
Long-term isostatic crustal relaxation of meteorite impact
structures inferred from scaled analogue experiments:
Influence of rheological layering of target rock on floor
fracture patterns

Stephanie Teuber, 6330774

Department of
Earth Sciences
University of Hamburg

Thesis with the aim of achieving a

Master of Science

Handed in on 22.12.2016

Time needed for completion: 28.06.2016 - 22.12.2014

First supervisor: Prof. Dr. Ulrich Riller

Second supervisor: Dr. Matthias Rosenau

Analogue modeling of long-term impact relaxation processes

Acknowledgment

I would like to thank Prof. Dr. Ulrich Riller and Dr. Matthias Rosenau for their supervision of my master's thesis. I am very grateful for the unlimited support I received!

Further I want to give thanks to Dr. Sascha Brune for his complementary numerical model and helpful correspondence. For the opportunity of using the analogue laboratory at the GeoForschungsZentrum Potsdam, special thanks to Prof. Dr. Onno Oncken as well as my on-site colleagues for their creative and solution-oriented answers to my questions.

Last but not least, a big thank-you to my great friends and family for their encouragement!

Index

Acknowledgment	2
Abstract	4
Zusammenfassung	4
1. Introduction	5
2. Methods	9
3. Results	15
3.1. Fractures	15
3.2. Strain	19
3.3. Deformation Phases and Time Scaling	20
4. Discussion	23
4.1. Isostatically driven Uplift Rate	23
4.2. Influence of Layering and Crater Dimensions on the Relaxation Process	24
4.3. Influence of Layering and Crater Dimensions on the Fracture Patterns	24
4.4 Relaxation Pulses and Analogue Experiments compared to Natural Investigations ..	28
5. Conclusion	30
References	31
Literature	31
Internet	34
Figures and Table	35
Figures	35
Tables	36
Appendix	37
Figure	37
Tables	38
Erklärung	40

Abstract

Floor-fractured craters (FFCs) have been intensively studied via gravitational mapping or numerical modeling. Based on those studies, two mechanisms were pronounced to clarify the formation of the craters characteristic shallow and fractured floors: firstly, the intrusion of an igneous body underneath the crater and secondly, long-term topographic relaxation. In this thesis, I further investigate the formation of FFCs by testing the hypothesis of long-term crustal readjustment on a 2-layer model, representing the Earth's crust in a simplified form. In contrast to previous numerical model studies, I use analogue modeling for 12 experiments in total. Each experiment is specified by its model crater dimensions and model crustal layering, allowing me to analyze the influence of those parameters on the developing fracture patterns. The resulting model FFCs show not only a strong resemblance to natural occurring FFC-prototypes but moreover, they are also suitable to narrow down the time frame of fracture formation. Using an analogue modeling technique, which concerns the isostasy as the main driving force, shows that the development of fracture patterns is not only dependent on the pronounced parameters, but also executes in formation pulses. Both are concepts mentioned in several other studies and can further be supported through the experimental results.

Zusammenfassung

Meteoritenkrater mit auffällig flachen und von Rissen gezeichneten Kraterböden, im Englischen „floor-fractured craters“ (FFCs) genannt, sind schon seit einigen Jahren Objekt intensiver Studien. Mit Hilfe von Gravitationskartierungen und Numerischen Modellen konnte der Kenntnisstand stetig erweitert werden, so dass sich im Laufe der Zeit zwei mögliche Hypothesen zur Entstehung eben dieser Krater herauskristallisiert haben. Die erste Theorie beruht auf der Platznahme eines magmatischen Körpers unterhalb des Kraters, der für das Heben und simultane Brechen des Kraterbodens sorgt. Im Gegensatz dazu befasst sich die zweite Theorie mit dem Konzept der Krustenrelaxation, wonach die Kraterbodenmodifikationen Resultat von Massenausgleichsbewegungen sind. In dieser Arbeit soll die Entstehung von FFCs unter dem Aspekt der Langzeit-Krustenrelaxation genauer untersucht werden. Mittels Analogmodellierung werden insgesamt 12 Experimente an einem 2-Schichten-Modell, welches als vereinfachte Darstellung der Erdkruste dient, durchgeführt. Jedes Experiment ist spezifiziert über die festgelegten Modellkratermaße sowie über die Mächtigkeitsverhältnisse der Modellschichten. Die Wahl der Parameter hat einen unmittelbaren Einfluss auf die voranschreitende Relaxation und die Entwicklung von Rissmustern auf den Modellkraterböden. Die resultierenden Modell-FFCs weisen nicht nur eine starke Ähnlichkeit zu natürlich vorkommenden FFCs auf, sondern lassen zusätzlich auch Aussagen über die zeitliche Entwicklung der Kraterbodenrisse zu. Mit den durchgeführten Analogexperimenten, in der die Isostasie als treibende Kraft wirkt, lässt sich eine parameterabhängige und periodisch voranschreitende Rissbildung feststellen.