

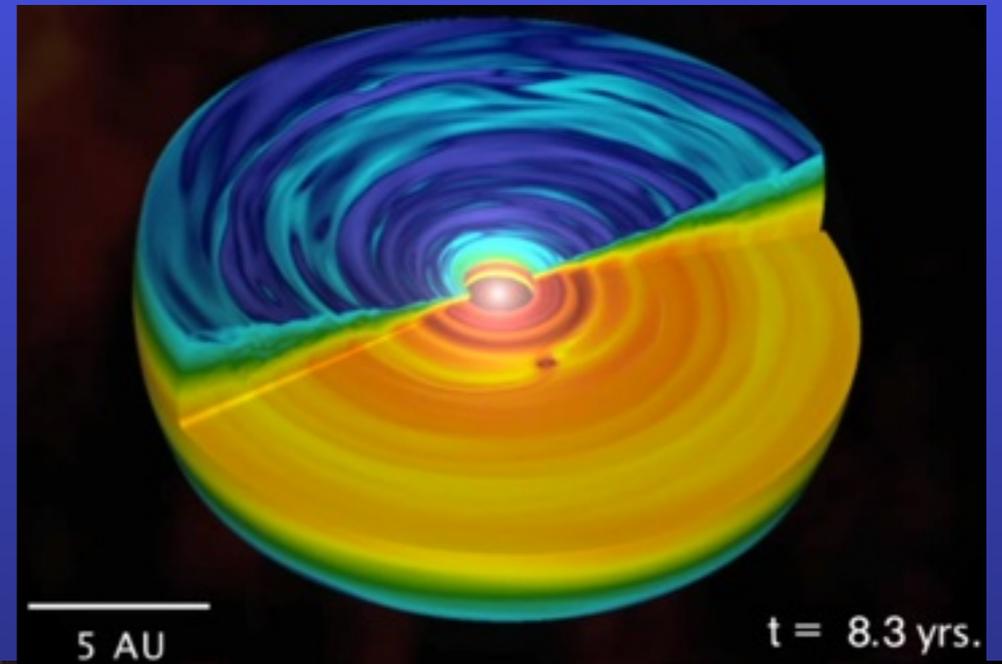
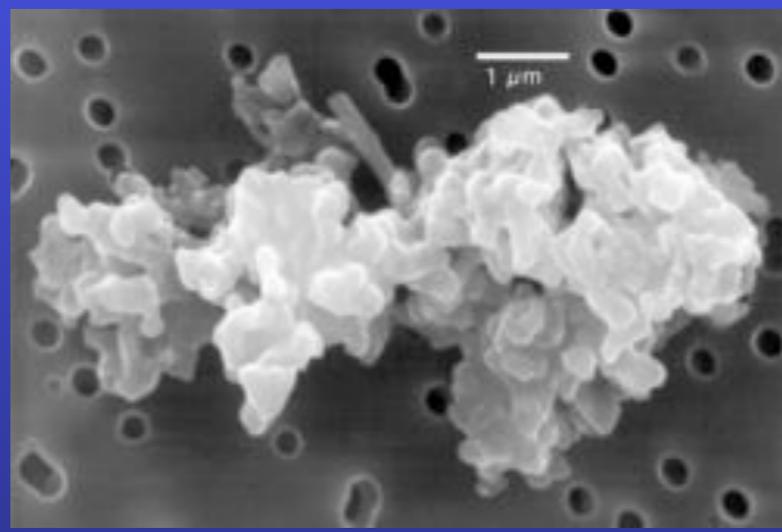
Stern- und Planetenentstehung im kosmischen Kontext

**Das Sonnensystem und seine nächsten Verwandten für
Nicht-Physiker**

Hubert Klahr

Haus der Astronomie / Max-Planck-Institut für Astronomie

30.10.2018



Die Geburt der Sonne und ihrer Planeten: *Von Briefumschlägen und Super-Computern.*



Hubert Klahr,
10/04/2010
Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg

Hubert Klahr - Planet Formation

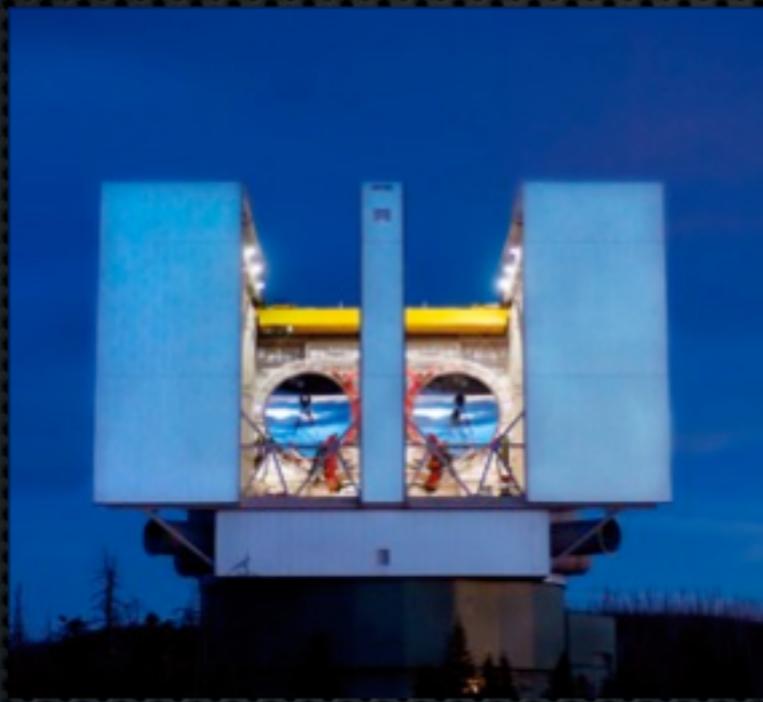


THEORIE Planeten- und Sternentstehung
am MPIA und LEHRE an der Uni Heidelberg

Übersicht: Observatorien



Calar Alto, Spanien



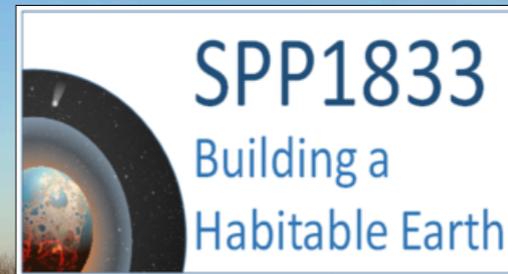
LBT, Arizona



VLT, Chile



Gefördert durch
DFG Deutsche
Forschungsgemeinschaft



Theory Group: Planet and Star Formation at

Super Computing -Fluid Dynamics

Numerical and Analytical
studies.

$$N^2 = -\frac{1}{\gamma} \left(\frac{H}{R} \right)^2 \beta_s \beta_p \Omega^2$$

JUQUEEN

- 28 racks (7 rows à 4 racks) - 28,672 nodes (458,752 cores)
Rack: 2 midplanes à 16 nodeboards (16,384 cores)
Nodeboard: 32 compute nodes / Node: 16 cores
- Main memory: 448 TB / Overall peak performance: 5.9 Petaflops



WIKIPEDIA
Die freie Enzyklopädie

[Hauptseite](#)

[Themenportale](#)

[Von A bis Z](#)

[Zufälliger Artikel](#)

Artikel [Diskussion](#)

Planet

(Weitergeleitet von [Planeten](#))



Der Titel dieses Artikels ist mehrdeutig. Weitere Bedeutungen sind unter [Planet \(Begriffsklärung\)](#) aufgeführt.

Ein **Planet** ist ein [Himmelskörper](#), (a) der sich auf einer [Umlaufbahn](#) um die [Sonne](#) bewegt, (b) dessen [Masse](#) im [hydrostatischen Gleichgewicht](#) befindet – und somit eine näherungsweise kugelähnliche Gestalt besitzt – und (c) der das dortige [Gravitationsfeld](#) über die Zeit durch sein [Gravitationsfeld](#) von weiteren Objekten „geräumt“ hat. Diese Definition geht auf eine

laut: WIKIPEDIA:

