von Robi Banerjee Hamburger Sternwarte, Uni HH

- "Je größer unser Unverständnis [über ein astrophysikalisches Problem] ist, umso stärker muss [wohl in Wirklichkeit] der Einfluss der Magnetfelder sein" (Lodwijk Woltjer, 1965)
- "Magnetfelder sind für die Astrophysik das, was der Sex für die Psychologie ist"
 (Hendrik van de Hulst, 1985)
- "Je stärker das Magnetfeld, umso größer ist unsere Unkenntnis." (Virginia Trimble, 1995)

Magnetfeld der Erde

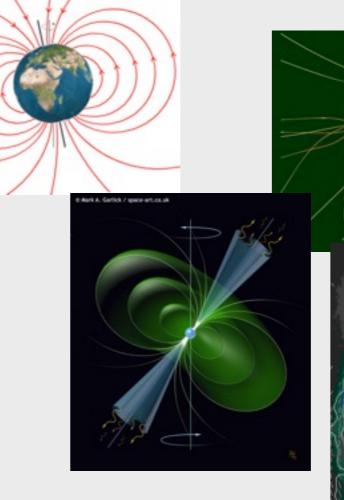
Magnetfeld der Sonne

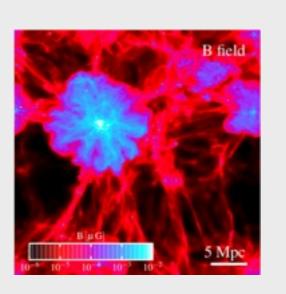
Magnetfelder in Sternen + Planeten

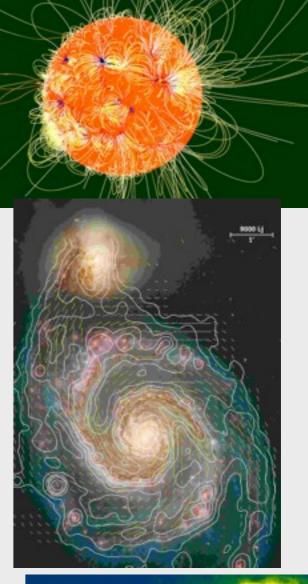
Pulsare / Magnetare

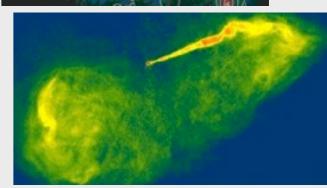
Magnetfelder in Galaxien

 kosmologische Magnetfelder / Magnetfelder im frühen Universum

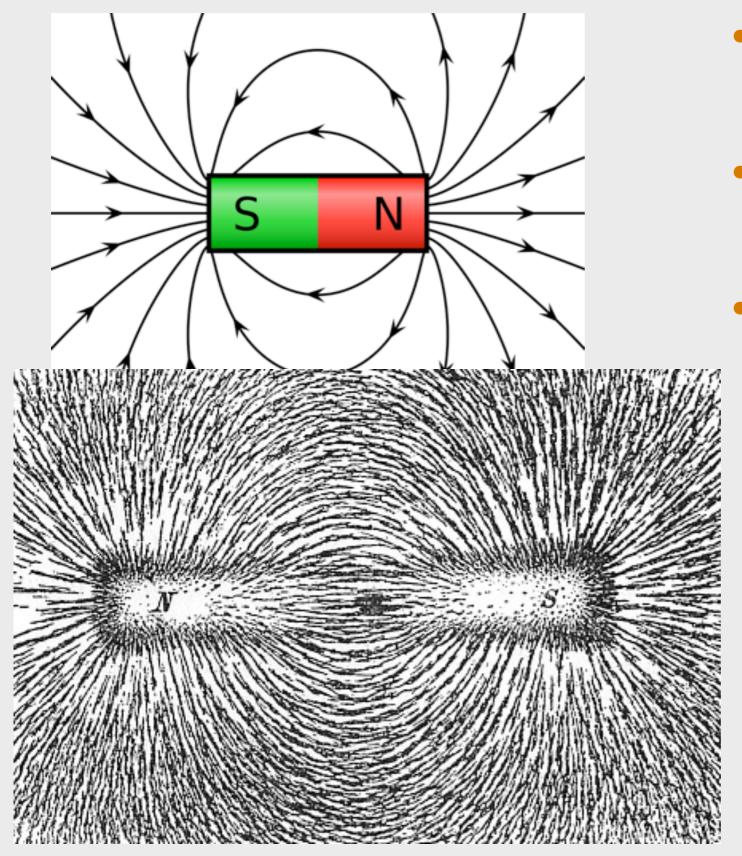




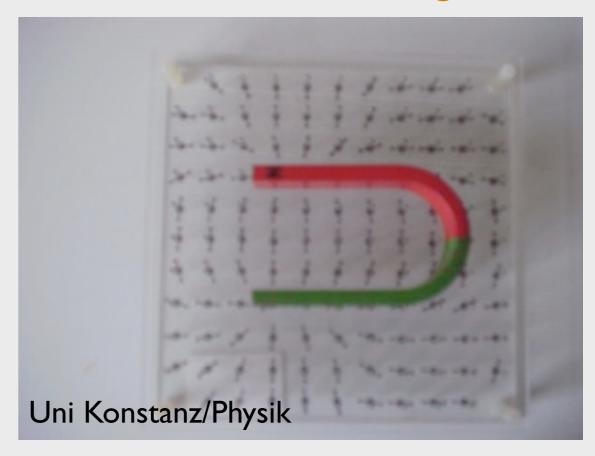




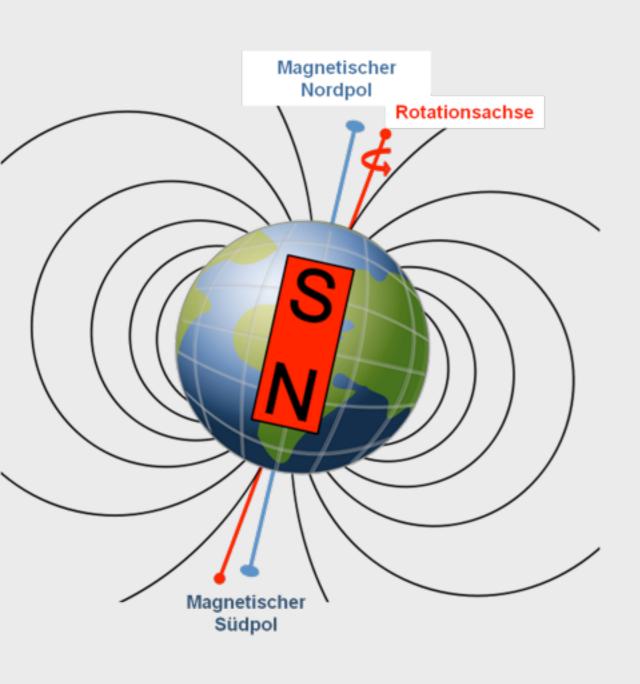
Magnetfelder



- Magnetfeldlinien:
 Ausrichtung des Magnetfeldes
- meist Dipol-Charakter stärkste Komponente
- keine Magnetische Monopole wie bei elektrischer Ladung



