

# Distribution Patterns of Meteoritic Craters on Inner Planets of the Solar System

## Verteilungsmuster von Meteoritenkratern auf sonnennahen Planeten

HANNES THIERGÄRTNER, Berlin

**Key words:** distribution function, meteoritic crater, planet, Moon.

### Abstract

The density of meteoritic impacts that have caused craters on the planets Mercury, Venus, Mars and the Earth's Moon is studied in contrast to previous contributions which have investigated the distribution of diameters of meteoritic craters. High resolution images have been subdivided into equal cells, and the number of clearly visible craters per cell was counted. Preliminary statistical tests were made to decide about the inclusion of shaded parts of the photographs.

The nature of craters is summarized to explain the given situations on the surfaces.

There is no previous knowledge regarding the mathematical distribution functions describing the observed frequency distributions best. Discrete models have been applied to fit the empirical data by theoretical functions.

The spatial density of craters on Venus and Mars can be fitted best by a POISSON distribution which characterizes relatively rare events. Craters at the surface of Mercury follow a negative binomial distribution but they can be fitted also by a NEYMAN distribution. The meteoritic impacts on the Moon can be precisely described by a binomial distribution.

### Zusammenfassung

Meteoritische Einschläge erzeugen auf sonnennahen Planeten und deren Monden Krater, sofern sie nicht in einer bestehenden Atmosphäre verglühen. Bei Fehlen einer Atmosphäre bleiben die Einschlagstrukturen über lange Zeiten erhalten. Die Eigenschaften der Oberflächen der Himmelskörper werden deshalb im Abschnitt 2 kurz beschrieben. Hier werden auch die zur Auswertung herangezogenen Teilgebiete der Himmelskörper benannt. In den Tabellen 1 bis 4 werden die jeweils größten Krater charakterisiert. Irdische Meteoritenkrater verwittern stets in geologisch kurzer Zeit und lassen sich hier nicht untersuchen. Ergänzend wurde der Erdmond als Himmelskörper mit einbezogen. Tab. 5 informiert über wichtige statistische Maßzahlen zum Untersuchungsgegenstand.

Aus einer Analyse der Durchmesser der Impactstrukturen lassen sich Erkenntnisse über die Einschlagskraft oder -energie der Meteoriten ableiten. Demgegenüber führt eine Analyse der Verteilung der Krater auf der Oberfläche zu Erkenntnissen über eventuelle Gesetzmäßigkeiten, die mit den Aufschlägen verbunden sein können. Hierfür lassen sich Modelle der Regionalisierung mittels Kriging, trendanalytische Modelle oder Häufigkeitsverteilungsanalysen einsetzen.

Die im Beitrag vorgestellte Methodologie umfasst

- (1) die Auswahl geeigneter Teile der Planetenoberflächen durch Auswertung verfügbarer kosmischer Aufnahmen;
- (2) das Gridding der Oberflächen in rechteckige Zellen (Abb. 1 – 5);
- (3) vorangestellte Tests über die Auswertbarkeit der erhaltenen Zellen zwecks Vermeidung systematischer Fehler;
- (4) das Auszählen erkennbarer Krater je Zelle und
- (5) die mathematische Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

Um Verzerrungen der Zellengeometrie in höheren Breiten der Himmelskörper infolge der zylindrischen Mercatorprojektion weitgehend auszuschließen, wurden entweder nur äquatornahe oder relativ begrenzte Teilgebiete in die Untersuchung einbezogen.

Die einleitenden Tests (Mittelwert-t-Test, Varianzanalyse, DUNCAN-Test) ergaben, dass sich die Krateranzahl im „östlichen“ (im Bild rechten) beschatteten Zellenstreifen auf der Marsoberfläche nicht signifikant von der anderer Streifen unterscheidet, so dass dieser Streifen in die Auswertung einbezogen werden kann. Ein analoger Test für den Mond zeigte, dass der hier ebenfalls beschattete „östliche“ Streifen signifikant weniger Krater erkennen lässt und insofern nicht einzubeziehen ist (Tab. 6 – 11).

Wegen des Fehlens begründeter Annahmen sind verschiedene theoretische Verteilungsfunktionen für diskrete Variable (Tab. 12) an die beobachteten, empirischen Häufigkeitsverteilungen angepasst und auf Signifikanz geprüft worden. Jede dieser Verteilungen beschreibt unterschiedliche statistische Situationen. Tab. 13 und 14 zeigen die erhaltenen Ergebnisse für den Erdmond und den Mars als Beispiele. Alle Resultate sind in Tab. 15 zusammengestellt worden. Es zeigt sich, dass sich die Beobachtungen mit 95-prozentiger statistischer Sicherheit durch ausgewählte theoretische Verteilungsfunktionen beschreiben lassen. Die gute Anpassung theoretischer Verteilungen an die empirischen Häufigkeiten wird in Abb. 6 visualisiert.

Die Studie zeigt, dass die Einschlagsdichte der Krater weder chaotisch verteilt noch determiniert-gleichmäßig ist. Die Dichte folgt vielmehr probabilistischen Gesetzmäßigkeiten. Diese lassen sich mittels statistischer Verfahren untersuchen. Gesetzmäßige Verteilungsmuster werden innerhalb bestimmter Grenzen von zufälligen Abweichungen überlagert.

Eine Gleichverteilung, bei der alle Zellen etwa gleich viele Einschläge aufweisen und die erwartet werden hätte können, liegt in keinem Fall vor. Das betrifft auch die hypergeometrische Verteilung.

Einer POISSON-Verteilung folgen die Krater auf Venus und Mars. Dieser Verteilungstyp kennzeichnet relativ selten vorkommende Ereignisse. Die Merkur-Krater lassen sich durch eine negativ-binomische oder PASCAL-Verteilung beschreiben, welche unimodal verteilte Versuche mit nicht konstanter Ereigniswahrscheinlichkeit kennzeichnet, wenn der Erwartungswert kleiner als die Varianz (Dispersion) ist. Sie können aber auch mit einer NEYMAN-Verteilung vom Typ A beschrieben werden, einer sogenannten „ansteckenden“ Verteilung, bei der die Wahrscheinlichkeit des Antreffens vieler Krater größer ist, wenn in der Nachbarschaft ebenfalls viele Krater vorkommen. Die Mondkrater werden signifikant durch eine binomische Verteilung erfasst, die gleiche und voneinander unabhängige Ereignisse modelliert.

Es könnte Aufgabe astronomischer Überlegungen sein, welche Schlussfolgerungen sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ziehen lassen.