

Mystic Mountains

Sternentstehungsgebiete



- Beispiel für Sternentstehungsgebiete
 - Adlernebel
 - Eta-Carina-Nebel
 - Orionnebel
- Frühe Phasen der Sternentwicklung
 - Protosterne
 - Herbig-Haro-Objekte
 - Jets
- Interstellarer Staub



Kai Wicker, Bremen

Folien dieses Vortrages: photonenfangen.de

Mystic Mountains (NASA)

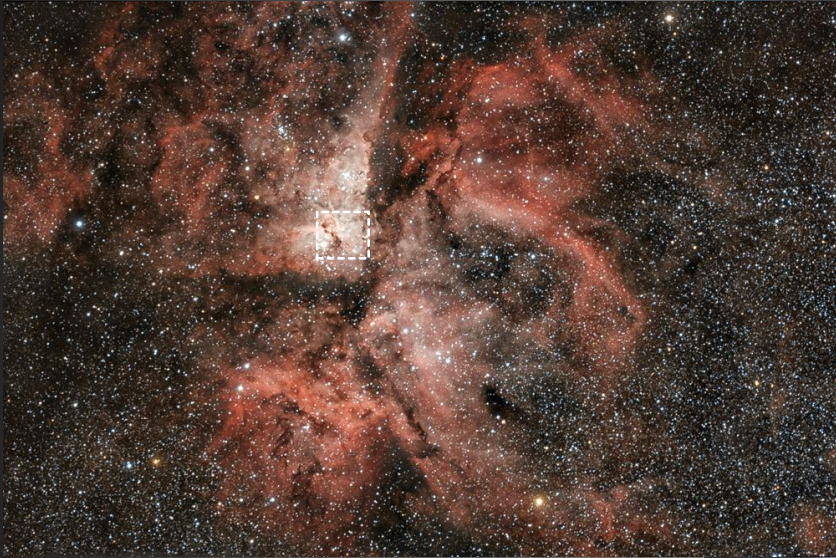


Bild: Kai Oliver Detken



Image Credit: NASA, ESA, and M. Livio and the Hubble 20th Anniversary Team (STScI)

Interstellare Materie

Interstellar Matter (Medium) – ISM

Erscheinung	Nachweis	Hauptbestandteile	Temp.	ISM-Typ
Molekülwolken	Absorptionslinien	Moleküle	20-50K	kalt
Dunkelwolken	Extinktion	Staub	50-100K	
Reflexionsnebel	Reflexion	Staub	50-100K	
H-I Regionen	21cm-Linie	neutr. Wasserstoff	50-100K	
Interstellares Gas	Absorptionslinien	Gas	10^3 - 10^4 K	warm
Emissionsnebel (H-II-Region)	Emissionslinien	ionisiertes Gas	10^3 - 10^4 K	
Koronales Plasma	Emissionslinien	ionisiertes Gas	10^5 - 10^6 K	heiß

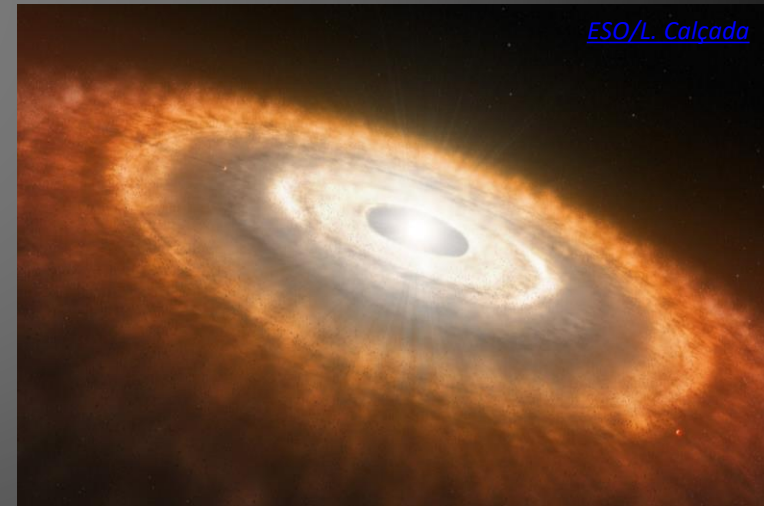
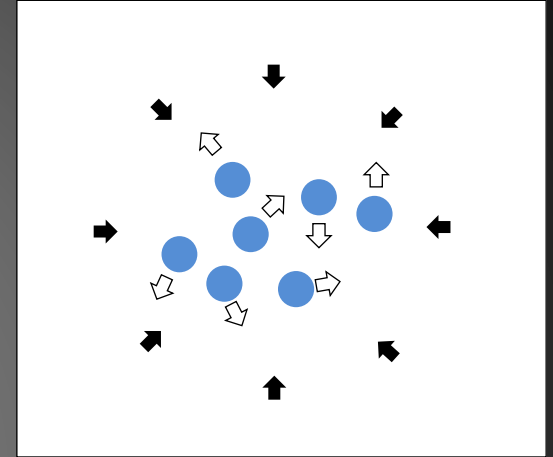




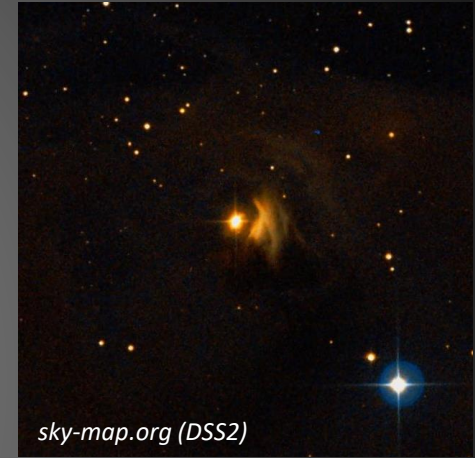
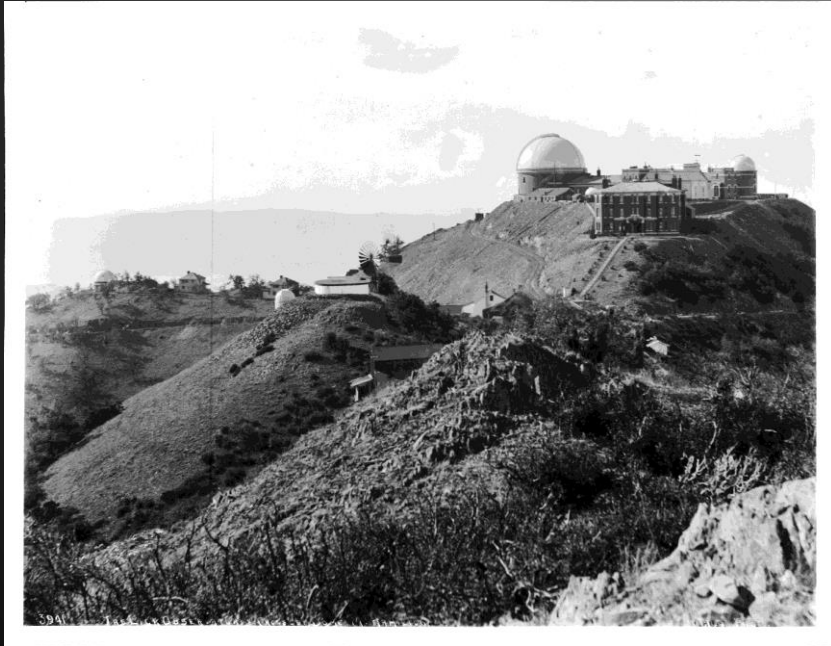
Kollaps von Molekülwolken-Fragmenten

