

Mit Steinen zur Erkenntnis

Aus Meteoriten gewinnen Klaus Mezger in Bern und Maria Schönbächler in Zürich neue Hinweise zur Entstehung und Entwicklung von Planeten. Etwa zur Frage, ob sich die Planeten unseres Sonnensystems tatsächlich alle auf einmal bildeten oder wie das Wasser auf die Erde kam.

Von Kaspar Meuli

Von den Anfängen macht sich die Wissenschaft ein klares Bild. Unser Sonnensystem entstand vor 4,567 Milliarden Jahren aus einer gigantischen Staub- und Gasscheibe, in deren Zentrum sich die junge Sonne bildete. Die Mineralkörner in dieser protoplanetaren Scheibe verklumpten, und mit der Zeit wuchsen aus diesen Klumpen die Planeten heran – so die eingängige Entstehungsgeschichte (siehe vorangehende Doppelseite). Doch was geschah genau bei der Akkretion, dem Anwachsen der Planeten, und wie lange dauerte dieser Vorgang? Verschiedene Forschungsgruppen des NFS PlanetS beschäftigen sich mit solchen Fragen. Als Projektleitende zum Beispiel Maria Schönbächler, Professorin für Isotopengeochemie an der ETH Zürich, und Klaus Mezger, Professor für Geochemie an der Universität Bern.

Die beiden Forschenden verbindet vieles. Beide stützen sich in ihrer Arbeit vor allem auf die Analyse von Meteoriten. Sie führen an diesen Proben hochpräzise Messungen durch, wozu weltweit nur wenige Labors in der Lage sind. Was es dazu braucht: ein Massenspektrometer und ein Reinraumlabor, in dem sogenannte Ionenaustauschprozeduren unter saubersten Bedingungen ausgeführt werden können. So lassen sich einzelne chemische Elemente in Reinform aus dem Elementgemisch in Meteoriten abtrennen. Solche Räume sind sauberer als

Das Geschäft mit Meteoriten ist eine Welt für sich.

Operationssäle und dürfen, um eine Kontamination der Proben mit Staub zu vermeiden, nur mit Schutzkleidung betreten werden. Weil sie die Messergebnisse verfälschen würden, sind Gegenstände aus Metall tabu. Die benutzten Gerätschaften bestehen hauptsächlich aus Teflon.

Eine Art Indizienprozess

Für die Analyse allerdings arbeiten Maria Schönbächler und Klaus Mezger unterschiedlich: Sie setzt auf die Isotopenanalyse, er auf chemische Methoden. «Eine der grossen Fragen, die uns umtreibt, ist: Was braucht es, damit ein bewohnbarer Planet entsteht?», erklärt Klaus Mezger. Und Maria Schönbächler sagt: «Wir schauen uns die Entstehung der Planeten in einer Art Indizienprozess an.» Will heissen: Aus Informationen von Meteoriten wird indirekt darauf geschlossen, welche Ausgangsstoffe und Prozesse zur Entstehung von Planeten nötig sind.

Die Herausforderung bei der Beantwortung dieser komplexen Fragen fängt schon bei der Beschaffung der Forschungsgegenstände an. Meteoriten sind ein rares Gut – insbesondere sogenannte Kohlige Chondriten, mit denen Maria Schönbächler arbeitet. «1969 war für uns Kosmochemiker ein gutes Jahr», berichtet sie lachend über ihr eigenes Geburtsjahr. Nicht nur brachte die Apollo-11-Mission Mondgestein zur Erde zurück, in Mexiko und in Australien fielen 1969 auch seltene Kohlige Chondriten vom Himmel – mehr zu den speziellen Eigenschaften dieser Sternschnuppen später.

Oman lagert seine raren Meteoriten in Bern

Das Geschäft mit Meteoriten ist eine Welt für sich. Wer derart rares Material erwerben will, so erzählt Klaus Mezger, hat es mit besonderen Menschen und ungewöhnlichen Handelswegen zu tun. In privilegierter Position befindet sich da, wer wie die Universität Bern eigenes Meteoritenmaterial zum Tausch anbieten kann. Jahr für Jahr fahren Forschende unter Leitung von Professor Beda Hofmann vom Naturhistorischen Museum Bern in die Wüste von Oman und betätigen sich als Meteoritenjäger. Die Wüste ist für die Wissenschaftler ein ideales Betätigungsfeld, weil sich im hellen Sand Meteoriten von blossem Auge aufspüren lassen – da sie beim Eintritt in



Die Analyse von Meteoriten (links) erlaubt Rückschlüsse auf die Entstehung und Entwicklung von Planetensystemen. Das Bild rechts zeigt das Wachsen eines Planeten durch eine Kollision.

Bilder: wikimedia, Mark A. Garlick/markgarlick.com

die Erdatmosphäre stark erhitzt wurden, sind sie alle schwarz. Neuerdings wird auch mithilfe von Drohnen nach den wertvollen Brocken gesucht.

