

Asteroiden – Gefahr aus dem All

Aus der Märkischen Oderzeitung vom 25.11.2021:

„Die US-Raumfahrtbehörde NASA hat einen ersten Test zur Abwehr von Gefahren aus dem Weltraum gestartet. Am Dienstagabend (Ortszeit) hob vom Luftwaffenstützpunkt Vandenberg in Kalifornien eine Rakete mit einer Sonde ab, die mit einem Asteroiden zusammenstoßen und diesen so auf einen neuen Kurs bringen soll.“

Diese Meldung haben wahrscheinlich viele Menschen gelesen oder anderen Medien entnommen. Aber was verbirgt sich dahinter? Klären wir zunächst einmal die Frage, was Asteroiden sind und wo sie herkommen.

Stark vereinfacht bildete sich nach der derzeit anerkannten Theorie unser Sonnensystem vor ca. 4,6 Milliarden Jahren aus einer gewaltigen Ansammlung von Gasen (vorwiegend Wasserstoff) und einem kleinen Anteil Staubpartikeln (schwerere Elemente und Verbindungen). Unter dem Einfluss der Gravitation kontrahierte diese Wolke und verwandelte sich infolge der Drehimpulserhaltung und der Fliehkräfte in eine rotierende (Akkretions-) Scheibe. Die Gravitation bewirkte zum einen, dass sich der größte Teil der Masse im Zentrum der Scheibe konzentrierte und zur Bildung der Sonne führte und zum anderen, dass es in der rotierenden Scheibe durch örtliche Dichteunterschiede zu Verklumpungen kam, aus denen sich Himmelskörper unterschiedlicher Größe und Beschaffenheit bildeten. Aus Materie, die nicht von den entstehenden Planeten eingefangen wurde, entstanden als kleinere Himmelskörper u.a. Asteroiden und Kometen (<https://de.wikipedia.org/wiki/Sonnensystem>).

Asteroiden, auch als Kleinplaneten oder Planetoiden bezeichnet, liegen größtmäßig zwischen den millimeter- bis metergroßen Meteoriden und den ca. tausend Kilometer großen Zwergplaneten, wobei die Übergänge fließend sind. Gegenüber den Zwergplaneten stellt sich bei den Asteroiden durch die zu geringe Masse kein hydrostatisches Gleichgewicht ein. Daher sind sie nicht kugelförmig, sondern im Normalfall unregelmäßig geformt. Neben den „klassischen“ Asteroiden in dem zwischen Mars- und Jupiterbahn gelegenen Asteroidengürtel gibt es insbesondere die Jupiter Trojaner (s.a. [Newsletter Juli 2021](#)) und die Transneptunischen Objekte (TNO) im Kuipergürtel jenseits der Neptunbahn. 2017 wurde der erste aus den Tiefen des Weltalls kommende interstellare Asteroid (1I/‘Oumuamua) bei der Durchquerung unseres Sonnensystems entdeckt. (<https://de.wikipedia.org/wiki/Asteroid>).

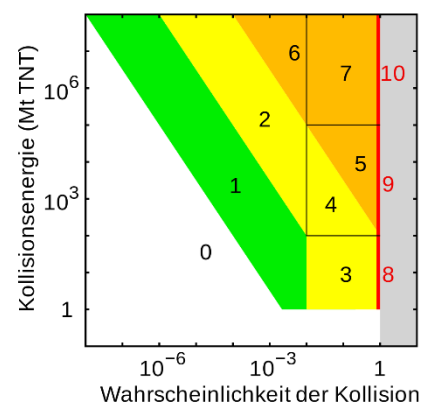
Asteroiden bestehen vorwiegend aus lockerem Gestein mit Beimengungen von Kohlenstoff- und Metallverbindungen, manche auch überwiegend aus Metallen. Demgegenüber haben Kometen einen erhöhten Anteil flüchtiger Substanzen, wie Wasser und Kohlenmonoxid und gasen unter Schweifbildung in Sonnennähe aus. Sie stammen meist aus dem Kuipergürtel oder der noch weiter außen liegenden Oortschen Wolke (<https://de.wikipedia.org/wiki/Komet>).

