

Vergleich des Pluto-Charon-Systems mit dem Erde-Mond-System

Bezug auf die Brennpunkt-Nachricht „Pluto-Durchmesser exakt bestimmt“ in SuW 8/2016, WIS-ID: 1285881

Olaf Hofschulz

Bis zum Sommer 2015 war Pluto ein weitestgehend weißer Fleck auf der Landkarte der Planetenforscher. Mit der sehr erfolgreichen NASA-Sonde New Horizons änderte sich das. Bei ihrem Vorbeiflug gelang es, hochaufgelöste spektakuläre Fotos von Pluto und seinem Mond aufzunehmen. Dabei zeigten sich erstaunlich abwechslungsreiche Oberflächenformationen.

Im vorliegenden WIS-Beitrag wird in einer Lernaufgabe in Form eines **Arbeitsblattes** das Pluto-Charon-System mit dem Erde-Mond-System verglichen. Beide Systeme werden mit Hilfe von selbstgebauten Modellen veranschaulicht. Darüber hinaus wird ausgehend von den Pluto-Aufnahmen von New Horizons gezeigt, wie sich die Methode der Oberflächenanalyse auf Basis farbkontrastverstärkter Aufnahmen am Erdmond leicht selbst praktizieren und auswerten lässt.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Planeten, Sterne, Astropraxis	Astronomische Arbeitsmethoden, Sonnensystem, Satellitenmissionen, Himmelsmechanik, Größenordnungen, Oberflächenformationen des Mondes, fotografische Beobachtung des Erdmondes + Auswertung
Physik	Mechanik	Gravitation / Gravitationsgesetz, Planetenbahnen / keplersche Gesetze
Fächer-Verknüpfung	Astro-Ma	Größenverhältnisse angeben, Prozentrechnung Umgang mit Einheiten, Masse, Dichte, Volumen von Kugeln
Lehre allgemein	Kompetenzen (Fachwissen und Erkenntnisgewinnung)	Projektarbeit – Entwicklung handwerklicher Fertigkeiten beim Modellbau, Abschätzung von Größenordnungen, astronomische Forschungsmethoden, Arbeiten mit Modellen, Formulierung von Hypothesen



Pluto und Charon – Darstellung im richtigen Größenverhältnis.
© NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Arbeitsblatt: Vergleich des Pluto-Charon-Systems mit dem Erde-Mond-System



Abbildung 1: Pluto und Charon – Darstellung im richtigen Größenverhältnis. © NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute.

Mit der erfolgreichen Raumsonde New Horizons konnte man im Juli 2015 den Kleinplaneten Pluto und seinen Mond Charon erstmals genauer zu untersuchen. Bei ihrem Vorbeiflug gelang es der Sonde, hochaufgelöste spektakuläre Fotos von Pluto und seinem Mond aufzunehmen. Dabei zeigten sich erstaunlich abwechslungsreiche Oberflächenformationen. Im Ergebnis der Mission konnten auch Durchmesser und Dichte der beiden Objekte viel besser bestimmt werden. Nachdem man vor der Mission von einem Plutodurchmesser von 2338 km bis 2386 km ausgegangen war, lautet nun der präzisierte Wert $2375,2 \pm 3,6$ km. Charon hat demnach einen Durchmesser von 1211 km, die Dichten der beiden Objekte betragen $1,857 \text{ g/cm}^3$ für Pluto und $1,707 \text{ g/cm}^3$ für Charon.

- 1) In der rechts stehenden Tabelle sollen wichtige Daten von Pluto und Charon mit denen von Erde und Mond verglichen werden.

	Pluto	Charon	Erde	Mond
mittl. Durchmesser in km				
Dichte in g/cm^3				
Volumen in m^3				
Masse in kg				
mittlerer Abstand beider Objekte				

- Informiert euch im Internet über die New Horizons-Mission. Berichtet in einem kurzen Vortrag über den Ablauf, die Ziele und die Erfolge der Mission.
- Vervollständigt die Tabelle. Ermittelt die fehlenden Werte mit Hilfe von Lehrbuch, Tafelwerk oder durch Rechnung. (Geht bei einer möglichen Rechnung von der Näherung aus, dass es sich um kugelförmige Körper handelt.)
- Der Plutodurchmesser konnte durch die New Horizons-Mission viel genauer ermittelt werden. Berechnet die prozentuale Unsicherheit des gültigen Wertes vor und nach der Mission.
- Vergleicht ausgehend von der obigen Abbildung die Oberflächenbeschaffenheit von Pluto und Charon mit der von Erde und Mond.
- Vergleicht die Dichte von Erde und Pluto. Formuliert eine mögliche Erklärung ausgehend vom inneren Aufbau der Erde.
- Pluto hat eine um 10% höhere Dichte als Charon. Formuliert eine mögliche Erklärung dafür.
- Sowohl das Pluto-Charon-System als auch das Erde-Mond-System führen eine gebundene Rotation aus. Erklärt, was man darunter versteht.
- Beide Systeme rotieren um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Berechnet den Schwerpunkt des Erde-Mond-Systems und den des Pluto-Charon-Systems.

- 2) Beide Systeme sollen mit Hilfe eines maßstabgerechten Modells veranschaulicht werden. Dazu soll die Erde mit Hilfe einer Kugel mit $d = 4 \text{ cm}$ dargestellt werden.
- Ermittelt die Durchmesser und Abstände für beide Systeme, die sich bei diesem Maßstab ergeben.
 - Fertigt ein entsprechendes Modell für beide Systeme mit Hilfe von Knete-Kugeln und jeweils einem langen Draht an. Dokumentiert euer Modell fotografisch.

