

Arbeitsblatt 1: Bestimmung der Form und Größe von Kleopatra

Die Form und Größe von Asteroiden ist durch direkte Beobachtungen nur schwer zu bestimmen, da die meisten recht klein und weit entfernt sind und das Sonnenlicht nur schwach reflektieren. Sie erscheinen damit nicht besonders hell am Nachthimmel. Mit einer Überlegung aus der Optik lassen sich allerdings einige der Schwierigkeiten umgehen, wenn mehrere Beobachter zusammenarbeiten.

Vorüberlegung: Wie kann man über den Schatten eines tief fliegenden Flugzeugs etwas über dessen Form und Größe herausbekommen?

Ein Kleinflugzeug fliegt beim Landeanflug mit 30 m/s in angezeigter Richtung und wirft einen Schatten auf den Boden wie in untenstehender Abbildung. Fünf Personen stehen im Abstand von jeweils 6 m voneinander aufgereiht und notieren, wann und für wie lange sie vom Flugzeugschatten verdunkelt werden.

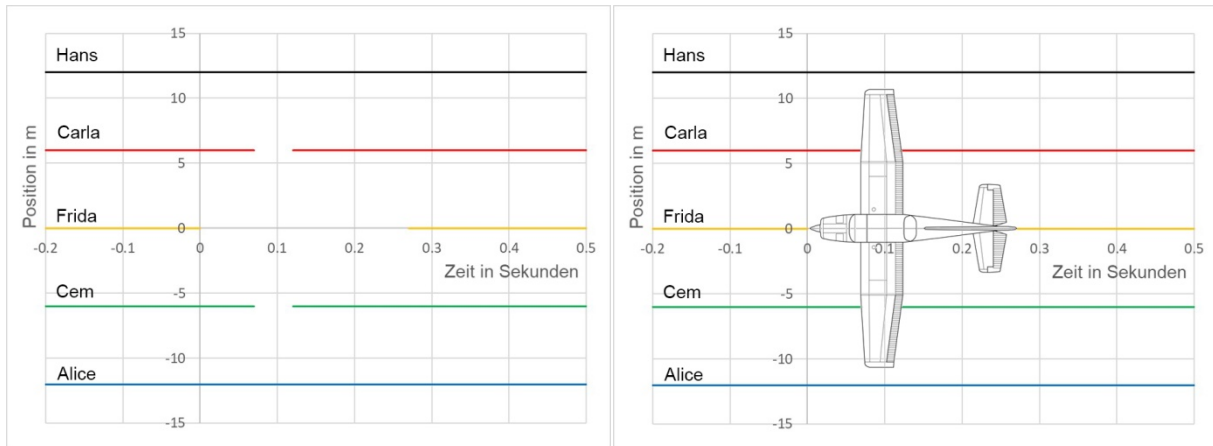


Die Messung ergibt:

Name (von oben nach unten)	Beginn der Verdunklung nach Frida in Sekunden	Dauer der Verdunklung in Sekunden
Hans	--- (keine Verdunklung)	--- (keine Verdunklung)
Carla	0,07	0,05
Frida	0	0,27
Cem	0,07	0,05
Alice	--- (keine Verdunklung)	--- (keine Verdunklung)

Trage die Beobachtungen aller fünf Personen in ein Diagramm ein: Auf der X-Achse wird die Zeit, auf der Y-Achse der gegenseitige Abstand der Personen angetragen. In dem Diagramm markierst Du die Zeiten, an denen sie durch den Schatten des Flugzeugs nicht verdunkelt wurden mit einem Strich. Dieser wird unterbrochen, wenn sie den Schatten des Flugzeugs bemerken.

Dein Ergebnis könnte so aussehen:



Da die Geschwindigkeit des Flugzeugs bekannt ist, kannst Du die Länge des Flugzeugs und die Breite der Tragflächen berechnen:

Länge des Flugzeugs: $s = v \cdot t = 30 \frac{m}{s} \cdot 0,27 s = 8,1 m.$

Breite der Tragflächen: $s = v \cdot t = 30 \frac{m}{s} \cdot 0,05 s = 1,5 m.$

Ein wenig komplizierter wird der Fall, wenn die Personen nicht auf den gleichen Linien, sondern versetzt stehen. Dann muss der Zeitpunkt des Beginns der Verdunkelung angepasst werden. Dies soll im Folgenden keine Rolle spielen, ebenso wenig wie Verzerrungen des Schattens durch schräg einfallende Sonnenstrahlen. Du siehst, wie kurz die Verdunkelungszeiten für die Beobachter sind. Dies ist der Grund, warum es einem normalerweise gar nicht auffällt, wenn man von einem Flugzeug- oder Vogelschatten getroffen wird.

In diesem Beispiel hat der Schatten die gleiche Größe wie das Flugzeug, da der Abstand zwischen Flugzeug und Boden viel kleiner ist als der Abstand der Sonne vom Flugzeug.

Form und Größe von Kleopatra

Wenn der Schatten eines Asteroiden beobachtet werden soll, muss der Stern, der den Asteroiden beleuchtet, sehr weit vom Asteroiden entfernt sein, damit ähnliche Voraussetzungen gegeben sind. Im Jahr 2015 wurde der Asteroid Kleopatra in einer Entfernung von 330 Millionen km von Erde von dem Stern HIP 54599 so beleuchtet, dass sein Schatten in Europa beobachtbar war. Der Stern HIP 54599 ist 240 Lichtjahre oder etwa 2 Billionen km vom Asteroiden entfernt, so dass der Schatten des Asteroiden genauso groß wie der Asteroid angenommen werden kann. Von der Erde aus gesehen erscheint das Ereignis so, dass der Stern HIP 54599 vom Asteroiden verdeckt und wieder freigegeben wird. Der Zeitpunkt und die Dauer der Bedeckung wird von Beobachtern an verschiedenen Standorten in Europa festgestellt und notiert. In der **Excel-Tabelle ‚Kleopatra.xlsx‘** sind die Daten der Beobachter zusammengefasst.

In der gleichen Art und Weise wie beim Flugzeugschatten kannst du so die Form des Asteroiden bestimmen. Wie beim Flugzeug benötigt man den (projizierten) Abstand der Beobachter voneinander, den Zeitpunkt der Verfinsterung, die Dauer der Verfinsterung, sowie die Geschwindigkeit des Asteroiden. Mit Hilfe der Tabelle kannst du dann ein ähnliches Diagramm wie das für den Flugzeugschatten erstellen.

Aufgaben:

1. Vervollständige die Tabelle ‚Arbeitsblatt1.xlsx‘ unter der Annahme, dass der Asteroid eine Geschwindigkeit von 15,46 km/s besitzt. Der Zeitpunkt der Verfinsterung wird relativ zum Zeitpunkt der Verfinsterung bei Beobachter Nr. 6 angegeben.
2. Gib mit Hilfe dieses Diagramms die ungefähre Länge und Breite des Asteroiden an.
Lösung: Der Asteroid ist mindestens 150 km lang und an der breitesten Stelle ca. 70 km breit.
3. Überlege, welche Schwierigkeiten es bei der Längenbestimmung des Asteroiden geben könnte.
Lösung: Das linke Ende des Asteroiden ist nicht genau bestimmbar, da es keinen Beobachter für die linke Seite gibt, der nicht vom Schatten getroffen wird.
4. Beschreibe, wie man die Größe und Form des Asteroiden noch genauer bestimmen kann.
Lösung: Man bräuchte noch mehr Beobachter für eine größere Datenmenge. Der Beginn und die Dauer der Verfinsterung müssten noch genauer bestimmt werden.