wissenschaft in die schulen!

STERNE UND WELTRAUM

Grundkurs Astronomie **28.1.2014**

Bestimmung des Abstandes zum Asteroiden Apophis

(Faulkes Telescope Project)

Notiere zu jeder Aufgabe eigene Lösungen. Formuliere in ganzen Sätzen und schreibe vollständige Rechenwege auf.

Aufgabe 1

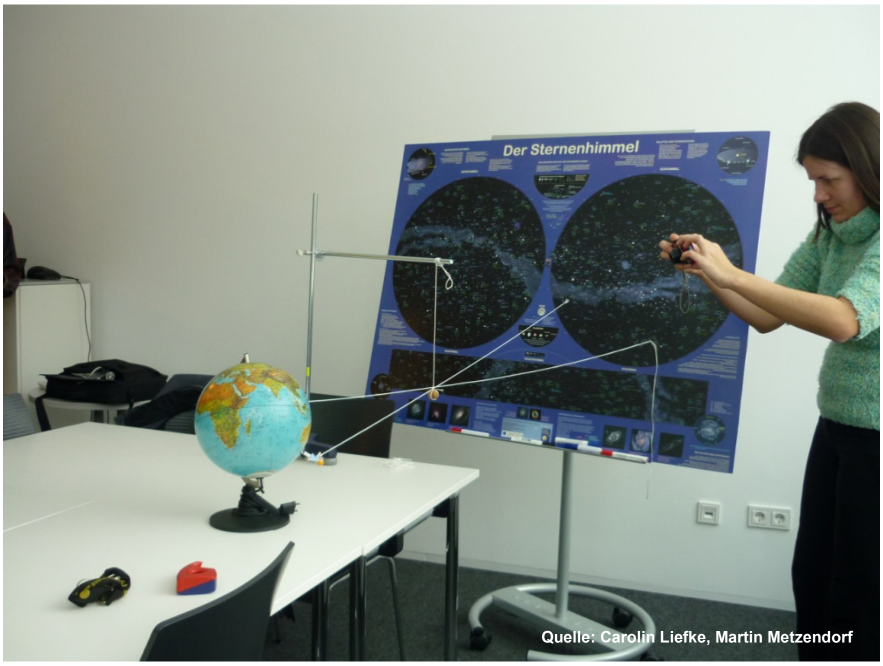
Film 1 und Film 2 zeigen einen ähnlichen Himmelsausschnitt am 08. 01. 2013 um ca. 12:00 Universal Time Coordinated, einmal von Faulkes South (Apophis-Film 1) aus fotografiert, ein zweites Mal von Faulkes North aus (Apophis-Film 2). Betrachte beide Filme mehrmals, öffne dazu die entsprechende Software zweimal und lass die beiden Fenster nebeneinander sichtbar werden. Beschreibe deine Beobachtungen, achte darauf, welche Sternmuster in beiden Filmen zu sehen sind.

Aufgabe 2

Stelle Dich an eines der Fenster des Unterrichtsraumes. Strecke einen Arm gerade aus und betrachte den Daumen des ausgestreckten Arms. Halte nun mit der anderen Hand abwechselnd das linke und das rechte Auge zu. Betrachte dabei Daumen und Hintergrund gleichzeitig. Was beobachtest Du?

Aufgabe 3

Lese den Artikel zur Parallaxe auf Wikipedia. Beschreibe in eigenen Worten, was man unter einer Sternparallaxe versteht. Erläutere den Zusammenhang zu Aufgabe 2. Erkläre, wie man aus gemessenen Parallaxenwinkeln die Entfernung eines Sterns berechnen kann.



