

## Editorial

Liebe Leserinnen und Leser

Die aktuelle Klimadebatte zeigt uns eines deutlich: Wir müssen uns langsam aber sicher von den fossilen Energieträgern, von den Kohlenstoffspeichern im Boden wie Erdöl, Kohle und Erdgas trennen. Nur so werden wir das Gleichgewicht mit dem Kohlendioxid vielleicht wieder in den Griff bekommen.

Damit wir aber unseren schier unendlichen Energiehunger stillen können, sind einerseits effizientere Technologien und andererseits auch andere, «neue» Energiequellen gefragt. Wie im nachfolgenden Artikel zu lesen ist, kann auch aus unseren Seen thermische Energie gewonnen werden. Und zwar in nicht unbedeutenden Mengen! Alle diese «neuen» Energiequellen müssen aber teils aufwändig mit einer ausgeklügelten Technik und mit der notwendigen Sorge zur Umwelt erschlossen werden. Und dafür sind Investitionen notwendig. Grosse Investitionen, welche von allen getragen werden müssen. Allen voran von uns Konsumenten, welche nicht erwarten dürfen, auch in Zukunft weiterhin mit billiger Energie versorgt zu werden.

Für welche Energiequellen wir uns auch immer entscheiden, die allerbeste Energie ist jene, welche wir gar nicht brauchen. Energiesparen fängt bei jedem einzelnen an.



**Peter Inhelder**  
Leiter Amt für Umweltschutz  
Kanton Schwyz



Wasserdampf über dem Vierwaldstättersee (Bild Adrien Gaudard, Eawag)

## Wärme aus See und Untergrund Ein enormes Potenzial liegt vor unserer Haustür

**Seewasser und Untergrund weisen ein enormes Potenzial an thermischer Energie zum Heizen und Kühlen auf. Während Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen sich einer grossen Nachfrage erfreuen, wird Seewasser noch selten thermisch genutzt. Nun sind in der Zentralschweiz grosse Projekte im Bau.**

Die Erdwärmenutzung ist ein Teil der Geothermie und erschliesst den Bereich bis 400 Meter Tiefe. Die in der Erde – im Wasser, im Gestein – gespeicherte Wärme lässt sich mit Hilfe verschiedener Methoden nutzen. Beispiel: Eine Wärmepumpe vermag einen Wärmeträger mit vier bis zehn Grad kaltem Wasser problemlos auf sechzig Grad zu erwärmen.

**Erdwärmesonden** sind die häufigsten Anlagen zur Wärmenutzung aus dem Untergrund. Dabei wird dem Gestein (und nicht dem Grundwasser) Wärme entnommen. Der Wärmetransport erfolgt in einem geschlossenen Rohrleitungssystem, welches mit einer Wärmepumpe verbunden ist. In der Zentralschweiz wurden in den letzten Jahren jährlich über tausend Bewilligungen für Erdsonden ausgestellt. Sie eignen sich zum Heizen und Kühlen von Einfamilien- und Mehrfamilienhäusern.

Wärme kann auch dem **Grundwasser** entzogen werden, aber nur dort, wo keine Konflikte mit der Trinkwassernutzung entstehen. Die Qualität des Grundwassers darf dabei nicht verändert werden und das Wasser darf um maximal drei Grad abgekühlt oder erwärmt werden. Das Grundwasser wird an die Oberfläche geholt, einer Wärmepumpe zugeführt und über einen Versickerungsbrunnen in den Grundwasserleiter zurückgegeben. In einigen Gebieten in der Zentralschweiz ist heute die Dichte von thermischen Grundwassernutzungen so hoch, dass das Potenzial nahezu ausgeschöpft ist.

