UNIVERSITÄT GREIFSWALD
Wissen lockt. Seit 1456

Medieninformation

Wasser-Tornado im Labor: Einfaches Experiment ahmt Planetenbildung nach

Universität Greifswald, 21.07.2025

Forschende der Universität Greifswald und des Max-Planck-Instituts für Astronomie (MPIA) in Heidelberg haben einen Prototyp eines Versuchsaufbaus entwickelt, der mit Hilfe eines Wasser-Tornados Strömungseigenschaften in Akkretionsscheiben nachahmen kann. Mit einem Wasser-Tornado kann die Dynamik von Gas und Staub in planetenbildenden Scheiben im Labor realitätsnah nachgebildet werden. Der Aufbau ist dabei kostengünstig und einfach zu realisieren. Das Experiment des Wasser-Tornados ist Teil des SWADEX-Projekts, das am Institut für Physik der Universität Greifswald durchgeführt wird.

Akkretionsscheiben findet man im Universum in verschiedensten Größen. Eine gemeinsame Eigenschaft ist, dass Gas um ein zentrales Objekt kreist, das mit seiner Schwerkraft die Umgebung beeinflusst. Ein Teil des Gases gelangt allmählich ins Zentrum der Scheibe, wodurch das zentrale Objekt an Masse gewinnt.

Planeten entstehen in Scheiben aus Gas und Staub

Akkretionsscheiben umgeben unter anderem junge Sterne. Das Gas ist hierbei mit mikroskopisch kleinen Partikeln durchsetzt, die Astronom*innen Staub nennen. Diese haften aneinander und können allmählich zu Objekten von bis zu Tausenden Kilometern wachsen, den Vorläufern von Planeten. Diese komplexen Prozesse, die sich im Kleinen wie im Großen abspielen, wobei geordnete Bahnen, aber auch kompakte Strudel auftreten können, sind jedoch schwer zu beobachten.

Deswegen greifen Forschende häufig auf Simulationen zurück, um die Vorgänge über die mathematische Beschreibung von physikalischen Gesetzen im Computer nachzubilden. Allerdings ist es schwierig, mit solchen Berechnungen alle Größenskalen einer solchen planetenbildenden Scheibe über große Zeiträume zu erfassen. Zudem müssen die Simulationen stets mit Messungen von realen Objekten abgeglichen werden, da Rechenartefakte die Ergebnisse verfälschen können.

Analogexperiment ergänzt Simulation

Das neu entwickelte Wasser-Tornado-Modell könnte ein eleganter Weg sein, um einige dieser Schwierigkeiten zu vermindern. Entgegen früheren Versuchen, ein solches Analogexperiment zu entwickeln, hat der neue Ansatz zwei entscheidende Vorteile. Einerseits erlaubt es, Scheiben weiträumig in radialer Richtung nachzubilden. Frühere Ansätze ermöglichten nur die Untersuchung schmaler, ringförmiger Zonen.

"Andererseits entsprechen die Bewegungen und Strömungen weitgehend denjenigen, die man auch in planetenbildenden Scheiben und Planetensystemen findet", erläutert Stefan Knauer von der Universität Greifswald. Einige grundlegende physikalische Gesetzmäßigkeiten von Planetenbahnen hat Johannes Kepler zu Anfang des 17. Jahrhunderts in seinen berühmten Keplerschen Gesetzen ausformuliert und können zudem auf Gase in einer Scheibe angewandt werden. Erste Versuche haben gezeigt, dass diese Gesetze weitgehend auch im Wasser-Tornado-Modell gültig sind.

"Wir erhoffen uns durch den Einsatz dieses neuen Analogexperiments Erkenntnisse insbesondere darüber, wie Prozesse in planetenbildenden Scheiben über große Abstände hinweg ablaufen", sagt MPIA-Forscher Mario Flock. Diese Ergebnisse könnten Computersimulationen um solche Aspekte ergänzen, die den Beobachtungen von realen Scheiben verborgen bleiben und sie somit neue Erkenntnisse liefern. Ein Aspekt, der die Astronom*innen dabei besonders interessiert, ist, wie sich die Staubteilchen und das Gas gegenseitig beeinflussen und so die Bildung von Planeten begünstigen.

Ein Wasserbecken mit Aquariumstechnik

Bei der Konzeption des Versuchsaufbaus musste beachtet werden, dass er das Gravitationspotential eines Sterns im Zentrum einer protoplanetaren Scheibe möglichst gut nachbildet. Die Lösung dieser Aufgabe lieferte ein Experiment, das denkbar einfach aufgebaut ist.

Der Wasserbehälter besteht aus zwei unterschiedlich breiten Zylindern aus Plexiglas, die übereinander angeordnet sind. Am Boden des unteren, 15 Zentimeter schmalen Zylinders befindet sich in der Mitte ein Abfluss. Weiter außen sind zwei Düsen montiert, über die Wasser parallel zum Beckenboden und in entgegengesetzter Richtung hineingepumpt wird. Die Pumpe stammt aus dem Aquariumshandel.