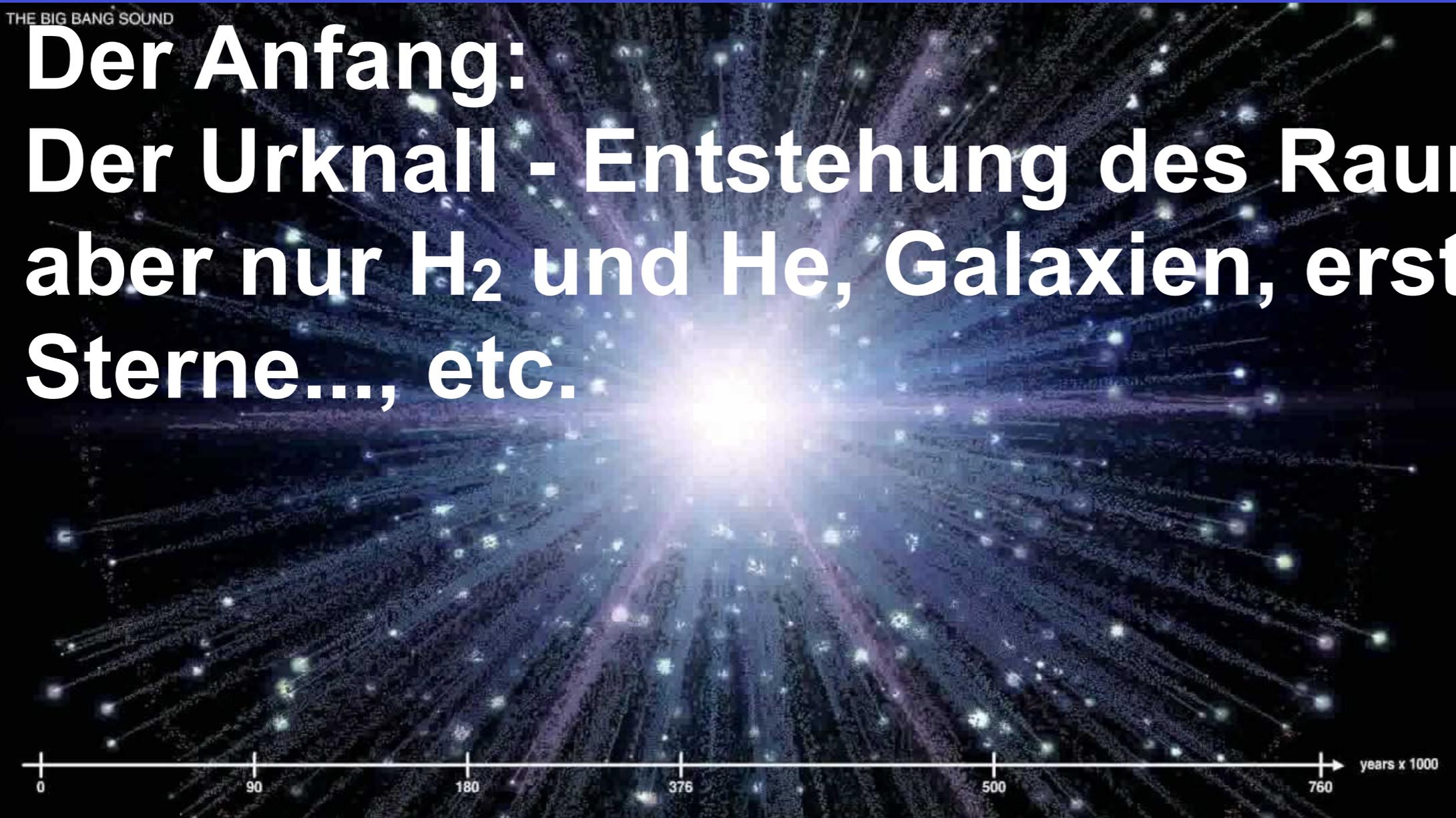
Die Entstehung von Planeten und Planetensystemen ist bis heute (2008) noch nicht vollständig erklärt. Auch in 2016 wahr...





Kant / Laplace: Entstehung aus einer Scheibe heraus.

**Der Anfang:
Der Urknall - Entstehung des Raumes,
aber nur H₂ und He, Galaxien, erste
Sterne..., etc.**

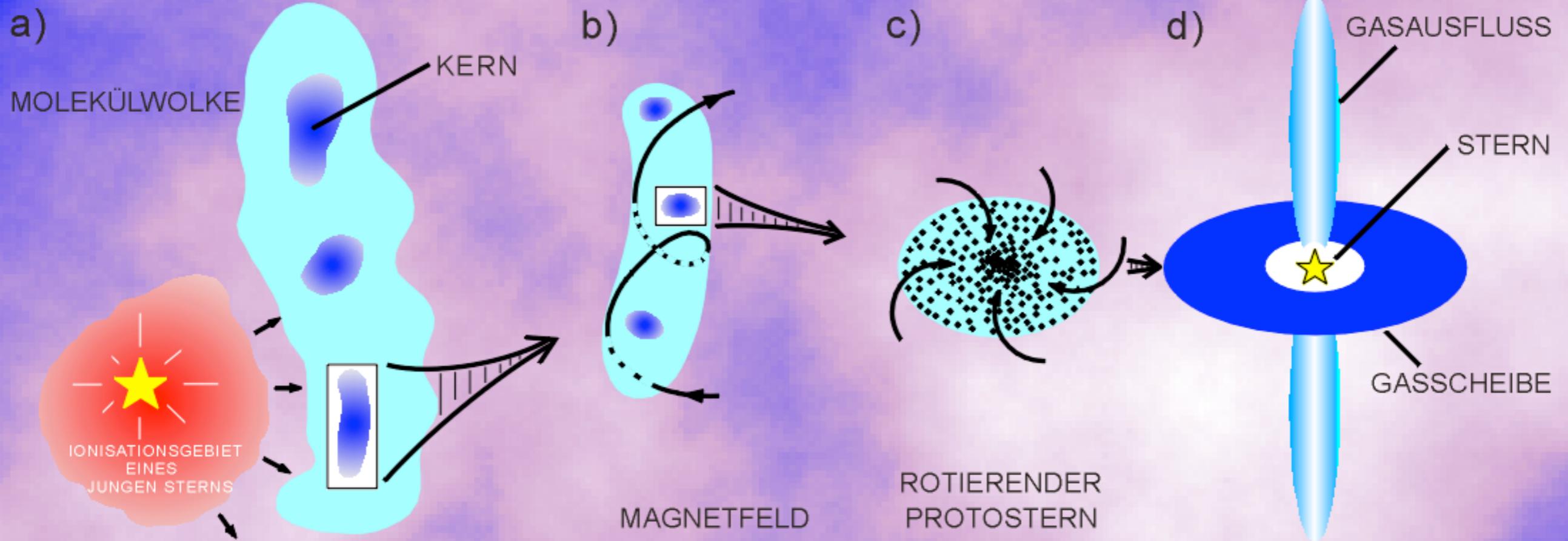


**...viele Super Novas später...
Werden noch immer Sterne geboren**

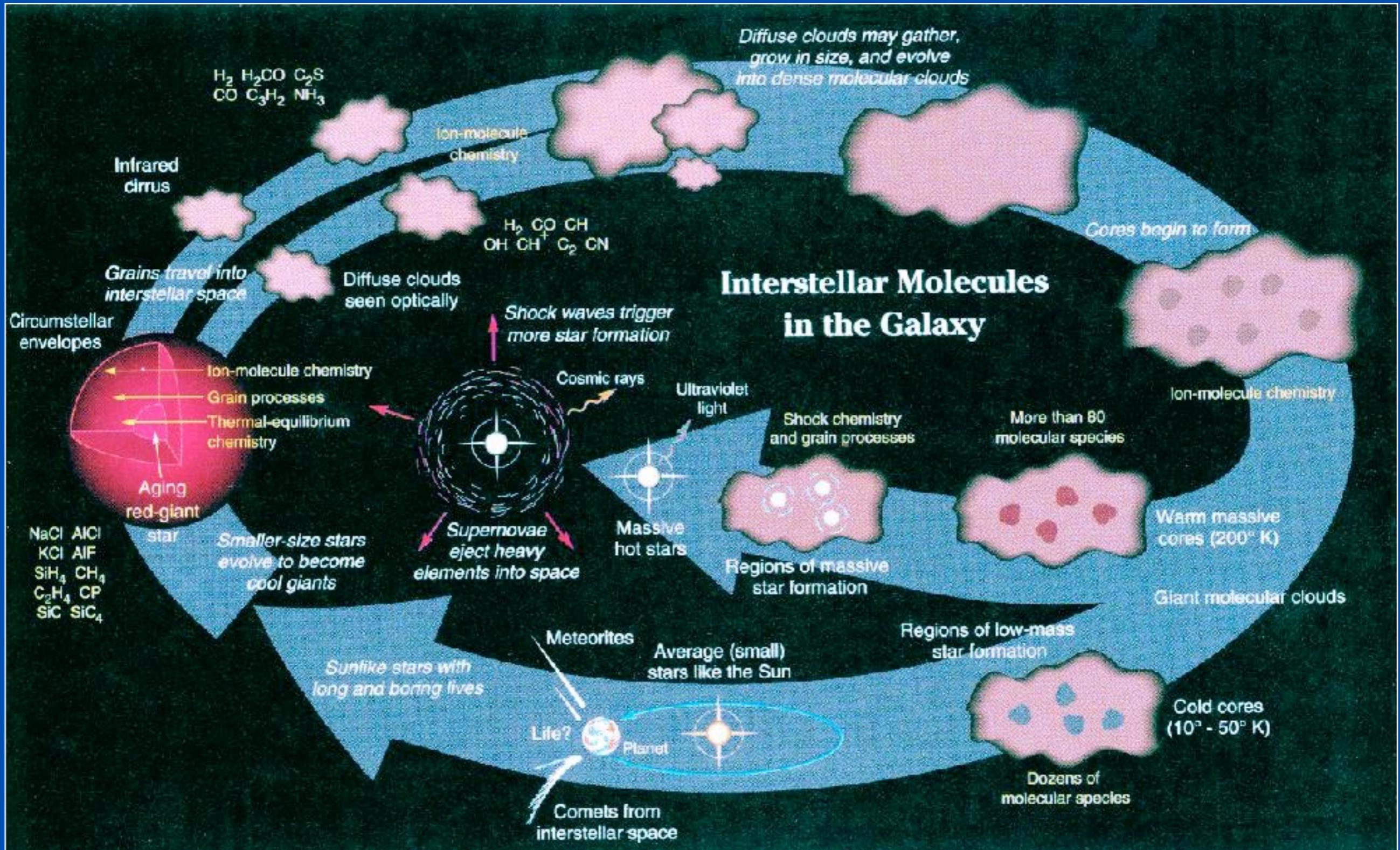


Sternentstehungsparadigma

DIE ENTWICKLUNGSTUFEN DER STERNENTSTEHUNG



Der kosmische Materiekreislauf



Aus der Asche sterbender Sterne
wird der Dünger für neue Sterne und
Planeten.