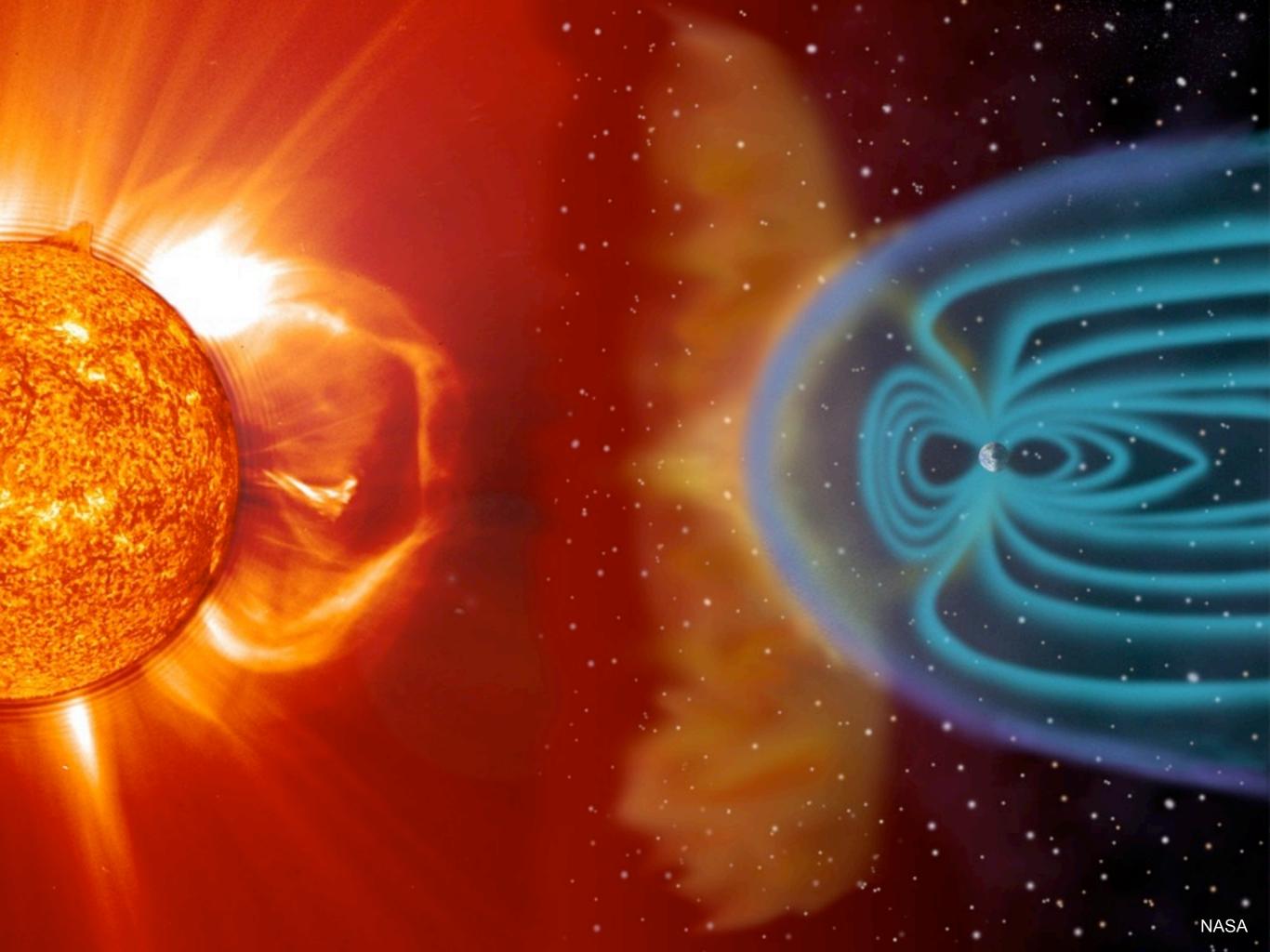
Erdmagnetfeld

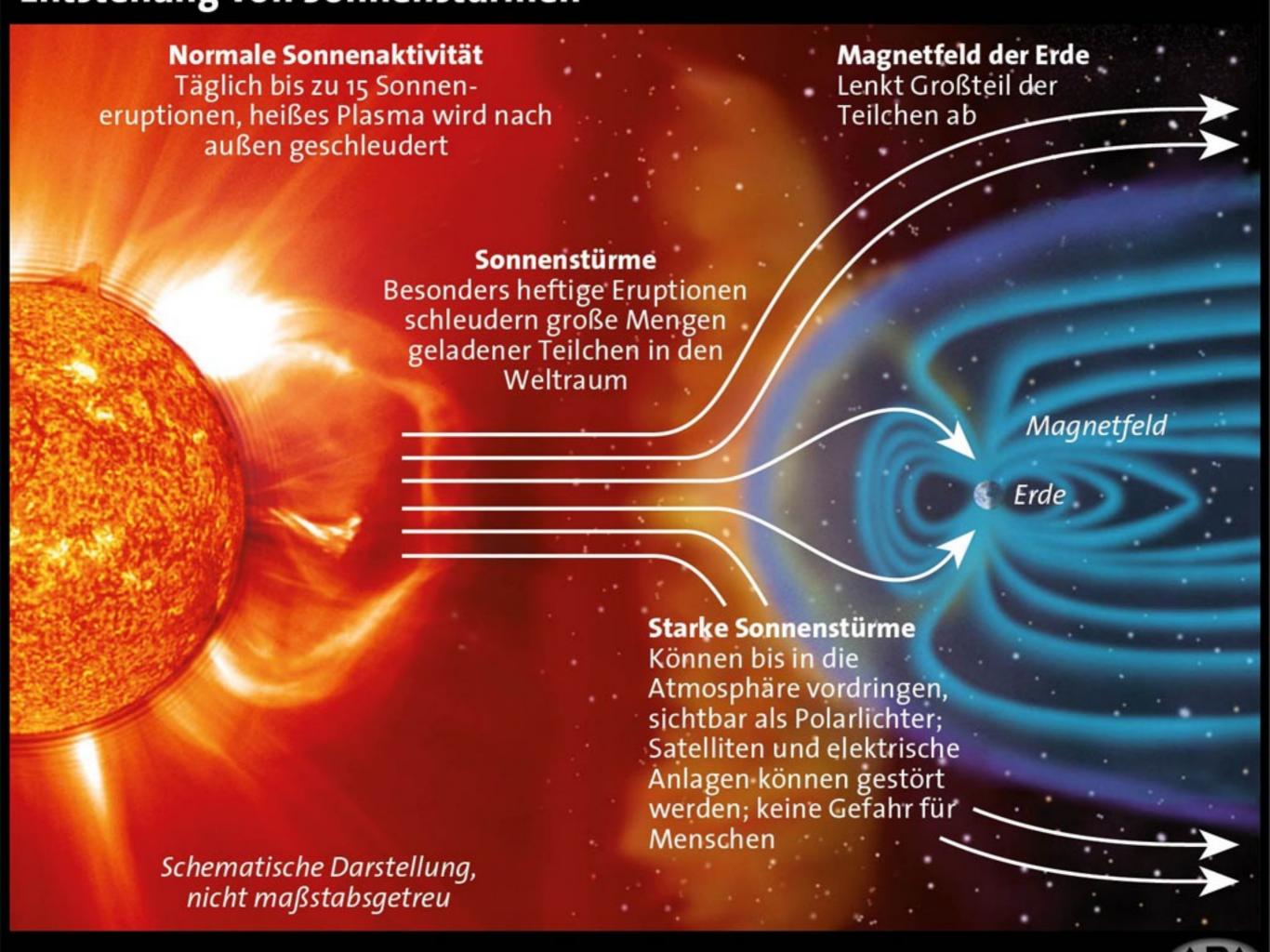


- Globales / Dipol-Feld
 - ~ 0.3 Gauß (Äquator)
 - ~ 0.6 G (Pole)
 - \implies vgl. Stabmagnet: 1T = 10.000 G
- um ca. 11° gegenüber Erdachse geneigt
- Erzeugung durch "Geodynamo"
- zeitliche Veränderung:
 - Umpolung: im Mittel 250.000 Jahre
 - langsame Wanderung der magnetischen Pole
- Wichtig:
 - Kompass
 - Kosmische Strahlung



⇒ Leben ohne Magnetfeld möglich?



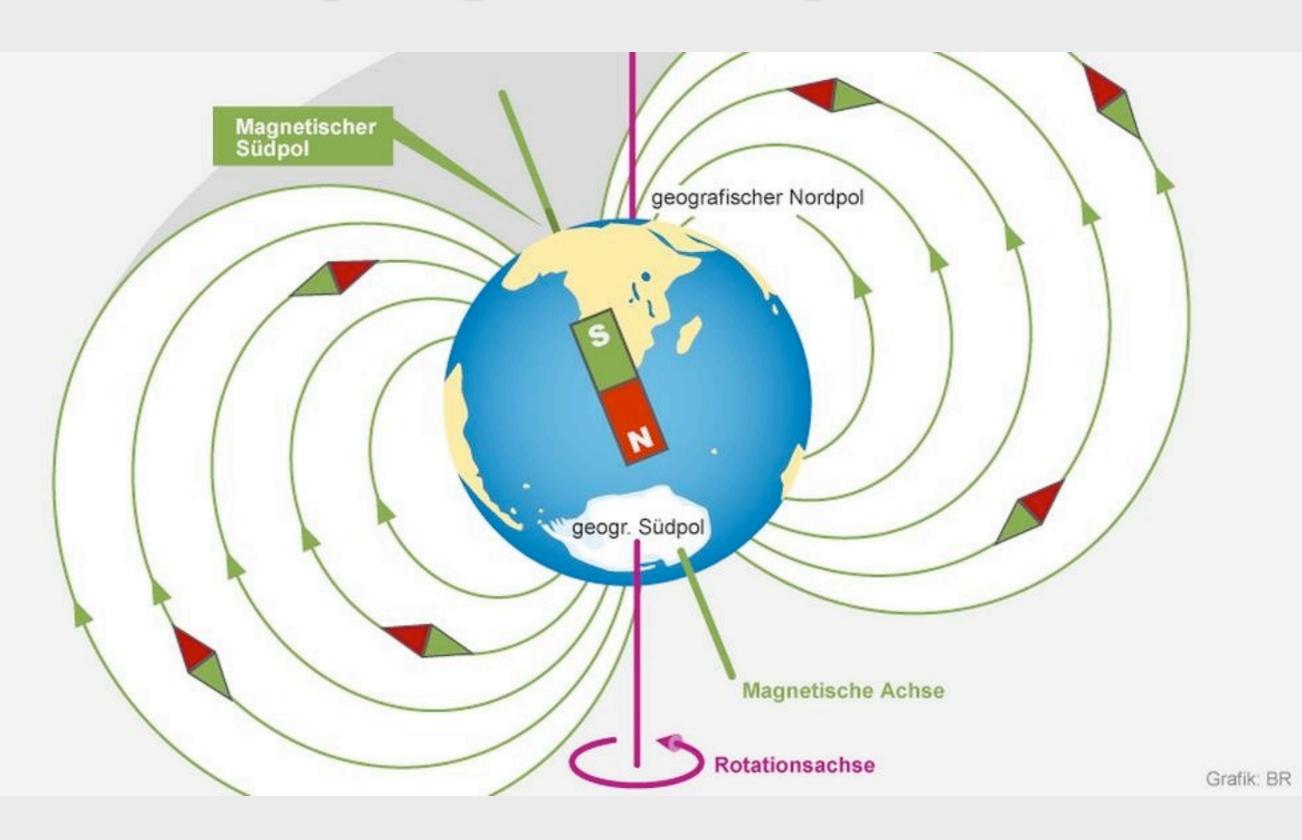


Erdmagnetfeld



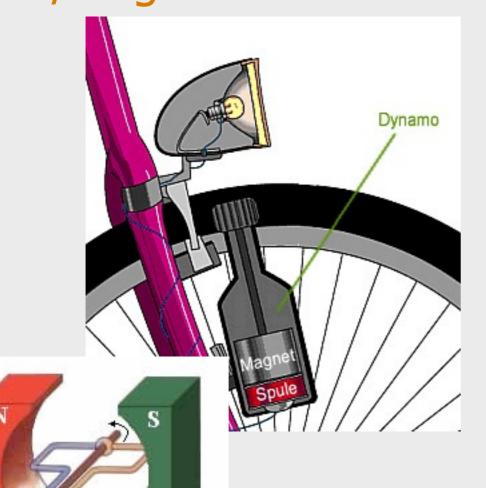
⇒ Polarlichter: Ionisation der Erdatmosphäre durch kosmische Strahlung

Erzeugung des Magnetfelds?



Dynamo

Dynamo-Prozess wandelt Bewegung in Strom/Magnetfeld um



Generator/Dynamo

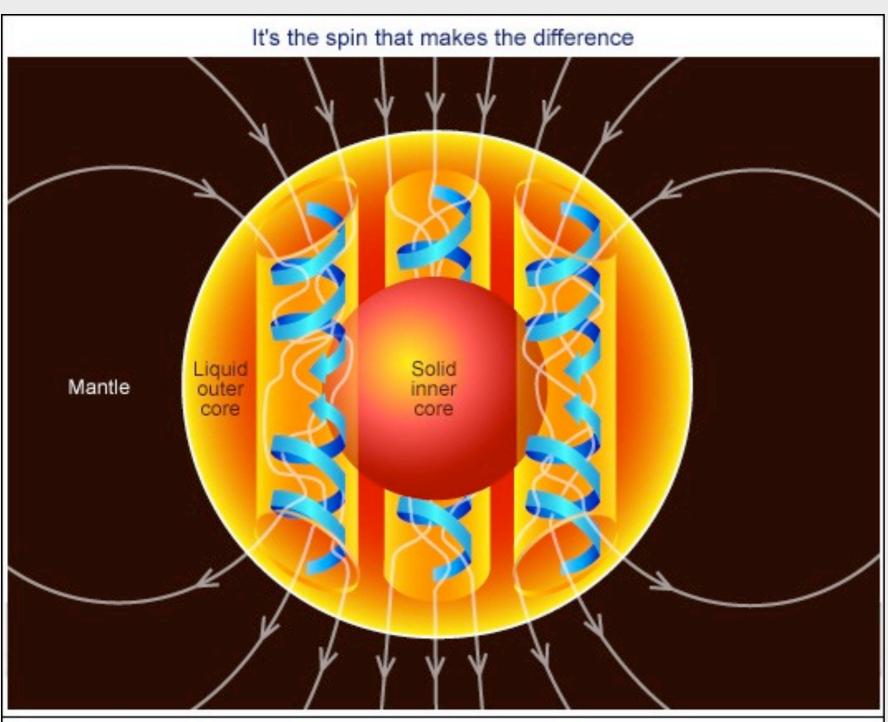
- vergleichbar zu Generatoren zur Stromerzeugung
- Magnetischer Dynamo (magnetohydrodynamischer Dynamo):

bewegtes Plasma (leitfähige Materie/Gas) induziert Strom ⇒ Strom induziert Magnetfeld

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Induktionsgleichung

Erdmagnetfeld



The planet's spin adds a twist to the convection currents in the molten outer core. Those spirals mean the magnetic fields of the convection currents no longer cancel each other out, and we've got a place for our compasses to point to.

www.abc.net.au

 Magnetfelderzeugung durch Geodynamo

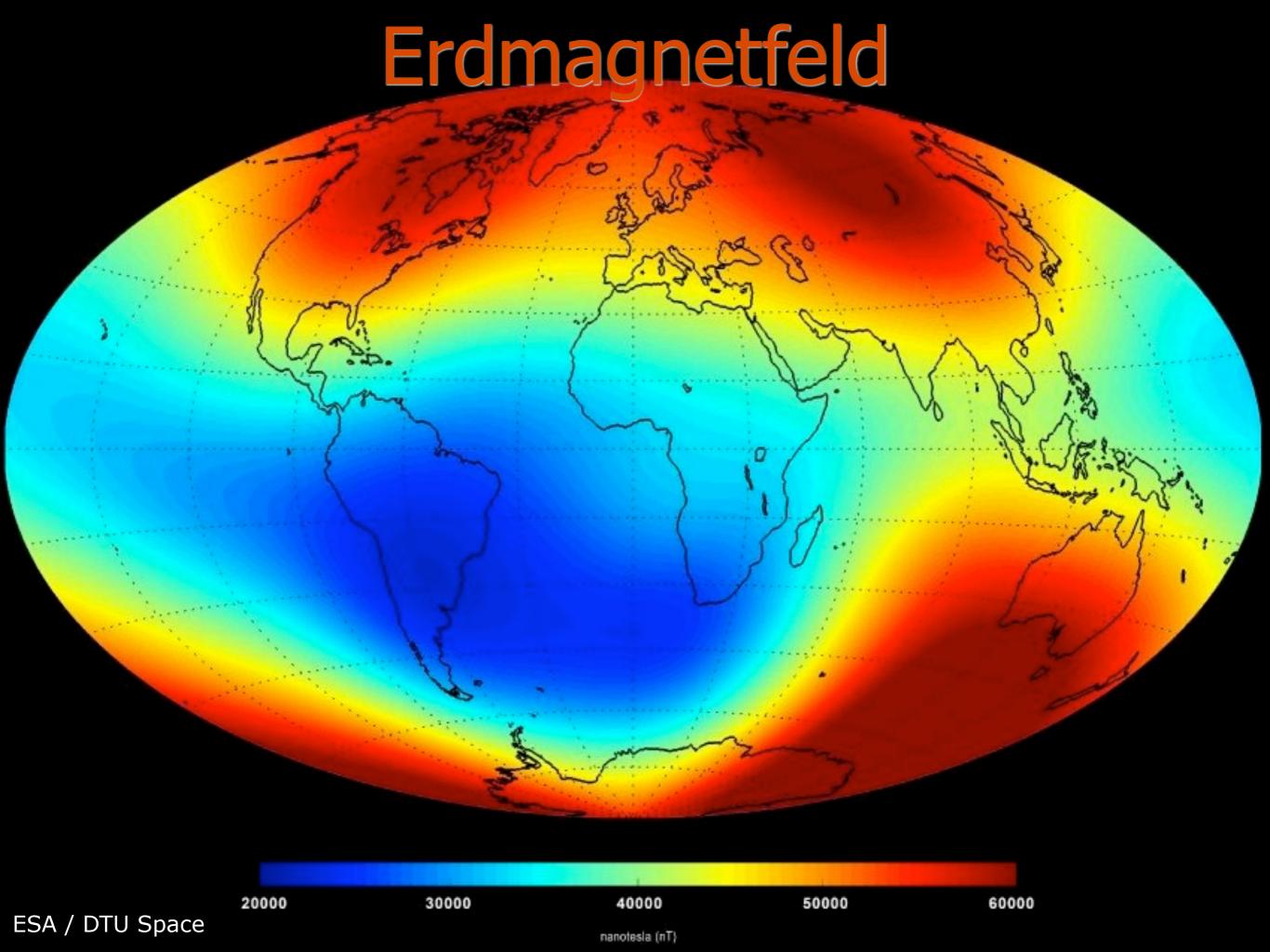
im flüssigen Erdinnern (Plasma mit freien Ladungsträgern):

