



August 2019

Planungshilfe Wärme- und Kältenutzung aus dem Bodensee



1 Worum geht es?

Der Bodensee ist ein riesiger Energiespeicher, der wirtschaftlich, ökologisch und energieeffizient zu Heiz- und Kühlzwecken genutzt werden kann. Das Potenzial wird heute bei weitem nicht ausgeschöpft. Die vorliegende Planungshilfe hat zum Ziel, die Rahmenbedingungen und Anforderungen für eine nachhaltige thermische Nutzung aufzuzeigen. Sie richtet sich primär an Gemeinden, Energieversorger und Planer. Sie sollen über das Vorgehen zur Realisierung eines Projektes informiert sein und wissen, an wen Sie sich für weitergehende Beratung und betreffend finanzieller Förderung wenden können.

2 Wieviel Energie steckt im Bodensee?

Der Bodensee speichert eine gewaltige Energiemenge. Die tatsächliche Nutzung dieses Potenzials ist soweit erlaubt, als die aquatischen Ökosysteme und der natürliche Temperaturhaushalt nicht nachteilig verändert werden. Wie gross die Auswirkungen der thermischen Nutzung auf den See sind, hängt von der Menge sowie der räumlichen und zeitlichen Verteilung des Wärme- bzw. Kälteeintrags ab. Verschiedene Modellrechnungen¹ haben gezeigt, dass bei einer realistischen thermischen Nutzung entlang des Schweizer Seeufers (Grössenordnung 1 GW Heizleistung und 0.5 GW Kälteleistung) keine nachteiligen Auswirkungen auf den Temperaturhaushalt zu erwarten sind.

Aufgrund der Modellrechnungen kann das nutzbare Potenzial für die Schweizer Seite des Bodensees auf ungefähr 2800 GWh Wärmenutzung und 1400 GWh Kältenutzung pro Jahr beziffert werden. Dabei wurde davon ausgegangen, dass die Wärmenutzung primär im Winter und die Kältenutzung im Sommer erfolgt. Da sich die Wassertemperaturen durch die Klimaerwärmung bereits erhöhen, sollte dem See in der Jahresbilanz nicht mehr Wärme zugeführt als entzogen werden.

Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass eine Abkühlung des Sees weniger kritisch ist als eine Erwärmung. Zum einen wirkt sie der zusätzlichen Wärmebelastung durch die Klimaerwärmung entgegen. Zum anderen ist eine Abkühlung für die Lebewesen im See insgesamt weniger problematisch als eine Erwärmung.

Aktuell bestehen am Bodensee auf Schweizer Seite insgesamt 16 Anlagen mit einem Wärmeumsatz von rund 34 GWh pro Jahr. Der Anteil des Wärmeeintrages kann auf ungefähr zwei Drittel geschätzt werden.

Der Wärmebedarf aller Gemeinden mit Seeanstoss in den Kantonen St.Gallen² und Thurgau liegt in der Grössenordnung von 1200 GWh pro Jahr. Mit Blick auf das oben genannte Potenzial könnte somit der gesamte Wärmebedarf entlang des Schweizer Bodenseeufers mit thermischer Seewassernutzung gedeckt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für eine sinnvolle Erschliessung mit thermischen Netzen eine gewisse Siedlungsdichte notwendig ist. Eine Versorgung mit Energie aus dem Bodensee macht deshalb nicht überall Sinn.

1

Siehe Kapitel 9 zu den entsprechenden Publikationen

2

Thal, Rorschacherberg, Rorschach, Goldach, Steinach, Tübach SG (ohne direkten Seeanstoss)

3 Allgemeine Grundsätze

Für die energetische Nutzung des Bodensees gelten die folgenden Grundsätze:

- Die Wärmeversorgung erfolgt räumlich koordiniert und ist energieeffizient. Die thermische Seewassernutzung wird in die räumliche Energieplanung der Gemeinde einbezogen.
- Grosse Anlagen mit Verbundlösungen werden bevorzugt, Anlagen unter 200 kW werden vermieden.
- Auf reine Kühlnutzungen wird verzichtet, bei Kühlnutzungen wird in jedem Fall eine Abwärmenutzung angestrebt.
- Thermische Seewassernutzungen beeinträchtigen die aquatischen Ökosysteme nicht. Wasserrückgaben erfolgen in der Regel unterhalb der Sprungschicht in 20 bis 40 m Tiefe.
- Anlagen entsprechen dem Stand der Technik.