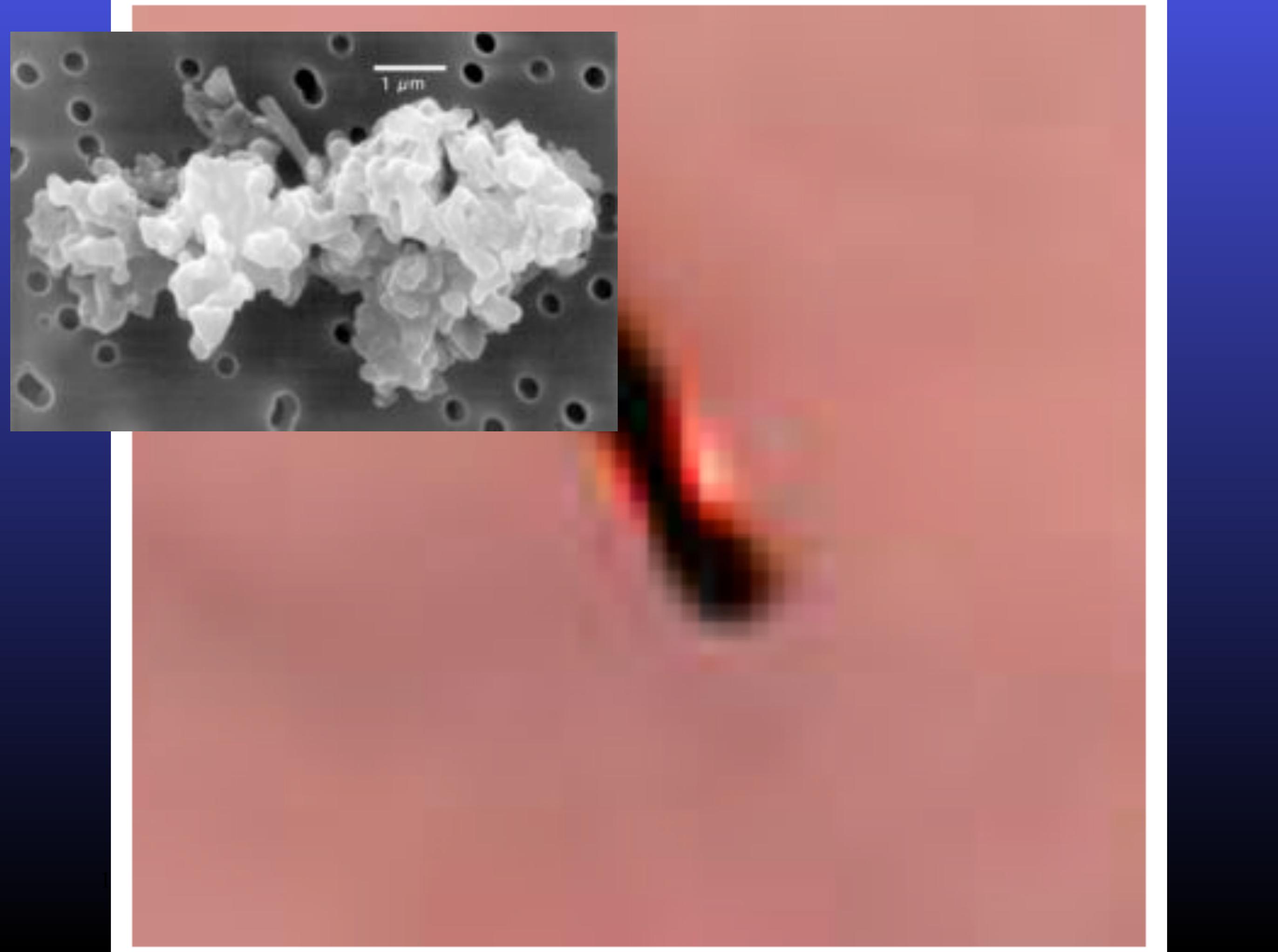


Der südliche Sternenhimmel im Winter

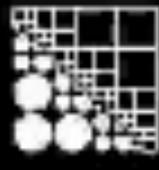


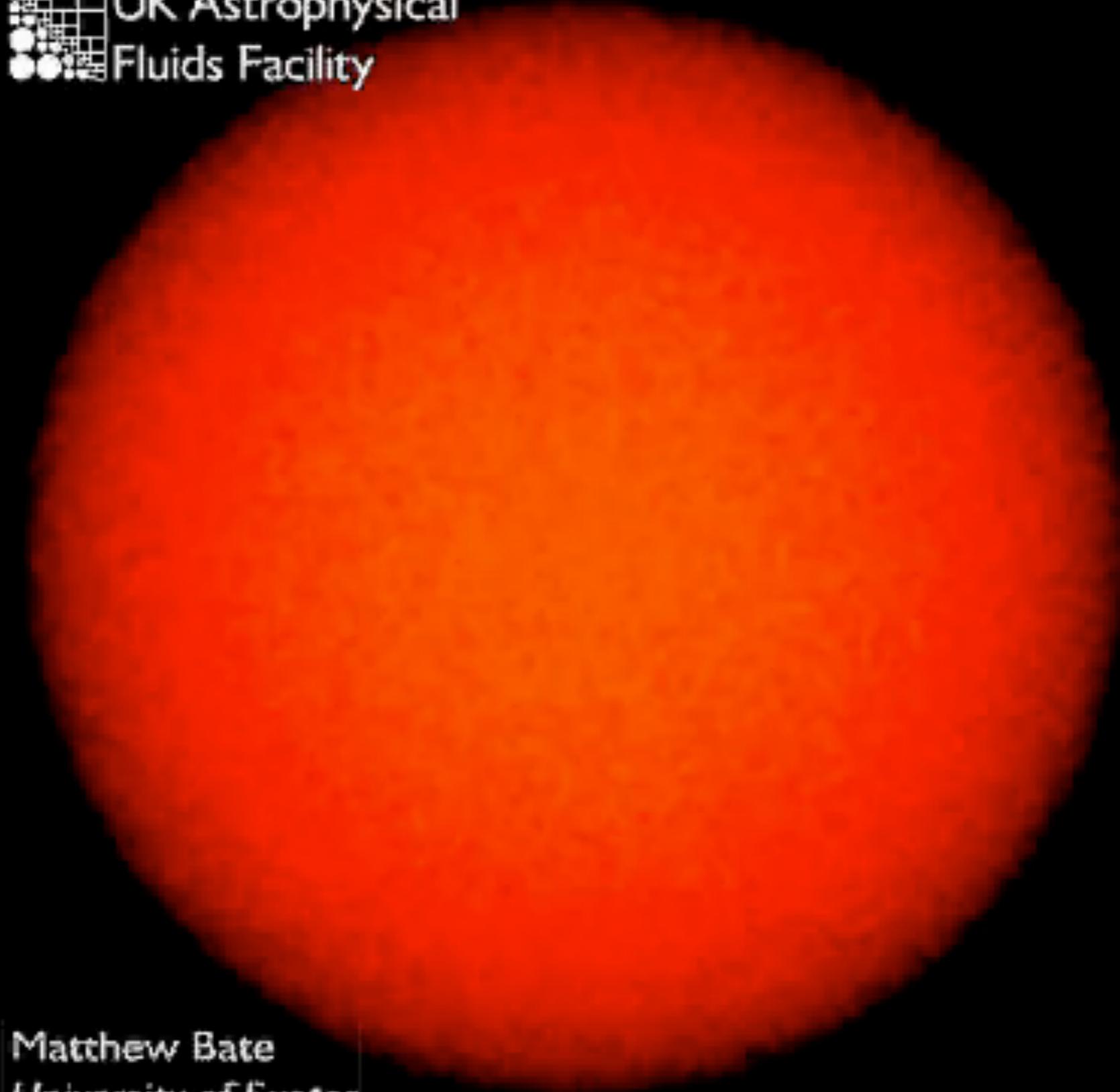
Eine Geburtsstätte von Sternen in unserer kosmischen Nachbarschaft: Der Orion Nebel





Sternentstehungs-Simulation:

 UK Astrophysical
Fluids Facility



SPH simulation

Anfangsbedingung:

