

Experimente mit Marskratern

In Bezug zu „Junger Marskrater mit Erdrutsch“ in der Zeitschrift »Sterne und Weltraum« 09/2018,
Zielgruppe: Mittelstufe, WIS-ID: 1421013

Christian Wolff

Die vorliegenden Materialien beinhalten drei Experimente zur Entstehung von Meteoritenkratern sowie zur Entstehung von Erosionsprozessen durch Erd- bzw. Hangrutsch, die, wie auf dem Mars geschehen, auch durch Meteoriteneinschläge ausgelöst werden können.

Die Experimente sollen die Schülerinnen und Schüler u.a. dazu befähigen, die Auswirkungen von Masse, Geschwindigkeit, kinetischer Energie und Winkel eines aufprallenden Objekts und die dabei entstehenden Krater bezüglich ihres Durchmessers, ihrer Tiefe und der Auswurfstrahlen zu verstehen und diese Informationen mit Kratern auf Mond- und Planetenoberflächen in Beziehung zu setzen.

Zur Einführung in die Experimentierphase eignet sich der oben genannte SuW-Artikel als Unterrichtseinstieg. Hierbei sollten bereits erste Vermutungen geäußert und mögliche Zusammenhänge näher diskutiert werden.

Die dargestellten Materialien sind sowohl im Astronomie-, Physik- als auch im Erdkundeunterricht anwendbar.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Kleinkörper Monde Planeten	Meteoriten Mond Mars
Fächer- verknüpfung	Astro-Physik Astro-Mathe Astro-Geo	Dichte, kinetische Energie Volumen Erdrutsch, Hangrutsch
Lehre allgemein	Kompetenzen Lehrformen Unterrichtsmittel	Fachwissenskompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz Partnerarbeit, Gruppenarbeit Experiment, Messen, Arbeitsblatt



Abbildung 1: links: Marskrater mit Hangrutsch, aufgenommen mit der HiRISE-Kamera des Mars Reconnaissance Orbiters (MRO) der NASA, © NASA/JPL/University of Arizona; rechts: Nahaufnahme des Kraters mit Hangrutsch, ebenfalls aufgenommen mit der HiRISE-Kamera, © NASA/JPL/University of Arizona.

Kraterexperiment I

Übersicht

In diesem Experiment werden Objekte unterschiedlicher Größe und Dichte (z.B. Steine, Murmeln, Golf- oder Tennisbälle etc.) aus einer vorab festgelegten Höhe auf eine Oberfläche aus Mehl und Kakaopulver fallen gelassen. Sobald sie die Oberfläche berühren, wird die kinetische Energie dieser Objekte einen Krater in die Oberfläche sprengen und Auswurfstrahlen um das Objekt herum aussenden.

Die Schüler/-innen messen die Ausdehnung dieser Strahlen sowie den Durchmesser und die Tiefe des Einschlagkraters. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden gemeinsam mit weiteren Daten in einer Tabelle (Beobachtungsbogen, siehe Anhang) notiert und abschließend interpretiert.

Zur Durchführung dieses Experiments eignet sich die Partner- oder Gruppenarbeit als Sozialform.

Vorab sollen die Schüler/-innen dazu veranlasst werden, Vermutungen anzustellen, wie die Ergebnisse aussehen könnten. Die Schüler/-innen sollten ferner dazu ermutigt werden, zu diskutieren, was ihrer Meinung nach die wichtigsten Faktoren sind, die die Größe des Einschlagkraters beeinflussen.

Für das erste Experiment werden folgende Dinge benötigt:

- Möglichst runde Steine, besser noch: Murmeln in unterschiedlichen Größen
- Evtl. weitere verschieden große Kugeln oder Bälle (Kugellager, Golfball, Tennisball)
- Behälter, der groß genug ist, um Gegenstände hineinfallen zu lassen
- Mehl
- Kakaopulver
- Zollstock oder Maßband, ggf. auch ein großes Lineal
- Folie oder Zeitungen zum Auslegen
- Küchenwaage
- Stoppuhr

Es folgen nun die Anweisungen zur Durchführung des Experiments für die Schüler/-innen:

Zur Vorbereitung des Experiments

1. Den Ort des Experiments vorab großzügig mit Folie oder Zeitungen auslegen und den Behälter mittig daraufstellen.
2. Füllt dann den Behälter mit Mehl bis zu einer Tiefe von ca. 10 cm.
3. Bestreut die Oberfläche des Mehls mit einer dünnen Schicht Kakaopulver. Stellt dabei sicher, dass es gleichmäßig verteilt ist und das Mehl vollständig bedeckt.
4. Messt die **Masse** jedes Aufprallobjekts und notiert diese im Beobachtungsbogen.
5. Ermittelt nun die Radien jedes Aufprallobjekts in Metern und berechnet daraus die einzelnen Volumina.

