

Beschreibung zu den Datensätzen

Ressourcen für Nutzung von Erdwärmesonden in Wien

Stand: 17.10.2023

GeoSphere Austria
Bundesanstalt für Geologie, Geophysik, Klimatologie und Meteorologie
Department Rohstoffgeologie und Geoenergie
Neulinggasse 38
1030 – Wien

Inhalt

1. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG	2
1.1. Kurzbeschreibung	2
1.2. Erstellungsdatum.....	2
1.3. Untersuchungsgebiet	2
1.4. Koordinatensystem	2
2. EINGANGSDATEN	2
3. METHODIK	3
3.1 Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds.....	4
3.2 Oberflächentemperatur	4
3.3 Untergrundtemperatur	4
3.4 Norm-Betriebsstunden.....	5
3.5 Leistungs- und Energieressourcen.....	5
4. DATENBESCHREIBUNG	6
LITERATUR.....	8

1. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

1.1. Kurzbeschreibung

Die gegenständliche Publikation umfasst flächendeckende Datensätze über bestehende Ressourcen für Nutzung von Erdwärmesonden in Wien. Im Rahmen des FFG Projekts "Green Energy Lab - Spatial Energy Planning" (GEL-SEP) hat die Geologische Bundesanstalt (GBA, seit 01.01.2023 GeoSphere Austria) diese Daten auch für die thermische Grundwassernutzung in Wien (Steiner, 2023a), Salzburg und der Steiermark nach einer einheitlichen Methodik erarbeitet. Außerdem wurden im Projekt mögliche Einschränkungen für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie in den Untersuchungsgebieten identifiziert. Die Methodik wurde – aufbauend auf Vorarbeiten – für dieses Projekt speziell weiterentwickelt. Eine Kurzbeschreibung der Methodik findet sich weiter unten. Weiterführende Informationen können aus dem Endbericht des Projekts entnommen werden (Steiner et al., 2021). Für Wien erfolgte die Projektbearbeitung der GBA im Auftrag der MA 20 (Stadt Wien - Energieplanung).

Die Daten geben eine Ersteinschätzung über die vorhandenen Ressourcen für Erdwärmesonden. Auch bei Berücksichtigung der möglichen Einschränkungen, die in dem ebenfalls publizierten Datensatz über die Ampelkarten (Steiner, 2023b) gezeigt werden, ersetzen diese Informationen jedoch keine Detailplanung.

1.2. Erstellungsdatum

Juni 2021

1.3. Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das gesamte Stadtgebiet Wiens.

1.4. Koordinatensystem

Die Daten liegen Koordinatensystem ETRS 1989 LAEA (EPSG:3035) vor.

2. EINGANGSDATEN

Die Datengrundlage, auf die im Projekt zurückgegriffen wird, wurde zum Großteil in Vorprojekten geschaffen. In Wien waren dies maßgeblich die Bund-Bundesländer-Kooperation WC-33 (Fuchsluger & Götzl, 2017) und das INTERREG CENTRAL EUROPE Projekt GeoPLASMA-CE (Görz et al., 2019). Als Ergänzung wurden im Rahmen dieses Projekts einige Daten für Parameter mit besonders dünner Datenlage neu erhoben. Neu erhoben wurden für die Ressourcen von Erdwärmesonden Thermal Response Tests von Bohrfirmen und Ingenieurbüros.

In Tabelle 1 sind die Eingangsdaten den entsprechenden Ergebnisdatensätzen zugeordnet.

