

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 49 (1991)
Heft: 242

Artikel: Meteoriten : Boten aus dem frühen Sonnensystem
Autor: Eugster, Otto
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898918>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Meteoriten – Boten aus dem frühen Sonnensystem

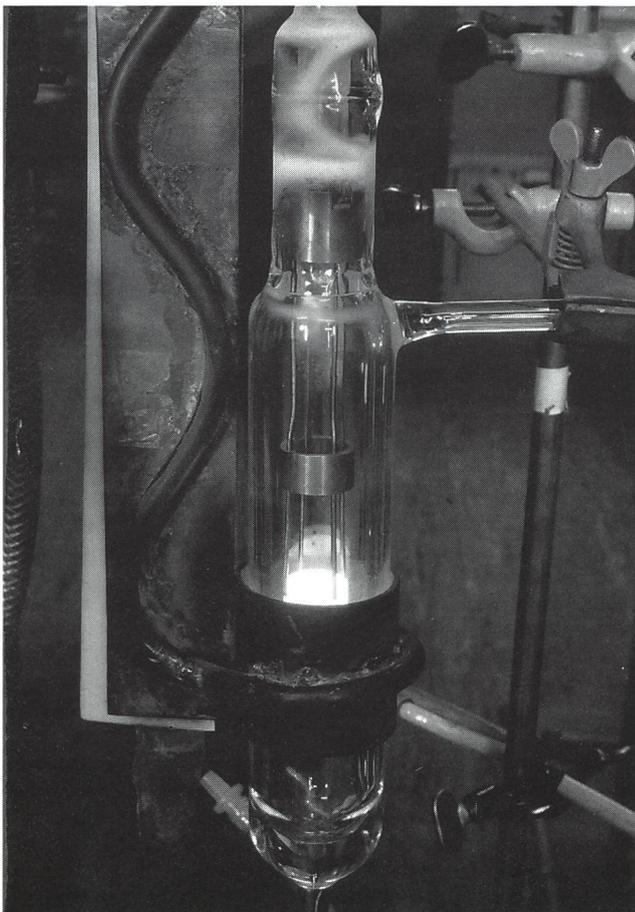
OTTO EUGSTER

In den letzten Jahren wurde ein grosser Fortschritt bei der Erforschung der Entstehung unseres Sonnensystems erzielt. Wesentlich dazu beigetragen hat auch die Meteoritenforschung. Die ORION-Redaktion hat Dr. Otto Eugster vom Physikalischen Institut der Universität Bern fünf Fragen zur Meteoritenforschung gestellt.

1. Seit wann werden am Physikalischen Institut der Universität Bern Meteoritenproben untersucht und welche spezifischen Untersuchungen werden vor allem durchgeführt?

Vor ungefähr 35 Jahren wurden am Physikalischen Institut die ersten Massenspektrometer gebaut, um mit diesen Instru-

Bild 1. Vakuumgefäss, in dem Meteoritenmaterial auf 1700°C erhitzt wird, um die darin enthaltenen Edelgase auszutreiben. Das Vakuumgefäss ist mit einem Massenspektrometer verbunden, mit dem die Edelgase analysiert werden.



menten Altersbestimmungen von Meteoriten durchzuführen. Im Laufe der Jahre haben sich die auf diesem Gebiet in Bern tätigen Forscher vor allem auf die Analyse der Edelgase spezialisiert, die im meteoritischen Material eingeschlossen sind und durch Erhitzen ausgetrieben werden können (Bild 1). Die Messung des Argons, das aus dem radioaktiven Zerfall von Kalium entsteht, erlaubt es, den Zeitpunkt der Erstarrung des Gesteins zu bestimmen. Bei Meteoriten ist dies auch der Zeitpunkt der Entstehung der Asteroiden, von denen die Meteoriten herkommen. Meteoriten enthalten auch Edelgase, deren Ursprung der Sonnenwind ist, welcher von meteoritischem Material eingefangen wurde. Somit tragen die Meteoriten auch Informationen über die Sonne mit sich. Schliesslich können in meteoritischem Material Edelgase gefunden werden, die durch den Beschuss durch die hocheNERgetische kosmische Strahlung entstanden sind. Diese Untersuchungen ermöglichen die Bestimmung der Dauer, während der der Meteorit als kleiner Himmelskörper – herausgebrochen aus «seinem Asteroid» – sich im Weltraum aufhielt, bis er auf die Erde fiel. Man erfährt also etwas über die Lebensgeschichte des Meteoriten.

