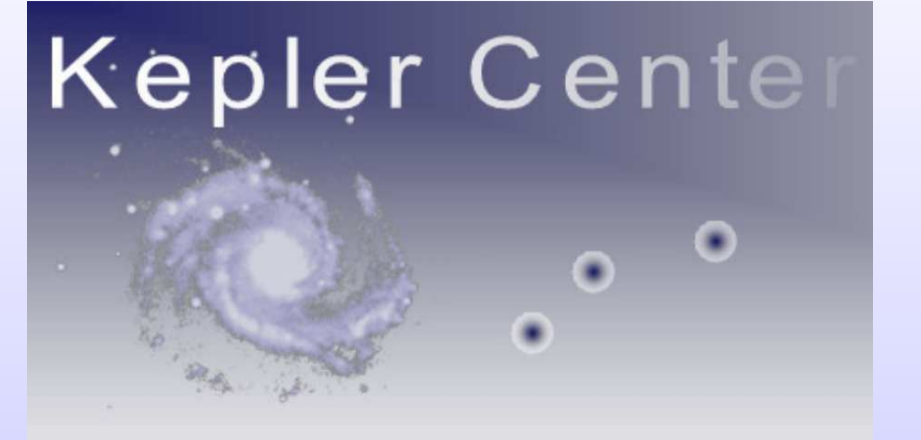




# Magnetfelder in Akkretionsscheiben

Markus Flaig, Wilhelm Kley, Ralf Kissmann & Patrick Ruoff



## Protoplanetare Akkretionsscheiben

Wir untersuchen die Turbulenz in magnetisierten Gasscheiben um junge Sterne. Solche Scheiben sind die Geburtsstätten von neuen Planeten. Deshalb ist es wichtig, die dortigen Prozesse physikalisch zu verstehen. Wir versuchen mittels numerischer Simulationen die Struktur solcher Scheiben nachzubilden.

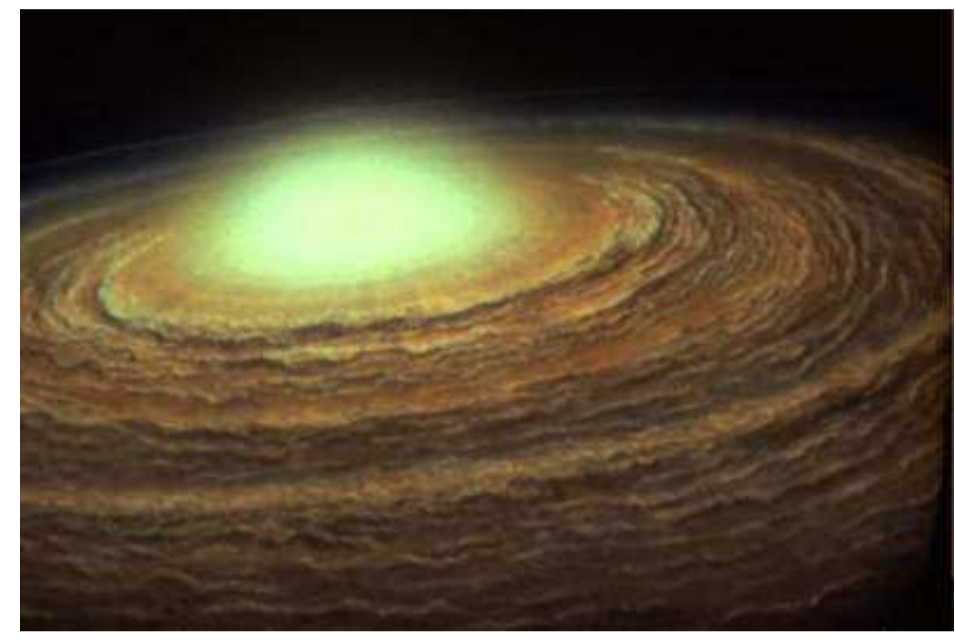
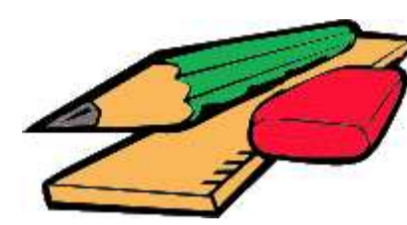
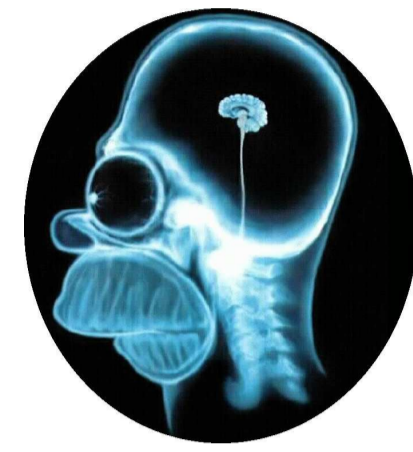