- + Rotation
- + Corioliskraft
- + Temperaturunterschiede
- ⇒ aufsteigende "Walzen"

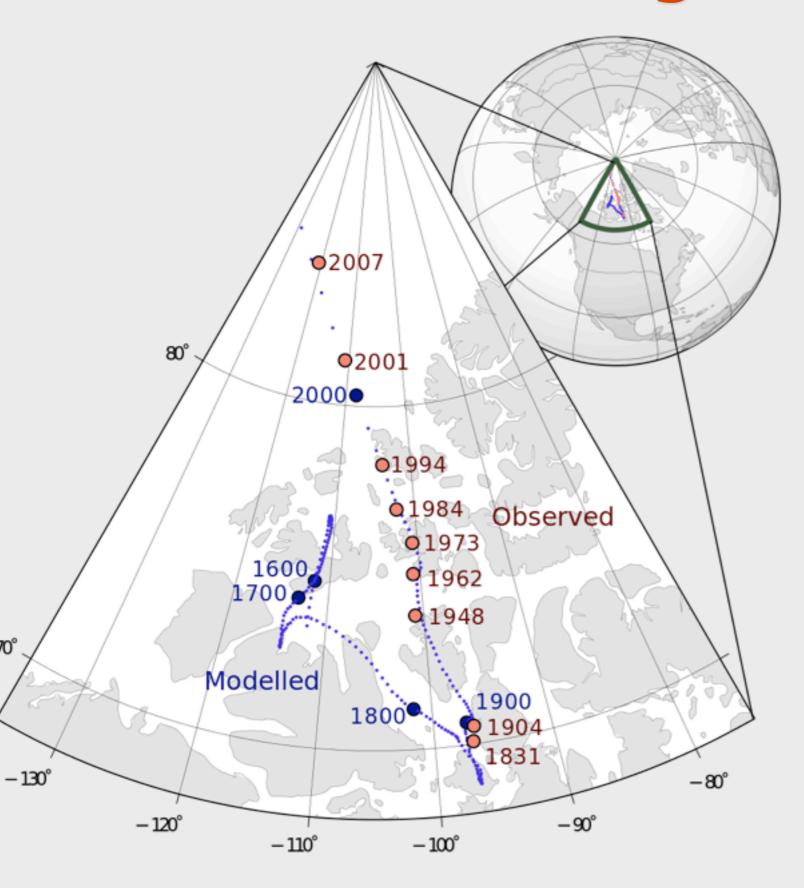
 \Longrightarrow

Konvektionsströmungen

⇒ Dipol-Feld



Erdmagnetfeld

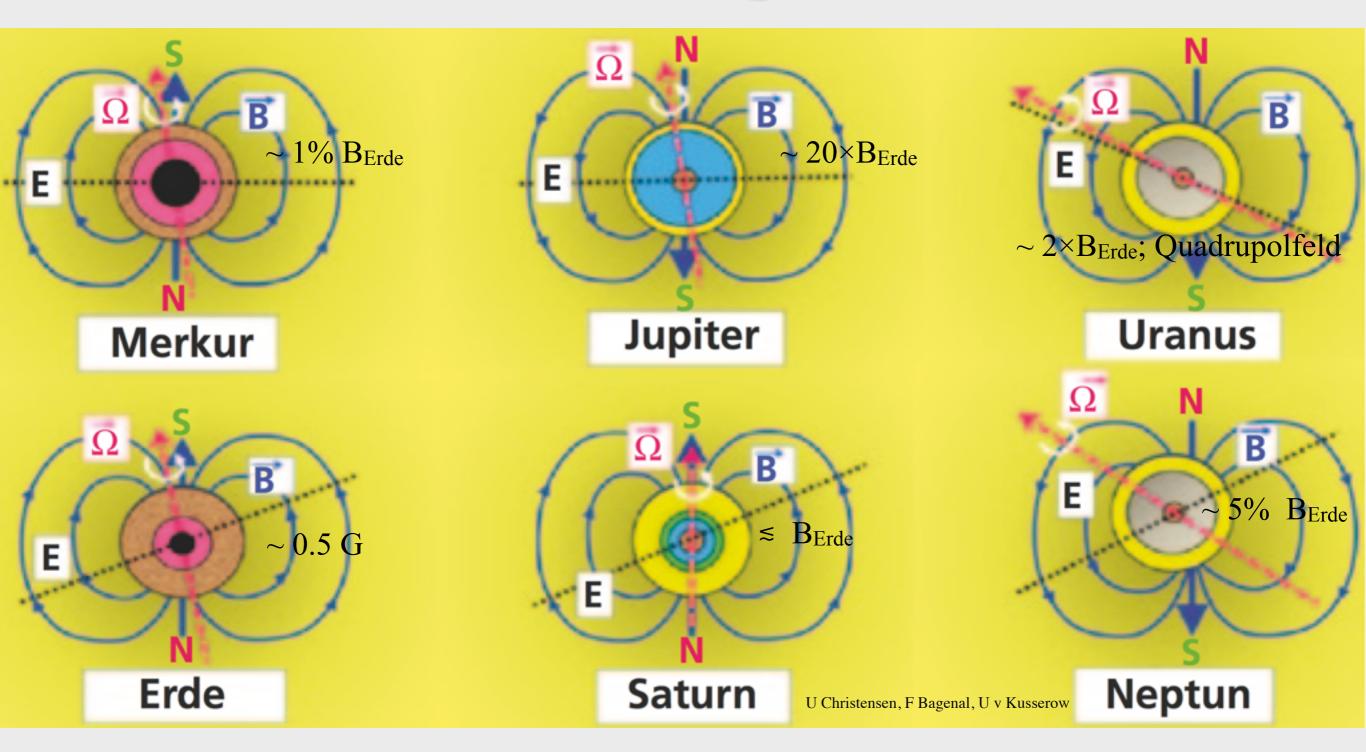


Polwanderung

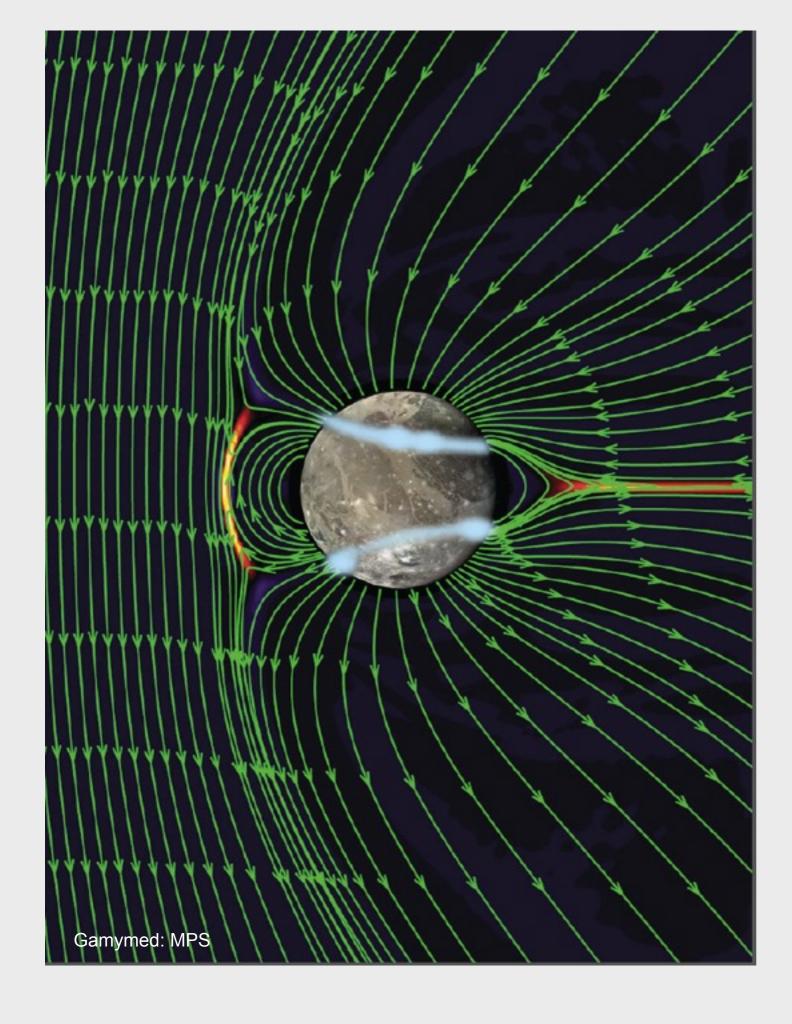
ca. 1000 km/Jahrhrd

Umpolung in nur
 ~ 100 Jahren!

