

Diesen Artikel möchte ich Michele d'Anna und seinen Tessiner Kollegen widmen als Dank für den wundervollen Kurs auf dem Monte Verità.

Sankt Goar hängte seinen Hut an einen Sonnenstrahl

Martin Lieberherr
 MNG Rämibühl
 Rämistrasse 54, 8001 Zürich

Einleitung

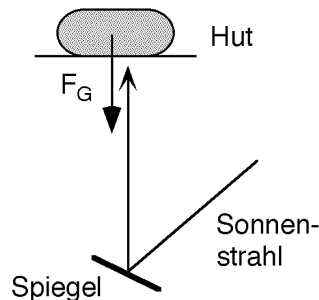
Während der Nahrungsaufnahme in der Mensa unserer Schule erzählte ein Kollege, in einem Quiz sei gefragt worden, was der Heilige auf dem Glarner Kantonswappen in der linken Hand trage. Ich erinnerte mich gerade noch, dass er Fridolin heisst und einen Stab in einer (der rechten) Hand hält. Ein besonders versierter Kollege wusste, dass es ein Buch ist. Sankt Fridolin war ein vermutlich irischer Mönch, der im 6. Jahrhundert in den Vogesen und in der Schweiz missionierte. Das Buch ist eine Bibel.

Das Gespräch wandte sich dann dem Titel "Sankt" zu. Als Heiliger muss man nämlich ein Wunder getan haben. Im Falle Fridolins bestand es darin, dass er einen Toten kurze Zeit zum Leben erweckte, damit dieser vor Gericht eine Schenkung bezeugen konnte. Ein anderer Heiliger soll gar einmal seinen Hut an einem Sonnenstrahl aufgehängt haben. Lei-

der wusste niemand mehr, wer diese(r) Heilige war. Just in dieser Situation können die Wunder der Technik Abhilfe schaffen: Ich tippte "heilig" und "Sonnenstrahl" ins Eingabefeld einer Suchmaschine und traf so im Internet auf das ökumenische Heiligenlexikon. Laut diesem hiess der Heilige Goar, wurde um 495 in Aquitanien (Südwest-Frankreich) geboren und starb um 575 im heutigen St. Goar südlich von Koblenz. Goar habe Hut und Mantel an einem Sonnenstrahl aufgehängt, als der Bischof von Trier ihn unfreundlich empfing. Sankt Goar ist der Heilige der Töpfer, Ziegelarbeiter, Winzer, Gastwirte und Schiffer.

Theorie

Die Legende von Sankt Goar ist natürlich ein gefundenes Fressen für Physiker am Mittagstisch. Einen Hut an einem Sonnenstrahl aufhängen? Das können wir auch! (Figur 1)



Figur 1

Um einen Hut an einem Sonnenstrahl aufzuhängen, muss man den Strahl mit einem Spiegel nach oben biegen. Durch den Sonnenstrahl fließt Impuls in den Hut. Über das Gravitationsfeld fließt Impuls zur Erde hinab. Im Gleichgewicht kompensiert der Impulsfluss im Sonnenstrahl gerade die Gewichtskraft.

Die Energie eines Photons ist $E = h \cdot f$ (Planck,

1900), der Impuls $p = h/\lambda$ (Einstein, 1916). Der Son-

nenstrahl besteht aus ΔN Photonen pro Zeiteinheit Δt . Somit ist der Impulsfluss:

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{\Delta N h}{\Delta t \lambda} = \frac{\Delta N hf}{\Delta t c} = \frac{\Delta E}{\Delta t c}$$

Der Impulsfluss ist also proportional zum Energiefluss.

Im Gleichgewicht kompensieren sich Gewichtskraft und Sonnenstrahlkraft:

$$\frac{\Delta E}{\Delta t c} = F_G = mg$$

Nehmen wir an, der Hut habe ein Gewicht von 1 N. Dann erhalten wir den Energiefluss

$$\frac{\Delta E}{\Delta t} = cF_G = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s } 1 \text{ N} = 300 \text{ MW}$$

Angesichts dieser Zahlen sind auch Physikerinnen und Physiker geneigt an ein Wunder zu glauben. 300 MW auf einen armen Hut! Da brauchen wir uns auch keine Gedanken mehr zu machen, ob das Licht reflektiert wird und nur halb so viel Leistung nötig ist.

Anwendungen

Es gibt tatsächlich ein Projekt, in dem Licht etwas antreibt: Ein CO₂-Laser von 10 kW Strahlleistung

wird gegen die Unterseite eines "lightcraft" geschossen. Dieses "Lichtschiff" hat eine Masse von 1-2 Unzen (28-56 g) und ist auf der Unterseite mit einem Treibmittel beschichtet. Das Treibmittel detoniert, wenn der Strahl auftrifft, und treibt so das Gefährt aufwärts. Der Höhenrekord beträgt 71 m. Das Ziel ist es, mit dieser Methode Minisatelliten in eine Erdumlaufbahn zu bringen.

www.space.com/businessstechnology/technology/laser_craft_001103.html

Praktikable Anwendungen der "Lichtkraft" gibt es aber bereits in kleinerem Massstab, sogenannte optical tweezers (optische Pincetten). Diese werden benützt, um kleine, in einer Flüssigkeit suspendierte Teilchen festzuhalten. Ein Laserstrahl wird in der Flüssigkeit stark fokussiert. Gerät ein durchsichtiges Teilchen, z.B. ein Polystyrolkugelchen, in die Nähe des Fokus, so lenkt es Licht ab. Weil das Teilchen den Impulsfluss im Laserstrahl ändert, erfährt es eine Reaktionskraft, die es in den Fokus hineinzieht und dort festhält. An der Uni Basel wird mit solchen optical tweezers experimentiert. Die Forscher befestigten z.B. ein Ende eines Stücks DNS am Kugelchen und zogen am anderen Ende, welches an einer normalen Pincette fixiert war. Auf diese Weise haben sie ein Kraft-Dehnungs-Diagramm eines DNS-Moleküls messen können.