3. METHODIK

Um die Potentiale und möglichen Einschränkungen der oberflächennahen Geothermie für unterschiedlich große Gebiete und Regionen darzustellen, stehen zahlreiche verschiedene Parameter zur Auswahl. Für die GEL-SEP Studie wurden sie in „Ressourcen“ und „Einschränkungen“ bzw. „Hinweise“ kategorisiert. Die Ressourcenparameter zeigen das Nutzungspotential in erster Linie quantitativ auf. Abgesehen von diesem technischen Potential kann es jedoch in bestimmten Gebieten zu Nutzungseinschränkungen kommen, zum Beispiel auf Grund bevorzugter anderer Interessen oder Risiken durch bzw. für die Anlage. Diese Einschränkungen beeinflussen das technische Potential des Untergrunds für Oberflächennahe Geothermienutzungen in der Regel nicht und zum anderen verändern sich die Einschränkungen teilweise mit der Zeit. Die Ressourcen werden daher unabhängig von etwaigen Einschränkungen berechnet. Bei den Einschränkungen wird außerdem zusätzlich zwischen „Einschränkungen“ und „Hinweise“ unterschieden. Die Hinweise stellen keine Nutzungseinschränkungen dar. In diesen Gebieten können Oberflächennahe Geothermieanlagen zum Einsatz kommen, wenn die genannten Hinweise berücksichtigt werden. Die Einschränkungen und Hinweise werden für die Erdwärmesonden und flachen Systeme für alle Gebiete flächendeckend bereitgestellt.

Im Folgenden wird die Methodik für die Erarbeitung der Ressourcenparameter für die Erdwärmesonden beschrieben. Für die Erstellung der Datensätze wurde eine harmonisierte Methodik entwickelt, die sowohl in Gebieten mit hoher Datendichte (tendenziell urbaner Raum), als auch – in teilweise adaptierter Form – mit niedriger Datendichte (tendenziell ländlicher Raum) anwendbar ist. Diese Ansätze konnten somit in allen Untersuchungsgebieten der verschiedenen Bundesländer gleich umgesetzt werden, um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen.

Die Methodik an sich ist eine Weiterentwicklung der Potentialabschätzungen, die von der Geologischen Bundesanstalt in den Projekten IIOG-S (Götzl et al., 2016), WC-33 (Fuchsluger, 2016), und GeoPLASMA-CE (Görz et al., 2017, 2019) begonnen wurden. Der Berechnungsansatz wurde so gewählt, dass möglichst flächendeckende Karten erstellt werden, die alle bekannten und zugänglichen Daten beinhalten. Eine gewisse allgemeine Unsicherheit besteht mit diesem flächendeckenden Ansatz auch bei sehr guter Datenlage. Ein Disclaimer zur Datenunschärfe ist jedenfalls bei der weiteren Nutzung anzugeben.

Die Leistungsfähigkeit einer Erdwärmesonde ist abhängig von den standortabhängigen Untergrundparametern (nutzbare Temperaturdifferenz und Wärmeleitfähigkeit), der Ankopplung der Sonde an den Untergrund (Bohrlochwiderstand), der Geometrie der Sonde (Bohrradius, Tiefe der Sonde, Größe des Sondenfeldes, Sondenabstand eines Feldes) und der Betriebsweise (Volllaststunden Heizen und Kühlen, Energiebilanz Heizen/Kühlen). Die Parameter für Geometrie- und Betriebsweise sind zusammengefasst als Geometriefunktion (g-function). Für die standortabhängigen Parameter hat die Geologische Bundesanstalt Karten als Inputs für die weitere Berechnung der Leistungs- und Energieressourcen erstellt, siehe *Abbildung 1*.

Die Zieltiefe für die Ressourcenangaben der Erdwärmesonden wurde mit 100 m festgelegt. Die Festlegung basiert auf einer von der Geologischen Bundesanstalt durchgeführten Auswertung sämtlicher bis April 2021 im Wasserbuch eingetragenen Erdwärmesonden-Anlagen in Wien und im Land Salzburg. In beiden Gebieten beträgt die mittlere genutzte Tiefe der Anlagen 100 m. Sowohl die geologischen Basisdatensätze als auch die Energie- und Leistungsangaben beziehen sich daher auf diese Tiefe.

