

Aspekte der Qualitätssicherung für die thermische Nutzung der seichten Geothermie

Markus GMEINDL & Peter NIEDERBACHER

Einleitung

Die Nutzung der seichten Geothermie hat sich seit den 1990er Jahren auch in Österreich am Energieversorgungssektor für die Gebäudeheizung und Kühlung etabliert. Dem höheren Planungs- und Herstellungsaufwand z.B. gegenüber Luft-Wasser-Wärmepumpen steht eine höhere Effizienz (geringerer Stromverbrauch) und Flexibilität (Heizen und Kühlen) gegenüber.

Erdreichgekoppelte Wärmepumpensysteme (seichte Geothermie) nutzen den Untergrund bis max. 300 m Tiefe als regenerative Wärmequelle, der im Heizbetrieb Energie entzogen und bei Kühlbetrieb Energie in den Untergrund rückgeführt wird. Die Projektanwendungen reichen von Einzelanlagen zur Versorgung von Einfamilienhäusern bis zu Großanlagen mit mehreren 100 Erdwärmesonden und komplexen Konzeptionen (z.B. hybride Energiequellen, Abwärme-nutzung, Pendelspeicherung).

Aspekte der Qualitätssicherung betreffen dabei den gesamten Projektablauf, von der Planung und Dimensionierung der Anlage, über die Sondenherstellung, den Anlagenbetrieb bis zum Monitoring. Die angewandte Forschung und laufende fachliche Auseinandersetzung mit dem Thema Qualitätssicherung zeigen dessen anhaltende Aktualität und Wichtigkeit.

Planung, Anlagenauslegung

Für einen nachhaltigen Anlagenbetrieb sind folgende Faktoren wesentlich: Das nach einer Bedarfsanalyse aus der HKLS-Planung erstellte Nutzerprofil (saisonaler Bedarf, Heizen, Kühlen, Warmwasserbereitung), die technische Anlagenkonzeption (Wärmepumpe, Betriebs-modi) und die Sonden- bzw. untergrundseitige Auslegung unter Berücksichtigung der geologisch-thermischen Standortverhältnisse.

Wesentlich für den Anlagenbetrieb ist die Balance von Energiebedarf der Anlage und Energieaufbringung über die gesamte Betriebszeit (Ansatz 50 Jahre). Eine Überforderung des Sondenfeldes führt im Heizmodus zu einer unzulässigen Abkühlung des Untergrundes, im Extremfall zur Vereisung von Teilen der Erdwärmesonde und Schädigung des Verpressmaterials.

Um eine Fehldimensionierung zu vermeiden, wird für die Bemessung eines Sondenfeldes die Durchführung einer Simulationsberechnung empfohlen. Vereinfachte Verfahren werden der Komplexität der Nutzungs-, Standort- und Anlagentechnischen Parameter nicht gerecht.

Die kritischen Betriebsparameter sind die Vorlauf- und Rücklauftemperaturen des Wärmetauscherfluids an den Kollektorleitungen. Mit dem Programm EWS (aktuell Pro-Version 5.6, Weiterentwicklung des Berechnungsmoduls des Schweizer Bundesamtes für Energie) lassen sich diese Parameter und Leistungen der Erdwärmesonden über einen Zeitraum bis zu 200 Jahren simulieren und darstellen. Dabei können komplexe Systeme abgebildet werden, wie z.B. die individuelle Geometrie des Sondenfeldes, Lastprofile mit Aktiv-/FreeCooling, detaillierte geologische Untergrundprofile, Einfluss von Grundwasserströmung etc.

Die Bestimmung der lokalen thermischen Untergrundverhältnisse über den durch die Sondenbohrung erschlossenen Teufenabschnitt erfolgt durch einen Thermal Response Test. Dieser wird an einer Probesonde im Projektvorlauf oder meist an der ersten Tiefensonde eines Sondenfeldes durchgeführt. Die aus dem Test ermittelte thermische Leitfähigkeit des Untergrundes und die mittlere Untergrundtemperatur sind Grundlagen der Simulationsberechnung.

Wesentlich ist, dass sich nachträgliche signifikante Änderungen der Anlagenkonzeption, etwa durch Erweiterung von Heiz-/Kühlflächen, Austausch der Wärmepumpe mit höherer Leistung, Wegfall von Regenerationskapazitäten etc., sich auf die Belastung und damit die Leistung des Sondenfeldes nachteilig auswirken und nachträgliche Anlagenadaptierungen bedingen können.

