

Medienmitteilung, 17. März 2026

Vom Staub zum Planeten: eine turbulente Geschichte

Wie fügt sich feiner Staub zu Bausteinen zusammen, aus denen schliesslich ganze Planeten wie unsere Erde entstehen? Ein Forschungsteam unter der Leitung der Universität Bern hat bei Parabelflügen in der Schwerelosigkeit den ersten experimentellen Nachweis erbracht, dass ein wichtiger physikalischer Prozess – die sogenannte Scherströmungsinstabilität – unter Bedingungen auftritt, wie sie in Regionen herrschen, in denen Planeten entstehen. Die Studie schliesst damit eine wichtige Lücke in unserem Verständnis der allerersten Schritte der Planetenbildung. Beteiligt sind die ETH Zürich, die Universität Zürich und der Nationale Forschungsschwerpunkt (NCCR) PlanetS.

Planeten entstehen in sogenannten protoplanetaren Scheiben – riesigen Scheiben aus Gas und Staub, die um sehr junge Sterne kreisen. Auf dem Weg von feinsten Staubkörnern bis hin zu voll ausgebildeten Planeten laufen verschiedene physikalische Prozesse ab. Einerseits kollidieren winzige Staubpartikel und verklumpen elektrostatisch, bis sie einige Millimeter gross sind. Andererseits kollidieren, verschmelzen und verklumpen Planetesimale, also felsige oder eisige Körper mit Grössen von einigen hundert Metern bis zu einigen Kilometern. Diese wachsen langsam zu felsigen oder eisigen Planeten heran, wobei die am schnellsten wachsenden schliesslich Gas ansammeln und zu Gasriesen werden. Für Gesteinsbrocken von Zentimetergrösse bis hin zu etwa hundert Metern stossen die meisten Planetenbildungsszenarien auf eine Art «Barriere». Ein weiteres Wachstum wird verhindert, denn in diesem Grössenbereich neigen die Klumpen dazu, bei Kollisionen aneinander abzuprallen, zu zerbrechen oder sogar zu verdampfen, wenn sie zu nahe an ihren Stern herandriften. Diese Barriere gibt der Wissenschaft seit Jahrzehnten Rätsel auf.

Seit der Jahrtausendwende haben theoretische Modelle einen zusätzlichen Mechanismus postuliert, der diese Lücke füllen könnte. Da sich das Gas-Staub-Gemisch in den protoplanetaren Scheiben wie eine Flüssigkeit verhält, können sich darin verschiedene hydrodynamische Instabilitäten entwickeln. Diese führen dazu, dass der Staub zu dichteren Wolken verklumpt, aus denen schliesslich die grössten Klumpen zu Planetesimalen werden. Jede dieser Instabilitäten tritt unter bestimmten Bedingungen und in verschiedenen Regionen der Scheibe auf und kann diese auf unterschiedliche Weise beeinflussen. Eine dieser Instabilitäten, von der vermutet wird, dass sie eine wesentliche Rolle spielt, ist die Scherströmungsinstabilität. Sie entsteht an der Grenzfläche zwischen zwei Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Eigenschaften – in diesem Fall unterschiedlicher Geschwindigkeit und Dichte. Ob solche Scherströmungsinstabilitäten unter den extrem dünnen Gasbedingungen in protoplanetaren Scheiben tatsächlich auftreten, wurde jedoch noch nie experimentell nachgewiesen. Unter der Leitung von Dr. Holly L. Capelo von der Abteilung für Weltraumforschung und Planetologie am Physikalischen Institut der Universität Bern hat ein Forschungsteam nun gezeigt, dass sich Scherströmungsinstabilitäten bilden können – sogar in extrem dünnem Gas. Der Beweis gelang mit Hilfe eines einzigartigen Experiments, das die Mikrogravitationsbedingungen bei Parabelflügen, auch Zero-G-Flüge genannt, ausnutzt. Die Studie wurde soeben in *Communications Physics* veröffentlicht.