Illustration einer Akkretionsscheibe von Don Dixon

## Methoden

Analytische  
Theorie...



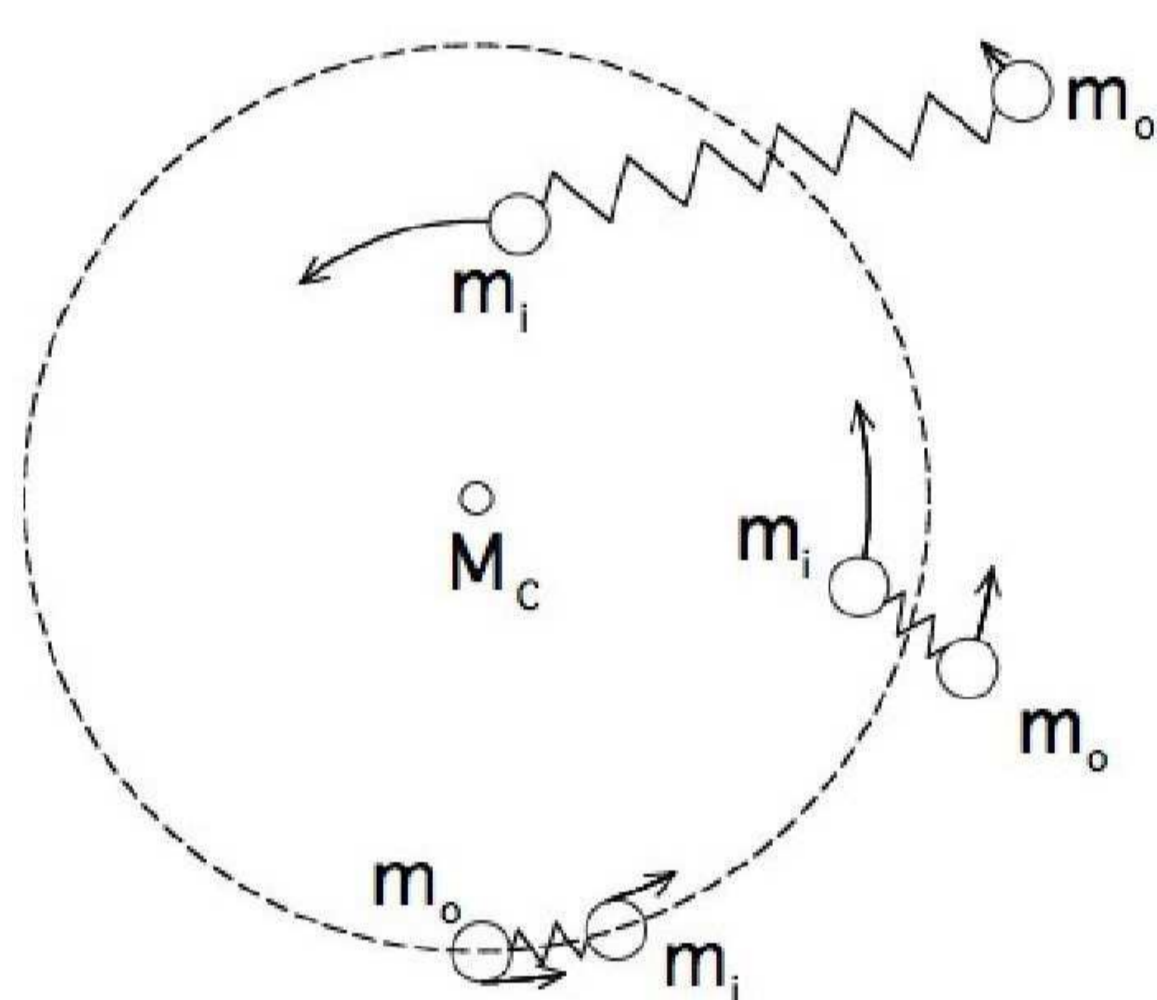
& Numerische  
Rechnungen



## Wo ist das Problem?

- Welcher Prozess bewirkt die beobachtbaren Akkretionsraten? (zum Thema Akkretion siehe die Box: *Die MRI und Akkretion*)
