



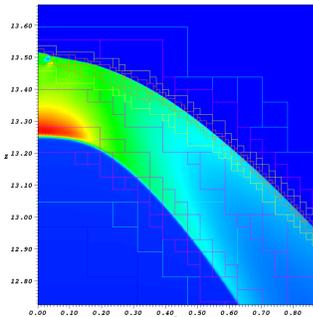
Einführung

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 (siehe Poster unserer Arbeitsgruppe zum Vertiefungsfach Astronomie und Astrophysik).

Wir verwenden verschiedene numerische Verfahren wie z.B. Molekulardynamik-Simulationen, SPH-Simulationen, Gitter-basierte Strahlungs-Magnetohydrodynamik-(RMHD-)Simulationen und untersuchen analytisch die Gleichungen der RMHD.

Gitterbasierte RMHD

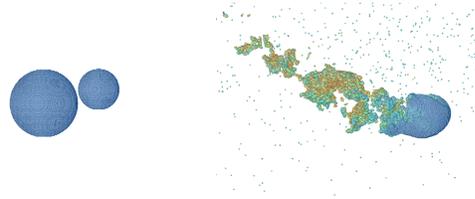
- Gitterbasierte numerische Simulationen betrachten physikalische Prozess auf einem zugrundeliegenden räumlichen Gittern. Kleine Zellen mit spezifischer Länge, Breite und Höhe bilden das Gitter, auf dem die Gleichungen diskretisiert und gelöst werden.
- Die gekoppelten partiellen Differentialgleichungen der Hydrodynamik (HD) beschreibt die Strömungen von Flüssigkeiten und Gasen. In unseren Fall sind wir an der Bewegung von Gas um Sterne interessiert, in sogenannten Akkretionsscheibe und Jets.
- Magnetfelder scheinen eine wichtige Rolle für die Dynamik von Akkretionsscheiben zu spielen, also müssen die Gleichungen der nicht-idealen Magnetohydrodynamik (MHD) gelöst werden.
- Ebenfalls wichtig sind Effekte durch Viskosität des Gases (Navier-Stokes-Gleichungen) und den Strahlungstransport (RMHD) innerhalb des Gases.



Simulation des Bugschocks eines Jets mit verschiedenen adaptiven Gitterebenen (AMR).

Smoothed Particles Hydrodynamics

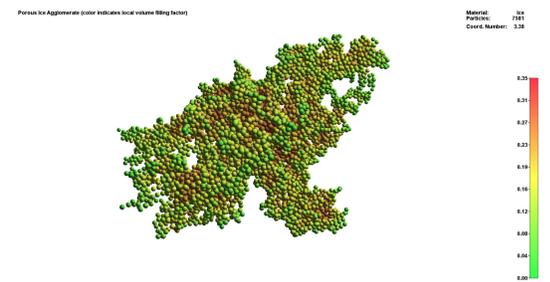
- Smoothed Particles Hydrodynamics (SPH) ist eine gitter-freie Teilchen-Methode zur Lösung der Hydrodynamik-Gleichungen. Es ist eng mit N-Body-Methoden verwandt, berücksichtigt langreichweitige Gravitationskräfte, aber auch Druck und Viskosität. Jedes Teilchen repräsentiert ein Fluidvolumen mit den Eigenschaften der Umgebung wie Masse, Impuls, Energie und Geschwindigkeit.
- Es kann exakte Resultate für Probleme mit Schocks und komplexen Geometrien liefern und verbraucht Rechenzeit vor allem in Bereich mit relativ hohen Dichten.
- Mit Hilfe von Spannungs- und Dehnungsbeziehungen können auch Festkörper simuliert werden, z. B. Kollision von Asteroiden oder anderen steinernen Körpern.
- In unserer Arbeitsgruppe benutzen wir einen dreidimensionalen SPH-Code, um Kollisionen von Staubagglomeraten zu untersuchen. Wir wollen verstehen, unter welchen Bedingungen diese auf Größe von Planetesimalen anwachsen. Ferner untersuchen wir die Fragmentation von Akkretionsscheiben mit Eigen-Gravitation.