Fliegen eines Experiments in der Schwerelosigkeit

Scherströmungsinstabilitäten können je nach Bedingungen die Verklumpung von Staub zu Planetesimalen fördern oder behindern. Um sie zu untersuchen begann das Team 2020 mit der Entwicklung des TEMPus-VoLA-Experiments, in dessen Zentrum ein einzigartiges Instrument steht. Finanziert vom NCCR PlanetS und vom Swiss Space Office wurde es an der Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich und der ETH Zürich entworfen und gebaut. Das Instrument ist mit Hochgeschwindigkeitskameras ausgestattet, die das Verhalten von Staubpartikeln in einem extrem dünnen Gas unter Vakuumbedingungen verfolgen. Es wurde speziell für Parabelflüge entwickelt, die Mikrogravitation bieten. «Auf der Erde beeinflusst die Schwerkraft das Verhalten von Staub und Gas», erklärt Prof. Lucio Mayer von der Universität Zürich. «Nur unter Bedingungen, die die Abwesenheit von Schwerkraft simulieren, können wir ein extrem verdünntes Strömungsregime untersuchen, das den Gas- und Staubscheiben ähnelt, die um junge Sterne kreisen.» Während Parabelflügen folgt ein speziell angepasstes Flugzeug einer Flugbahn, auf der es wiederholt in einem Winkel von etwa 45 Grad aufsteigt und abtaucht. Jede Tauchphase bietet etwa 20 Sekunden lang Schwerelosigkeit, während der Steigflug eine stärkere Schwerkraft als auf der Erde simuliert. Während mehrerer Flugkampagnen des UZH Space Hub und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) hat das Team die Bedingungen des Experiments systematisch verfeinert und variiert, um zu testen, wann die Scherströmung ausgelöst wird. «Wir haben also die Bedingungen nachgestellt, die in den planetenbildenden Regionen protoplanetarer Scheiben herrschen, und konnten zeigen, dass diese theoretisch vorgeschlagene Scherströmungsinstabilität nicht nur ein mathematisches Konstrukt ist, sondern tatsächlich auftreten kann», erklärt Capelo.

Jedoch bieten Parabelflüge nur sehr kurze Phasen der Schwerelosigkeit. «Sobald die Instabilität einsetzt, stellen wir fest, dass sich charakteristische Muster in der Strömung des Materials herausbilden. Die begrenzte Dauer der Schwerelosigkeit verhindert jedoch, dass wir verfolgen können, wie sich diese Strukturen zu voll entwickelter Turbulenz weiterentwickeln», erklärt Capelo. Das Team arbeitet daher an einer fortschrittlicheren Version des Experiments für den Einsatz auf einer Raumstation wie der Internationalen Raumstation (ISS). Dort liesse sich die Entstehung und Entwicklung der Turbulenzen über deutlich längere Zeiträume in Schwerelosigkeit studieren – ein weiteres wichtiges Puzzleteil im Verständnis der Planetenentstehung.

Zu den Ursprüngen des Sonnensystems

Um zu verstehen, wie sich Planetensysteme bilden, bedient sich die Forschung verschiedener Ansätze. Mit modernen Teleskopen lassen sich protoplanetare Scheiben beobachten, die einen Stern umkreisen, und durch den Vergleich von Scheiben unterschiedlichen Alters können ihre Eigenschaften und ihre Entwicklung bestimmt werden. Auf der theoretischen Seite beschreiben Computersimulationen mathematisch und physikalisch die Scheibenentwicklung und Planetenbildung. Keine dieser Simulationen ist jedoch in der Lage, Scheiben mit einer so hohen Auflösung zu untersuchen, dass die kleinsten Strukturen darin sichtbar werden. «In unserem Sonnensystem zeugen Kometen und Asteroiden von der Frühphase unseres Systems und liefern Hinweise auf die Zusammensetzung und Struktur der Planetesimale, aber wir können ihre frühe Entwicklung noch nicht direkt untersuchen», sagt Dr. Antoine Pommerol von der Universität Bern. «Nur Experimente können diese Wissenslücke schliessen und die entscheidenden Details der Staub- und Gasbewegung auf so kleinen räumlichen und zeitlichen Skalen aufdecken, die eben nicht direkt beobachtet werden können.» Das neue Experiment liefert nicht nur eine direkte Bestätigung dafür, dass ein seit langem theoretisiertes Phänomen unter protoplanetaren scheibenähnlichen Bedingungen auftreten kann, es werde auch dazu beitragen, theoretische Modelle zu verbessern und Simulationen zu verfeinern. «Dies wiederum hilft uns, das Gesamtbild der Entstehung

von Planetensystemen besser zu verstehen – und letztlich wird es dazu beitragen zu erklären, wie unser Sonnensystem und die Erde selbst vor Milliarden von Jahren aus einer Wolke aus Staub und Gas entstanden sind», so Capelo.