**Seen** speichern enorme Wärmemengen, die zum Heizen und Kühlen von Gebäuden genutzt werden könnten. In einer detaillierten Studie hat das Wasserforschungsinstitut Eawag errechnet, dass der Vierwaldstättersee 2900 Gigawattstunden (GWh) Wärme liefern könnte, wenn die obersten 50 Meter des Sees um ein halbes Grad abgekühlt würden.<sup>1</sup> Zum Vergleich: Der Wärmebedarf von 100'000 Einwohnern liegt zwischen 700 und 900 GWh. Der Vierwaldstättersee könnte theoretisch den gesamten Siedlungsraum am See mit Wärme versorgen. Auch das Kühlpotenzial liegt mit 1'100 GWh deutlich über einer realistischen Nachfrage.

### Ökologische Fragen

Bei der thermischen Nutzung wird Seewasser über eine Wasserleitung in die Zentrale gepumpt. Dort wird mit Hilfe eines Wärmetauschers Wärme (oder im Sommer Kälte) erzeugt und an ein separates Versorgungsnetz abgegeben. Das Wasser wird wieder in den See geführt. Die Entnahme des Wassers hat für den See keine ökologische Bedeutung. Die Wiedereinleitung des nun kälteren (oder wärmeren) Wassers wird die Temperatur des Sees nur unmittelbar bei der Einleitstelle um wenige Zehntelgrade verändern. Der künstliche Wärmefluss ist damit viel kleiner als der natürliche und damit ökologisch unbedenklich.

Moderne Systeme werden in der Regel in einem geschlossenen Kreislauf betrieben. Das Wasser tritt so nicht in direkten Kontakt mit den Wärmepumpen und wird chemisch nicht beeinträchtigt. Wichtig ist, dass der Bau von Leitungen und Gebäuden an Seeufern umweltschonend erfolgt.

Alles in allem kommt die Eawag-Studie zum Schluss, dass der See unter den genannten Bedingungen (50 Meter, 0.5 Grad C) im Einklang mit den ökologischen Vorgaben genutzt werden kann. Angesichts der klimabedingten Erwärmung der Gewässer hätte der Entzug von Wärme zum Heizen sogar eine – wenn auch bescheidene – positive Wirkung. Fließgewässer eignen sich kaum für das Heizen und Kühlen von Gebäuden, da im Sommer die Rückgabe von erwärmtem Kühlwasser zu einer Wassererwärmung führt, die für die empfindlichen Forellen und Äschen problematisch sein kann.

### Weshalb nur wenige Anlagen?

Das Potenzial der thermischen Nutzung von Seen ist gross. Das erforderliche Know-how ist vorhanden. Die Technik arbeitet auch in der kalten Jahreszeit zuverlässig und effizient. Auch das Abnehmerpotenzial ist gerade bei den grösseren Seen vorhanden – und trotzdem sind bisher nur wenige Projekte realisiert worden. Am Vierwaldstättersee sind einige kleinere bis mittelgrosse Anlagen in Betrieb. Grössere schweizerische Seewassernutzungen sind die Wärme-Kälte-Nutzung des Campus Uni/EPFL Lausanne, das Quartier der Vereinten Nationen in Genf oder einige Quartiere in der Stadt Zürich. Nun sind allerdings grössere Projekte in der Zentralschweiz in Planung oder im Bau, so das Projekt Circolago in Zug (siehe Seite 3), der Ausbau der Energiezentrale Inseliquai in der Stadt Luzern, sowie das Projekt Seenergie in Horw, wo vor kurzem der Spatenstich erfolgte. 95 Millionen Franken investiert hier die Seenergy Luzern AG, eine Tochterfirma von EWL, in ein See-Energie-Netz, das in Zukunft 6800 Haushalte in Horw-Mitte und Luzern-Süd mit Energie zum Heizen und Kühlen versorgt.



