

Nutzung geothermischer Energie in Wien

Thermische Nutzung des Grundwassers in Zusammenhang mit urbanen Wärmeinseln – Risiko oder Chance?

Klaus Voit (BOKU Wien), Gregor Götzl (Geologische Bundesanstalt Wien);
BOKU IAG

Die Energiewende ist derzeit eine der größten gesellschaftlichen Herausforderungen. Ein Umstieg von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien ist deshalb für den Klimaschutz unabdingbar. Dabei nimmt die Geothermie eine zentrale Rolle ein. Sie nutzt die in der Erdkruste gespeicherte thermische Energie, die praktisch überall und nahezu unbegrenzt vorhanden, für Wärme- oder Kältegewinnung kontinuierlich abrufbar, und damit grundlastfähig ist (keine untertägigen oder saisonalen Schwankungen). Durch geringen Platzbedarf an der Oberfläche ist eine Nutzung zentral oder dezentral möglich bzw. finanziell sinnvoll [1]. Urbane Siedlungsräume zeigen im Allgemeinen einen hohen Gesamtenergiebedarf mit entsprechender Grundlast, Flächen für erneuerbare Energien sind jedoch nur unzureichend verfügbar. In Wien wird daher der oberflächennahen Geothermie (Tiefen bis ≤ 300 m) mittels Erdwärmesonden oder der Nutzung von Grundwasser (GW) mit einer Wärmepumpe eine wichtige Rolle zugeordnet [2].

RAHMENBEDINGUNGEN in Wien

Der jährliche Energieverbrauch in Wien (19,4 MWh/Pers) beläuft sich für das Jahr 2019 auf ca. 42,7 TWh. Trotz starkem Bevölkerungswachstum ist der Gesamtenergieverbrauch der Stadt Wien leicht rückläufig [3]. In Wien dominieren derzeit die fossilen Energieträger Gas und Erdöl mit rund 74 % die Energieaufbringung, wodurch eine große Menge an Treibhausgasen (THG) generiert wird [4]. Betrachtet man den Energieverbrauch nach Anwendungen, so zeigt sich, dass der energetische Aufwand für die Wärmeerzeugung den höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch aufweist. Der Anteil erneuerbarer Energieträger im Energiemix der Stadt Wien ist derzeit jedoch noch vergleichsweise gering und liegt bei etwa 17 % [1].

BEREITSTELLUNG geothermischer Energie

Mit dem Wiener Klimafahrplan [5] hat sich die Stadt Wien zum Ziel gesetzt bis ins Jahr 2040 klimaneutral zu werden. Um dieses Ziel zu erreichen, ist neben der Senkung des Gesamtenergieverbrauches eine Dekarbonisierung der Wärme- und Kälteversorgung durch Anwendung erneuerbarer Energieformen notwendig.

Dabei kommt sowohl der tiefen Geothermie, als auch der oberflächennahen Geothermie als grundlastfähige Energieformen eine wesentliche Rolle zu. Betreffend die Wärme- und Kälteversorgung gewinnt derzeit die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme mittels Erdwärmesonden (geschlossener Kreislauf) sowie des GW (direkte energetische Nutzung) immer mehr an Bedeutung. Die GW-Nutzung bietet die Vorteile einer mit 5 bis 10°C vergleichsweise hohen Temperatur sowie hohen Volumwärme. Außerdem ist die Entnahmetiefe deutlich geringer als jene einer Erdwärmesonde. Die Verteilung findet über das bestehende Fernwärmenetz sowie neu zu errichtende, dezentrale Energienetze statt [2].

