

Rotationsenergie und Gezeitenreibung - eine rechnerische Abschätzung

Von H. J. Schlichting

Spätestens seit dem man beginnt, an geeigneten Küstenabschnitten der Erde die Gezeiten (das pro Tag etwa zweimalige Auftreten von Ebbe und Flut) für die menschliche Energieversorgung zu nutzen [1] ist klar geworden, daß die sich in den Gezeiten manifestierende Energie einem fast unerschöpflichen Reservoir entstammen muß: Wie man der Literatur entnehmen kann [2], entspricht den Gezeiten ein ständiger Energiestrom von $3 \cdot 10^{12}$ W. Das ist rein rechnerisch etwa das 8 fache des Primärenergieverbrauchs der Bundesrepublik Deutschland. Woher stammt diese Energie? Aus der Sicht des Gezeiten erzeugenden Mondes werden - grob gesprochen - auf der dem Mond zugewandten und abgewandten Seite ortsfeste Aufwulstungen hervorgerufen, unter denen sich die Erde mit einer Periode von einem Tag hinweg dreht. Dies ist natürlich nicht ohne Reibung möglich. Es drängt sich geradezu die Vorstellung auf, daß die Gezeitenwulste wie zwei riesige Bremsbacken die Erde zum Stillstand zu bringen trachten. Die Gezeitenenergie entstammt nach dieser Vorstellung der Rotationsenergie der Erde. Eine Abnahme dieser Energie müßte also in einer Verlängerung des (Erd-) Tages zu beobachten sein. In der Tat hat man festgestellt, daß der Tag vor 100 Jahren 0,00164 s kürzer war als heute [4]. Wieviel Rotationsenergie hat die Erde in dieser Zeit verloren?

Zur Zeit dreht sich die Erde (Äquatorialradius $r = 6\,378\,388$ m, Masse $m = 5,977 \cdot 10^{24}$ kg) täglich in einer Zeit (mittlere Sonnenzeit) $T_1 = 23$ h 56 min 4,099 s um sich selbst [4]. Vor 100 Jahren hatte der Tag noch eine Länge von $T_2 = 23$ h 56 min 4,09736 s. In dieser Zeit $\Delta t = 100$ a $= 3,156 \cdot 10^9$ s [4], hat die Erde die Energiemenge $\Delta E = E_2 - E_1$ abgegeben, wenn E_1 und E_2 die Rotationsenergie heute und vor 100 Jahren angibt. Die Rotationsenergie E_i ($i = 1,2$) beträgt:

$$E_i = \frac{1}{2} I \omega_i^2 = \frac{1}{5} m r^2 \frac{4\pi^2}{T_i^2},$$

wobei $I = \frac{2}{5} m r^2$ als Trägheitsmoment der Erde benutzt wurde (Polabplattung vernachlässigt).

Daraus folgt eine Energieabgabe von

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \frac{4\pi^2}{5} m r^2 \left(\frac{1}{T_2^2} - \frac{1}{T_1^2} \right) = 9,79 \cdot 10^{21} \text{ J}$$

in der Zeit Δt . Dem entspricht ein mittlerer Energiestrom $P = \Delta E / \Delta t = 3,1 \cdot 10^{12}$ W. Dieser Wert stimmt trotz unserer relativ groben Abschätzung erstaunlich gut mit dem obigen Literaturwert überein. Obwohl der Energiestrom P gemessen an menschlichen Energieumsetzungen sehr groß erscheint, ist kein Grund zur Befürchtung gegeben, die Erde könnte in absehbarer Zeit zur Ruhe kommen. Denn wie man leicht abschätzen kann, wäre die Rotationsenergie erst nach einer Zeit von

$$t = E_1 / P = 8,4 \cdot 10^{16} \text{ s} = 2,7 \cdot 10^9 \text{ a}$$

aufgebraucht, wenn man einen gleichbleibenden Energiestrom P unterstellt. Das ist immerhin eine Zeitspanne von derselben Größenordnung wie man dem Sonnensystem als Lebenserwartung in seiner jetzigen Form voraussagt. Übrigens erklärt man die Tatsache, daß der Mond der Erde stets dieselbe Seite zuwendet, als Resultat der Gezeitenreibung, die aufgrund der Wirkung der Erde zustande gekommen ist.

Literatur

[1] H. Matthöfer, Zur friedlichen Nutzung der Kernenergie. Bonn 1977, S.91

[2] H. J. Schlichting: Energie und Energieentwertung in Naturwissenschaft und Umwelt. Heidelberg: Quelle & Meyer 1983, S. 112

[3] H. J. Schlichting, P. Farwig, Ebbe und Flut im Unterricht der Sekundarstufe 1 und 11. phys. did. 4, 197 (1977)

[4] Lexikon Technik und exakte Naturwissenschaft. Frankfurt: Fischer 1972, S. 919f.