Seewasserzentrale Schützenmatt (Zug) des Projekts CIRCULAGO mit Leitungssystem für die Seewasserzirkulation und den Leitungssystemen für die Energieverteilung. (Bild: zVg)

### Grosse Investitionen

Diese Beispiele zeigen, dass die thermische Nutzung von Seewasser mit hohen Investitionen verbunden ist. Es handelt sich um Grossprojekte, die eine breite Koordination erfordern – und letztlich auch rentieren müssen. Im Hinblick auf die Ziele der schweizerischen Energiepolitik ist die Wärme- und Kältenutzung der Oberflächengewässer sehr attraktiv. Sie würde es erlauben, den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoss zu vermindern. (wg)

<sup>1</sup> Wüest A., Fink G., 2014. Potenzial zur Wärme- und Kühlenergienutzung aus dem Vierwaldstättersee. Eawag, Kastanienbaum.

Die Eawag hat 2018 die Potenziale für das Heizen und Kühlen aus allen Hauptseen und -flüssen der Schweiz abgeschätzt (Potenzialkarte) sowie die bisher erstellten Anlagen kartiert (Anlagenkarte): Gaudard A., Wüest A., Schmid M., 2018.

Thermische Nutzung von Seen und Flüssen – Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer. <https://thermdis.eawag.ch/de/potential> <https://thermdis.eawag.ch/de/anlagen>

# Das Zuger Projekt CIRCULAGO

Das Stimmvolk der Stadt Zug hat in einer Volksinitiative im Jahr 2011 seine Zustimmung für den Umbau der urbanen Energieversorgung zu mehr Energieeffizienz und zur Förderung erneuerbarer Energiequellen gegeben. In der ersten Etappe bis 2050 will die Stadt Zug den CO<sub>2</sub>-Ausstoss auf zwei Tonnen pro Person und Jahr und den Primärenergieverbrauch pro Person auf 3500 Watt senken. Längerfristig sollen die Ziele der 2000-Watt-Gesellschaft erreicht werden (siehe Kasten).

Die Stadt Zug und der Kanton Zug klärten mit einer Machbarkeitsstudie das beträchtliche Potential für die Versorgung des innerstädtischen Gebiets mit erneuerbarer Energie aus Grundwasser und Seewasser ab. Daraufhin untersuchte die Eawag das gewässerökologisch verträgliche Mass für die Wärme- und Kältenutzung aus dem Zugersee. Die Modellierungen zeigen, dass die Wärmezufuhr (Kühlwassernutzung) von 200 GWh während des ganzen Jahres mit maximalen Leistungen um 50 MW in den Sommermonaten zu keiner nachteiligen Temperaturveränderung für die Lebensgemeinschaften im See führt. Für die Wärmeversorgung von Gebäuden ist ein Energiebezug von 500 GWh, entsprechend einer durchschnittlichen Wärmeleistung von gut 50 MW über das ganze Jahr und von 100 MW während der Spitzenmonate im Winter, ebenfalls unproblematisch.

## Konzession zur Wärme- und Kältenutzung

Die WWZ AG, der grösste Versorger mit Wasser, Strom, Gas, Wärme und Telekommunikation im Kanton Zug, hat daraufhin ein Projekt für die Realisierung des Energieverbunds CIRCULAGO mit Wärme und Kälte aus dem Zugersee erarbeitet. Im Juni 2017 erteilte die Baudirektion der WWZ AG die Konzession zur Wärme- und Kältenutzung aus dem Zugersee.

## 2000-Watt-Gesellschaft

Bei der 2000-Watt-Gesellschaft handelt es sich um ein klimapolitisches Modell, das Anfang der 1990er-Jahre von der ETH Zürich entwickelt wurde. Es geht davon aus, dass die globale Klimaerwärmung durch eine konsequente Reduktion des Energieverbrauchs aufgehalten werden kann. Konkret lautet das Ziel, den Energiebedarf einer Person auf eine durchschnittliche Dauerleistung von 2000 Watt zu senken und pro Jahr und Person nicht mehr als eine Tonne CO<sub>2</sub>-Emissionen zu verursachen.

Die Bewilligung umfasst eine maximale Energieentnahme von 72 GWh und eine maximale Energiezufuhr von 66 GWh pro Jahr bei einer maximalen Wärme- und Kälteleistung von 24.4 MW.

