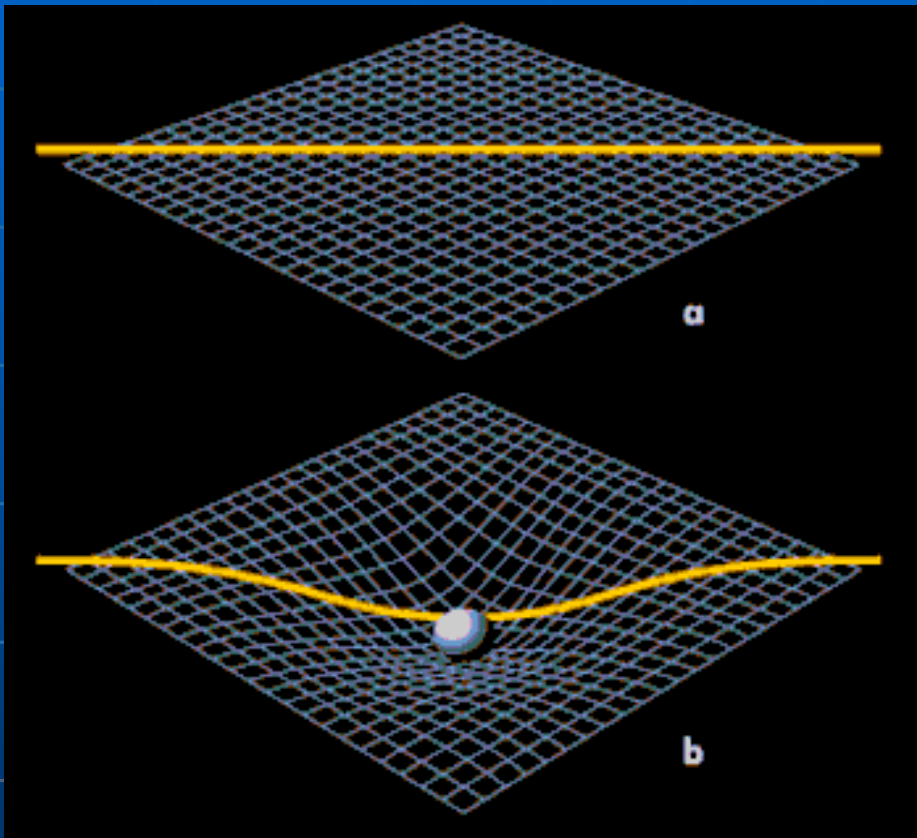
Baryonen: *~4%*

Alter des Universums: *~14 Milliarden Jahre*

(Fehler < 5%)

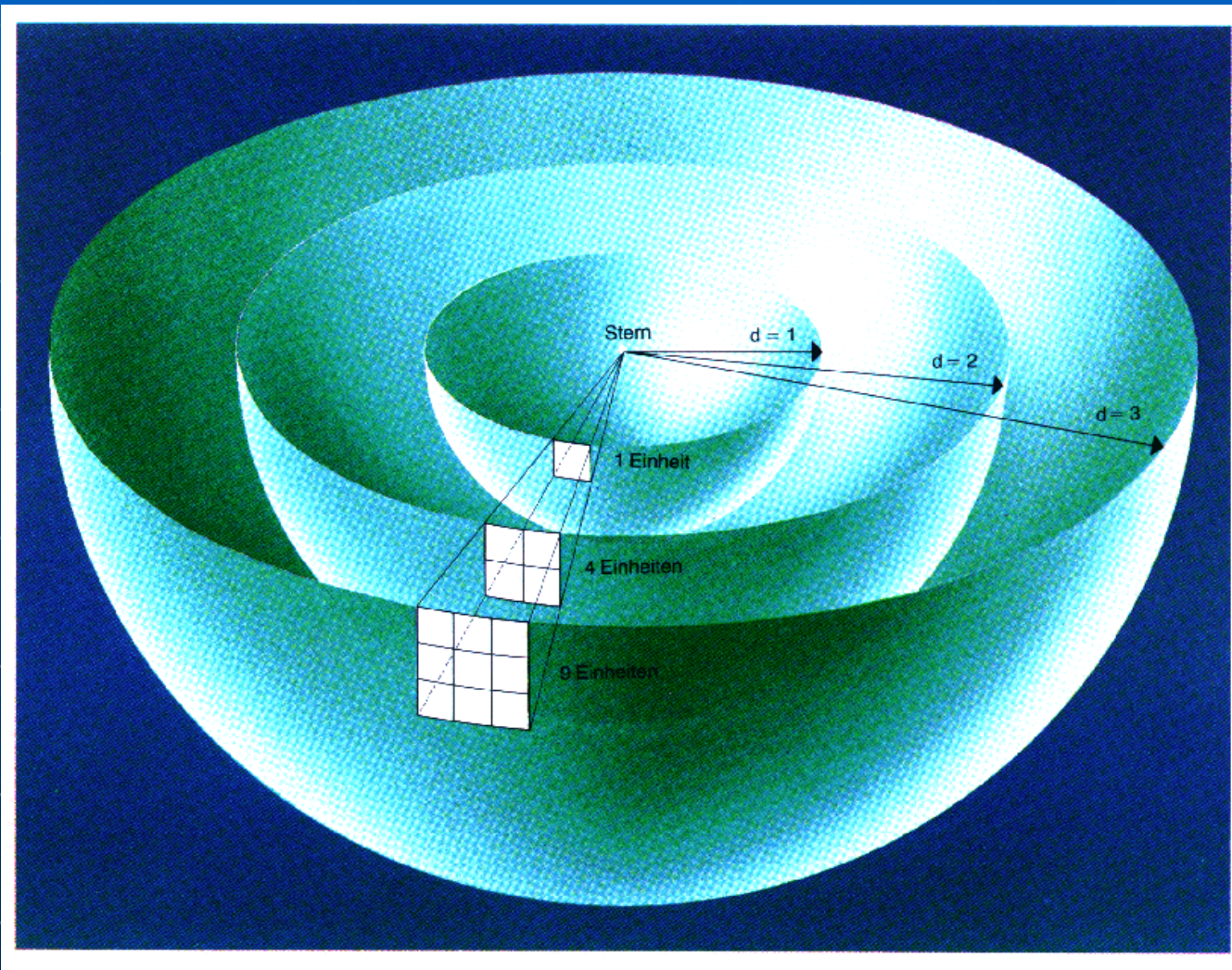
(Siehe auch die Vorträge von G. Schäfer und B. Leibundgut)

Die Geometrie des Universums



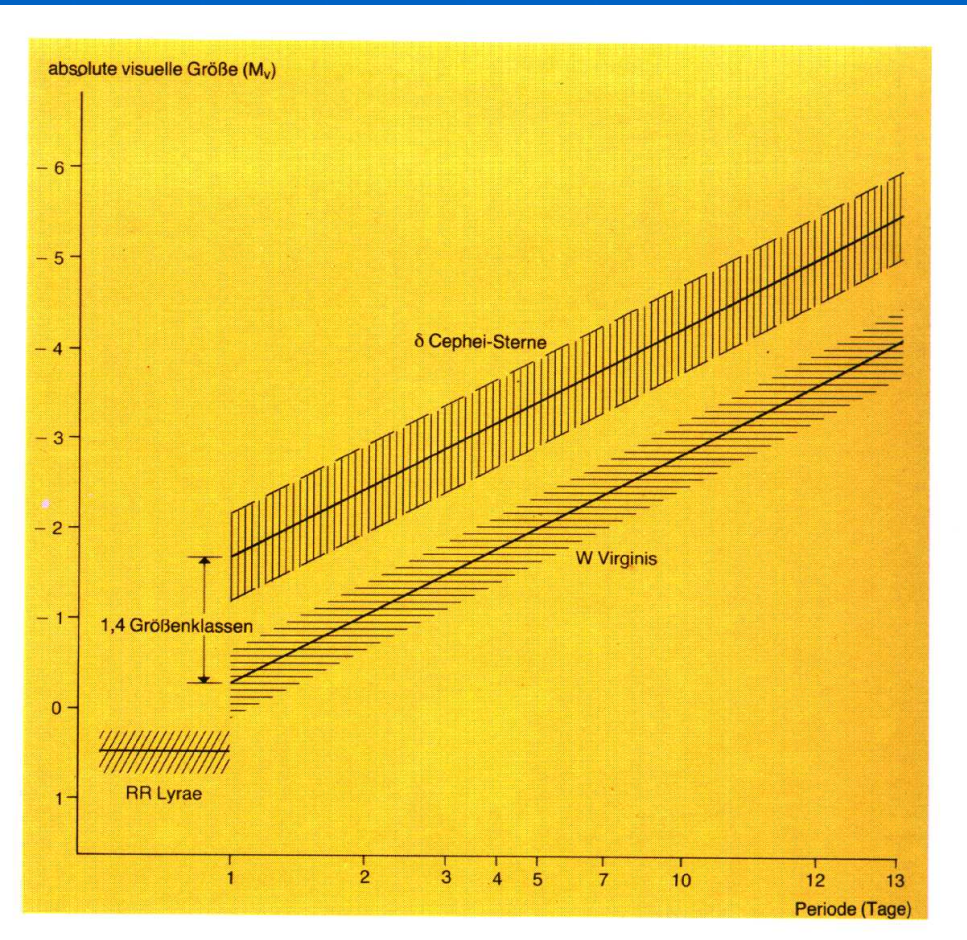
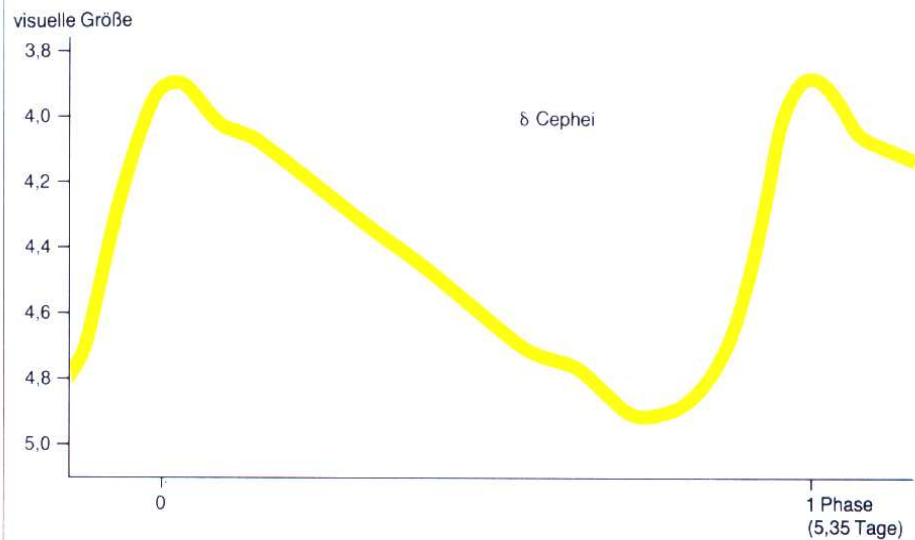
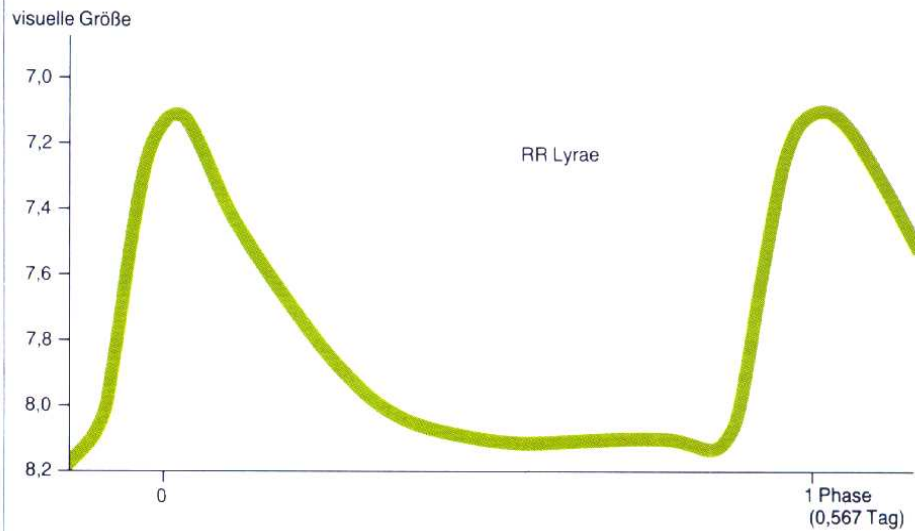
1. Die Gravitation *krümmt* den Raum.
2. Das Universum ist ein Raum *konstanter Krümmung*.