Sternengeburt „in a nutshell“

- Die Wolke kollabiert wenn Temperatur gering genug oder Masse hoch genug ist.
- Erster Kern: Im Laufe der Zeit wird die Wolke „optisch dicht“, damit heizt sich die kollabierende Wolke wieder auf: **hydrostatisches Gleichgewicht**
- Wenn weiter Materie auf den ersten Kern stürzt: erneute Temperaturerhöhung. Ab ca. 1800°K setzt Dissoziation von H_2 ein. Dafür wird wieder Energie gebraucht: erneuter Kollaps
- Zweiter Kern: Stopp des Kollapses erst bei ca. 100000°K : **Protostern**



Herbig-Haro-Objekte



- erste Beobachtung Oktober 1890, Burnham, Mt. Wilson, 1300 m Höhe (Foto: ca. 1905)
- T Tauri mit einem mit dem damals größten Teleskop der Erde: 91cm Lick Refraktor
- kleines nebliges Gebilde in der Umgebung des Sterns

Herbig-Haro-Objekte

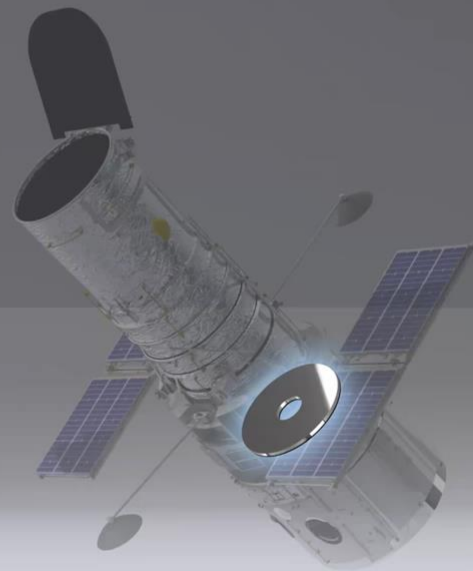
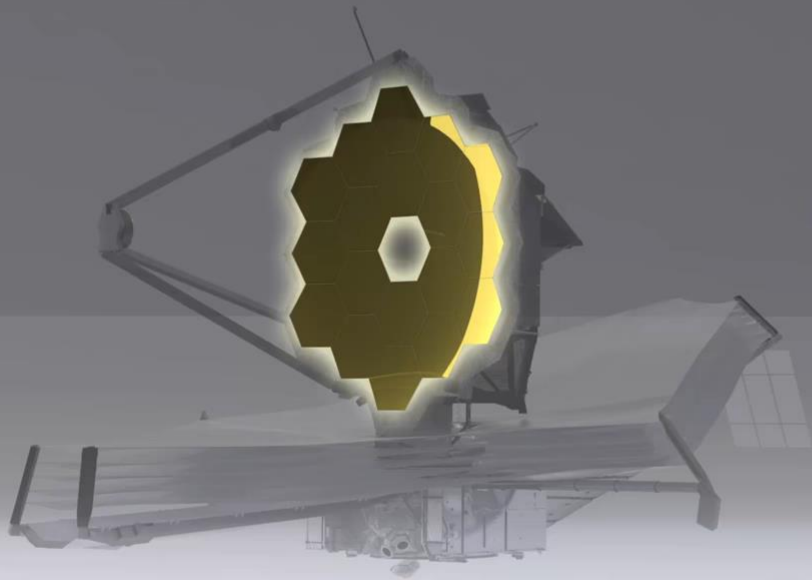
Um 1950:

- Emissionsspektrum (H, S, O)
Herbig, ApJ, vol. 113, 1951
- Infrarot unsichtbar
Haro, ApJ, vol. 115, 1952
- Offensichtlich im Zusammenhang mit sehr jungen Sternen

Um 1980:

- Entdeckung der Jet-Struktur





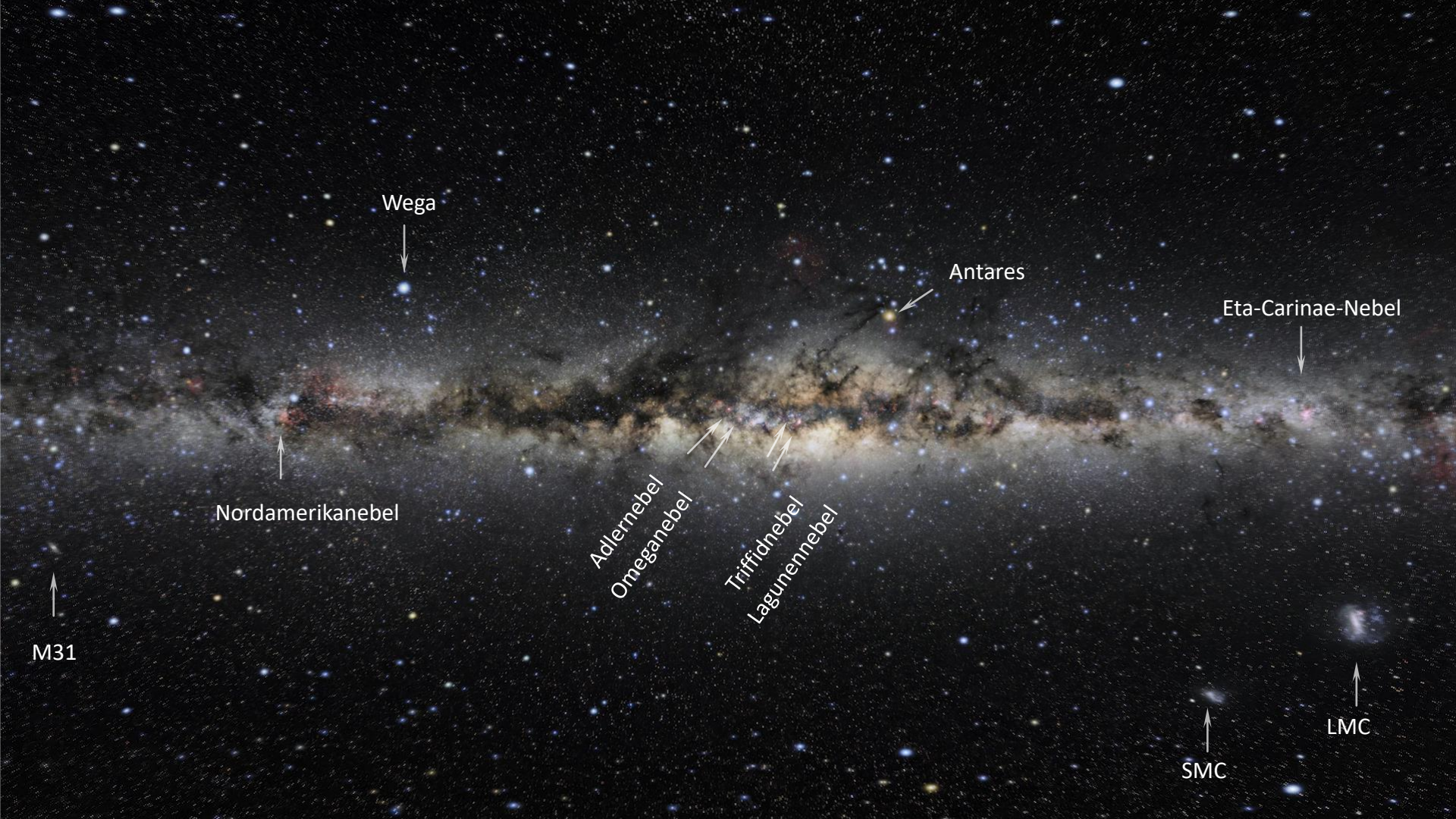
„Säulen der Schöpfung“

Fortschritt in der fotografischen
Beobachtungsmethodik in den letzten 25
Jahren:

1995: HST WFPC2
2014: HST WFPC3 UVIS
2022: JWST NIRCam

Image Credit: [NASA](#), [ESA](#), [CSA](#)





Wega



Antares



Eta-Carinae-Nebel



Nordamerikanebel



Adlernebel
Omeganebel



Triffidnebel
Lagunennebel



M31



SMC



LMC



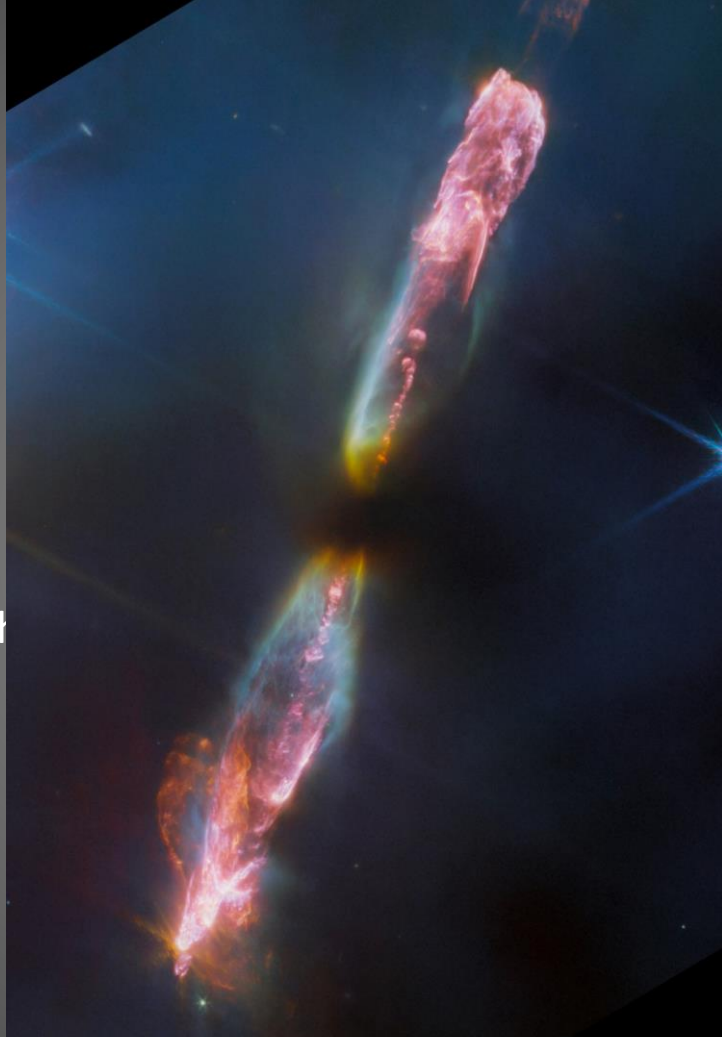
Herbig-Haro-Objekte

Um 1950:

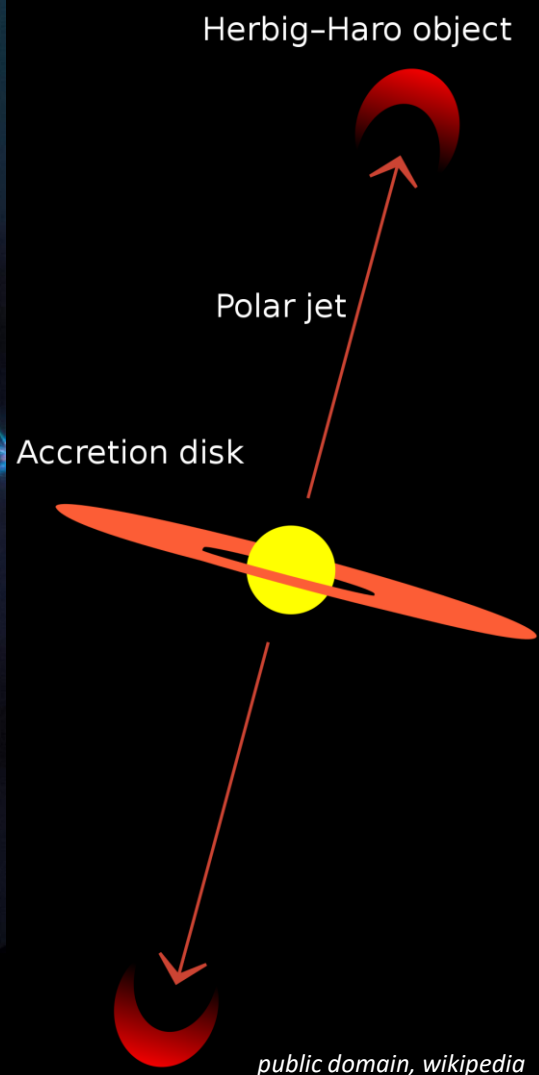
- Emissionsspektrum (H, S, O)
Herbig, ApJ, vol. 113, 1951
- Infrarot unsichtbar
Haro, ApJ, vol. 115, 1952
- Offensichtlich im Zusammenhang mit sehr jungen Sternen



SR-71 mit Nachbrenner
NASA Dryden Flight Research Center Photo Collection
NASA Photo: EC93-03092-5 / 1993



