

## ZUM NACHDENKEN

# Tycho, Chicxulub und Ries



In die Untersuchung von Coryn Bailer-Jones (siehe S. 36) flossen alle irdischen Krater bekannten Entstehungsdatums ein. Dazu zählen auch das Nördlinger Ries und der Chicxulub-Krater auf der Halbinsel Yucatán vor 65 Millionen Jahren. Nach einer Veröffentlichung aus dem Jahr 2007 stammen die Impaktoren, die den Chicxulub-Krater und den Mondkrater Tycho schufen, vom selben Mutterkörper ab wie der Asteroid (298) Baptistina.

**Aufgabe 1: a)** Welche minimale Einschlaggeschwindigkeit  $v_{\min}$  kann ein Impaktor bei Erde und Mond besitzen? Unter der Annahme, dass der Impaktor im Unendlichen die Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 0$  hat und nur durch die Gravitation des jeweiligen Körpers beschleunigt wird, folgt sie aus der Anwendung des Energiesatzes  $E_{\text{ges}}|_{\text{Einschlag}} = E_{\text{ges}}|_{\infty}$  mit  $E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$ ,  $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$  und  $E_{\text{pot}} = -G m M/R$ . Die Radien und Massen von Erde und Mond sind:  $R_E = 6378$  km,  $R_M = 3476$  km,  $M_E = 5,974 \cdot 10^{24}$  kg,  $M_M = 7,349 \cdot 10^{22}$  kg, Gravitationskonstante  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ . **b)** Welcher Name wurde für  $v_{\min}$  geprägt?

**Aufgabe 2:** Unter der Annahme, dass die jeweiligen Impaktoren zusätzlich zu  $v_{\min}$  aus Aufgabe 1 eine Anfangsgeschwindigkeit von 10 km/s besaßen und ihre Dichte  $\rho = 3 \text{ g/cm}^3$  betrug, berechne man ihre Größe  $d$ . Als Messwerte stehen die Kraterdurchmesser zur Verfügung:  $D_T = 86,2$  km,  $D_C = 180$  km und  $D_R = 24$  km. Impaktoren der Energie  $E_{\text{kin}}$  schlagen auf der Erde einen Krater der Größe  $D_E = 0,074 \kappa W^{1/3,4}$  km. Dabei ist  $\kappa$  ein Korrekturfaktor. Für Krater größer als 4 km gilt:  $\kappa = 1,3$ . Die dimensionslose Einschlagenergie ist  $W = E_{\text{kin}}/kt_{\text{TNT}}$ , wobei eine Kilotonne TNT ( $kt_{\text{TNT}}$ ) der Energie  $4,185 \cdot 10^{12}$  Joule entspricht. Die Größe von Kratern auf dem Mond lässt sich mit Hilfe der Skalierung  $D_M/D_E = (g_E/g_M)^{1/6}$  bestimmen. Darin bezeichnet  $g$  die Schwerebeschleunigung:  $g = G M/R^2$ . AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. November 2011** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528246. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern **Preise** verlost: siehe S. 117

als 35 Kilometer im Durchmesser und jünger als 400 Millionen Jahre, lässt sich der Trend in der Tat schon nicht mehr nachweisen.

Andererseits könnte zumindest ein Teil des Anstiegs real sein. Anstatt auf der Erde nach Kratern zu suchen, wo Wind und Wetter für kräftige Erosion von Oberflächenmerkmalen sorgen, kann man auch den Mond betrachten. Während von dessen Kratern nur in wenigen Ausnahmefällen (durch das Apollo- und das Luna-Programm) direkte Datierungen vorliegen, lässt sich aus der Überdeckung älterer durch jüngere Krater sowie aus den strahlenförmigen Auswürfen, den Ejekta, deren hellere Farbe im Laufe der Jahrtausende immer weiter nachdunkelt, abschätzen, wie sich die Einschlagrate mit der Zeit verändert hat. Einige Autoren sehen hier einen ähnlichen Aufwärtstrend, wie ihn Coryn Bailer-Jones für die irdischen Krater erhalten hat – genauer: Sie erhielten eine solche Einschlagrate, die sich im Laufe der letzten 300 Millionen Jahre so gut wie verdoppelt hat.

Welche Rolle Auswahleffekt und realer Anstieg bei der Erklärung des Trends spielen, muss sich erst noch erweisen. Bailer-Jones hat als nächstes Forschungsziel, und hier schließt sich der Kreis, jedenfalls die Artenvielfalt im Visier und möchte untersuchen, zu welchem Ergebnis – Periodizität? Trend? – eine bayesische Auswertung für diesen Datensatz gelangt.

nicht ins Gewicht. Stattdessen kommen die Stärken des Verfahrens voll zum Tragen, insbesondere beim Umgang mit Fällen, in denen nur Altersgrenzen, aber keine konkreten Alterswerte für Krater vorliegen.

### Analyse zeigt neue Ergebnisse

Das erste Ergebnis von Bailer-Jones' Untersuchung lautet:

■ Einfache periodische Variationen, wie sie in den erwähnten früheren Studien behauptet worden waren, sind anhand der verfügbaren Daten auszuschließen. Stattdessen zeigen die Daten eine allgemeine Tendenz:

■ Seit rund 250 Millionen Jahren hat die Einschlagwahrscheinlichkeit – abgeschätzt anhand der zu verschiedenen Zeiten entstandenen, heute noch nachweisbaren Krater – stetig zugenommen.

Das entspricht einem der bereits erwähnten Fallstricke traditioneller Statistik: Wer in solch einer Situation die Nullhypothese »konstante Einschlagwahrscheinlichkeit« ablehnt und stattdessen auf Periodizität schließt, übersieht, dass es noch andere Möglichkeiten gibt, zum Beispiel eben solch einen allgemeinen Trend.

Was steckt hinter diesem Trend? Die erste Möglichkeit ist, dass es sich um einen Auswahleffekt handelt: Größere und/oder jüngere Krater lassen sich einfacher nachweisen als kleinere und/oder ältere. Kleinere Krater erodieren schneller und sind nach einer gewissen Zeit nicht mehr auffindbar, und ältere Krater haben generell mehr Zeit, zu erodieren und sich wieder mit Material zu füllen als jüngere Krater. Betrachtet man in Bailer-Jones' Analyse nur Krater größer



**MARKUS PÖSSEL** leitet das Haus der Astronomie in Heidelberg.

### Literaturhinweise

**Bailer-Jones, C. A. L.:** Bayesian time series analysis of terrestrial impact cratering. In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 416, S. 1163–1180, 2011

**Bailer-Jones, C. A. L.:** The evidence for and against astronomical impacts on climate change and mass extinctions: a review. In: International Journal of Astrobiology 8, S. 213–219, 2009