SPH-Simulation der Kollision zweier Planetesimalen.

Molekulardynamik

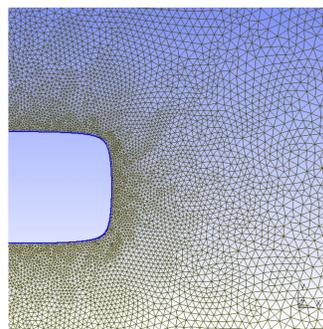
- Wir benutzen einen Molekulardynamik-Ansatz, um das Verhalten von Teilchenagglomeraten zu untersuchen. Das bedeutet, dass die Bewegung für jedes Monomer getrennt berechnet wird.
- In unserem Model benutzen wir kurz-reichweitige Teilchen-Wechselwirkungen. Um die Kräfte und Drehmomente zu berechnen, die auf ein bestimmtes Teilchen wirken, benötigen wir also nur diejenigen Teilchen, die im direkten Kontakt stehen.
- Eine typische Eigenschaft von Molekulardynamik-Codes ist ein hoher Grad an Parallelismus. Alle Teilchenpositionen können z. B. parallel aktualisiert werden, nachdem die Momentan-Geschwindigkeiten und -beschleunigungen berechnet wurden. Diese Eigenschaft kann ausgenutzt werden, indem der Code parallelisiert wird und auf Graphikkarten (GPUs) ausgeführt wird. Hierzu verwenden wir die Programmierschnittstelle CUDA.



Simulation eines porösen Eis-Agglomerats.

Finite Elemente Methoden

- FEM ist eine weitere Methode, um partielle Differentialgleichungen zu lösen.
- Die Geometrie des Problems wird genau berücksichtigt und ein Gitter aus sogenannten Finiten Elementen aufgebaut.
- Auf diesem Gitter werden die Gleichungen diskretisiert in ein lineares Gleichungssystem, das dann gelöst wird, bis ein stationärer Endzustand erreicht wird.
- Um das thermische Kriechen in Lichtmühlen zu untersuchen, lösen wir die Navier-Stokes-Gleichungen und die Wärmeleitungsgleichung mit angepassten Randbedingungen für extrem verdünnte Gase.
- Der große Vorteil des FEM-Algorithmus ist es, dass die Finiten Elemente in Größe und Form variieren können und deswegen auch an unregelmäßige Geometrien angepasst werden können.



Gitter um einen Teil eines Lichtmühlflügels.

Analytische Arbeiten

Wir untersuchen analytisch die Gleichungen der (Strahlungs-)Magnetohydrodynamik unter folgenden Fragestellungen:

- Wie wächst die Magnetorotationsinstabilität in Akkretionsscheiben unter Berücksichtigung von Strahlungstransport?
- Wie sehen radial selbstähnliche Lösungen der Magnetohydrodynamik aus und wie gut beschreiben sie astrophysikalische Jets?
- Wie sieht die Akkretionsströmung auf einen Stern mit fester Oberfläche aus? Wie kann man solche "Boundary Layer" beobachten?

Mitarbeiter



Bertram Bitsch



Philipp Buchegger



Markus Flaig



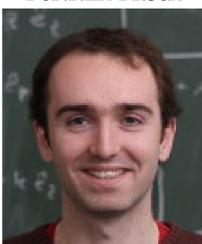
Ralf Geretshauer



Marius Hertfelder



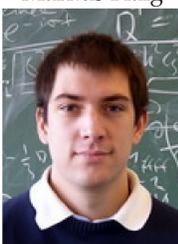
Willy Kley



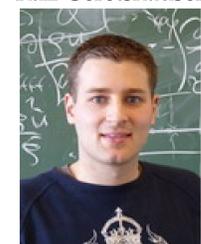
Stefan Kolb



Farzana Meru



Tobias Müller



Alexander Seizinger



Daniela Skoropad



Matthias Stute