- Auswirkungen der Turbulenz in Akkretionsscheiben?
- Wie ist die räumliche Struktur einer turbulenten Akkretionsscheibe?
- Sind Akkretionsscheiben hinreichend ionisiert, um die MRI zu erlauben?

## Die MRI und Akkretion



Veranschaulichung der Magnetrotations-Instabilität

**Akkretion:**

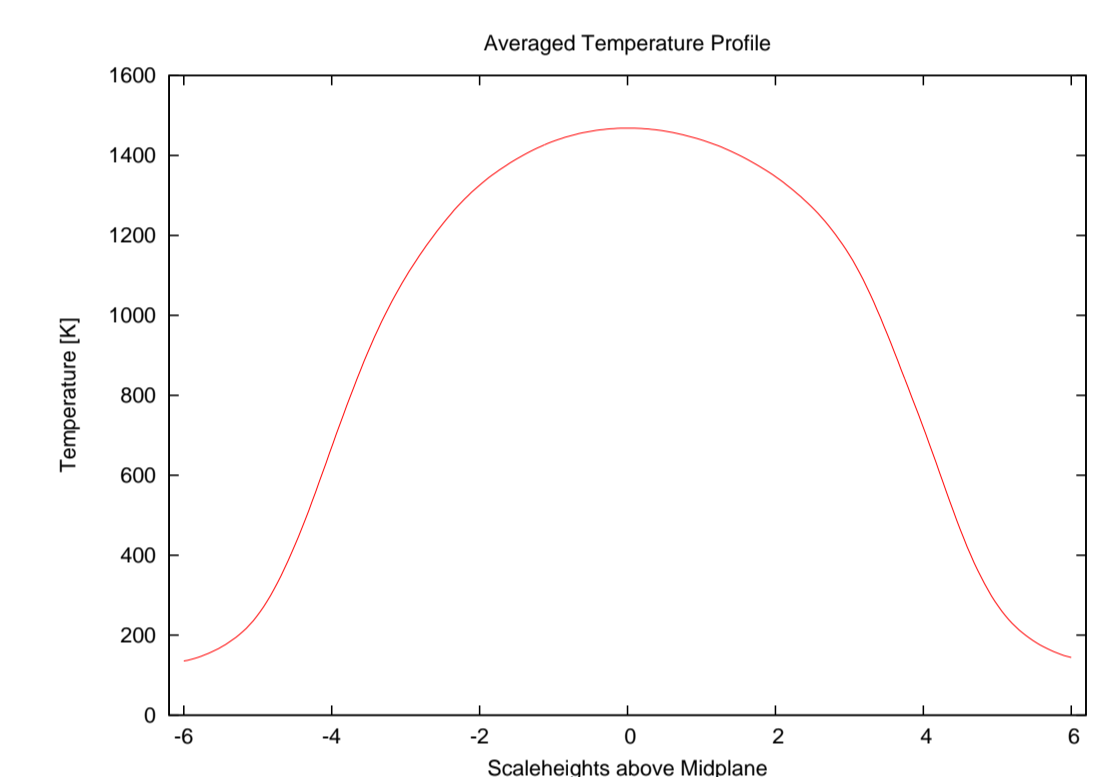
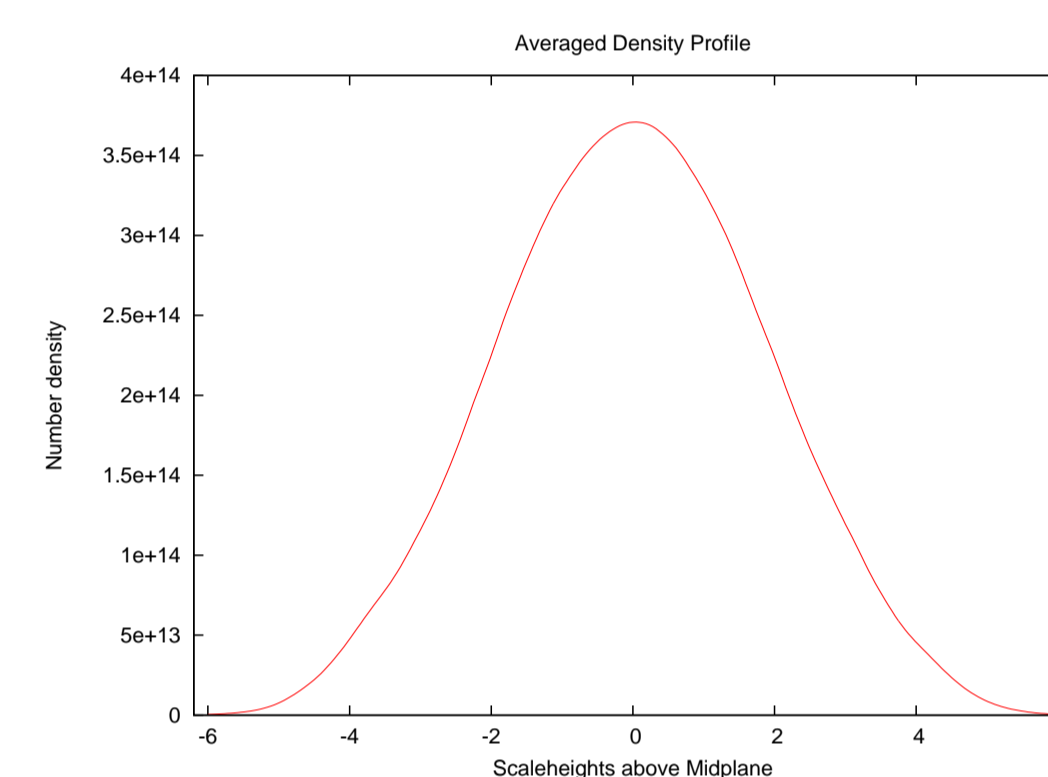
- Akkretion bedeutet Materietransport nach innen (zum Stern) und Drehimpulstransport nach außen
- Notwendig ist dazu eine Wechselwirkung der Gasteilchen auf verschiedenen Orbits
- Dies kann ohne Magnetfeld nicht geleistet werden:

