

S T R E I F L I C H T E R

Neue Erkenntnisse über das Magnetfeld von Merkur

Bereits 1974 wies die Raumsonde Mariner 10 nach, dass der Planet Merkur ein schwaches Magnetfeld besitzt. Merkur und die Erde sind die einzigen der inneren Planeten, die ein Magnetfeld aufweisen, wobei das Magnetfeld von Merkur nur etwa 1% der Stärke desjenigen der Erde besitzt. Es war bislang unklar, wodurch sein Magnetfeld erzeugt wird. Unter anderem wurde spekuliert, dass das jetzige Magnetfeld der Überrest eines früheren Magnetfeldes ist und durch magnetische Strukturen in der Kruste aufrecht erhalten wird, während der Kern mittlerweile abgekühlt und fest ist (SALOMON et al. 2008).

Anfang dieses Jahres flog die unbemannte Raumsonde MESSENGER zum ersten Mal an Merkur vorbei. Sie vermaß dabei unter anderem das Magnetfeld (ANDERSON et al. 2008). Überraschend war, dass die Intensität des Magnetfeldes seit der Entdeckung 1974 praktisch gleich geblieben zu sein scheint. Unterschiedliche geometrische Untersuchungen führen zu dem vorläufigen Ergebnis, dass es genauso wie das Magnetfeld der Erde durch einen magnetischen Dipol erzeugt wird. Die Autoren schließen daraus, dass der äußere Kern des Merkur flüssig und somit für das Magnetfeld verantwortlich sei. Die These, dass das Magnetfeld durch magnetische Strukturen in der Kruste aufrecht erhalten wird, scheint damit durch die Ergebnisse von MESSENGER sehr unplausibel geworden zu sein.

Zusätzlich untersuchte MESSENGER die Magnetosphäre (SLAVIN et al. 2008), welche durch die Wechselwirkung des Magnetfeldes mit dem Sonnenwind – bestehend aus geladenen Teilchen – erzeugt wird. Sie hat den Messungen zufolge eine ähnliche Form wie der Schweif eines Kometen. Dies ist auf die kurze Distanz Merkurs zur Sonne zurückzuführen, da der Sonnenwind bei dieser Distanz eine hohe Geschwindigkeit hat. Eine detaillierte Untersuchung der Magnetosphäre unterstützt die Hypothese, dass das Magnetfeld durch einen flüssigen äußeren Kern hervorgerufen wird.

Ähnliches trifft auch auf die Untersuchung der sogenannten Exosphäre zu. Die Exosphäre setzt sich aus geladenen Teilchen in der unmittelbaren Umgebung der Oberfläche des Planeten zusammen. Bewegen sich geladene Teilchen durch ein Magnetfeld, so werden diese abgelenkt. Aus dem Verhalten der geladenen Teilchen in der Exosphäre des Merkur können somit Rückschlüsse auf das Magnetfeld gezogen werden. Eine mit Hilfe von MESSENGER durchgeführte Untersuchung der Exosphäre unterstützt ebenfalls die Hypothese, wonach der Merkur einen flüssigen äußeren Kern besitzt (ZURBUCHEN et al. 2008).

Die Sonde wird noch zwei Mal an Merkur vorbeifliegen und im Jahr 2011 in eine Umlaufbahn um Merkur einschwenken. Dabei sollen unter anderem weitere Messungen des Magnetfeldes, der Magnetosphäre sowie der Exosphäre vorgenommen werden. Sollte dies die bisherigen Ergebnisse bestätigen, so stellt sich die Frage, warum der äußere Kern trotz der geringen Größe des Merkur noch nicht abgekühlt ist, wenn das Sonnensystem tatsächlich so alt ist wie gemeinhin angenommen. [SALOMON SC et al. (2008) Return to Mercury: A Global Perspective on MESSENGER's first Mercury Flyby. *Science* 321, 59; ANDERSON BJ et al. (2008) The Structure of Mercury's Magnetic Field from MESSENGER's first Flyby. *Science* 321, 82; SLAVIN JA et al. (2008) Mercury's Magnetosphere after MESSENGER's First Flyby. *Science* 321, 85; ZURBUCHEN TH et al. (2008) MESSENGER Observations of the Composition of Mercury's Ionized Exosphere and Plasma Environment. *Science* 321, 90.] J. Sohns

