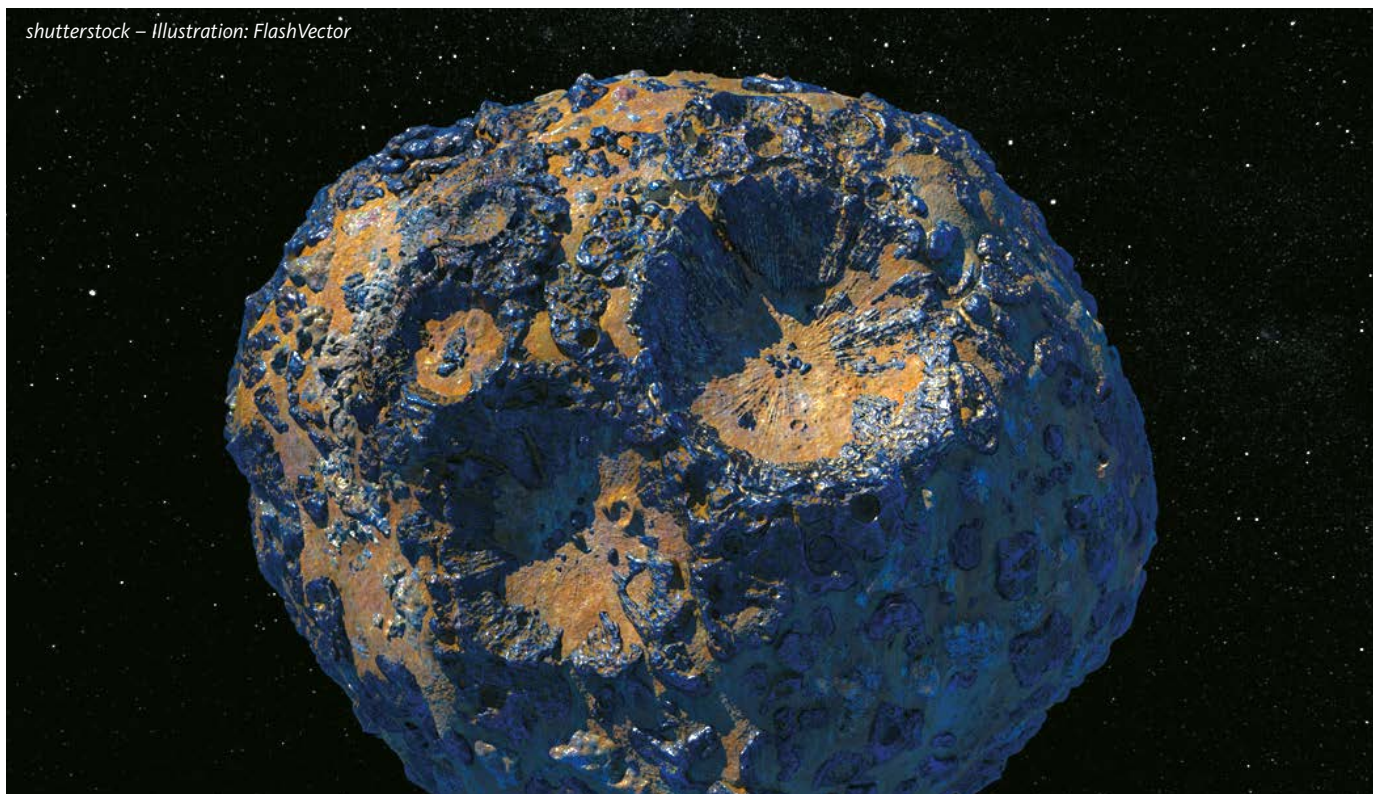


shutterstock – Illustration: FlashVector



Psyche mit Herz aus Metall

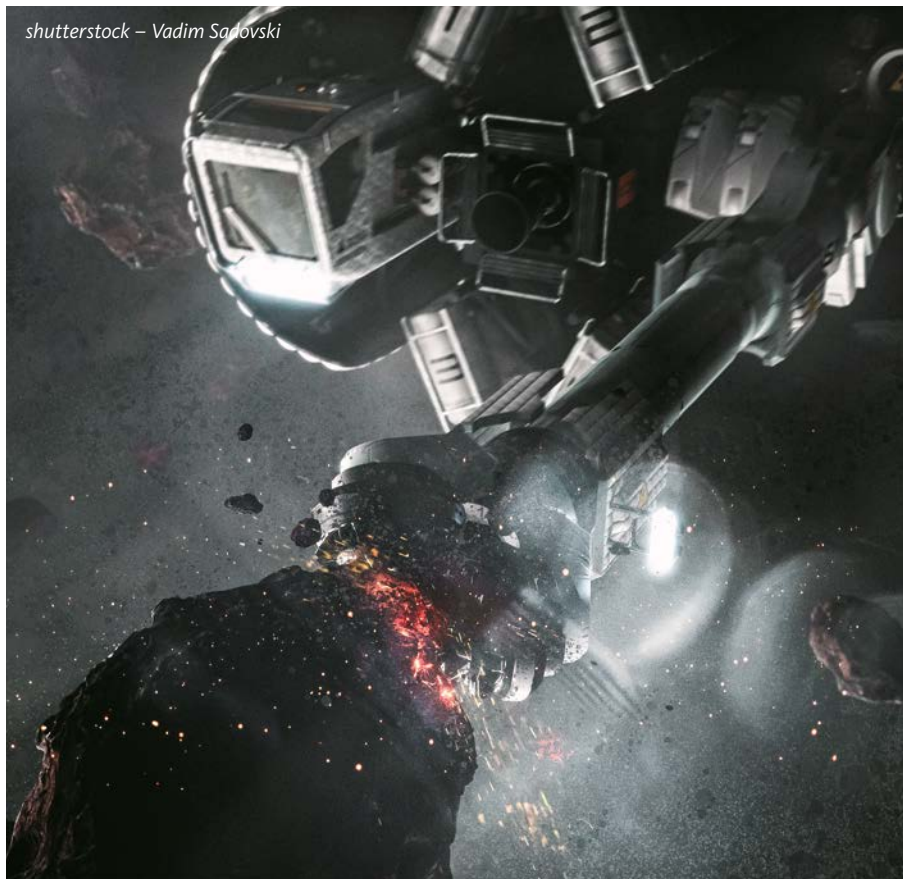
Irgendwo zwischen Mars und Jupiter, rund 450 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt, schwebt ein Himmelskörper, der mehr wert ist als die gesamte Weltwirtschaft. Der Asteroid Psyche, einer der faszinierendsten Brocken unseres Sonnensystems, soll genug Metall enthalten, um jeden Menschen auf der Erde zum Milliardär zu machen.

VON SOLVEIG MICHELSEN

Psyche befindet sich im Hauptasteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter. Mit einer Breite von rund 280 Kilometern gehört er zu den größten Objekten seiner Klasse. Lange galt er als nahezu vollständig metallisch; heute gehen Forschende von einer Mischung aus Metall und Gestein aus, wobei Metalle schätzungsweise bis zu 60 Prozent seines Volumens ausmachen, überwiegend Eisen und Nickel. Das sind Rohstoffe, die für die Herstellung von Smartphones und Batterien gefragt sind.

Den Titel „wertvollster Asteroid“ bekommt er durch eine einfache Rechnung: Man schätzt die Mengen von Eisen, Nickel und möglicherweise Edelmetallen und multipliziert sie mit heutigen Marktpreisen. Das ergibt eine astronomische Zahl von rund zehn Trillionen Dollar, eine Eins mit 18 Nullen. Das Problem: Diese spekulative Zahl ist ungefähr so sinnvoll wie die Berechnung des Grundstückswerts von Atlantis.

