

Kratererzeugung im Klassenraum

In Bezug zum Beitrag „Warum gibt es so wenige Krater auf Titan“ in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ 4/2013 (Blick in die Forschung)

Dirk Brockmann-Behnsen

Schon mit einer kleinen, frei hinter den Teleskopauszug gehaltenen Digitalkamera gelingen vergleichsweise spektakuläre Aufnahmen der Mondoberfläche, wie die nebenstehende Photographie der lunaren Südwestregion zwischen dem länglichen Kratersystem Schiller und dem südlichen Teil des Mare Humorum illustriert. Die Faszination, die von solchen Aufnahmen ausgeht, wirft die Frage auf, wie solch schroffe Landschaften entstanden sind.

In dem folgenden Artikel werden Möglichkeiten aufgezeigt, die Entstehung und Entwicklung der Oberfläche von Himmelskörpern und deren systematische Kartographierung nachzuvollziehen. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf den Erdmond gelegt. Dazu werden Beispiele für einfache Freihandexperimente vorgestellt. Außerdem hängt eine Reihe von Arbeitsblättern an, mit deren Hilfe man sich dem Thema auch theoretisch nähern kann. Abgerundet wird der Artikel durch Vorschläge, wie das Thema mit weiterführenden Materialien aus der Literatur und dem Internet vertieft werden kann.



Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Planeten, Kleinkörper	Landschaftsformen, Krater, Kartographie
Fächer- verknüpfung	Astronomie - Latein	Lateinische Vokabeln und Fachbegriffe
Lehre allgemein	Inhaltsbezogene und handlungsorientierte Kompetenzen	SuS führen einfache, auch quantitative Experimente nach zunehmend knapperer Anleitung durch ¹ , [...] beschreiben verschiedene geeignete Vorgänge mit Hilfe von Energieübertragungsketten ²

1. Historischer Hintergrund

Im Jahr 1609 rekonstruierte Galileo Galilei das von Hans Lippershey und anderen niederländischen Brillenmachern erfundene Fernrohr und richtete es als einer der ersten Menschen auf den bestirnten Himmel. Eines seiner ersten Beobachtungsziele war der irdische Mond. Was er dort entdeckte, faszinierte ihn zutiefst. Bereits im folgenden Jahr publizierte er seine Entdeckungen im Rahmen des Buches „Siderius Nuncius“. Dort schwärmt er:

„Pulcerrimum, atq(ue) visu iucundissimum est, Lunare corpus per sex denas fere terrestres diametros a nobis remotu(m), ta(m) ex propinquo intueri, ac si per duas t(antu)m easde(m) dimensiones distaret; [...] ex quo deinde sensata certitudine quispiam intelligat, Lunam superficie leni & perpolita nequaquam esse induta(m), sed aspera, & inæquali, ac veluti ipsiusmet Telluris facies ingentibus tumoribus, profundis lacunis, atq(ue) anfractibus undiquaq(ue) confertam existere.“

Galilei 1610, S. 7 f.

„Ein sehr schöner und erfreulicher Anblick ist es, den Mondkörper, der etwa sechzig Erdhalbmesser von uns entfernt ist, so aus der Nähe zu betrachten, als wäre er nur zwei solcher Längen entfernt. [...] Man erkennt dabei dann aufgrund sinnlicher Gewißheit, daß der Mond keineswegs eine sanfte und glatte, sondern eine raue und unebene Oberfläche besitzt und daß er, ebenso wie das Antlitz der Erde selbst, mit ungeheuren Schwellungen, tiefen Mulden und Krümmungen überall dicht bedeckt ist.“

Blumenberg 2002², S. 83 f.

¹ Vgl. MK Niedersachsen 2006, S. 20

² Vgl. MK Niedersachsen 2006, S. 26

Dieselbe Faszination ist garantiert, wenn man Schülerinnen und Schüler die Nachentdeckung von Galileis Beobachtung an einem Fernrohr ermöglicht. Die unmittelbare, eigene Beobachtung schafft eine unvergleichliche Motivation, sich mit den Vorgängen zu beschäftigen, die zur Schaffung dieser zuerst von Galilei beschriebenen lunaren Landschaft geführt haben.

2. Artificielle Erzeugung von Kraterlandschaften

Es gibt unterschiedliche Materialien, mit deren Hilfe man die Erzeugung von Kratern simulieren kann. Wem beim Verzehr eines Joghurts schon einmal ein Spritzer vom Löffel zurück in die Schüssel gefallen ist, hat vermutlich schon dort eine einfache Form der Kraterbildung beobachtet.