NASA, ESA /CSA

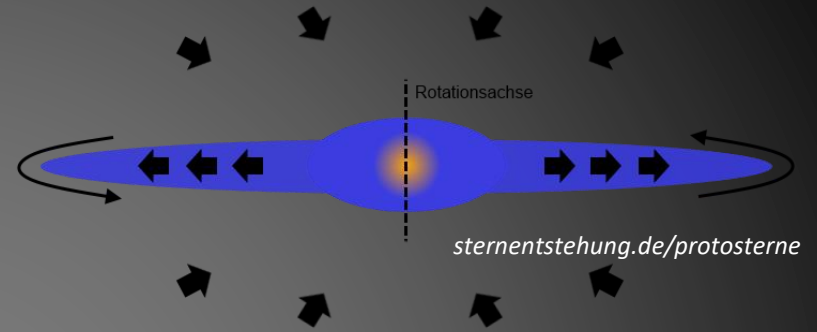


public domain, wikipedia

Akkretionscheiben

Shakura-Sunyaev Disk (SSD) 1973

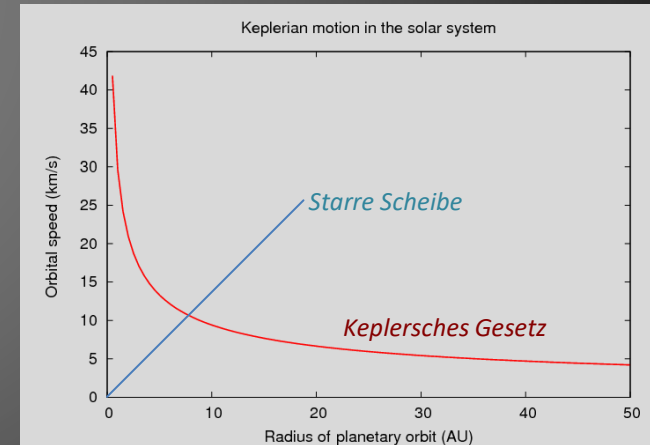
(Standardscheibe)



Wenn die Ursprungswolke einen nennenswerten Gesamt-Drehimpuls hat, erfolgen Begegnungen parallel zur Rotationsachse im Mittel mit höherer Geschwindigkeit als senkrecht zur Achse. Dadurch werden die Bewegungen parallel zur Achse stärker verlangsamt als die Bewegungen senkrecht zur Achse.

Gasteilchen wechselwirken vergleichbar zu Teilchen in Flüssigkeiten. Daher sind die Gesetze der Hydrodynamik anwendbar.

Eine Standardscheibe ist sehr dünn ($h/d \ll 1$) und zeigt „keplersche Rotation“

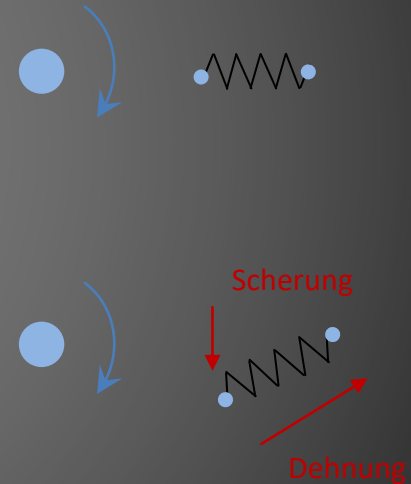


public domain, wikipedia

Akkretionscheiben

Magnetorotationsinstabilität MRI (Balbus-Hawley-Instabilität 1991)

- Einbezug der Magnetfelder in die Berechnungen, Hydrodynamik wird zu Magnetohydrodynamik (MHD).
- Grundgedanke: jedes Teilchen ist an seine Magnetfeldlinie gebunden.
- Die MRI transportiert Drehimpuls nach außen. Diese „implizite Viskosität“ resultiert einzig aus der Dynamik der idealen MHD



Skizze nach: Brinkmann, MHD-Instabilitäten in Akkretionsscheiben, Diplomarbeit, Ruprecht-Karls-Universität, Heidelberg, 2004

Magnetorotationsinstabilität

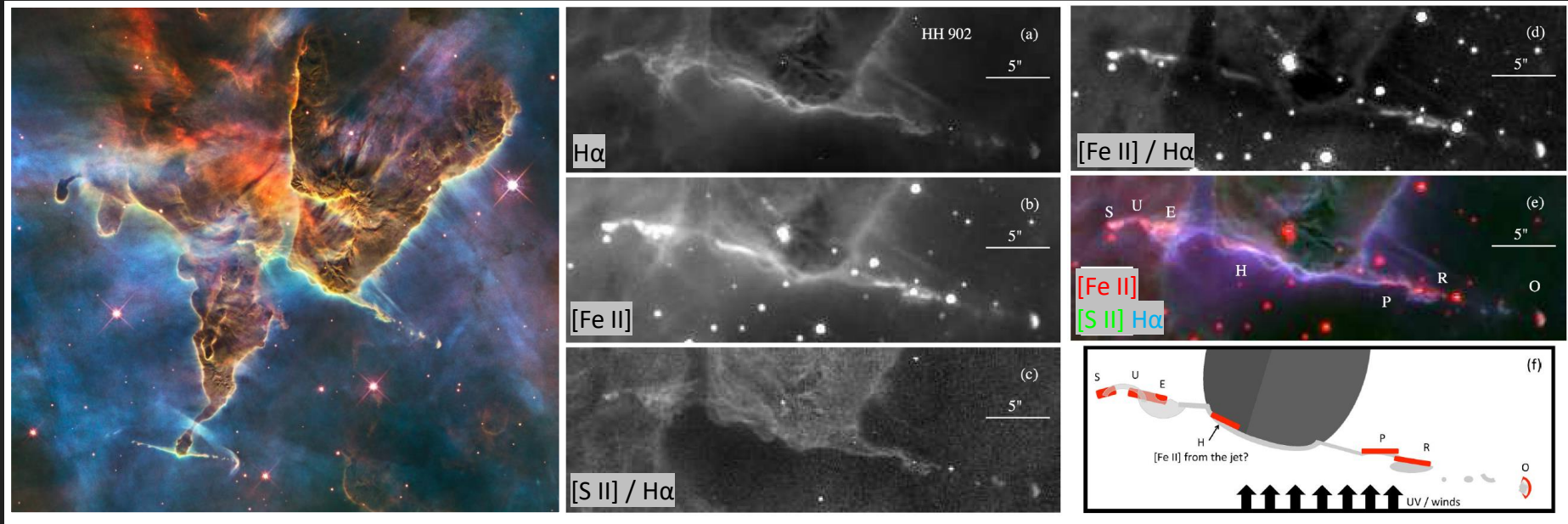
Experimenteller Nachweis

PROMISE Experiment

G. Rüdiger, F. Stefani u. a.: Experimental Evidence for Magnetorotational Instability in a Taylor-Couette Flow under the Influence of a Helical Magnetic Field, Phys. Rev. Lett., Band 97, 2006, S. 184502



HH 902



Detailansicht von HH 902 in den Spektrallinien H, S, Fe und deren Verhältnissen.

Die Skizze zeigt die geschichtete Emissionsstruktur des Jets veranschaulicht (rote Linien [Fe II]-Emission, graue Linien H α Emissionen).

