

JON LARSEN

STERNENJÄGER

Meine Suche nach dem Stoff,
aus dem das Universum
gemacht ist

BEN
VIVO
NTO

Stocken geraten.

Wenn die Erde nicht mehr ausreicht, richtet sich der Blick in den Weltraum, und in den letzten zehn Jahren erfolgte die Erforschung kosmischer Staubpartikel zum größten Teil durch drei Raumsonden: *Stardust* (NASA 2006), *Hayabusa* (JAXA 2010) und *Rosetta* (ESA) 2014). Dies sind fantastische Forschungsprojekte, die enorme Mengen an Informationen über die frühen Stadien des Sonnensystems liefern und an denen noch weitere Generationen arbeiten werden. Das *Stardust*-Projekt der NASA zum Beispiel arbeitet in einem Team unter Leitung von Michael Zolensky seit nunmehr einem Vierteljahrhundert. Allerdings ist der Preis astronomisch. Und deshalb haben die unterschiedlichsten Gruppen Interesse daran, mit einfachen Mitteln und kleinem Geld Zugang zu Sternenstaub zu bekommen. Wenn es denn möglich wäre.

Eine der vielen Fragen im Zusammenhang mit den kosmischen Staubpartikeln lautet, woher sie kommen. Und hier gibt es vermutlich ebenso viele Ansichten wie Fachleute, doch die kurze Antwort heißt: Niemand weiß es mit Sicherheit. Der Ursprung ist vermutlich eine Mischform, und daran wird bei einer Reihe von Institutionen weltweit intensiv geforscht, ohne dass es bisher eine eindeutige Antwort gibt. Inzwischen weiß man allerdings ein wenig. Einige Wissenschaftler sind der Ansicht, dass Mikrometeoriten Fragmente größerer Steine im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter sind.

Von dort kommen die Meteoriten, die größeren Steine, aus dem Weltall. Als ich anfing, Steine zu sammeln, waren in Norwegen neun Meteoriten gefunden worden: Der älteste 1848 in Ski, gefolgt von Tysnes (1884), Morradal (1892), Mjelleim (1898), Finmarken (1902), Trysil (1927), Oterøy (1928), Pollen (1948) und Tromøy (1950). Weltweit waren ungefähr 1500 Meteoriten bekannt. Seit damals wurden weitere sieben in Norwegen gefunden und über 60 000 auf der ganzen Erde. Fast alle norwegischen Meteoriten sind im Naturhistorischen Museum in Oslo ausgestellt, die ganze norwegische Sammlung fände in ein paar Einkaufsstüben Platz. Es sind mit anderen Worten ungewöhnlich seltene Steine.

Jeder einzelne neue Meteorit wird weltweit mit großer Aufmerksamkeit von besonders interessierten Wissenschaftlern und Laien begrüßt. Hin und wieder werden die Meteoriten in dünne Scheiben geschnitten, um die einzigartigen inneren Strukturen sehen zu können, die anders sind als bei irdischem Gestein. Die Meteoriten unterlagen nicht geologischen Prozessen wie die Steine auf der Erde und können daher Erkenntnisse über die Verhältnisse im Sonnensystem vor mehreren Milliarden Jahren liefern. Wer einen neuen Meteoriten findet, kann mit einem ordentlichen Finderlohn rechnen, und der Stein wird für alle Zeit mit dem Namen des Finders verbunden sein.

Bei den Steinen aus dem All unterschied sich das Verständnis der Menschen früherer Jahrhunderte deutlich von unserem heutigen. Meteoriten wurden häufig als eine Strafe Gottes angesehen, eher selten als ein Geschenk des Himmels. Um 20:30 Uhr am 20. Mai 1884 konnten einige Menschen in Westnorwegen eine große Feuerkugel mit einem Schweif aus Rauch beobachten, der ein kräftiger Donnerschlag folgte. Das Phänomen führte zu Notizen in den Bergener Zeitungen, und am folgenden Tag wurde ein großer

Stein von etwa zwanzig Kilo auf dem Hofplatz des Gutes Midt-Vaage entdeckt, im östlichen Teil der Insel Tysnesøy. Der Stein war vom Himmel gefallen, und der Bezirksarzt suchte die Finder auf, um den Stein für das Mineralienkabinett der Universität von Kristiania zu sichern. Die Familie auf Midt-Vaage erhielt einen Finderlohn. Doch als der Arzt zurück aufs Festland wollte, bekam die Hausherrin ein schlechtes Gewissen, weil sie »Geld für etwas genommen hatte, das vom Himmel gekommen ist« – sie lief dem Arzt hinterher und gab ihm das Geld zurück.