Kosmische Entfernungsmessungen



Das Prinzip
der Standard-
Kerzen

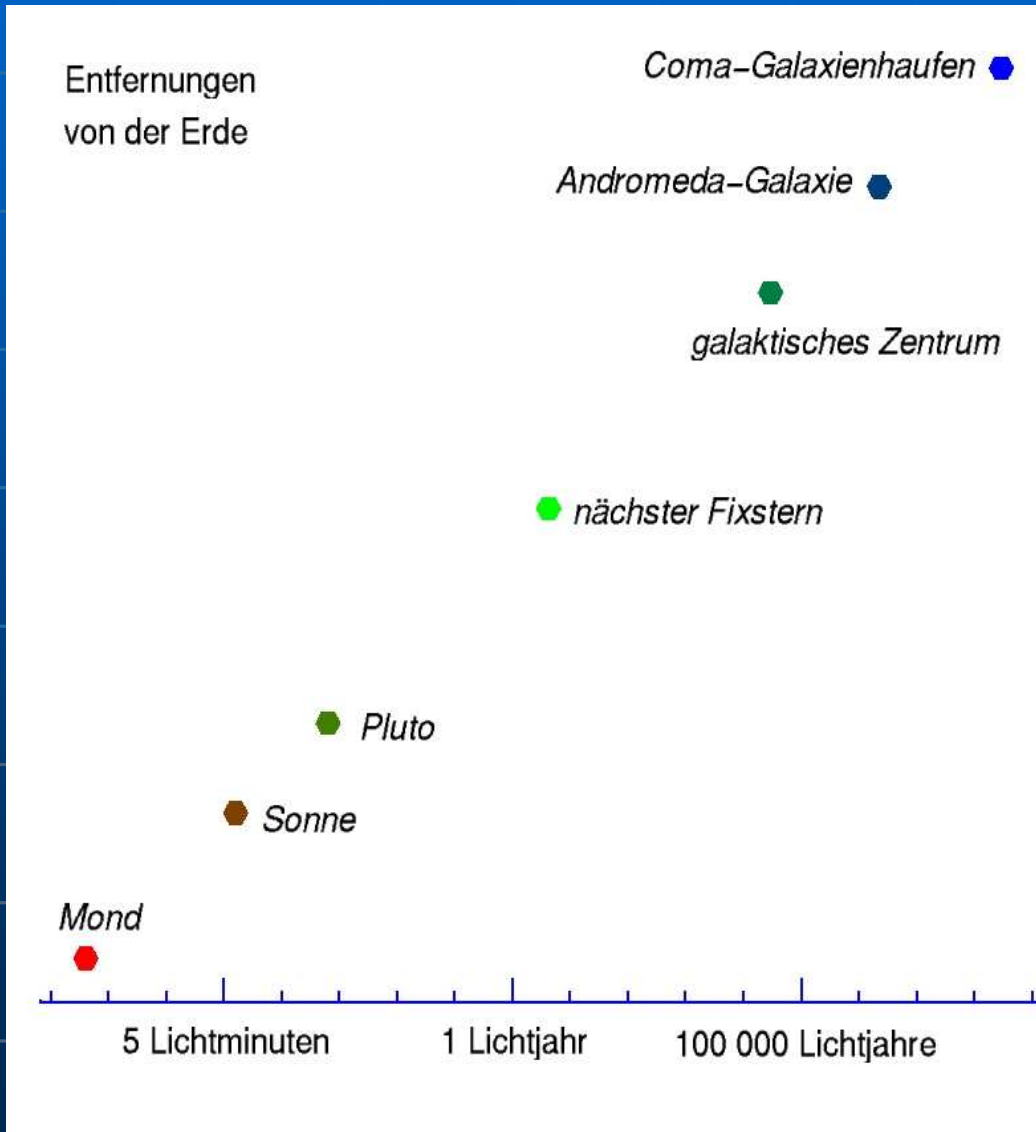
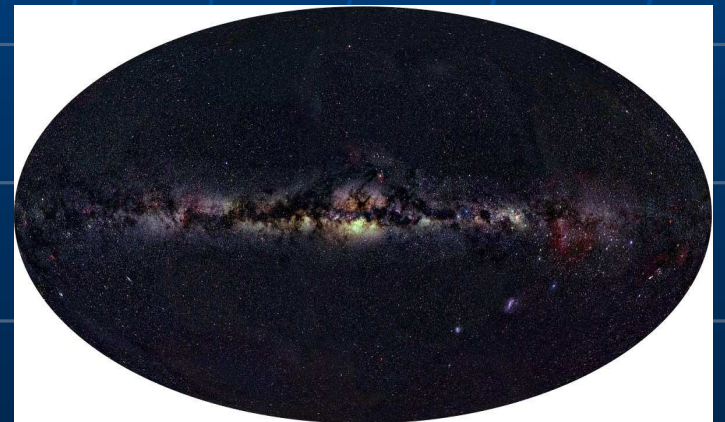
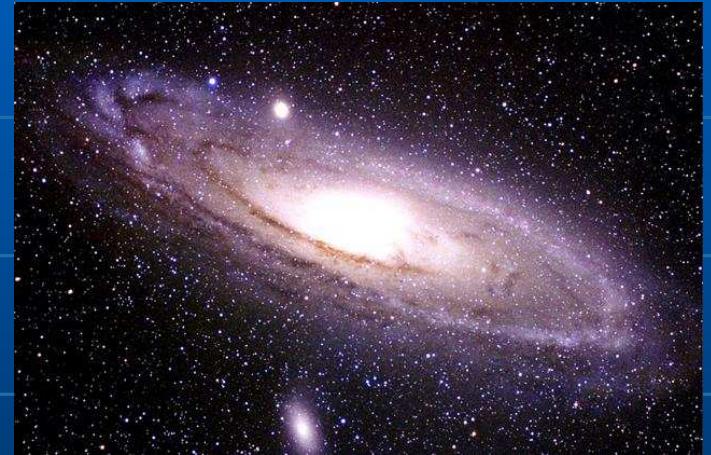
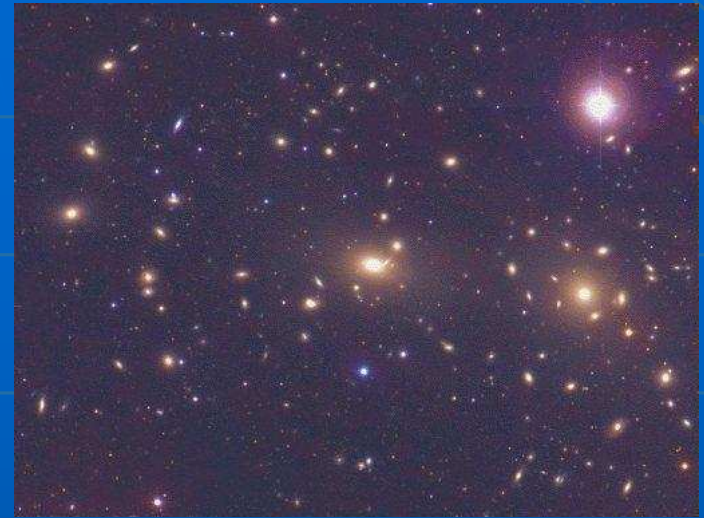
Kosmische Entfernungsmessungen



Variable Sterne: “Kalibrierbare Standard-Kerzen”?

Unsere kosmische Nachbarschaft:

1 Lichtjahr = 9,46 Billionen km!



Astronomie: Blicke in die Vergangenheit!



Galaktisches Zentrum:

Auf der Erde lebten
Neandertaler

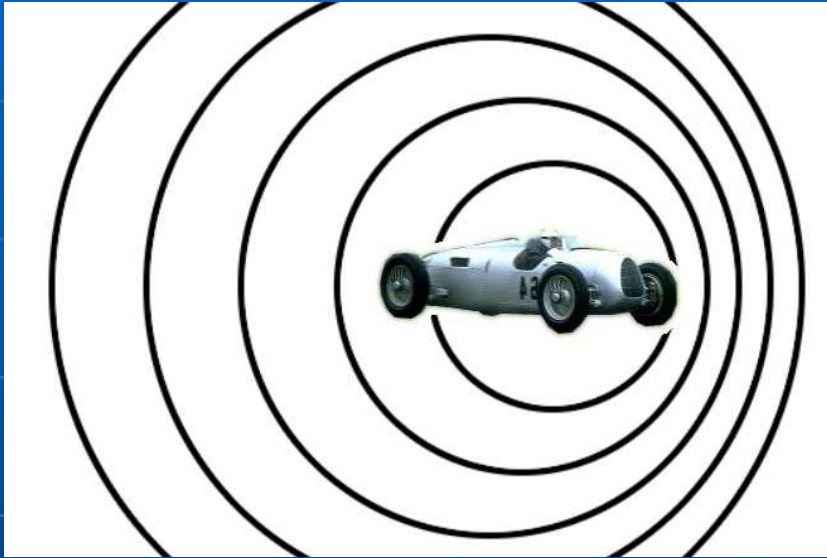
Andromeda-Galaxie:

Die Alpen entstehen

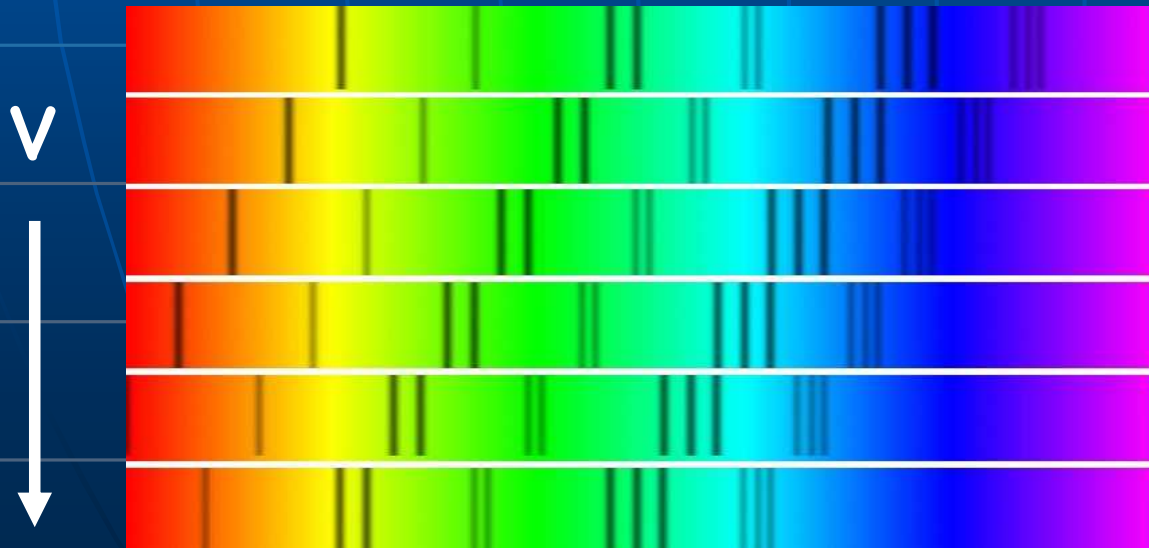
Der Coma-Haufen:

Archeopteryx flog

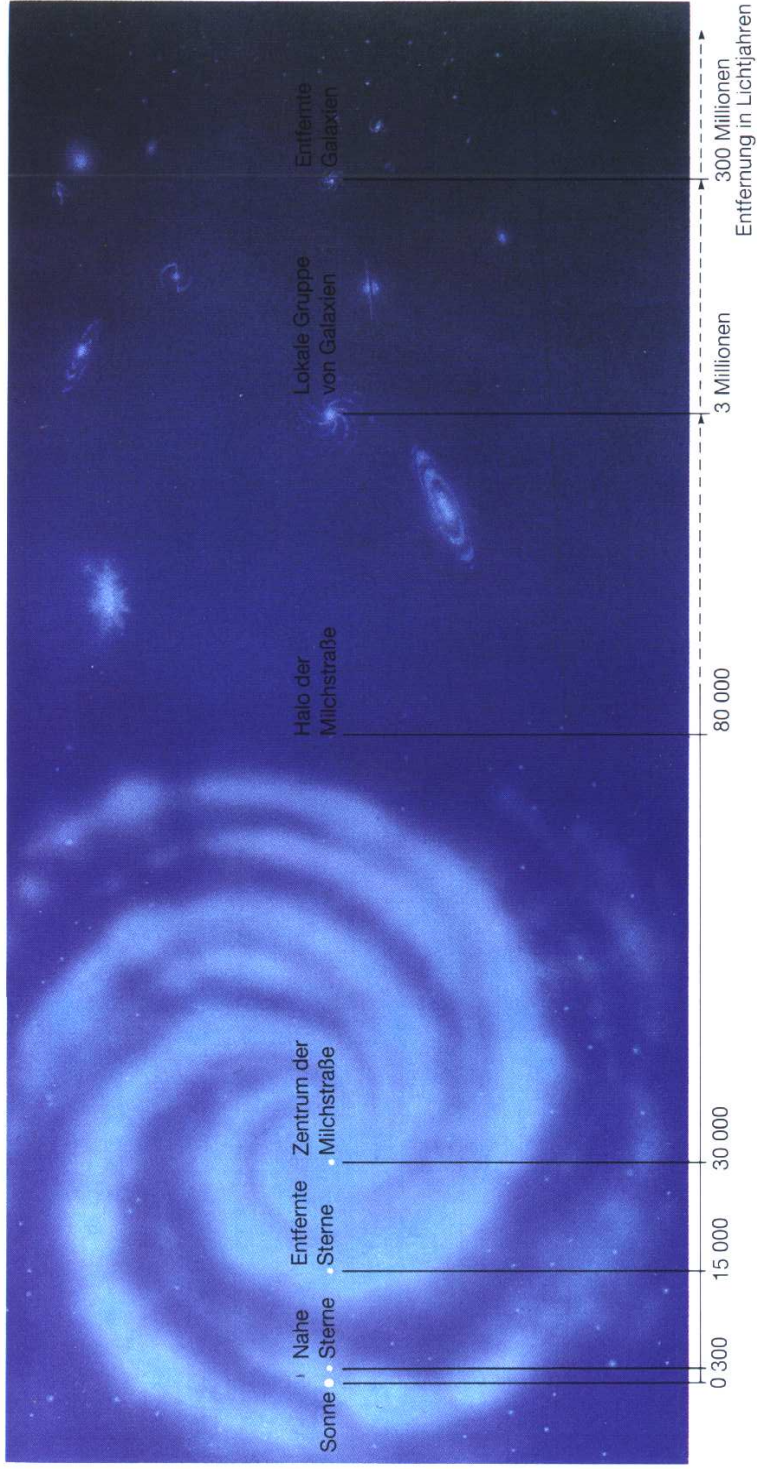
Dopplereffekt und Galaxienflucht



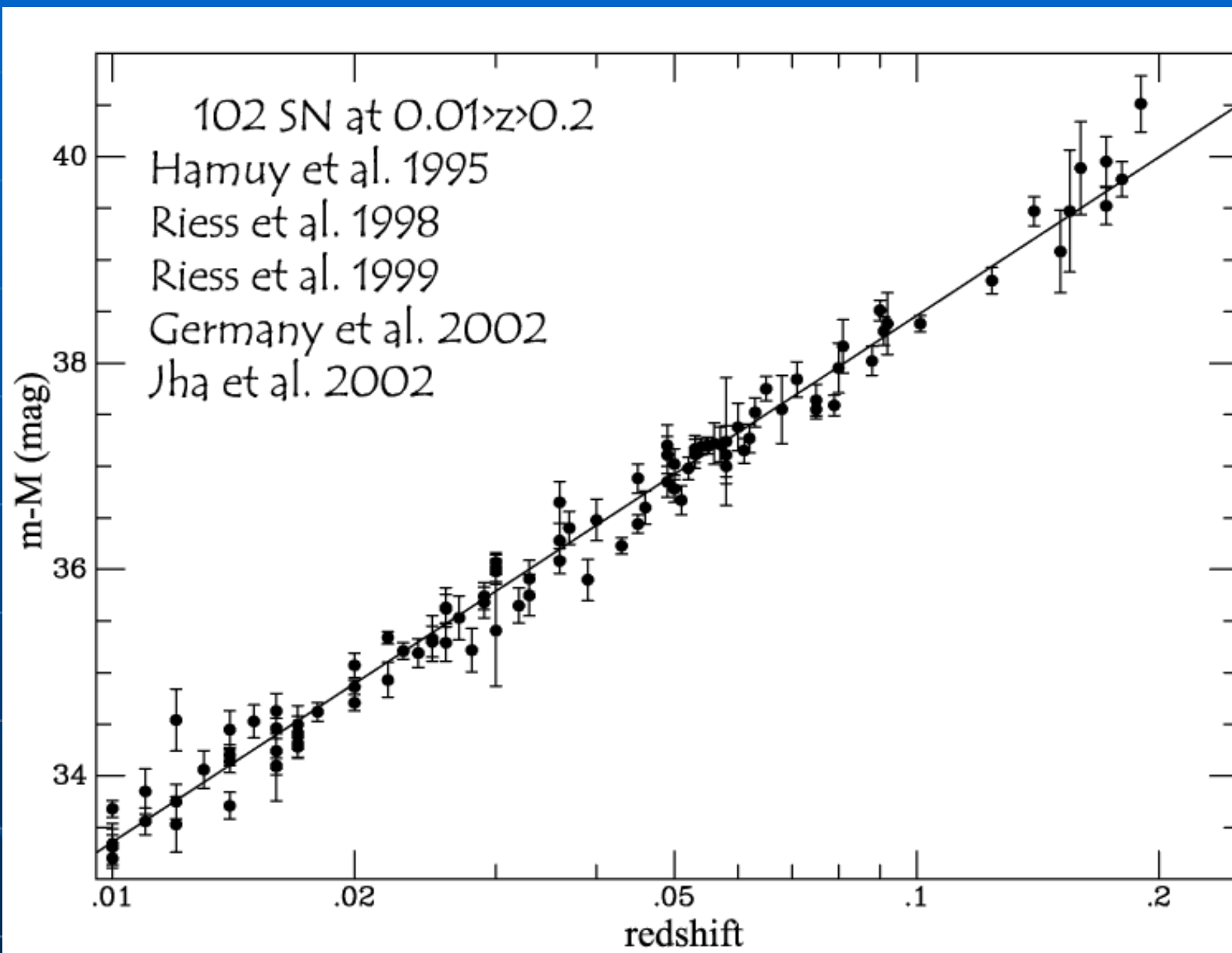
Wenn sich ein Stern oder ein Galaxie von uns wegbewegt:



Das Licht erscheint rot-verschoben!



Das Hubble-Diagramm für nahe Supernovae



Mittlerer Abstand
zwischen den
Galaxien

$\Omega_M = 0$

Offen $\Omega_M < 1$

$\Omega_M = 1$

Geschlossen

$\Omega_M > 1$

schwächer

Rotverschiebung

- 14
Milliarden Jahre

- 9 - 7

heute

Zeit



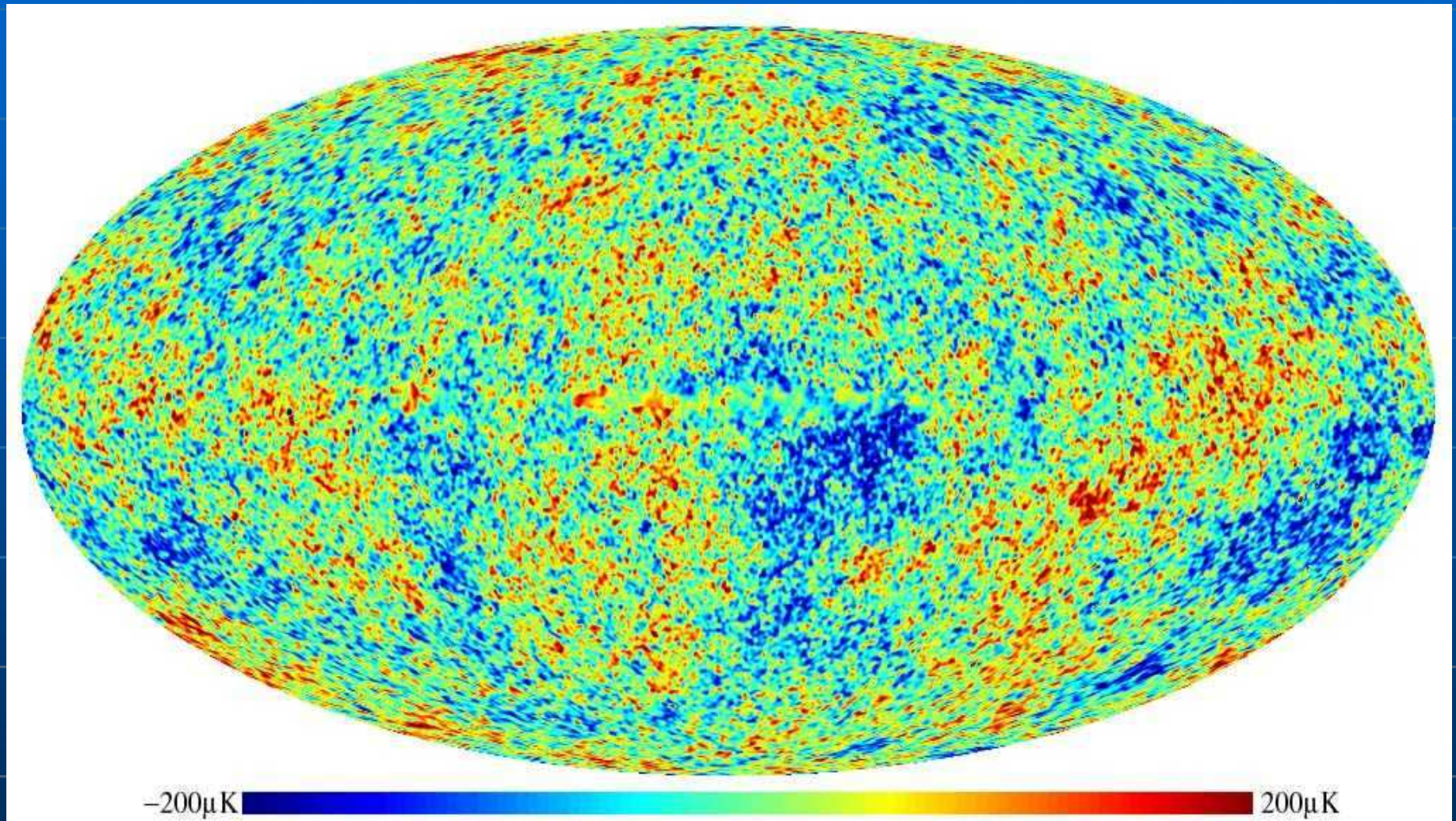
Weitere Verfahren:

Ø Mikrowellen-Hintergrund

Ø Galaxienverteilung

Ø Primordiale Nukleosynthese

Der Himmel im "Licht" der 2,7° K Strahlung



(WMAP)