Die meisten Asteroiden umrunden die Sonne auf stark exzentrischen Bahnen, die häufig eine erhebliche Neigung gegenüber der Ekliptik (Bahnebene, in der sich alle Planeten näherungsweise bewegen) aufweisen. Dabei kommt es immer wieder zu gravitativ ausgelösten Bahnstörungen, wenn sie anderen größeren Himmelskörpern näher kommen. Den stärksten Einfluss übt der große Jupiter aus. Diese Bahnstörungen können sich im Laufe der Zeit aufschaukeln und so stark werden, dass es schließlich zu Kollisionen von Asteroiden untereinander oder mit Planeten kommt. Auf der Erde einschlagende Himmelskörper werden als Meteoriten bezeichnet. Die Leuchterscheinungen beim Eindringen von Himmelskörpern in die Atmosphäre nennt man Meteore. Objekte, die dabei verglühen, werden als Sternschnuppen, die größeren als Feuerkugeln oder Boliden bezeichnet. Wir wissen heute, dass es in der Vergangenheit eine Vielzahl von Meteoriteneinschlägen in Asteroidengröße gegeben hat, die z.T. weltweite Auswirkungen hatten. Bekanntestes Beispiel ist das

Aussterben der Dinosaurier vor 66 Millionen Jahren. Nach heutigem Wissensstand war die Ursache (oder zumindest Hauptursache) mit hoher Wahrscheinlichkeit der Einschlag eines etwa 14 km großen Meteoriten. Damals starben nicht nur die Dinosaurier aus, sondern etwa 75% aller Tier- und Pflanzenarten (<https://de.wikipedia.org/wiki/Kreide-Pal%C3%A4ogen-Grenze>). Der größte bekannte Einschlagkrater eines Meteoriten in Deutschland ist das nahezu kreisrunde Nördlinger Ries. Verursacht wurde es durch den Einschlag eines ca. 1,5 km großen Meteoriten vor etwa 14,6 Mio. Jahren (https://de.m.wikipedia.org/wiki/N%C3%B6rdlinger_Ries).

Auch in der jüngeren Vergangenheit gab es einige spektakuläre Einschläge von (zum Glück) deutlich kleineren Meteoriten. Besonders bekannt wurde der Tunguska-Meteorit. 1908 kam es zur Zerstörung eines ca. 2.000 km² großen Waldgebietes in Sibirien, wahrscheinlich durch Explosion eines 30 bis 80 m großen Steinmeteoriten in fünf bis vierzehn Kilometer Höhe (<https://de.wikipedia.org/wiki/Tunguska-Ereignis>). Ein weiteres Beispiel ist der gut dokumentierte Einschlag bei Tscheljabinsk im Jahre 2013. Ein mit 19,2 km/s Geschwindigkeit in die Atmosphäre eingedrungener ca. 19 m großer Steinmeteorit zerbrach in etwa 30 km Höhe, bevor die Bruchstücke die Erdoberfläche erreichten. Es gab zahlreiche Schäden und viele Verletzte (https://de.wikipedia.org/wiki/Meteor_von_Tscheljabinsk).

Einschläge größerer Meteoriten mit Gefahren für das Leben auf der Erde hat es schon immer gegeben und wird es auch künftig geben. Seit über 20 Jahren beschäftigen sich Wissenschaftler verstärkt mit der Einrichtung und Verbesserung eines Frühwarnsystems sowie der Erarbeitung von Abwehrstrategien. Weltweit durchmustert in länderübergreifender Kooperation eine Vielzahl von Teleskopen (z.T. automatisch) den Himmel nach potentiell gefährlichen Kandidaten. Die Beobachtungsergebnisse sind die Basis für die Vorausberechnung und schrittweise Präzisierung der erwarteten Flugbahnen. Anhand der „Turiner Skala“ werden Objekte, die der Erde nahe kommen können, nach Gefährdungsgraden eingeteilt. Aus der Kombination der Einflussgrößen Kollisionsenergie und Kollisionswahrscheinlichkeit wurden 11 Klassen definiert. Die Klasse 0 beinhaltet ein vernachlässigbares Risiko, die Klassen 8 bis 10 stehen für sichere Kollisionsereignisse mit steigender Energie. In der Praxis werden neu entdeckte Objekte häufig zunächst in der Klasse 1 (vereinzelt auch in den Klassen 2 bis 4) eingestuft, um dann zumeist nach weiteren Beobachtungen auf 0 zurückgestuft zu werden. Eine Einstufung in die Klasse 5 bis 7 (hohes Risiko) oder höher ist bisher noch nicht vorgekommen. Die bisher höchste Einstufung gab es 2004 mit der Klasse 4 für einen 2029 erwarteten nahen Vorbeiflug des Asteroiden Apophis. Wenig später konnte die Einstufung, auch für einen späteren Vorbeiflug 2036, auf 0 zurückgesetzt werden. Derzeit sind im NASA-Überwachungssystem „Sentry“ (<https://cneos.jpl.nasa.gov/sentry/>) keine Objekte mit einer Stufe >0 erfasst.