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot r^3$$

6. Teilt man nun die Masse durch die einzelnen Volumina erhält man die **Dichte** ρ . Diese wird eben falls im Beobachtungsbogen eingetragen.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Zur Durchführung des Experiments

1. Haltet das gewählte Aufprallobjekt direkt über den Behälter und messt die Höhe. Es ist dabei sinnvoll, eine möglichst große Höhe zu wählen, um eventuelle Fehler in der Zeitmessung zu minimieren. Notiert die **Fallhöhe** oben im Beobachtungsbogen.
2. Lasst nun das Aufprallobjekt fallen und verwendet eine Stoppuhr, um die Falldauer zu messen. Die Stoppuhr muss gestoppt werden, sobald das Objekt die Oberfläche erreicht. Notiert die **Falldauer** im Beobachtungsbogen.
3. Beschreibt zunächst die **Auswurfstrahlen** bezüglich ihrer Form, Ausdehnung etc. und messt nach Entfernung des Objekts aus dem Krater den **Kraterdurchmesser** sowie die **Kratertiefe**. Notiert die Werte ebenfalls im Beobachtungsbogen.
4. Nach jedem Einschlag muss die Oberfläche wiederhergestellt bzw. erneut geglättet werden.
5. Wiederholt nun die Schritte 1-4 mit Objekten unterschiedlicher Größe oder Dichte und notiert die Ergebnisse wieder im Beobachtungsbogen.

Tipp: Um genauere Ergebnisse zu erhalten, empfiehlt es sich, die einzelnen Messungen zwei- bis dreimal zu wiederholen und einen Mittelwert zu bilden. Erst dieser wird dann in den Beobachtungsbogen eingetragen.

Ergebnisse

1. Berechnet zunächst die **Geschwindigkeit** des Aufprallobjekts mittels der Formel

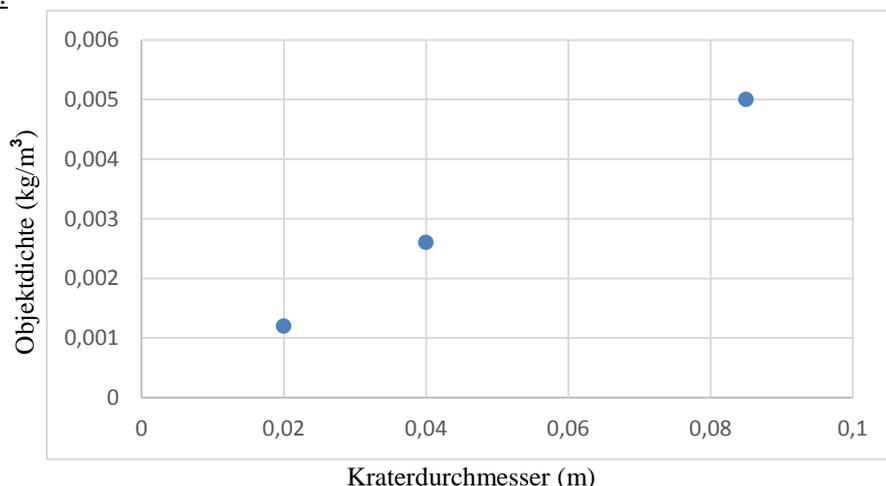
$$v = \frac{s}{t} \quad (s = \text{Fallhöhe, } t = \text{Falldauer})$$

und dann die **kinetische Energie** (K.E.) jedes Aufprallobjekts, wenn es auf die Oberfläche trifft. Die Formel hierzu lautet:

$$\text{K.E.} = \frac{1}{2} mv^2 \quad (m = \text{Masse, } v = \text{Geschwindigkeit})$$

2. Erstellt nun zwei Streudiagramme, um folgende Ergebnisse anschaulich darzustellen: Objektdurchmesser zu Kraterdurchmesser und Objektdichte zu Kraterdurchmesser.

