



Wärmeabgabe:
Nebelschwaden
über einem See
Foto: Getty

Wenn Seen Dampf machen

In den grossen Schweizer Gewässern steckt das energetische Potenzial von mehreren Dutzend Kernkraftwerken. Für die Wärme- und Kältegewinnung ist dies bei weitem nicht ausgeschöpft

Joachim Laukenmann

Welche Energie in einem See steckt, sieht man vor allem im Winter. Ist die Luft kalt, wird ein See zum Kochtopf und gibt die im Sommer gespeicherte Wärme teils in Form von Nebelschwaden ab. Es ist Wärme, die sich mittels Wärmepumpe auch zum Heizen von ganzen Stadtquartieren nutzen lässt. Im Sommer ist es genau umgekehrt – da spürt man bei einem Sprung ins kühle Nass die im See gespeicherte Kälte. Entsprechend kann das in der Tiefe oft nur vier bis zehn Grad kalte Seewasser Bürogebäude, Spitäler oder Rechenzentren kühlen.

«Mit dem klimapolitischen Ziel, die Treibhausgasemissionen zu senken, wird die Nutzung von Wärme aus Seewasser immer attraktiver», sagt Alfred Wüest vom eidgenössischen Wasserforschungsinstitut Eawag. Denn mit CO₂-armem Strom betrieben, tragen Seewasserwärmepumpen erheblich weniger zum Klimawandel bei als die heute noch weit verbreiteten fossilen Heizungen. Auch zum Kühlen im Sommer ist Seewasser eine wirtschaftliche Alternative für gewöhnliche Klimaanlage.

Diese Technologie schont also die Atmosphäre, stellt aber eine Art «thermische Verschmutzung» des Ökosystems dar. Schliesslich wird dem See fürs Heizen Wärme entzogen – er kühlt sich ab. Umgekehrt ist es im Sommer: Das ohnehin warme Seewasser wird durch den Kälteentzug noch wärmer, was Fauna und Flora eines Sees potenziell belastet. Nun haben Forscher der Eawag, darunter Wüest, am Beispiel des Bodensees abgeschätzt, wie stark die Wärmenutzung von Seewasser das Ökosystem beeinträchtigt.

Wenn jeder der rund eine Million am Bodensee lebenden Menschen zum Heizen einen Leistungsbedarf von rund einem Kilowatt benötigt, müsste dem See rund ein Gigawatt entzogen werden. Das entspricht ungefähr der elektrischen Leistung eines modernen Kernkraftwerks und wäre rund das 30-fache dessen, was die bisher mit Bodenseewasser betriebenen Wärmepumpen leisten. Es ist aber wenig im Vergleich zu den natürlichen Wärmefläüssen: Allein die Wärmeabstrahlung des Bodensees leistet rund 170 Gigawatt und die Verdunstung 20 Gigawatt.

Umstritten ist, wann die Ökologie eines Sees leidet

Wie die Computersimulation der Forscher zeigt, variiert die Wassertemperatur kaum, wenn dem Bodensee in den drei Wintermonaten ein Gigawatt Wärmeleistung zu Heizwecken entnommen wird: Maximal um 0,2 Grad Celsius würde sich die Seeoberfläche abkühlen. Mit einer zusätzlichen Kühlwassernutzung in den drei Sommermonaten, ebenfalls im Umfang von einem Gigawatt, würde die oberflächennahe Wassertemperatur im Mittel sogar nur um 0,1 Grad schwanken.

Ab welcher Temperaturänderung die Ökologie eines Sees leidet, ist allerdings umstritten. Eine alte Faustregel besagt, dass Temperaturänderungen zwischen plus und minus 0,5 Grad Celsius keine oder unwesentliche Effekte auf Flüsse und Seen haben.

Vom Stechlinsee im Norden Brandenburgs ist bekannt, dass sich das Wasser durch Abwärme eines angrenzenden Atomkraftwerks um rund ein Grad erwärmt hat. Das führte zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung

des sogenannten Makrobenthos – das sind am Seeboden vorkommende Lebewesen grösser als ein Millimeter, etwa Insektenlarven, Krebse und Würmer.

Unklar ist jedoch, ab welcher Temperaturänderung das Ökosystem massiven Schaden nimmt. Einig ist sich die Fachwelt jedoch, dass bei einer Erwärmung über vier Grad mit deutlich negativen Konsequenzen zu rechnen ist.

«Beträgt die Temperaturdifferenz an der Oberfläche nicht mehr als 0,2 Grad, sind die Auswirkungen auf das Ökosystem minimal», sagt Wüest. Das bestätigt Christopher Bonzi, Gewässerexperte beim WWF Schweiz. «Allerdings ist darauf zu achten, dass auch lokal keine grossen Temperaturänderungen entstehen und die Seeschichtung nicht beeinträchtigt wird», sagt Bonzi. Auch seien die sommerlichen Wassertemperaturen durch den Klimawandel schon heute teilweise so hoch, dass sie für sensible Arten problematisch werden. Die Auswirkung jeder zusätzlichen Erwärmung im Sommer müsse daher beobachtet werden.

Wie Wüest in der Studie zeigt, ist der Klimawandel ohnehin eine

viel grössere Gefahr für die Gewässer als deren thermische Nutzung. Bis zum Ende des Jahrhunderts würde eine Erwärmung der Atmosphäre um 2,9 Grad auch den Bodensee um 2,6 Grad erwärmen. 0,2 Grad hin oder her fallen da kaum ins Gewicht. Selbst wenn statt einem sogar zwei Gigawatt Leistung aus dem See bezogen würden, hätte der Klimawandel noch den bei weitem dominierenden Einfluss auf die Gewässerökologie. Wird das Wasser vorwiegend zum Heizen verwendet, könnte das der Erwärmung des Gewässers sogar entgegenwirken.