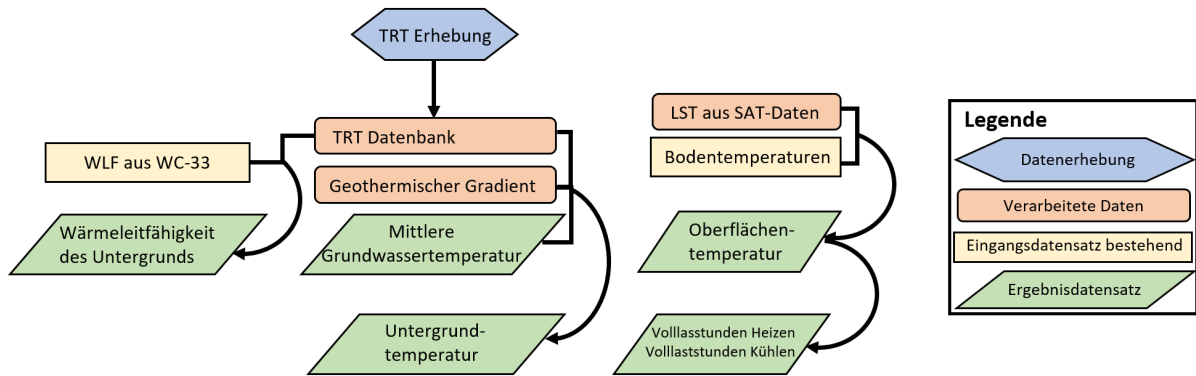


Abbildung 1: Prozesse zur Erstellung der standortabhängigen Eingangskarten (Ergebnisdatensatz) zur Ressourcen-Berechnung für Erdwärmesonden. WLF – Wärmeleitfähigkeit, TRT – Thermal Response Test, LST – Land surface temperature, SAT – Satelliten

3.1 Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds

Für die mittlere Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds kann in Wien auf Datensätze zurückgegriffen werden, die im Rahmen des Projekts WC-33 (Fuchsluger & Götzl, 2017) erstellt wurden. In WC-33 wurde die konduktive Wärmeleitfähigkeit ohne Einfluss des Grundwasserstroms auf Grundlage der Lithologie aus Bohrprofilen für mehrere Tiefenintervalle erarbeitet (0 – 30 m, 0 – 100 m, 0 – 200 m). Im Projekt GEL-SEP wurden diese Daten mittels neu erhobener Daten von 39 Thermal Response Tests validiert, die Daten jedoch ohne Änderungen übernommen. Die Validierung ergab eine tendenzielle Unterschätzung der rein konduktiven Wärmeleitfähigkeit aus WC-33 im Vergleich zu den Ergebnissen aus Thermal Response Tests. Auf Grund konvektiver Wärmeleitung durch zum Beispiel fließendes Grundwasser können lokal höhere Wärmeleitfähigkeitswerte erreicht werden. Dies konvektiven Wärmetransportprozesse können erst in einer weiteren Überarbeitung berücksichtigt werden.

3.2 Oberflächentemperatur

Flächendeckend kann die Temperatur der Geländeoberfläche über eine Korrektur von Satellitendaten bestimmt werden. Dazu wurde von Metz et al. (2014) ein europaweites Modell entwickelt und die daraus abgeleiteten Daten stehen unentgeltlich zur Verfügung. Bei diesem europaweiten Datensatz handelt es sich um die mittlere Jahrestemperatur von 2000 bis 2013. Die Rasterzellengröße liegt bei 250 m x 250 m. Dieser Datensatz wurde bereits im Projekt GeoPLASMA-CE (Görz et al., 2019) mit gemessenen Bodentemperaturen an den Messstationen Donauefeld (in 10 cm und 20 cm Tiefe) und Groß-Enzersdorf (in 10 cm, 20 cm, 50 cm und 1 m Tiefe) der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG, seit 01.01.2023 GeoSphere Austria) für den Zeitraum 2006 bis 2013 verglichen. Die Oberflächentemperatur aus den Satellitendaten an den Stationen stimmt mit den dort in 10 cm Tiefe gemessenen Bodentemperaturen sehr gut überein. Aus diesem Grund wurde die Oberflächentemperatur der Satellitendaten von Metz et al. (2014) auch für Wien übernommen.

