

Månens bægerformede fordybninger

Introduktion

Nattehimmelen er en ting, der altid har fascineret menneskene gennem hele vores historie. Brugen af stjerner kan spores helt tilbage til egypterne. Flere folkefærd gør også brug af månens cyklus som grundlag for deres kalender. Menneskene har altid haft den opfattelse, at månen var en perfekt kugle, men dette kunne Galileo Galilei modbevise, da han den 30. november 1609 første gang rettede sit teleskop mod månen. Han kunne her berette om bjerge og bægerformede fordybninger, som han navngav *kratere*.

Vi er senere blevet meget klogere på, hvad de bægerformede strukturer er. Vi har fundet ud af, hvordan de bliver dannet, nemlig ved meteornedslag. Og som de mennesker vi nu engang er, søger vi altid mod at blive klogere. Dette har givet anledning til søgen efter en bredere forståelse for, hvilke faktorer der spiller ind for kraterets dimensioner, samt hvordan det er muligt at bestemme størrelsen på det objekt, som har dannet de forskellige kraterer ud fra en matematisk model. I den anledning vil det være interessant at undersøge, hvilke undersøgelser der ligger bag en sådan model, og om det er muligt at lave en sådan ud fra nogle enkle skalaforsøg. Samtidig vil det være interessant at undersøge, om det er muligt for mennesker at bestemme størrelsen på et givent krater ud fra observationer foretaget på jorden.

Problemformulering

Jeg vil beskrive fysikken bag meteornedslag på Månens overflade, herunder hvilke faktorer der har betydning for kraternes dimensioner. Jeg vil ud fra billeder af Månen, som jeg selv har taget med et teleskop, vurdere, om det er muligt at bestemme dybden af kraterer på månens overflade ud fra observationer på Jorden og redegøre for de matematiske beregninger, der ligger bag.

Jeg vil endvidere udføre forsøg, der kan benyttes til at finde en sammenhæng mellem dimensionerne af de indkommende meteoriter og størrelsen af de opståede kraterer og beskrive denne matematisk.

Materiale og metoder

For at finde frem til en formel, som kunne bruges til at bestemme dimensionerne af et krater på månen, har jeg tegnet illustrationer af de målinger, som jeg ville være i stand til at foretage. På den måde har jeg via trigonometri været i stand til at finde frem til to samlede formler, som kunne bruges til at bestemme diameteren og dybden af et givent krater på månen. Herudover har jeg gennem mange aftentimers arbejde, lært at arbejde med et teleskop. Herunder kalibrering, fokus, vinkeludstrækning, eksponering, pixelkalibrering, osv.

For at finde frem til min matematiske model, har jeg lavet to skalaforsøg. Forsøgene gik ud på, at lade metal- og glaskugler falde ned på noget grus for på den måde at få dannet en række kraterer. Efter hver "kollision" har jeg omhyggeligt målt det dannede kraters dybde og diameter. I det første forsøg varierede jeg kuglernes størrelse og holdt højden konstant. I andet forsøg varierede jeg højden, hvorfra kuglerne faldt, og holdt kuglens størrelse konstant.

Efter forsøgene har jeg indsat måleresultaterne i et koordinatsystem for på den måde at finde nogle matematiske sammenhænge. Gennem sammenhængene fra metalkuglernes resultater, har jeg vha. matematisk modellering været i stand til at isolere diverse variabler og på den måde endt med en række formler, som gør det muligt at bestemme størrelsen på det objekt, der har lavet et givent krater.

Resultater og diskussion

Jeg var i stand til at bestemme månekrateret *Alphonsus'* diameter med en afvigelse på 4,49%, i forhold til data fundet på *The Lunar and Planetary Institute's* hjemmeside. Dette blev gjort ud fra følgende formel, som jeg selv har udledt:

$$D = \tan\left(\frac{G \cdot d}{2 \cdot P}\right) \cdot 2L$$



Hvor D er kraterets diameter målt i km , G betegner vinkeludstrækningen på kikkerten, d betegner kraterets diameter målt i pixels, P betegner bredden af billedet målt i pixels, og L er afstanden mellem jorden og månen målt i km .