Quelle: Carolin Liefke, Martin Metzendorf

Aufgabe 4

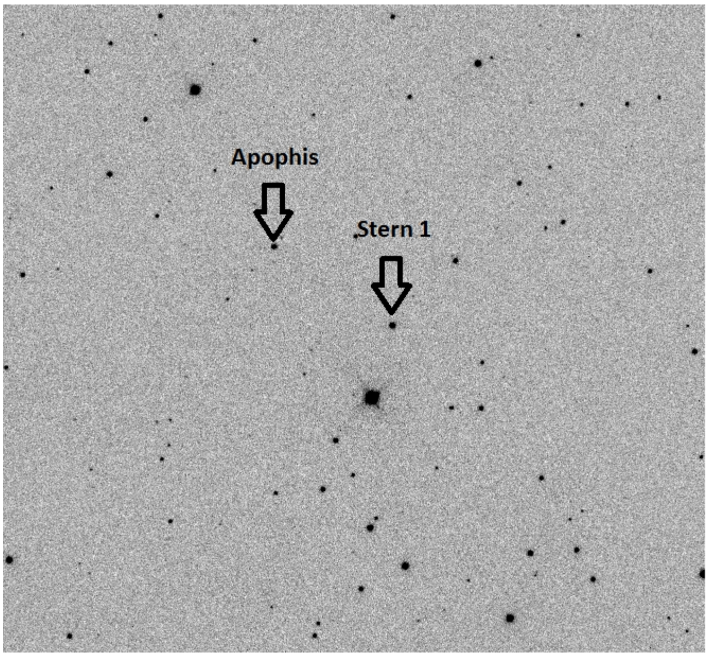
Recherchiere zu dem Asteroiden Apophis. Nenne Zeitpunkte, zu denen Apophis der Erde besonders nah war oder sein wird. Beschreibe die Folgen, die ein Absturz von Apophis auf die Erde hätte haben können. Erkläre den Namen des Asteroiden. Seit wann gehen wir davon aus, dass Apophis sicher die Erde im 21. Jahrhundert nicht treffen wird?

Aufgabe 5
Die Aufnahmen, aus denen Film 1 und Film 2 erstellt wurden, haben Martin Metzendorf vom Lessing-Gymnasium Lampertheim und Matthias Penselin vom Albert Schweitzer Gymnasium Crailsheim am 08. 01. 2013 fotografiert. Sie zeigen den Asteroiden Apophis. Erkläre alle Deine Beobachtungen aus Aufgabe 1.
Im Folgenden nutzen wir zwei Aufnahmen von Herrn Penselin und Herrn Metzendorf, um die Entfernung zu Apophis am 08. 01. 2013 selbst zu berechnen.

Aufgabe 6
Die beiden Teleskope sind baugleich. Beide haben eine Brennweite von 18,3 m. Die Pixel der beiden Kameras sind quadratisch mit einer Kantenlänge von $B = 27\ \mu\text{m}$. Irgendein astronomisches Objekt der Größe G befindet sich in der Entfernung g von der Erde. Die Sichtlinien von der Erde zu den Rändern des Objektes schließen den Winkel φ ein. Fertige eine Skizze. Leite eine Formel zur Berechnung von φ aus G und g ab.

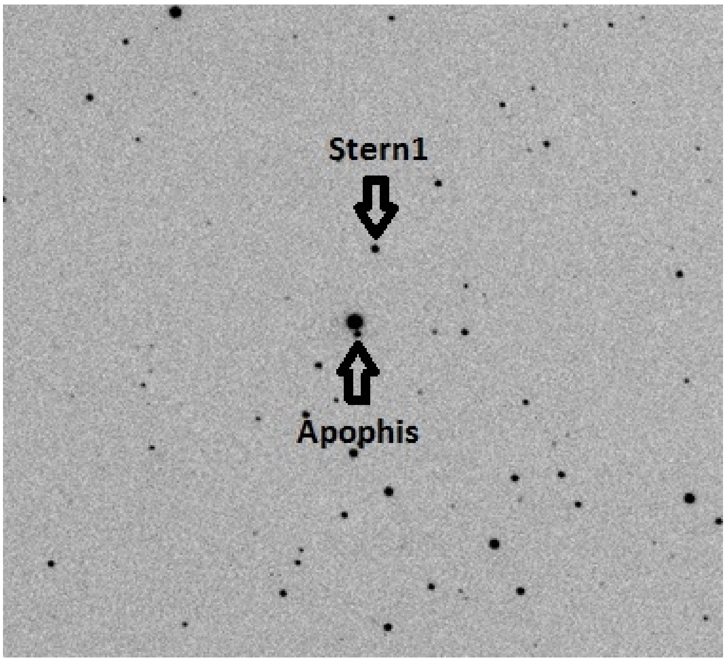
Aufgabe 7
Im Unterricht wurde begründet, dass wir in der Astrofotografie immer die Bildweite b durch die Brennweite f ersetzen dürfen. Begründe: $\frac{G}{g} = \frac{B}{f}$. Forme das Ergebnis von Aufgabe 6 hiermit um. Berechne den Winkel φ_P, der ein Objekt einschließt, welches im Bild genau ein Pixel groß ist. Berechne in Grad und in Bogensekunden auf 5 geltende Ziffern. Diese Zahl nennen wir Pixelmaßstab. Sie gibt an, wie man eine Bildgröße B zu Grad φ am Himmel umrechnen kann: $\varphi = \varphi_P \cdot B$, wobei B in Pixeln bestimmt und eingesetzt wird. Wir können also Winkel am Himmel ausmessen, indem wir Pixel im Bild zählen.

