

# Geothermische Nutzungen angesichts des Klimawandels – Erfahrungen bei Planung, Bau und Betrieb aus hydrogeologischer Sicht

Um das Ziel 2050 einer energieautonomen Energieversorgung in Österreich zu erreichen, ist es nötig, fossile Heizsysteme zu ersetzen und neue Heizanlagen möglichst energieeffizient zu errichten und zu betreiben. Dabei stellen geothermisch betriebene Wärmepumpenanlagen für die Beheizung von Wohn- und Betriebsgebäuden einen nicht bedeutenden Teil der Energiewende dar.

*„Die Temperatur des Erdinneren nimmt kontinuierlich mit der Tiefe zu (geothermische Tiefenstufe), im Durchschnitt etwa 30° C pro Kilometer in der oberen Erdkruste (Lithosphäre). Ein Ausdruck dieses an die Erdoberfläche gerichteten Wärmeflusses ist die terrestrische Wärmestromdichte [mW/m<sup>2</sup>], die im Weltmittel etwa 75 mW/m<sup>2</sup> beträgt. Neben der reinen Wärmeleitung (Konduktion) kann der Wärmetransport regional auch durch Konvektion zirkulierender Tiefenwässer erfolgen. Dabei handelt es sich generell um Zirkulationstiefen im Bereich von einigen hundert bis tausend Metern.“*

Die effizienteste Methode, Wärmepumpenanlagen umweltschonend zu betreiben und gleichzeitig einen möglichst großen Nutzungsgrad zu erreichen, ist, die Wärme des seichten Untergrundes zu nutzen. Diese Nutzungen sind unter dem Begriff „seichte Geothermie“ zusammengefasst.

Je nach Wärmequelle unterscheidet man zwischen Grundwassernutzungen (Grundwasser-Wärmepumpenanlagen) und Nutzung des Erdreichs (Tiefensondenanlagen).

Ziel dieses Beitrags ist es, einen Überblick über die Möglichkeiten der Nutzung der seichten Geothermie für den Betrieb von Wärmepumpenanlagen zu erstellen. Die Tiefengeothermie ist nicht Teil dieses Beitrags.

Bei der Grundwassernutzung wird das im Untergrund befindliche Grundwasser mittels Brunnen und Pumpanlage gewonnen und nach der thermischen Behandlung abgekühlt oder erwärmt (Kühlung) dem Untergrund rückgegeben.

Diese Nutzungen beschränken sich auf Bereiche, wo folgende Bedingungen zutreffen:

- seicht liegendes Grundwasser;
- ausreichende Durchlässigkeit;

- ausreichende stabile Grundwassertemperaturen;
- hydrogeochemisch stabiles Grundwasser.

Die Anlage besteht aus dem Entnahmebrunnen, der Förderanlage (Pumpen und Leitungen), dem Wärmetauscher (Trennwärmetauscher) sowie der Rückgabereinrichtung (Sickerschacht, Sickerbrunnen).

Der Vorteil in den westösterreichischen Ballungsräumen liegt darin, dass diese in inneralpinen Talfüllungen liegen, wo vielfach ausreichend mächtige Schottervorkommen vorhanden sind, welche sich als ergiebige Grundwasserkörper auch für die Entnahme größerer Wassermengen eignen.

Die Realisierung von geothermischen Nutzungen erfolgt in folgenden Stufen:

## Planungsphase

**Eine sorgfältige Planung der Anlage ist Grundlage für die Bewilligung, Realisierung und den effizienten und störungsfreien Betrieb der Anlage.**

- Erhebung der Heizleistung;
- Prüfung der Realisierbarkeit;
- Prüfung der Bewilligungsfähigkeit;
- hydrogeologische Beurteilung:
  - Aquiferkenndaten, Wassermenge;
  - Einzugsgebiet;
  - thermische Beeinflussung;
  - fremde Wasserrechte;
- Planung der Anlagenteile:
  - Brunnen;
  - Pumpen;
  - Wärmepumpenanlage;
  - Sickerschacht.

## Bewilligungsphase:

- Antrag zur wasserrechtlichen Bewilligung;
- Antragsteller;

● **Konsensmengen:**

- m<sup>3</sup>/h; m<sup>3</sup>/Tag; m<sup>3</sup>/Jahr;
- Spreizung (Abkühlung/Erwärmung).

*Es müssen die maximalen Werte angeführt werden, damit ist es aber nicht möglich, die Entzugsenergie zu bewilligen.*

● **Auswirkungen auf die Umwelt:**

- fremde Rechte (bestehende Trinkwasserversorgungen und Wärmepumpenanlagen);
- Grundwasser;
- **qualitative Aspekte.**

*Wir empfehlen die Wärmepumpenanlage von der Grundwassernutzung durch einen Trennwärmetauscher zu entkoppeln. Damit kann jede Verunreinigungsmöglichkeit für das Grundwasser ausgeschlossen werden.*

Die **thermische Veränderung** des Grundwassers ist im Normalfall gering und bereits wenige Meter nach der Rückgabe in den Grundwasserleiter messtechnisch nicht oder nur mit großem Aufwand erfassbar.