CIRCULAGO ist bei Endausbau bei weitem der grösste Wärmeenergienutzer am Zugersee (Gesamtnutzung aller bewilligten Anlagen: 82 GWh Wärme und 75 GWh Kälte pro Jahr). In der gesamten Ausbauphase der Wärmeenergienutzung am Zugersee ist die jährlich ausgeglichene oder negative Bilanz der Zufuhr und Entnahme von Wärme eine Auflage. Die Kältenutzung im Sommer führt in der Zuger Bucht innerhalb einer Schicht von zwei Metern Dicke zu einer lokalen Erwärmung des Seewassers von 0.1 °C. Dies entspricht etwa einem Zwanzigstel der bis ins Jahr 2060 prognostizierten klimabedingten Erwärmung von 2.1 °C für die Oberflächentemperatur des Zugersees.

## Ein Generationenprojekt

Der Aufbau von CIRCULAGO ist ein Generationenprojekt: die Bauzeit des gesamten Versorgungsnetzes dauert rund 20 Jahre und die WWZ AG investiert mehr als 100 Millionen Franken in das Projekt. Die Verteilung von Wärme und Kälte im Stadtgebiet



Übersicht zu den möglichen Ausbaustapen von CIRCULAGO. Die Verteilung von Wärme und Kälte erfolgt ab der Seewasserzentrale bei der Schützenmatt zu rund einem Dutzend unabhängiger Energiezentralen. In einer ersten Phase wird das Gebiet Metalli und Lüssi erschlossen. Leitungssysteme und Seewasserkreislauf sind getrennt. (Grafik: zvg)

geschieht über vom Seewasserkreislauf getrennte Leitungssysteme ab der Seewasserzentrale bei der Schützenmatt zu rund einem Dutzend unabhängiger Energiezentralen. In einer ersten Phase wird das Gebiet Metalli und Lüssi erschlossen. Die Energieversorgung durch CIRCULAGO ist unter Berücksichtigung der fast doppelt so langen technischen Lebensdauer gegenüber anderen Heiz- oder Kühlsystemen konkurrenzfähig. Mit dem Anschluss erfüllen die Liegenschaftsbesitzer die zukünftigen gesetzlichen Bedingungen für den Anteil erneuerbarer Energie und tragen zur Reduktion von 25'000 Tonnen CO<sub>2</sub> bei, die bei der Wärmegewinnung aus fossilen Energieträgern frei gesetzt würden. (pk)

# Uri punktet mit gutem Wärmenutzungskonzept

## Planungshilfen bei Wärmenutzung aus dem Untergrund



Die Nachfrage nach Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen im Urner Talboden ist hoch. (Bild: afu Uri)

**Der Untergrund und das Grundwasser haben ein grosses Potenzial. Sie liefern umweltschonend und nachhaltige Wärme. Auch im Kanton Uri ist die Nachfrage gross. Dank einer überarbeiteten und umsichtigen Vollzugspraxis bleibt der Schutz des Grundwassers gewährleistet.**

Im Kanton Uri sind in den vergangenen Jahren Erdwärmesonden und Grundwasserwärmepumpen zu einem bevorzugten Heizsystem geworden. Das ist erfreulich, denn so gelingt der Schritt weg von den fossilen Energieträgern. Erdsonden oder Grundwasser betriebene Wärmepumpen werden zudem durch das Förderprogramm Energie Uri finanziell grosszügig unterstützt, wenn sie Öl- oder Elektroheizungen ersetzen.

### Nachfrage nach Erdsonden ungebrochen

Die Nachfrage nach diesen erneuerbaren Energiequellen ist nach wie vor ungebrochen. Die Urner Talgemeinden sind in den vergangenen Jahren stark gewachsen. Die Bevölkerungszunahme, das verdichtete Bauen und rechtliche Vorgaben führten zu einer Aktualisierung und Überarbeitung der bestehenden Vollzugspraxis. Da bei Wärme- und Kältenutzung aus dem Untergrund gleichzeitig auch ein Gefährdungspotenzial für Grund- und Trinkwasser besteht, hat der Schutz bei sämtlichen Bewilligungs- und Konzessionsverfahren nach wie vor oberste Priorität.