Beispiel:



Zur Auswertung und Interpretation der Ergebnisse

- a) Wie hat sich der Durchmesser des Aufprallobjekts auf den Durchmesser des Kraters ausgewirkt? Wie hat es die Auswurfstrahlen beeinflusst?
- b) Wie hat die Dichte des Aufprallobjekts die Größe des Kraters beeinflusst? Hat das die Auswurfstrahlen beeinflusst?
- c) Haben die größeren Krater mehr Strahlen um sich herum?
- d) Inwieweit beeinflussen Geschwindigkeit und kinetische Energie die Größe des Kraters?
- e) Was ist mit dem Kakao passiert, als das Aufprallobjekt fallen gelassen wurde?
- f) Was sagt dieses Experiment über Krater auf der Oberfläche von Monden und Planeten aus?
- g) Waren die Ergebnisse wie erwartet? Entsprachen sie den Vorhersagen, die vor der Durchführung des Experiments gemacht wurden?
- h) Wie könnte diese Untersuchung weiter verbessert werden? Was waren die Hauptfehlerquellen bei der Untersuchung? Wie können diese minimiert werden?

Allgemeingültige Angaben (z.B. Fallhöhe):					
Objekt	Falldauer (s) und Geschwindigkeit ($\frac{m}{s}$)	Durchmesser des Strahlensystems (m)	Durchmesser des Zentralkraters (m)	Kratertiefe (m)	Sonstige Beobachtungen
1 Bezeichnung: Masse (kg): Dichte (kg/m ³): Kin. Energie:	t =				
	v =				
2 Bezeichnung: Masse (kg): Dichte (kg/m ³): Kin. Energie:	t =				
	v =				
3 Bezeichnung: Masse (kg): Dichte (kg/m ³): Kin. Energie:	t =				
	v =				
4 Bezeichnung: Masse (kg): Dichte (kg/m ³): Kin. Energie:	t =				
	v =				
5 Bezeichnung: Masse (kg): Dichte (kg/m ³): Kin. Energie:	t =				
	v =				

Abbildung 2: Dieser Beobachtungsbogen (Arbeitsblatt) befindet sich als separates PDF in der Anlage zu diesen Materialien.

Kraterexperiment II

Das Experiment kann auch mit Sand durchgeführt werden. In diesem Zusammenhang könnte auch das im SuW-Artikel angesprochene Thema des Erd- bzw. Hangrutsches mitbehandelt werden.

Der Hang wird hierbei zunächst aufgeschüttet oder mit nassem Sand modelliert und dann mit trockenem Sand bestreut. Die Aufgabe der Schülerinnen und Schüler besteht nun darin, den Hang so zu gestalten, dass ein naher Impakt einen Erdrutsch auslösen kann.

Folgende Beobachtungsaufgaben können hierbei gestellt werden:

- a) Wie muss der Winkel der Hangneigung gewählt werden, um eine möglichst effektive Rutschung auszulösen?
- b) Wie weit darf der Einschlagsort vom Hang maximal entfernt sein, damit noch eine Hangrutschung ausgelöst werden kann?
- c) Inwieweit stehen die Faktoren Fallhöhe, Geschwindigkeit und Winkel des einschlagenden Objekts in einem Zusammenhang mit der Distanz zwischen Einschlagsort und Hangsohle? Erstellt hierzu eine Tabelle, die diese Faktoren zueinander in Beziehung setzen.
- d) Welche Kräfte wirken üblicherweise bei einem Hangrutsch?