Neben Joghurt eignen sich Sand und Mehl sowie eine Wasser-Gips-Suspension besonders gut, Mit Gips lässt sich ein aushärtendes und damit dauerhaft bestehendes Ergebnis erzielen. Verschiedene Materialalternativen werden sehr schön auf der Kinderseite von astronomie.de beschrieben (siehe Internetadresse [1] im Anhang). Es muss bezüglich solcher Simulationen allerdings berücksichtigt werden, dass die Physik, die bei der realen Kraterentstehung eine Rolle spielt, sich wesentlich von der Physik dieser Simulationen mit vergleichsweise geringen Geschwindigkeiten unterscheidet (vgl. Schwarz 2008, S. 5 f. und Abschnitt 6.3 dieses Artikels).



Abb. 1

Am besten führt man die Simulation der Kraterentstehung im Freien durch, da durch Materialspritzer eine Menge Schmutz entsteht. Ist man auf eine Durchführung im Klassenraum angewiesen, empfiehlt es sich, den Boden mit Zeitungspapier oder Malerfolie auszulegen.

Bei Verwendung von Gips, rührt man die Suspension vorzugsweise in einem flachen rechteckigen Gefäß an und lässt die Schülerinnen und Schüler der Reihe nach einen kleinen Impaktor hineinwerfen. Besonders gut eignen sich hier kleine Kieselsteine (Lehrerimpuls: „Nicht größer als eure Fingerspitze!“). Diejenigen Schülerinnen und Schüler, die gerade nicht an der Reihe mit Werfen sind, sollten sich in einem großen Kreis um das Gefäß stellen, um nicht von Querschlägern oder Auswurfmaterial getroffen zu werden. Wenn die Suspension zu Beginn noch ziemlich flüssig ist, kann sehr gut beobachtet werden, wie sich die Gipsoberfläche zu Beginn des Bombardements noch gut wieder glätten kann, während sie später durch die Einschläge regelrecht vernarbt wird.

Nachdem alle Schülerinnen und Schülern ein- bis zweimal einen Krater in der Gips suspension erzeugt haben, sollte man das Gefäß zum Aushärten an einen abgelegenen Ort stellen.

Mit der aushärtenden Gipsplatte kann erst nach frühestens einer Woche weitergearbeitet werden. In der Zwischenzeit kann man sich der Entstehung kosmischer Landschaften theoretisch zuwenden. Dazu finden sich im Anhang zwei Arbeitsblätter, die im folgenden Abschnitt genauer erläutert werden.

3. Arbeitsblatt „Mondchronologie“

Während die Kraterlandschaft in der Gipswanne erstarrt, kann die Entstehung der Mondlandschaft im Klassenraum mit Hilfe des Arbeitsblattes „Mondchronologie“ theoretisch thematisiert werden. Auf diesem Arbeitsblatt findet sich eine Tabelle mit einer übersichtlichen Darstellung der fünf Perioden der Mondentstehung. Allerdings muss diese Tabelle von den Schülerinnen und Schülern noch ausgefüllt werden. Dazu findet sich ebenfalls auf dem Arbeitsblatt ein Text zur Geschichte der Mondentstehung. Bei diesem Text handelt es sich um eine schülergerechte Reduktion eines wissenschaftlich geschriebenen Kapitels von Patrick Moore zu diesem Thema aus dem Buch „Der Mond“ (Moore 1982, S

24. f.). Die Schülerinnen und Schüler können hier das „Lesen und Verstehen wissenschaftlicher Artikel“ (vgl. den gleichnamigen WIS-Artikel des Autors) üben. Es ist sehr hilfreich, wenn man beim Lesen des Textes die dort vermerkten Altersangaben und Namen der Perioden markiert, wie es auf dem Lösungsblatt zu diesem Arbeitsblatt (siehe Anhang) geschehen ist.

Methodisch bietet sich bei der Bearbeitung dieses Arbeitsblattes ein Ich-Du-Wir System an. Das Lesen des Textes und Ausfüllen der Tabelle sollte zunächst individuell erfolgen und danach mit einem Partner besprochen werden. Zur Ergebnissicherung werden die Namen, Zeiträume und vor allem die Beschreibungen der fünf Perioden der Mondentstehung im Plenum verglichen.

4. Kartographie der erzeugten Kraterlandschaft

Nachdem die selbst erstellte Kraterlandschaft erstarrt ist, kann sie aus der Plastikform entfernt werden. Zur Betrachtung der Landschaft eignet sich besonders gut ein verdunkelter Raum. Man legt die Landschaft in die Mitte des Raumes und lässt sich die Schülerinnen und Schüler darum gruppieren. Mit einem Strahler beleuchtet man die Landschaft dann zunächst fast senkrecht und fordert die Schülerinnen und Schüler auf, sie zu beschreiben.