Interpretation der Daten



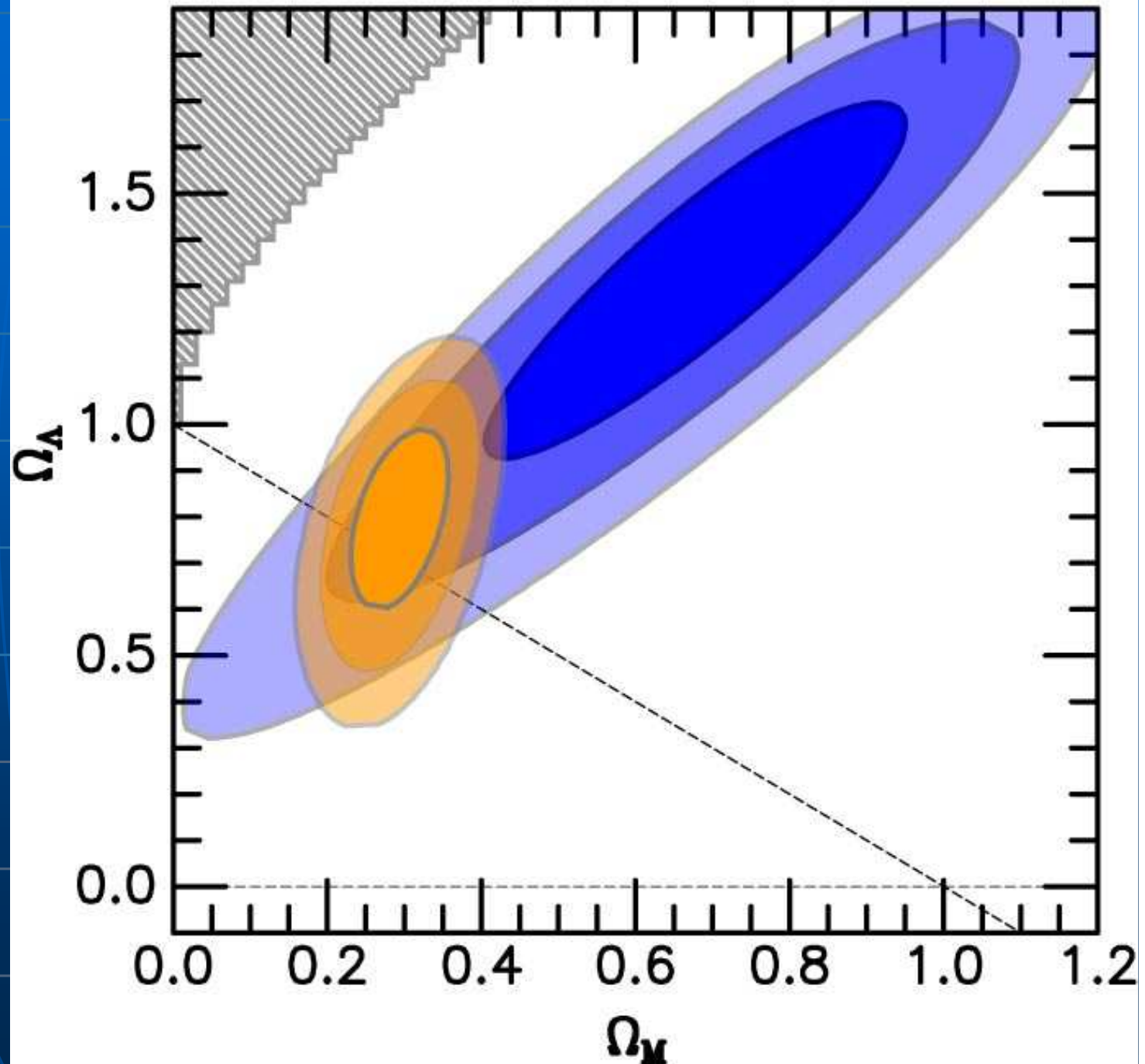
2dF:

$$\Omega_M = 0.2 \pm 0.03$$

KP:

$$h = 0.72 \pm 0.08$$

Entire High-Z SN Ia Data Set



2. Strukturbildung und Entstehung und Entwicklung von Galaxien

∅ Die Verteilung der Materie auf großen Skalen (> 100 Mpc): ***Können wir sie verstehen?***

∅ Die heutigen Galaxien: ***Können wir ihre Eigenschaften erklären?***

(A. Burkert)

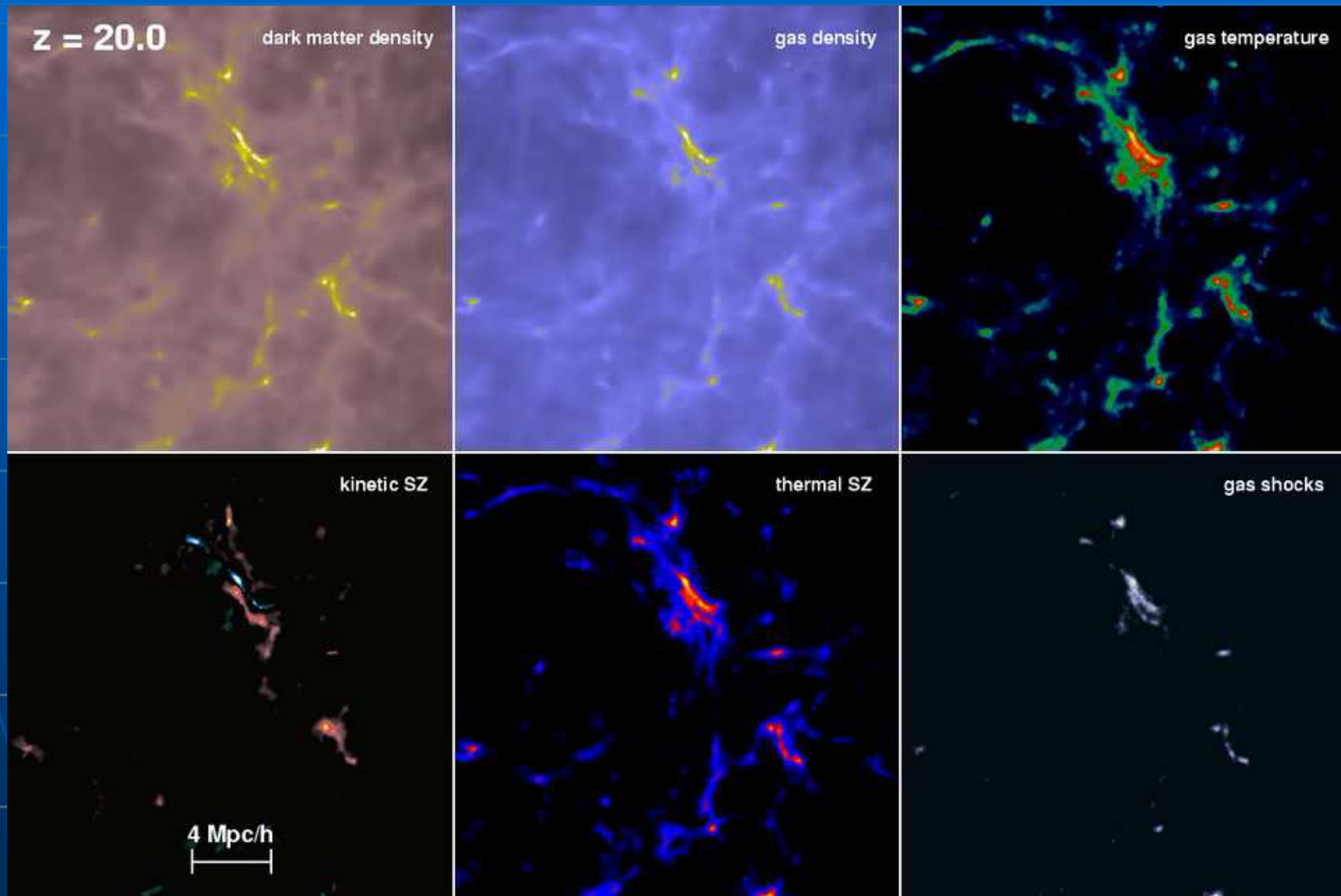
Die dunkle Materie bestimmt die Strukturbildung!

$z = 20.0$



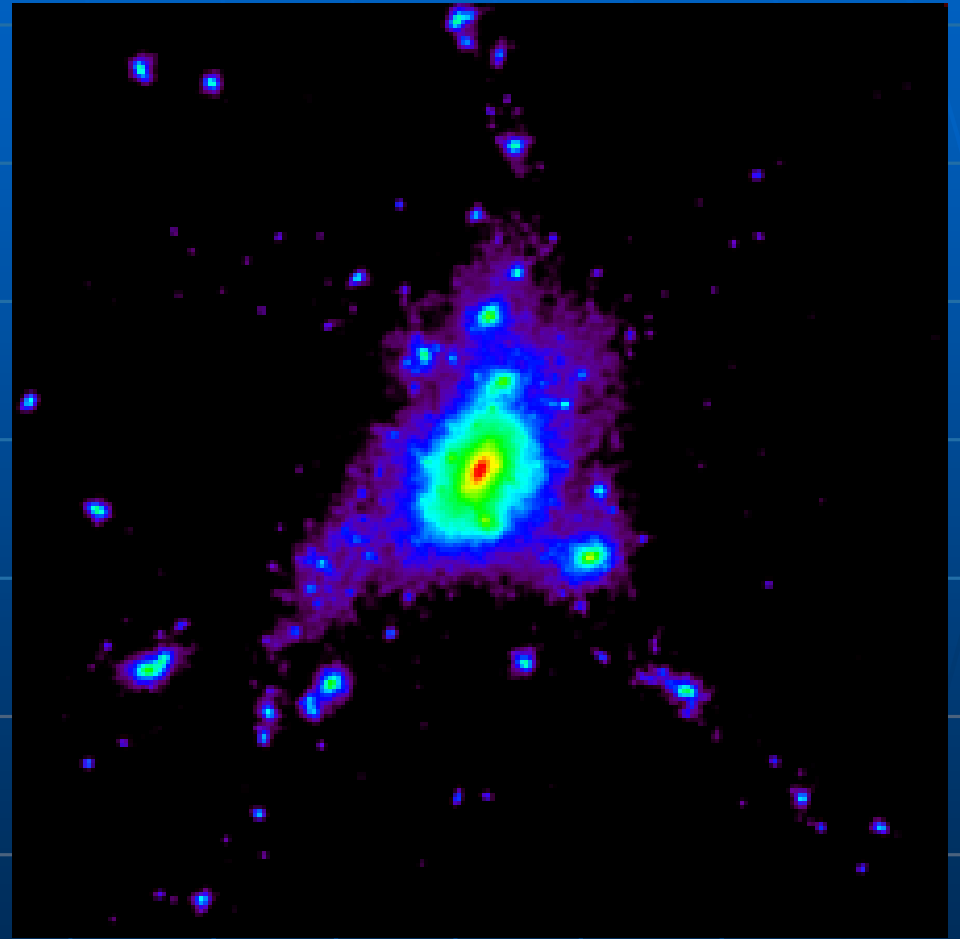
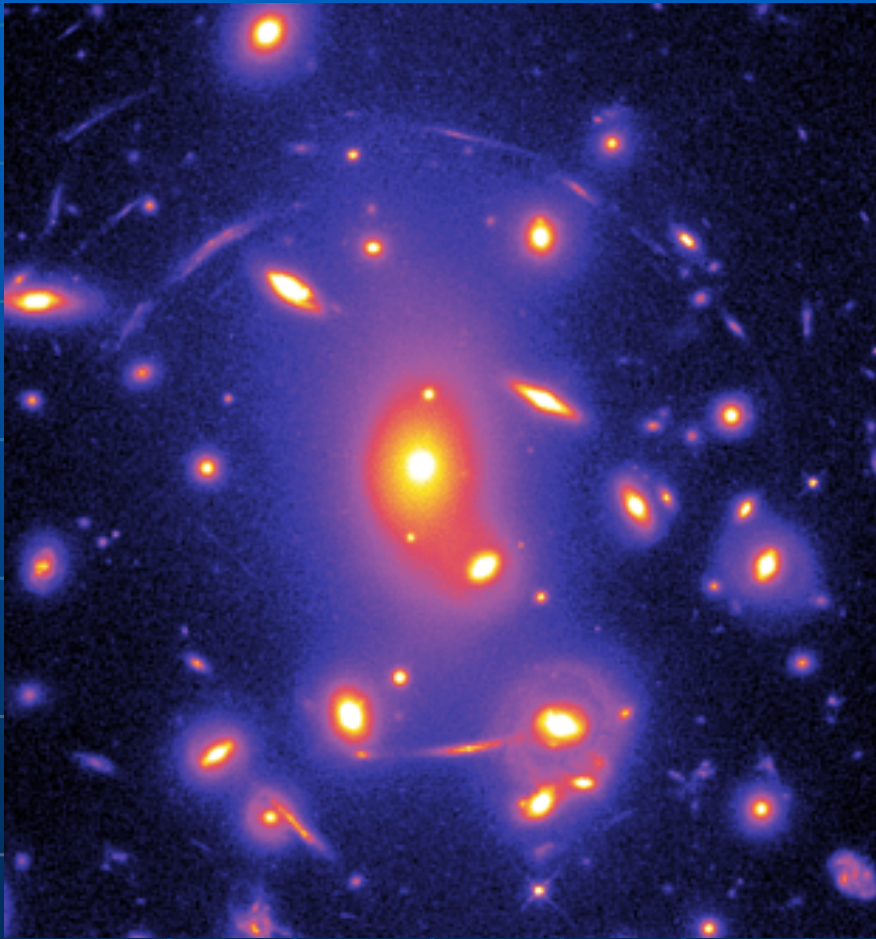
50 Mpc/h

Die Baryonen folgen der dunklen Materie.