- 3) In der obigen Abbildung von Pluto und Charon sind die Farben stark kontrastverstärkt. Mit Hilfe derartiger Aufnahmen können Gebiete unterschiedlicher geologischer Zusammensetzung voneinander abgegrenzt werden. Das hier gezeigte Foto vom Mond wurde mit Hilfe eines einfachen Teleskopes und einer Digitalkamera aufgenommen und anschließend wurde in einem Bildbearbeitungsprogramm der Farbkontrast angehoben.

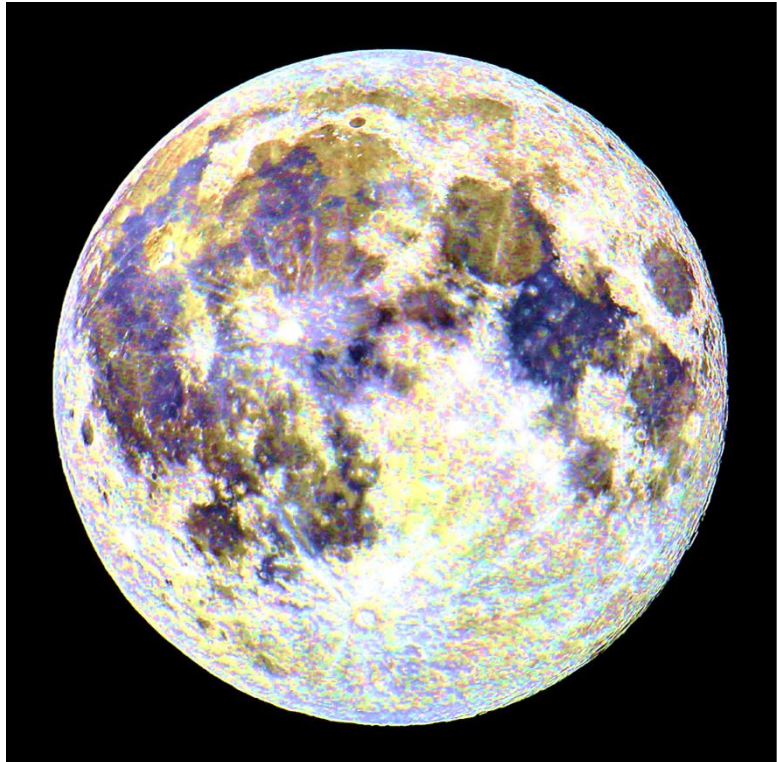


Abbildung 2: Mond aufgenommen mit 4"-Refraktor und digitaler Spiegelreflexkamera. Bei der anschließenden Bearbeitung wurde der Farbkontrast maximiert.
© Hofschulz

- Informiert euch über die verschiedenen, auf dem Mond vorkommenden Oberflächenformationen.
 - Ordnet die blau-lila-farbigen, die ockerfarbenen und die hellen Gebiete diesen verschiedenen Oberflächenformationen zu.
 - Die Ursache für die verschiedenen Farben in der farbkontrastverstärkten Aufnahme ist die unterschiedliche geologische Zusammensetzung der Oberflächenmaterialien. So liegen der Eisenanteil in den ockerfarbenen Regionen unter 15 % und der Titangehalt bei 2 %. In den blau-lila-farbigen Regionen ist der Eisenanteil deutlich höher und der Titangehalt beträgt bis zu 7 %.
- Zeichnet mit Hilfe eines Bogens aus transparentem Papier eine geologische Mondkarte, die die eisenarmen und eisenreichen Gebiete zeigt.

4) Eigene Beobachtung

Führt eine eigene Beobachtung durch. Versucht mit einer Digitalkamera (evtl. auch mit dem Handy) Fotos vom Mond zu machen. Bearbeitet eure Aufnahmen mit einem Bildbearbeitungsprogramm und verstärkt dabei insbesondere den Farbkontrast. Vergleicht eure Aufnahme mit eurer Mondkarte.

Ausgewählte Lösungen:

1. b)

	Pluto	Charon	Erde	Erdmond
mittl. Durchmesser in km	2375	1211	12756	3476
Dichte in g/cm ³	1,857	1,707	5,51	3,341
Volumen in km ³	7,0·10 ⁹	0,93·10 ⁹	1,08·10 ¹²	2,2·10 ¹⁰
Masse in kg	1,3·10 ²²	1,6·10 ²¹	5,97·10 ²⁴	7,35·10 ²²
mittl. Abstand beider Objekte	19570 km		384400 km	

- c) vorher 2338 km ± 48 km → 2,05.% jetzt: 0,15%.
- e) Die Erde hat einen Eisenkern, darüber hinaus enthält sie viel Gestein. Draus ergibt sich eine hohe Dichte.
- f) Pluto hat einen höheren Anteil an Gesteinsmaterial.
- h) Ansatz: $m_E \cdot r_{ES} = m_M \cdot r_{MS}$ mit $r_{ES} + r_{MS} = 384400$ km (analog für Pluto und Charon)
 Erde-Mond-System: 4672 km vom Erdmittelpunkt entfernt, damit innerhalb der Erde
 Pluto-Charon-System: 2360 km vom Plutomittelpunkt entfernt, damit deutlich außerhalb von Pluto

2. Überlegungen zum Modell:

Durchmesser:

Erde → d = 4 cm

→ Mond ca. 1 cm

→ Pluto ca. 0,8 cm

→ Charon ca. 0,4 cm

Abstände:

Der mittlere Abstand Erde-Mond beträgt ca. 30 Erddurchmesser.

→ Modellabstand Erde-Mond = 1,20 m

→ Modellabstand Pluto-Charon = 6 cm



Abbildung 3: Die fertigen Modelle im korrekten Größenmaßstab. © Hofschulz