Das Potenzial für eine oberflächennahe Erdwärme- bzw. GW-Nutzung im Wiener Stadtgebiet kann aufgrund eines mächtigen vorhandenen GW-Körpers im Bereich der Donau bzw. der vergleichsweise hohen Wärmeleitfähigkeit der im westlichen Stadtteil vorliegenden Gesteine (etwa 2 W/m/K) generell als hoch eingestuft werden (Abb. 1a und 1b). Laut Schätzungen des Vereins Geothermie Österreich könnte mittels tiefer und oberflächennaher Geothermie etwa 20 bis 30 % des gesamten Kühlungs- und Wärmebedarfs von Wien abgedeckt werden. Alternative nachhaltige Technologien, welche bei der Energieversorgung von Wien in Zukunft eine wichtige Rolle spielen werden bzw. bereits einen Bestandteil der Energieversorgung darstellen, sind (1) Windkraft, auch aus dem Wiener Umland, (2) Photovoltaik, (3) Luftwärmepumpen sowie (4) Abwärmenutzung und Wärmespeicherung.

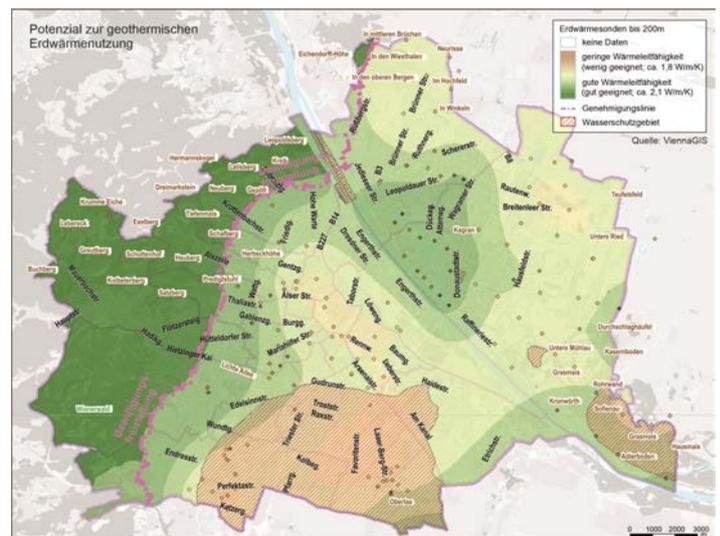


Abb. 1a: Potenzial zur geothermischen Erdwärmennutzung (Quelle: ViennaGIS)

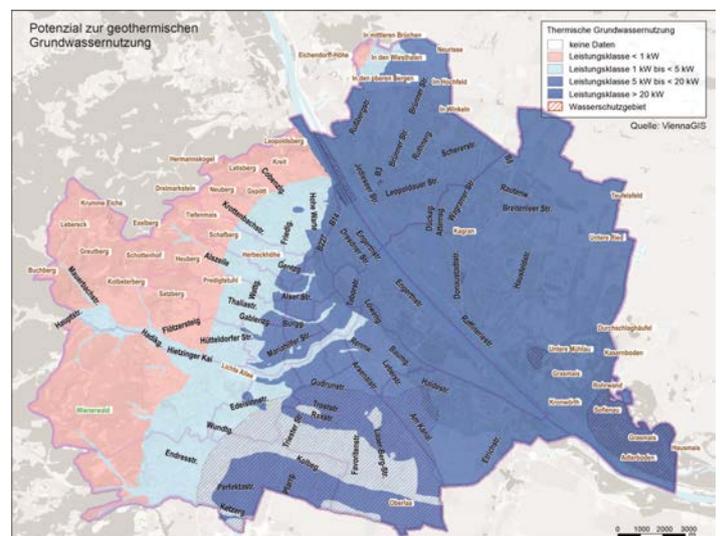


Abb. 1b: Potenzial zur geothermischen GW-Nutzung (Quelle: ViennaGIS)

Seit 2005 nimmt die Zahl an Erdwärmesonden sowie die Anlagen zur thermischen Nutzung des GW (hier v.a. die Nutzung des Marchfelder GW-Körpers) stetig zu. Beide Systeme können dabei zum Heizen oder Kühlen verwendet werden. Derzeit sind im Wiener Stadtgebiet über 1.800 Anlagen zur geothermischen Nutzung erfasst [2].

