



Einführung

Die Forschung der Abteilung “Computational Physics” konzentriert sich auf verschiedene Aspekte der Frühphasen der Sternentwicklung, darunter die Theorie der Akkretionsscheiben, die Entstehung und Entwicklung von Planetensystemen von Staubansammlungen zu ausgewachsenen Planeten und die Bildung und Ausbreitung astrophysikalischer Jets.

Wir verwenden verschiedene numerische Verfahren wie z.B. Molekuldynamik-Simulationen, SPH-Simulationen, Gitter-basierte Strahlungs-Magnetohydrodynamik-(RMHD-)Simulationen und untersuchen analytisch die Gleichungen der RMHD (siehe Poster unserer Arbeitsgruppe zum Vertiefungsfach Wissenschaftliches Rechnen).

Theorie der Akkretionsscheiben

Unsere Forschung konzentriert sich auf die Struktur und Dynamik von Akkretionsscheiben, z.B. die zirkumstellaren Scheiben um junge Sterne. In Akkretionsscheiben rotiert das Gas sehr schnell, spiraliert langsam einwärts und wird auf den zentralen Stern akkretiert. In unserer Arbeitsgruppe untersuchen wir verschiedene Aspekte der Physik solcher Akkretionsscheiben:

- **Turbulenz**
Sie ist die Ursache dafür, dass das Gas Energie und Drehimpuls verliert und treibt deswegen den Akkretionsprozess an. Der physikalische Ursprung der Turbulenz ist immer noch unklar, doch scheint die Magnetorotationsinstabilität (MRI) der wahrscheinlichste Mechanismus zu sein.
- **Thermodynamik**
Sie beeinflusst die thermische Struktur der Akkretionsscheibe. Die Temperatur der Scheibe folgt aus einem Gleichgewicht zwischen turbulenter Dissipation, $p dV$ -Arbeit und radiativer Kühlung. Dieses Gleichgewicht bestimmt die Dicke der Scheibe in vertikaler Richtung an einem gegebenen Radius.
- **Selbstgravitation**
In sehr massereichen Akkretionsscheiben können abhängig von der Effizienz der Strahlungskühlung Gravitationsinstabilitäten auftreten und dafür sorgen, dass in der Scheibe Spiralarme entstehen oder die Scheibe zerfällt (Fragmentation).
- **Begleiter in Doppelsternsystemen**
Ein Begleitstern kann die Entwicklung der Akkretionsscheibe durch Gezeitenkräfte beeinflussen und dafür sorgen, dass die Scheibe exzentrisch wird.