Denn zum einen würden die Preise sofort kollabieren, brächte man diese riesigen Mengen an Rohstoffen tatsächlich auf die Erde. Zum anderen ist der Asteroid so weit von der Erde entfernt, dass an einen Abbau, dessen Kosten den Ertrag ja nicht übersteigen sollen, derzeit noch nicht zu denken ist. Der wahre wirtschaftliche Wert von Psyche entsteht deshalb nicht, indem man die Rohstoffe bis zur Erde transportiert. Interessanter wäre ihre Nutzung direkt im All. Eisen, Nickel oder andere Metalle könnten eines



So könnte Bergbau im All aussehen – künstlerische Visualisierung.

Tages für Raumstationen, Solarkraftwerke oder interplanetare Raumfahrzeuge verwendet werden. In diesem Szenario spart man den teuersten Teil: den Start von der Erde.

Bergbau im All

Wie darf man sich den bislang hypothetischen Abbau nun vorstellen? Eine der Ideen sieht vor, Sonden mittels Raketen zum Asteroiden zu fliegen, die die Rohstoffe abbauen und in hitzegeschützten Kapseln verstauen. Das US-amerikanische Unternehmen AstroForge plant, winzige Raffinerien ins Weltall zu schicken, die vor Ort Platin schürfen und zur Erde zurückbringen. Die britische Firma Asteroid Mining Corporation bevorzugt einen am Asteroiden festgeklemmten Roboterarm, der zunächst Proben entnimmt; der eigentliche Abbau würde dann erst auf der Erde erfolgen.

Der Übergang von der Wissenschaft zur Ingenieurskunst ist so vielfältig wie fantasievoll: Von autonomen Bergbaumaschinen, die sich mit Harpunen

oder Ankern am Boden festkrallen, über Roboter, die Material abfräsen oder erhitzen, oder magnetische Systeme, die metallische Partikel einsammeln, bis hin zu mobilen Schmelzanlagen, die Rohstoffe direkt vor Ort verarbeiten, ist alles dabei. Besondere Anforderungen stellt die Tatsache, dass die Gravitation vor Ort so schwach ist, dass die abgebauten Gesteins- oder Metallbrocken schnell ein Eigenleben bzw. ein Eigenschweben führen.

Raumfahrtexperten sehen das größte Potenzial in der Weiterverarbeitung direkt im Weltraum. Doch die Lücke zwischen technischer Machbarkeit und wirtschaftlicher Tragfähigkeit, zwischen Vision und Realität, wird auf Power-Point-Folien oft vernachlässigt. Ein profitables Geschäftsmodell, das die enormen Entwicklungs- und Transportkosten rechtfertigt, ist bislang noch nicht vorhanden. Einige ambitionierte Unternehmen wie zum Beispiel Planetary Resources oder Deep Space Industries sind daran bereits gescheitert.