Einzelsysteme umfassen dabei eine Erdsonde (etwa 100 bis 200 m tief) oder eine Brunnenanlage. Eine Erdsonde funktioniert dabei in Form eines geschlossenen Wärmetauschers: ein Trägermedium (z.B. Sole) wird im geschlossenen Kreislauf in die Tiefe gepumpt und erwärmt sich dort durch die Umgebungswärme. Die Wärme wird zur Wärmepumpe transportiert, dort entzogen und einem Wärmeverteiler zugeführt. Auch die gemeinsame Nutzung mehrerer Sonden (Sondenfeld) sowie eine Speicherung von Wärme- oder Kälteenergie im Untergrund ist möglich. Bei direkter GW-Nutzung wird das GW über einen Förderbrunnen zur Wärmepumpe geleitet und dort um ca. 4 bis 6°C abgekühlt. Über einen Rückgabeburgen gelangt das abgekühlte Wasser wieder zurück in den GW-Körper [1]. Beide Systeme sind ebenfalls für die Kühlung von Gebäuden im Sommer geeignet [2].

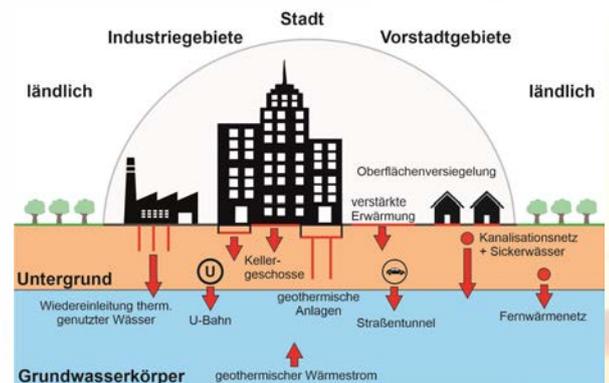


Abb. 2: Thermischer Eingriff in den Untergrund (nach Menberg et al., 2013)

Mögliche BEEINTRÄCHTIGUNG des Grundwassers bzw. des Untergrundes

In Wien ist ein kontinuierlicher Anstieg der GW-Temperatur zu beobachten. Die räumliche Temperaturverteilung zeigt dabei vorhandene, anthropogen verursachten Wärmeinseln v.a. im südlichen und zentralen Stadtgebiet [2]. Dieser Aufwärmungsprozess erfolgt v.a. durch Wärmeabgabe in den Untergrund über diverse Einbauten (z.B. Fernwärme und Abwasser), Tunnelanlagen, durch die Kühlung von Gebäuden durch GW-Nutzung oder Erdwärmesonden im Sommer, wird aber auch durch die Oberflächenversiegelung beschleunigt (Abb. 2).

Durch die verstärkte Nutzung der Erdwärme aus oberflächennahen geothermischen Quellen kommt es zu Veränderungen der Untergrundtemperatur. Dabei kann die Erwärmung des GWs durch anthropogen bedingte Wärmeabgabe im Sommer - im Zuge der geothermischen Kühlung - als besonders kritisch angesehen werden, wodurch es zum Entstehen von Wärmeinseln (zumeist sehr begrenzte Bereiche mit einer Erhöhung der Grundwassertemperatur um wenige °C) im Untergrund kommt. Die Erhöhung der GW-Temperatur kann dabei einer Wirkungskaskade auslösen, welche sich negativ auf die GW-Qualität auswirkt. Der Anstieg der Temperatur führt zu einer erhöhten biologischen Aktivität und damit zum Sauerstoffabbau im Wasser. Folglich kommt es zu einem Verschwinden der Fauna, anaerobe Prozesse treten in den Vordergrund. Das Selbstreinigungsvermögen des Grundwassers wird verringert und damit die Wasserqualität schlussendlich verschlechtert.