Die **Grundwassertemperaturen** unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen und Schwankungen in Abhängigkeit der hydrometeorologischen Umfeldbedingungen, der Nähe zu Oberflächenwasserversickerungen (Gerinne) sowie der mittleren Lufttemperatur des Einzugsgebiets. Somit schwanken die Grundwassertemperaturen in Westösterreich je nach Lage der Anlage zwischen zirka 7 und 12° C, wobei die Jahresamplitude bei 2 bis 5° C liegt.

Seitens der hydrographischen Dienste liegen über einige Grundwasserfelder auch langjährige Messungen der Grundwassertemperaturen vor, wobei generell eine Zunahme der Wassertemperaturen zu beobachten ist. Diese wird einerseits auf die klimabedingte Erwärmung des Bodens (und damit des Grundwassers) und andererseits mit der zunehmenden Bodenversiegelung sowie der Bebauung im Grundwasserschwankungsbereich zurückgeführt (siehe Abbildungen 1 und 2).

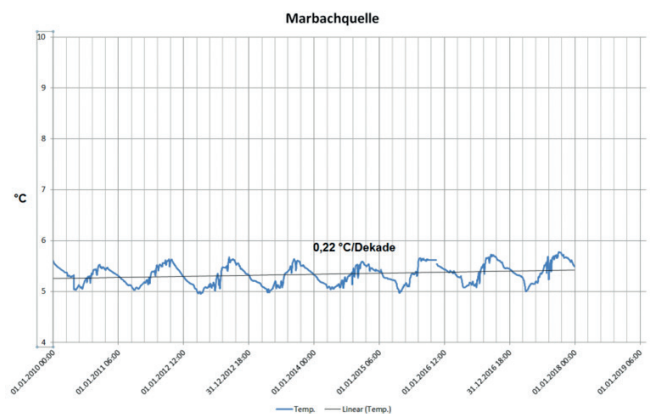
Die Messungen zeigen, dass trotz intensiver geothermischer Nutzungen im Anströmbereich die Grundwassertemperaturen generell zunehmen, wobei diese Zunahme zwischen 0,4 und 0,8° C je Dekade liegen. Die Messungen in natürlichen Einzugsgebieten von Karstquellen zeigen Zunahmen der Wassertemperatur zwischen 0,1 und 0,3° C pro Dekade, was sich gut mit der Erhöhung der Bodentemperatur, bedingt durch den Klimawandel, deckt.

Die Erfahrungen des Verfassers sowie die Messungen der Grundwassertemperaturen bei Quellen und dem Grundwasser zeigen, dass bei einer geothermischen Nutzung des Grundwassers auch in Gebieten mit einer hohen Dichte an Grundwasser-Wärmepumpenanlagen keine über das Maß der Geringfügigkeit hinausreichende thermische Beeinträchtigungen des Grundwassers auftreten.

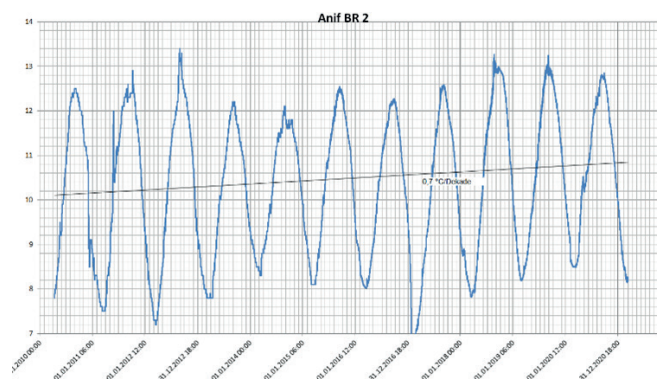
Planungsgrundsatz bei modernen Heizanlagen sollte es sein, eine ausgeglichene Wärmebilanz des Wohn-Betriebsobjekts zu erreichen, wobei der Fokus bei künftigen Nutzungen eher auf die Kühlung gelegt werden wird. Dementsprechend sollte die Entzugsenergie (Heizen) etwa gleich groß sein wie die Energiezuführung (Kühlen) im Jahreschnitt, um die Auswirkungen auf das Grundwasser und die Umwelt zu minimieren. Dieser Grundsatz gilt vor allem bei gewerblichen und industriellen Nutzungen.