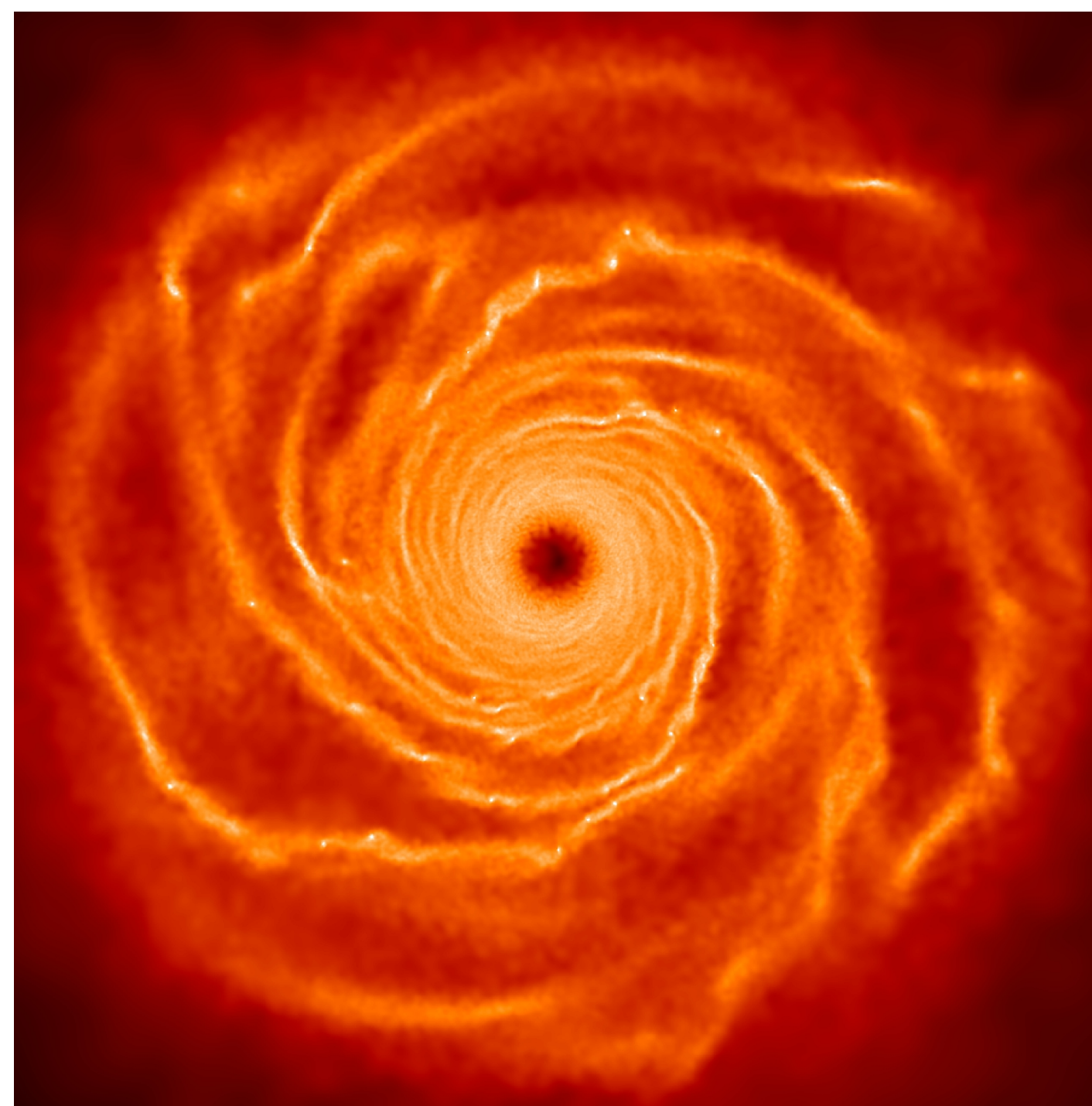


HST-Aufnahme des Orionnebel; sie zeigt fünf junge Sterne, von denen vier von protoplanetaren Scheiben umgeben sind. (Quelle: NASA)

Planetenentstehung

Planetenentstehung im Zusammenhang mit unserem Sonnensystem ist ein uraltes Problem, doch die Entdeckung von extra-solaren Planeten hat das Forschungsthema nun in einen weiteren Kontext gesetzt und mehrere Schlüsselaspekte der bisherigen Theorien zur Planetenentstehung revidiert. In unserer Arbeitsgruppe untersuchen wir verschiedene Aspekte der Planetenentstehung.

- **Eigenschaften des Staubs**
Zu Beginn der Entstehung von Planeten hängt deren Wachstum stark von den Materialeigenschaften einzelnen Staubteilchen ab. Wir führen Simulationen durch, in denen die Eigenschaften von Staubagglomeraten berechnet werden.
- **frühes Staubwachstum**
Um zu wachsen, müssen bei einzelnen Kollisionen Staubansammlungen aneinander haften bleiben und sich nicht zerstören. Mit neuartigen experimentellen Daten und numerischen Methoden führen wir Simulationen durch, um statistisch die Ergebnisse solcher Kollisionen zu berechnen.
- **Migration**
Durch Wechselwirkungen zwischen der Scheibe und dem Planeten kann der Planet seine Bahnparameter wie z.B. den Bahnradius verändern. Wir simulieren Akkretionsscheiben, in denen ein Planet eingebettet ist, um die wichtige Phase der Migration zu untersuchen.
- **Gravitationsinstabilität**
Ein alternatives Entstehungsszenario bei größeren Entfernungen vom Stern, ist die Fragmentation einer instabilen massiven protoplanetaren Scheibe. Wir untersuchen numerisch die Effizienz dieses Prozesses.



Simulation einer selbst-gravitativen fragmentierenden Scheibe.

Astrophysikalische Jets

Astrophysikalische Jets sind allgegenwärtig bei verschiedenen Objekten: bei jungen Sternen, akkretierenden Weißen Zwergen, Neutronensternen und Schwarzen Löchern in Doppelsternsystemen und bei supermassiven Schwarzen Löchern im Zentrum von Aktiven Galaxien. Dennoch gibt es noch viele offene Fragen zu ihrer Entstehung und Entwicklung.

- **Die Ausbreitung der Jets**
Wie läuft der Jet durch das interstellare/intergalaktische Medium? Wir simulieren die Kinematik der Jets und ihre Struktur (z.B. Schocks und Knoten), die Emission von Schocks in Jets und die Morphologie der Jets.
- **Die Bildung der Jets**
Jets werden durch großskalige Magnetfelder um Akkretionsscheiben gebildet, die Materie aus der Scheibe reißen und beschleunigen. Wir lösen die Gleichungen der Magnetohydrodynamik numerisch und untersuchen analytische selbst-ähnliche Lösungen.
- **Das Zusammenspiel von Akkretion und Jetbildung**
Wie hängt die Bildung von Jets vom Zustand der Akkretionsscheibe ab? Warum gibt es Jets in einer Klasse von Objekten, aber nicht in einer anderen? Was sind notwendige Bedingungen für Jetbildung?