Altersbestimmung mit Hilfe von Kratern

Die Raumsonde MESSENGER nahm Anfang des Jahres unterschiedliche Bilder der Merkuroberfläche auf. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf der Zahl und der Größe der vorhandenen Einschlagskrater im sogenannten *Caloris Becken* (STROM et al. 2008). Dabei handelt es sich um ein großes Becken, das vermutlich vulkanischen Ursprungs ist. Aus der Zahl und der Größe der Einschlagskrater innerhalb des Beckens erhofft man sich Rückschlüsse auf das Alter des Beckens. Zunächst wurden die Durchmesser der auf den Aufnahmen erkennbaren Krater bestimmt. Hieraus wurde für jede mögliche Kratergröße die zugehörige Anzahl von Kratern bestimmt. Die Kratergröße sowie die jeweilige Anzahl von Kratern wurden

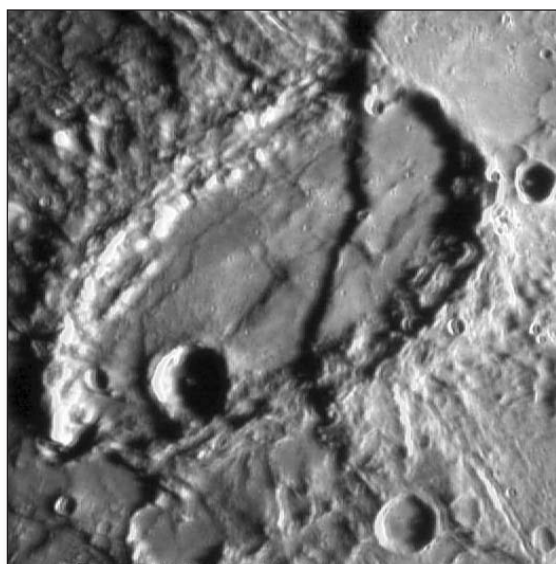


Abb. 1: Der Sveinsdóttir-Krater ist wahrscheinlich durch den Einschlag eines größeren Meteoriten entstanden und besitzt einen Durchmesser von etwa 220 km. Eine etwa 600 km lange Spalte führt mitten durch den Krater. Es wird vermutet, dass diese Spalte durch eine langsame Abkühlung der Merkuroberfläche entstanden ist. (NASA)

anschließend in einem Diagramm gegeneinander aufgetragen. Diese Methode wurde bereits mehrfach für Altersbestimmungen auf unterschiedlichen Planeten und Monden im Sonnensystem (z.B. Mond und Mars) verwendet (STROM et al. 2005).

Für große Werte der Kratergrößen war in den zugehörigen Diagrammen ein einfacher Zusammenhang in Form einer Potenzfunktion gefunden worden. Das bedeutet, dass die Anzahl Krater der Größe x proportional zu x^{-n} ist, wobei die Potenz n für alle Größen gleich ist. Es wurde davon ausgegangen, dass die zugehörigen Krater mehrheitlich während einer frühen Epoche des Sonnensystems durch die Einschläge einer großen Zahl von Asteroiden aus dem Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter entstanden sind. Für kleinere Kratergrößen ergab sich ebenfalls eine Potenzfunktion, der Exponent hatte hier jedoch einen anderen Wert. Für die kleinen Krater lautet die Hypothese, dass sie mehrheitlich durch sogenannte sekundäre Einschläge entstanden sind. Dabei handelt es sich um Material, das bei Einschlägen weggeschleudert wird und später erneut auf der Oberfläche auftritt. Die Zahl der Krater einer bestimmten Größe setzt sich damit aus primären und sekundären Kratern zusammen, wobei unterhalb einer bestimmten Größe die sekundären Krater gegenüber den primären überwiegen. Die Kratergröße, bei der die Zahlen der primären und der sekundären Krater gleich sind, wird dazu verwendet, die Verteilung der sekundären Krater zu charakterisieren.