Nach heutigem Wissensstand kann die Akkretionsrate nur über die *Magnetrotations-Instabilität* (MRI) erklärt werden.

**Überlegungen zur MRI:**

- Teilchen auf verschiedenen Bahnen durch das Magnetfeld anschaulich wie über eine Feder gekoppelt (siehe Abbildung)
- Durch die Kopplung vergrößert sich der Abstand in verstärktem Maße
- Es resultiert eine *Instabilität*
- Die Instabilität führt schließlich zur *Turbulenz*

## Strahlungstransport

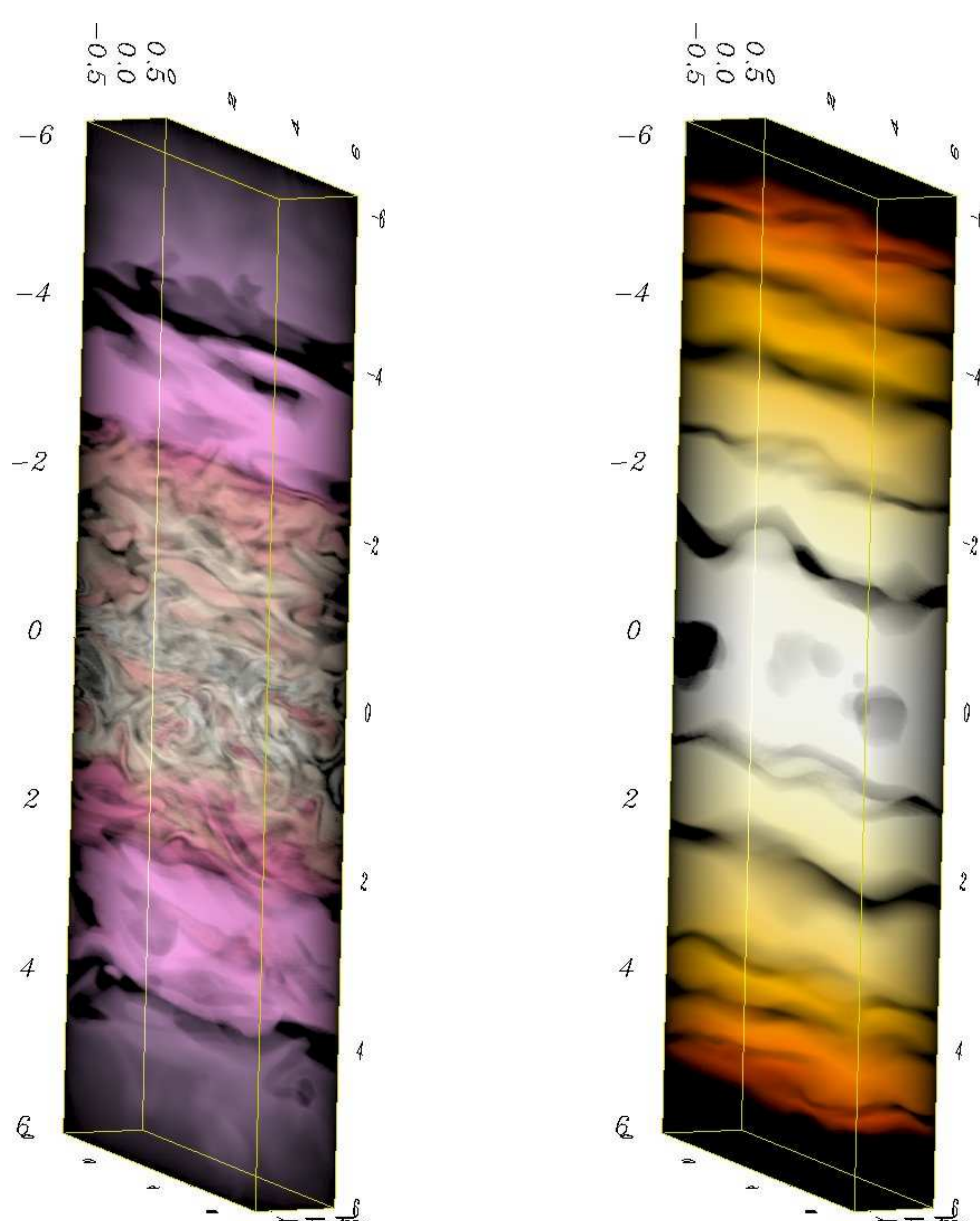


Dichte- (links) und Temperaturverlauf in einer Akkretionsscheibe als Funktion des Abstands von der Mittelebene.

Die MRI erzeugt turbulente Fluktuationen in magnetisierten Akkretionsscheiben. Diese Fluktuationen wiederum zerfallen und erzeugen dadurch Wärme. Im Gleichgewicht wird diese Wärme, im gleichen Maße wie sie erzeugt wird, durch Strahlung aus den dichten Regionen einer Akkretionsscheibe in dünnere Regionen transportiert. In diesen *optisch dünnen* Regionen kann die Strahlung sich schließlich frei ausbreiten, so daß die überschüssige Energie in das *interstellare Medium* abgestrahlt wird.