Wir untersuchen Jets mit analytischen Modellen, numerischen Simulationen und Beobachtungen mit Weltraumteleskopen.

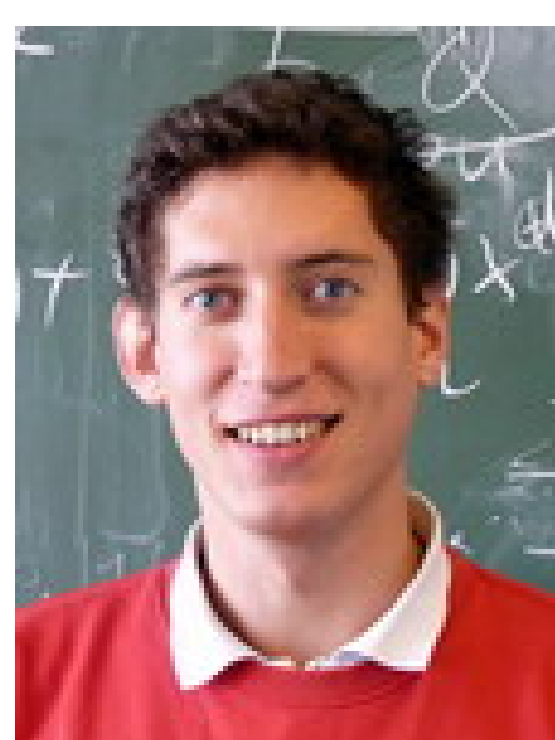


HST-Aufnahme des protostellaren Jets HH 47. (Quelle: NASA)