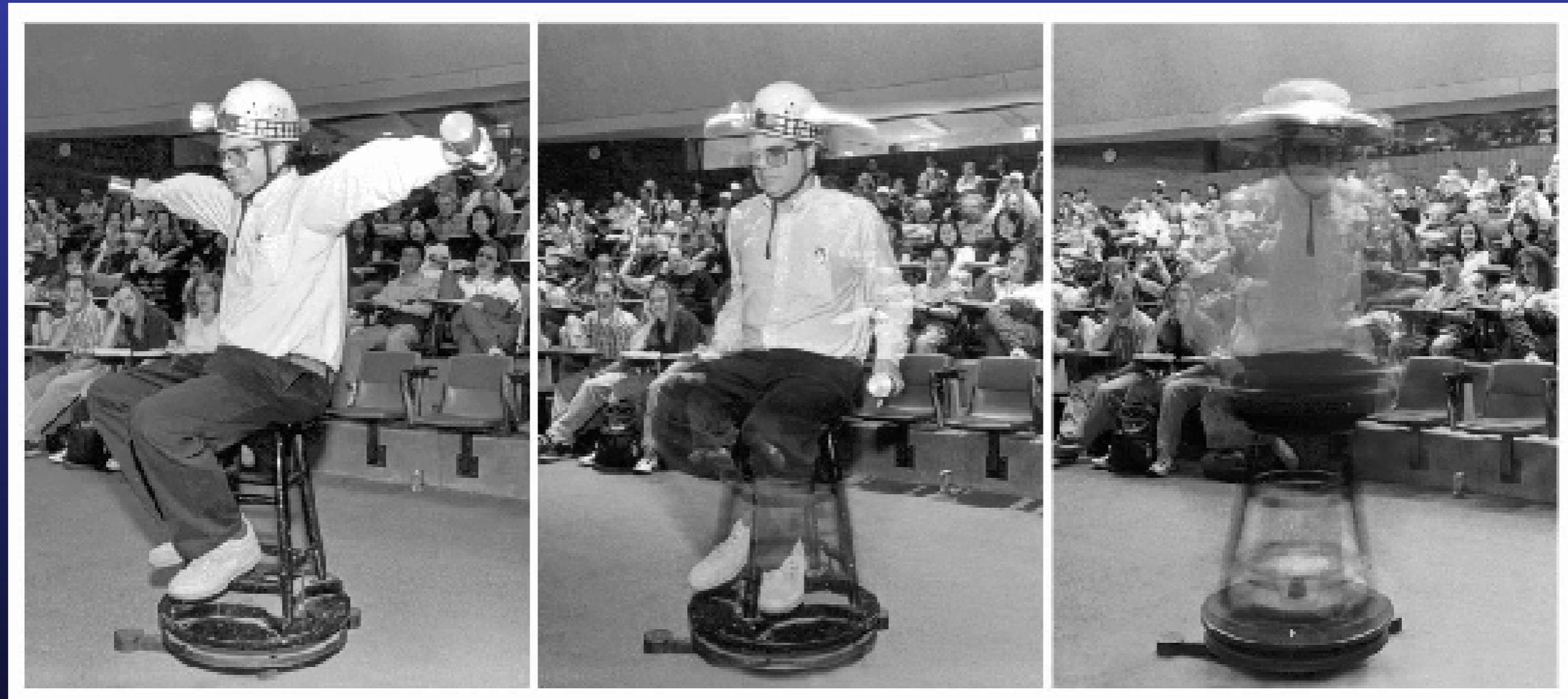
1000 M_{Sol}

1pc Durchmesser

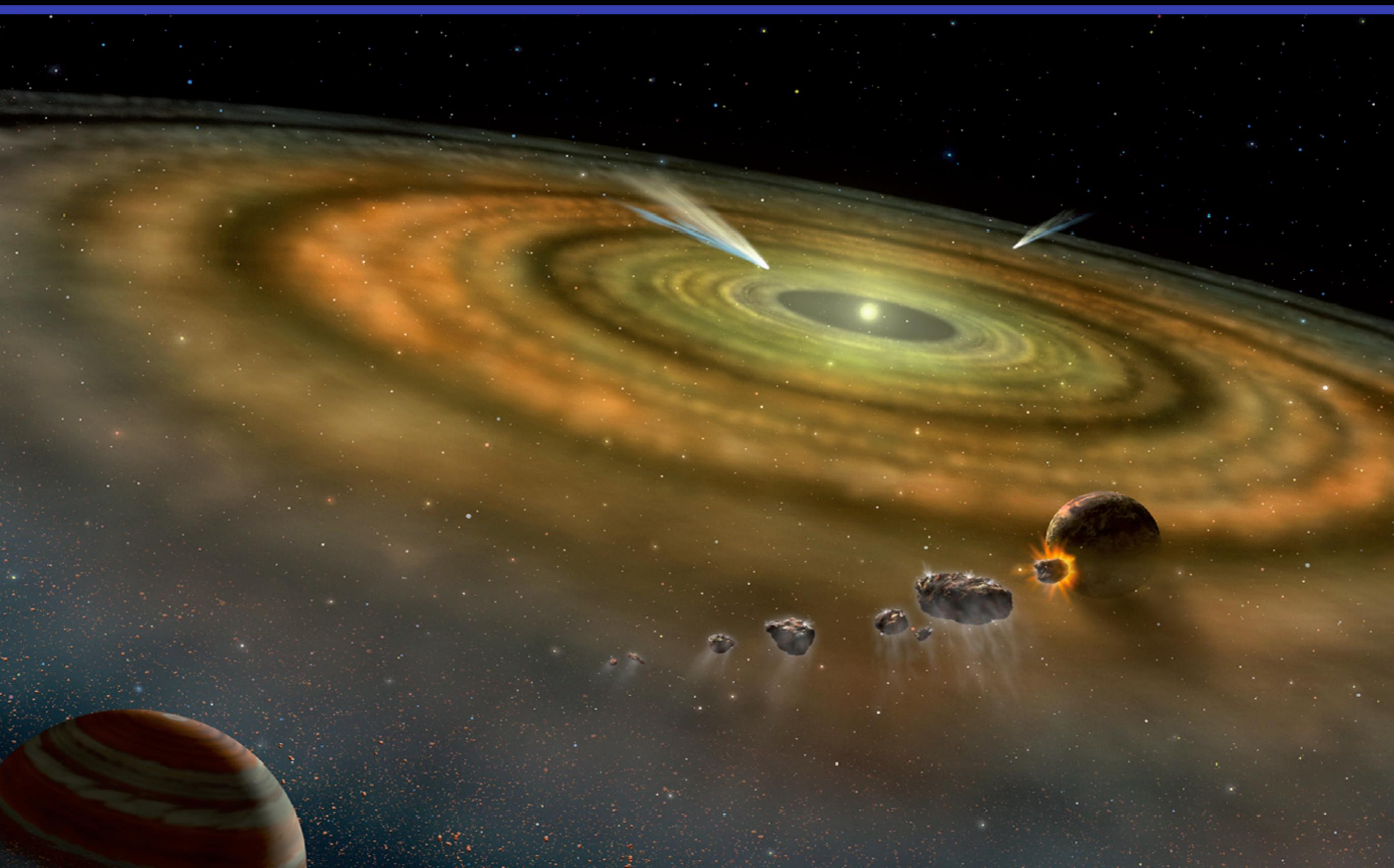
Temperatur 10K

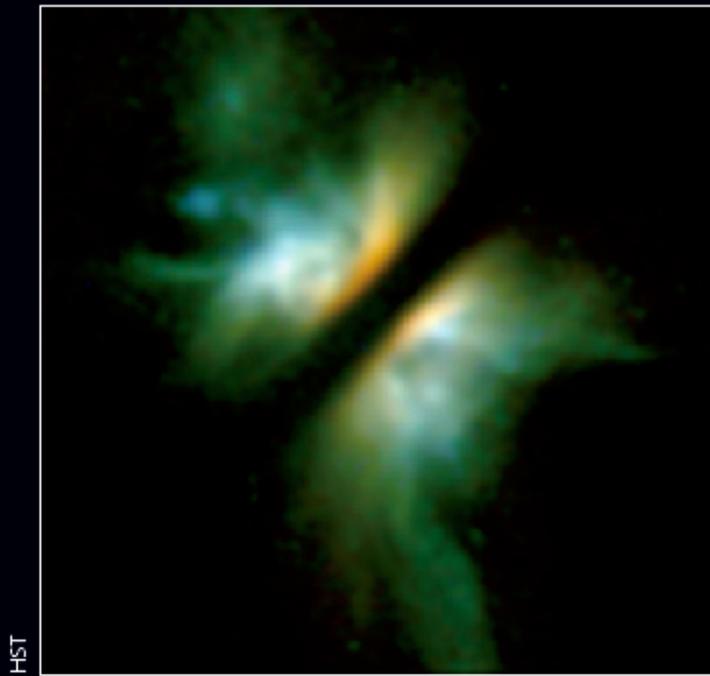
Matthew Bate
University of Exeter

Der Drehimpuls regiert!

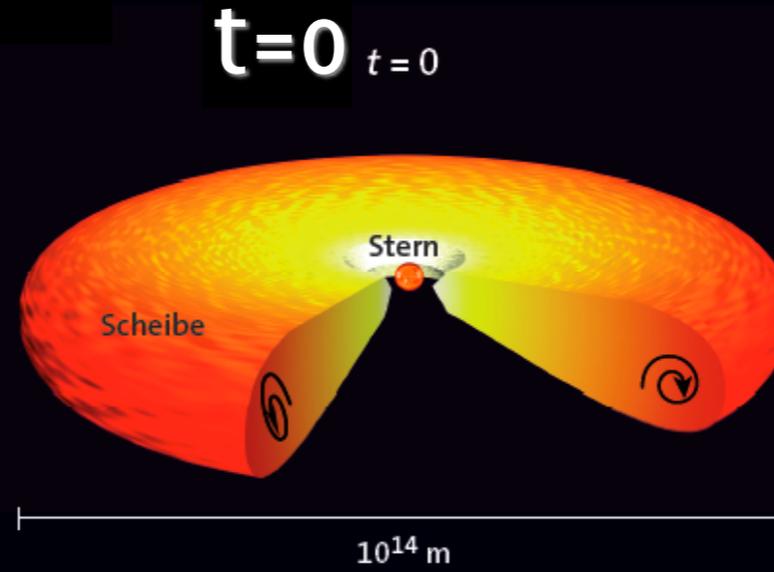


“Geburtsstätten von Planeten:” Gas- und Staubscheiben um junge Sterne.