Zusätzlich zu den Meteoriten wurden durch das Apollo-Programm ungefähr 380 Kilo Gestein vom Mond zur Erde gebracht und weitere 300 Gramm durch das russische Luna-Programm. Es scheint sich um eine große Menge zu handeln, und das Apollo-Gestein, das in einem eigens dafür gebauten Hangar im Johnson Space Center in Houston aufbewahrt wird, ist tatsächlich ein imponierender Anblick. Doch vom Gewicht her machen die Mondsteine lediglich ein Drittel der Gesamtmenge aus, die jeden einzelnen Tag in Form von kosmischem Staub auf die Erde fällt.

In den 1970er-Jahren wurden die ersten Fotos und Analysen der Geologie von Mars und Venus veröffentlicht, und der letzte Rest Hoffnung, zivilisierten Marsbewohnern zu begegnen, verschwand. Obwohl die Wissenschaftler es längst besser wussten, erinnere ich mich noch immer an die Spannung und das Gefühl, nicht sicher zu sein, ob es auf dem Mars vielleicht doch Kanäle, Städte und Menschen gab, die beinahe so aussähen wie wir. Nur mit einem etwas anderen Musikgeschmack und vielleicht einer anderen Ernährungsweise. Zweifellos aber weitaus intelligenter. Mit zunehmenden Kenntnissen über unsere planetarische Nachbarschaft wuchs auch die Einsicht, dass Meteoriten anders sind als irdisches Gestein, und nach und nach ergab sich ein vollkommen neues Forschungsfeld, *Meteoritics*, wie es auf Englisch genannt wird.

Der Amerikaner Harvey H. Nininger (1887–1986) leistete umfassende und enthusiastische Pionierarbeit, er erkannte das Einzigartige an Weltraumgestein und wusste um die Notwendigkeit, diese Kenntnisse einem breiten Publikum zu vermitteln. Zwei Mal baute er ein eigenes Meteoritenmuseum in den USA auf, außerdem war er ein ungewöhnlich aktiver Vortragsredner und ein ausgezeichnete Autor. Einige seiner Bücher sind nach wie vor Referenzwerke des Fachs. Harvey Nininger interessierte sich auch für Mikrometeoriten und sammelte Sphärulen, indem er große Schüsseln in die Wüste von Arizona stellte. Als er jedoch bemerkte, dass er umso mehr Sphärulen fand, je näher er dichten Besiedlungen kam, konnte er daraus nur einen Schluss ziehen – sie waren von Menschen verursacht. Daraufhin gab er auf, wie alle anderen vor ihm auch.

Im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter kreisen Millionen von kleinen und großen Steinblöcken. Die gesamte Masse entspricht ungefähr 4 Prozent des Mondes, ist also nicht sonderlich groß. Die vier größten Asteroiden machen die Hälfte der Gesamtmenge aus. Man nimmt an, dass dieses Steinmaterial mehrfach versucht hat, ein sogenanntes Planetesimal zu bilden – ein Körper, der nie groß genug wurde, um zu einem eigenen Planeten zu werden. Die enorme Gravitation Jupiters hat das Gestein jedes Mal auseinandergerissen. Einzelne Asteroiden sind abgerundet wie Miniaturplaneten, der größte

ist Ceres mit einem Durchmesser von 950 Kilometern, gefolgt von Vesta mit einem Durchmesser von 500 Kilometern. Es hat allerdings viele Jahre gedauert, bevor man sicher war, dass Gestein vom Mond, dem Mars und Vesta als Meteoriten auf der Erde enden konnte. Noch bis vor Kurzem hielt man dies für reine Science-Fiction.