(V. Springel)

Die Baryonen folgen der dunklen Materie.



Die Galaxien entwickeln sich durch die Wechselwirkung mit anderen.



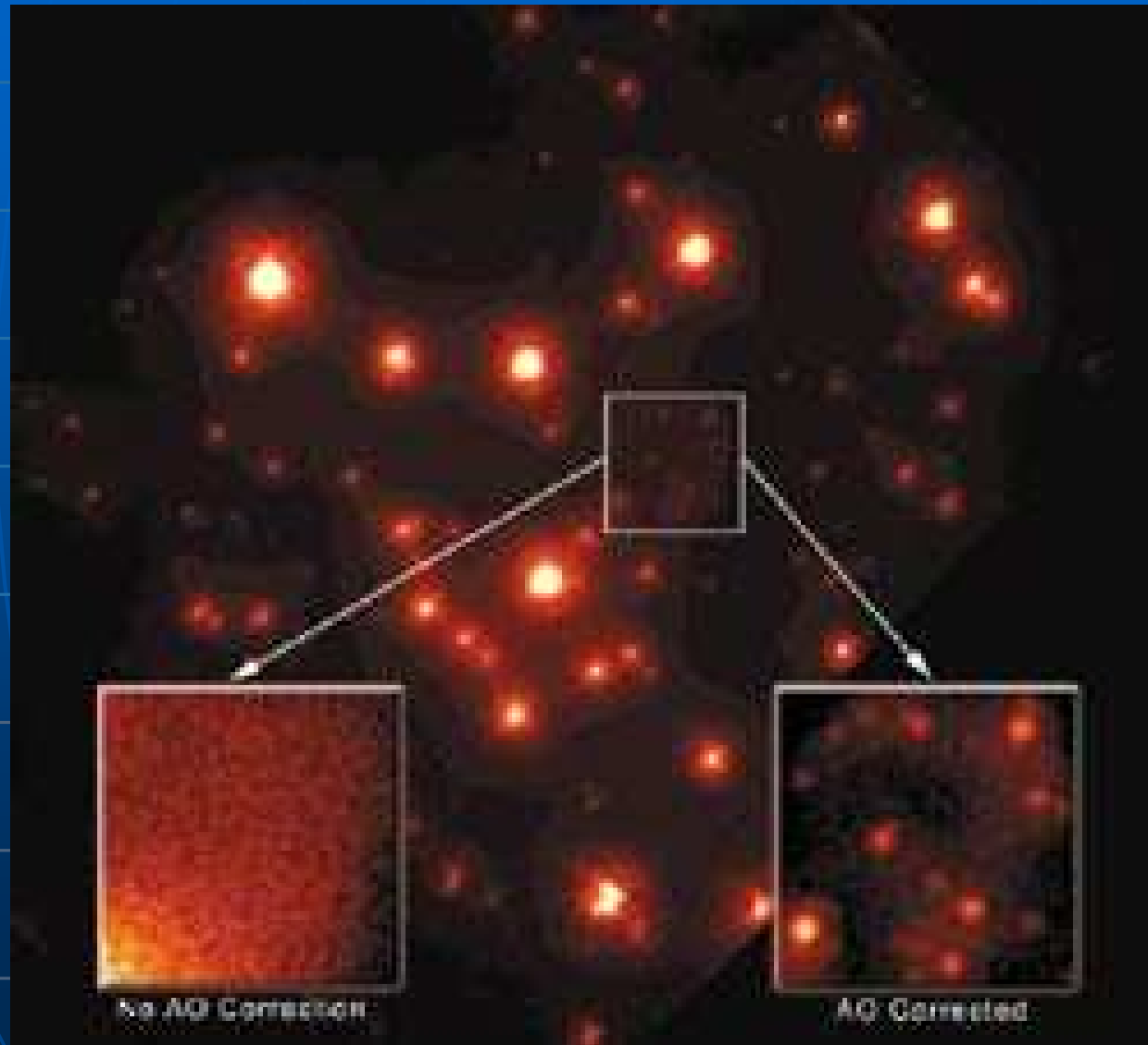
(M.
Stein
metz)

3. Die Physik der schwarzen Löcher

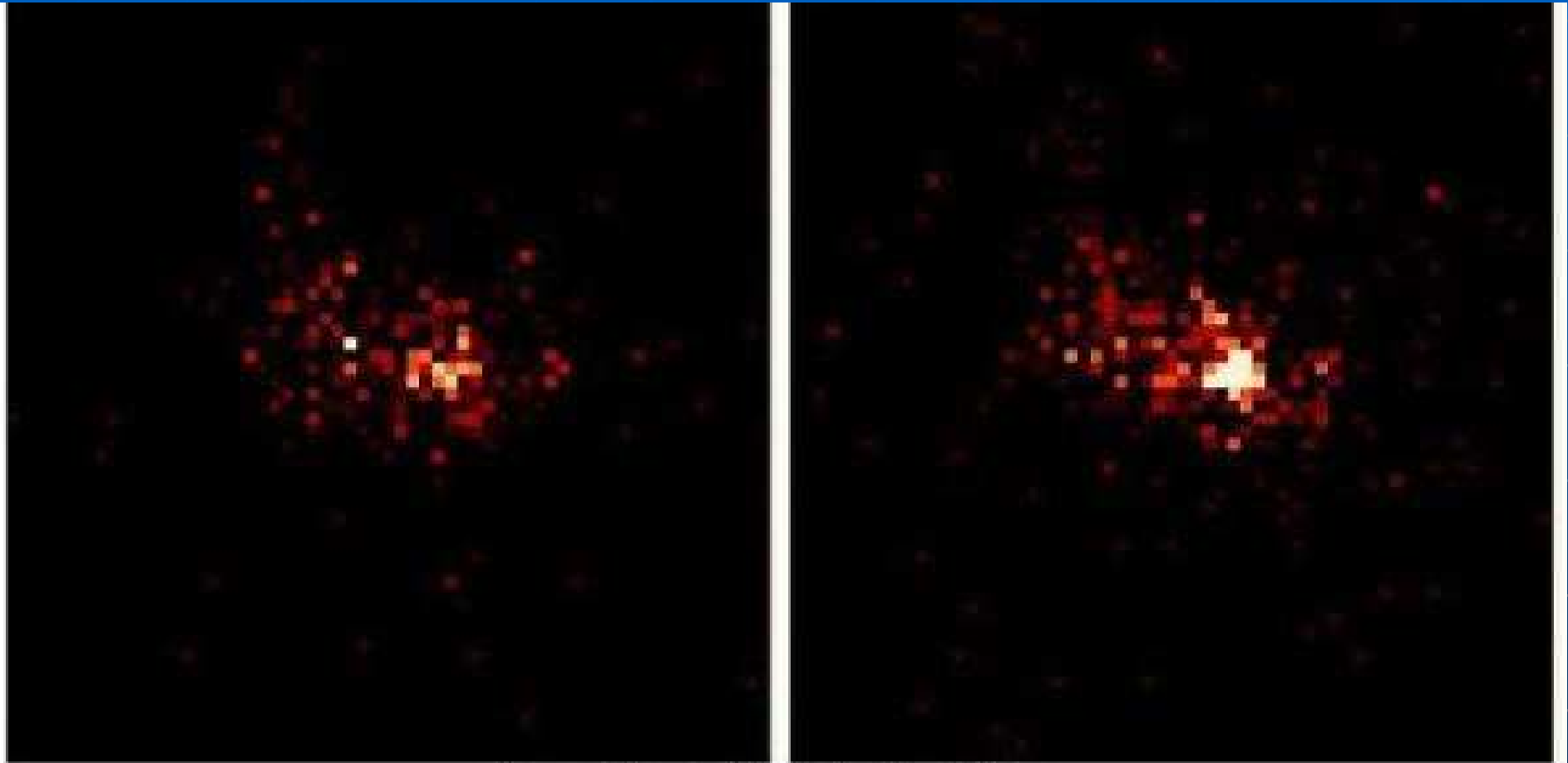
- ∅ Supermassive schwarze Löcher: **Wie sind sie entstanden? Wie werden sie “gefüttert”?**
- ∅ Stellare schwarze Löcher: **Wann entstehen sie? Gibt es eine Verbindung zu den “ γ -ray bursts”?**

(P. Predehl, V. Schönfelder)