3.3 Untergrundtemperatur

Für die Erstellung der Untergrundtemperaturkarten sind direkte Messungen der Untergrundtemperatur die wichtigsten Eingangsdaten. Sie werden in Bohrlöchern zum Beispiel im Rahmen von Thermal Response Tests an neu errichteten Erdwärmesonden durchgeführt. Dabei wird eine Profilmessung vorgenommen, bei der in verschiedenen Tiefenintervallen die Untergrundtemperatur dokumentiert wird. Aus diesen Temperaturprofilen können unter Berücksichtigung des geologischen Aufbaus und unter Annahme eines natürlichen Wärmestroms mittlere Untergrundtemperaturen für bestimmte Tiefenintervalle abgeleitet werden.

Da die räumliche Verteilung der Temperaturprofile eine Interpolation zwischen den Standorten nicht zulässt, werden die Profile in erster Linie für die Ermittlung des geothermischen Gradienten herangezogen. Denn die Temperaturprofile sind zum einen von den Gesteinseigenschaften des Untergrunds abhängig und zum anderen von den Randbedingungen unten (Wärmestrom aus dem Erdinneren) und oben (Bodentemperatur, die auch Klimaeinflüsse widerspiegelt).

Für das gesamte Wiener Stadtgebiet konnten 15 der gesammelten Temperaturprofile, die ausschließlich in bestehenden Erdwärmesonden im Zuge eines TRTs gemessen wurden, für die Untergrundtemperaturkarten verwendet werden. Die Temperaturprofile wurden analysiert und unter Berücksichtigung hydrogeologischer Homogenbereiche in fünf Cluster zusammengefasst.

Für jedes Cluster wurde mithilfe der Temperaturprofile ein mittlerer geothermischer Gradient, sowie durch Extrapolieren des Gradienten auf die Oberfläche eine mittlere historische Oberflächentemperatur ermittelt. Diese unterscheidet sich von der tatsächlichen mittleren jährlichen Oberflächentemperatur aufgrund der Auswirkungen des Klimawandels und städtischer Überwärmung (sogenannter Wärmeinseleffekt).

In einem weiteren Schritt wurde die tatsächliche mittlere jährliche Oberflächentemperatur auf Basis von Satellitendaten (Kapitel 3.2) in der Berechnung berücksichtigt. Somit erhält man für jede Rasterzelle ein individuelles Temperaturprofil, das bei der tatsächlichen Oberflächentemperatur beginnt und sich bis in die Tiefe des geothermischen Einflussbereiches zieht. Zusätzlich wurde für jede Rasterzelle im Bereich der Übergangszone die mittlere Grundwassertemperatur des oberflächennahen Grundwasserkörpers hinzugefügt. Mit diesen Informationen konnten die mittleren Temperaturen für das Tiefenintervall 0 bis 100 m flächendeckend berechnet werden.

3.4 Norm-Betriebsstunden

Für die Leistungs- und Energieressourcen für Erdwärmesonden und bedingt auch für die thermische Grundwassernutzung muss eine Annahme über den Betriebsmodus getroffen werden und wieviel Heiz- bzw. Kühlenergie pro Jahr benötigt wird. Dies ist grundsätzlich vom Gebäudetyp (Wohnhaus, Büro, Gewerbe, Gebäudegröße) und vom Klima abhängig. Der klimaabhängige Teil wird oft an Heizgradtage bzw. Kühlgradtage gekoppelt. In der Schweizer Norm SIA zur Dimensionierung von Erdwärmesonden SIA 384/6 (Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2010, Figur 10) wird dieser Klimafaktor an die Bodentemperatur bzw. die Seehöhe gekoppelt, und zwar in Form von Norm-Betriebsstunden. Dieser Grundansatz wurde auch in diesem Projekt gewählt, da die Berechnung mit Volllaststunden durchgeführt wird. Die Höhenabhängigkeit der Norm-Betriebsstunden wurde dabei modifiziert und wieder zurückgerechnet auf die Abhängigkeit zur Bodentemperatur. Diese Formel wurde noch mit 200 h beaufschlagt, zur pauschalen Berücksichtigung des Warmwasserenergiebedarfs. Für den Kühlfall der Gebäude wurde angenommen, dass unterhalb 8 °C mittlere Bodentemperatur keine Kühlung erforderlich ist. Danach steigt der Kühlbedarf linear, um bei 13.5 °C ca. 1000 Volllaststunden für Kühlen zu erhalten. Diese Funktion wurde provisorisch abgeschätzt und birgt Verbesserungspotenzial für künftige Updates.