4 Wie kann die Energie genutzt werden?

Die technische Infrastruktur zur thermischen Nutzung von Seewasser besteht je nach Nutzungsart aus verschiedenen Kreisläufen:

- Primärkreislauf** Wasserentnahme im See (4–8°C), Pumpstation, Filter, Wärmetauscher, Wasserrückgabe (1–4°C bei Heizbetrieb, max. 20°C bei Kühlbetrieb)
- Sekundärkreislauf** Energienetz (1–20°C), bildet einen Energieverbund mit unterschiedlichen Wärme- und Kältebezügern.
- Tertiärkreislauf** Nahwärmeverbund, wird von einer zentralen Wärmepumpe versorgt (30–60°C).

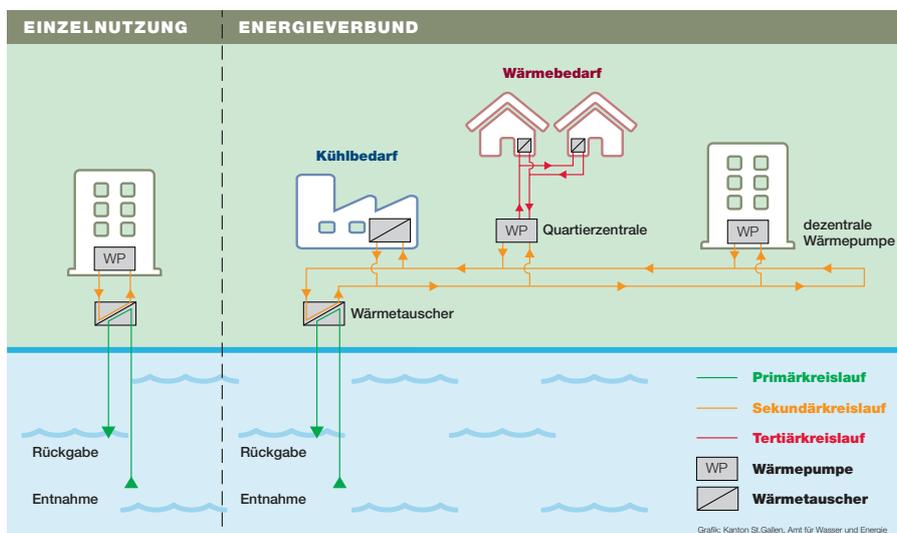


Abbildung 1: Schema der verschiedenen Nutzungsarten. Erläuterung siehe nächste Seite.

Primärkreislauf

Für die Nutzung von Wärme oder Kälte aus dem See werden eine Entnahmeleitung und eine Rückgabeleitung vom See zu einer Übergabestation mit Wärmetauscher erstellt. Die Wasserentnahme erfolgt in der Regel zwischen 0 bis 40 m Tiefe, die Rückgabe in 20 bis 40 m Tiefe. Die Problematik des Bewuchses mit Muscheln ist bei der Planung zu berücksichtigen.

Die Temperatur des entnommenen Seewassers liegt in der Regel zwischen 4°C und 8°C, was sowohl eine energieeffiziente Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser mittels Wärmepumpe, als auch die direkte Nutzung zu Kühlzwecken ermöglicht. Je nachdem, ob im Gesamtsystem Heizung oder Kühlung dominiert, ist das Rückgabewasser des Primärkreislaufs wärmer oder kälter als das Seewasser.

