

## informatiCup 2011 • Aufgabe 2

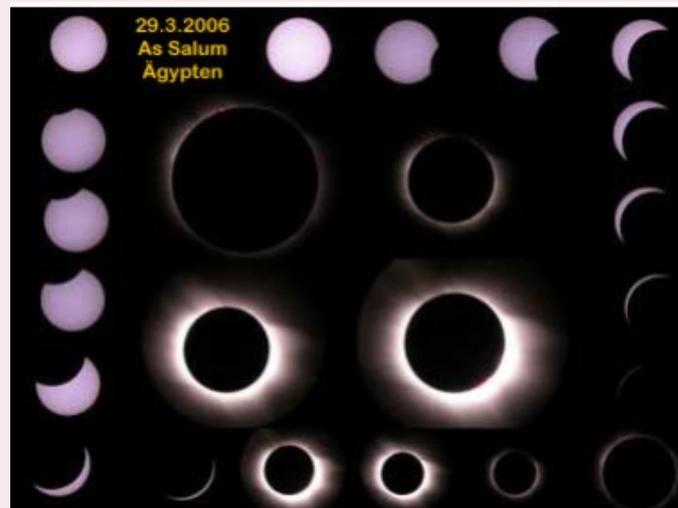
### Finsternisse

#### Einführung

Während einer totalen Sonnenfinsternis (SoFi) schiebt sich die Mondscheibe in etwa 1 Stunde “von rechts nach links” über die Sonne hinweg und verdunkelt diese zeitweise. Dabei kommt es zu einem Abfall der Strahlungsintensität (=Anzahl emittierte Photonen) - ideal bis auf Null - de facto bleibt durch die über den Sonnenrand hinaus ragende Korona immer etwa  $10^{-7}$  der Intensität erhalten. Dieser Intensitätsabfall erfolgt über weite Strecken zeitlich annähernd linear. Der Beobachter hat aber den Eindruck, dass die Helligkeit zunächst nur unmerkbar abnimmt, sich kurz vor der Totalität merkbar verstärkt und erst unmittelbar vor der vollständigen Bedeckung schlagartig innerhalb weniger Sekunden Dunkelheit eintritt. Eine partielle SoFi ist bekanntlich erst dann auffällig, wenn deutlich mehr als die Hälfte der Sonnenscheibe vom Mond verdeckt wird.

Dies ist eine Folge des Weber-Fechnerschen Gesetzes, gemäß dem die Sinnes-Empfindung logarithmisch zur Intensität des Reizes abläuft. Dies hat zur Folge, dass das Absinken der Helligkeits*empfindung* zunächst wesentlich “flacher” abläuft als bei der Intensität. In der Nähe des Grenzfalles (Intensität=0) sinkt die Empfindung dann umso rascher - im Grenzfall selbst kann das Gesetz von Weber-Fechner allerdings nicht mehr gelten.

Die üblichen Darstellungen des zeitlichen Ablaufs einer SoFi zeigen aber während der partiellen Phase eine proportional der Bedeckung (=Intensität) abnehmende Helligkeit.



In der Totalitätsphase aber sehen wir dann plötzlich einen sehr hellen grellen Ring, was nicht dem subjektiven Eindruck entspricht (während der Totalität ist es fast dunkel, Sterne werden sichtbar, man kann die Szene ohne Schutzbrille betrachten). Der Grund für diesen verzerrten Eindruck ist die Tatsache, dass der Lichtwandel den Belichtungsspielraum auch modernster Kameras weit überschreitet: Während der partiellen Phase muss mit einem Sonnenfilter gearbeitet werden, das dann in der Totalität entfernt wird. Es existieren auch kaum *Video*-Aufnahmen, die den Beleuchtungseindruck einer von der Sonne nur indirekt beleuchteten Szene in den entscheidenden wenigen Minuten und Sekunden

vor Eintritt der Totalität wiedergeben. Kein Wunder! Die bisherigen (weltweit) 7 totalen Sonnenfinsternisse unseres Jahrtausends hatten - an den optimalen Stellen beobachtet - nur eine Gesamtlänge von weniger als 30 Minuten, und kein Kameramann hat diese Chancen alle nutzen können. Das authentische Video-Material ist äußerst spärlich! Es gibt nur ganz wenige Bilder aus dem Weltraum vom Mondschatten auf der Erde während einer totalen Sofi. Beispiel:



Es zeigt sich - allerdings durch die Atmosphäre etwas verschmiert - doch deutlich eine ziemlich klare Abgrenzung zwischen Kernschatten und Halbschatten (kaum sichtbar) des Mondes - im Bereich des Halbschattens ist die Sofi nur partiell. Sehr viel mehr Erfahrungen gibt es mit Kernschatten und Halbschatten bei einer *Mond*finsternis: Auch hier ist auf dem Mond die Grenze klar abgegrenzt, allerdings noch ein wenig verschmiert durch die Projektion der Atmosphäre der Erde (die beim Mond nicht existiert).