3.5 Leistungs- und Energieressourcen

Zur Berechnung der Leistungs- und Energieressourcen für Erdwärmesonden wurde ein Python-Programm „BHEseppy“ (Borehole Heat Exchanger Spatial Energy Planning with pygfunction) entwickelt, das auf der Theorie der endlichen Linienquelle beruht (finite line source) und auf Basis der g-Funktionen nach Eskilson (1987) aufgesetzt ist. Diese können analytisch berechnet werden und sind dementsprechend schnell kalkulierbar. Die g-Funktionen werden grundsätzlich mit dem Python Plugin „pygfunction“ ermittelt, die von Cimmino (2018) entwickelt und frei verwendet werden können. Mit Hilfe der g-Funktionen ist es außerdem möglich Heizen, Kühlen und natürliche Regeneration als

vereinfachte Betriebsfunktion zu berücksichtigen. Für die hier publizierten Daten wurde die Betriebsfunktion automatisch aus der Vorgabe der Jahresbetriebsstunden für Heizen und Kühlen auf 20 Jahre aus den Norm-Betriebsstunden (Kapitel 3.4) bestimmt. Zusätzlich wurden die Ergebnisse für eine ausgeglichene Betriebsweise (Speicherbetrieb – die Anlage wird zu gleichen Teilen zum Heizen und Kühlen genutzt).

Nach Eingabe der geogenen Parameter (Wärmeleitfähigkeit und Untergrundtemperatur), der Betriebsfunktion (Betriebsstunden Heizen und Kühlen) sowie der Geometrie des Sondenfeldes berechnet der BHEseppy die spezifische Sondenleistung und darauf aufbauend die jährliche Energiemenge und gibt sie als Raster aus. Die Sondenleistung wird für eine Einzelsonde mit einer tiefe von 100 m bestimmt und in Watt pro Laufmeter (W/m) ausgegeben. Für die Energiemengen wurden zwei Sondenfelder mit einem Flächenbedarf von jeweils 1156 m² gewählt. Dies entspricht einer Sondenfeldgröße von 4x4 (16 Sonden) bei 10 m Sondenabstand bzw. einer Sondenfeldgröße von 7x7 (49 Sonden) bei 5 m Sondenabstand. Als Ergebniseinheit wurden hierfür Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/m²/a) gewählt. Diese Karte zeigt folglich einen Standortvergleich der Jahresenergiemenge eines 1156 m² großen Feldes, wenn es mit Normbetriebsstunden bzw. bei ausgeglichener Bilanz als Speicher betrieben wird. Der gegenseitige Sondereinfluss innerhalb des Feldes ist in der Berechnung inkludiert, der Einfluss einer benachbarten Anlage dezidiert nicht. Dieser Wert dient dennoch gut als Erstabschätzung, da die durchschnittlichen Sondenfelder in der Praxis kleiner sind, dafür aber ein Nachbarschaftseinfluss möglich ist. Dieses Ergebnis gilt dezidiert nicht für Erdwärmesondenanlagen, mit einer wesentlichen Abweichung von Normbetriebsstunden bzw. Speicherbetrieb.

4. DATENBESCHREIBUNG

Die Daten beinhalten zum einen geologische Grundlagen, die der Planung zukünftiger Anlagen dienen, und zum anderen darauf aufbauend Leistungs- und Energieangaben, die in erster Linie für die Energieplanung und Konzepte zur Quartiersentwicklung konzipiert wurden. Um die Ressourcen für die Nutzung von Erdwärmesonden in Wien zu beschreiben, hat die Geologische Bundesanstalt 9 Datensätze erstellt. Tabelle 1 beinhaltet eine Kurzbeschreibung und sämtliche zugehörige Eingangsdatensätze der Ressourcen für die Nutzung von Erdwärmesonden in Wien.

Tabelle 1. Datenbeschreibung für Ressourcen-Nutzung von Erdwärmesonden in Wien.