«Die Resultate vom Bodensee lassen sich weitgehend auf andere grosse Seen übertragen», sagt Wüest. Wenn der Bodensee in den Wintermonaten ein Gigawatt Wärmeleistung liefert, könnte man aus dem siebenmal kleineren Zürichsee rund 0,15 Gigawatt gewinnen, ohne dass sich dessen Oberflächenwasser um mehr als 0,2 Grad abkühlt oder erwärmt. Bei kleinen und flachen Seen sei jedoch Vorsicht geboten. Wie Wüest vorrechnet, ist die rein theoretisch aus den grossen Schweizer Seen – Bodensee, Genfersee, Neuenburgersee,

Thunersee, Vierwaldstättersee und Zürichsee – nutzbare Kälte oder Wärme gigantisch. Würde man akzeptieren, dass sich die obersten 100 Meter des Seevolumens in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar nicht nur um 0,2, sondern um ein Grad Celsius abkühlen, könnte man aus diesen Seen eine Wärmemenge entziehen, die einer Leistung von 61 Gigawatt entspricht – also der elektrischen Leistung von 48 Kernkraftwerken vom Typ Leibstadt.

Das realistische Potenzial ist natürlich viel kleiner. Wie Wüest berechnet hat, liessen sich zum Beispiel aus dem Zürichsee ohne nennenswerte ökologische Folgen im Sommer rund 0,4 Gigawatt Kälteleistung und im Winter 0,95 Gigawatt Wärmeleistung gewinnen. «Damit könnte man den gesamten Wärmebedarf der Stadt Zürich decken», sagt Wüest. «Wenige grosse Anlagen sind dabei ökologisch besser als viele kleine.» Zum Vergleich: Die heute installierte Wärmepumpenleistung zum Heizen resp. Kühlen mit Wasser aus dem Zürichsee liegt bei rund 0,01 Gigawatt. Ein Ausbau um rund einen Faktor hundert wäre also möglich.

Vor allem im Kältebereich ist die Technologie konkurrenzfähig

«Aus technischer Sicht steht einem starken Ausbau der energetischen Seewassernutzung nichts im Weg», sagt Wüest. Entscheidend ist die Frage der Wirtschaftlichkeit. «Und die ist nicht immer gewährleistet, auch in dicht bebauten Innenstädten nicht», sagt Felix Schmid, stellvertretender Energiebeauftragter der Stadt Zürich. «Wir brauchen aber die Seewasserpotenziale, um die ambitionierten Energieziele der 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen.»

Wie Schmid sagt, könnte es schon bei der Wasserfassung Schwierigkeiten geben. So habe es im unteren Seebecken des Zürichsees viele archaische Fundstätten. «Wenn man dort dicke Leitungen für die Seewassernutzung verlegen möchte, gibt es Probleme.» Seine grösste Sorge ist aber logistischer Natur: Wie lässt sich das Wasser in der Stadt verteilen? «Ein Neubaugbiet anzuschliessen, ist eine Sache. Eine enge Innenstadt mit Bus, Tram und unterirdischen Verkehrswegen eine andere.» Rechnen könnte sich das nur, wenn Kältebedarf der treibende Faktor für die energetische Nutzung des Seewassers ist. Denn im Kältebereich sei die Technologie konkurrenzfähig, die alleinige Nutzung von Wärme im Winter oft nicht.

Eine Idee, die Zürich verfolgt, ist der Anschluss des Hochschulquartiers mit ETH, Uni und Unispital an eine vergleichsweise grosse mit Seewasser gespeiste Anlage. Diese sollte in erster Linie kühlen – neben Büros auch die Rechenzentren und Labore. Noch im Frühjahr 2015 soll eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben werden.

Einen grossen Knackpunkt sieht Schmid bei den hohen Investitionskosten: «Solch grosse Projekte rechnen sich erst nach 50 bis 80 Jahren.» Keine Bank sei bereit, eine Abschreibung über diese Dauer zu gewähren. «Nur wenn die öffentliche Hand wie bei der Trinkwasser- oder Stromversorgung auch die energetische Seewassernutzung finanziell absichert, kann diese klimafreundliche Technologie im grossen Massstab ausgebaut werden.» Dafür brauche es einen Plan und ein politisches Ziel. Sonst würde es bei Einzelprojekten bleiben.

Seewasserwärme für Fraumünster und Badrutt's Palace

In der Schweiz gibt es bisher nur wenige relativ kleine Anlagen, die Seewasser zum Heizen oder Kühlen nutzen. Im Zürcher Seebecken etwa wird das Wasser an einem Dutzend Stellen angezapft und unter anderem das Fraumünster damit im Winter beheizt und im Sommer gekühlt. Auch das Badrutt's Palace Hotel in St. Moritz nutzt die Wärme aus dem eigentlich kalten St. Moritzersee. ETH und Uni Lausanne beziehen zum Heizen und Kühlen Wasser aus dem Genfersee. Die grösste Anlage der Schweiz ist «Genève Lac Nations» bei Genf, die Gebäude der Vereinten Nationen versorgt. Einige weitere Projekte sind in Planung, etwa Génilac, ebenfalls bei Genf sowie Seenergy am Vierwaldstättersee bei Luzern. Und in der Stadt Zug soll bis in rund vier Jahren ein ganzes Wohn- und Wirtschaftsquartier mit See- und Grundwasser geheizt und gekühlt werden.