

Elastische Wellen als bildgebendes Mittel der Schädigungszone durch Hochgeschwindigkeits-Experimente

Dorothee MOSER^{*}, Nicole GÜLDEMEISTER^{**}, Elmar BUHL^{***}, Kai WÜNNEMANN^{**},
Christian GROBE^{*}

^{*} Technische Universität München (Baumbachstraße 7, 81245 München, moser@cbm.by.tum.de), ^{**} Museum für Naturkunde, Berlin,
^{***} GeoForschungsZentrum, Potsdam

Kurzfassung. Das DFG Forschungsprojekt MEMIN (Multidisciplinary Experimental and Modeling Impact Crater Research Network) beschäftigt sich mit Impaktprozessen in Naturmaterialien. Mit Hilfe von zerstörungsfreien Prüfmethoden sollen die Schädigungsprozesse besser verstanden und der Schädigungsbereich messtechnisch ermittelt werden. Zusätzlich werden zerstörende Prüftechniken zur Evaluierung des Schädigungsbereiches angewendet und mit den Ergebnissen der zerstörungsfreien Prüfung verglichen. Beide Untersuchungstechniken geben einen Input für die numerische Berechnung solcher Impaktprozesse. Für die zerstörungsfreie Untersuchung wurde eine 3D Visualisierung der Schädigung mit Hilfe von Ultraschall Durchschallungstechnik entwickelt, vergleichend werden Computer tomographische Messungen durchgeführt.

Einführung

Impaktprozesse, wie Meteoriteneinschläge, gehören zu den fundamentalsten Prozessen in unserem Sonnensystem. Die dabei entstehenden Krater, Materialumwandlungen und die Schädigung unterhalb des Kraters sind wichtige Faktoren bei der Untersuchung terrestrischer Krater. Mit Hilfe von maßstabsgetreuen Modellexperimenten werden Meteoriteneinschläge simuliert und in sieben Teilprojekten eingehend untersucht.

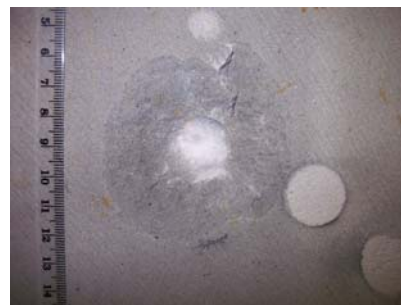
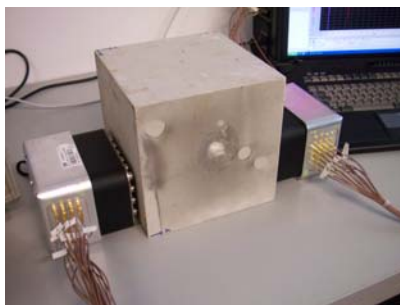


Abbildung 1: Links: Ultraschall-Tomographie an einem Sandsteintarget, Projektilgeschwindigkeit ca. 4200 m/s. Rechts: Nahaufnahme des Impaktkraters, der Durchmesser beträgt ca. 6 cm.

Mit einem Leichtgasbeschleuniger (SLGG und XLLGG) am Ernst-Mach-Institut für Kurzzeitdynamik werden Projektil aus Meteoritengestein mit einer Geschwindigkeit von bis zu 7200 m/s auf ein Sandsteintarget geschossen und so ein Meteoritenimpakt simuliert.



In Abbildung 1 wird ein beschossener Sandstein mit dem Messaufbau für eine Ultraschall Prüfung gezeigt. Mit zerstörungsfreien Prüfmethode wird vor allem die innere Schädigung untersucht. Bei der Untersuchung werden neben Ultraschallverfahren (Tomographie), auch die Schallemissionsanalyse und die Modalanalyse zur Schädigungsanalyse eingesetzt.

Messergebnisse der Ultraschall-Tomographie

1.1 Ultraschall-Tomographie

Die Ultraschall-Tomographie kann als bildgebendes Messverfahren herangezogen werden. Für die nebenstehenden Ergebnisse (Abbildung 2) wurden Durchschallungs-Messungen mit einem Sensor als Transmitter und einem Sensor als Receiver (piezoelektrische Sensoren, Sendefrequenz 20 kHz) durchgeführt.

Für weitere Auswertungen wurden die Wellen-geschwindigkeiten verwendet. Hohe P-Wellen-geschwindigkeiten (hier gelb) bedeuten eine geringe Schädigung im Gestein. Die elastischen Wellen können sich ungehindert ausbreiten. Mit rot werden niedrigere Geschwindigkeiten gekennzeichnet, welche auf eine Schädigung im Gestein hindeuten. Die Wellen-geschwindigkeit in Luft/Gas ist deutlich geringer als in festen Materialien.