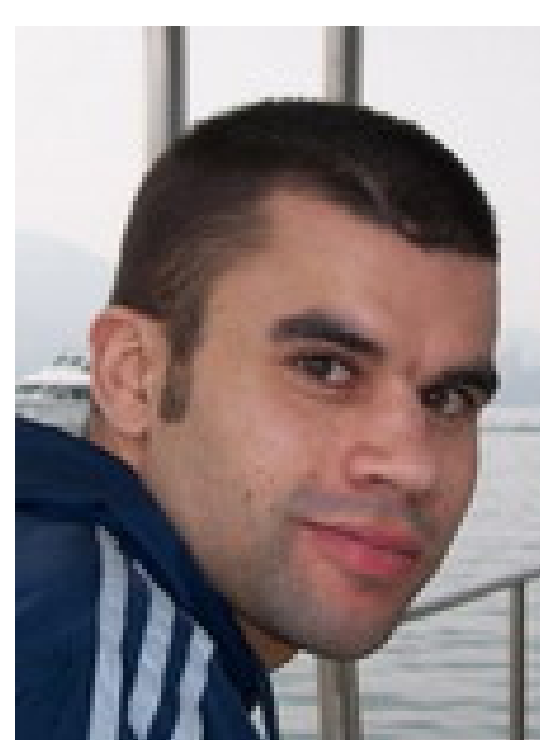
Mitarbeiter



Bertram Bitsch



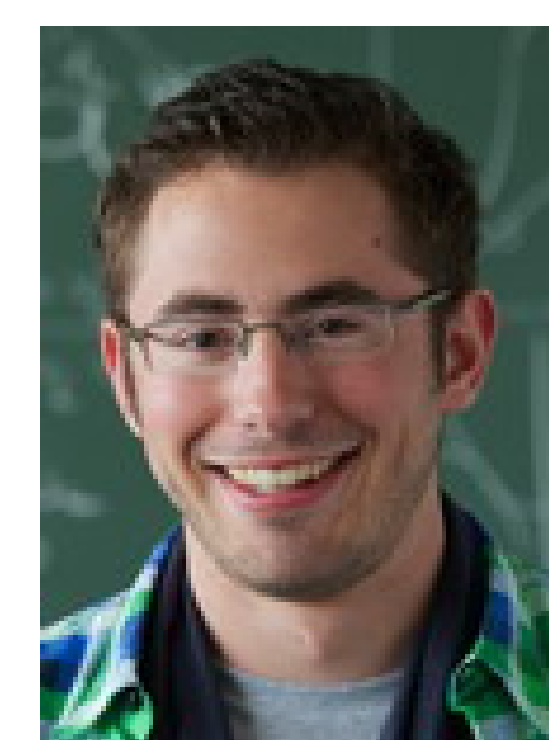
Philipp Buchegger



Markus Flaig



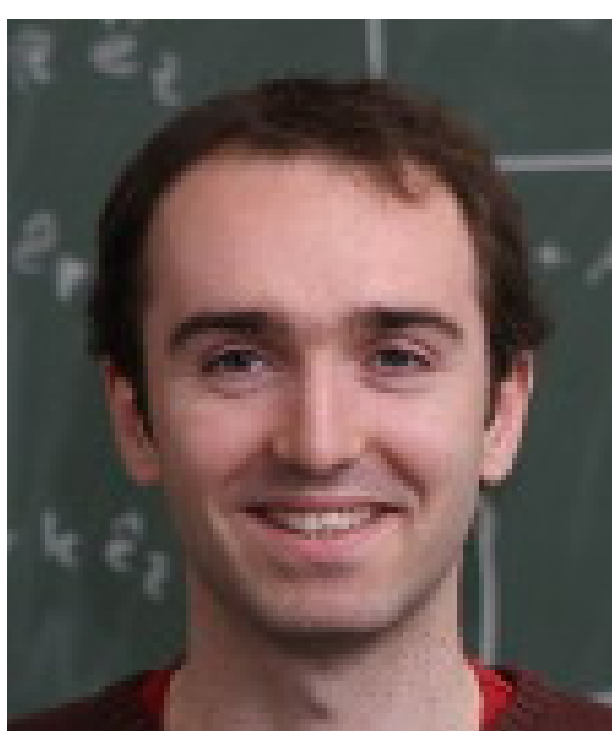
Ralf Geretshauser



Marius Hertfelder



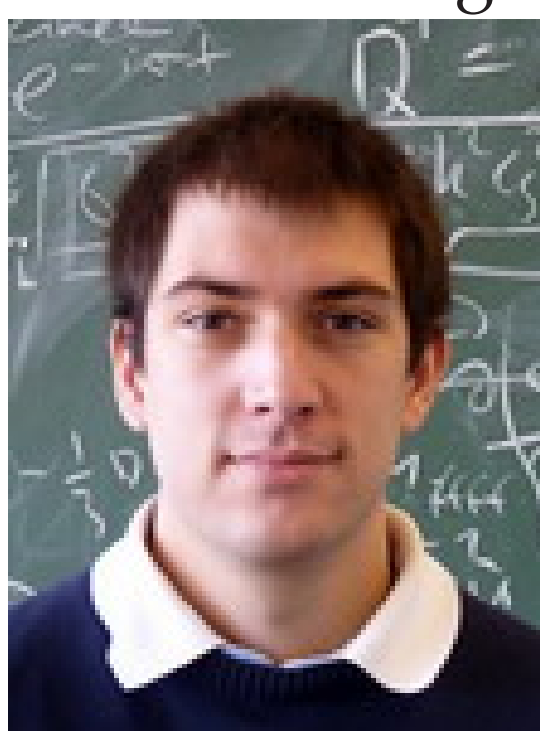
Willy Kley



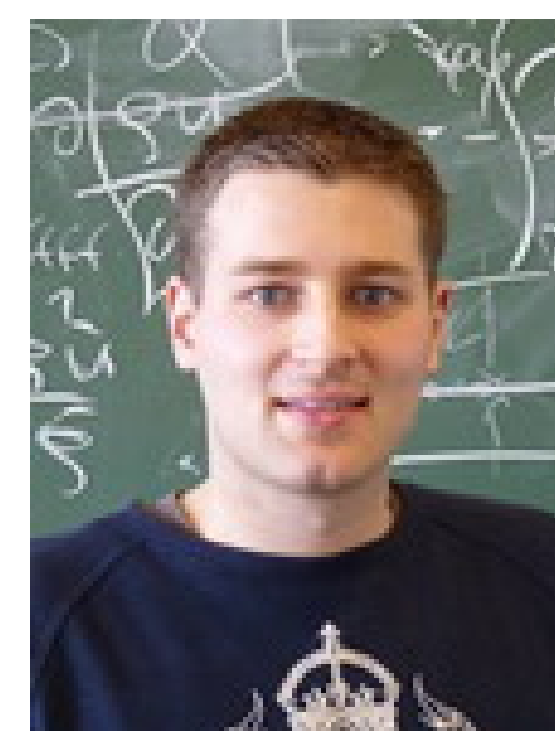
Stefan Kolb



Farzana Meru



Tobias Müller



Alexander Seizinger



Daniela Skoropad



Matthias Stute