

## Arbeitsblatt 3: Bestimmung von Masse & Dichte von Kleopatra

Um die Zusammensetzung eines Asteroiden zu erfahren, ist es am besten, direkt Proben vom Asteroiden zu nehmen. Dazu muss entweder der Asteroid auf die Erde kommen, z. B. in Form eines Meteoriten, der auf der Erde einschlägt, oder eine Raumsonde auf dem Asteroiden landen und dort eine Probe nehmen. Wenn allerdings Kleopatra auf der Erde einschlagen würde, gäbe es gewaltige Zerstörungen auf der Erde. Auf der anderen Seite geht einem Flug zu einem Asteroiden eine jahrelange Planung voraus. Eine solche Mission ist sehr aufwendig und teuer.

Eine andere Möglichkeit ist die Bestimmung der Dichte des Asteroiden von der Erde aus. Damit kann herausgefunden werden, ob dieser aus Metall, Gestein oder einer Mischung aus beidem besteht.

Da mit Hilfe der Größe und Form des Asteroiden das Volumen bekannt ist, wird nur noch die Masse des Asteroiden benötigt, um seine Dichte zu bestimmen. Die Massenbestimmung von Himmelsobjekten ist schwierig, wenn sie von keinem anderen Objekt beeinflusst werden. Es ist zwar die Umlaufbahn von Kleopatra um die Sonne bekannt, daraus lässt sich aber nicht die Masse des Asteroiden sondern nur die der Sonne ableiten.

Glücklicherweise wird Kleopatra von zwei kleinen Monden, AlexHelios und CleoSelene, umkreist, deren Umlaufdauer und Abstand von Kleopatra mit dem Detektor SPHERE am VLT der ESO sehr genau ermittelt werden konnte:

	AlexHelios	CleoSelene
Umlaufdauer um Kleopatra in Tagen	2,7458	1,8223
Abstand von Kleopatra in km	655	499

Wenn du im Unterricht schon das Gravitationsgesetz und die Gesetzmäßigkeiten bei Kreisbewegungen kennengelernt hast, dann kannst du mit den Informationen aus der Tabelle die Masse von Kleopatra herausfinden.

Alternativ kannst du mit Hilfe der **Excel-Tabelle** ‚Mond-Orbits.xlsx‘ die Masse von Kleopatra ermitteln. Dazu veränderst du die Masse von Kleopatra (gelb markierte Zelle) so lange, bis die beiden Monde auf einer Kreisbahn um Kleopatra bleiben, d. h. sich ihr Abstand zu Kleopatra im Lauf der Zeit möglichst gleichbleiben.

### Ergebnisse:

Die Masse von Kleopatra ergibt sich zu:  $2,97 \cdot 10^{18} \text{ kg}$

Die mittlere Dichte von Kleopatra ist dann:  $\text{Dichte} = \text{Masse} / \text{Volumen} = 3,38 \text{ kg/dm}^3$   
(Literaturwert – Dichte:  $3,38 \text{ kg/dm}^3$ )

Überlege, welche deiner beiden Messwerte, Volumen oder Masse, weniger genau ist und begründe deine Entscheidung.

**Lösung: Das Volumen ist wesentlich ungenauer, da die Modellierung mit Plastilin bzw. Ton nicht sehr genau sein kann.**

Die Oberfläche von Kleopatra reflektiert Radarstrahlung sehr gut, was auf einen hohen Metallanteil hinweist. Recherchiere, welche Metalle eine ähnliche Dichte haben wie Kleopatra.

**Lösung: Es gibt nur sehr wenige Metalle (Leichtmetalle), die eine ähnliche Dichte aufweisen.**

Wie könnte Kleopatra aufgebaut sein, wenn man annimmt, dass sie aus einer Mischung aus Eisen (Dichte:  $7,8 \text{ kg/dm}^3$ ) und Nickel (Dichte:  $8,9 \text{ kg/dm}^3$ ) besteht?

**Lösung: Der Asteroid müsste sehr porös sein, damit sich eine so geringe mittlere Dichte aus so dichten Metallen ergibt.**

### Extra-Aufgabe:

Überlege dir ein maßstäbliches Modell aus Erde, Sonne und Kleopatra, in der der Asteroid so groß wie eine Erdnuss (Länge: 4 cm) sein soll. Fülle dazu die folgende Tabelle aus:

	Kleopatra	Erddurchmesser	Sonnendurchmesser	Abstand Kleopatra – Sonne	Abstand Erde – Sonne
<b>Wirklichkeit</b>	270 km	13.000 km	1,4 Mio. km	315 Mio km bis 525 Mio km	150 Mio km
<b>Modell</b>	4 cm	1,88 m	207 m	47 km bis 78 km	22 km