Dateiname	Parametername	Einheit/Kategorie	Zellgröße (m)	Format	Zugehörige Eingangsdaten und Datenquellen	Beschreibung
og_betriebsstd_heizen_wien.tif	Betriebsstunden Heizen	h/a	50	.tif	Aus Satellitendaten abgeleitete Oberflächentemperatur: Europaweit (<i>Metz et al., 2014</i>): Durchschnittlicher Jahresmittelwert von 2000 - 2013 in 250 x 250 m Auflösung	Jährliche Norm-Jahres-Volllaststunden für Heizen in Abhängigkeit der Bodentemperatur.
og_betriebsstd_kuehlen_wien.tif	Betriebsstunden Kühlen	h/a	50	.tif	Aus Satellitendaten abgeleitete Oberflächentemperatur: Europaweit (<i>Metz et al., 2014</i>): Durchschnittlicher Jahresmittelwert von 2000 - 2013 in 250 x 250 m Auflösung	Jährliche Norm-Jahres-Volllaststunden für Kühlen in Abhängigkeit der Bodentemperatur.
og_ews_waermeleitfhgk_wien.tif	Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds	W/m K	25	.tif	Thermal Response Test Daten aus Wien, GBA erhoben für GEL-SEP Bestehendes Wärmeleitfähigkeitsmodell für Wien aus Projekt WC-33	Mittlere konduktive Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds für eine Tiefe von 0 bis 100 m.
og_ews_untergrundtemp_wien.tif	Untergrundtemperatur	°C	100	.tif	Aus Satellitendaten abgeleitete Oberflächentemperatur: Europaweit (<i>Metz et al., 2014</i>): Durchschnittlicher Jahresmittelwert von den Jahren 2000 - 2013 in 250 x 250 m Auflösung. Mittlere Grundwassertemperatur (GBA für GEL-SEP) Untergrundtemperaturprofile von TRTs	Mittlere Temperatur des Untergrunds für 0 bis 100 m Tiefe
og_ews_oberflaechentemp_wien.tif	Bodentemperatur	°C	25	.tif	Aus Satellitendaten abgeleitete Oberflächentemperatur: Europaweit (<i>Metz et al., 2014</i>): Durchschnittlicher Jahresmittelwert von den Jahren 2000 - 2013 in 250 x 250 m Auflösung (MODIS Datensatz)	Mittlere jährliche Bodentemperatur an der Geländeoberfläche basierend auf Satellitendaten (MODIS).
og_ews_energie_norm_wien.tif	Flächenspezifische Jahresenergie - Sondenfeld (4x4) für Heizen und Kühlen mit Normbetriebsstunden	kWh/m²/a	50	.tif	Wärmeleitfähigkeit 0-100 m (GBA aus WC-33) Untergrundtemperatur 0-100 m (GBA für GEL-SEP) Bodentemperatur (MODIS Datensatz)	Flächenspezifische Jahresenergie eines Sondenfelds mit 4 x 4 Sonden in 10 m Abstand und einer Tiefe von jeweils 100 m, das primär als Wärmequelle dient, wobei ein Teil im Sommer durch Gebäudekühlung entsprechend des Bedarfs wieder regeneriert wird. Der Heiz- und Kühlbedarf ist klimaabhängig von der Jahresmitteltemperatur (Normbetriebsstunden).
og_ews_energie_ausgegl_wien.tif	Flächenspezifische Jahresenergie - Sondenfeld (7x7) für Heizen und Kühlen mit ausgeglichener Betriebsweise	kWh/m²/a	50	.tif	Wärmeleitfähigkeit 0-100 m (GBA aus WC-33) Untergrundtemperatur 0-100 m (GBA für GEL-SEP) Bodentemperatur (MODIS Datensatz)	Flächenspezifische Jahresenergie eines Sondenfelds mit 7 x 7 Sonden in 5 m Abstand und einer Tiefe von jeweils 100 m, das als Speicher verwendet wird. Es wird eine ausgeglichene Jahresbilanz angenommen, das bedeutet, die im Winter zur Heizung entzogene Wärme wird im Sommer vollständig wieder zurückgegeben.
og_ews_leistung_norm_wien.tif	Spezifische Sondenleistung - Einzelsonde für Heizen und Kühlen mit Normbetriebsstunden	W/m	50	.tif	Wärmeleitfähigkeit 0-100 m (GBA aus WC-33) Untergrundtemperatur 0-100 m (GBA für GEL-SEP) Bodentemperatur (MODIS Datensatz)	Entzugsleistung einer 100 m tiefen Einzelsonde, die primär als Wärmequelle dient, wobei ein Teil im Sommer durch Gebäudekühlung entsprechend des Bedarfs wieder regeneriert wird. Der Heiz- und Kühlbedarf ist klimaabhängig von der Jahresmitteltemperatur (Normbetriebsstunden).
og_ews_leistung_ausgegl_wien.tif	Spezifische Sondenleistung - Einzelsonde für Heizen und Kühlen mit ausgeglichener Betriebsweise	W/m	50	.tif	Wärmeleitfähigkeit 0-100 m (GBA aus WC-33) Untergrundtemperatur 0-100 m (GBA für GEL-SEP) Bodentemperatur (MODIS Datensatz)	Entzugsleistung einer 100 m tiefen Einzelsonde, die als Speicher verwendet wird. Es wird eine ausgeglichene Jahresbilanz angenommen, das bedeutet die im Winter zur Heizung entzogene Wärme wird im Sommer vollständig wieder zurückgegeben.