Wenn es allein nach der Intensität ginge, müsste es aber einen stetigen und keinen abrupten Übergang zwischen Kernschatten und Halbschatten geben. Die Reflexion des Sonnenlichtes auf dem Mond bzw. unsere Empfindung davon (die aber durch Fotos "bestätigt" wird) erfolgt also offenbar auch nicht proportional zur Strahlung, sondern (vermutlich) ebenfalls in Weber-Fechner-Manier, ähnlich wie unsere Netzhaut den Reiz an das Gehirn weiter leitet. In der Astronomie verwendet man eine Skala scheinbarer Helligkeit (mag), wobei ein Intensitätsunterschied von 1:100 einem Unterschied von 5mag entspricht.

Man arbeitet also mit einer logarithmischen Basis  $100^{0,2} = 2,5119$ . Die Sichtbarkeitsgrenze schwacher Sterne liegt bei 6mag, helle Sterne haben 0mag, Venus in vollem Glanz etwa -4mag, der Vollmond ca. -10mag, die strahlende Sonne etwa -27mag.



## Aufgabenstellung

1. Bestimme aus der Bedeckungsgeometrie zweier unterschiedlich großer Kreise, von denen der bedeckende (Mond) mehr oder weniger zentral geradlinig vor dem bedeckten (Sonne) mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorbeiläuft, den zeitlichen Verlauf der Sonnenstrahlungs-Intensität (Maximum = 1 bei fehlender Bedeckung) unter der Annahme, dass alle Stellen der Sonnenscheibe Photonen mit gleicher Intensität abstrahlen.
2. Analysiere “empirisch” durch “Ausmessen” der überdeckten Fläche die unter 1) beschriebenen Abläufe mit einem Benutzer-Interface, das freie Wahl der Durchmesser von Mond und Sonne und unterschiedliche Zentralität des Mondweges einzustellen gestattet. So entstehen Simulationen von partiellen, totalen und ringförmigen SoFis. Visualisiere! Natürlich könnte statt der Empirie das in 1) gewonnene Ergebnis benutzt werden. Das empirische Verfahren enthebt uns dieser Rechnungen. Dieses wäre auch das einzig brauchbare Verfahren, wenn man statt der Kreise andere Profile von Himmelskörpern (Asteroiden!) betrachten müsste.
3. Gib für eine während einer SoFi beschienene Szene auf der Erde (die Sonne selbst ist nicht direkt im Bild!) einen Helligkeitsablauf wieder, der den gemäß Weber-Fechner logarithmierten Intensitäten, also den Empfindungen entspricht. Beachte dabei: Die ideale Kamera sollte die Diskrepanz zwischen sinkender Intensität und zugehöriger Empfindung (=logarithmierte Intensität) durch ein programmiertes Öffnen der Blende korrigieren: Es würde auf dem Bild dunkler, aber zunächst nicht so drastisch, wie die Intensität sinkt. Im Übrigen ist es für die Kamera des Amateurs eine Frage der Erfahrung bzw. des Gefühls, ein “Dämmerungsbild” durch richtige Blendenwahl “realistisch” aussehen zu lassen. Der normale Belichtungsmesser stellt nämlich die Blende auch in der Dämmerung so ein, als ob die Szene normal belichtet wäre.

4. Die Realistik der von unserem Auge empfundenen Szene und der ideal blenden-gesteuerten Kamera hängt offenbar von der Basis des Weber-Fechner-Logarithmus ab. Z.B. bringt ein Faktor 100 in der Intensität beim dekadischen Logarithmus zwei Striche auf der Empfindungs-Skala; der natürliche Logarithmus erzeugt 4,606 Striche, der binäre Logarithmus erzeugt 6,644 Striche, der Exponent der astronomischen scheinbaren Helligkeit mag erzeugt genau 5 Striche. Je kleiner die Basis, umso stärker verschwimmen die Übergänge! Entwirf ein Interface, mit dem die irdische Sicht von Kern- und Halbschatten bei einer Mondfinsternis (mit der verschattenden Erde als ideale Kugel) mit unterschiedlichen Basiswerten des Weber-Fechner-Logarithmus dargestellt werden kann. Damit könnte ein optimaler Basiswert gefunden werden, der die ziemlich scharfe Grenze zwischen Kern- und Halb-Schatten (vgl. Bild) "richtig" wiedergibt und dabei den Halbschatten (beinahe) unbeobachtbar macht.

Außerdem: Erstellen Sie für Ihre Implementierung bitte eine Bedienungs- und Installationsanleitung. Dokumentieren Sie die von Ihnen getroffenen Entscheidungen bei der Auswahl verwendeter Algorithmen und Datenstrukturen und in der Software-Entwicklung.