Später kamen weitere Untersuchungen dazu, wie z.B. die Bestimmung der chemischen Elementhäufigkeiten, Isotopenanalysen fester Elemente und neuerdings die Messung von radioaktiven Isotopen. Diese äusserst schwache Radioaktivität (z.B. Beryllium 10, Aluminium 26, Chlor 36 und Krypton 81) wurde ebenfalls durch die kosmische Strahlung im Meteorit erzeugt und gibt Aufschluss über deren Intensität.

2. In den letzten zwanzig Jahren wurden alleine in der Antarktis mehr Meteoriten gefunden, als bis anhin auf der Erde bekannt waren. Was ist der Grund dafür, dass in der Antarktis so viele Meteoriten gefunden werden?

Die Antarktis ist zum grössten Teil von Eis bedeckt. Fällt ein Meteorit auf das Eis, wird er eingeschneit und mit der Zeit vom Gletschereis umschlossen.

Die Gletscher fliessen gegen die Meeresküste. An Orten, wo sich ein Gletscher vor Bergzügen staut, wird das Eis durch Winderosion abgetragen, und die mitgetragenen Meteoriten tauchen an der Oberfläche auf. Viele Meteoriten waren Hunderttausende von Jahren unterwegs. Der Gletscher ist also ein Reservoir von Meteoriten, die während der letzten Million Jahre gefallen sind. Im Laufe der Zeit hat sich so eine grosse Zahl von Meteoriten angesammelt. Diese erscheinen nun an bestimmten Stellen konzentriert an der Oberfläche und können aufgesammelt werden (Bild 2). Solche Meteoriten sind sehr gut konserviert, da sie dauernd im Eis eingeschlossen waren, wo sie nicht verrosteten, weil sie nicht mit Wasser und Luft in Kontakt kamen. Im Gegensatz dazu verrosteten und zerfielen Meteoriten, die in nicht von Eis bedeckte Gebiete fielen, innerhalb von einigen hundert Jahren und sind deshalb dort weniger häufig zu finden.



Bild 2. Forscher einer amerikanischen Antarktisexpedition haben einen aus dem Eis aufgetauchten Meteorit gefunden.

Elf der «Antarktischen Meteoriten» sind Steine vom Mond. Kann man heute Aussagen darüber machen, aus welcher Region des Mondes diese Mondmeteoriten stammen und unter welchen Voraussetzungen diese zur Erde gelangt sind?

Bei den Apollomissionen auf den Mond wurden von vier Meeresgebieten und von drei Hochlandgebieten Gesteine zurückgebracht. Die mineralogische und chemische Zusammensetzung dieser Stellen auf dem Mond, die allerdings alle auf der Vorderseite des Mondes liegen, sind umfassend untersucht worden. Bis jetzt sind sieben Meteoriten gefunden worden, deren mineralogische und chemische Zusammensetzung genau mit derjenigen von Mondhochlandgesteinen übereinstimmt und sich von allen anderen Meteoritenklassen eindeutig unterscheidet. Seit einem Jahr sind nun auch vier Meteoriten entdeckt worden, die von Mondmeeresgebieten kommen müssen. Die Indizien für den Ursprungsort Mond sind derart eindeutig und zahlreich, dass unter den Forschern kein Zweifel über die Herkunft besteht. Bei Gammastrahlenanalysen der gesamten Mondoberfläche, die anlässlich der Mondumkreisungen durchgeführt wurden, stellte man fest, dass die Mondrückseite an gewissen Elementen, wie z.B. Kalium, ärmer ist, als die von den Astronauten besuchten Gebiete. Da einige Mondmeteoriten auch diesen Mangel an Kalium aufweisen, ist es möglich, dass sie von der Rückseite des Mondes herkommen.

Nun zu den Voraussetzungen, wie Mondsteine auf die Erde gelangen können: Die meisten Krater auf dem Mond wurden beim Aufprall von Asteroiden und Kometen gebildet. Beim Aufprall eines Himmelskörpers von mehr als 100 m Durchmesser entsteht ein mehr als 3000 m grosser Krater, und Mondoberflächenmaterial kann mit einer Geschwindigkeit in die Höhe geschleudert werden, die genügt, dass ein Stein das Schwerefeld des Mondes verlässt (Entweichgeschwindigkeit 2.4 km/s) und in eine Erdumlaufbahn gelangt. Berechnungen haben ergeben, dass solche Steine zu 99 Prozent innerhalb einer Million Jahre von der Erde eingefangen werden (Bild 3). Sehr wenig Mondmeteoriten sind länger unterwegs. Von den bis jetzt untersuchten Mondmeteoriten wies einer eine Reisezeit von etwa 10 Millionen Jahren auf und alle übrigen wenige hunderttausend Jahre.