Planeten: Magnetfelder



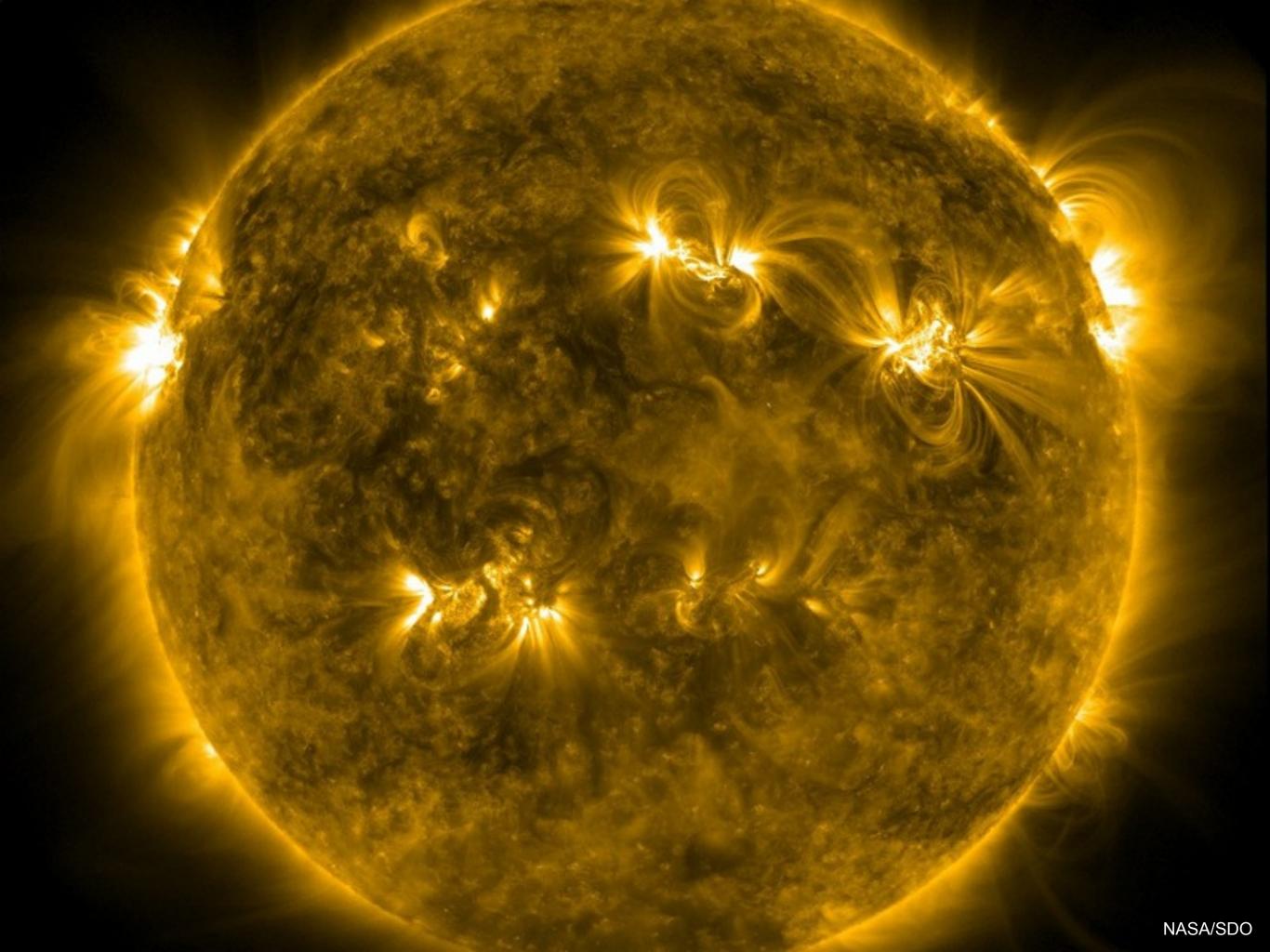
⇒ keine globalen Felder bei Venus und Mars



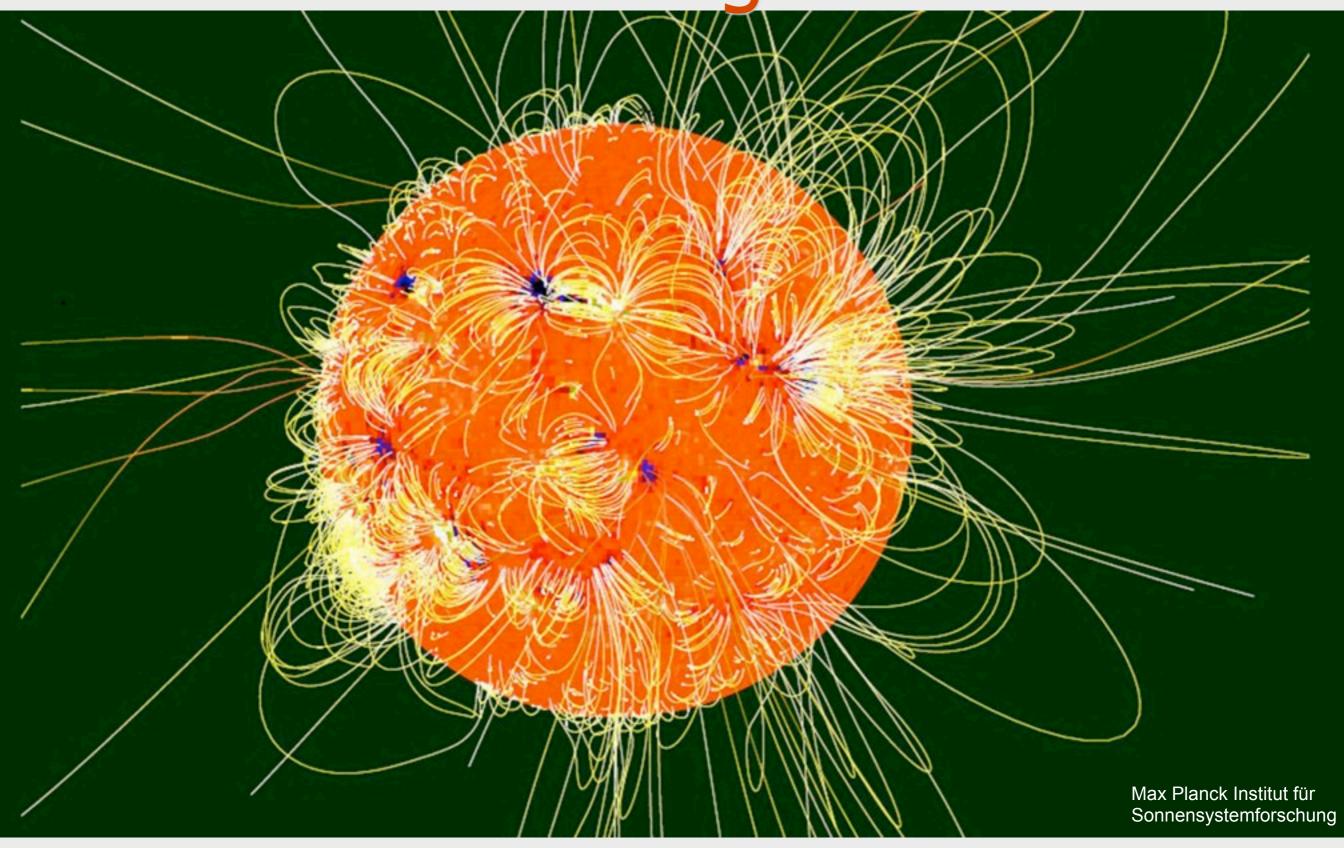
- Ganymed: Jupiter's größter Mond
- vermutlich einziger
 Mond mit
 Dynamo-erzeugtem
 Magnetfeld

 $\sim B_{Merkur}$

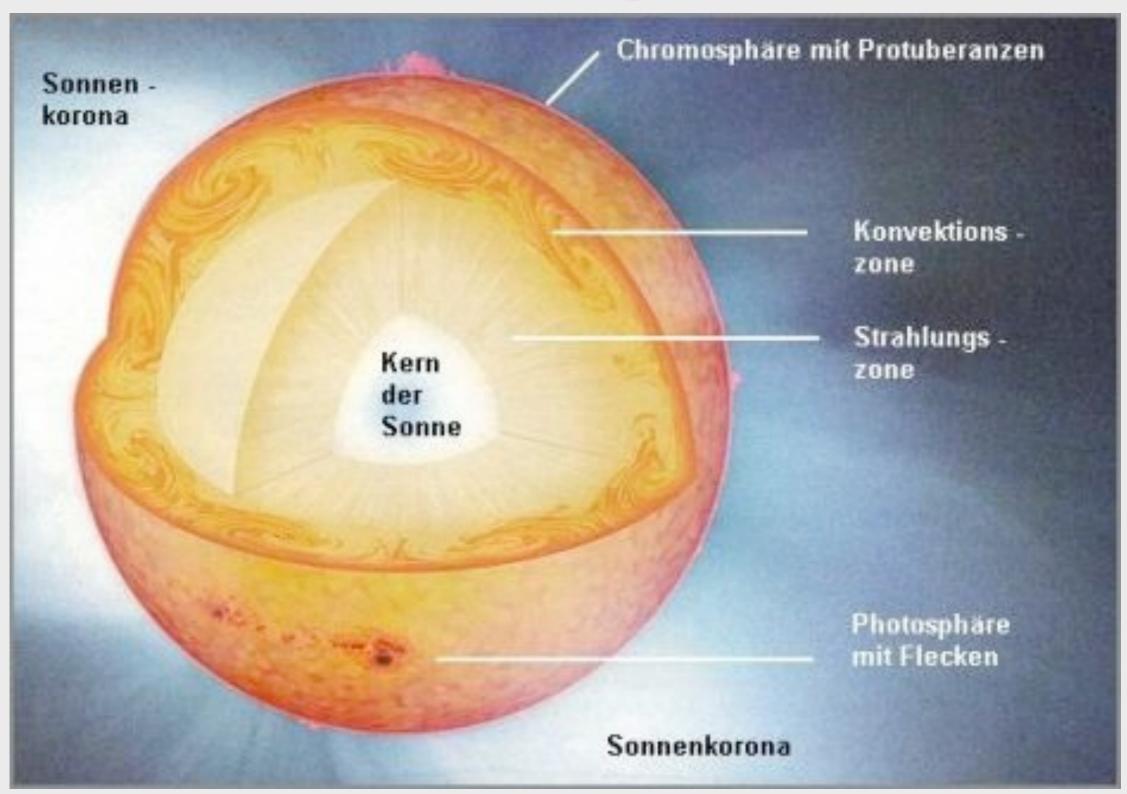
gemessen bei Vorbeiflug der Galilleo Sonde (1996)



Sonnenmagnetfeld

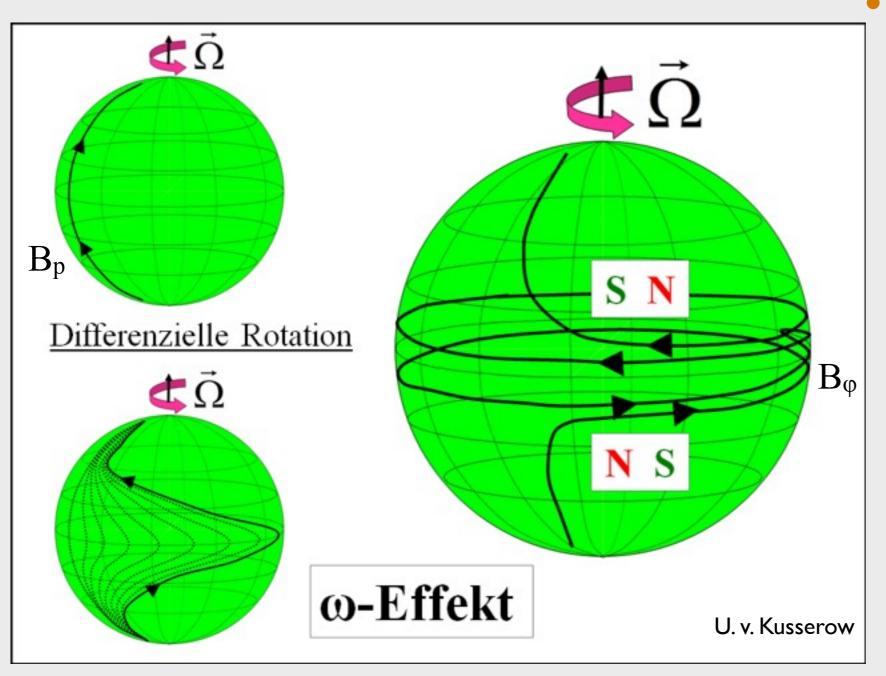


Sonnenmagnetfeld



aktiver Dynamo zwischen Konvektions- und Strahlungszone

Sonnendynamo



• Ω-Dynamo:

differentielle Rotation $\Omega(z)$ (Scherströmung)

Erzeugung toroidaler (azimutaler) Feldstrukturen

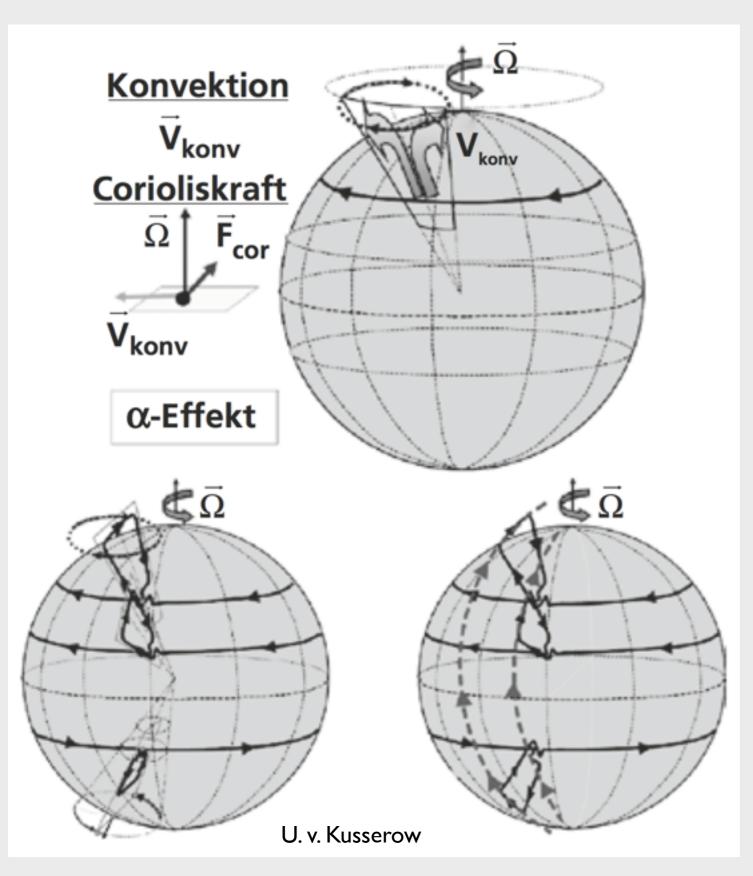
 B_{φ}

⇒ re-Generierung der poloidalen

 B_{p}

Felder?