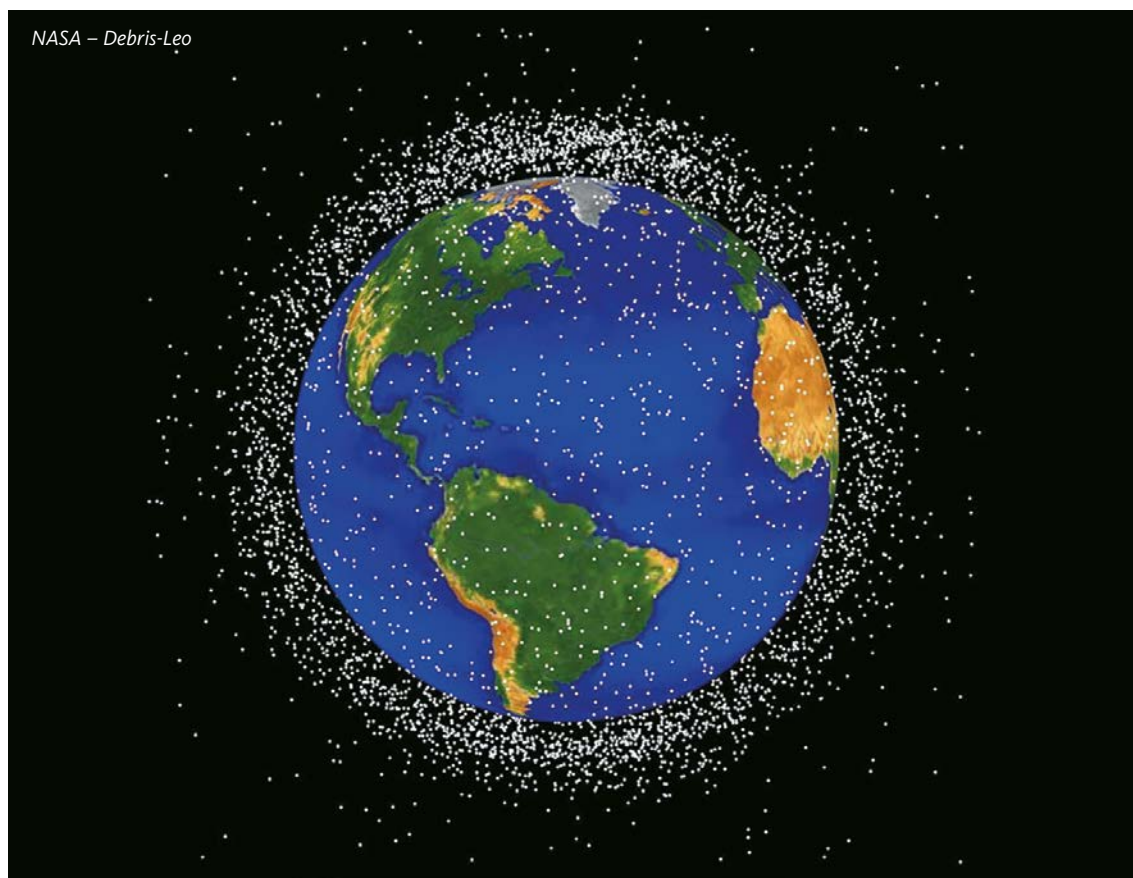
Weltraumrecht zum Weltraumbergbau

Wie ist das eigentlich im Weltraum: Gilt das Recht des Stärkeren? Wer zuerst kommt, schürft zuerst? Laut Weltraumvertrag aus dem Jahr 1967 gehören die Himmelskörper allen Menschen, was eine Inbesitznahme nicht zulässt. Fast alle Staaten, die gegenwärtig Aktivitäten im Weltraum betreiben, haben diesen Vertrag unterzeichnet und ratifiziert. Der 1979 der UN vorgelegte Mondvertrag wiederum betont, dass das Weltall das Erbe der gesamten Menschheit ist und fordert deshalb die Gründung einer unabhängigen Agentur, die Schürfrechte im All verwaltet. Er wurde jedoch nur von 21 Staaten unterzeichnet, von lediglich 17 parlamentarisch bestätigt. Er gilt als gescheitert.

Die USA arbeiteten, nachdem der Weltraumbergbau in greifbare Nähe rückte, das Artemis-Abkommen aus. Es spezifiziert, dass ein Ressourcenabbau nicht als „nationale Aneignung“ gilt, die laut Weltraumvertrag verboten ist. Vielmehr ist darin das Nutzen, Verkaufen und Transportieren solcher Ressourcen ausdrücklich erlaubt, indem die Akteure so genannte „Safety Zones“ für ihre Zwecke einrichten können. 2020 unterzeichneten acht nationale Raumfahrtorganisationen das unverbindliche Dokument. Inzwischen haben sich mehr als 60 Staaten angeschlossen, Deutschland im Jahr 2023. Das Artemis-Abkommen besagt nämlich auch, dass eine Beteiligung an zukünftigen Mondmissionen der NASA nur den Unterzeichnern möglich ist.