Wenn es um die Entstehung von Mikrometeoriten geht, gibt es nach wie vor mehr Fragen als Antworten. Die traditionelle Erklärung lautet, dass es sich um mechanische Verschleißprodukte aus dem Asteroidengürtel handelt. Allerdings beträgt der durchschnittliche Abstand zwischen den Objekten im Asteroidengürtel über zehn Meter bei einer Gesamtlänge von schwindelerregenden 6200 Kilometern. Kann es sich tatsächlich um Abrieb der Asteroiden handeln, der all den kosmischen Staub produziert? Außerdem haben lediglich 3 Prozent der Meteoriten aus dem Asteroidengürtel dieselbe chemische Zusammensetzung wie die Mikrometeoriten. Man geht davon aus, dass die Gesamtmenge des kosmischen Staubs, der auf die Erde fällt, hundert Mal größer ist als die Gesamtmenge der Meteoriten, die herunterfallen.

Eine andere Theorie hält die Mikrometeoriten für Abrieb von größeren Meteoriten, der entsteht, wenn sie in die Erdatmosphäre eindringen. Aber diese sogenannten Ablations-Sphärülen sind keine echten Mikrometeoriten und auch sehr viel seltener. Wir kommen darauf zurück, können aber bereits hier festhalten, dass sie nur an bestimmten Stellen gefunden werden und die gleiche chemische Zusammensetzung haben wie die Meteoriten, von denen sie stammen. Mikrometeoriten hingegen sind weltweit zu finden, gleichmäßig über den gesamten Planeten verteilt. Die kleinen kosmischen Staubpartikel sind also auch im Weltall klein.

Die großen Kometen werden oft als »schmutzige Schneebälle« beschrieben, da sie sowohl Wassereis als auch Gestein enthalten. Wenn sie durch das innere Sonnensystem fliegen, hinterlassen sie breite Gürtel aus Staub. Zu festen Zeiten des Jahres, wenn die Erde ihre Bahnen kreuzt, entstehen so die regelmäßig wiederkehrenden Meteorschwärme, ein himmlisches Feuerwerk, das wir von der Erde aus beobachten können. Es besteht aus einer großen Zahl Meteore oder Sternschnuppen. Das sind kleine Steine von Kometen, die beim Eintritt in die Erdatmosphäre verbrennen und nur Rauchpartikel hinterlassen. Allerdings fliegen immer auch einzelne kleinere Partikel unbeschädigt durch die Atmosphäre und enden als Mikrometeoriten auf der Erde. Mittelfristig wird es vielleicht möglich sein, diese Partikel von den verschiedenen Kometen zu identifizieren, entweder indem man eine chemische oder isotopische »Signatur« findet, oder indem der Niederschlag mit sehr großer Präzision registriert wird.

In Verbindung mit den regelmäßig wiederkehrenden Meteorschwärmen hat das *Stardust*-Projekt der NASA unter der Leitung von Michael Zolensky Spezialflugzeuge losgeschickt, um stratosphärischen Schwebstaub zu sammeln. Die Partikel sollten den bekannten Kometen zugeordnet werden, aber das »Hintergrundrauschen« durch irdische Staubpartikel, also die Vermischung von irdischen und extraterrestrischen Partikeln, hatte sich vorläufig als eine unüberwindbare Hürde erwiesen. Allerdings ist es Zolenskys Team

gelingen, Partikel des Kometen *Wild 2* zu beschaffen, eine beinahe unbegreifliche Leistung. Diese Partikel könnten der Anfang eines zukünftigen Katalogs über meteoritisches Material von bekannten Kometen werden.

Einige Wissenschaftler sind der Ansicht, dass die Mikrometeoriten von kometenähnlichen Objekten außerhalb der Bahn des Planeten Neptun stammen. Dort befindet sich der wenig erforschte Kuipergürtel mit dem Planeten Pluto. Viele der bekannten kurzperiodischen Kometen kommen von dort. Im äußersten Bereich des Sonnensystems liegt außerdem die gigantische Oortsche Wolke, ein kugelförmiges Gebiet, das sich nahezu ein Lichtjahr von der Sonne erstreckt und primitive Reste des Sonnensystems in seinen allerfrühesten Stadien enthält. Bei dem Gedanken, Proben aus diesem extrem lange gereisten Material untersuchen zu können, läuft weltweit bei Menschen, die sich für Meteoriten interessieren, das Wasser im Munde zusammen. Die Idee, dass dieses Material vielleicht bereits frei zugänglich auf jedem Hausdach liegt, führt zu einer vollkommen neuen Perspektive, was eine zukünftige Gesteinssammlung enthalten könnte.