Sonnendynamo



• α-Dynamo:

Flusslinien werden angehoben

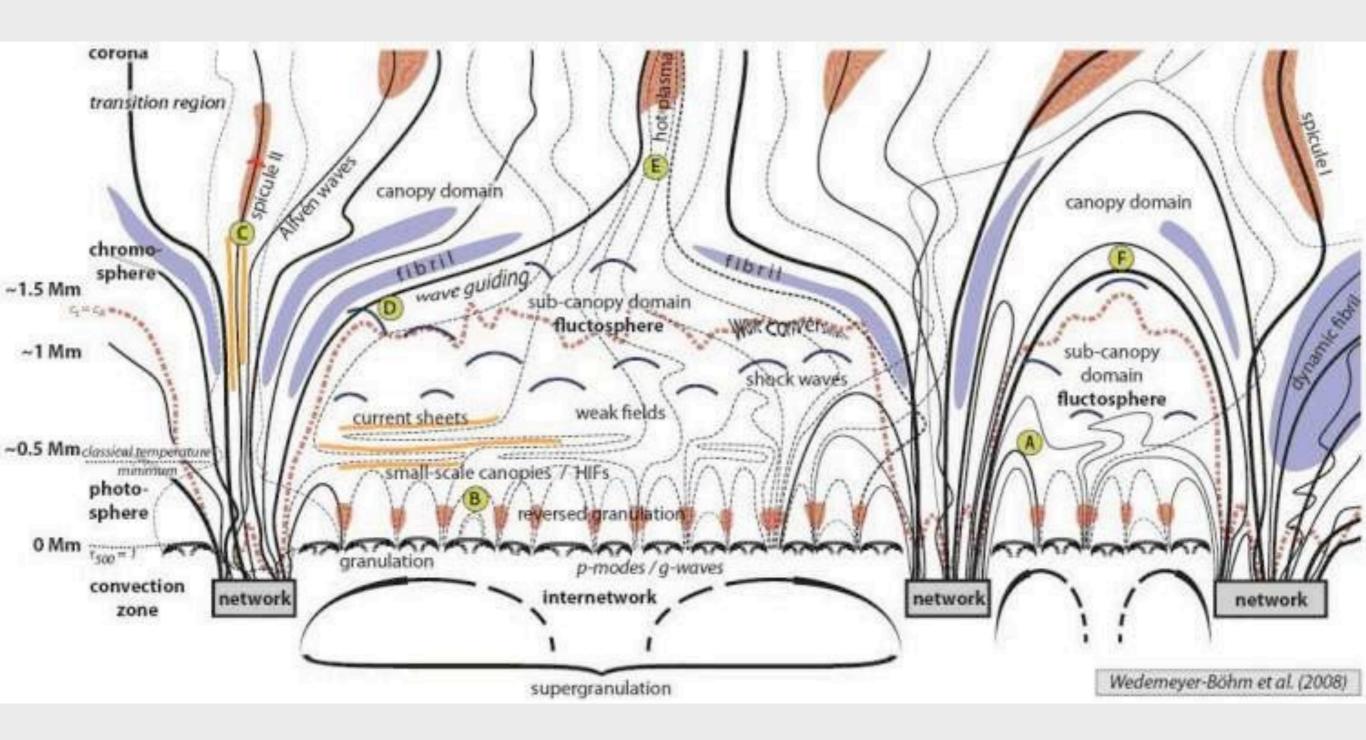
⇒ α Prozess

hier durch Konvektion

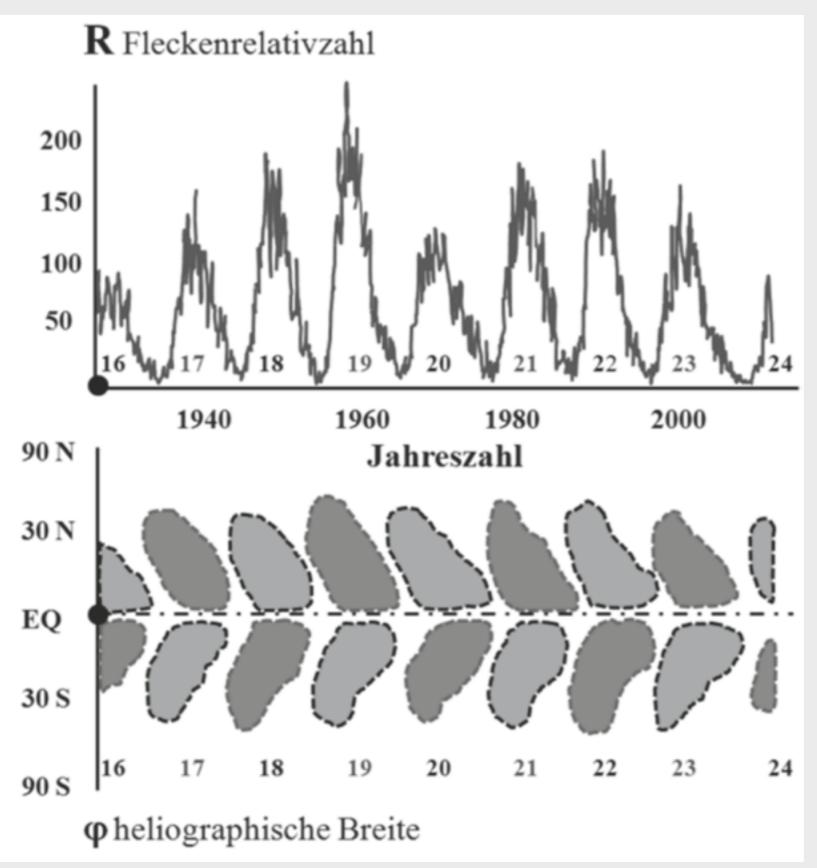
→ Verdrehung und anschließende Verbindung

→ Verstärkung

Sonnenmagnetfeld



Sonnenzyklus + Aktivität



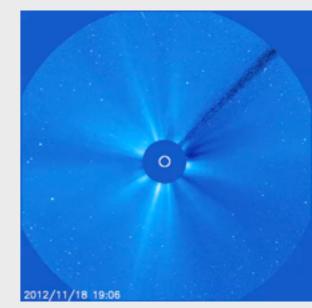
 Sonnenzyklus:
 Sonnenflecken wandern von den Polen zum Äquator

\Longrightarrow Grund:

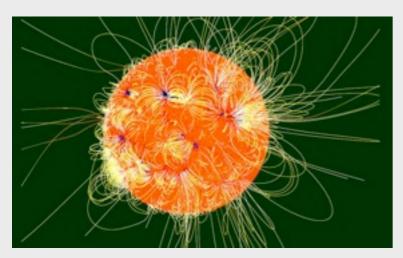
Umpolung des Dioplfeldes alle 11 Jahre

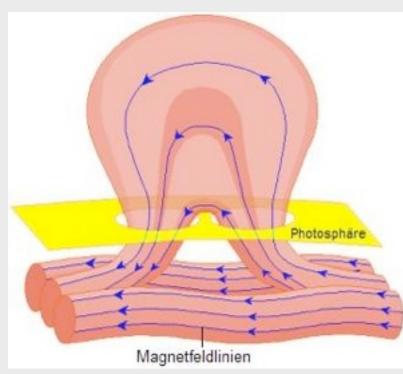
 Aktivität / Anzahl Sonnenflecken abhängig von Magnetfeldstärke

