

# Handout: Asteroidenabwehr

PdU SS26 - Gruppe 5: Jo Wenk-Wolff, Sebastian Lescow, Antonio Rauch

Wie kann die Erde gegen gefährliche Asteroiden verteidigt werden?

## 1. Bedrohung und Entdeckung

- Asteroiden sind felsige oder metallische Himmelskörper aus der Entstehungszeit des Sonnensystems.
- **NEOs** sind erdnahe Objekte, deren Bahn in die Nähe der Erde kommt.
- **PHAs** sind besonders gefährliche Asteroiden: Sie nähern sich der Erdbahn auf weniger als 0,05 AE und haben einen Durchmesser von mindestens etwa 140 m.
- Historische Beispiele zeigen die Spannweite möglicher Ereignisse:
  - **Tunguska 1908**: Luftdetonation eines etwa 50–60 m großen Körpers.
  - **Tscheljabinsk 2013**: etwa 20 m großer Meteoroid mit starker Druckwelle.
  - **Chicxulub**: großer Impaktor, verbunden mit dem Massenaussterben vor 66 Mio. Jahren.
- Die wichtigste Voraussetzung jeder Abwehr ist eine frühe Entdeckung.
- Suchprogramme wie **Pan-STARRS**, **ATLAS** und der **Catalina Sky Survey** überwachen den Himmel.
- Schwierig bleiben kleine, dunkle oder aus Richtung der Sonne kommende Objekte.

## 2. Grundprinzip der Asteroidenabwehr

- Ein gefährlicher Asteroid muss meist nicht zerstört werden.
- Oft reicht eine kleine Bahnänderung, wenn sie früh genug erfolgt.
- Je länger die Vorwarnzeit, desto sanfter und kontrollierter kann die Methode sein.
- Je kürzer die Vorwarnzeit, desto stärker, riskanter und unsicherer wird der Eingriff.

## 3. Wichtige Ablenkungsmethoden

- **Jarkowski-Effekt**: Sonnenlicht erwärmt die Oberfläche. Die zeitversetzte Wärmestrahlung erzeugt einen winzigen Rückstoß. Eine gezielte Färbung oder Beschichtung der Oberfläche könnte Absorption und Wärmeabgabe verändern. Die Wirkung hängt unter anderem von Rotation, Albedo und Wärmeleitfähigkeit ab. Sehr sanft, aber nur bei sehr langer Vorwarnzeit sinnvoll.
- **Gravitationstraktor**: Eine schwere Sonde fliegt neben dem Asteroiden und zieht ihn durch ihre Gravitation minimal aus der Bahn. Kontrollierbar, aber langsam und technisch aufwendig.
- **Sonnensegel oder Spiegel**: Sonnenlicht wird genutzt, um Druck auszuüben oder Material zu erhitzen. Treibstoffarm, aber schwer zu befestigen und exakt auszurichten.
- **Laserablenkung**: Laser erhitzen die Oberfläche. Verdampfendes Material erzeugt Rückstoß. Präzise, aber sehr energieintensiv und im Weltraum technisch schwierig.
- **Kinetischer Impaktor**: Eine Sonde schlägt gezielt in den Asteroiden ein und verändert seine Geschwindigkeit. Die Bahnänderung lässt sich vereinfacht beschreiben durch

$$\Delta v = \beta \cdot \frac{m}{M} \cdot v_{\text{rel.}}$$

Dabei ist  $\beta$  die Ejekta-Verstärkung,  $m$  die Masse der Sonde,  $M$  die Masse des Asteroiden und  $v_{\text{rel}}$  die Anfluggeschwindigkeit. Diese Methode wurde mit **DART** praktisch getestet.

- **Nukleare Ablenkung**: Eine Explosion nahe der Oberfläche verdampft Material und erzeugt starken Rückstoß. Sehr wirksam, aber riskant wegen Fragmentierung, Politik und Weltraumrecht.

#### 4. DART und HERA

- Die Mission **DART** testete 2022 erstmals gezielt die Ablenkung eines Asteroiden durch Einschlag.
- Ziel war **Dimorphos**, ein kleiner Begleiter des Asteroiden **Didymos**.
- Der Einschlag verkürzte die Umlaufzeit von Dimorphos um etwa **33 Minuten**.
- Entscheidend war nicht nur der direkte Einschlag, sondern auch ausgeworfenes Material, das zusätzlichen Impuls übertrug.
- Die ESA-Mission **HERA** soll die Folgen genauer untersuchen und Daten für spätere Abwehrmissionen liefern.

#### 5. Wenn nur noch wenig Zeit bleibt

- Bei wenigen Tagen oder Wochen Vorwarnzeit ist aktive Ablenkung kaum noch realistisch.
- Dann stehen Bahnvermessung, Einschlagsprognose, Evakuierung und Katastrophenschutz im Vordergrund.
- Wichtige Maßnahmen sind die Vorbereitung von Rettung, medizinischer Versorgung, Infrastruktur und gegebenenfalls die Räumung gefährdeter Küstenbereiche.

#### 6. Vergleich und Fazit

- **Jahrzehnte Vorwarnzeit:** sanfte Methoden wie Jarkowski-Effekt, Gravitationstraktor oder Sonnensegel.
- **Mehrere Jahre Vorwarnzeit:** kinetische Impaktoren, Laser oder Spiegel werden realistischer.
- **Sehr kurze Vorwarnzeit:** nukleare Ablenkung oder Katastrophenschutz als letzte Optionen.
- DART zeigt, dass eine messbare Bahnänderung technisch möglich ist.
- Erfolgreiche Asteroidenabwehr hängt vor allem von früher Entdeckung, Technik und internationaler Zusammenarbeit ab.