Abb. 2

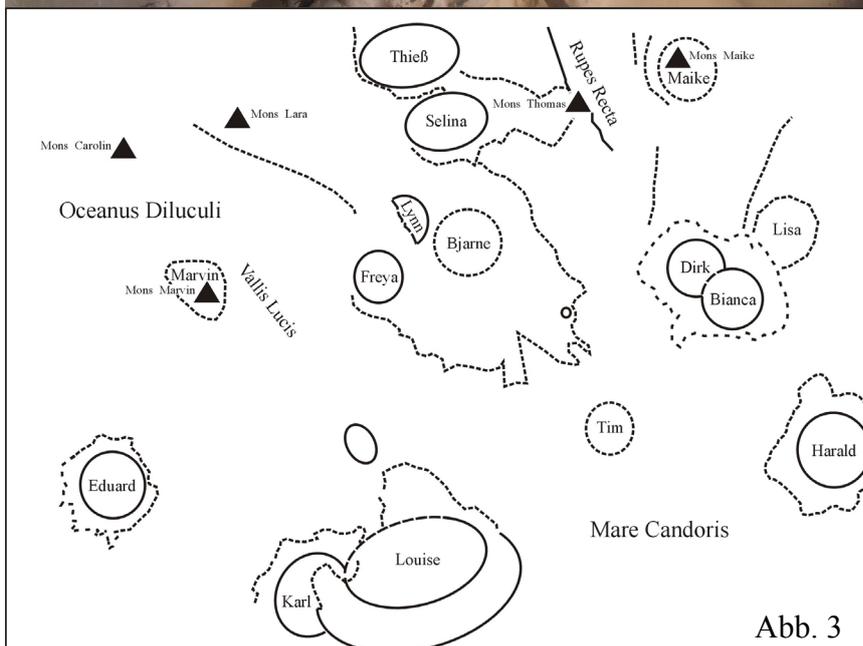


Abb. 3

Danach simuliert man einen Sonnenuntergang, indem man den Strahler immer weiter senkt und die Gipsplatte auf diese Weise unter zunehmend spitzem Winkel beleuchtet. Dieses Vorgehen löst gewöhnlich großes Erstaunen aus, weil die zunächst noch recht homogen wirkende Landschaft nun immer dramatischer erscheint: Berge beginnen langgezackte Schatten zu werfen, die Kraterwände beginnen auf der einen Seite in gleißendem Licht zu erstrahlen, während auf der gegenüberliegenden Seite Schatten wie schwarze Tinte in den Krater einzudringen scheinen. Hier wird deutlich, warum Mondphotographien um die Halbmondphase die besten Ergebnisse erzielen.

Nachdem die Kraterlandschaft allgemein von den Schülerinnen und Schülern beschrieben worden ist, sollte man zu einer systematischen Kartographie übergehen. Dazu empfiehlt es sich, die Landschaft zu photogra-

phieren und im A4-For-mat auszudrucken. Dieser Ausdruck kann zusammen mit einer darüber gelegten OHP-Folie mit Magneten an der Tafel fixiert werden.

Danach dürfen die Schülerinnen und Schüler nacheinander Krater mit ihrem eigenen Namen benennen und auf der Folie schematisch einzeichnen. Krater, die noch klar umrandet sind, können mit durchgezogenen Linien markiert werden, solche, die eher früh entstanden sind und daher sehr verwaschen oder überflutet sind, mit gestrichelten Linien. Für besondere Landschaftsformen wie Ebenen, Berge, Klippen o. ä. wird gemeinsam nach einem Namen gesucht, vorzugsweise in lateinischer Sprache. So wurde im nebenstehenden Beispiel die weite Ebene im Nordwesten „Ozean der Morgendämmerung“ (lat.: „Oceanus Diluculi“) genannt, vielleicht noch unter dem Eindruck des simulierten Sonnenaufganges mit dem Strahler.

5. Arbeitsblatt „Mondkartographie“

Möchte man den Aspekt der Bezeichnung von lunaren Landschaftsformen vertiefen, bietet sich der Einsatz des Arbeitsblattes „Mondkartographie“ an. Die Schülerinnen und Schüler müssen hier die in einer Tabelle aufgeführten Lateinische Bezeichnungen übersetzen. Als Hilfe ist auf dem Arbeitsblatt eine Zeichnung mit wichtigen Mondformationen wiedergegeben, denen die Bezeichnungen aus der Tabelle zugeordnet werden können. Auch sind in einer Fußnote alle Übersetzungen der Bezeichnungen ohne Reihenfolge angegeben. Bei Bedarf kann den Schülerinnen und Schülern auch ein Deutsch-Lateinisches Wörterbuch an die Hand gegeben werden.