koronale Massenauswürfe

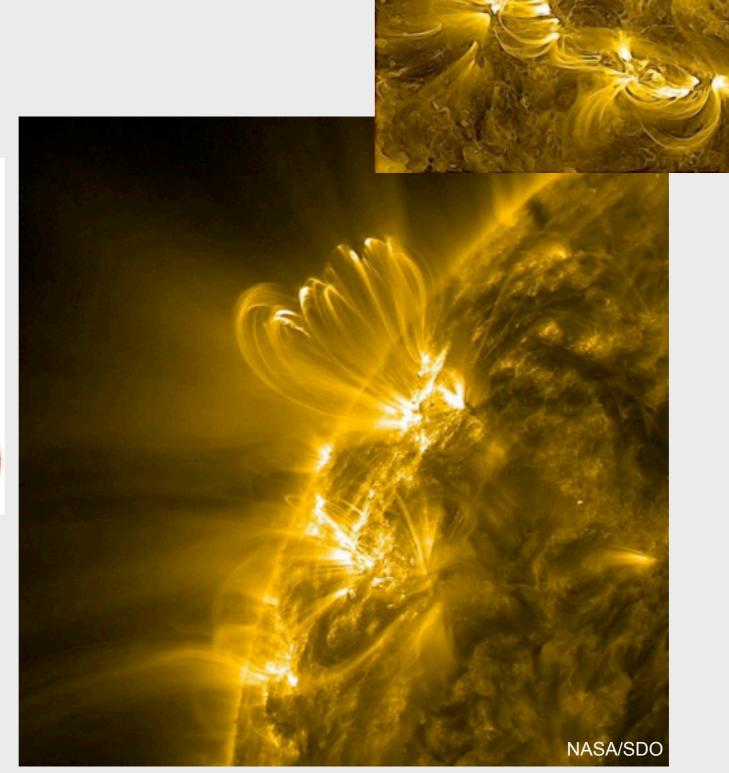


Sonnenmagnetfeld

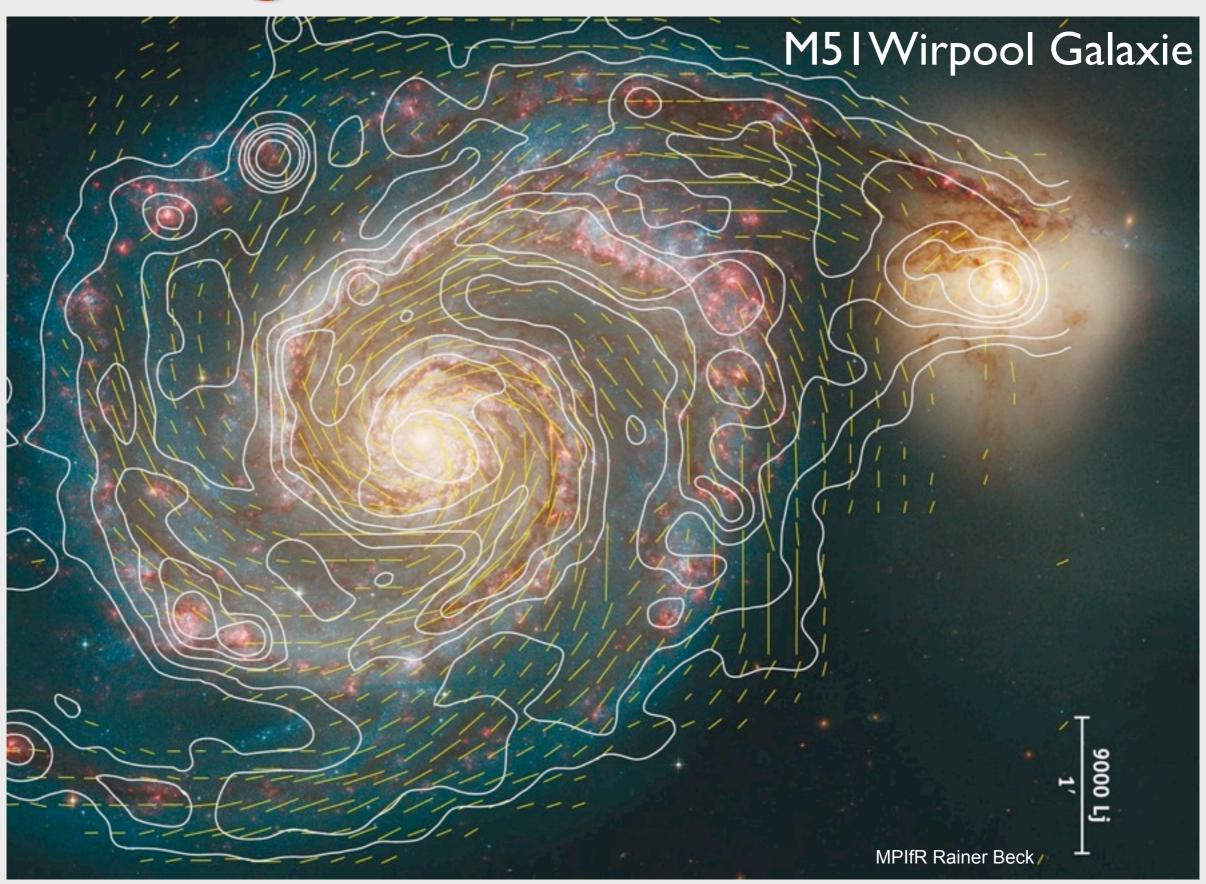




Protuberanzen: Gasströmungen an Magnetfeldern

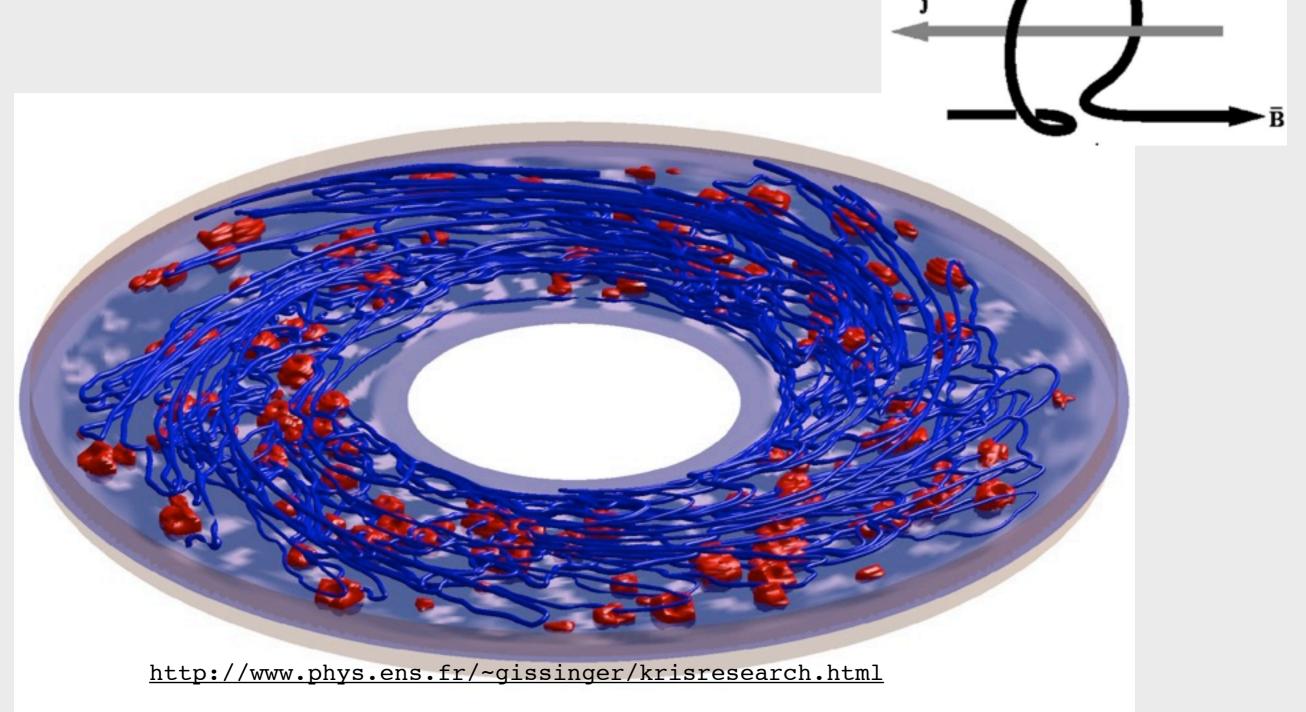


Magnetfelder in Galaxien

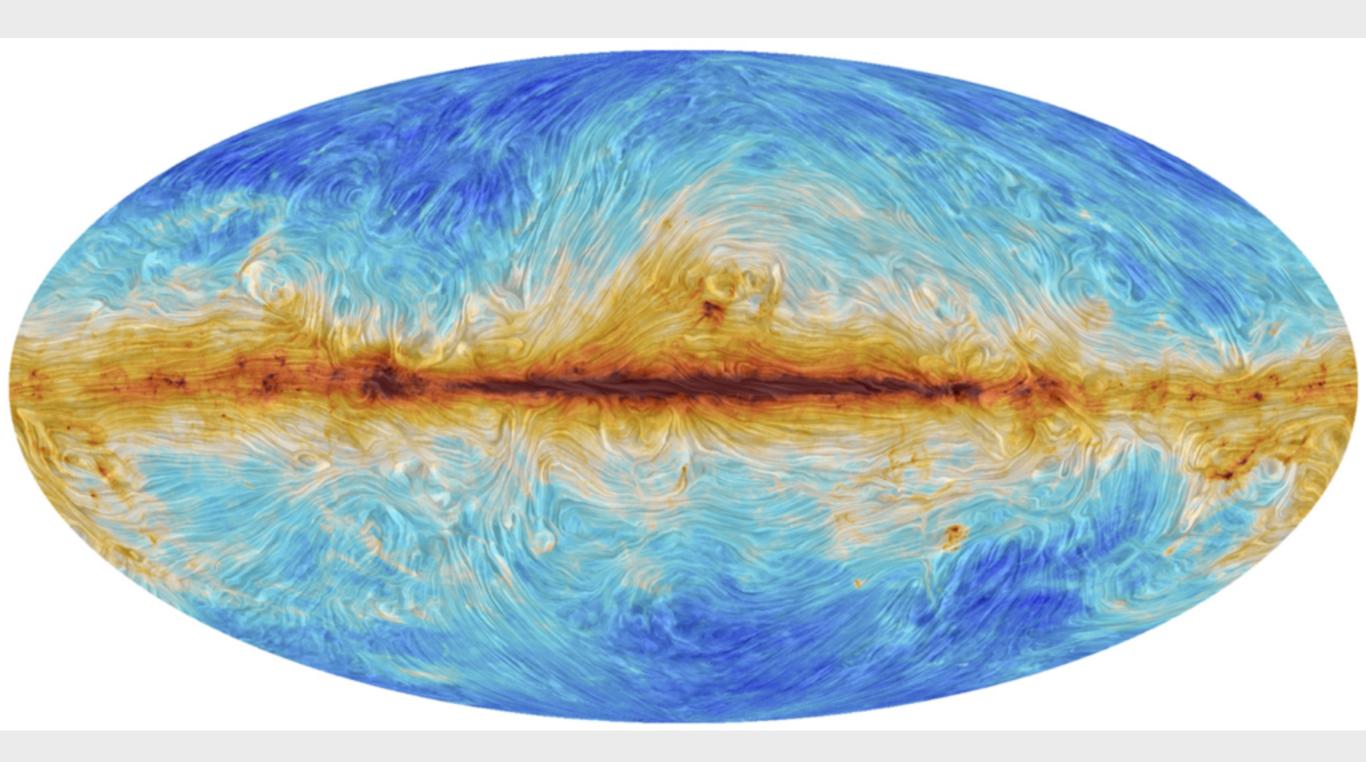


Magnetfelder in Galaxien

• α - Ω Dynamo in Galaxien



Felder im interstellaren Medium

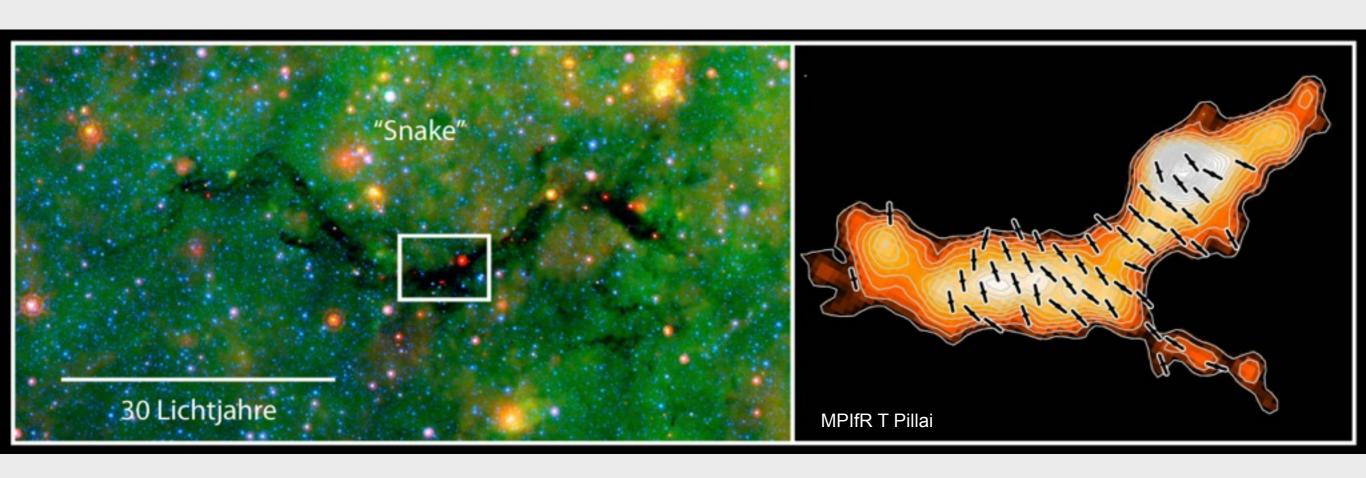


Sternentstehung & Magnetfelder



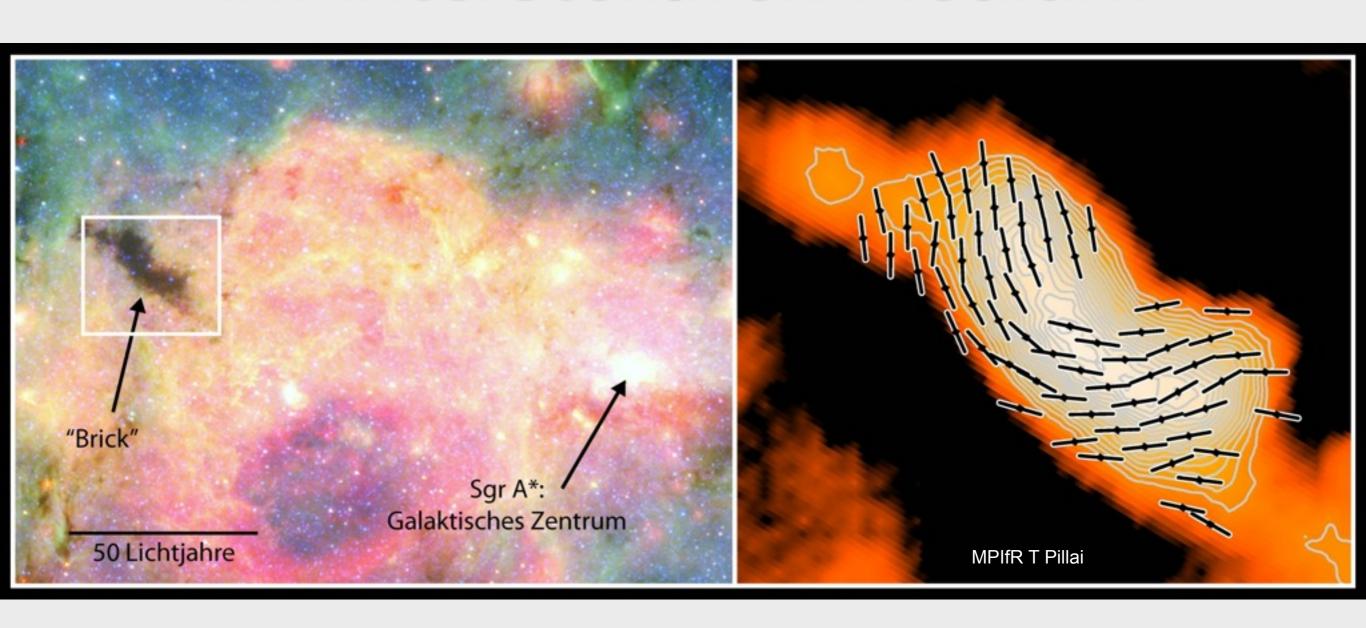
- Sterne in der Milchstraße: ~ 200 Milliarden
- Insterstellare Medium: Gas + Staub + Magnetfelder
- Sterne entstehen in dichten Molekülwolken
- Sternentstehungsrate heute: 3-5/Jahr

