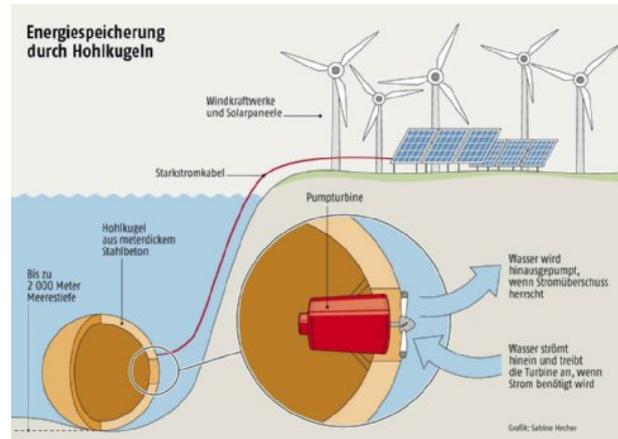


Strom aus dem Meer

Infos: www.mued.de

In Deutschland kann nur ein Promille-Anteil der jährlich benötigten Strom-Menge in den vorhandenen Anlagen gespeichert werden. Eine Erfindung, die dieses Problem lösen könnte, haben vor wenigen Wochen Schmidt-Böcking und sein Kollege Gerhard Luther aus Saarbrücken angemeldet: "Eine riesige, hochstabile Betonkugel, die innen hohl ist, wird auf den Meeresboden herabgelassen; je tiefer das Meer, desto höher der Druck und desto höher die speicherbare Energiemenge." In die äußere Hülle sind Turbinen eingebaut, die durch ein



langes Stromkabel mit der Oberfläche verbunden sind. Wird etwa in windarmer Zeit ohne Sonnenschein Elektrizität benötigt, lässt man Wasser in die Kugel strömen. Durch den Druckunterschied zwischen dem Meer und dem Inneren der leeren Kugel wird das Wasser mit hoher Wucht durch die Turbinen gedrückt, die dadurch große Strommengen gewinnen können. Soll Energie eingespeichert werden, werden die Turbinen zu Pumpen, die z. B. mit gerade überschüssiger Energie von Windrädern oder Fotovoltaikanlagen das Wasser aus der Kugel herausdrücken.

Bei einer Kugel mit einem Innendurchmesser von 50 Metern müssten die Wände etwa sechs Meter dick sein. Im Normalbetrieb würde immer eine geringe Menge Wasser in der Kugel bleiben, die sie ausreichend schwer mache, um auf dem Meeresboden liegen zu bleiben.

Wirklich interessant, so Schmidt-Böcking, werden die Kugeln bei einem Durchmesser von 200 Metern. Dann stünde die Leistung mehrerer Kernkraftwerke über viele Stunden bereit. Standorte gäbe es genug: Die Nordsee ist zwischen Dänemark und Norwegen mehr als 700 Meter tief. Im Mittelmeer und im Atlantik werden an vielen Stellen schnell Tiefen von mehr als 2000 Metern erreicht. In drei Jahren soll eine Probe-Anlage vor Norwegen in Betrieb gehen.

nach: Frankfurter Rundschau, 20.06.2011

1. Erläutere die Funktionsweise der Energiespeicherung durch Hohlkugeln in der Tiefsee.
2. 50 m-Kugeln
 - a) Welches Innenvolumen haben sie?
 - b) Wie viel m^3 Beton enthält die Kugelhülle?
3. Absinken, Auftauchen

Info: Im Wasser wird man leichter, das kennst du vom Schwimmen. Diese sogenannte Auftriebskraft entspricht dem Gewicht des Wassers, das man verdrängt.

 - a) Welches Wasservolumen verdrängt die Kugel aus 2?
 - b) Wie schwer ist die leere Kugel?

Info: Die Dichte von Beton beträgt etwa $2,4 \text{ t pro m}^3$.

 - c) Würde sie auftauchen und an der Wasseroberfläche schwimmen?
4. 200 m-Kugeln

Info: Gemeint ist hier, anders als in 2, der Außendurchmesser.

Welche Dicke müsste der Beton haben, um auch ohne "Restwasser", also leer, nicht aufzutauchen?