Schwarze Löcher in den Zentren von Galaxien



Schwarze Löcher in den Zentren von Galxien

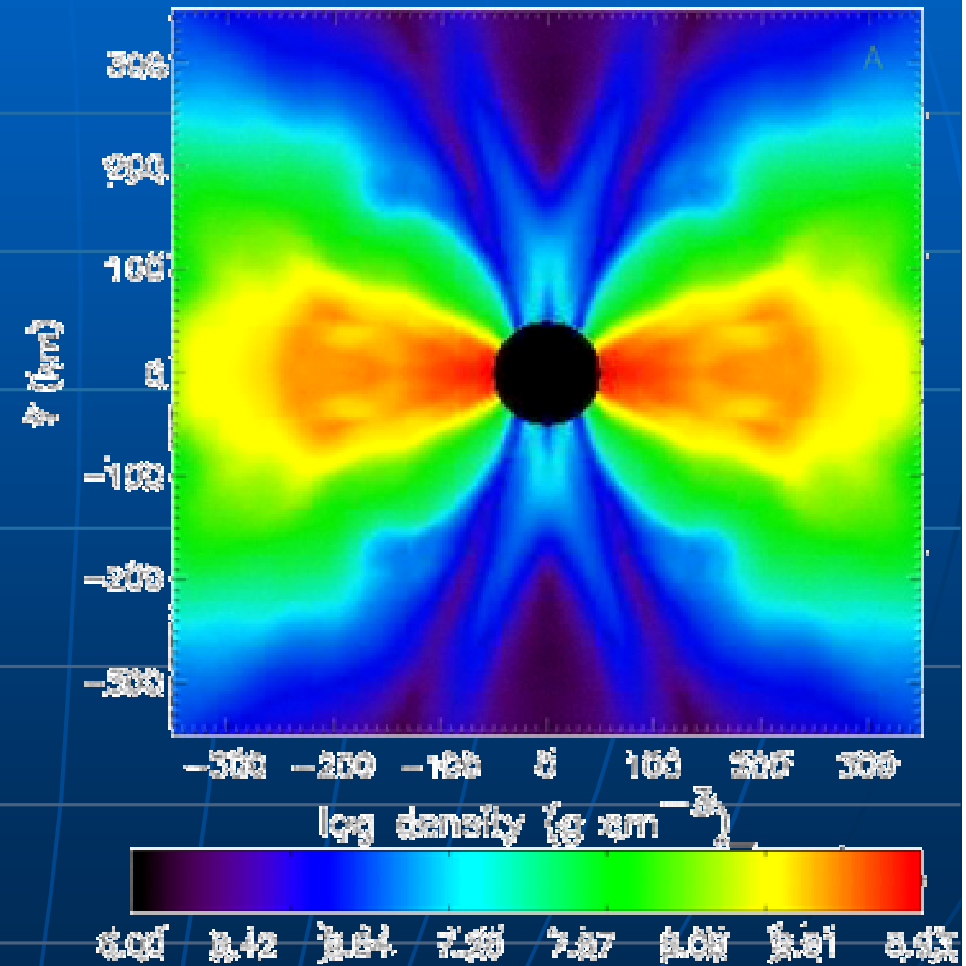
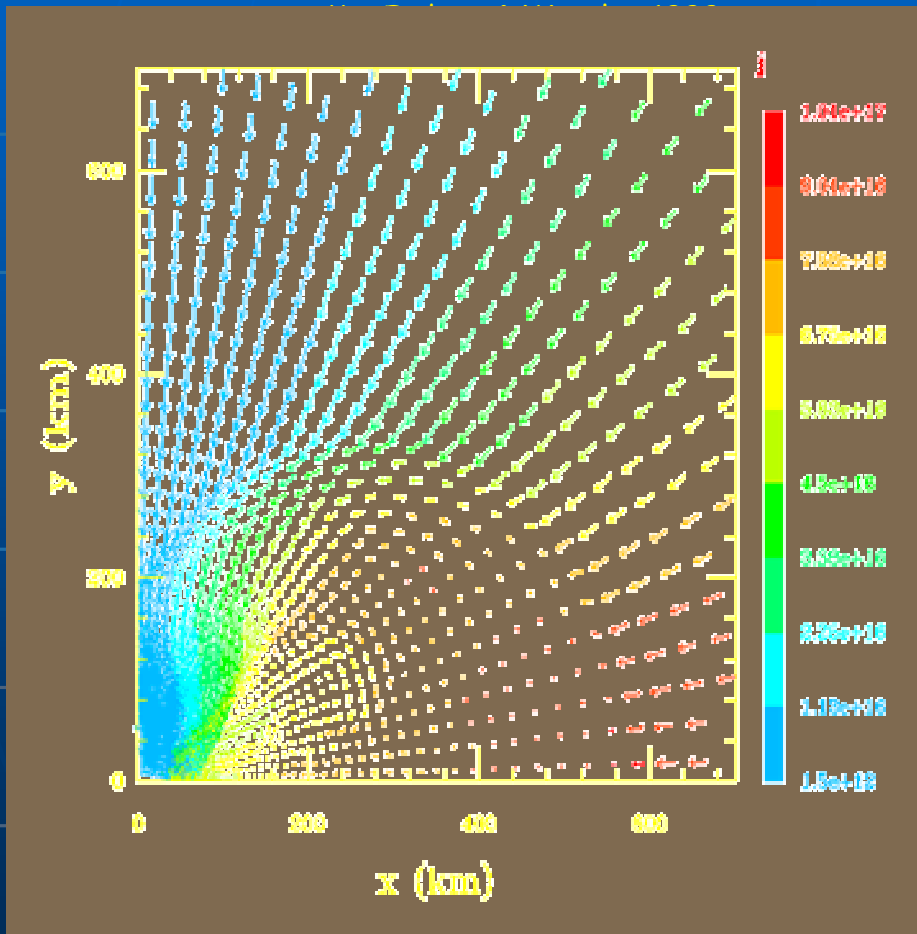


X-ray Flare in the Galactic Nucleus



Numerische Simulationen

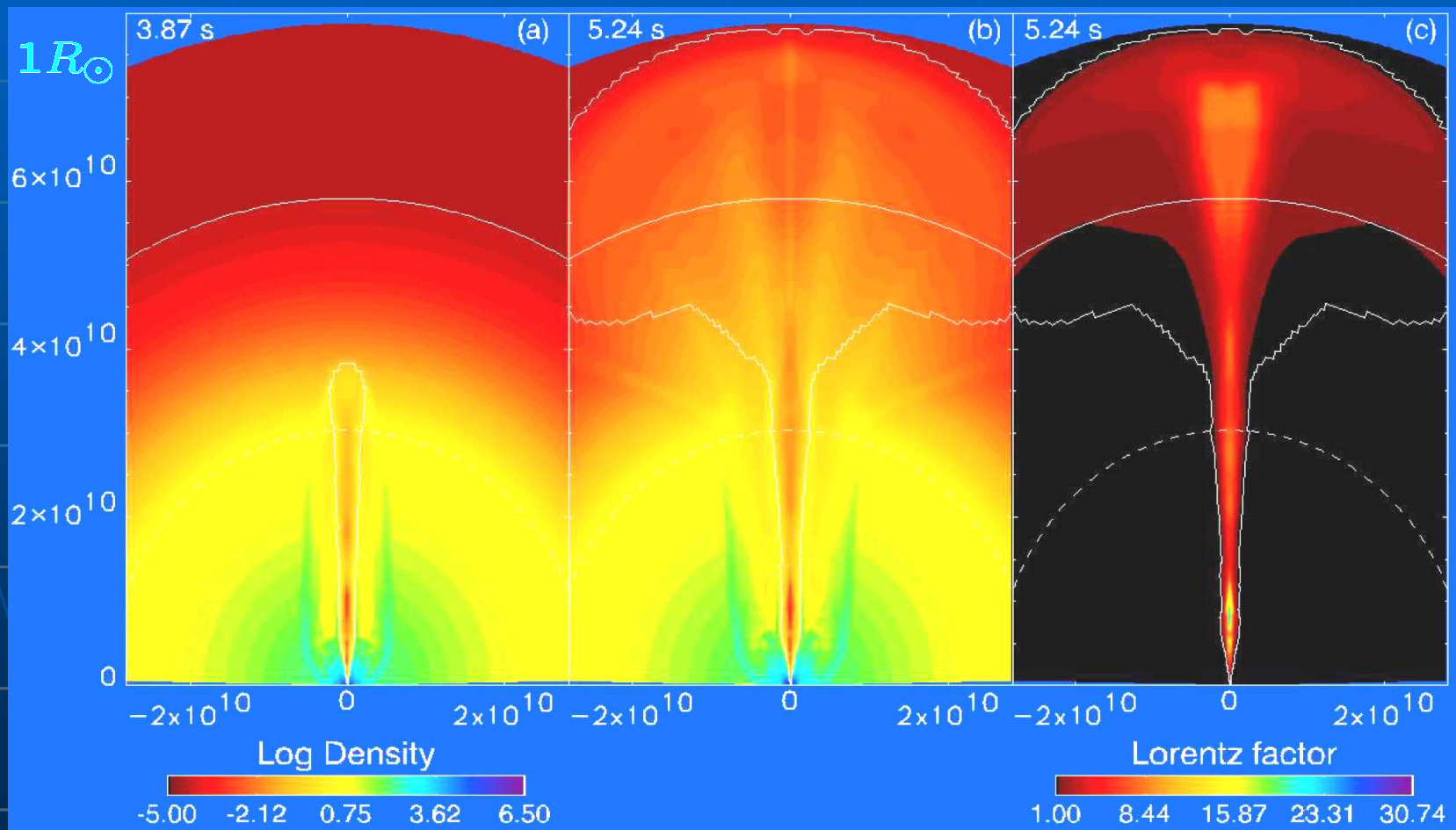
MacFadyen & Woosley 1999



Das Collapsar/Jet Modell

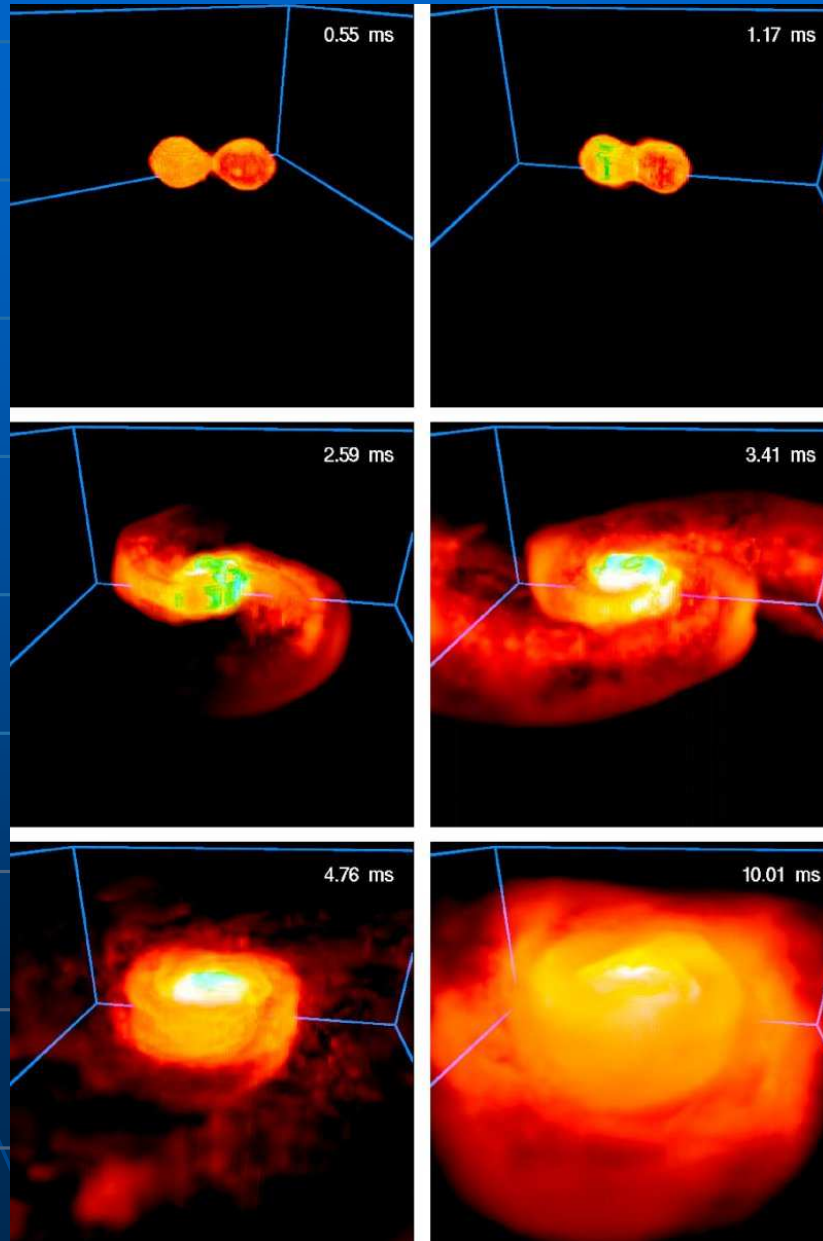
Kollabierender rotierender massereicher Stern