Bei einer Einzelnutzung wird das Seewasser von einer isolierten Anlage als Wärme- oder Kältequelle genutzt. Für die Nutzung zu Heizzwecken ist eine Wärmepumpe notwendig. Im Falle der Einzelnutzung besteht der Sekundärkreislauf nur in einem lokalen Zwischenkreislauf, der das Seewasser hydraulisch vom Kühl- oder Kältemittelkreislauf trennt.

Sekundärkreislauf

In einem Anergienetz zirkuliert ein Wärmeträgermedium (z.B. Wasser), das Energie auf einem niedrigen, nicht direkt für Heizzwecke nutzbaren Temperaturniveau transportiert (ca. 1 bis 20°C). Dank der relativ geringen Temperatur kann das Anergienetz auch als Wärmesenke genutzt werden, beispielsweise zur Abführung von nicht weiter nutzbarer Abwärme aus Industriebetrieben. Diese Abwärme kann so für Wärmebezügler nutzbar gemacht werden. Für die Nutzung des Anergienetzes zu Heizzwecken ist eine Wärmepumpe notwendig. Steht beim Endverbraucher eine eigene Wärmepumpe, so spricht man von dezentralen Systemen. Dezentrale Systeme eignen sich bei hohen Aussentemperaturen im Sommer auch für den Kühlbetrieb («Freecooling»).

Tertiärkreislauf

Für die Nutzung zu Heizzwecken gibt es auch zentrale Lösungen: Eine zentrale Wärmepumpe, z.B. in einer Quartierzentrale, erwärmt das Wasser auf die höchste benötigte Temperatur. Mittels Nahwärmenetz werden die angeschlossenen Endnutzer im Tertiärkreislauf mit Wärme versorgt. Beim Endverbraucher braucht es lediglich eine Übergabestation. Diese Lösung ist dann vorteilhaft, wenn das benötigte Temperaturniveau bei allen Nutzern in einem ähnlichen Bereich liegt.

Technische und Wirtschaftliche Machbarkeit

Die grundsätzliche Realisierbarkeit eines Energieverbundes hängt u.a. vom lokalen Wärmeabsatzpotenzial und dessen räumlicher Verteilung ab. In einem ersten Schritt empfiehlt es sich, die technische und wirtschaftliche Machbarkeit in einer Studie abzuklären.

5 Was muss beim Bau einer Anlage beachtet werden?

Entnahmetiefe

- Die Entnahmetiefe ist nutzungsabhängig zwischen 0 bis 40 Meter wählbar.

Rückgabentiefe und Rückgabetemperatur

- Mit Rücksicht auf die Schichtungsverhältnisse ist die Rückgabentiefe des thermisch genutzten Wassers so zu wählen, dass die Einschichtung in einem Bereich zwischen 20 bis 40 Meter Wassertiefe erfolgt.
- Die Rückgabetemperatur des thermisch genutzten Wassers darf höchstens 20°C betragen.
- Die Temperaturänderung ausserhalb der Mischungszone muss kleiner als 1°C sein. Als Mischungszone gilt ein Bereich von 20 mal 20 Meter horizontaler und 10 Meter vertikaler Ausdehnung.
- Im Winter oder in fachlich begründeten Ausnahmefällen ist eine oberflächliche Rückgabe von abgekühltem Wasser möglich.
- Die Lagen der Entnahme- und Rückgabestellen einer Anlage sind so zu wählen, dass keine Kurzschlussströmung auftritt.
- Bei Rückgabe des thermisch genutzten Bodenseewassers in ein Fließgewässer gelten die Vorschriften des jeweiligen Kantons.
- Das genutzte Wasser muss chemisch unverändert zurückgeleitet werden.

Benachbarte Anlagen

- Thermische Summationseffekte benachbarter Anlagen dürfen nicht dazu führen, dass sich das Wasser ausserhalb der jeweiligen Mischzone um mehr als 1°C verändert.
- Zwischen benachbarten Anlagen dürfen keine Kurzschlussströmungen auftreten.
- Die Trinkwassernutzung hat Priorität gegenüber der thermischen Nutzung. Die Beeinflussung durch geplante Rückgabeleitungen muss im Einzelfall geprüft werden.