Ein Vergleich zwischen den früheren Ergebnissen auf Mond und Mars einerseits und den von MESSENGER gelieferten Aufnahmen andererseits führte nun zu einem überraschenden Ergebnis: Für große Kratergrößen stimmte die Verteilungsfunktion für die verschiedenen Himmelskörper überein. Es wäre zu erwarten, dass dies auch für die sekundären Krater zutrifft. Für die kleineren, vermutlich durch sekundäre Einschläge entstandenen Krater wich die Verteilung im *Caloris Becken* jedoch entgegen der Erwartung von den Verteilungen auf Mond und Mars ab. Der Übergang, ab dem die sekundären Krater gegenüber den primären Kratern überwiegen, lag bei Merkur bei einem Durchmesser von ca. 10 km, während dieser Übergang bei Mars bei etwa 1 km lag. Die Werte der Exponenten waren für die Verteilungen auf Mond, Mars und Merkur zwar gleich, auf dem Merkur war die Dichte der sekundären Krater jedoch größer als auf dem Mond und dem Mars. Die sekundären Krater spielen somit auf dem Merkur eine größere Rolle als auf dem Mars.

Warum diese kleineren Krater auf dem Merkur eine andere Verteilung aufweisen als auf dem Mond und dem Mars ist unklar (STROM et al. 2008). Die Autoren vermuten, dass die Zusammensetzung der Oberfläche von Merkur dazu führt, dass das bei Einschlägen aufgeschleuderte Material eine andere Größe aufweist als auf dem Mond und dem Mars. Sie kommen zu dem Schluss, dass diese

Methode zur Altersbestimmung auf Merkur nur „mit Vorsicht“ angewendet werden sollte. In der genannten Arbeit wurden aus der Verteilung der sekundären Krater jedoch keine konkreten Altersangaben abgeleitet. An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass die Autoren nicht der Frage nachgehen, ob die Daten auch durch einen anderen funktionalen Zusammenhang als ein Potenzgesetz angemessen beschrieben werden können. Der vorausgesetzte potentielle Zusammenhang geht aus den in der Arbeit dargestellten Graphiken nicht zwingend hervor.

Bereits in einer früheren Untersuchung der Jupitermonde Io und Europa war die Verteilung der sekundären Krater von dem erwarteten Verlauf abgewichen. Eine mögliche Erklärung hierfür wird in ZAHNLE et al. (2007) und ALVARELLOS et al. (2007) vorgestellt. Es wird vermutet, dass bei Einschlägen auf Io aufgeschleuderte Gesteinsbrocken später auf Europa eingeschlagen sind. In dem vorgeschlagenen Modell wird zudem der Einfluss der anderen Jupitermonde untersucht. Die Autoren vermuten zudem einen Zusammenhang zwischen Einschlägen auf dem Mars und Sekundärkratern auf den Jupitermonden.

In den genannten Arbeiten wird somit Folgendes deutlich: Die Größenverteilung der Krater kann nicht ohne weiteres zur Altersbestimmung herangezogen werden, wenn nur die Krater auf einem Himmelskörper isoliert betrachtet werden. Zudem ist die Größe des bei den ersten Einschlägen aufgeworfenen Materials nicht bekannt. Diesbezüglich müssen Annahmen vorgenommen werden. Betrachtet man die Diskrepanzen zwischen den Kraterverteilungen auf Io, Europa, dem Mars, dem Mond sowie dem Merkur, so stellt sich die Frage, ob die Kraterstatistiken für sekundäre Krater überhaupt ein zuverlässiges Instrument zur Altersbestimmung darstellen können.

[STROM RG et al. (2008) Mercury Cratering Record Viewed from MESSENGER's first Flyby. *Science* 321,79; STROM RG et al. (2005) The Origin of Planetary Impactors in the Inner Solar System. *Science* 309,1847; ZAHNLE KJ et al. (2007) Secondary and sesquinary craters on Europa, *Icarus* 194, 660; Alvarellos JL et al. (2007) Transfer of mass from Io to Europa and beyond due to cometary impacts, *Icarus* 194, 220.] J. Sohns

Kommunikation bei Bienen: wir verstehen alles – auch Dialekt!

Arbeiterinnen der Honigbienen (*Apis*, Apidea) geben Informationen über entdeckte Futterquellen an Schwarmmitglieder weiter. Die meist differenzierte Form der Informationsweitergabe für weit entfernte Futterquellen ist der so genannte Schwänzeltanz. Dabei bewegt sich die tanzende Biene etwa in Form einer Acht und bewegt ihren Körper auf der Strecke zwischen den sich berührenden Kreisen horizontal hin und her („schwänzeln“).