=

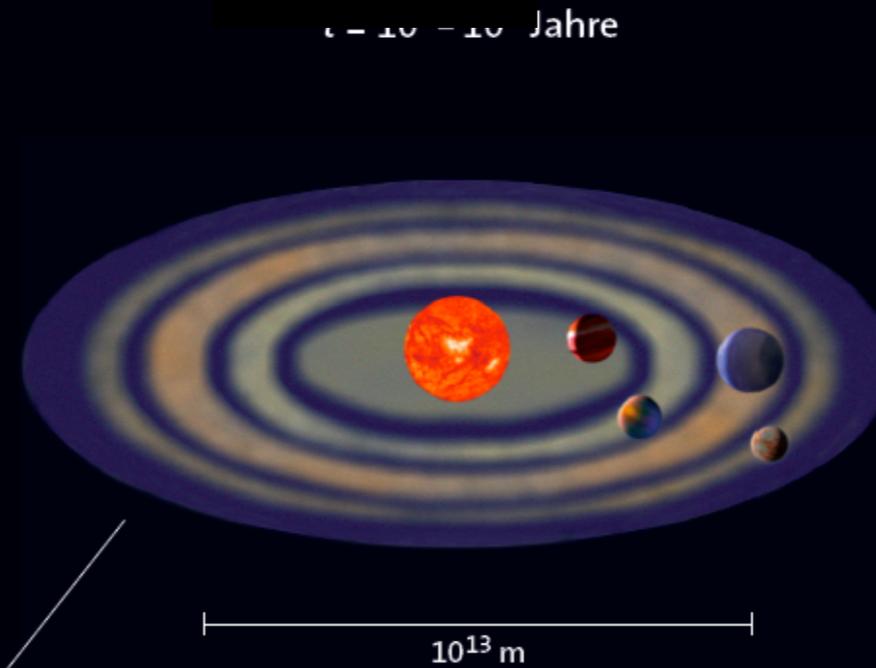
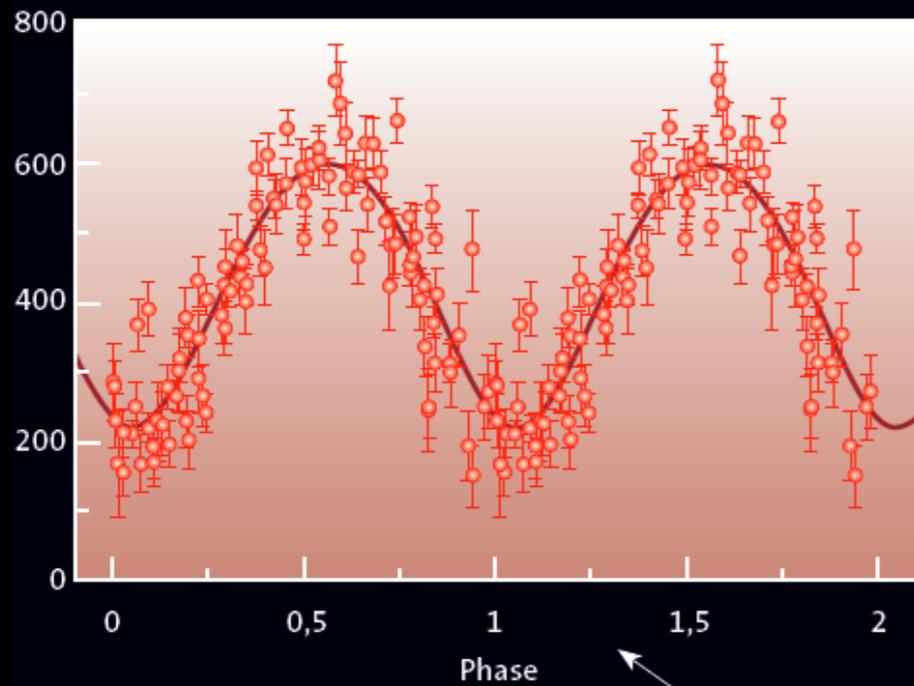


(a) Turbulente Scheibe aus Gas und Staub



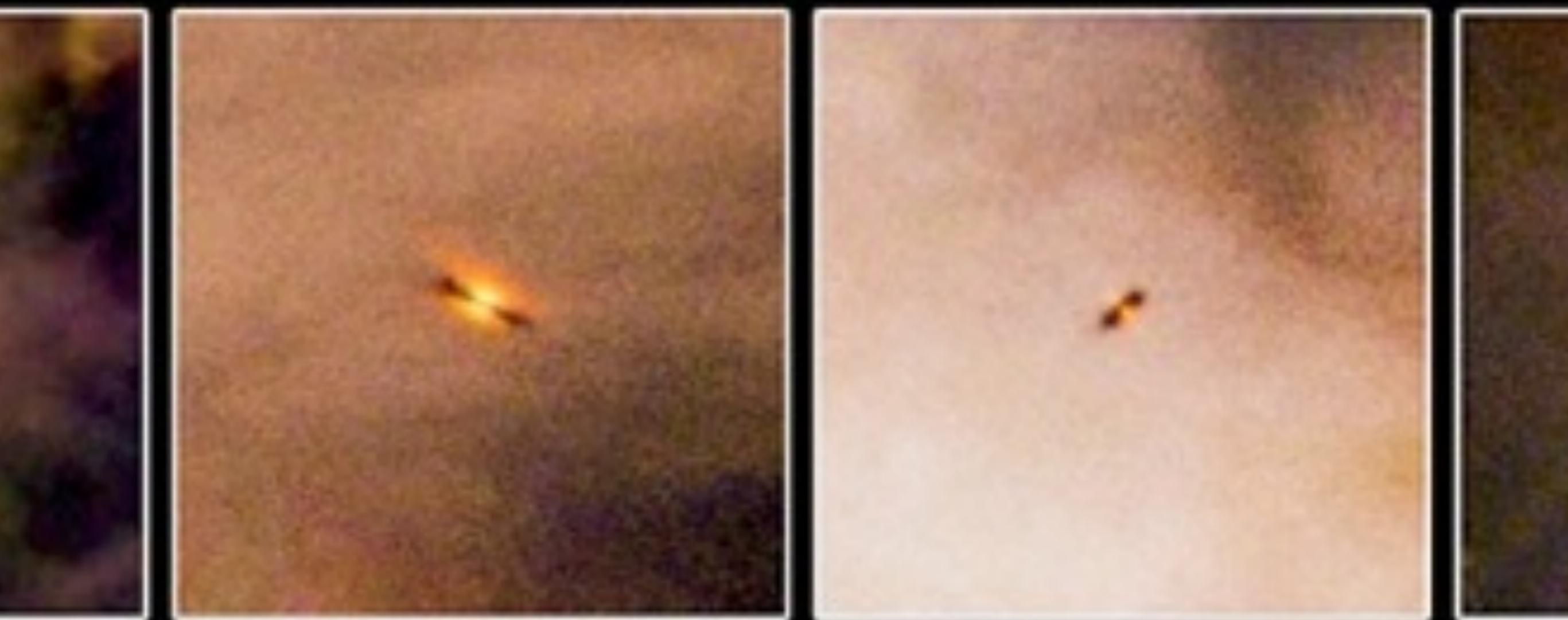
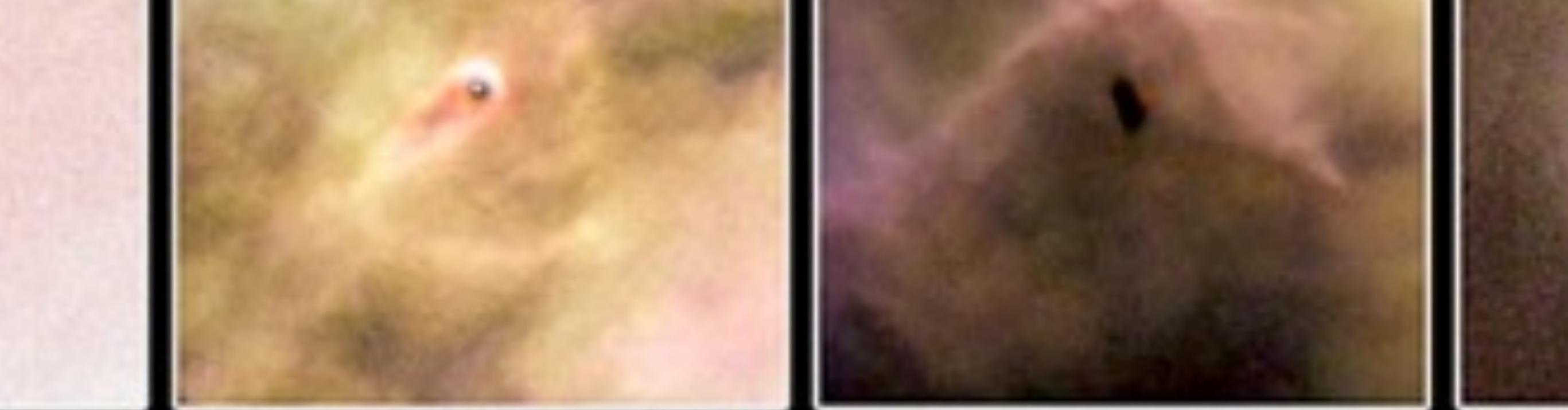
... Ein
Wunder
geschieht
im Dunkel

...