→ schwarzes Loch + Akkretionsscheibe, Jet



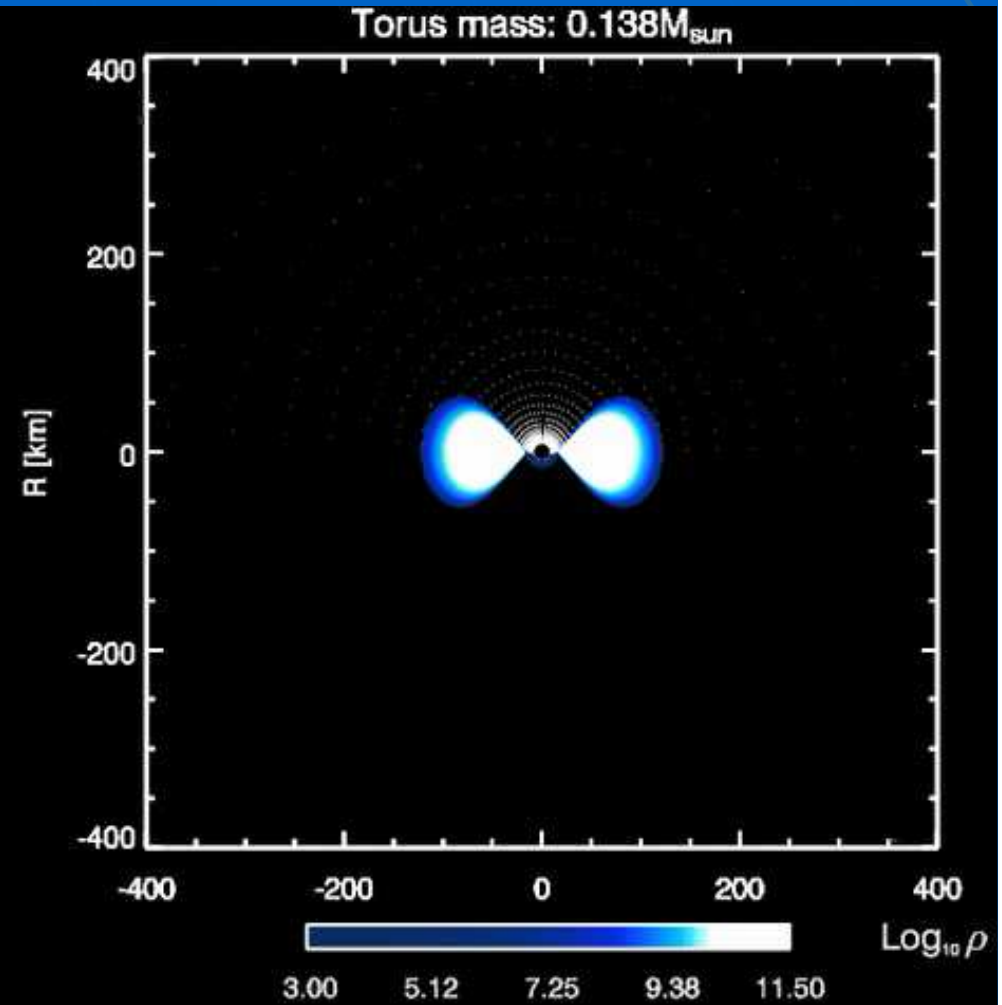
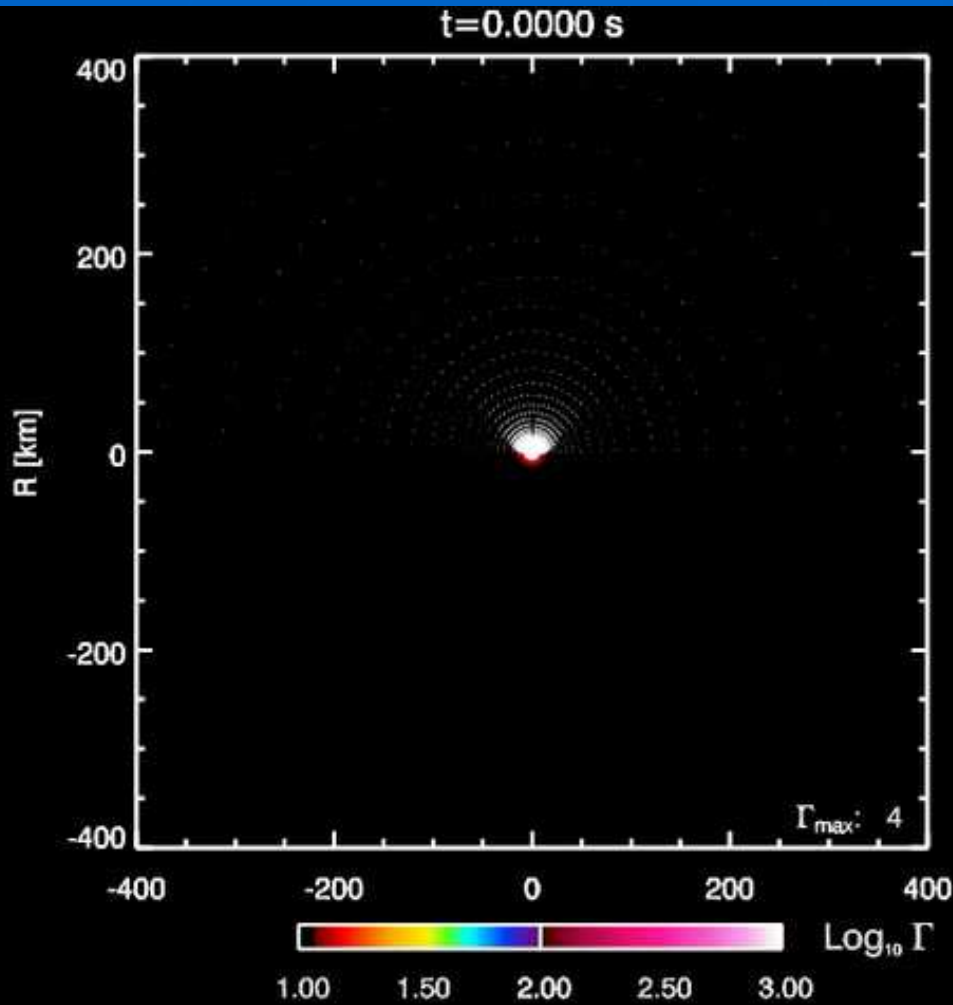
Aloy et al. (1999)

Der alternative Weg: Verschmelzung zweier Neutronensterne zu einem schwarzen Loch



(Janka et al.)

Jets bei der Verschmelzung zweier N^*ne



(Janka et al.)

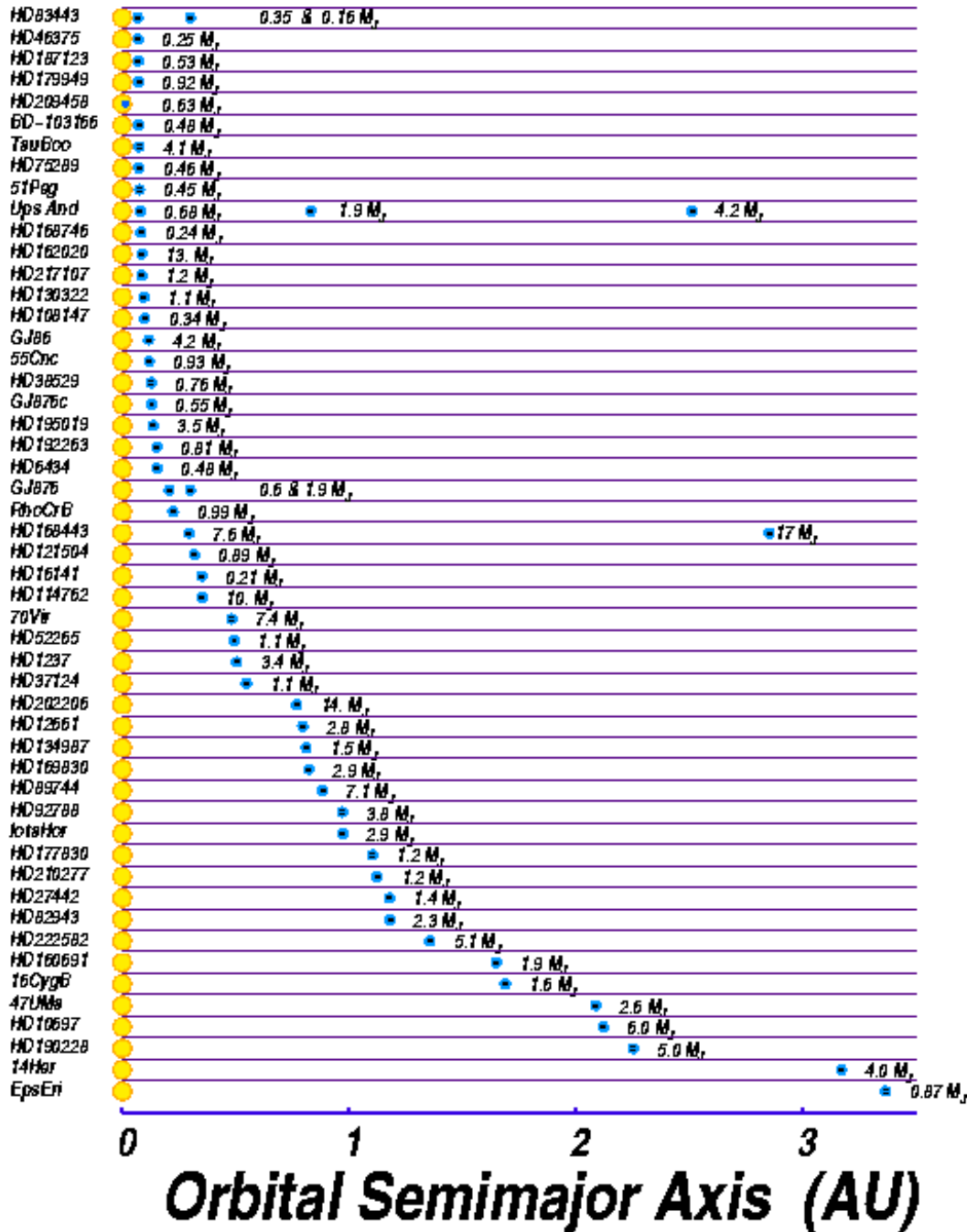
Explosion eines nicht rotierenden Sterns

1 sec



4. Die Entstehung von Sternen und Planetensystemen

- ∅ Planetensysteme: *Wie viele gibt es? Sind einige dem Sonnensystem ähnlich?*
- ∅ Planetensysteme: *Was sind die Bedingungen für die Entstehung von Leben?*



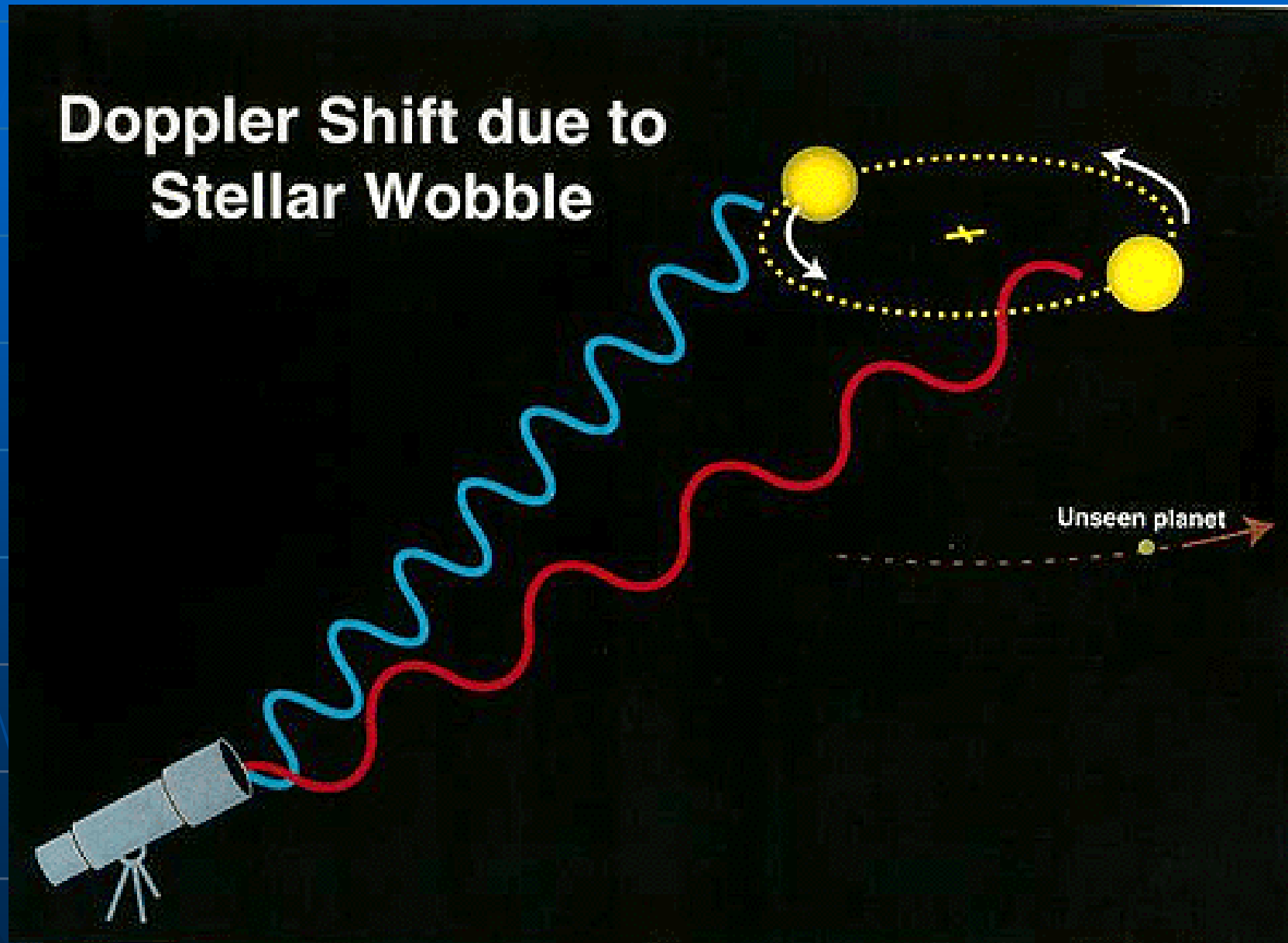
∅ Astrometrische Beobachtungen:



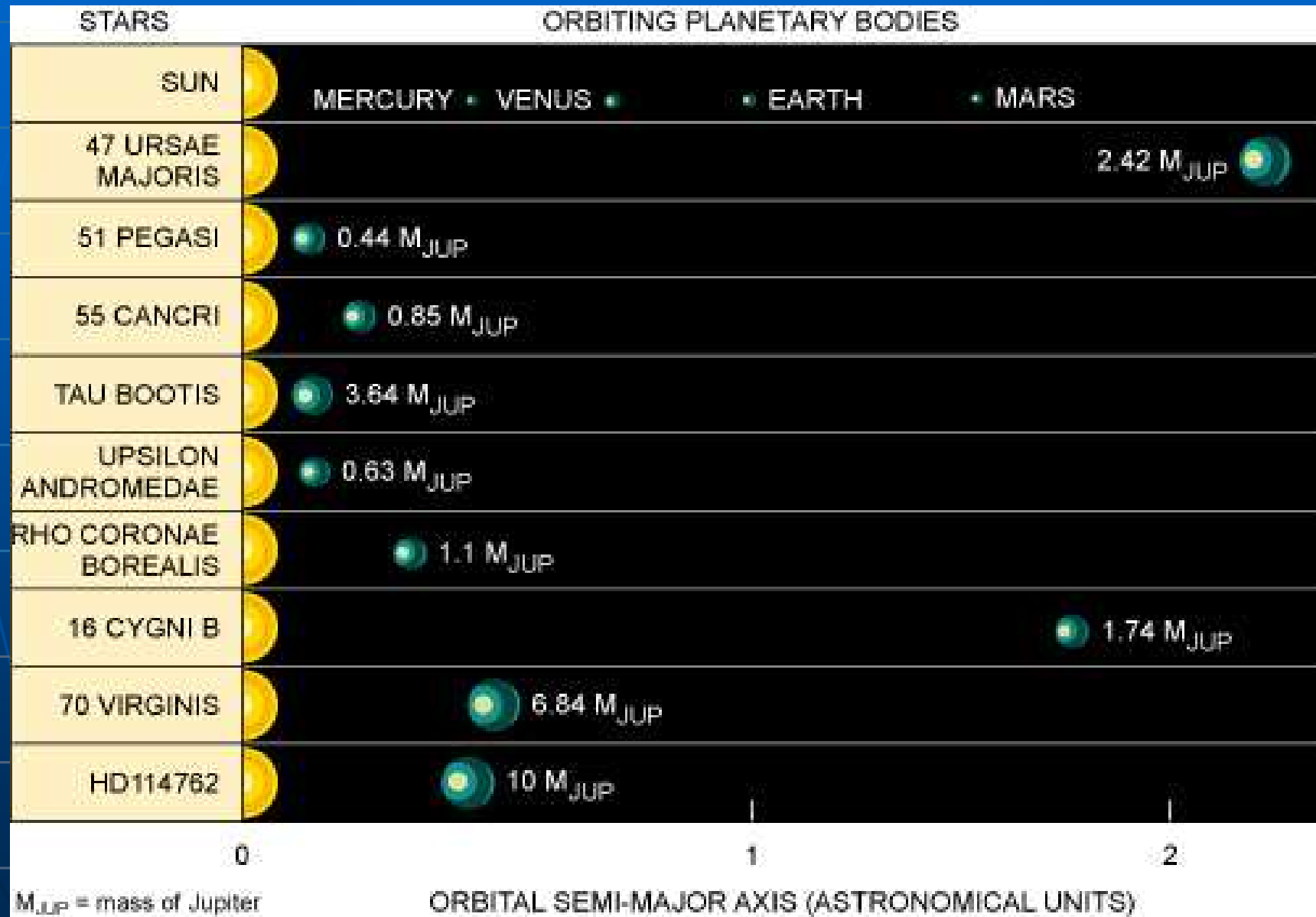
∅ Es gibt viele Planeten-systeme neben unserem Sonnensystem!

Wie findet man sie?

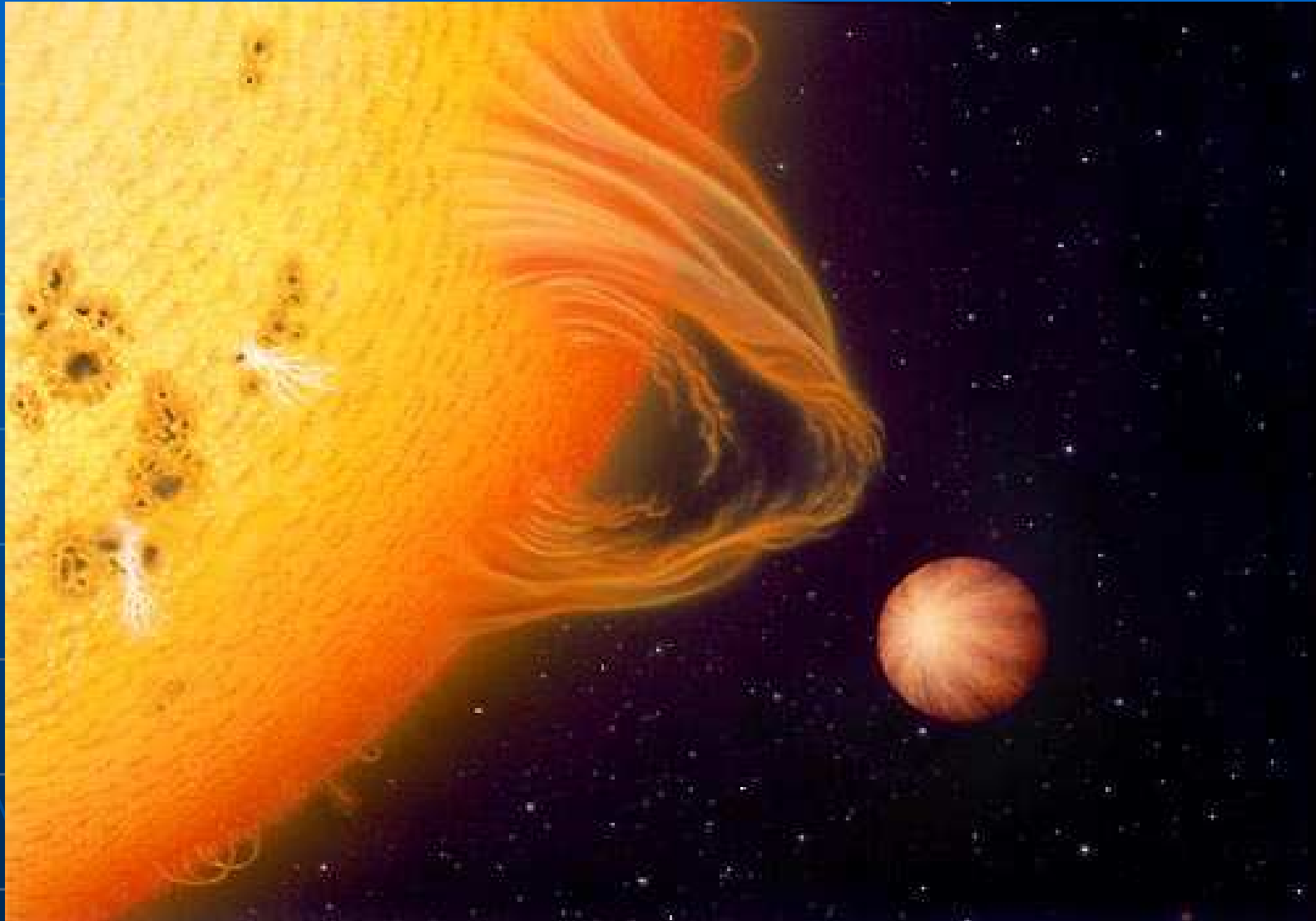
Doppler Shift due to Stellar Wobble



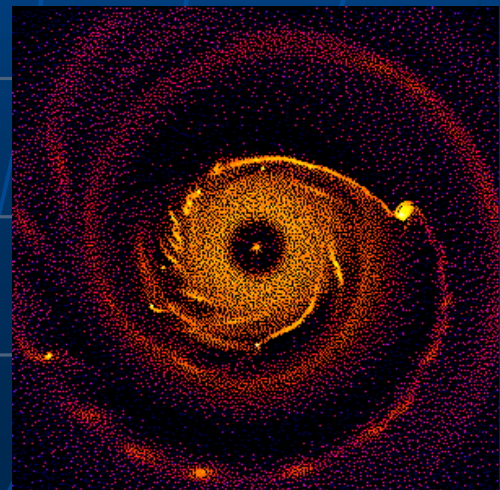
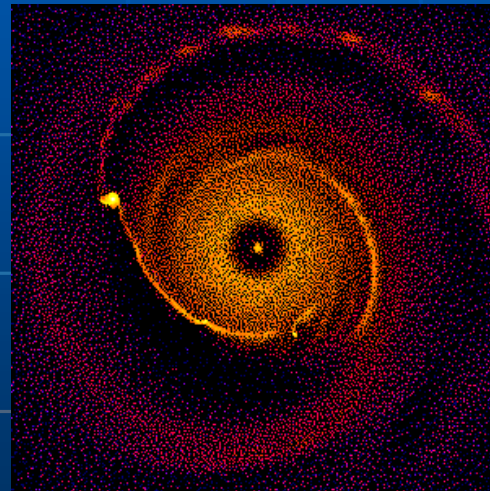
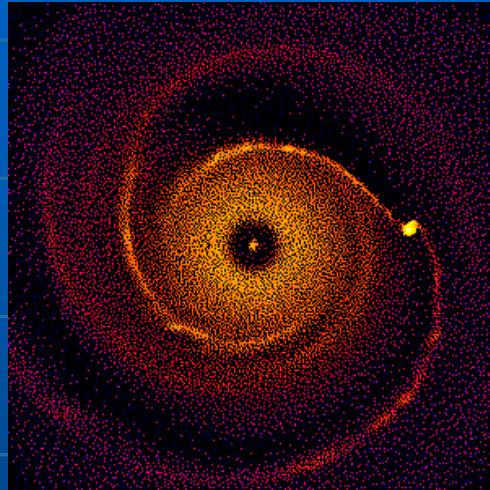
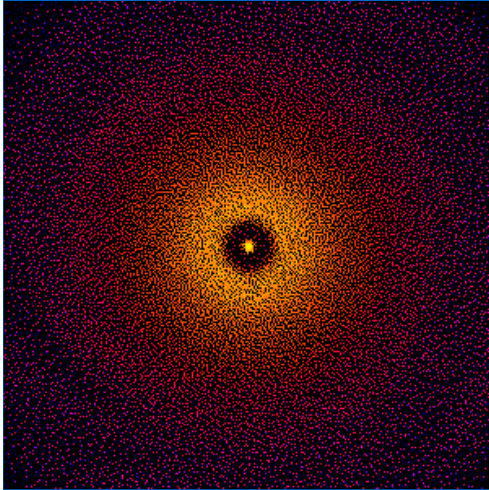
Einige gut untersuchte Systeme



Sieht γ -Andromeda so aus?



Wie entstehen erdähnliche Planeten?



(K. Dullemond)

Getrieben durch die
"Jupiter"?