China und Russland warfen den USA Schaffung von einseitigen Fakten und Torpedierung des Weltraumrechts vor, setzten ihrerseits aber 2021 ein bilaterales Abkommen zum Bau einer Internationalen Mondforschungsstation samt Atomkraftwerk entgegen, von der aus das restliche Weltall erobert werden soll. An dieser Stelle wird die Frage nach einer Weltraumgerichtsbarkeit laut, die allerdings nicht existiert. Bei Streitigkeiten zwischen einzelnen Staaten kann der Internationale Gerichtshof in Den Haag angerufen werden; für Schäden durch Weltraumschrott kann theoretisch der jeweilige Entsender haftbar gemacht werden.

NASA – Debris-Leo



Verteilung von Weltraumschrott in der Erdumlaufbahn im Jahr 2005. Theoretisch zu- ständig dafür sind die entsendenden Staaten.

Weltraum – ein rechtsfreier Raum?

Aber darf man das überhaupt? Wem gehören die Ressourcen im All? Der völkerrechtlich verbindliche Weltraumvertrag von 1967 verbietet eine Aneignung von Himmelskörpern jedweder Art. Doch die Gier verführt einige Länder zu eigenwilligen Interpretationen dieses Verbots und zur Schaffung „alternativer Fakten“. So haben etwa die USA (Space Act 2015) und Luxemburg (Weltraumressourcengesetz 2017) in ihren nationalen Gesetzen die Aneignung von Weltraumressourcen ausdrücklich gestattet. Das US-amerikanische Artemis-Abkommen, das aufs Gleiche abzielt, haben bisher mehr als 60 Länder unterzeichnet, darunter auch Deutschland.

Die Konsequenzen reichen dabei deutlich weiter, als es auf den ersten Blick scheint – auch wenn das Weltraumrecht bei manchen Akteuren eher wie ein nett gemeinter Vorschlag als wie ein verbindlicher Rahmen behandelt wird. Denn ab-

gesehen von der, nun ja, eher verhaltenen Begeisterung der internationalen Gemeinschaft über derartige nationale Egotrips hat diese Haltung einen unbequemen Nebeneffekt: Sie vertieft den so genannten Space Gap – jene wachsende Kluft zwischen Staaten mit eigenständiger Raumfahrtkapazität und jenen, die vom orbitalen Geschehen weitgehend ausgeschlossen bleiben.

NASA-Sonde ist unterwegs

Die derzeit wichtigste Mission ist die Sonde der NASA namens Psyche, die im Oktober 2023 auf ihren Weg gebracht wurde. Am 15. Mai 2026 passierte sie den Mars in einem so genannten Swing-by-Manöver, bei dem sie von der Gravitation des roten Planeten profitierte und beschleunigt wurde. Außerdem konnte die Flugbahn in Richtung des Asteroidengürtels angepasst werden. 2029 soll sie ihr Ziel erreichen und den Asteroiden Psyche aus dem Orbit untersuchen: Zusammensetzung, Magnetfeld, Dichte und Entstehungsgeschichte.

In diesen Daten liegt für viele der eigentliche Schatz verborgen, denn einiges legt die Vermutung nahe, dass Psyche möglicherweise der freigelegte Kern eines frühen Protoplaneten ist. Sprich, wir könnten es mit dem metallischen Herz eines Himmelskörpers zu tun haben, dessen äußere Schichten vor Milliarden von Jahren durch gewaltige Kollisionen abgesprengt wurden. Womöglich erlaubt uns das den Blick auf Material, das dem Erdkern ähnelt – nur ohne die lästigen 3.000 Kilometer Gestein dazwischen.

Das ist eine Erkenntnis, die sich schwer in Dollar umrechnen lässt. Und vielleicht ist genau das die ironische Pointe der Geschichte: Der berühmteste Geldbrocken des Sonnensystems könnte sich am Ende als viel wertvoller für die Finanzmärkte erweisen als für die Wissenschaft. Während Anleger von kosmischen Billionen träumen, freuen sich Planetologen auf etwas sehr viel Bescheideneres – ein paar gute Daten. Und manchmal verändern genau die die Welt.