Magnetfelder im interstellaren Medium



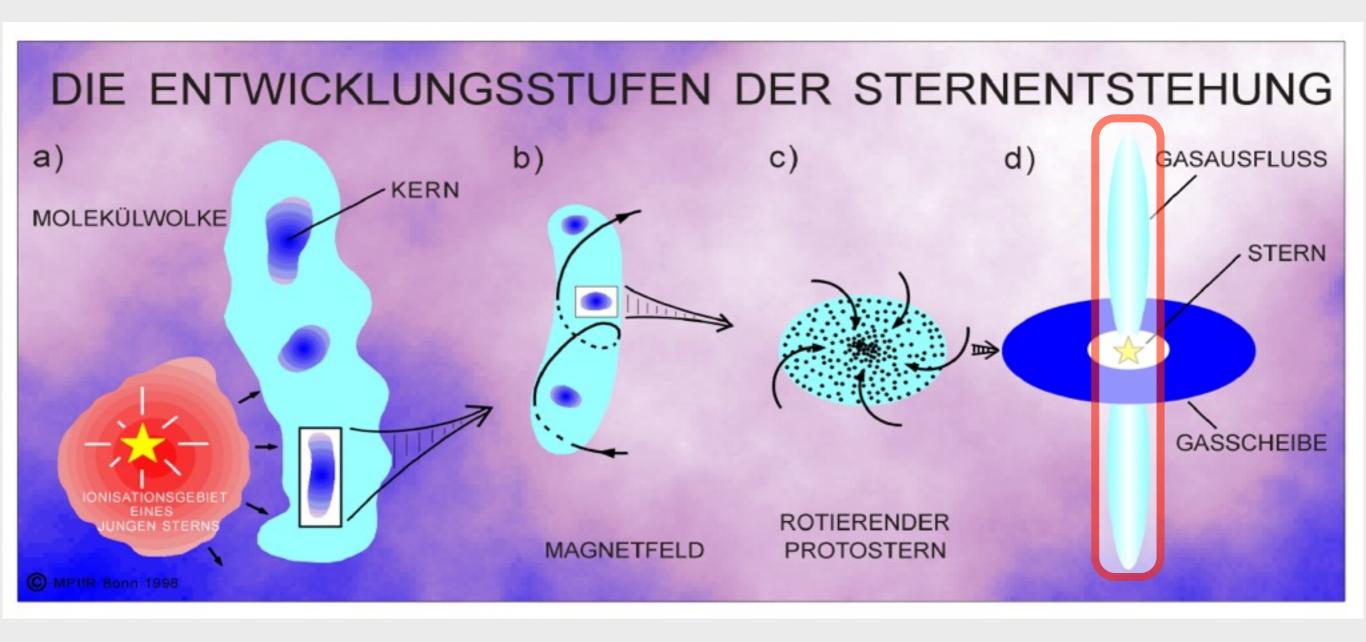
Molekülwolke = Sternentsehungsgebiet

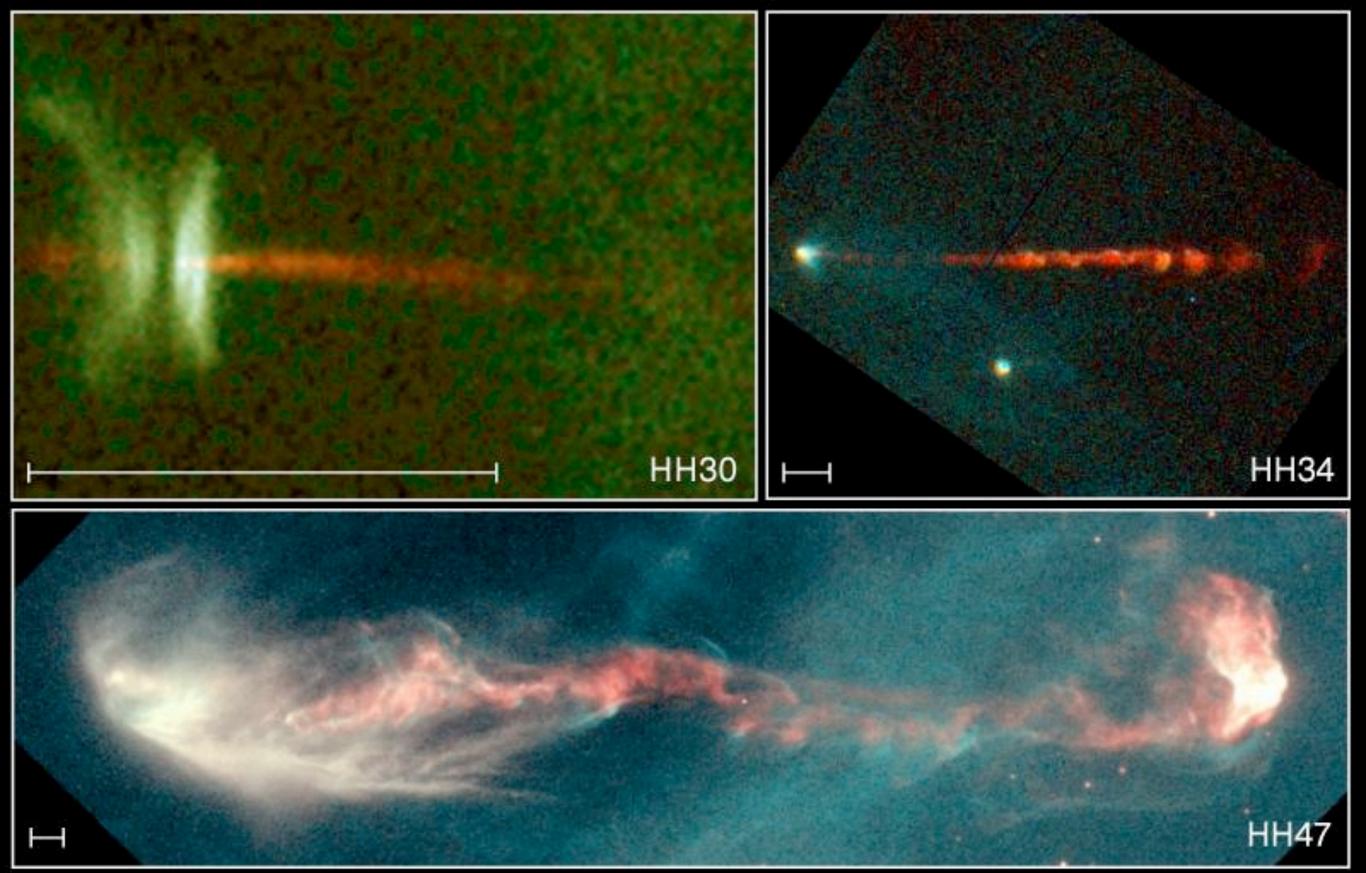
Magnetfelder im interstellaren Medium



Molekülwolke = Sternentsehungsgebiet

Jets & Gasausflüsse





Jets from Young Stars

HST · WFPC2

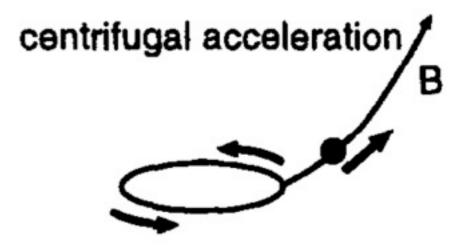
PRC95-24a · ST ScI OPO · June 6, 1995 C. Burrows (ST ScI), J. Hester (AZ State U.), J. Morse (ST ScI), NASA



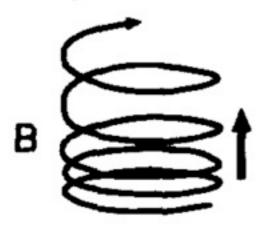


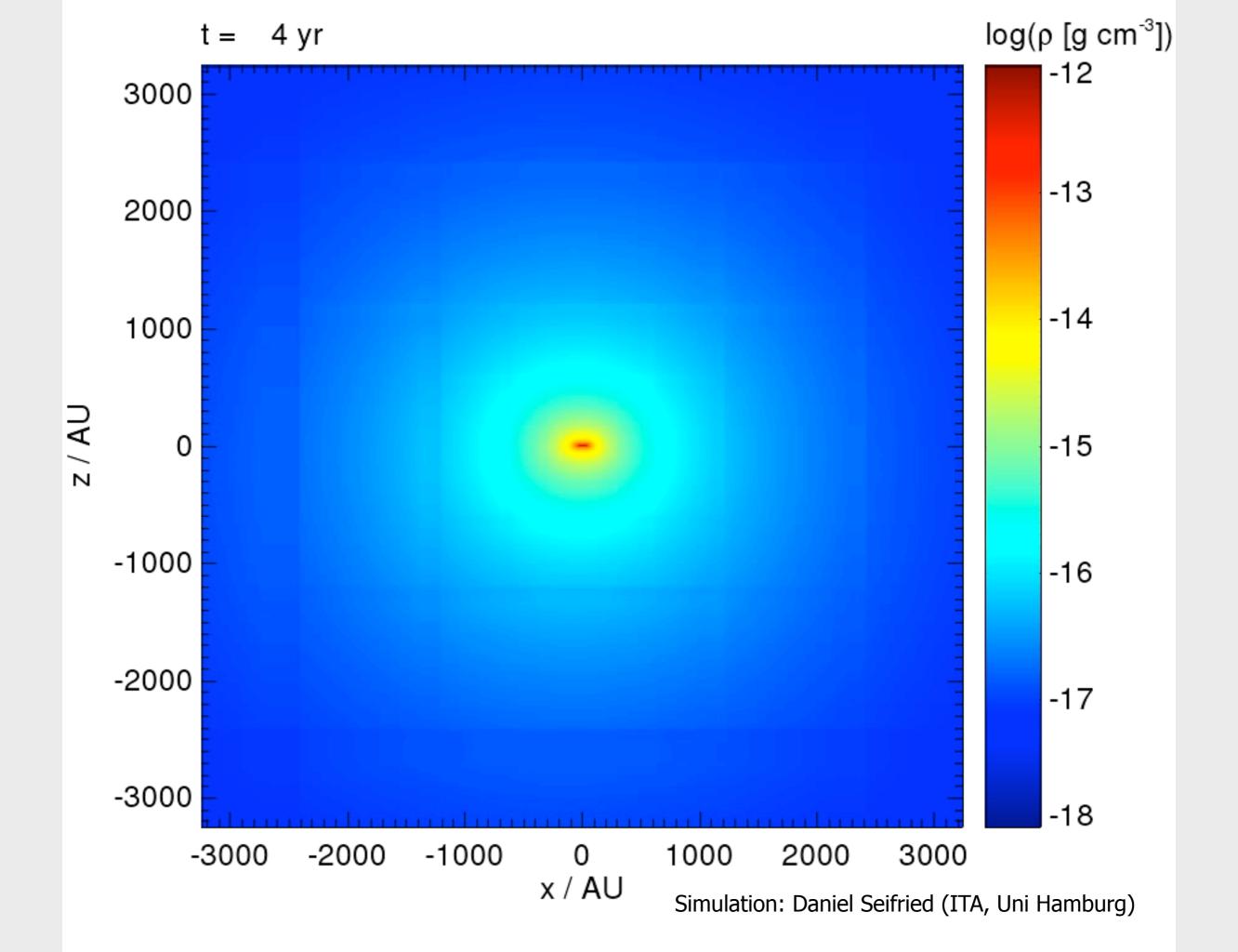
OBSERVER PROTOSTELLAR ROTATING MOLECULAR THREADING MAGNETIC FIELD Pudritz & Norman 1986