(f) Migration und resonante Wechselwirkung





PROTOPLANETARY DISK STRUCTURES IN OPHIUCHUS. II. EXTENSION TO FAINTER SOURCES

SEAN M. ANDREWS¹, D. J. WILNER¹, A. M. HUGHES¹, CHUNHUA QI¹, AND C. P. DULLEMOND²

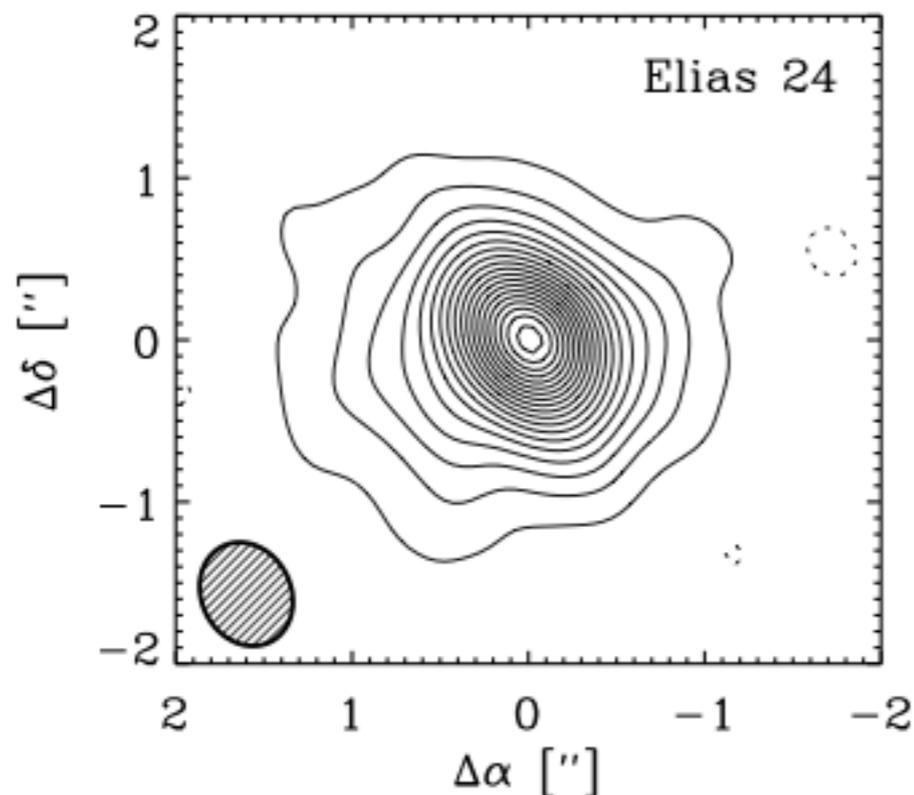
¹ Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA; sandrews@cfa.harvard.edu

² Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, 69117 Heidelberg, Germany

Received 2010 June 10; accepted 2010 September 9; published 2010 October 20

ABSTRACT

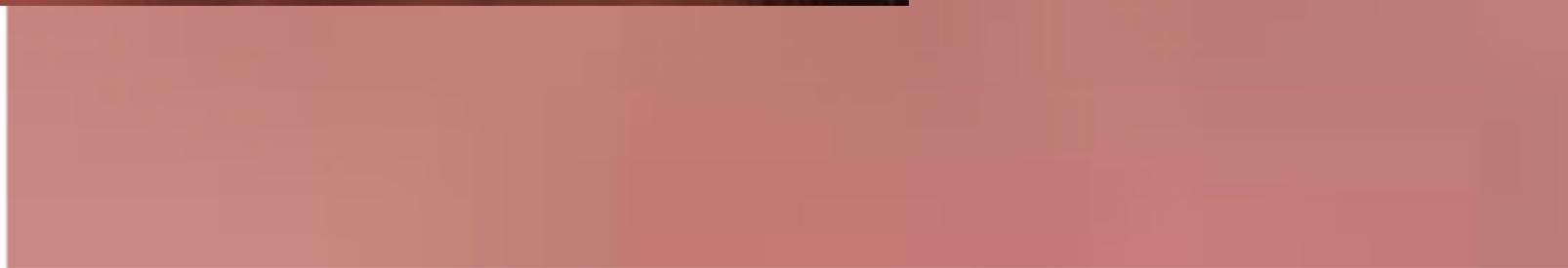
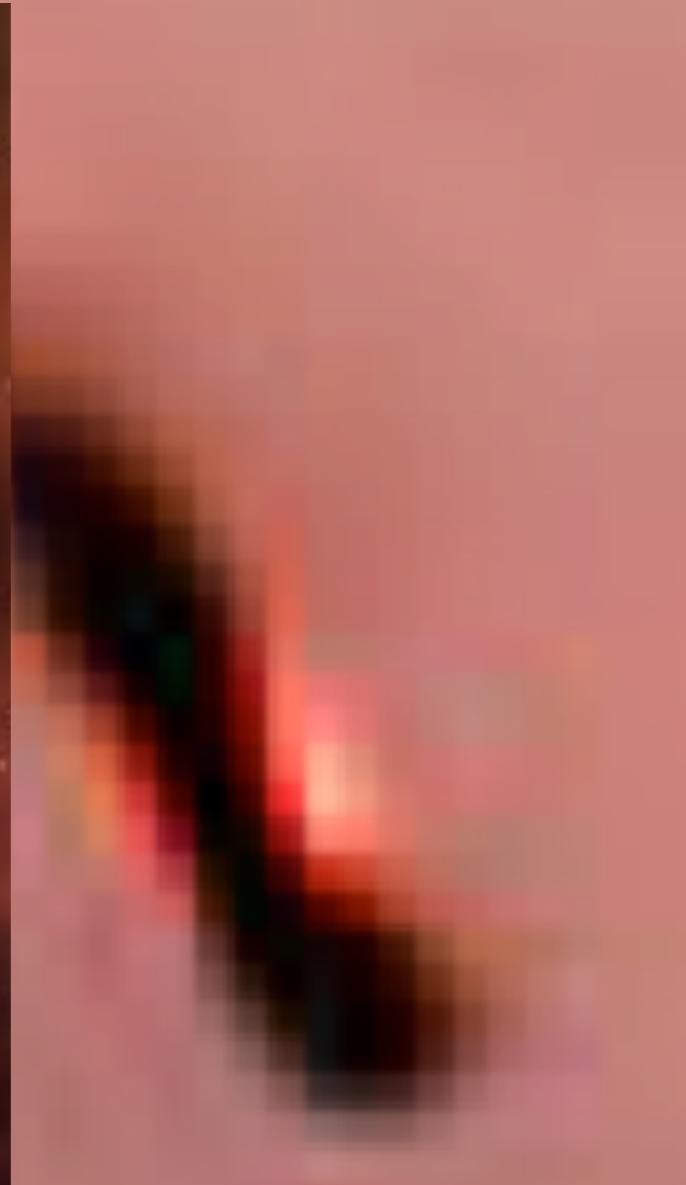
We present new results from a significant extension of our previous high angular resolution ($0\prime.3 \approx 40$ AU) submillimeter array survey of the 340 GHz (880 μm) thermal continuum emission from dusty circumstellar disks in the ~ 1 Myr old Ophiuchus star-forming region. An expanded sample is constructed to probe disk

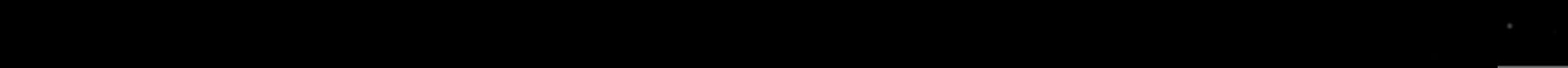


$$q = -\frac{d \log \Sigma}{d \log R} = 0.9 \pm 0.2$$

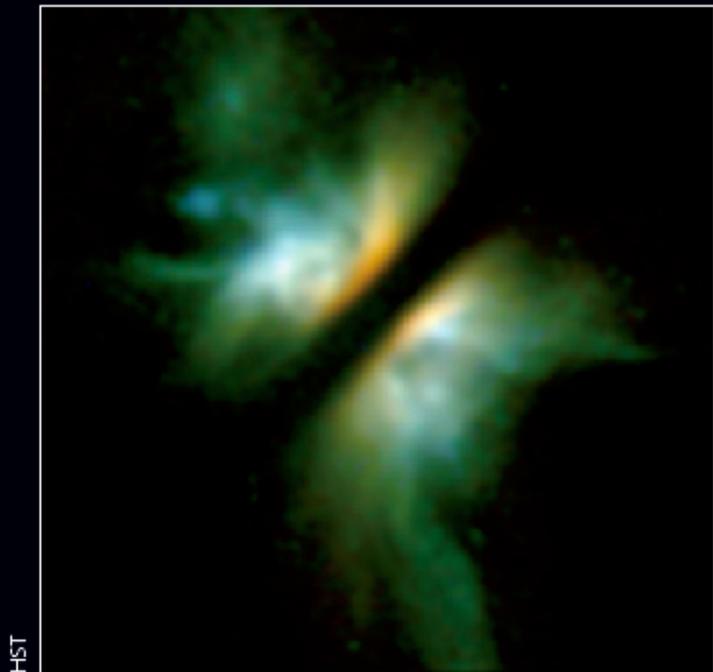
plus accretion rate:

$$p = -\frac{d \log T}{d \log R} = 1.5 - q = 0.6 \pm 0.2.$$



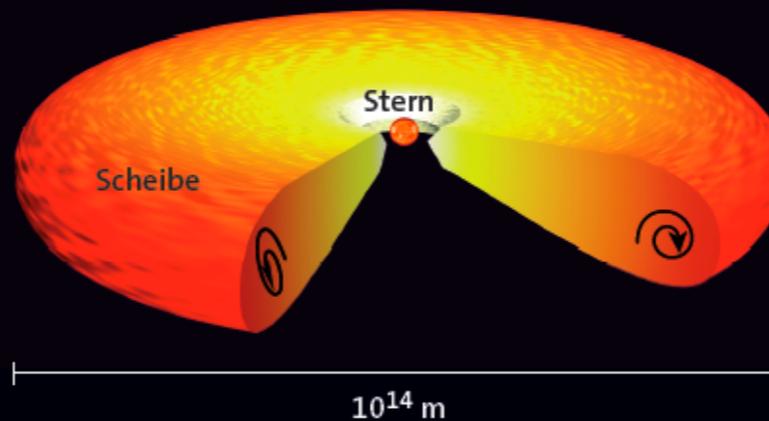






=

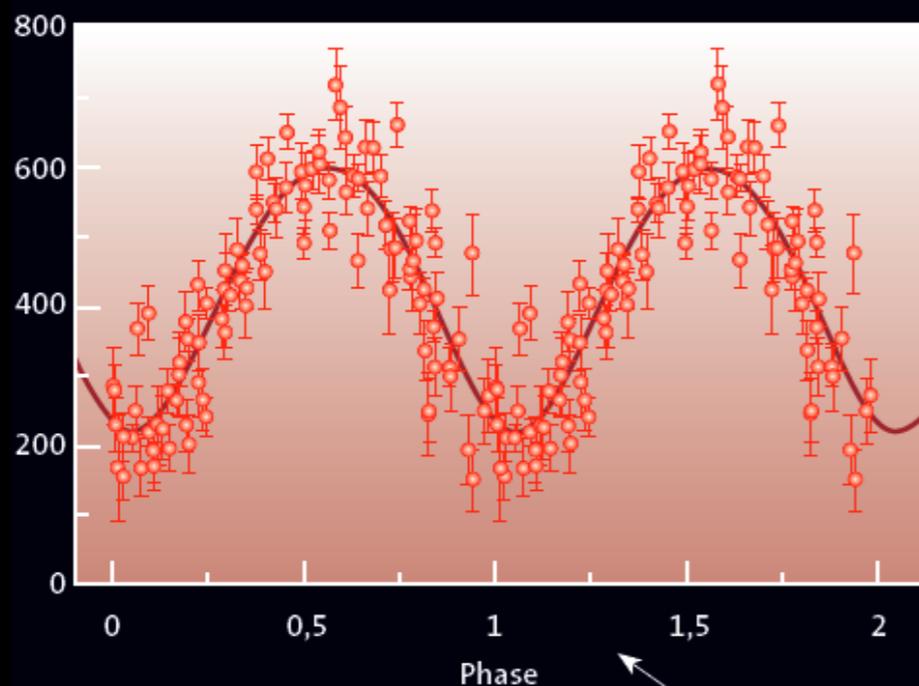
$t = 0$



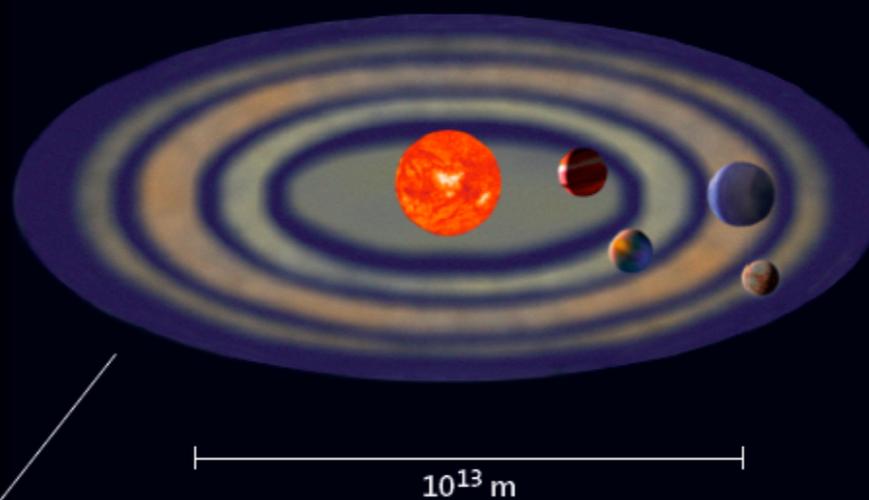
(a) Turbulente Scheibe aus Gas und Staub



... Ein
Wunder
geschieht
im Dunkel...