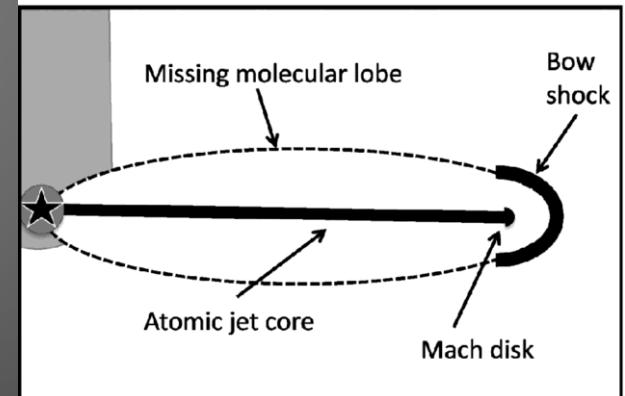
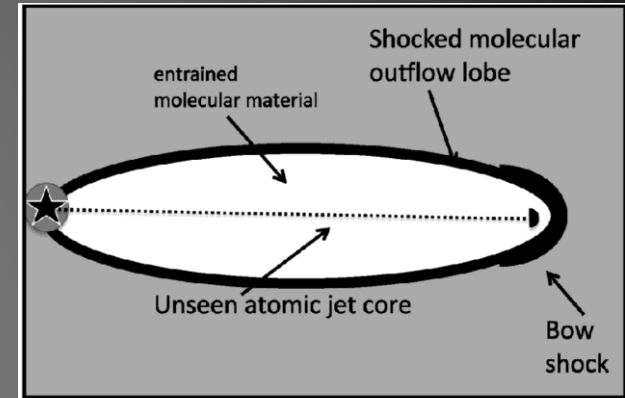
Die raue Umgebung des Carinanebels

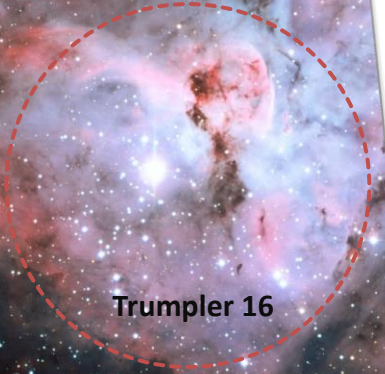
Oben – ohne externe Ionisationsquelle:

- Meist sind nur die in den Wänden des Ausflusshohlraums angeregten Moleküle beobachtbar, während der Atomstrahlkern unsichtbar bleibt.
- Ein Teil des Jet-Kerns kann im Radiokontinuum emittieren, wenn Stöße im Fluss zu einer teilweisen Ionisation führen.

Unten – mit externer Ionisationsquelle:

- Die Ausflüsse werden in der UV-Strahlung, schnell dissoziiert und mitgerissen, so dass der bestrahlte Atomstrahlkern nach und nach außerhalb der Geburtssäule ionisiert und somit beobachtbar wird.





Trumpler 16

Tru



Credit: NASA's Goddard Space Flight Center

Credit: ESO

Nach: [A. Mesa-Delgado et al 2016 ApJL 825 L16](#)