LITERATUR

- Cimmino, M. (2018). Pygfunction: an open-source toolbox for the evaluation of thermal response factors for geothermal borehole fields. Proceedings of eSim 2018, the 10th conference of IBPSA-Canada (pp. 492-501).
- Eskilson, P. (1987). Thermal analysis of heat extraction boreholes. University of Lund, Sweden.
- Fuchsluger, M. (2016). Projekt WC-33 Potenzialkarte für die integrative Planung thermischer Grundwassernutzungen in Aspern Nord. Geologische Bundesanstalt.
- Fuchsluger, M. & Götzl, G. (2017). Projekt WC-33 Aktualisierung der Wärmeleitfähigkeits-Prognosekarten zur Potenzialabschätzung von Erdwärmesondenanlagen ERDWÄRMEKATASTER WIEN. Kurzbericht im Auftrag der Abteilung MA20 der Stadt Wien.
- Görz, I., Hofmann, K., Götzl, G., Riedel, P., Steiner, C., Černák, R., et al. (2017). Harmonized workflows for urban areas. Project GeoPLASMA-CE - Interreg CENTRAL EUROPE.
- Görz, I., Heiermann, M., Götzl, G., Steiner, C., Ciapala, B. & Hofmann, K. (2019). EVALUATED GUIDELINES ON HARMONIZED WORKFLOWS AND METHODS FOR URBAN AND NON- URBAN AREAS. Project GeoPLASMA-CE - Interreg CENTRAL EUROPE.
- Götzl, G., Pfeleiderer, S., Fuchsluger, M., Bottig, M. & Lipiarski, P. (2016). Endbericht Pilotstudie „Informationsinitiative Oberflächennahe Geothermie für das Land Salzburg“ (IIOG-S). Wien.
- Metz, M., Rocchini, D. & Neteler, M. (2014). Surface temperatures at continental scale: Tracking changes with remote sensing at unprecedented detail. Remote Sensing, 3822-3840, 6(5)
- Steiner, C. (2023a): Ressourcen für die thermische Nutzung des Grundwassers in Wien. Tethys RDR, GeoSphere Austria, Wien (<https://doi.org/10.24341/tethys.221>)
- Steiner, C. (2023b): Mögliche Einschränkungen zur Nutzung der oberflächennahen Geothermie in Wien. Tethys RDR, GeoSphere Austria, Wien (<https://doi.org/10.24341/tethys.223>)
- Steiner, C., Turewicz, V., Götzl, G., Fuchsluger, M., Nyeki E., Brüstle, A. & Hoyer, S. (2021). Projekt GEL-SEP Wien „Informationssystem Oberflächennahe Geothermie für Wien“ Endbericht. Geologische Bundesanstalt, Wien.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2010). Schweizer Norm SIA 384/6, Erdwärmesonden.