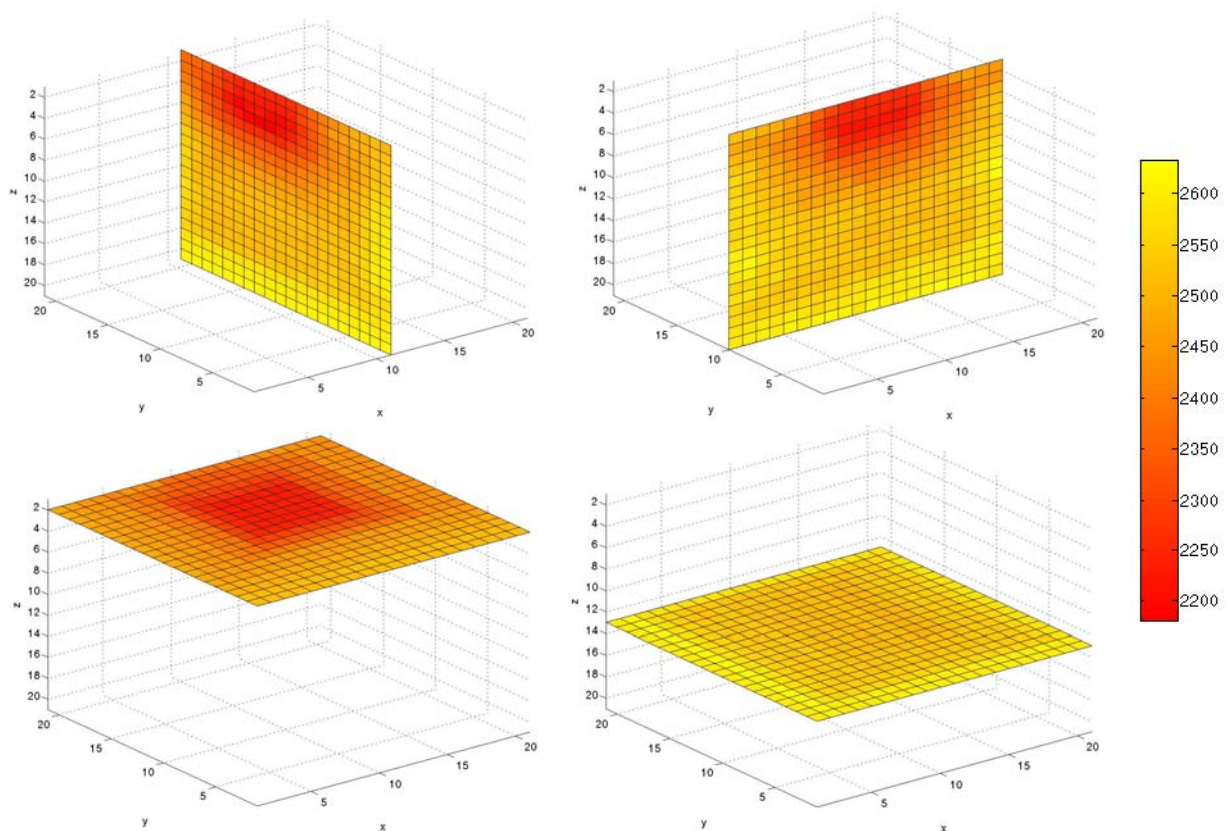


Abbildung 2: Vier Schnittebenen der Ultraschall-Tomographie-Messung (1cm Raster) an einem beschossenen Sandstein-Target. Geschädigtes Gestein hat eine geringere P-Wellengeschwindigkeit (hier rot) als das umgebende unbeschädigte Gestein (gelb).

1.2 Visuelle Charakterisierung und Numerische Modellierung

Vergleichend zu den US-Messungen werden die Targets einer visuellen zerstörenden Charakterisierung unterzogen (Abbildung 3, links), sowie mit einem numerischen Modell verglichen (Abbildung 3, rechts). Bei der (zerstörenden) visuellen Charakterisierung nach Herstellung von Schnitten fällt auf, dass die Schädigungszone bis in eine Tiefe von 2 cm unterhalb der Targetoberfläche sichtbar ist. Für die numerischen Modelle wird eine tiefer reichende Schädigungszone angenommen, Die Schädigungs-tiefe reicht hier etwa 1,75-mal tiefer als der Durchmesser des Kraters. Dies korreliert gut mit den Ultraschall-ergebnissen, wo ein Faktor von 1,33 gemessen wurde.