Aufgabe 8
Öffne die Bilddatei 'Apophis-Bild 1.jpg' mit dem Freeware-Programm IrfanView. Identifiziere an Hand des hier abgedruckten, beschrifteten Ausschnitts dieses Bilds den Asteroiden Apophis und Stern 1. Wir verwenden Stern 1 als Bezugspunkt, bezüglich dessen wir die Position von Apophis vermessen. Wenn Du mit der linken Maustaste auf eine Stelle des Bildes klickst, wird der Ort des Cursors in Pixeln in x-Richtung und in y-Richtung, ausgehend von der linken oberen Bild-Ecke angezeigt. Notiere den Ort von Stern 1 und von Apophis wie einen zweidimensionalen Ortsvektor in Pixeln. Nutze die Lupenfunktion von Irfan. Bilde den Differenzvektor. Dieser beschreibt den Weg von Stern 1 zu Apophis im Bild 'Apohis-Bild 2.jpg'.



Ortsvektor Stern 1 $= \vec{s} = \begin{pmatrix} \quad \\ \quad \end{pmatrix}$ Ortsvektor Apophis $= \vec{a} = \begin{pmatrix} \quad \\ \quad \end{pmatrix}$

Weg Stern 1 zu Apophis $= \overrightarrow{sa} = \begin{pmatrix} \qquad\qquad \\ \qquad\qquad \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \qquad \\ \qquad \end{pmatrix}$



Aufgabe 9

Wiederhole den gleichen Vorgang mit der Bilddatei ´Apohis-Bild 2.jpg´. Du erhältst den Weg von Stern 1 zu Apophis in diesem Bild.

$$\text{Ortsvektor Stern 1} = \vec{s} = \left(\qquad \right)$$

$$\text{Ortsvektor Apophis} = \vec{a} = \left(\qquad \right)$$

$$\text{Weg Stern 1 zu Apophis} = \overrightarrow{sa}$$

$$= \left(\qquad\qquad\qquad \right) = \left(\qquad \right)$$

Aufgabe 10

Bilde die Differenz der Vektoren aus Aufgabe 8 und 9. Bild ´Apohis-Bild 1.jpg´ und Bild ´Apohis-Bild 2.jpg´ wurden in etwa zeitgleich fotografiert. Der nun berechnete Differenzvektor beschreibt also den Versatz von Apophis durch Parallaxe in Pixeln.

$$\text{Versatz Apophis} = \vec{P} = \left(\qquad\qquad\qquad \right) = \left(\qquad \right)$$

Aufgabe 11

Berechne den Betrag des Vektors aus Aufgabe 10. Dieser gibt die Größe des Versatzes durch Parallaxe in Pixeln an. Rechne ab hier auf 4 Stellen Genauigkeit.

$$|\vec{P}| = \sqrt{\qquad\qquad} = \qquad = P$$

Aufgabe 12

Berechne mit dem Ergebnis von Aufgabe 7 die Parallaxe von Apophis in Grad in Folge Beobachtung von zwei verschiedenen Teleskopen von der Erde aus.