**Bei einer Rückgabe des Grundwassers in denselben Grundwasserleiter ist eine qualitative und quantitative Veränderung des Grundwassers auszuschließen.**

Störungen der Grundwasser-Wärmepumpenanlage können auftreten, wenn chemisch instabile Verhältnisse im Grundwasser auftreten. Diese können bei sauerstoffarmen (reduzierten) Wässern zu gelöstem Eisen und Mangan führen. Bei Luftkontakt und/oder der Mischung verschiedener Grundwasserhorizonte kommt es dabei zu Ausfällungen, wobei die Eisenausfällung zusätzlich durch Bakterien katalysiert wird. Bei diesen Ausfällungen kommt es zu Ablagerungen an allen benetzten Anlagenteilen, welche zu Leistungsminderungen im Wärmetauscher führen.



**Abbildung 1:** Ganglinie der Grundwassertemperatur in einer anthropogen unbeeinflussten Karstquelle; die Wassertemperatur steigt um 0,22° C pro Dekade



**Abbildung 2:** Ganglinie der Grundwassertemperatur in einem anthropogen beeinflussten Grundwasserfeld mit intensiver geothermischer Nutzung im Anströmbereich; die Wassertemperatur steigt trotzdem um zirka 0,7° C pro Dekade

Auch treten bei der Förderanlage (Brunnen und Pumpe) sowie in der Sickeranlage Schäden durch die Ablagerungen auf, welche zu einer verminderten Leistungsfähigkeit des Brunnens sowie der Sickeranlage führen.

Die hydrogeochemischen Verhältnisse sollten bereits in der Frühphase des Projekts verifiziert und spätestens bei der Errichtung des Förderbrunnens evaluiert werden. Dabei wird unbedingt empfohlen, eine Wasseranalyse auf die chemische Zusammensetzung durchzuführen, welche neben der Bestimmung des gelösten Eisens auch die Parameter gelöster Sauerstoff und Nitratgehalt beinhalten. Die Probenahme darf nur durch eingeschulte und erfahrene Fachpersonen erfolgen, da bei der Probenahme das im Wasser gelöste Eisen stabilisiert werden muss, um Ausfällungen in der Probenflasche zu verhindern. Anderenfalls kommt es zu falschen Analyseergebnissen mit fatalen Auswirkungen auf die weitere Planung. *Es wird empfohlen, wenn Hinweise auf instabile Grundwasserhältnisse vorliegen, von der weiteren Verfolgung einer thermischen Grundwassernutzung Abstand zu nehmen.*



**Abbildung 3:** Ausfällungen von Eisenhydroxid (Limonit) bei einem Sickerschacht, welcher verschlammte ist

Störungen beim Betrieb der Grundwasser-Wärmepumpenanlage können auch auftreten, wenn es zu Sandförderungen im Brunnen kommt (siehe Abbildung 3). Diese können vermieden werden, wenn der Brunnenausbau normkonform erfolgt (ausreichende Ringraumverkiebung von mindestens 50 mm) und die Ausführungshinweise des geologischen Gutachtens im Projekt berücksichtigt werden (zB zu tiefer Ausbau des Brunnens in den Salzburger Seeton).

Sandförderungen treten auch dann auf, wenn zu große Wassermengen aus dem Brunnen entnommen werden. Diese sind meist auf falsch dimensionierte Pumpen zurückzuführen. Die Drosselung der Pumpmenge kann zwar mit Strangregulierventilen erfolgen, diese führt aber in weiterer Folge zu einer ineffizienten Wirkung durch den erhöhten Energieverbrauch der Pumpanlage.

Sandförderungen aus dem Brunnen führen zu Schäden an der Förderanlage, dem Wärmetauscher. Diese können zur Verschlammung der Sickeranlage führen und im Extremfall auch Setzungen im Umfeld des Brunnens auftreten, die zu Gebäudeschäden führen. **Bei Sandförderungen aus dem Brunnen ist ein störungsfreier Betrieb nicht möglich.**

Im **Bewilligungsverfahren** wird dem Antragsteller die wasserrechtliche Bewilligung für die Grundwasserentnahme, thermische Behandlung und Rückführung erteilt. Zuständige Behörde ist die Bezirkshauptmannschaft bzw. der Magistrat, da es sich um keine Wasserversorgungsanlage handelt (auch bei Anlagen > 5 l/s).

Seitens der Behörde muss das eingereichte Projekt auf Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit kontrolliert werden und zudem Aussagen über die Beeinträchtigung fremder Rechte beinhalten.

Neben der hydrogeologischen Planung der Förderanlage (Aquiferkenndaten, Errichtung und Ausbau des Brunnens) sind auch Aussagen über die Auswirkungen auf fremde Rechte zu beurteilen.