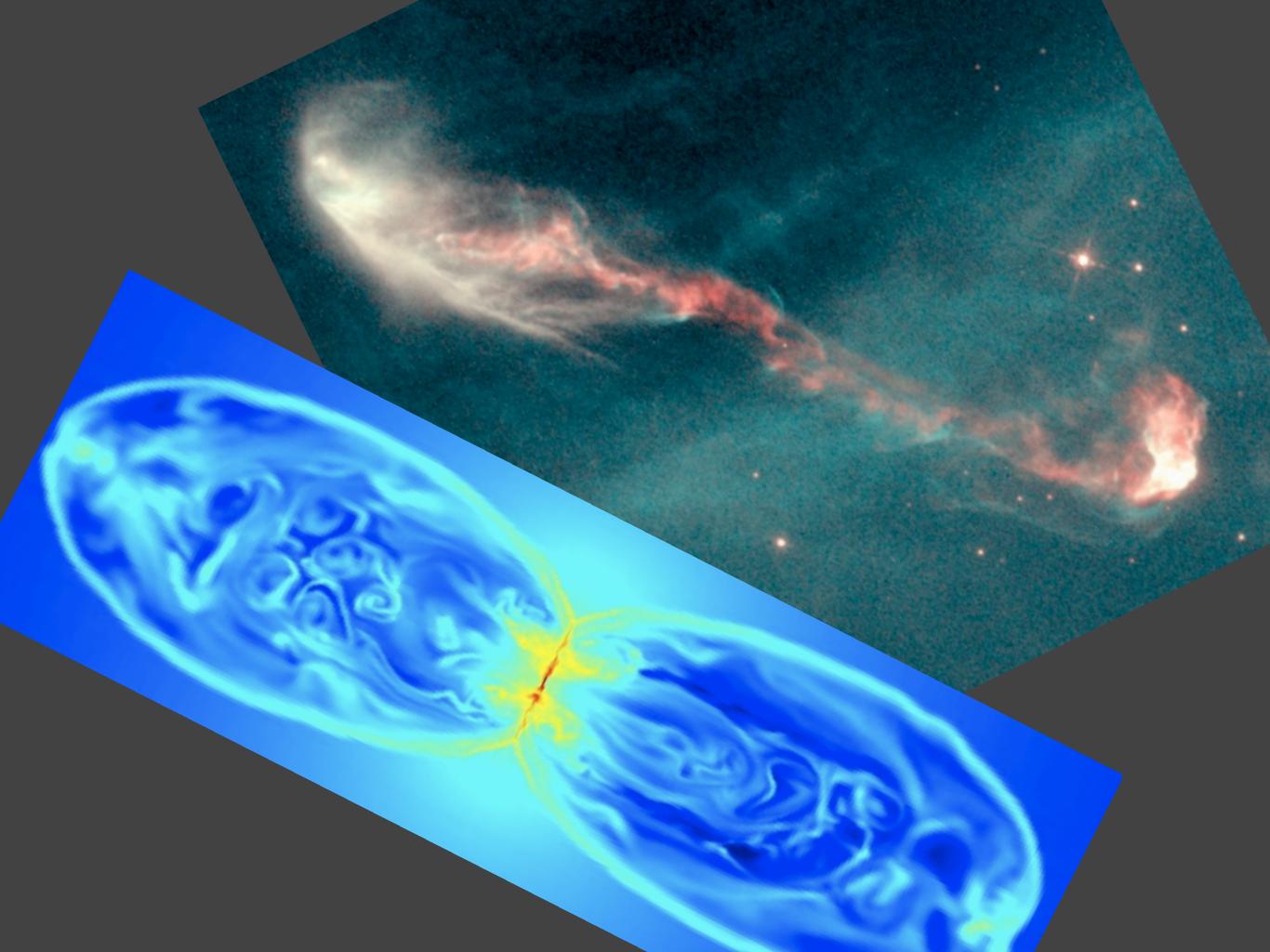
Jets & Gasausflüsse



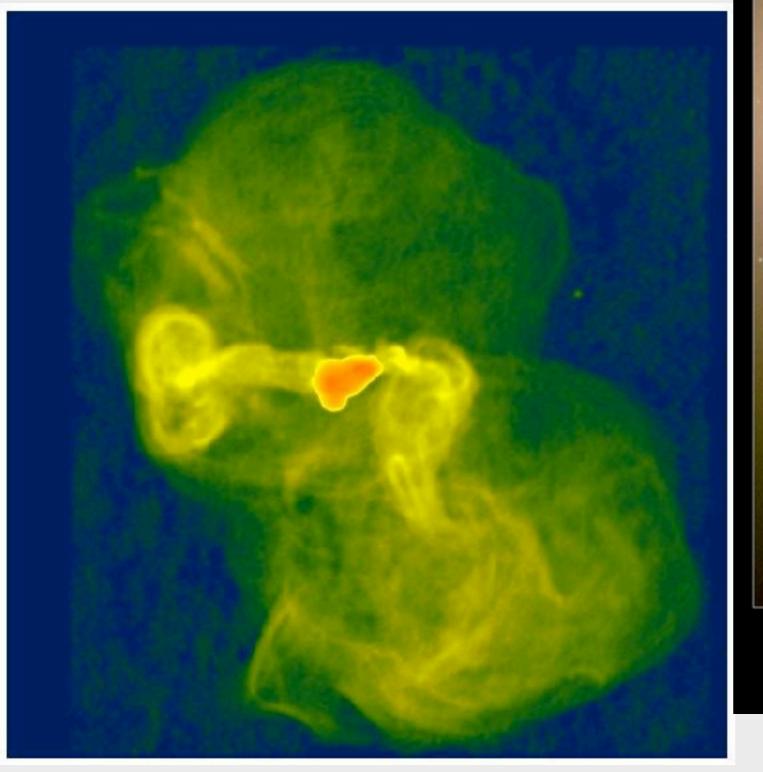
magnetic pressure acceleration

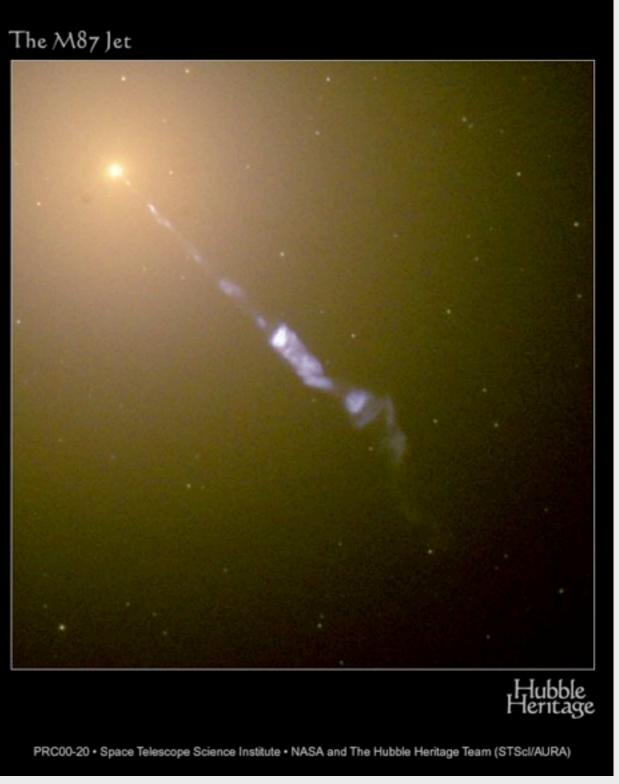






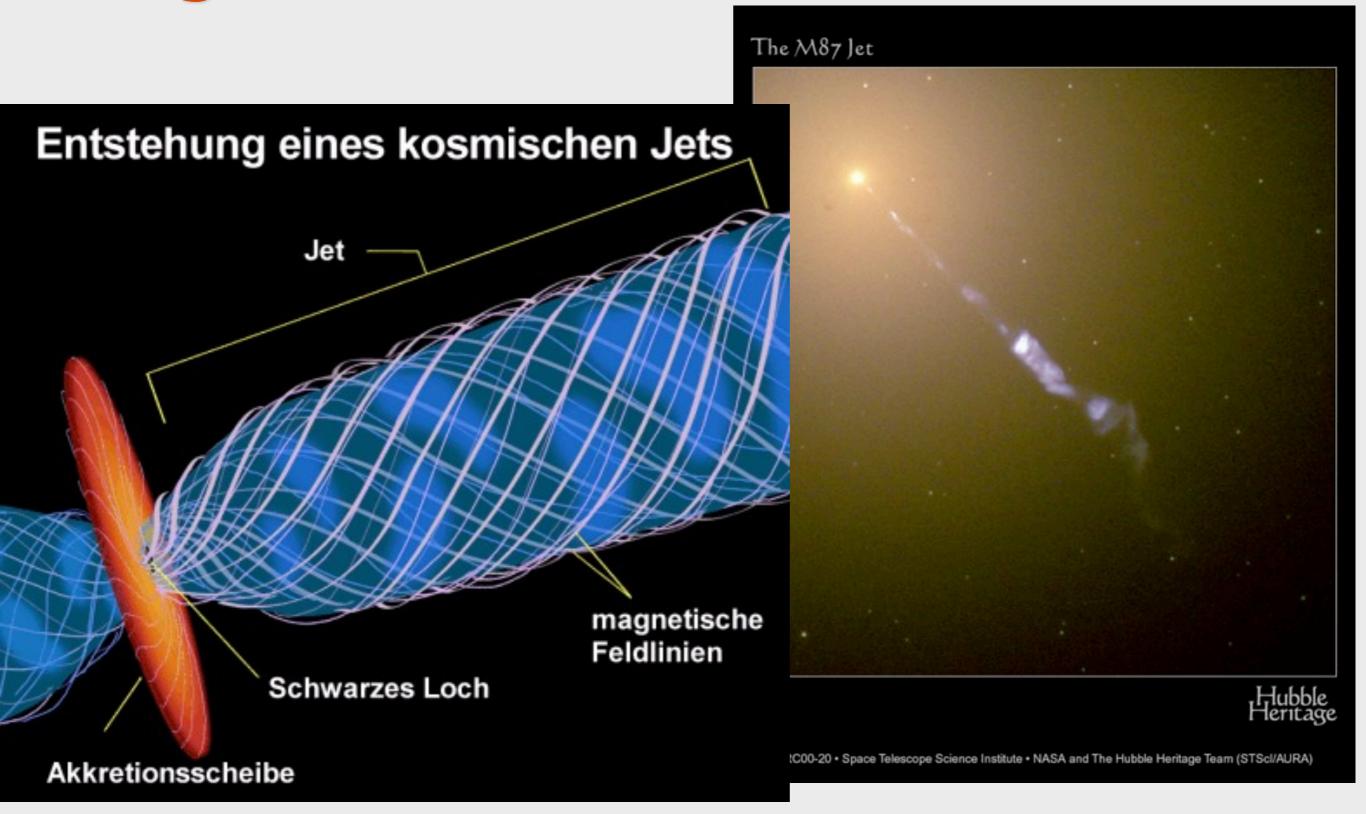
Magnetfelder in Aktiven Galaxien





Messier 87 Galaxie

Magnetfelder in Aktiven Galaxien



Messier 87 Galaxie

- "Je größer unser Unverständnis [über ein astrophysikalisches Problem] ist, umso stärker muss [wohl in Wirklichkeit] der Einfluss der Magnetfelder sein" (Lodwijk Woltjer, 1965)
- "Magnetfelder sind für die Astrophysik das, was der Sex für die Psychologie ist"
 (Hendrik van de Hulst, 1985)
- "Je stärker das Magnetfeld, umso größer ist unsere Unkenntnis." (Virginia Trimble, 1995)