Standortcharakteristik

Die sorgfältige Projektplanung beinhaltet die Auseinandersetzung mit der geologisch-hydrogeologischen Standortsituation, allfälligen Wassernutzungen (auch Hausbrunnen) und Wasserrechten im relevanten Umfeld, den lokalen Gegebenheiten wie Zugänglichkeit, Bebauung, Einbauten, Schutzaspekten (z.B. Baumbestand), Abstandsfragen etc.

Da auf Grund der rechtlichen Situation in Niederösterreich seit der WR-Novelle 2006 in vielen Bereichen keine Genehmigungspflicht mehr besteht, wird in diesen Bereichen vielfach auf die geologische Standortbeurteilung und Anlagenkonzeption (Bohrtechnik, Spezifikationen der Sondenausrüstung) aus geologisch-technischer Sicht verzichtet.

Verantwortungsvolle Bauherren und deren HKLS-/Installationsplaner werden auch in Bereichen ohne Genehmigungspflicht ein geologisch-technisches Projektgutachten einholen, das mit derselben Sorgfalt wie für eine behördliche Einreichung erstellt wird. Dies aus Gründen der Sorgfaltspflicht der Bauherrschaft, zur deren Absicherung z.B. bei nachbarlichen Einwänden und zur Sicherstellung der qualitativ vollen Ausführung. Die Bohr- und sondentechnischen Anlagenspezifikationen werden dazu üblicherweise als Bestandteil der Leistungsbeschreibung einer Ausschreibung dem/n beteiligten Auftragnehmer/n überbunden.

Mögliche bohrtechnische Erschwernisse und Risiken werden in der Standortcharakteristik angesprochen und die Informationen dem Auftraggeber und der Bohrfirma zur Verfügung gestellt. Dazu zählen insbesondere das mögliche Auftreten von gespannten und artesischen Grundwässern (Grundwasserstockwerken mit u.U. unterschiedlichem Druckniveau, Tiefen-grundwasser), von tektonisierten / klüftigen oder verkarsteten Zonen, quellende Gesteine (Tone), Sulfatgesteine (Gips, Anhydrit) und oberflächennahes Erdgas.

Sondenbohrung, Einbau, Verfüllung

Die Wahl des Bohrverfahrens obliegt dem ausführenden Bohrunternehmen. Sondenbohrungen werden üblicherweise als Spülbohrungen (z.B. im Tertiär des Wiener Beckens) oder Imlochhammerbohrungen (Festgesteinszonen wie Kalkalpin, Flyschzone, Kristallin) mit Bohrdurchmessern von ca. 125 – 145 mm hergestellt. Oberflächennahe Deckschichten und Grundwasserhorizonte werden dabei durch eine ausreichend tiefe, in stauende Schichten einbindende temporäre Schutzverrohrung geschützt, die im Bedarfsfall nachgesetzt werden kann.

Bei Abweichungen vom Routinebohrbetrieb, wie z.B. bei aktivem Zufluss gespannten Grundwassers oder Flüssigkeitsverlust aus der Bohrstrecke können besondere Maßnahmen zur Erhaltung der

Sondenbohrung und zum weiteren kontrollierten Sondenausbau erforderlich sein. Dazu dienen Packersysteme¹, wie Gewebepacker, Schlauch- und Ballonpacker zur Abschottung von Bohrlochstrecken und zur segmentierten Verpressung. Bei Fluid-Verlusten kommt der sg. Erdwärmesonden-Strumpf zur Abdichtung längerer oder der gesamten Bohrungsstrecke zum Einsatz. Ein dichtes, dehnbare Geotextil über dem Sondenstrang presst sich bei Beaufschlagung mit der Verpressuspension an die Bohrlochwand und verhindert den Abfluss in besonders durchlässige Bohrlochabschnitte (z.B. Kluftzonen, Karst).

Das einzubauende werkgeprüfte Sondenmaterial ist auf die Nutzungscharakteristik des erdreichgekoppelten Wärmepumpensystems abzustimmen. Für komplexe Anwendungen stehen Spezifikationen wie RT (Raised temperature / Temperaturbeständigkeit) und RC (Resistance to crack / Rissbeständigkeit) zur Verfügung. Duplex-Systeme verfügen über die doppelte wärmeübertragungswirksame Oberfläche wie Simplex-Sonden. In Kombination mit wärmeleitungsvergütetem Verpressmaterial (Wärmeleitfähigkeit > 2 W/m*K) ergibt sich eine höhere Effizienz (Energieausbeute) der Wärmepumpenanlage.