Aufgrund der rechtlichen Umfeldbedingungen (es wird nur die jeweilige **maximale Temperaturspreizung** angeführt) kommt es bei der Beurteilung der Auswirkungen auf das Grundwasser und fremde Rechte zu einer Überschätzung dieser Auswirkungen, welche vielfach zum Versagen der wasserrechtlichen Bewilligung führen, ohne dass es im Normalbetrieb zu negativen (messbaren) Auswirkungen auf das Grundwasser oder fremde Rechte kommt.

Die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel zur Berechnung der Auswirkungen (zB ÖWAV-Regelblatt 207; Kältefahrenberechnung) spiegeln wesentlich größere Beeinträchtigungen, als diese in der Realität auftreten. Die zahlreichen Messungen der Grundwassertemperaturen im Abstrombereich zeigen, dass die rechnerisch angenommenen Änderungen wesentlich größer sind als die tatsächlich gemessenen.

Die hydraulischen Auswirkungen zwischen Entnahmebrunnen und Sickeranlage (hydraulischer Kurzschluss) sind im Bereich der Eigenverantwortung zu sehen, wobei auch hier die rechnerischen Annahmen zu wesentlich ungünstigeren Verhältnissen führen, als diese in der Realität beobachtet werden.

Zusammengefasst führen die seitens der Behörde durchgeführten bzw. von der Behörde geforderten Beurteilungen der Auswirkungen auf das Grundwasser und fremde Rechte im Vergleich zu den tatsächlichen Auswirkungen zu starken Abweichungen, welche vielfach die Bewilligung verhindern, obwohl die Anlage störungsfrei funktionieren würde. Dadurch kann das tatsächliche geothermische Nutzungspotential nicht ausgeschöpft werden.

Außerdem müssen die behördlich vorgeschriebenen Auflagen (zB minimale Rückgabetemperatur) an die jeweiligen örtlichen und hydrogeologischen Verhältnisse angepasst werden.

Die von Behörden geforderten Einreichunterlagen mit überbordenden geforderten Unterlagen (zB Sicherheitsdatenblätter der Kältemittel, Kompressoröl oder Frostschutzmittel trotz des Einbaues von Trennwärmetauschern) sowie die Dauer des Bewilligungsverfahrens behindern eine optimierte Nutzung der geothermischen Anlagen und füh-

ren dazu, dass weniger effiziente Heizsysteme verwendet werden.

Wenngleich für alle Bewilligungsverfahren das WRG angewandt wird, wird dieses von den jeweiligen Bewilligungsbehörden unterschiedlich ausgelegt. Dies betrifft sowohl die erteilten Auflagen wie auch die geforderten Einreichunterlagen.

**Um eine optimale Nutzung des geothermischen Potenzials für die Heizung und Kühlung zu ermöglichen, ist es erforderlich, die Bewilligungsverfahren zu vereinfachen, zu vereinheitlichen und auch die Auflagen im Betrieb zu reduzieren.** Die derzeitigen Anforderungen und Auflagen bei den wasserrechtlichen Bewilligungen führen dazu, dass bereits in der Planungsphase von dieser effizienten Nutzung der seichten Geothermie Abstand genommen wird und stattdessen bewilligungsleichtere, aber Anlagen mit einem schlechteren Wirkungsgrad (zB Luftwärmepumpen) bevorzugt werden.

### Unterlagen und Regelwerke (Auszug):

- eHYD – Zugang zu hydrographischen Daten Österreichs, online abrufbar unter <https://ehyd.gv.at>;
- *Hölting/Coldewey*, Hydrogeologie<sup>7</sup> (2009);

- *Ingerle*, Beitrag zur Berechnung der Abkühlung des Grundwasserkörpers durch Wärmepumpen, Österreichische Wasserwirtschaft 11-12/1988;
- ÖWAV-Regelblatt 207: Thermische Nutzung des Grundwassers und des Untergrunds – Heizen und Kühlen (2009);
- ÖWAV-Arbeitsbehelf 43: Leitfaden zur Anwendung der Thermalfahnenformel des ÖWAV-Regelblatts 207 (2014);
- *W. Rauch/Möderl/Kinzel*, Berechnung der Ausbreitung von Temperaturanomalien nach dem ÖWAV Regelblatt 207: Heizen und Kühlen, in *Reuß*, 8. Internationales Anwenderforum „Oberflächennahe Geothermie“ (2008) 50;
- SAGIS – Salzburger Geographisches Informationssystem, online abrufbar unter <https://www.salzburg.gv.at/themen/salzburg/geodaten/sagisonline-themeneinstiege>.

*Korrespondenz:*

*Mag. Wolfgang Gadermayr*

*Almuferweg 8, 5400 Hallein*

*Tel.: 0664 / 153 34 52*

*E-Mail: [gadermayr@salzburg.co.at](mailto:gadermayr@salzburg.co.at)*