Aus der Analyse radioaktiver Isotope kann die Zeit bestimmt werden, wann die Meteoriten auf die Erde fielen.

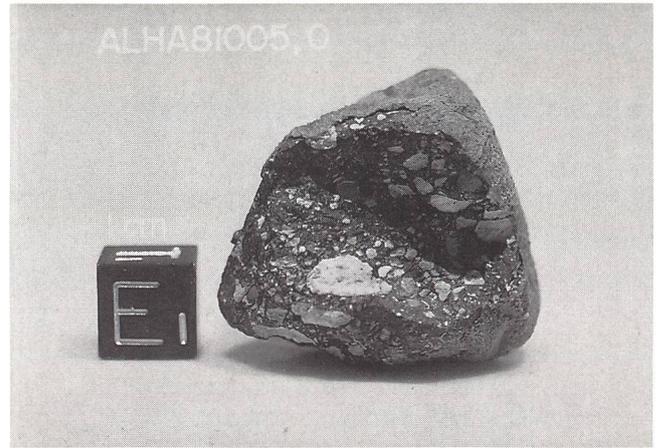


Bild 3. Der erste als Mondmeteorit erkannte Meteorit. Dieser Stein wiegt 30 g. Er wurde von einer amerikanischen Expedition im Allan Hills-Gebiet entdeckt.

Ein Stück von 0.3 g wurde in Bern untersucht. Das Material ist 4300 Millionen Jahre alt und weist somit das Alter der Hochlandgebiete auf dem Mond auf. Der Stein fiel vor 200'000 Jahren auf das antarktische Eis nach einer Reise vom Mond zur Erde von weniger als hunderttausend Jahren.

Diese «irdischen Alter» liegen bei den Mondmeteoriten zwischen 80'000 und 400'000 Jahren. Die Summe des irdischen Alters und der Reisezeit vom Mond zur Erde ergibt den Zeitpunkt des Auswurfes aus dem Mond. Die Bestimmung der Auswurfzeit erlaubt die Klärung der Frage, ob verschiedene Mondmeteoriten vom gleichen Auswurfereignis herkommen können. Es kann mit Sicherheit gesagt werden, dass mindestens drei verschiedene Asteroiden- oder Kometeneinschläge auf dem Mond für die bis jetzt gefundenen Mondmeteoriten verantwortlich sind.

4. Muss man aufgrund der Tatsache, dass einige Meteoriten vom Mond stammen, annehmen, dass auch Meteoriten von Planeten stammen könnten, oder konnten solche sogar schon mit Sicherheit gefunden werden?

Merkur, Venus und Mars kommen als Ursprungskörper von Meteoriten in Frage.

Der Merkur ist so nahe bei der Sonne, dass vermutlich alle «Merkurmeteoriten» von der Sonne eingefangen werden. Die Entweichgeschwindigkeit für «Venusmeteoriten» ist viel höher als diejenige für Mondmeteoriten, und die Venusatmosphäre ist so dicht, dass ein Entweichen zusätzlich behindert würde.

Die Entweichgeschwindigkeit für Marsmaterial beträgt 5 km/s. Die Bremswirkung der Marsatmosphäre mit einem Marsoberflächendruck von 6.5 mbar ist klein. Im Jahr 1976 landeten die beiden amerikanischen Sonden «Viking 1» und «Viking 2» auf dem Mars und übermittelten die Resultate von automatischen Analysen des Marsbodens (Bild 4). Die chemische Zusammensetzung von Marsgestein der untersuchten Stelle ist also recht gut bekannt. Neun Meteoriten (zu den Meteoritenklassen der Shergottite, Nakhilite und Chassignite gehörend) weisen sehr ähnliche chemische Eigenschaften wie der Marsboden auf und enthalten Edeltgase mit übereinstimmenden Isotopenverhältnissen. Bevor aber Marsgestein im Labor untersucht werden kann, ist nicht eindeutig feststellbar, ob diese Meteoriten tatsächlich vom Mars herkommen.

5. Welche Bedeutung hat die Meteoritenforschung, um die Entstehung und die Entwicklung des Sonnensystems zu rekonstruieren?