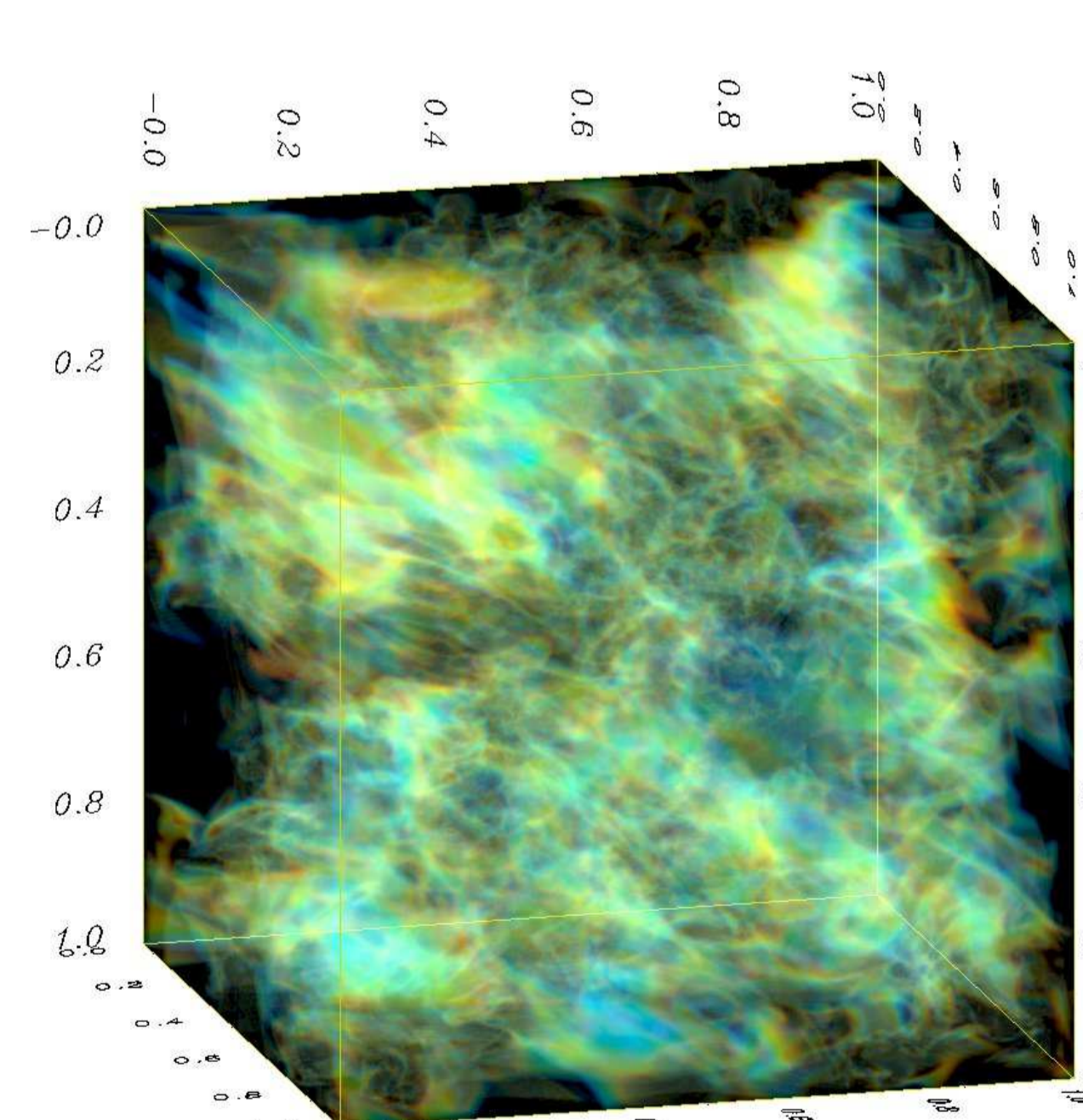
Die Abbildung zeigt den senkrechten Dichte- und Temperaturverlauf in einer Akkretionsscheibe für einen festen Abstand vom Stern.