Abbildung 3: Erste Versuche und die allgemeine Erkenntnis, dass der Sand feinkörniger sein muss, damit ein Hangrutsch möglich wird. © C. Wolff

Kraterexperiment III

Für ein virtuelles Marskraterexperiment besuchen Sie bitte den **Impact Calculator** des Faulkes Telescope Projects unter folgenden Link:

http://down2earth.eu/impact_calculator/input.html?lang=de&planet=Mars

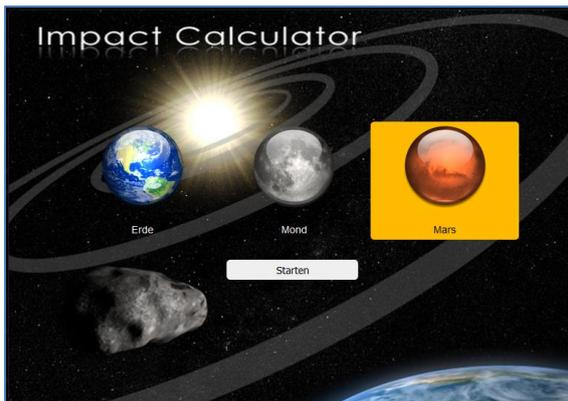


Abbildung 4*

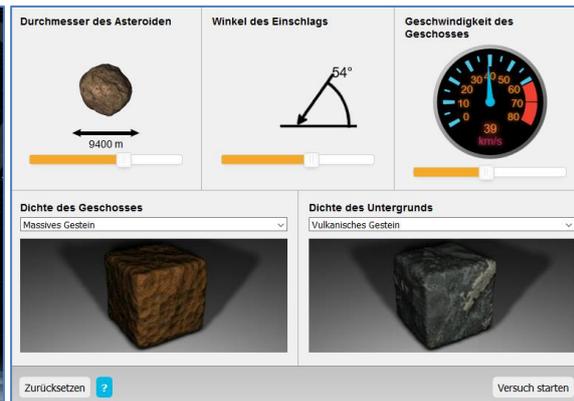


Abbildung 5*

Wie Abbildung 4 zeigt, besteht die Möglichkeit vorab, sowohl die Sprache Deutsch als auch den Einschlagsort (Erde, Mond oder Mars) auszuwählen.

Im zweiten Schritt (Abbildung 5) können nun die Parameter „Durchmesser des Asteroiden“, „Winkel des Einschlags“ und „Geschwindigkeit des Geschosses“ sowie die „Dichte des Geschosses“ und die „Dichte des Untergrunds“ festgelegt werden.

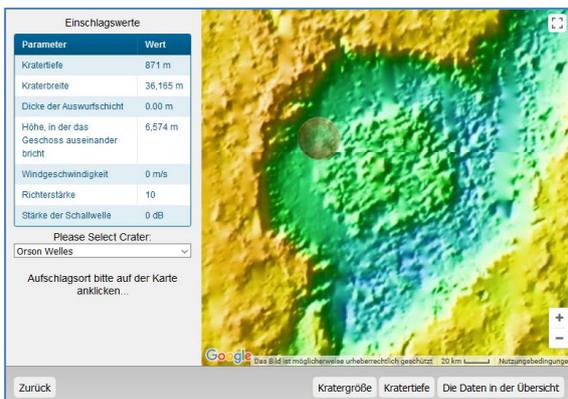


Abbildung 6*

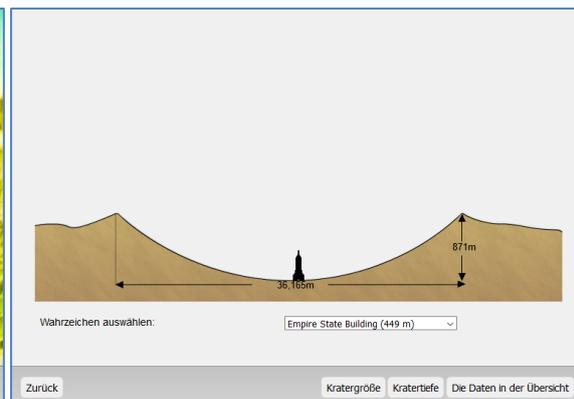


Abbildung 8*

(* = Screenshots des Impact Calculators des Faulkes Telescope Projects)

Im nächsten Schritt (Abbildung 6) kann nun der Einschlagsort markiert werden. Hierbei wird aus realem Kartenmaterial ausgewählt. Die nun dargestellten Einschlagswerte können durch weitere „Daten im Überblick“ ergänzt werden.

Schön ist hierbei auch die Darstellung eines Kraterquerschnitts inklusive Größenvergleich zu einer irdischen Sehenswürdigkeit (Abbildung 7).