

## Asteroiden – Chance für die Menschheit

Der Newsletter „Asteroiden - Gefahr aus dem All“ (sh. Newsletter Februar 2022 <sup>1</sup>) hat sich mit den Risiken, die Asteroiden für die Menschheit bedeuten und der Gefahrenabwehr befasst. Aber die Beschäftigung mit Asteroiden bietet heute und in Zukunft auch große Chancen:

- Asteroiden sind wichtige Forschungsobjekte, um unser Wissen über die Entstehung des Sonnensystems zu verbessern.
- Asteroidenbergbau könnte den Mangel an technisch wertvollen aber auf der Erde seltenen Rohstoffen ausgleichen.
- Die Wassergewinnung auf Asteroiden wäre ein kostengünstiger Weg zur Herstellung von Raketentreibstoffen.
- In fernerer Zukunft könnte ein Asteroid zum wesentlichen Baustein eines Weltraumliftes werden.

Der innere Aufbau und die Oberfläche größerer Himmelskörper im Sonnensystem (z.B. der Erde) haben sich seit ihrer Entstehung u.a. durch Schwerkraft, Erosion, Vulkanismus, Tektonik, Asteroideneinschläge und chemische Oberflächenreaktionen wesentlich verändert. Demgegenüber bestehen Asteroiden noch heute aus dem ursprünglichen Baumaterial des Sonnensystems. Ihre Erforschung ist nicht nur Voraussetzung für ihre künftige Nutzung, sondern hilft auch, die Entwicklung des Sonnensystems besser zu verstehen. Auch wenn die Grundprinzipien der Planetenentstehung als weitgehend verstanden gelten, gibt es eine Reihe offener Fragen, z.B. warum sich die Materialzusammensetzung der inneren Planeten stärker als erwartet von der Sonne unterscheidet <sup>2</sup>. Auch die Fragen, woher Wasser und Leben auf der Erde stammen, sind längst noch nicht abschließend geklärt.

Mit Stand Februar 2022 sind mehr als 1 Million Asteroiden bekannt, wobei ständig weitere dazu kommen. Beginnend im Jahr 1991 wurden bisher 19 von ihnen besucht. In der Regel handelte es sich dabei um Vorbeiflüge in mehr oder weniger großem Abstand. In 4 Fällen erfolgten Landungen, davon dreimal mit Probenrückführung. Das betraf die japanischen Sonden Hayabusa und Hayabusa 2 sowie die NASA-Sonde OSIRIS-Rex mit der für September 2023 geplanten Rückführung. Wie komplex und überaus anspruchsvoll solche Forschungsprojekte sind, zeigt das Beispiel Hayabusa 2. Die Mission vom Start im Jahre 2014 bis zur Probenrückführung dauerte 6 Jahre, wobei 5,2 Milliarden Kilometer zurückgelegt wurden. Nach dem Abwurf der vom Asteroiden Ryugu stammenden Probe auf die Erde war das Vorhaben aber noch nicht beendet. Auf ihrem Weiterflug soll die Sonde 2027 und 2031 zwei weitere Asteroiden besuchen. Die gesamte Mission ist auf 17 Jahre ausgelegt. Der komplizierte Flugverlauf beinhaltet insgesamt 4 Swing-by-Manöver an der Erde (sh. Newsletter Juli 2020 <sup>3</sup>). Die detaillierten Untersuchungen der aus Staub und Gasen bestehenden Probe in verschiedenen Labors weltweit werden noch Jahre in Anspruch nehmen. Schwerpunkte sind u.a. die Suche nach organischem Material (u.a. Aminosäuren) und Wasser.

Darüber hinaus wurde eine Vielzahl von Kometen durch Raumsonden besucht (zum Unterschied Asteroiden – Kometen sh. Newsletter Februar 2022 <sup>1</sup>). Besonders spektakulär war die Rosetta-Mission mit der Landung auf dem Kometen Tschurjumow-Gerassimenko im Jahre 2014. Häufig sind die Missionen so angelegt, dass mehrere Himmelskörper nacheinander (im Vorbeiflug) besucht werden <sup>4</sup>.

Asteroiden bestehen zumeist aus Gestein und Metallen. In der Regel haben sie etwa die gleiche chemische Zusammensetzung wie die Erde. Aber während eher kleinere Asteroiden seit ihrer Entstehung relativ homogen geblieben sind, kam es bei der Erde durch die von radioaktivem Materials

verursachten hohen Temperaturen im Inneren zur Verflüssigung und unter dem Einfluss der Schwerkraft zu einer verstärkten Differenzierung mit der Ausbildung eines Metallkerns. Dadurch können Asteroiden im Vergleich zur Erdoberfläche sehr hohe Konzentrationen z.B. von Edel- und Seltenerdmetallen aufweisen <sup>5</sup>. Bei größeren Asteroiden konnte es aber auch zur Metallkernbildung kommen. Asteroiden- bzw. Planetenkollisionen, wie sie insbesondere in der Frühphase des Sonnensystems auftraten, konnten zur Abspaltung des Gesteinsmantels und zum Zurückbleiben eines vorwiegend metallischen Asteroiden führen. Inzwischen wurde eine Reihe solcher Asteroiden gefunden. Ein Beispiel ist (16) Psyche, ein vorwiegend aus Eisen und Nickel bestehender etwa 250 km großer Asteroid auf einer Umlaufbahn zwischen Mars und Jupiter. Im August 2022 ist der Start einer ionenangetriebenen NASA-Sonde vorgesehen, die (16) Psyche nach einem Anflug von 2,4 Milliarden Kilometern ab 2026 untersuchen soll <sup>6</sup>.