1. Hohlkugeln werden auf den Tiefseeboden abgesenkt. In ihrer Hülle stecken Pump-turbinen. Gibt es ein Überangebot an elektrischer Energie, weil es z. B. viel Sonne und viel Wind gibt, so wird diese genutzt, um über eine Kabelverbindung die Pumpen zu betreiben. Die pumpen Wasser aus der Kugel ins Meer und erzeugen in der Kugel einen Unterdruck. Gibt es z. B. um die Mittagszeit einen hohen Energiebedarf, der durch die laufende regenerative Energie-Erzeugung nicht gedeckt werden kann, dann "öffnen" sich die Pumpen und werden durch das in die Kugel strömende Wasser "umgekehrt" als Turbinen betrieben, die über Generatoren elektrische Energie erzeugen. Diese wird über das Verbindungskabel zum Verbraucher geleitet.

2. a) $V = \frac{4}{3} \pi r^3$
 $= \frac{4}{3} \pi \cdot 25^3 \text{ m}^3 \approx 64\,449,8 \text{ m}^3 \approx 64\,450 \text{ m}^3$

Das Innenvolumen der Kugel beträgt rund 64 450 m³.

b) $V_{\text{Beton}} = \frac{4}{3} \pi \cdot (25 + 6)^3 \text{ m}^3 - 64\,450 \text{ m}^3 \approx 60\,338,2 \text{ m}^3 \approx 60\,340 \text{ m}^3$

Die Kugel hat eine Betonhülle mit rund 60 340 m³ Volumen.

3. a) $V = \frac{4}{3} \pi \cdot 31^3 \text{ m}^3 \approx 124\,788,2 \text{ m}^3 \approx 124\,790 \text{ m}^3$

Die Kugel verdrängt rund 124 790 m³ Wasser.

b) $m = 60\,340 \cdot 2,4 \text{ t} = 144\,820 \text{ t}$.

Die leere Kugel hat eine Masse von rund 144 820 t.

c) Wenn die Kugel durch den Auftrieb (s. Info zu 3) mehr Gewicht verliert als das Eigengewicht beträgt, dann wird sie nach oben gedrückt und taucht auf. Der Auftrieb entspricht dem Gewicht des verdrängten Wassers:

$V_{\text{verdr. Wasser}} = V_{\text{Außenkugel}} = 124\,790 \text{ m}^3$ bzw. 124 790 t, da 1 m³ Wasser eine Masse von 1 t hat. Da das Eigengewicht mit 144 820 t (s. 3b) höher ist als der Auftrieb mit 124 790 t, ist kein Restwasser nötig, um die Kugel am Boden zu halten.

Wäre die Betonwand dünner und die leere Kugel also leichter bei gleichem Radius, könnte der Auftrieb aber größer sein als das Gewicht. Dazu müsste Restwasser in der Kugel verbleiben.

4. Auftrieb:

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot 100^3 \text{ m}^3 \approx 4\,188\,790 \text{ m}^3$$

Der Auftrieb entspricht dem Gewicht von 4 188 790 t.

Volumen des Betonmantels der Dicke D

$$V = \frac{4}{3} \pi \cdot 100^3 - \frac{4}{3} \pi \cdot (100 - D)^3$$

Masse des Betonmantels

$$m = \left(\frac{4}{3} \pi \cdot 100^3 - \frac{4}{3} \pi \cdot (100 - D)^3 \right) \cdot 2,4$$

Masse des Betonmantels = Masse des verdrängten Wassers.

$$\left[\frac{4}{3} \pi \cdot 100^3 - \frac{4}{3} \pi \cdot (100 - D)^3 \right] \cdot 2,4 \approx 4\,188\,790$$

$$\frac{4}{3} \pi \cdot 100^3 - \frac{4}{3} \pi \cdot (100 - D)^3 \approx 1\,745\,329$$

$$- \frac{4}{3} \pi (100 - D)^3 \approx -2\,443\,461$$

$$(100 - D)^3 \approx 583\,333$$

$$100 - D \approx 83,55$$

$$D \approx 16,45$$

Der Betonmantel müsste rund 16,5 m dick sein, um durch sein Eigengewicht den Auftrieb auszugleichen.