Durch spezielle Messvorrichtungen² zur kontinuierlichen Erfassung von Injektionsdruck, Dichte und Menge des Injektionsgutes kann der Verpressvorgang überwacht und dokumentiert werden. Bei der Verwendung von magnetisch dotiertem Verpressmaterial kann durch eine im Kollektor geführten Sonde (Magnetometer) der Hinterfüllungsgrad kontrolliert werden.

Prüfungen, Anlagenmonitoring

Die Dichtigkeitsprüfungen der einzelnen Sondenkreise und Verbindungsleitungen nach deren Herstellung und Verlegung sowie des gesamten hydraulischen Systems nach Einbindung der Wärmepumpe(n) sind Routinevorgänge vor Inbetriebnahme einer erdreichgekoppelten Wärmepumpenanlage. Die Nachweise sind Teil der Leistungsabnahme und Dokumentation zur Fertigstellung der Anlage (ggf. Fertigstellungsmeldung). Damit endet in der Regel die Involvierung der geologisch-technischen Begleitung eines Erdwärmesondenprojektes.

Anlagenmonitoring

Im Betrieb treten Anzeichen systemischer Mängel, wie Anzeichen einer Überlastung des Sondenfeldes oft erst nach längeren Betriebszeiten auf. Daher ist zur Qualitätssicherung im Betrieb ein Anlagenmonitoring hinsichtlich der Entwicklung der Vor- und Rücklauftemperaturen am Kollektorsystem im Vergleich mit den Leistungsdaten (Wärme-, Kälteleistung, Stromverbrauch Wärmepumpe und Nebenaggregate / Zirkulationspumpen) erforderlich. Der Ist-Zustand wird im Anlassfall durch ein Kurzzeitmonitoring über Tage bis wenige Wochen mit Datenloggern erfasst. Ein Langzeitmonitoring über mindestens ein Betriebsjahr erfolgt meist durch die Sensorik und Datenerfassung der Gebäudeautomation. Die fortschreitende Entwicklung am Sektor der Gebäudeleittechnik - Stichworte Smart Building, Smart Metering - macht dies möglich. Nach der Auswertung und Interpretation des Anlagenverhaltens in Wechselwirkung mit der regenerativen Energiequelle (Untergrund) werden Maßnahmen zur Optimierung abgeleitet und gesetzt, um nachteiligen Trends entgegenzuwirken.

1 EnergieSchweiz, 2018: Gewässerschutz bei Erdwärmesondenbohrungen; Schlussbericht – Übersicht über Abdichtungssysteme zum Schutz des Grundwassers. <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/7830>

2 EnergieSchweiz, 2015: Qualitätssicherung Erdwärmesonden, Schlussbericht – Übersicht Messmethoden zur Prüfung der Hinterfüllung. Schlussbericht 2015. <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/7830>

Anregungen

Die Phänomene der Auswirkungen von räumlich dichteren Erdwärmennutzungen im verbauten Bereich (Abkühlung des Untergrundes) beschäftigen zunehmend die Forscher und Praktiker. Integrierte Nutzungskonzepte und thermischen Regenerationstechniken z.B. durch Abwärme, Solarthermie etc. rücken dabei zunehmend in den Fokus. Die Kenntnis der Existenz von Anlagen (Sondenpositionen) und deren Leistungskapazitäten ist für die Erstellung konkreter Erdwärmeprojekten, Machbarkeitsstudien und Nutzungskonzepten unerlässlich. Nachdem die Mehrzahl der Erdwärmeanlagen nicht (mehr) im NÖ-Wasserbuch aufscheinen, wäre eine verbesserte allgemein zugängliche Datenbasis, etwa durch einen verbindlichen Anlagenkataster wünschenswert. Ebenso wäre eine verbesserte Zugänglichkeit zu Risikoinformationen, mit Hinweisen zu erfolgten artesischen Wasserzutritten und Gasaustritten in Zusammenhang mit Bohraufschlüssen von Vorteil.

Schritte zur Verbesserung der Datenlage und deren Zugänglichkeit könnten das nach wie vor teilweise durch Negativschlagzeilen (Stichwort Staufen im Breisgau, 2007) geprägte Image von Erdwärmeaufschlüssen in der Öffentlichkeit günstig beeinflussen.

Autoren

Mag. Dr. Markus Gmeindl (Vortragender), Dr. Peter Niederbacher
GEOL.at Ziviltechniker GmbH, Weidlinger Straße 14/3, 3400 Klosterneuburg
Kontakt: Mobil +43 664 5363117, Mail office@geol.at, Web <http://www.geol.at>