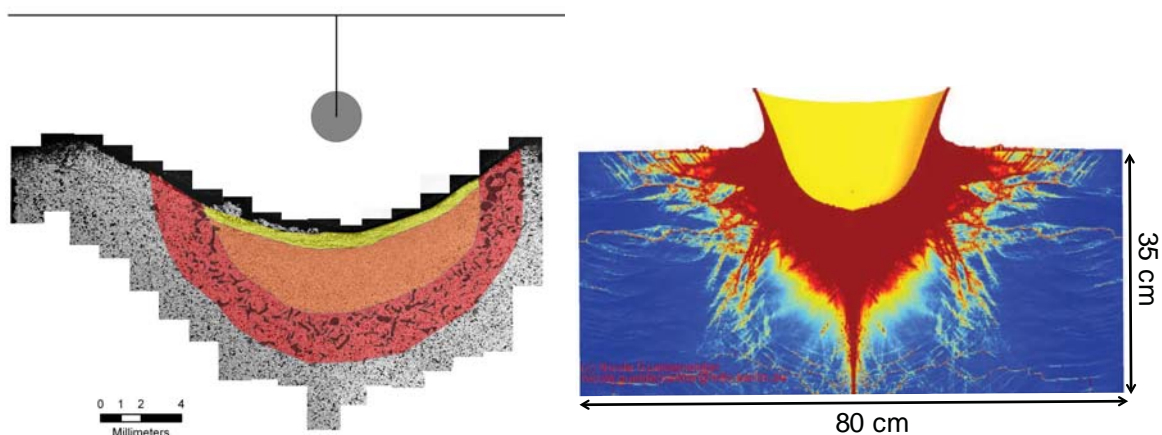


Abbildung 3: Links: Visuelle Charakterisierung der Schädigungszone, die hier in drei Bereiche aufgeteilt wurde. Gelb zeigt den Schädigungsbereich direkt unter dem Krater, wo eine sehr feine Rissstruktur zu sehen ist. Die rote Zone zeigt die gröberen Risse bis zu 2 cm unterhalb der Targetoberfläche (E. Buhl, Univers. Freiburg/GFZ Potsdam).

Rechts: Numerisches Modell eines Impaktkraters für ein Target (80 cm x 80 cm Targetoberfläche) mit einer zu erwartenden Rissstruktur (K. Wünnemann & n. Güldemeister, Museum für Naturkunde Berlin). Der rote Bereich beschreibt die Zone maximaler Schädigung im Gestein.

1.3 Ergänzende Computer Tomographie

Zusätzlich wurden in Zusammenarbeit mit dem WIWEB (Wehrwissenschaftliches Institut für Werk- und Betriebsstoffe) eine radiographische μ -Computer Tomographie an den zerstörten Sandsteinblöcken durchgeführt. In Abbildung 4 werden zwei Schnittebenen einer Mikro-Computer-Tomographie gezeigt. Die Auflösung für ein Sandstein-Target mit 20 cm Kantenlänge liegt bei 140 μm . Da es sich um ein relativ großes Objekt mit hoher Dichte handelt, sind nur große Risse zu erkennen. Die sichtbare Schädigungszone entspricht hier in etwa der visuellen Prüfung in Bild 5.

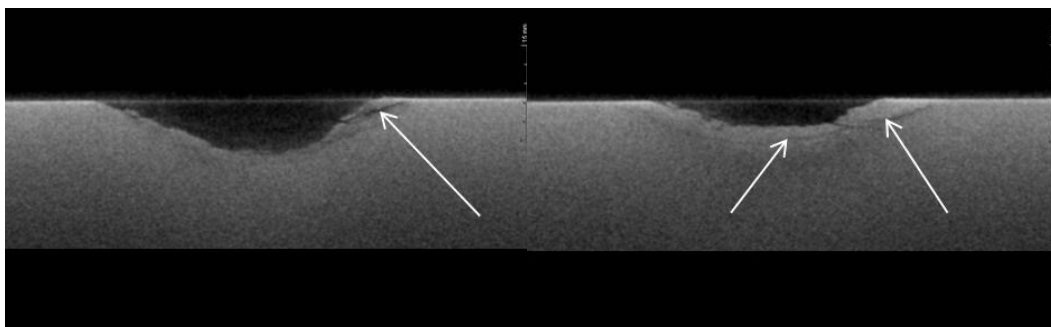


Abbildung 4: Zwei Schnittebenen durch einen Impaktkrater. Die linke Ebene ist eher mittig durch den Krater und die rechte Ebene ist weiter am Rand. Die Pfeile markieren einzelne Risse.