## Turbulenz in Akkretionsscheiben



Senkrechte Dichte- (links) und Temperaturstruktur (rechts) für eine Simulation eines Ausschnitts einer Akkretionsscheibe

## Weitere Themen



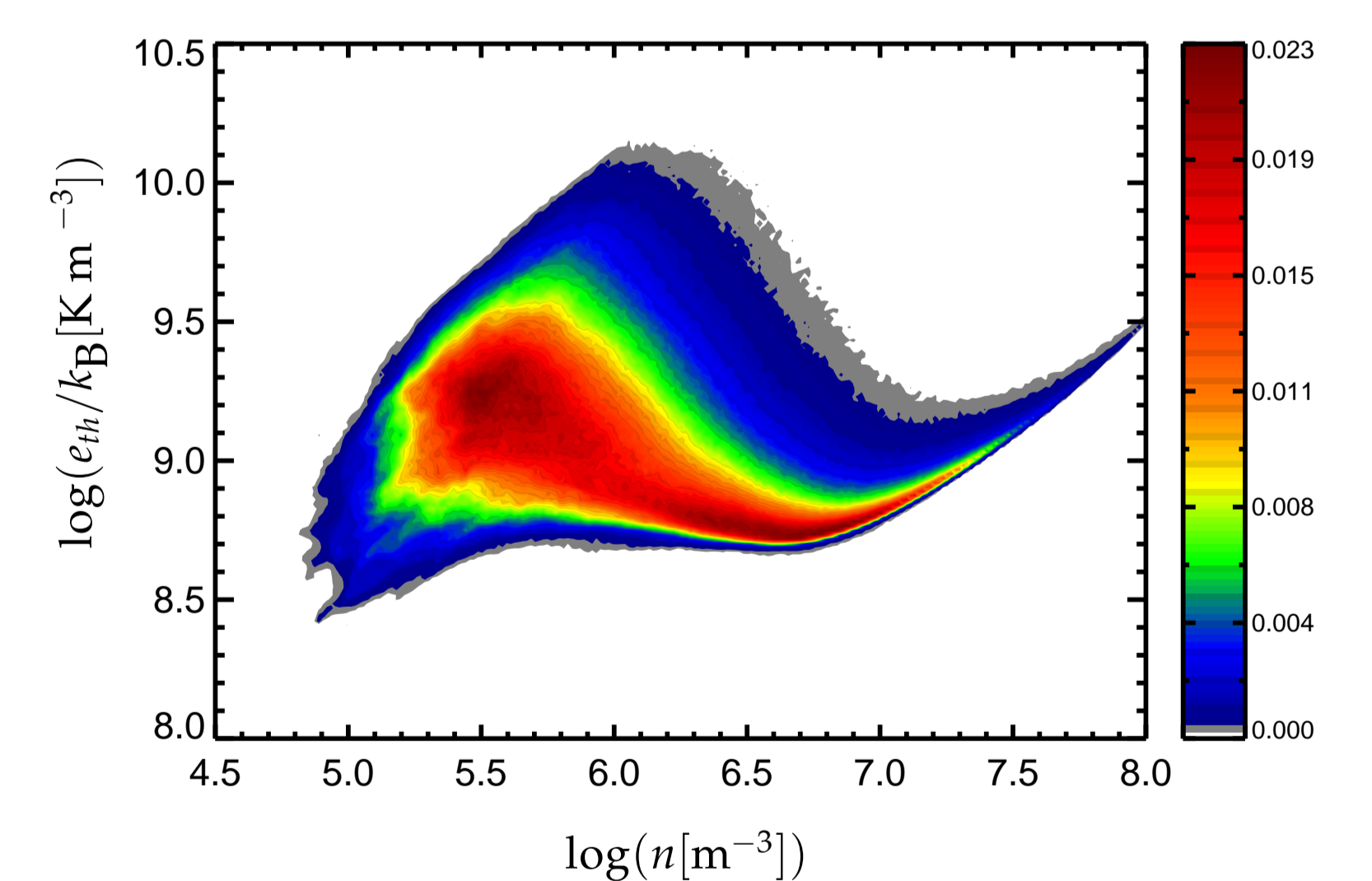
Dichtestruktur in einer Turbulenzsimulation

Fragestellungen zur **Turbulenz im interstellaren Medium** – dem Gas, das den Raum zwischen den Sternen anfüllt:

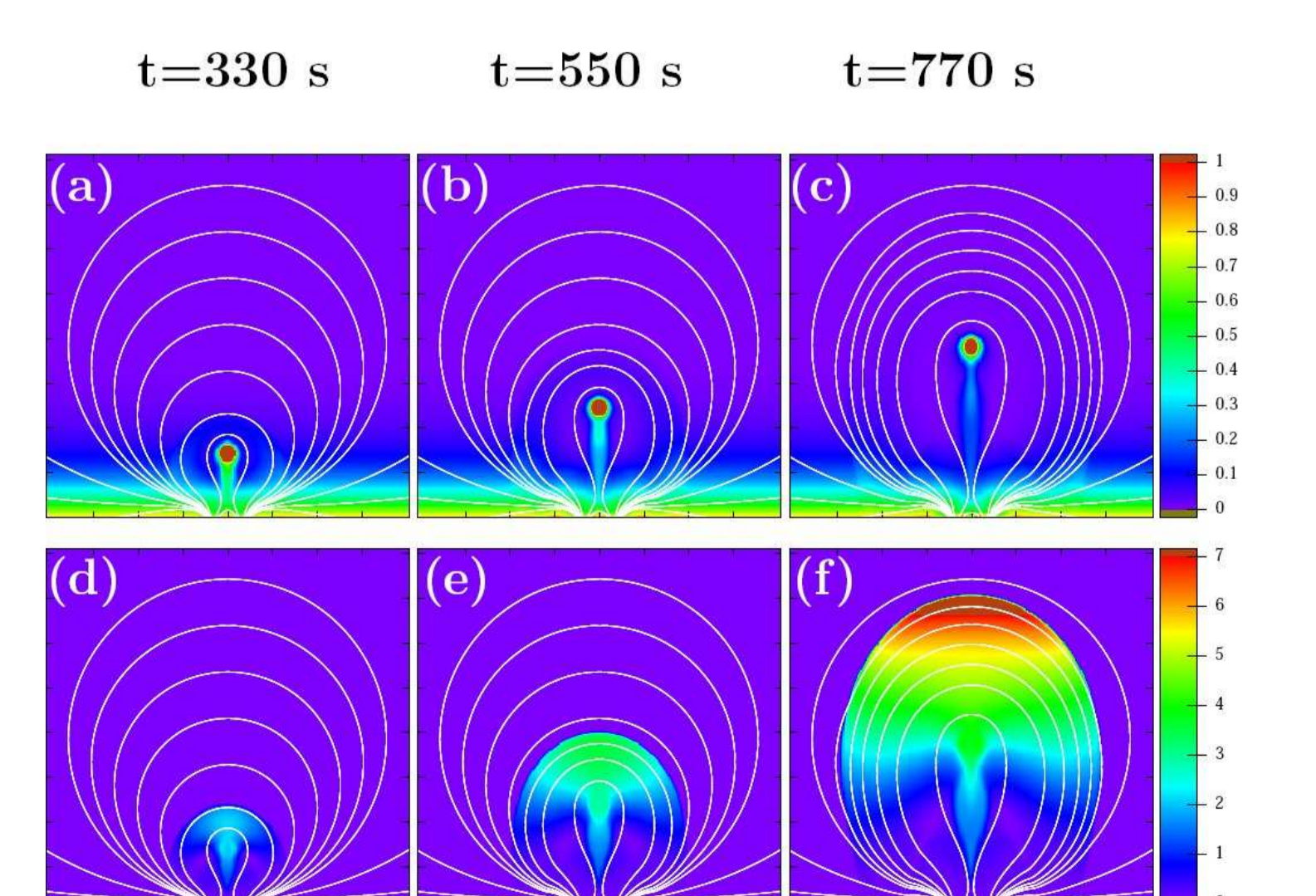
- Ursprung der Turbulenz
- Auswirkung auf die Temperaturverteilung
- Quantitativer Zusammenhang zwischen Beobachtungen und Zustand des Gases

Fragestellungen zu kurzzeitigen Phänomenen in der **Sonnenatmosphäre**:

- Ausbreitung von *solaren Flares*
- Orte der Teilchenbeschleunigung



Temperaturverteilung für eine Simulation des interstellaren Mediums



Dichte (obere Zeitreihe) und Geschwindigkeit (untere Zeitreihe) für die Simulation einer Eruption in der Sonnenatmosphäre