Viele Meteoriten sind Bruchstücke von Himmelskörpern, die seit der Entstehung des Sonnensystems nicht mehr verändert wurden. Diese Asteroiden und Kometenkerne stellen also Urmaterie dar, wie sie unmittelbar nach der Bildung des Sonnensystems vorhanden war. Somit sind die Element- und Isotopenhäufigkeiten unverfälscht messbar, was wichtig ist, um die Prozesse bei der Entstehung der Sonne und der Planeten verstehen zu können. Diese Meteoriten enthalten die Produkte des radioaktiven Zerfalls instabiler Kerne und ermöglichen deshalb den Zeitpunkt der Materiebildung zu bestimmen. So konnte dank der Altersbestimmungen von Meteoriten das Alter des Sonnensystems, der Sonne und der Planeten genau berechnet und sogar die Dauer des Bildungsprozesses gemessen werden. Die Kernsynthese, die zur Bildung der Sonne führte, dauerte etwa 100 Millionen Jahre und war vor 4600 Millionen Jahren abgeschlossen. Dies ist auch der Zeitpunkt, zu dem Planeten, Asteroiden und Kometen als selbständige Körper entstanden.

Die kohligen Chondrite (eine kohlenstoffreiche Meteoritenklasse) gehören zum Material, das sehr früh bei der Bildung des Sonnensystems auskondensierte. Sie enthalten Staubkörner, z.B. aus Siliziumkarbid bestehend, von ungefähr einem tausendstel Millimeter Grösse, die sich vom übrigen Material markant unterscheiden. In den letzten Jahren wurde mit den modernsten Massenspektrometern herausgefunden, dass diese kleinsten Einschlüsse interstellarer Ursprungs sind und vermutlich Materie enthalten, die bei der Explosion einer Supernova zur Zeit der Bildung des Sonnensystems eingebaut wurde.

Der Schluss liegt nun nahe, dass die zu dieser Supernova gehörende Schockwelle die Bildung unseres Sonnensystems

ausgelöst hat. Die Bedeutung der Meteoritenforschung liegt somit darin, dass interplanetares und sogar interstellares Material mit immer grösserer Präzision in unseren Labors untersucht werden kann und so zum Verständnis der Bildung und Geschichte des Sonnensystems beiträgt.

Adresse des Autors: PD Dr. OTTO EUGSTER, Physikalisches Institut der Universität Bern, Sidlerstrasse 5, 3012 Bern. Die Fragen wurden gestellt von Werner Lüthi, ORION-Redaktion Meteore – Meteoriten.

Bild 4. Meteorit EETA-79001 (Gewicht 7942 g) bei einer US-Expedition im Elephant-Moraine-Gebiet der Antarktis gefunden. Dieser pyroxenreiche Stein stammt möglicherweise vom Planeten Mars. Der Durchmesser beträgt ungefähr 20 cm.



Aktive Protuberanzen

GERHART KLAUS

Abb. 1. Bogenprotuberanz vom 13.10.1989, 1440 WZ. Technische Daten wie Abb. 2.



Bogen- oder Loop-Protuberanzen sind spezielle, besonders eindruckliche und schöne Manifestationen der Sonnenaktivität. Sie treten ausschliesslich nach und über grossen Flare-Ausbrüchen auf und können diese stunden- bis tagelang überdauern. Das leuchtende Gas wird dabei nicht aus dem Flare ausgeworfen, sondern stammt aus der heissen Korona, deren sehr schnell bewegte, elektrisch geladene Teilchen in die obersten Partien des über dem aktiven Gebiet stehenden bogenförmigen Magnetfeldes eindringen, hier abgebremst und dadurch zum Leuchten angeregt werden. In Form von dünnen, langgestreckten Wolkenpaketen strömt es dann den einzelnen Feldlinien entlang nach unten zur Sonnenoberfläche ab und macht so Form, Grösse und Struktur der durch den Flare erzeugten Magnetfeldblase sichtbar.

Wenn nun der Flare nicht am Sonnenrand, sondern auf der Scheibe auftritt, erscheint der nachfolgende Loop nicht in Emission, sondern in Absorption und ist nur noch mit engbandigen H α -Filtern zu sehen. Durch den Dopplereffekt der Abströmbewegung verschiebt sich dabei seine Wellenlänge aus der H α -Linie der darunterliegenden Chromosphäre heraus, so dass man also das Filter entsprechend nachregulieren muss. Besonders einfach ist das beim neuen T-Scanner von Daystar möglich, das man nicht mehr heizen muss, sondern allein durch Neigen einjustieren kann: Es zeigt nämlich die