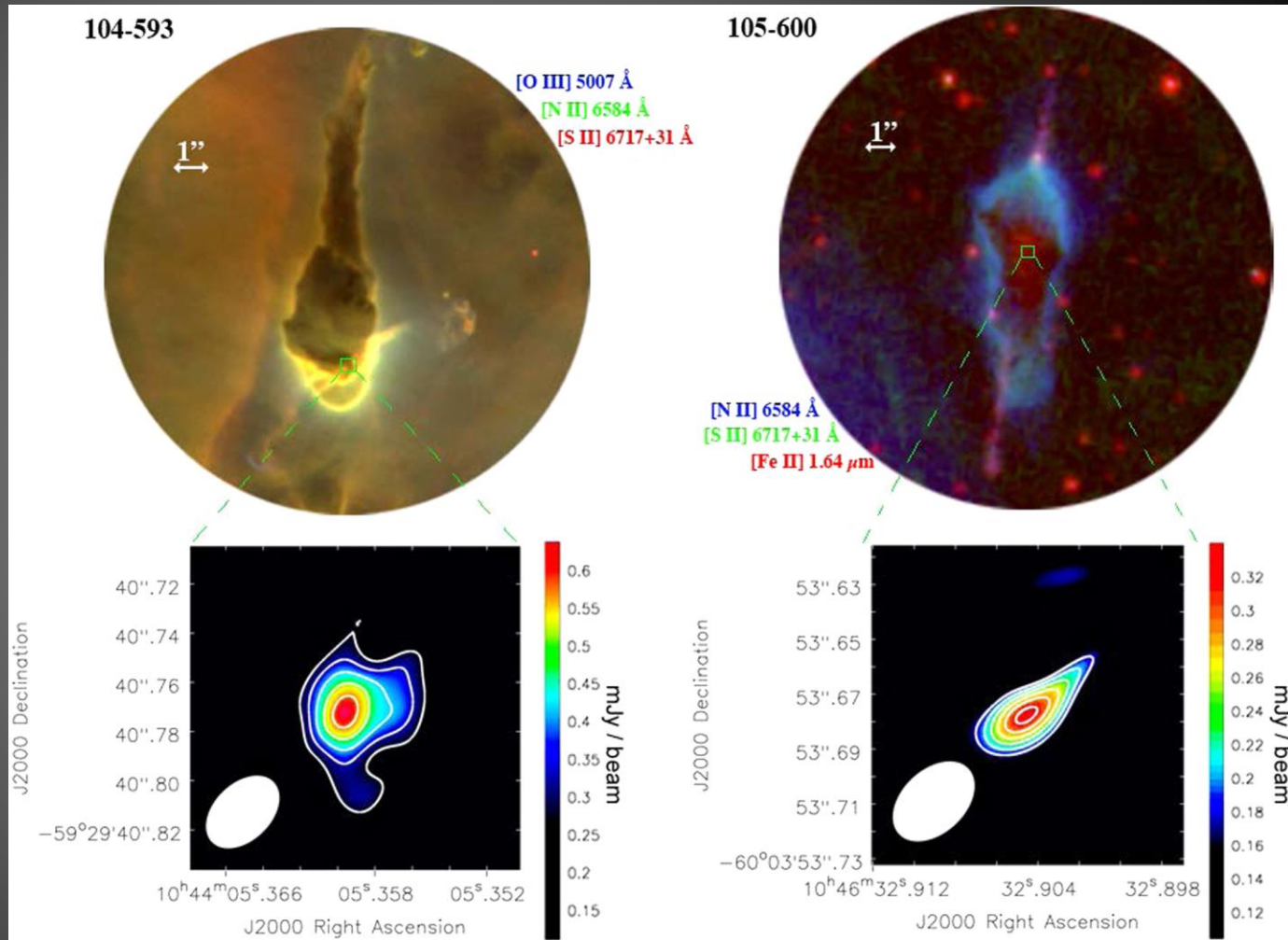
ALMA



Atacama Large Millimeter/submillimeter Array

Credit: ESO/C. Malin

Protoplanetare Scheiben



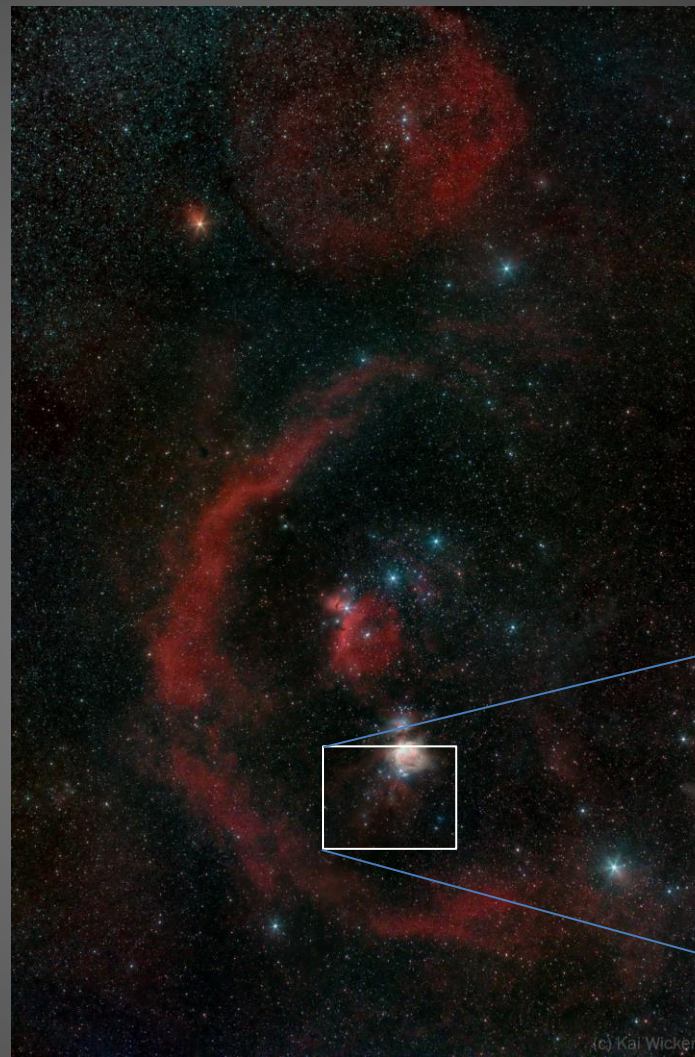
Orion

Molkülwolkenkomplex

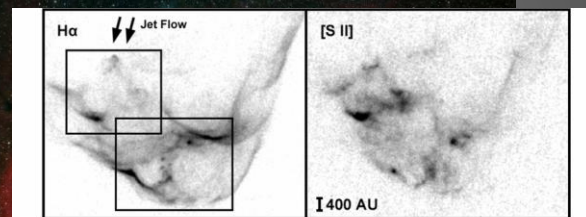
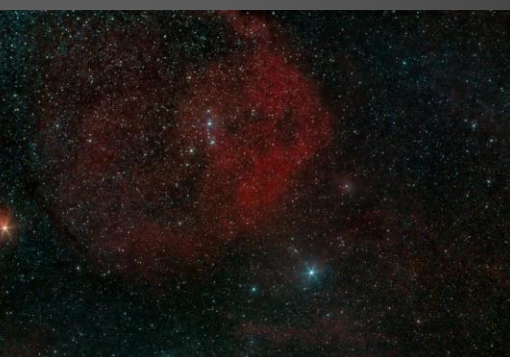
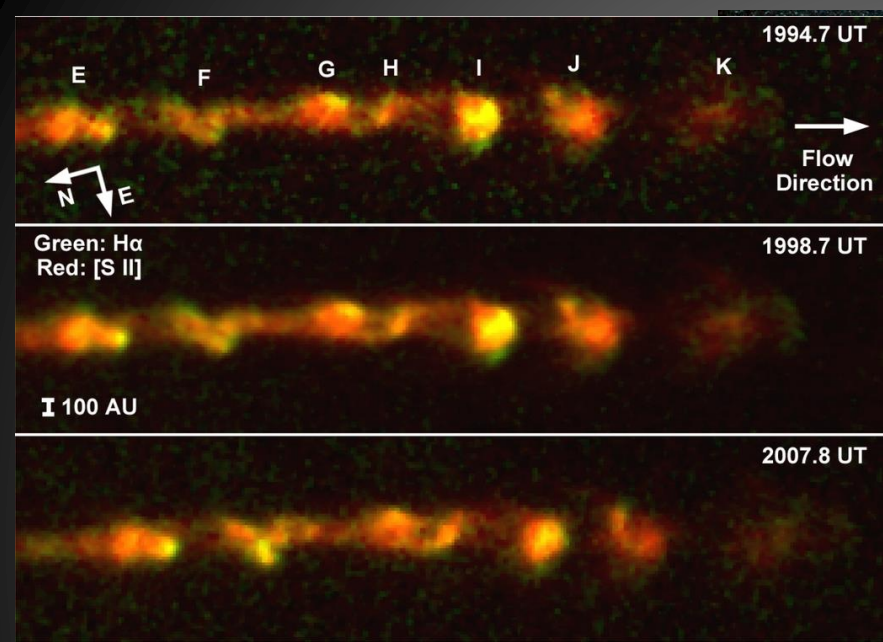
Skizze der auffälligsten Strukturen,
Unsöld Baschek, Der neue Kosmos,
Springer 1991

CO-Verteilung, Unsöld Baschek,
Der neue Kosmos, Springer 1991

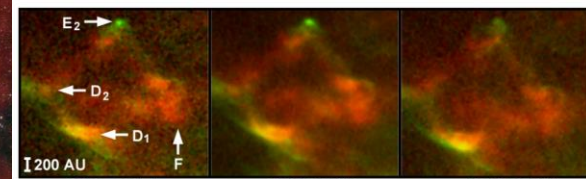
5h DSLR-Kamera, Lüneburger
Heide, K. Wicker 2018



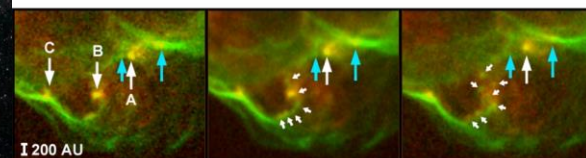
*ESO/Digitized Sky Survey 2
Davide De Martin*



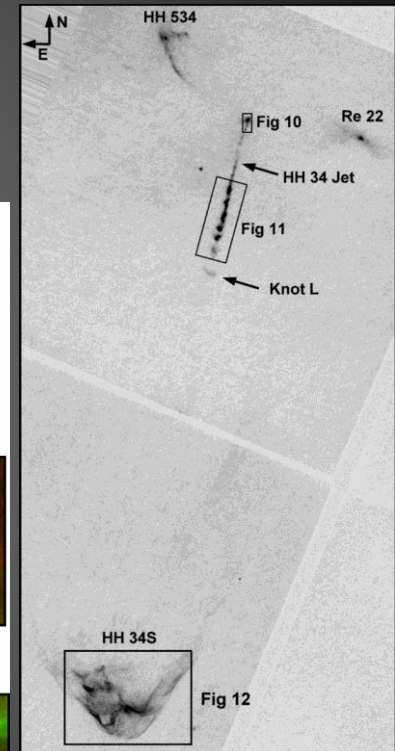
HH 34S (2007.8 UT)