Maria Schönbächler und Klaus Mezger forschen aber auch mit Leihgaben. Sie stammen aus Sammlungen grosser Naturhistorischer Museen in Paris, London und Wien, aber auch von der NASA. Während Jahren beherbergte die Universität Bern gar das grösste externe Meteoriten-Lager der amerikanischen Raumfahrtbehörde. Ein einzigartiges Arrangement hat man in Bern auch mit dem Oman gefunden. Das Sultanat beschränkt die Ausfuhr von Meteoriten, doch die Fundstücke der Schweizer Expeditionen werden im Berner Naturhistorischen Museum lediglich gelagert, sie verbleiben im Besitz der omanischen Regierung. Ein entsprechender Vertrag sieht vor, dass die Funde zu experimentellen Zwecken genutzt werden können – sogar, wenn die Bruchstücke wie bei den Messungen von Klaus Mezger in Säure aufgelöst und zerstört werden. Sie sind ja auch bloss einige Hundert Milligramm schwer. Untersucht werden in Bern und Zürich übrigens Absprensel von Mars und Mond und einigen Kleinkörpern, sogenannten Planetesimalen zwischen Mars und Jupiter. Von Venus und Merkur hingegen gelangt kein Material auf die Erde. Die Meteoriten-Analyse führt in Bern und Zürich auf der Suche nach den

Prozessen, die zur Entstehung eines Sonnensystems führen, immer wieder zu aufsehenerregenden Resultaten. Klaus Mezger etwa lieferte neue Erkenntnisse zum zeitlichen Ablauf bei der Entstehung der ersten Planetesimalen, den Vorläufern der Planeten. «Wir haben mit unseren Messungen festgestellt, dass es zu unterschiedlichen Mischungsprozessen kam», so der Geochemiker. «Nicht alle Planeten in unserem Sonnensystem sind aus denselben Bausteinen entstanden.» Und sie brauchten unterschiedlich lange für die Akkretion. Die Modellierer unter den Astronomen nehmen an, dass sich das ganze Sonnensystem aufs Mal bildete – ein Irrtum, so Mezger. «Wir gehen davon aus, dass es in der Gas-Staub-Scheibe Turbulenzen gab und die Planetesimale nicht gleichzeitig entstanden. Deshalb haben sich auch Planeten wie Mars oder

Untersucht werden in Bern und Zürich etwa Absprensel von Mars und Mond.

der Asteroid Vesta erst vier bis fünf Millionen Jahre später gebildet.»

Welche Himmelskörper Wasser brachten

Klaus Mezger beschäftigt sich auch mit der Frage, wie Wasser auf die Erde kam und unseren Planeten so erst bewohnbar machte. Seine Hypothese: Vor 4,5 Milliarden Jahren kollidierte die Erde mit Theia, einem Planetenvorläufer. Der Protoplanet, der aus anderen Materialien zusammengesetzt war, wurde bei diesem Zusammenprall zerstört, und die Erde nahm dieses Material bei ihrem Akkretionsprozess auf. «Höchstwahrscheinlich wurde das Wasser durch diesen Vorgang auf die Erde gebracht», erklärt Mezger, «verschiedene Forschungsgruppen kommen mit unterschiedlichen Methoden zu diesem Ergebnis.»

Tatsächlich ist in der Wissenschaftsgemeinde nach wie vor umstritten, wie grosse Mengen von Wasser auf die Erde gelangen konnten. Maria Schönbächler stellte 2010 in einer vielbeachteten Publikation in «Science» folgenden Ablauf zur Diskussion: Als die Erde in den ersten 30 Millionen Jahren nach Entstehung des Sonnensystems rund 70 Prozent ihrer heutigen Grösse erreicht hatte, kam es zu vielen kleinen Kollisionen mit kohligen Chondriten. «Die Erde war zu dieser Zeit ein feuriger Magma-Ball», erklärt Schönbächler. Die stark wasser-

haltigen Kohligen Chondriten – im Gegensatz zu den Gewöhnlichen Chondriten enthalten sie nicht ein, sondern bis zu zehn Prozent Wasser – wurden in der Lava aufgelöst. «Beseht man sich die Beweise, die wir mit unseren Meteoritenanalysen erbracht haben und die Ergebnisse von Modellierungen, wird klar», so Schönbächler, «dass der grösste Teil des Wassers damals auf die Erde gelangte. Später kamen nur noch einzelne Kometen hinzu. Ich habe das mal so postuliert, aber die Entwicklung der letzten Jahre hat diese Annahme bestätigt.»

Grosse Träume

Maria Schönbächler widerspricht damit der lange Zeit vertretenen Theorie, dass das Wasser auf der Erde von Kometen stammt. Ihr Hauptargument: Die Isotopensignatur des auf den Kometen gespeicherten Wassers stimmt nicht. Als Wasserlieferant der Erde kommen nur Himmelskörper mit dem richtigen Anteil des schweren Wasserstoff-Isotops Deuterium D infrage. Doch dieses sogenannte D/H-Verhältnis ist bei den meisten analysierten Kometen zu hoch. Das D/H auf dem Kometen Chury ist gar dreimal so hoch wie auf der Erde. Dies ergab 2016 die Rosetta-Mission, an der die Universität Bern massgeblich beteiligt war. Dank deren Messungen und dem kontrollierten Absturz der Sonde auf der Oberfläche des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko konnten eine Vielzahl von Erkenntnissen zur Entstehung unseres Sonnensystems gewonnen werden.

Maria Schönbächler und Klaus Mezger spüren den grossen Fragen des Lebens nach – und sie haben auch grosse Träume. Auf der Website des NFS PlanetS werden sie nach der grössten Entdeckung gefragt, deren Zeuge sie sein möchten. Der Berner Professor antwortet: «Direkt beobachten, wie sich Chondriten bilden, die Silikatkügelchen, welche in die Chondriten, die grösste Klasse der Meteoriten, eingebunden sind.» Und Maria Schönbächler wünscht sich als bahnbrechende Entdeckung schlicht und einfach: «Eine zweite Erde!»

Kontakte

*Prof. Dr. Klaus Mezger,
Institut für Geologie, Universität Bern,
klaus.mezger@geo.unibe.ch*

*Prof. Dr. Maria Schönbächler, Institut für
Geochemie und Petrologie, ETH Zürich,
maria.schoenbaechler@erdw.ethz.ch*