

Final Draft
of the original manuscript:

Peinemann, K.-V.; Skilhagen, S.-E.; Nielsen, W.K.:
Regenerative Energie: Strom aus Osmose-Kraftwerken
In: Physik in unserer Zeit (2008) Wiley

DOI: 10.1002/piuz.200890038

Regenerative Energie: Strom aus Osmose-Kraftwerken

Die zunehmende Knappheit von Öl und Gas und die Notwendigkeit den Ausstoß von Kohlendioxid zu reduzieren verhilft auch unkonventionellen Kraftwerkskonzepten zu Aufmerksamkeit. Der norwegische Energiekonzern Statkraft plant für 2008 den Bau des weltweit ersten Prototypen eines Osmose-Kraftwerkes in Toft südwestlich von Oslo.

Osmose ist ein allgegenwärtiger Prozess, der zum Beispiel Kirschen und Würstchen platzen läßt. In jeder lebenden Zelle spielt Osmose eine wichtige Rolle für den Stofftransport, ohne Osmose würden unsere Nieren nicht funktionieren, mit Unterstützung durch Osmose können Bäume Wasser in große Höhen zu transportieren. Osmose tritt immer dann auf, wenn eine halbdurchlässige Membran Lösungen unterschiedlicher Salzkonzentration trennt. Halbdurchlässig bedeutet, dass die Membran durchlässig für das Wasser ist aber undurchlässig für die gelösten Salze. Trennt eine solche Membran reines Wasser von einer Salzlösung, fließt das Wasser durch die Membran von der Reinwasserseite in die Salzlösung. Hier baut sich ein Druck auf, der abhängig ist von der Salzkonzentration, der so genannte osmotische Druck. Quantitativ untersucht hat dieses Phänomen der holländische Physiker Jacobus van't Hoff, der dafür 1901 den ersten Nobelpreis in Chemie bekam. Nach van't Hoff ist daher die Gleichung benannt, mit der der osmotische Druck verdünnter Lösungen berechnet werden kann:

$$\pi = cRT$$

Hierin ist π der osmotische Druck, c die molare Konzentration des gelösten Stoffes, R die allgemeine Gaskonstante und T die absolute Temperatur. Der osmotische Druck kann recht hohe Werte annehmen. So beträgt der osmotische Druck des Blutes ca. 7.5 bar, der osmotische Druck von Meerwasser mit einer Salz-Konzentration von 33g/l ist ca. 25 bar. Das bedeutet, dass sich auf der Meerwasserseite eine Wassersäule von 250 m Höhe ausbilden kann, wenn Süßwasser und Meerwasser durch eine halbdurchlässige Membran getrennt werden. Schon früh entstand daher die Idee, Osmose-Kraftwerke an Flussmündungen zu bauen. Bereits 1974 wurden unabhängig voneinander in den USA zwei Patente zur Energie-Gewinnung durch Osmose angemeldet (US Patente 3,906,250 und 3,978,344). Als Pionier dieser Idee gilt Sidney Loeb, der im Jahr 1975 das Konzept erstmal in Science [1] vorstellte. Lange Zeit blieb es ruhig um diese Idee. Die Membranen wiesen zu dieser Zeit eine viel zu geringe Leistung aus, und es bestand keine Aussicht, mit den damals niedrigen Energiepreisen erfolgreich zu konkurrieren. Im Jahre 1997 wurde die Idee von Ingenieuren des norwegischen Energiekonzerns Statkraft wieder aufgegriffen. Mit mehreren europäischen Partnern wurde an der Entwicklung von effektiveren Membranen geforscht. Einer dieser Partner ist das Institut für Polymerforschung des GKSS-Forschungszentrums in Geesthacht, an dem heute Membranen im Pilotmaßstab für Testzwecke gefertigt werden. Ausgangspunkt für die Entwicklung waren Membranen für die Entsalzung von Meerwasser, ein Prozess, der Umkehrosmose (englisch RO-Reverse Osmosis) genannt wird, da hierfür ein Druck auf das Meerwasser ausgeübt werden muss, der deutlich höher ist als der osmotische Druck des Meerwassers. Durch Modifizierung der Membranstruktur gelang es, die osmotische Leistung der Membranen um den Faktor 20 zu erhöhen. Die leistungsfähigsten Meerwasser-Entsalzungsmembranen sind Komposit-Membranen. Die eigentliche Entsalzung wird von einer hauchdünnen Schicht geleistet, deren Dicke nur etwa den zehntausendsten Teil eines Millimeters beträgt. Diese Schicht befindet sich auf einem porösen Träger mit einer Dicke von 0,1 bis 0,2 mm. Die Forscher konzentrieren sich bei ihrer Entwicklung effektiver Osmosemembranen vor allem auf diese Trägerschicht, die so offen wie möglich sein muss. Kritischer Erfolgsfaktor ist die elektrische Leistung, die mit einem Quadratmeter Membranfläche erzeugt werden kann. Nach Berechnungen von Statkraft-Ingenieuren ist eine Leistung von 4 bis 6 Watt pro Quadratmeter Membranfläche erforderlich, um mit anderen

regenerativen Energien konkurrieren zu können. Dieses Ziel ist noch nicht ganz erreicht, aber durch die Entwicklung der letzten Jahre ist es in greifbare Nähe gerückt. Daher wird zurzeit mit der Konstruktion und dem Bau des ersten auf Osmose beruhenden Pilotkraftwerkes begonnen [2].

Das Potential der „Osmose-Kraft“ ist groß. Osmosekraftwerke können überall dort gebaut werden, wo Süßwasser in das Meer fließt und wo der Gradient im Salzgehalt hinreichend groß ist. Die mit Hilfe der Thermodynamik berechnete maximale Energie (reversible Arbeit), die entsteht, wenn $1 \text{ m}^3/\text{s}$ Süßwasser in Kontakt mit Seewasser gebracht wird, beträgt 2.2 MW [3]. Natürlich kann nur ein kleiner Bruchteil dieser Energie genutzt werden; dennoch zeigt diese Zahl das große Potential der Osmosekraft. Anders als Wind- und Sonnenenergie ist ein Osmosekraftwerk wetterunabhängig. Statkraft schätzt das globale Potential für Osmosekraftwerke auf 1600 bis 1700 TWh pro Jahr, für Norwegen allein wird ein Potential von 12 TWh pro Jahr abgeschätzt.

Die Herausforderungen für Membran- und Anlagenentwickler sind groß. Aber die Aussicht, eine über 30 Jahre alte Idee jetzt zum Leben zu erwecken und eine neue regenerative Energiequelle zu erschließen, lässt alle Beteiligten mit Hochdruck an diesem spannenden Projekt arbeiten.

Literatur

[1] S. Loeb, Science **1975**, 189, 654

[2] www.statkraft.com

[3] K.-V. Peinemann, K. Gerstand, S.E. Skilhagen, T. Thorsen, T. Holt, Membranes for Power Generation by Pressure Retarded Osmosis, In: K.-V. Peinemann, S. Pereira Nunes (Edts.), Membranes for Energy Conversion, Wiley-VCH, Weinheim 2007



Abb. 1 Aufbau eines Osmose-Kraftwerkes (schematisch)