Bauliche Aspekte

- Seeleitungen sind bis unter die Zone mit Wasserpflanzenbewuchs (ca. 10-15 m Tiefe) grabenlos unter dem Seegrund zu erstellen, beispielsweise mittels gelenkter Bohrung.
- Im Bereich von archäologischen Fundstellen und Naturschutzgebieten können Einschränkungen für den Leitungsbau gelten. Die kantonalen Fachstellen geben Auskunft.
- Die Leitungen müssen so verlegt werden, dass Sie die Schifffahrt nicht behindern und nicht durch Anker beschädigt werden können.
- Die Leitungsführung und -befestigung ist so zu konstruieren, dass sich keine Fischfanggeräte verfangen können
- Die Leitungsverlegung muss unter Berücksichtigung der Schonzeiten erfolgen und mit dem kantonalen Fischereiaufseher abgesprochen werden.
- Nicht standortgebundene Anlagenteile müssen ausserhalb des Gewässerraums erstellt werden.
- Bei den Ansaugeinrichtungen sind Fischschutzmassnahmen umzusetzen (Anströmgeschwindigkeit kleiner 10 Zentimeter pro Sekunde; Gitter mit Maschenweite kleiner 5 Millimeter).

- Die Problematik des Bewuchses mit Muscheln (Zebra-, Wander-, Quaggamuschel) muss bei der Planung berücksichtigt werden. Es sind entsprechende Vorkehrungen (Dimensionierung der Leitung, Spezialfilter, Reinigungsvorrichtungen, Unterhalt bei Wärmetauschern usw.) zu treffen.
- Wärmetauscher, in denen Kältemittel zirkuliert, dürfen nur über Zwischenkreisläufe betrieben werden.
- Es dürfen nur Kältemittel gemäss Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (Chem-RRV; SR 814.81) verwendet werden.

6 Wie läuft das Bewilligungsverfahren ab?

Die Nutzung des Seewassers bedarf einer Wasserrechtskonzession des Baudepartementes.

Das Gesuch für die thermische Seewassernutzung wird bei der Gemeinde eingereicht und vom Amt für Wasser und Energie geprüft. Nach einer 30-tägigen Auflage auf der Gemeinde ohne Einsprachen erteilt das Baudepartement die Konzession. Für ein Konzessionsgesuch sind folgende Unterlagen erforderlich:

- Baugesuchsformulare G1, K2, K2A, K2B
- Projektbeschrieb der Anlage
- Je nach Bedarf fachliche Gutachten, z.B. Fischerei, Archäologie, Naturschutz, Beurteilung der Auswirkung auf andere Anlagen
- Projektpläne der Anlagen
- Prüfung des Einflusses auf den Temperaturhaushalt: Die IGKB stellt ein Bemessungswerkzeug zur Verfügung. Dieses ist online verfügbar und erlaubt es, eine geplante Anlage für unterschiedliche Betriebsszenarien zu dimensionieren und den Einfluss auf den Temperaturhaushalt zu überprüfen. Diese Überprüfung muss dem Gesuch beigelegt werden. Bei Anlagen mit einer Leistung von mehr als 5 MW ist in der Regel eine vertiefte Prüfung erforderlich (Simulation mit bestehenden Modellen).

7 Welche Gebühren fallen an?

Konzessionsgebühren

Für die Verleihung des Wasserrechtes (Wasserrechtskonzession) durch das Baudepartement fällt nach den gesetzlichen Vorgaben eine einmalige Konzessionsgebühr an. Sie beträgt 0,2 bis 5 Rappen je Kubikmeter der konzessionierten jährlichen Wassermenge (Art. 35 GNG, sGS 751.1).