LÖSUNGSANSÄTZE und AUSBLICK

Die Wärmeverteilung im Untergrund ist stark von der GW-Strömung abhängig. Eingebrachte Wärme im GW-Körper breitet sich asymmetrisch in Strömungsrichtung aus, wird abtransportiert bzw. verteilt und kann im Winter nicht mehr genutzt werden. Hierbei sind Erdwärmesonden gegenüber der GW-Nutzung von Vorteil, da die zugeführte Wärme- bzw. Kälteenergie überwiegend lokal erhalten bleibt und wiederum geothermisch genutzt werden kann. Lösungsansätze zur Verhinderung einer aus biologischer Sicht unerwünschten GW-Erwärmung sind die energetische Nutzung der Untergrundwärme als Ausgleich der Wärmezufuhr sowie ein ausgeglichener Wärme- und Kälteentzug im Winter bzw. Sommer. Grundsätzlich ist eine Wärmeentnahme im Winter als positiv zu betrachten, während reine Kühlanlagen die Untergrundtemperatur negativ beeinflussen [5].

Die Geothermie könnte in naher Zukunft einen beträchtlichen Anteil (ca. 20 bis 30 %) des Kälte- und Wärmebedarfs von Wien abdecken. Das geothermische Potenzial im Untergrund wäre dafür vorhanden, lediglich die anlagentechnische Umsetzbarkeit (Bewilligung, Platzbedarf, Kosten, etc.) ist als kritisch zu betrachten.

Zum quantitativen und qualitativen Schutz des GW ist deshalb ein umfassendes GW-Ressourcenmanagement erforderlich. Kernelement ist die Ausarbeitung von Bewirtschaftungsstrategien, um konkurrierende Interessen zusammenzuführen. Voraussetzung hierfür ist die Implementierung von Planungsinstrumenten (z.B. integrative Potenzialkarten) sowie die verbesserte Integration digitaler Datenverarbeitung mithilfe moderner Methoden (GW-Monitoring und KI-gestützte Dateninterpretation), um die Nutzung der geothermischen Energie unter dem Aspekt des GW-Schutzes zu erleichtern. Der Ausbau der Geothermie soll dabei nicht um jeden Preis erfolgen, sondern unter Rücksichtnahme auf die vorhandenen Ökosysteme und konkurrierenden Nutzungsarten. Dahingehend ist ein verpflichtendes Umwelt-Monitoring während und nach der Anlagenerrichtung zu empfehlen.

Referenzen:

- [1] Stober I., Bucher K. (2020): Geothermie. 3. Auflage. Berlin. ISBN 978-3-662-60939-2.
- [2] Wiener Erdwärmetag (2022): 4. Wr. Erdwärmetag. ÖGT, Wien. Aufzeichnung: <https://www.youtube.com/watch?v=CyV2smLWvB0>
- [3] Stadt Wien (2021): Energie!voraus – Energiebericht der Stadt Wien. Stadt Wien, Magistratsabteilung MA20 Energieplanung, Wien.
- [4] Anderl M., Gangl M., Haider S. et al. (2021): Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990-2019. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- [5] Stadt Wien (2022): Wiener Klimafahrplan. Unser Weg zur klimagerechten Stadt. Stadt Wien, Magistratsabteilung MA20 Energieplanung, Wien.
- [6] Menberg K., Blum P., Schaffitel A., Bayer P. (2013): Long-term Evolution of Anthropogenic Heat Fluxes into a Subsurface Urban Heat Island, Environ. Sci. Technol., 47(17), 9747–9755.

Impressum:

BOKU-Energiecluster, Universität für Bodenkultur Wien
 Koordination: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gernot Stöglehner
 Peter-Jordan Straße 82, A-1190 Wien
energiecluster@boku.ac.at
<https://boku.ac.at/boku-energiecluster>
 Stand: Dezember 2022
 ISSN 2791-4143 (Online)
 DOI 10.5281/zenodo.7602349