Månekrateret *Alphonsus*' dybde var jeg i stand til at bestemme med en afvigelse på 11,37%, i forhold til data fundet på internettet. Dybden blev bl.a. bestemt ud fra skyggen, som kan ses i krateret. Det blev gjort ud fra følgende formel, som jeg selv har udledt på baggrund af de tidligere nævnte tegninger.

$$c = \frac{\tan(\theta) \cdot s \cdot G \cdot \pi \cdot L}{180 \cdot P}$$

Hvor c er kraterets dybde målt i km , θ betegner solens vinkel på krateret, s betegner skyggens længde målt i pixels, G betegner vinkeludstrækningen på kikkerten, pixels L er afstanden mellem jorden og månen målt i km og P betegner bredden af billedet målt i pixels.

Resultaterne fra mine skalaforsøg kan ses i den fulde opgave (bilag 3 til bilag 6). Ud fra mine resultater var det muligt, gennem matematisk modellering, at finde nogle sammenhænge, som kunne bruges til beregningen af størrelsen på det objekt, som har lavet et givent krater.

Det viste sig, at disse modeller kun virkede på mine skalaforsøg, hvor der allerede var en ret stor afvigelse. Da jeg benyttede modellerne på månens krater, blev afvigelserne markant større. Det viste sig altså, at der var nogle fysiske forhold, som jeg ikke var i stand til at tage højde for, og mine matematiske modeller kunne kun bruges som udgangspunkt i et eventuelt større forsøg. Et forsøg som jeg meget gerne vil lave på et senere tidspunkt.

Udover dette fandt jeg frem til, at der var en mulig teoretisk sammenhæng, som kunne bruges til at beregne volumen af et givent krater.

$$V_{krater} = \frac{m_{objekt} \cdot v_{objekt}^2}{2 \cdot \rho_{mål} \cdot g \cdot h}$$

hvor V_{krater} er volumen af det "fjernede" materiale, m er massen af objektet, v er objektets hastighed, ρ er densitet af målmaterialet, g er tyngdeaccelerationen, og h er den højde, som målmaterialet kommer op.

Den teoretiske sammenhæng blev lavet ud fra oplysninger om, at den kinetiske energi på objektet ikke kan overstige den potentielle energi for det "fjernede" materiale i en given højde.

Konklusion og perspektivering

Jeg kan konkludere at jeg ud fra matematiske modeller, som jeg selv havde udledt, var i stand til at bestemme diameteren af månekrateret "*Alphonsus*" med en afvigelse på 4,49% og dybden med en afvigelse på 11,37%.

Jeg kan ud fra mit projekt konkludere at for at lave en matematisk sammenhæng, som kan bruges til at beregne størrelsen på det objekt, som har lavet et givent krater, kræver et forsøg med langt højere kinetisk energi ved kollisionen. Dette kræver et forsøg, hvor man kommer op på et meget højere energiniveau.

Jeg har prøvet at lave forsøgene i vand, ud fra den teori om, at målmaterialet "reagerer" som en væske ved meteornedslag, pga. det høje energiniveau. Disse resultater er dog ikke gennemarbejdet endnu.

Man skal samtidig tage højde for faktorer som månens mindre tyngdeacceleration og atmosfæren. Dette er ikke ting jeg har haft mulighed for i dette projekt, men jeg kunne i mine resultater se, at der også var nogle sammenhænge mellem objektets masse og den højde, de blev kastet fra.

Jeg kunne desværre ikke give noget direkte videnskabeligt resultat ud fra min teoretiske sammenhæng til beregning af et kraters volumen. Men jeg kunne give et skøn om, at der var grundlag for videre arbejde ud fra nogle simple beregninger.

Referencer

Der skal lyde en stor tak til Anja C. Andersen for at have været en god kontaktperson ved diverse spørgsmål angående emnet og for at have givet mig gode ideer til opstillingen.

Til min teori har jeg haft stor hjælp i Gordon R. Osinski og Pierazzo Elisabettas bog "*Impact cratering: processes and products*", Gareth S. Collins m.fl.'s rapport "*Earth Impact Effects Program*" og Ross William Kerril Potter's rapport "*Numerical modeling of basin-scale impact crater formation*".