Die Strömung versetzt das Wasser im Becken in Rotation. Dabei bildet sie einen Trichter aus, dessen Oberfläche vom Beckenboden bis zur Wand des oberen, 50 Zentimeter breiten, Behälters reicht. Etwa bei einem Abstand von 3 Zentimetern von der Mitte des Aufbaus beginnt die für die Experimente verfügbare Zone und reicht nahezu bis zum Beckenrand. Die Form des Wasser-Tornados erfüllt dabei die geforderte Eigenschaft, ein Gravitationsfeld nachzuahmen.

Wasser-Tornado strömt wie eine protoplanetare Scheibe

Um das Strömungsverhalten der Wasseroberfläche zu erfassen, hat die Forschungsgruppe kleine Kugeln aus Polypropylen in den Wirbel gegeben. Da dieser Kunststoff etwa die Dichte von Wasser besitzt, blieben diese Teilchen nahe an der Wasseroberfläche und wurden mit dem Strudel mitgerissen. Zur Auswertung dienten Bilder einer Hochgeschwindigkeitskamera, die die Positionen der Kugeln aufzeichnete. Ein Computeralgorithmus ermittelte daraus ihre Bahnen.

Wie erwartet, erfüllten viele Bahnen das erste Keplersche Gesetz nicht. Dieses besagt, dass die Objekte sich entlang von Ellipsen bewegen. Trichterförmige Versuchsanordnungen neigen jedoch dazu, spiralförmigen oder nicht geschlossenen Bahnen zu erzeugen. Dieser Nachteil lässt sich allerdings durch eine geeignete Skalierung der Versuchsanordnung verringern. Eines der nächsten Experimente wird daher deutlich größer ausgelegt werden.

Im Durchschnitt schienen aber die beiden anderen Keplerschen Gesetze die Bewegung der Teilchen gut wiederzugeben. Das zweite Gesetz besagt, dass der Fahrstrahl eines bewegten Objekts entlang seines Orbits in gleichen Zeiträumen dieselbe Fläche überstreicht. In einem Planetensystem bedeutet das, dass die Bahngeschwindigkeit in der Nähe des Sterns am höchsten ist. Die Bahnen im Wasser-Tornado zeigten mit leichten zeitlichen Schwankungen dasselbe Verhalten.

Das dritte Keplersche Gesetz etabliert einen mathematischen Zusammenhang zwischen der Umlaufzeit und dem Durchmesser einer Planetenbahn. Auch in diesem Sinn verhielten sich die Kugeln im Wasser-Tornado sehr ähnlich.

Weiterhin zeigte eine detailliertere Auswertung, dass die hydrodynamischen Kennzahlen im Wasser-Tornado weitgehend denen entsprechen, die typischerweise in protoplanetaren Scheiben ermittelt werden. Daraus schließen die Forschenden, dass sich hinreichend kleine Teilchen, die im Laborexperiment dem Wassertrichter zugesetzt werden, ähnlich wie Staubteilchen in planetenbildenden Scheiben verhalten sollten.

Vom Prototyp zum ausgereiften Experiment

Der erläuterte Versuchsaufbau ist ein Prototyp. Das bedeutet, dass mit diesem ersten Modell die prinzipiellen Eigenschaften und das Potenzial für die astronomische Forschung geklärt werden sollten.

"Die aktuellen Ergebnisse dieses Analogexperiments haben mich beeindruckt", sagt Mario Flock, der am MPIA planetenbildende Scheiben mit Computermodellen erforscht. "Ich bin zuversichtlich, dass wir durch einige Anpassungen in einem nächsten Schritt das Wasser-Tornado-Modell verbessern und einem wissenschaftlichen Einsatz näherkommen können."

Die Wissenschaftler*innen hoffen, dass sie etwa durch eine Optimierung der Gefäßform Turbulenzen verringern können, sodass die Oberfläche und das Strömungsverhalten des Wassertrichters weniger Störungen aufweisen. Das wird ihnen helfen, die gewünschten Eigenschaften dieses Analogexperiment präziser auszuloten.

Hintergrundinformation

Neben dem MPIA-Wissenschaftler Mario Flock sind weiterhin an der Studie beteiligt: Stefan Knauer, Stefan Schütt, Floris Scharmer, Sebastian Haag, Nils Fahrenkamp, Andre Melzer, Daniel Siegel und Peter Manz (alle Universität Greifswald).

Bilder & Video für die Presse: Die Kurz-URL für die Bilder und ein Video finden Sie unter diesem Link: https://ugreif.de/umqbc

Artikel: S. Knauer, S. Schütt, M. Flock, et al., "A tornado-based laboratory model for Keplerian flows", Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters, 542, L67 (2025). DOI: 10.1093/mnrasl/slaf070

Links: Webseite des SWADEX-Projekts der Universität Greifswald

Quelle: Dies ist eine gemeinsame Medieninformation des Max-Planck-Instituts für Astronomie Heidelberg und der Universität Greifswald vom 21.07.2025.

Kontakt

Dr. Markus Nielbock
Referent für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg
Telefon +49 6221 528 134
pr obscureAddMid() mpia obscureAddEnd() de

Dr. Mario Flock
Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg
Telefon +49 6221 528 275
flock obscureAddMid() mpia obscureAddEnd() de

Dr. Stefan Knauer
Institut für Physik, Universität Greifswald
Telefon +49 3834 420 3936
stefan.knauer obscureAddMid() uni-greifswald obscureAddEnd() de