Außerdem wurden einige wenige Mikrometeoriten gefunden, die vermutlich vom Mond, dem Mars oder der Vesta stammen. Also von sogenannten »differenzierten« Himmelskörpern mit entwickelter Geologie, die groß genug sind, um Vulkanismus ausgebildet zu haben. Hier sind die schwereren Metalle mit der Zeit versunken und haben einen Kern gebildet. Mikrometeoriten dieser Himmelskörper sind also vulkanisch oder magmatisch und wurden bei großen Meteoriteneinschlägen auf der Oberfläche ins All geschleudert.

Es ist eine Tatsache, dass ein gewisser Prozentsatz der Mikrometeoriten interstellares Material ist, also »echter« Sternenstaub. Eine Berechnung geht davon aus, dass es sich um circa 0,1 Prozent handelt, und obwohl sich das nicht nach einer großen Menge anhört, fallen doch etwa hundert Kilo der am weitesten gereisten Partikel des Universums jeden Tag auf die Erde. Etwas davon wird sich finden lassen. Wenn es um dieses exotische Gesteinsmaterial geht, werden ständig neue Entdeckungen gemacht, und es könnte sich herausstellen, dass die tägliche Menge von 0,1 Prozent intergalaktischem Material falsch und es weitaus mehr ist.

Dass interstellares Material nicht so selten ist, wie man früher angenommen hat, wurde im Herbst 2017 klar, als ein 400 Meter langes, zigarrenförmiges Objekt irgendwo in der Nähe des blauen Sterns Wega im Sternbild Lyra in rechtem Winkel von den Planetenbahnen fiel. Die Geschwindigkeit betrug schwindelerregende 95 000 Kilometer in der Stunde, das Schnellste, was je beobachtet wurde. Das längliche Objekt raste auf die Sonne zu, umrundete sie und schoss in einer ganz anderen Richtung zurück in den äußeren Raum. Aus seriösen Kreisen hieß es, »wenn das Objekt nicht plötzlich abbremst, gibt es keinen Grund anzunehmen, dass es sich um ein Raumschiff handelt«. Die Beobachtungen des gewaltigen *Very Large Telescope* (VLT) in Chile zeigen, dass das Objekt »einen hohen Metallinhalt« hatte. Zum ersten Mal war ein derart großes, interstellares Objekt von der Erde aus beobachtet worden – obwohl man davon ausgeht, dass ein derartiges Ereignis

einmal pro Jahr vorkommen könnte. Andererseits können wir uns über die kleinen Krümel freuen, die uns aus dem äußeren Raum als Mikrometeoriten erreichen.

2011 wurde ein gigantischer Sternennebel entdeckt, der hauptsächlich aus dem Mineral Forsterit besteht, einer Magnesiumvariante des Minerals Olivin, sowie einigen organischen Molekülen, die polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK oder PAH) genannt werden. Sie sind auch der Hauptbestandteil der meisten Mikrometeoriten. Während die Wasserstoffverbindungen im Laufe der atmosphärischen Flucht verdampfen, schmilzt das Forsterit und kristallisiert sich wieder zu kosmischen Sphärulen.

Aber es wurden auch Mikrometeoriten gefunden, die in keine der bekannten Kategorien passen und die vorläufig einen unbekanntem Ursprung haben. Gleichzeitig wissen wir, dass das Universum voller Staub ist. Auch in unserem eigenen Sonnensystem gibt es Staubringe, Geysire und Gürtel mit Mikropartikeln. Sogar der Sonnenwind von unserem eigenen Stern, der Sonne, kann Partikel enthalten, bis hin zur Ordnungszahl 30, Zink.

Der Kosmos ist wirklich ein staubiger Ort, und es vollzieht sich ein umfassender Wechsel zwischen den Partikeln, kreuz und quer, in alle Richtungen und zwischen sämtlichen Himmelskörpern, sowohl innerhalb wie außerhalb unseres Sonnensystems. Die Mikrometeoritensammlungen enthalten daher Gesteinsproben von Himmelskörpern, die in den etablierten Meteoritensammlungen nicht repräsentiert sind und die uns neue Kenntnisse über das Universum vermitteln können. Wir haben gerade erst begonnen, es zu kartografieren.