

# Können die Chinesen durch synchrones "Vom-Tisch-Springen" die Erde aus ihrer Bahn werfen?

Wie groß ist der Impuls, den die Chinesen auf die Erde übertragen, wenn sie synchron vom Tisch hüpfen?

Für den Impuls der Chinesen gilt:

$$p_{\text{Ch}} = m_{\text{Ch}} \cdot v_{\text{Ch}}$$

Man benötigt nun zunächst die Masse aller Chinesen. Bei einer durchschnittlichen Gewicht von 70 kg und rund 1,4 Mrd Chinesen wären dies:

$$m_{\text{Ch}} \approx 70 \text{ kg} \cdot 1,4 \cdot 10^9 \approx 10^{11} \text{ kg}$$

Schwieriger ist die Abschätzung der Geschwindigkeit, mit der die Chinesen auf dem Boden aufschlagen.

Die Geschwindigkeit der Chinesen

Man muss zunächst eine Tischhöhe vorgeben. Vereinfachend kann man mit 1 Meter rechnen, obwohl die meisten Tische zwischen 70 und 75 cm hoch sind

Die Aufprallgeschwindigkeit lässt sich am einfachsten mit dem Energieansatz berechnen:

$$\begin{aligned} E_{\text{pot, oben}} &= E_{\text{kin, unten}} \\ \Leftrightarrow m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ \Leftrightarrow v &= \sqrt{2gh} \approx 4,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Ergebnis Impuls der Chinesen

$$\begin{aligned} p_{\text{Ch}} &= m_{\text{Ch}} \cdot v_{\text{Ch}} \\ &= 10^{11} \text{ kg} \cdot 4,5 \text{ m/s} = 4,5 \cdot 10^{11} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Wie viel macht es aus, wenn die Chinesen nicht alle gleichzeitig aufkommen, falls die Synchronisation nicht perfekt ist

Es spielt dabei keine Rolle, ob alle Hüpfenden zeitlich exakt synchronisiert sind, oder zeitlich etwas versetzt hüpfen und aufkommen.

Wie groß ist die Geschwindigkeitsänderung der Erde durch den Aufprall?

Impulserhaltung heißt:

$$p_{\text{E, vorher}} + p_{\text{Ch, vorher}} = p_{\text{E, nachher}} + p_{\text{Ch, nachher}}$$

$$\Leftrightarrow 0 + p_{\text{Ch}} = m_{\text{E}} \cdot v'_{\text{E, Ch}} + m_{\text{Ch}} \cdot v'_{\text{E, Ch}}$$

$$\Leftrightarrow v'_{\text{E, Ch}} = \frac{p_{\text{Ch}}}{m_{\text{E}} + m_{\text{Ch}}} \quad (*)$$

Man benötigt nun zunächst die Masse der Erde. Diese kann man natürlich im Lexikon oder im Internet nachsehen, aber sie soll hier auf einfache Weise selbst abgeschätzt werden.

Abschätzen der Masse der Erde

Also los:

Bekanntlich ist die Erde eine Kugel mit dem Umfang 40 000 km, so dass ihr Radius ca. 12700 km beträgt.

Als Faustregel gilt für das Volumen einer Kugel, dass sie ziemlich genau (so genau wie  $\pi \approx 3$  ist, also mit ca. 5% Fehler) das halbe Volumen desjenigen Würfels hat, in den sie genau rein passt. D.h.

$$V_{\text{Erde}} \approx \frac{1}{2} \cdot (12700 \text{ km})^3 \approx 10^{12} \text{ km}^3 = 10^{21} \text{ m}^3$$

Nimmt man an, dass die Erde komplett aus dichtem Gestein

( $\rho \approx 3 \text{ g/cm}^3 = 3 \text{ t/m}^3 = 3000 \text{ kg/m}^3$ ) besteht, so erhält man für die Masse der Erde:

$$m_E = V_E \cdot \rho \approx 10^{21} \text{ m}^3 \cdot 3000 \text{ kg/m}^3 = 3 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

*Die Geschwindigkeitsänderung der Erde*

Setzt man die errechneten Zahlen in die Gleichung (\*) ein, so erhält man:

$$\Rightarrow v'_{E,Ch} = \frac{p_{Ph}}{m_E + m_{Ch}} = \frac{10^{11} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}}{3 \cdot 10^{24} \text{ kg}} \approx 3 \cdot 10^{-14} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

*Um welche Strecke wird die Erde dadurch pro Jahr „verrückt“?*

Die errechnete Geschwindigkeitsänderung der Erde von  $3 \cdot 10^{-14} \text{ m/s}$  ist zwar sehr klein. Im Laufe der Zeit kommen rechnerisch aber doch erwähnenswerte Strecken zu Stande. So hat das Jahr rund 31 Millionen Sekunden, was zu einer jährlichen Verschiebung von

$$\Delta s_J = 3 \cdot 10^{-14} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ s} \approx 10^{-6} \text{ m} = 1 \mu\text{m}$$

führt. Im Laufe einer Jahrmilliarde wäre dies immerhin 1 km.

*Lässt sich der Effekt durch Wiederholung vervielfachen?*

Betrachtet man das „Geschehen“ nüchtern von einem extraterrestrischen Standpunkt aus, so stellt man fest, dass das System Erde-Chinesen abgeschlossen ist und sein Impuls daher erhalten bleibt. Das heißt, dass ein noch so ausdauerndes Gehüpfte auch für beliebig lange Zeiträume folgenlos bleibt.

*Ist denn das Rechenergebnis falsch?*

Es ist natürlich korrekt, dass der Aufprall der Chinesen der Erde einen Impuls erteilt und daher ihre Geschwindigkeit um den errechneten Betrag verändert. Allerdings zieht während des freien Falls nicht nur die Erde die Chinesen, sondern auch diese die Erde an, was der Erde (von außen betrachtet) einen (gleich großen) Impuls und damit eine Geschwindigkeit von  $3 \cdot 10^{-14} \text{ m/s}$  auf die Chinesen zu erteilt. Diese Bewegung wird im Moment des Aufpralls wieder gestoppt.

*Dann rückt die Erde aber doch wenigstens für die Dauer des Falls ein kleines Stück zur Seite*

Während des ca. 0,44 Sekunden dauernden Falls rückt die Erde also tatsächlich etwas mehr als  $10^{-14} \text{ m}$  zur Seite (auf die Chinesen zu). Allerdings hatten diese zuvor beim Hinaufklettern auf die Tische die Erde um das gleiche Stück in die Gegenrichtung gedrückt. Impulserhaltung bedeutet eben auch Schwerpunkterhaltung!!

*Würde ein Kometen- oder Asteroideneinschlag die Bahn der Erde dauerhaft verändern?*

Natürlich würde ein Kometen- oder Asteroideneinschlag die Bahn der Erde bleibend ändern, da dabei Impuls von außen in die Erde eingebracht wird.

*Welche Möglichkeiten hat die Menschheit einer drohenden Kollision auszuweichen.*

Es gibt keine realistische Möglichkeit den Lauf der Erde durch Absprengen von Teilen zu verändern, denn eine dauerhafte Bahnänderung käme nur zustande, wenn Impuls nach außen abgegeben würde, wenn also abgesprengtes Material nicht

wieder zur Erde zurückkehrte.

Die realistischste Möglichkeit wäre wohl, den bedrohlichen Himmelskörper durch Atomraketen entweder zu zertrümmern oder seine Bahn zu verändern, indem man Teile absprengt.