Asteroiden sind in jedem Fall für eine künftige Rohstoffgewinnung (Asteroidenbergbau bzw. Space Mining) attraktiv (**Bild 1**). In einer 2012 veröffentlichten Machbarkeitsstudie des „California Institute of Technology“ wurde ein entsprechendes Konzept erarbeitet <sup>8</sup>. Es sieht vor, einen geeigneten erdnahen Asteroiden ausfindig zu machen und diesen per Robotertechnik einzufangen und in einen Orbit um den Mond zu befördern (z.B. mittels Ionenantrieb), um dort mit einer bis dahin zu schaffenden Infrastruktur die gewünschten Rohstoffe zu extrahieren. Da mit den heute vorhandenen Technologien eine wirtschaftliche Realisierung nicht möglich wäre, müssen dazu insbesondere folgende spezifische Voraussetzungen geschaffen werden:

- Lagerstättenerkundung
- Rohstoffabbau und -aufbereitung
- Rohstofftransport und -lagerung
- Raketentechnologien um sehr große Massen über große Distanzen schnell bewegen zu können
- Kommunikations- und Energietechnologien.



**Bild 1** So stellt sich der Künstler Bryan Versteeg eine bewohnbare Station für Asteroidenbergbau vor <sup>7</sup>

Bei der Vorbereitung des Asteroidenbergbaus ist bereits ein weltweiter Wettbewerb im Gange. Allerdings gibt es trotz verschiedener Ansätze, einen international verbindlichen rechtlichen Rahmen zu schaffen, noch eine erhebliche juristische Grauzone.

Sogenannte C-Typ-Asteroiden sind mit ca. 75 % der häufigste Asteroidentyp. Sie enthalten viel Kohlenstoff und organische Kohlenstoffverbindungen, aber auch Phosphate und außerdem Wasser mit einem Anteil von etwa 5 bis 20 % in Form von Eis oder chemisch gebunden. Durch solche Asteroiden ist nach derzeitigem Erkenntnisstand in der Vergangenheit zumindest der größte Teil des Wassers auf die Erde gelangt <sup>9</sup>. Das Vorhandensein von Wasser auf Asteroiden ist für die Raumfahrt und dort insbesondere für langfristige Missionen hochinteressant. Aus in Erd- bzw. Mondnähe „geparkten“ Asteroiden (s.o.) könnte Wasser gewonnen und durch Elektrolyse in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten werden, wodurch ein effizienter Raketentreibstoff zur Verfügung stünde. Dadurch brauchten Raumschiffe beim Start von der Erde deutlich weniger Treibstoffe mitzuführen, die ja den Hauptanteil der Startmasse ausmachen. Langstreckenflüge würden dadurch enorm erleichtert. Weiterhin könnte das Wasser für die Aufstockung von Wasservorräten für bemannte Raumfahrtmissionen oder zukünftige Weltraumkolonien genutzt werden. Darüber hinaus könnten Kohlenstoffverbindungen und Phosphate als Dünger für eventuelle Treibhäuser solcher Kolonien dienen <sup>10</sup>

Während für den Asteroidenbergbau und die Gewinnung von Wasser aus Asteroiden in den nächsten Jahrzehnten berechtigte Chancen bestehen, gibt es Vorstellungen zur Nutzung von Asteroiden, die wesentlich weiter in die Zukunft reichen und heute noch als hypothetisch angesehen werden müssen. Dazu zählt beispielsweise der Bau eines Weltraumliftes mit einem Asteroiden als Gegengewicht (sh. Newsletter September 2020 <sup>11</sup>).

Aber wer weiß, wenn die Menschen es schaffen, ihre derzeit dringendsten Probleme zumindest auf ein für die Menschheit und ihre Lebensgrundlagen vertretbares Maß zu reduzieren, können auch große Zukunftsvisionen durch eine erdumspannende Kooperation wahr werden.

## Quellen

- 1 [https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter\\_2022\\_02.pdf](https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2022_02.pdf)
- 2 <https://www.scinexx.de/news/kosmos/sonnensystem-planeten-anders-als-sonne/>
- 3 [https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter\\_2020\\_07.pdf](https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2020_07.pdf)
- 4 [https://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie\\_der\\_Raumsonden\\_zu\\_Kometen\\_und\\_Asteroiden](https://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_der_Raumsonden_zu_Kometen_und_Asteroiden)
- 5 [F. Freistetter: Asteroid Now, Carl Hanser Verlag München 2015](#)
- 6 [https://de.wikipedia.org/wiki/\(16\)\\_Psyche](https://de.wikipedia.org/wiki/(16)_Psyche)
- 7 [https://reformiert.info/de/recherche/jagd-auf-die-schaetze-des-weltalls\\_0-18036.html](https://reformiert.info/de/recherche/jagd-auf-die-schaetze-des-weltalls_0-18036.html)
- 8 <https://de.wikipedia.org/wiki/Asteroidenbergbau>
- 9 <http://www.laborundmore.com/archive/881453/Wasser-im-Weltraum.html>
- 10 <https://www.scinexx.de/dossierartikel/tankstellen-im-asteroidenguertel/>
- 11 [https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter\\_2020\\_09.pdf](https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2020_09.pdf)