Mach Disk Region

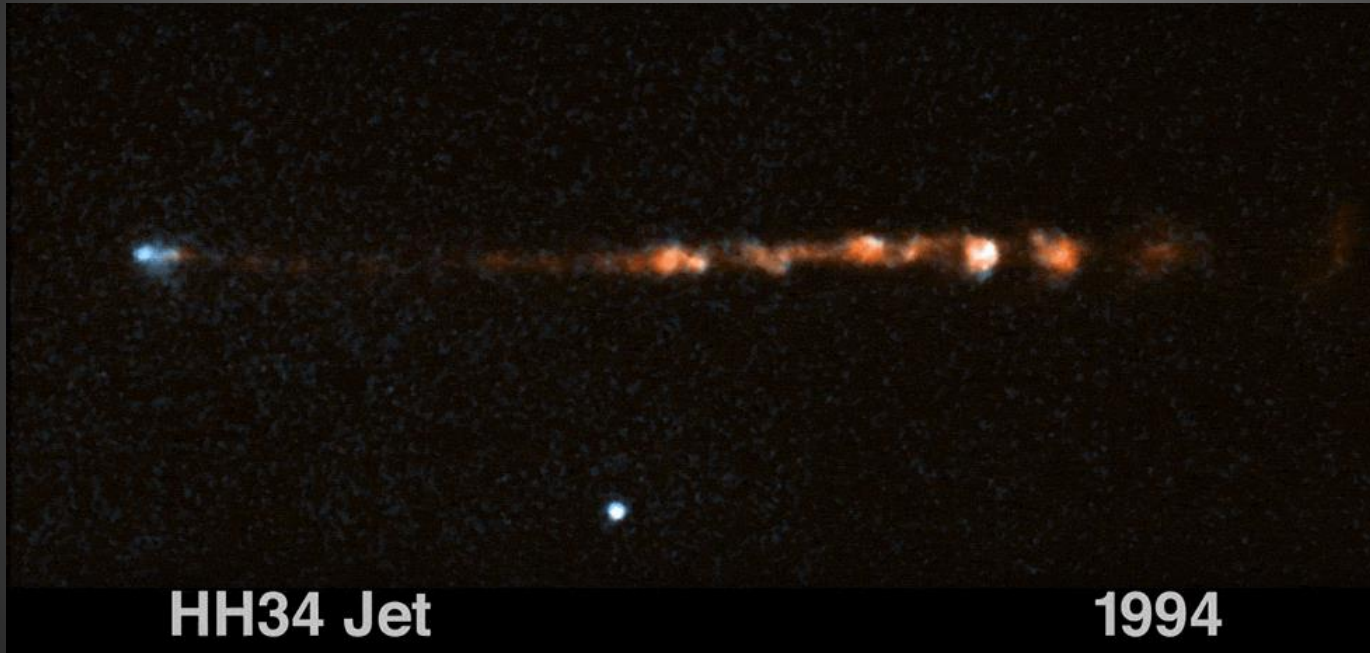


Apex of Bow



HH 34 – Orion

dynamisches Verhalten



Credits: NASA, ESA, P. Hartigan (Rice University) and G. Bacon (STScI)

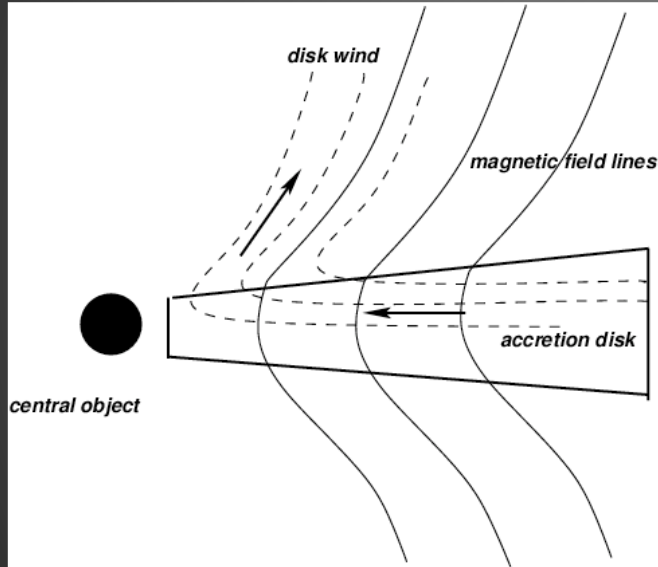
Entstehung eines Jets

- Jets treten im Universum in sehr vielen Größenordnungen auf.
- Geschwindigkeit ungefähr Fluchtgeschwindigkeit des Zentralobjektes.
- Akkretion und Jet treten (immer?) gemeinsam auf.
- Zwei Mechanismen erforderlich:
 - Beschleunigung
 - Kollimation

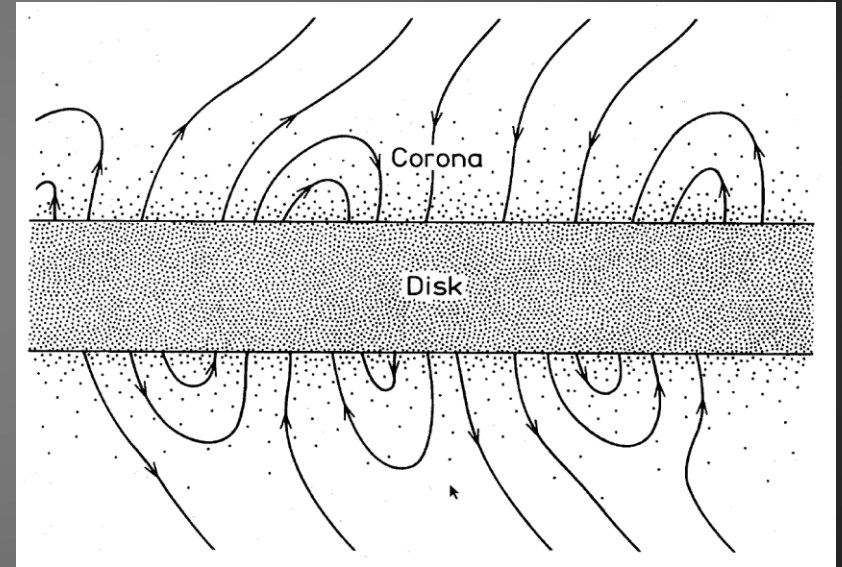
Young Stellar Objects	Protostern
X-Ray Binaries	Neutronenstern
Black Hole X-Ray Binaries	Schwarzes Loch
Symbiotische Sterne	Weißer Zwerg
Planetarische Nebel	Kern (Wind?)
Pulsare (?)	rotierender Neutronenstern (?)
Active Galactic Nuclei	supermassives Schwarze Loch
Gammablitz	?