Im Gegensatz zu den meisten anderen Kantonen sind im Kanton Uri weiterhin Erdwärmesonden im Grundwasser zulässig. Darum ist in der Vollzugspraxis besondere Vorsicht geboten. Zum Schutz der Trinkwasserreserve sind entsprechende Massnahmen zu treffen. Basierend auf den Vollzugshilfen des Bundes, der SIA-Normen und der langjährigen Erfahrung in der praktischen Umsetzung wurden vom Urner Amt für Umweltschutz die Schutzmassnahmen vereinheitlicht und die Vollzugspraxis an den Stand der Technik angepasst.

Für eine transparente Planungssicherheit stellt der Kanton Uri die umfassende Wärmenutzungskarte online zur Verfügung ([www.geo.ur.ch](http://www.geo.ur.ch)). Darin ist im Ampelprinzip (grün, gelb, rot) dargestellt, wo Erdwärmesonden oder Grundwasserwärmepumpen unter welchen Bedingungen zulässig sind und wo nicht. Um die Bewilligungspraxis zu vereinfachen, wurden den Zulässigkeitsbereichen mit den sogenannten Gewässerschutz-Anhängen entsprechende Auflagen zugeordnet, etwa die speziellen Vorschriften bei Erdwärmesonden für Bohr- und Ausbauarbeiten im gelben Zulässigkeitsbereich (Gewässerschutz-Anhang 5.2). Diese geben grösstenteils die bisherigen Auflagen wieder, sind aber zusätzlich mit bereits schweizweit bekannten Anforderungen abgestimmt worden.

### Planungshilfen

Zudem stellt der Kanton weitere Planungshilfen für die Bauherrschaft zur Verfügung, die die Vollzugspraxis vereinfachen und transparenter machen ([www.ur.ch/energie](http://www.ur.ch/energie): -->Erdwärmenutzung). Neben den erwähnten Gewässerschutz-Anhängen ergaben sich aus der Erarbeitung des neuen Vollzugskonzepts folgende Produkte, die künftig im Alltag für die Bauherrschaft wichtig sind:

- Entscheidungshilfe Wärmenutzung
- Ablauf Bohrbewilligungs- und Konzessionsverfahren (Prozessdiagramm)
- Pflichtenheft für die Bohrunternehmungen (Gewässerschutz-Anhang 5.4)
- Pflichtenheft für die geologische Begleitung (Gewässerschutz-Anhang 5.5)

Mit dem Wärmenutzungskonzept und seinen Produkten soll die Planungssicherheit bei Wärmenutzungen im Untergrund sichergestellt werden. Mit den klaren Vorgaben aus den Gewässerschutz-Anhängen ist es möglich, negative Beeinträchtigungen des Grundwassers zu vermeiden. (sw)

### Impressum

**Redaktion:** Dienststelle Umwelt und Energie Kanton Luzern

**Autoren:** Peter Inhelder, Amt für Umweltschutz des Kantons

Schwyz, [peter.inhelder@sz.ch](mailto:peter.inhelder@sz.ch), 041 819 20 49;

Werner Göggel (wg), Dienststelle Umwelt und Energie des Kantons

Luzern, [werner.goeggel@lu.ch](mailto:werner.goeggel@lu.ch), 041 228 60 57;

Peter Keller (pk), Amt für Umwelt des Kantons Zug,

[peter.keller@zg.ch](mailto:peter.keller@zg.ch), Tel. 041 728 53 72;

Simon Walker (sw), Amt für Umweltschutz Uri,

[simon.walker@ur.ch](mailto:simon.walker@ur.ch), Tel. 041 875 24 30

**Ausgabe:** 2/2019, November 2019

**Herausgeber:** Zentralschweizer Umweltfachstellen zentrum

**Layout:** Grafikatelier Thomas Küng, Luzern