In der Tabelle gibt es auch eine Spalte, in der die Schülerinnen und Schüler konkrete Beispiele für die genannten Landschaftsformen eintragen sollen. Daher ist es ratsam, eine Mondkarte oder einen Mondglobus im Klassenraum bereit zu stellen. Alternativ kann man auch eine Internetrecherche im Computerraum durchführen.

6. Weiterführende Materialien

6.1. Internetressourcen

Im Internet finden sich diverse Materialien zum Thema Kratererzeugung, deren wissenschaftliche Seriosität natürlich immer im Einzelnen geprüft werden muss.

Auf die Kinderseite von astronomie.de [1] wurde bereits verwiesen. Sehr praxisnah wird dort die Durchführung von Schulexperimenten gezeigt.

Die Lausitzer Sterngucker bieten auf ihrer Seite [2] unter anderem einen Impakt-Simulator für Meteoriteneinschläge an.

6.2. Simulationsprogramme

Eine interessante Ergänzung zum Thema Mondlandschaft bieten Computersimulationen wie „Mission Mond“ von United Soft Media. Man kann zusammen mit den Schülerinnen und Schülern virtuell über die Mondoberfläche fliegen.

6.3. Energetische Berechnungen

Schwarz (2008) führt in seinem sehr lesenswerten Artikel „Impaktenergien mit Schulmitteln abschätzen“ interessante Berechnungen durch. Unter anderem zeigt er dass ein Asteroid bei einer Einschlaggeschwindigkeit von 42 km s^{-1} das 340-fache seiner Eigenmasse als Meerwasser verdampfen kann. Daraus folgt, dass ein kugelförmiger Asteroid von 150 km Durchmesser und einer realistischen Dichte von 3 g cm^{-3} das gesamte Wasser der Erde verdampfen könnte, wenn die kinetische Energie des Impaktors vollständig in die Erwärmung und Verdampfung des Wassers investiert würde. Weiterhin wird in dem Artikel überschlagen, dass das Verhältnis von Asteroid- und erzeugtem Kraterradius bei einem Landtreffer mit der obigen Geschwindigkeit etwa 1:12 (!) beträgt. Die in einem Schulexperiment erzeugten Krater (vgl. Abb. 2) haben allerdings höchstens ein Verhältnis von 1:2. Der Impaktor, ein

Kieselstein, steckt dort in vielen Fällen noch gut sichtbar im Gipskrater. Schwarz (2008, S. 5 f.) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass sich die Physik eines realen Asteroideneinschlages wesentlich von der Physik der hier beschriebenen Simulationsexperimente unterscheidet. Selbst wenn man den Impaktor im Experiment mit einem Gewehr in die Gipswanne schießen würde, bliebe die Einschlaggeschwindigkeit noch deutlich unter der Schallgeschwindigkeit von aushärtendem Gips. Daher wird die kinetische Energie des Experimentimpaktors einerseits in Wärmeenergie und andererseits in mechanische Energie durch Stoßübertragung im getroffenen Medium umgewandelt. Der reale Asteroid schlägt mit wesentlich höherer Geschwindigkeit in das Medium ein als dessen eigene Schallgeschwindigkeit. Daher kann die kinetische Energie im Moment des Einschlages im Medium nicht weitergeleitet werden. Die Umgebung der Einschlagstelle und der Asteroid selbst werden durch diese „gefangene“ Energie verdampft. Dass dadurch entstehende Gas steht unter enormem Druck und expandiert schlagartig. Ein Asteroideneinschlag ist also eher mit einer Explosion zu vergleichen als mit einem aus der Alltagsvorstellung bekannten Einschlag oder Einschuss.

Literatur

- Blumenberg, H.** (2002²): *Galileo Galilei. Siderius Nuncius. Nachricht von neuen Sternen*, Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 337, 2. Auflage, Frankfurt am Main
- Galilei, G.** (1610): *Siderius Nuncius*, Venedig
- Moore, P.** (1982): *Der Mond*, Herder, Freiburg
- Niedersächsisches Kultusministerium** (Hrsg., 2006): Kerncurriculum für das Gymnasium, Schuljahrgänge 5 – 10, Mathematik, Hannover
- Schwarz, O.** (2008): Impaktenergien mit Schulmitteln abschätzen, in: *Astronomie + Raumfahrt im Unterricht* 45 (2008) 103, S. 4-6

Internet (März 2013)

- [1] <http://www.astronomie.de/astronomie-fuer-kinder/die-astrokids/experimente/mondkratesimulation/>
- [2] <http://www.lausitzer-sterngucker.de/toy-impaktsimulator/>

Zusatzmaterialien

- Arbeitsblatt „Mondchronologie“ (samt Lösungsblatt)
- Arbeitsblatt „Mondkartographie“ (samt Lösungsblatt)