Die Früchte der nationalen Zusammenarbeit in der Schweiz

«Ein solch bahnbrechendes Experiment durchzuführen, war eine grosse Herausforderung», sagt Capelo. Während der NFS PlanetS die anfängliche Entwicklung des Projekts finanzierte, trug jede teilnehmende Institution mit ihrem einzigartigen Fachwissen zum Projekt bei: von der Fähigkeit der Universität Bern, Instrumente zu bauen, über die Expertise der Universität Zürich bezüglich Theorie der Planetenentstehung bis hin zur Erfahrung der ETH Zürich bei der Beobachtung und Laboranalyse von kleinen Körpern des Sonnensystems.

Die Expertise des UZH Space Hub, der ESA/PRODEX-Programme und von Novespace bei der Vorbereitung und Durchführung von Parabelflügen war ebenfalls ein wichtiger Bestandteil des Projekts. «Insgesamt hat die Fähigkeit der Schweizer Institutionen, ihre Kräfte effizient zu bündeln und bei diesem Projekt eng zusammenzuarbeiten, zu seinem bemerkenswerten Erfolg und zu Durchbrüchen bei der Erforschung der grundlegenden Physik der Planetenbildung geführt. Diese Ergebnisse ebnen den Weg, um solche Mechanismen hoffentlich auch im Kosmos zu beobachten», sagt Capelo abschliessend.

Angaben zur Publikation:

Holly Capelo et al., "Experimental evidence for granular shear-flow instability in the Epstein regime", in: *Communications Physics*

DOI: [10.1038/s42005-026-02531-9](https://doi.org/10.1038/s42005-026-02531-9)

<https://www.nature.com/articles/s42005-026-02531-9>

Kontakte:

Dr. Holly Capelo

Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern und NFS PlanetS

E-Mail: holly.capelo@unibe.ch

Tel: +41 31 684 36 87

Dr. Antoine Pommerol

Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern und NFS PlanetS

E-Mail: antoine.pommerol@unibe.ch

Tel: +41 31 684 39 98

Prof. Lucio Mayer

Institut für Astrophysik, Universität Zürich and NFS PlanetS

E-Mail: lmayer@physik.uzh.ch

Tel: +41 44 635 61 98

Berner Weltraumforschung: Seit der ersten Mondlandung an der Weltspitze

Als am 21. Juli 1969 Buzz Aldrin als zweiter Mann aus der Mondlandefähre stieg, entrollte er als erstes das Berner Sonnenwindsegel und steckte es noch vor der amerikanischen Flagge in den Boden des Mondes. Dieses Solarwind Composition Experiment (SWC), welches von Prof. Dr. Johannes Geiss und seinem Team am Physikalischen Institut der Universität Bern geplant und ausgewertet wurde, war ein erster grosser Höhepunkt in der Geschichte der Berner

Weltraumforschung.

Die Berner Weltraumforschung ist seit damals an der Weltspitze mit dabei: Die Universität Bern nimmt regelmässig an Weltraummissionen der grossen Weltraumorganisationen wie ESA, NASA oder JAXA teil. Mit CHEOPS teilt sich die Universität Bern die Verantwortung mit der ESA für eine ganze Mission. Zudem sind die Berner Forschenden an der Weltspitze mit dabei, wenn es etwa um Modelle und Simulationen zur Entstehung und Entwicklung von Planeten geht.

Die erfolgreiche Arbeit der [Abteilung Weltraumforschung und Planetologie \(WP\)](#) des Physikalischen Instituts der Universität Bern wurde durch die Gründung eines universitären Kompetenzzentrums, dem [Center for Space and Habitability \(CSH\)](#), gestärkt. Der Schweizer Nationalfonds sprach der Universität Bern zudem den [Nationalen Forschungsschwerpunkt \(NFS\) PlanetS](#) zu, den sie gemeinsam mit der Universität Genf leitet.