Entstehung eines Jets

Modell nach Blandford & Payne 1982 *)



Somayeh Sheikhnezami et al 2012 ApJ 757 65

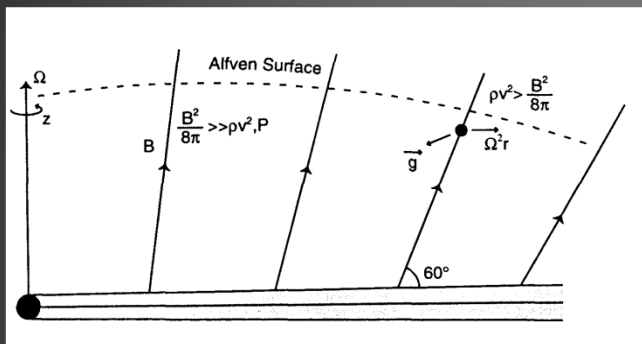


Blandford, Payne, Mon. Not. R. astr. Soc. (1982) 199

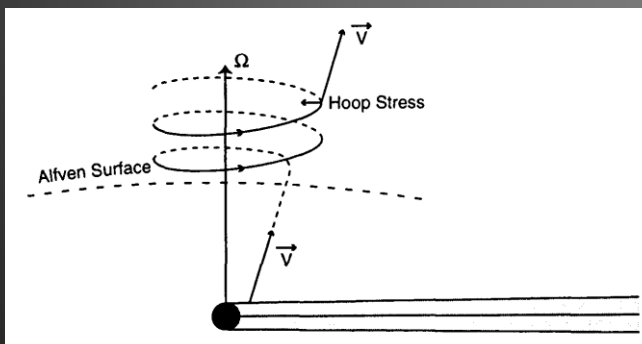
*) Mon. Not. R. astr. Soc. (1982) 199, 883-903

Entstehung eines Jets

Modell nach Blandford & Payne 1982

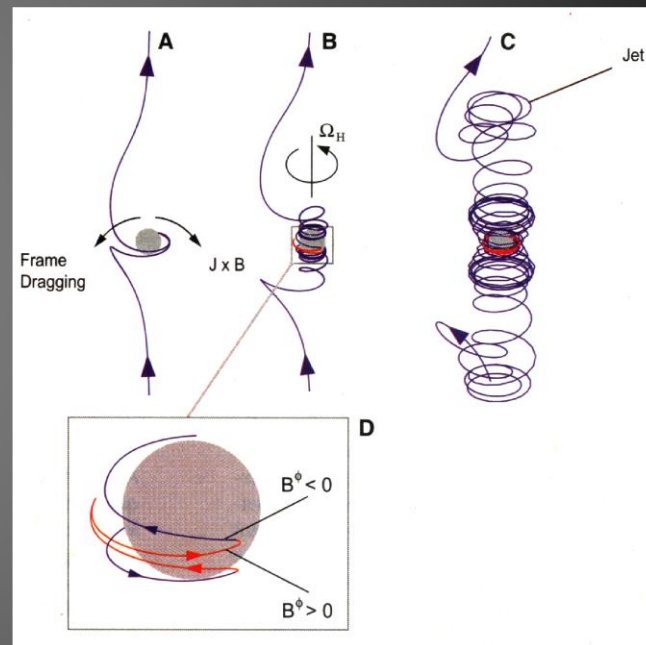


Beschleunigung



Kollimation

Feldlinienverlauf im relativistischen Fall (numerische Simulation)



A. Müller, Dissertation, Ruperto-Carola University Heidelberg 2004

Interstellare Materie

50% der Masse unseres Milchstraßensystems befindet sich in den **Staub- und Molekülwolken!**

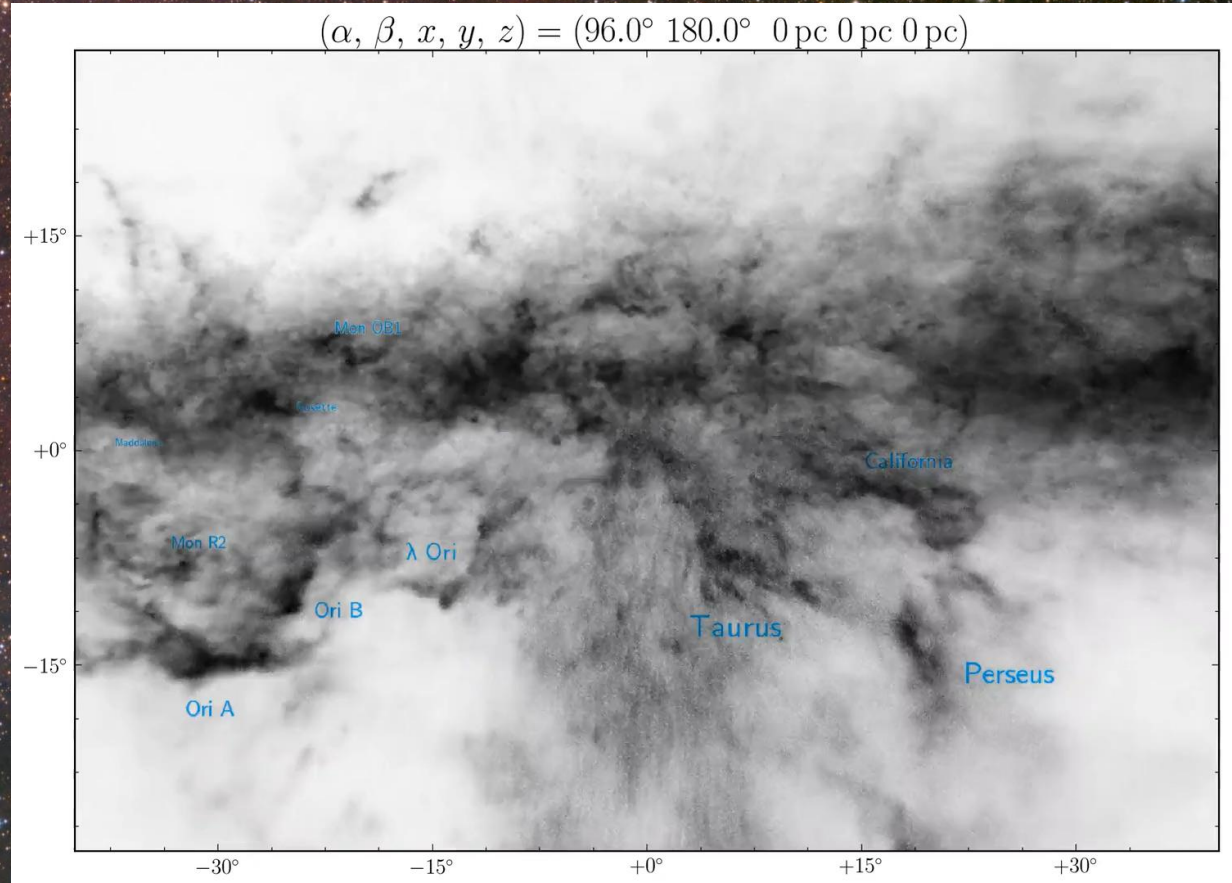
Untersuchung der Staubverteilung „3D Dust Mapping“:

A 3D Dust Map Based on Gaia, Pan-STARRS 1, and 2MASS; Gregory M. Green, Edward Schlafly, Catherine Zucker, Joshua S. Speagle and Douglas Finkbeiner in The Astrophysical Journal, Volume 887, Number 1

[Pan-STARRS](#): Panoramic Survey Telescope And Rapid Response System

2MASS: Two Micron All Sky Survey

Interstellare Materie



Mystic Mountains

Sternentstehungsgebiete



- Beispiel für Sternentstehungsgebiete
 - Adlernebel
 - Eta-Carina-Nebel
 - Orionnebel
- Frühe Phasen der Sternentwicklung
 - Protosterne
 - Herbig-Haro-Objekte
 - Jets
- Interstellarer Staub



Kai Wicker, Bremen

Download: photonenfangen.de/download