Klasseneinteilung für die Turiner Skala, Mt = Megatonnen TNT
(Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Turiner_Skala)

Alternativ bzw. ergänzend zur Turiner Skala wird die „Palermo-Skala“ zur Risikobewertung verwendet. Zusätzlich zur Einschlagswahrscheinlichkeit und -energie wird hier die bis zum möglichen Einschlag verbleibende Zeit einbezogen und in einem komplexen mathematischen Ausdruck dargestellt (<https://de.wikipedia.org/wiki/Palermo-Skala>).

Auch wenn z.Z. kein erhöhtes Risiko für den Einschlag eines größeren Meteoriten bekannt ist, tut die Menschheit gut daran, sich auf ein solches früher oder später zu erwartendes Ereignis vorzubereiten. Schon ab 10 m Durchmesser könnten solche Objekte beträchtliche

Schäden verursachen. Nachfolgend sind einige mögliche Abwehrstrategien aufgeführt (https://de.wikipedia.org/wiki/Impakt#M%C3%B6gliche_Abwehrmethoden):

- Ablenkung durch Reflektoren, d.h. Konzentrierung der Sonneneinstrahlung auf den Asteroiden mittels eines großen durch eine Sonde herangeführten Sonnensegels,
- Bahnbeeinflussung durch Gravitationstraktor (Schwerkraftablenkung durch parallel zum Asteroiden fliegendes Raumschiff, z.B. mit Ionenantrieb),
- Impulsartige Ablenkung durch Einschlag eines Raumflugkörpers,
- Sprengung mittels Nuklearwaffen,
- Ablenkung durch nukleare Explosion in der Nähe des Asteroiden.

Kritische Faktoren bei den genannten Strategien sind u.a. folgende:

- Die Methoden sind z.T. nur für kleine Asteroiden geeignet.
- Eine Zerstörung ist problematisch, da viele Bruchstücke eine großflächigere Wirkung haben können.
- Teilweise ist eine sehr lange Einwirkzeit bzw. ein sehr zeitiges Eingreifen erforderlich, d.h. es werden lange Vorwarnzeiten benötigt.
- Ablenkmanöver müssen mit hoher Präzision erfolgen, um das Einschlagsrisiko nicht noch weiter zu erhöhen.

Mit der eingangs erwähnten Mission DART (Double Asteroid Redirection Test) wird erstmals der Versuch unternommen, die Bahn eines Asteroiden zu beeinflussen. Das Zielobjekt ist der für die Erde ungefährliche Doppelasteroid Didymos. Die 550 kg schwere ionenangetriebene Raumsonde soll den 160 m durchmessenden kleineren Begleiter des Asteroiden (Dimorphos) im Oktober 2022 in einer Erdentfernung von ca. 11 Mill. km mit etwa 22.000 km/h rammen. Zusätzlich zu erdgebundenen Teleskopen soll ein Begleitsatellit den Einschlag aus der Nähe dokumentieren. 2024 soll ein weiterer Satellit gestartet werden um 2027 auf Didymos zu landen und detaillierte Untersuchungen vor Ort durchzuführen.

Die Untersuchungsergebnisse zur Bahnänderung und zum Einschlagverhalten sollen ein wichtiger Schritt hin zu einem erdumspannenden künftigen Asteroidenabwehrsystem sein. Die Bewältigung dieser Menschheitsaufgabe erfordert nicht nur die Kreativität der Wissenschaftler und Ingenieure, sondern auch die Bereitschaft der Politiker zu verstärkter internationaler Kooperation.