$$\varphi = \varphi_p \cdot P = \qquad\qquad = \qquad {}'' = \qquad {}^\circ$$

Aufgabe 13
Wir nehmen an, beide Teleskope sind vom Erdmittelpunkt gleich weit entfernt, geeignet ist der Wert r = 6361,5 km. Die Strecke vom Erdmittelpunkt M zum Standort N (= North) des Teleskopes Faulkes Hawaii und die Strecke von M zum Standort S (=South) des Teleskopes Faulkes Australia schließen einen Winkel von 73,82° ein. Berechne den Abstand R der beiden Teleskope. Fertige zunächst eine Skizze an.

Aufgabe 14
Zeichne ein beliebiges Dreieck. Benenne alle Seiten und Winkel mit den im Mathematik-Unterricht üblichen Bezeichnungen. Miss alle Seiten und Winkel und notiere die Zahlenwerte. Berechne die in der Tabelle angegebenen Verhältnisse. Übernimm von der Tafel die Werte anderer Schüler mit anderen Dreiecken in die eigene Tabelle und vergleiche.
In **beliebigen** Dreiecken gilt der Sinussatz (von der Tafel übernehmen):

Aufgabe 15
Vom Teleskop Faulkes North aus steht Apophis 42,69° über dem Horizont, der Horizont ist gegen die Verbindungslinie der beiden Teleskope um 51,95° gekippt. Von den beiden Teleskopen aus sieht man den Asteroiden um den Winkel φ (Ergebnis Aufgabe 12) am Himmel versetzt. Fertige eine Skizze und trage alle bekannten Größen im Dreieck, welches aus den Teleskopen und Apophis gebildet wird, ein. Berechne die Entfernung von Apophis zum Teleskop Faulkes South.

Lösungen zu den Rechenaufgaben:

Aufgabe 6: $\varphi = 2 \cdot \arctan\left(\frac{G}{2g}\right) = 2arctan\left(\frac{B}{2 \cdot f}\right)$

Aufgabe 7: $\varphi_P = 8{,}4535 \cdot 10^{-5}\text{Grad} = 0{,}30433 \text{ Bogensekunden}$

Aufgabe 8: $\text{Ortsvektor Stern 1} = \vec{s} = \begin{pmatrix}1155\\1179\end{pmatrix}$

$\text{Ortsvektor Apophis} = \vec{a} = \begin{pmatrix}931\\1031\end{pmatrix}$

$\text{Weg Stern 1 zu Apophis} = \overrightarrow{sa} = \begin{pmatrix}931-1155\\1031-1179\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-224\\-148\end{pmatrix}$

Aufgabe 9: $\text{Ortsvektor Stern 1} = \vec{s} = \begin{pmatrix}1035\\850\end{pmatrix}$

$\text{Ortsvektor Apophis} = \vec{a} = \begin{pmatrix}1002\\1008\end{pmatrix}$

$\text{Weg Stern 1 zu Apophis} = \overrightarrow{sa} = \begin{pmatrix}1002-1035\\1008-850\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-33\\158\end{pmatrix}$

Aufgabe 10: $\text{Versatz Apophis} = \vec{P} = \begin{pmatrix}-33+224\\158+148\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}191\\306\end{pmatrix}$

Aufgabe 11: $|\vec{P}| = \sqrt{191^2 + 306^2} = 360{,}7 = P$

Aufgabe 12: $\varphi = \varphi_p \cdot P = 0{,}30433'' \cdot 360{,}7 = 109{,}8'' = 0{,}03049°$

Aufgabe 13: $R = 7640{,}9\text{km}$

Aufgabe 14: Sinussatz: $\frac{a}{sin\alpha} = \frac{b}{sin\beta} = \frac{c}{sin\gamma}$

Aufgabe 15: Aus den hier berechneten Lösungen ergibt sich: 14,31 Mio km.
Aus den Ephemeriden des MPC (Abruf September 2013) ergibt sich: 14,46 Mio km.
Das entspricht einem Fehler von 1%.