Wenn das Seewasser zu Heizzwecken genutzt wird, oder wenn die Nutzung in Verbindung mit einem Anergienetz mit mehrheitlicher Nutzung der Abwärme erfolgt, wird die Gebühr gemäss heutiger Praxis auf 0.5 Rappen je Kubikmeter festgelegt. Bei reiner Kältenutzung beträgt die Gebühr 5 Rappen je Kubikmeter.

Nutzungsentschädigung für Wärme- und Kältenutzung

Für die Nutzung des Seewassers wird ein jährlicher Wasserzins erhoben. Die Nutzungsentschädigung (Wasserzins) beträgt nach den gesetzlichen Vorgaben 0.2 bis 10 Rappen je Kubikmeter des während eines Jahres bezogenen Wassers (Art. 37 GNG, sGS 751.1). Die Höhe der Nutzungsentschädigung ist gemäss heutiger Praxis vom Anteil der Wärme-

und Kältenutzung des entnommenen Seewassers abhängig. Bei reiner Wärmenutzung, oder wenn die Nutzung in Verbindung mit einem Anergienetz mit mehrheitlicher Nutzung der Abwärme erfolgt, wird der Wasserzins auf 0.5 Rappen je Kubikmeter festgelegt. Bei reiner Kältenutzung beträgt der Wasserzins 8 Rappen je Kubikmeter.

8 Was wird vom Kanton gefördert?

Folgende Massnahmen werden im Rahmen des Förderungsprogrammes Energie 2015-2020 im Kanton St.Gallen finanziell unterstützt:

- Machbarkeitsstudien** Unterstützt werden beispielsweise Studien zur Machbarkeit eines thermischen Netzes, wenn die technische Machbarkeit oder die Wirtschaftlichkeit unsicher sind. Voraussetzung ist, dass mit dem Vorhaben auch fossile Heizungen ersetzt werden.
- Wärmepumpen** Wärmepumpen werden finanziell gefördert, wenn sie bestehende elektrische oder fossile Heizungen ersetzen.
- Thermische Netze** Finanziell unterstützt werden der Aufbau von neuen und die Verdichtung von bestehenden Netzen, wenn auch fossile Heizungen in bestehenden Gebäuden ersetzt werden.

Detaillinformationen zum Förderprogramm erhalten Sie auf www.energieagentur-sg.ch. Die Energieagentur St.Gallen berät Sie gerne auch persönlich zu Förderungsmöglichkeiten oder zu konkreten Projekten.

9 Wo erhalte ich weitere Informationen?

Information und Beratung:

Energieagentur St.Gallen GmbH: www.energieagentur-sg.ch

Amt für Wasser und Energie Kanton St.Gallen: www.wasser.sg.ch

Grundlagen:

[Bodenseerichtlinien der IGKB](#)

[Bericht KlimBo – Klimawandel am Bodensee](#)

[Berechnungstool für das Temperaturverhalten von thermischen Seewassernutzungen](#)

[Informationsplattform der EAWAG zur thermischen Nutzung von Oberflächengewässern](#)

Wissenschaftliche Publikationen:

Lang, U., Mirbach, S. (2019): Modellanalyse der maximalen thermischen Nutzung von Bodenseewasser. Bericht für das Amt für Umwelt, Kanton Thurgau. Ed: kup Stuttgart, Juni 2019.

Gaudard, A., Schmid, M., Wüest, A. (2019): Using lakes and rivers for extraction and disposal of heat: Estimate of regional potentials. *Renewable Energy* 134 (2019), 330-342

Gaudard, A., Schmid, M., Wüest, A. (2018): Thermische Nutzung von Seen und Flüssen – Potenzial der Schweizer Oberflächengewässer. *Aqua & Gas* Heft 2 2018, S.26-33.

Fink, G., Schmid, M., Wüest, A. (2014): Large lakes as sources and sinks of anthropogenic heat: Capacities and limits, *Water Resour. Res.*, 50, 7285-7301.