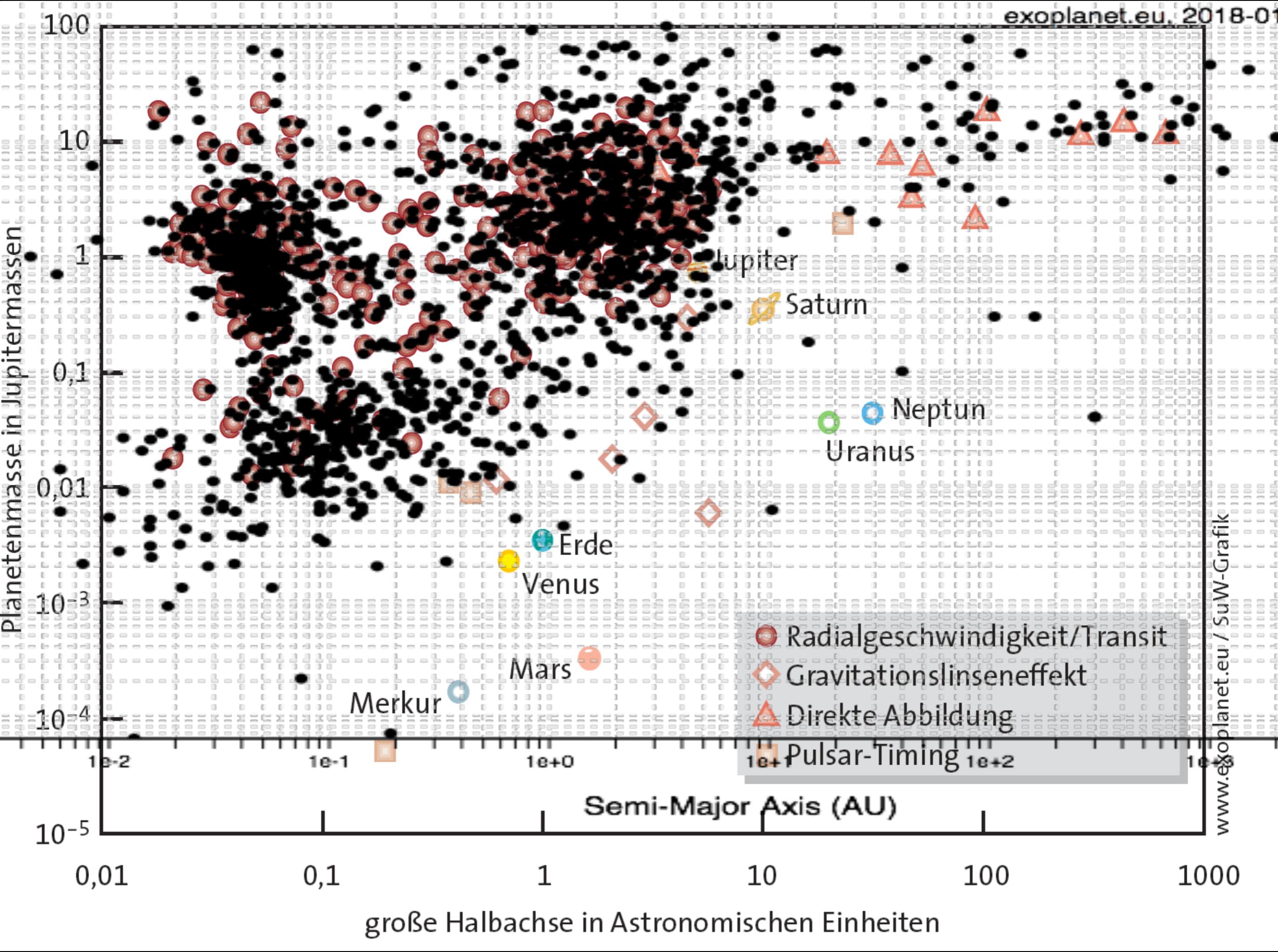


$t = 10^7$ re

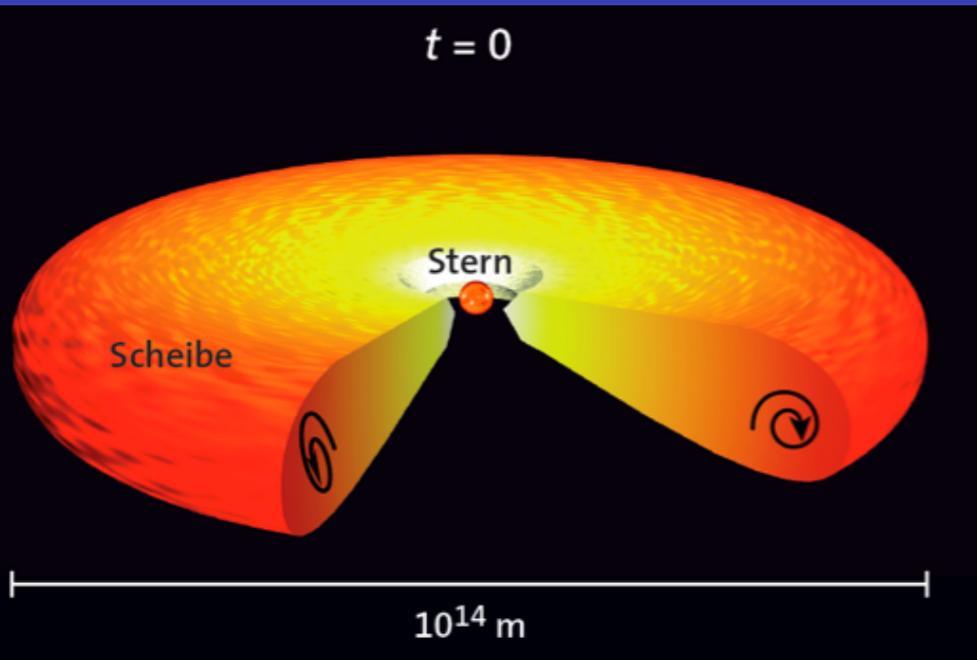


(f) Migration und resonante Wechselwirkung

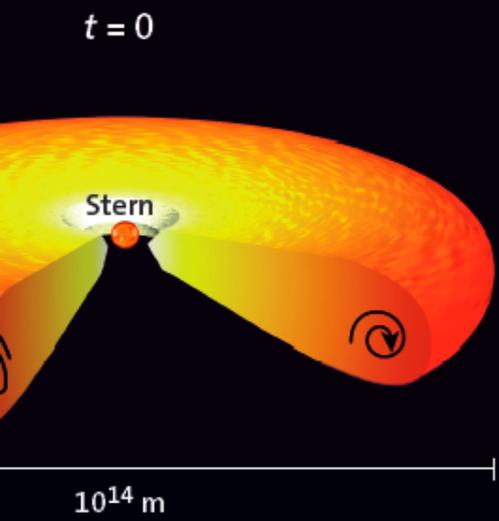




Magneto Rotations Instabilität (MRI)

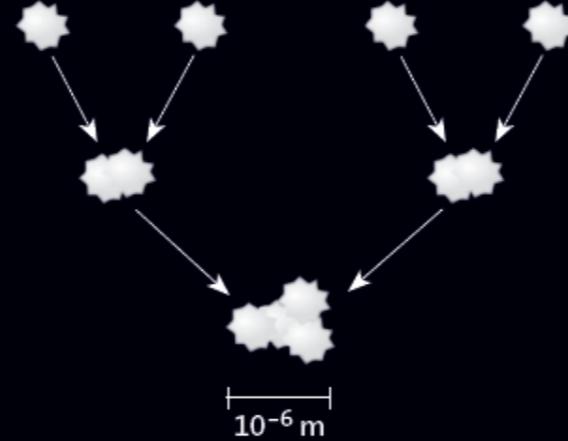


**Turbulence and Accretion in 3D Global
MHD Simulations of Stratified Protoplanetary Disk**



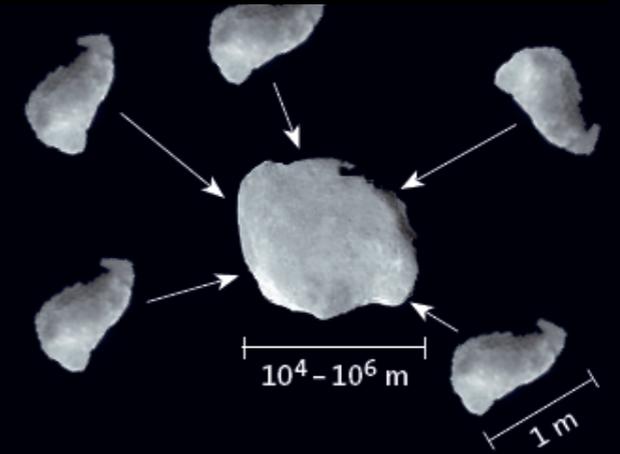
a. Turbulente Scheibe

$t = 10^3 - 10^4$ j



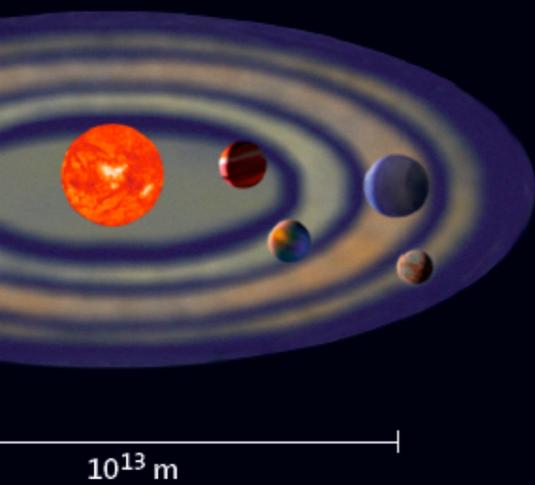
b. Stossen und Kleben

$t = 10^5$ j



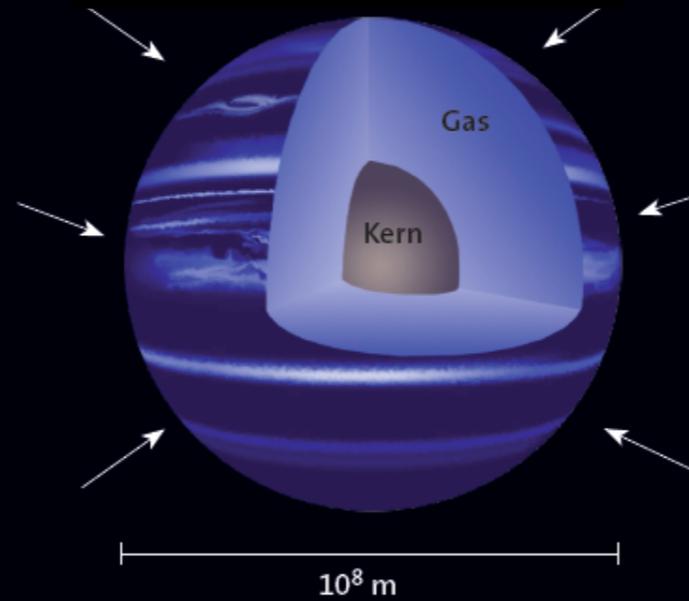
c. Gravoturbulente Fragmentation

$t = 10^6 - 10^7$ Jahre
 $t = 10^6 - 10^7$ j



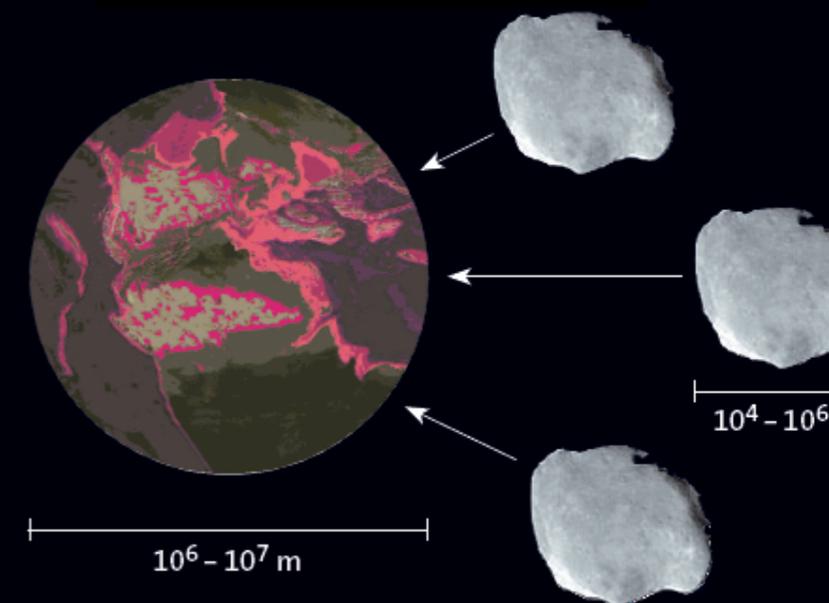
f. Migration

$t = 10^5 - 10^6$ j



e. Gasakkretion

$t = 10^5 - 10^6$ j



d. Gravitation