

Geologie für Planer und Installateure von Wärmepumpenanlagen

Wilhelm Wilming

Der Einbau von Erdwärmesonden für erdgekoppelte Wärmepumpen ist definitiv Sache spezialisierter Brunnenbauer. Dennoch sollten sich auch Planer und Installateure von Wärmepumpenanlagen mit diesem Thema auseinandersetzen, um Fehler frühzeitig erkennen und vermeiden zu können. Beim Genehmigungsverfahren für eine Wärmepumpenanlage muss sich die Fachkraft ohnehin mit den geologischen Gegebenheiten vor Ort vertraut machen.



„Staufen darf nicht zerbrechen“, lautet der Hilferuf an der Fassade des Rathaus-Cafés.

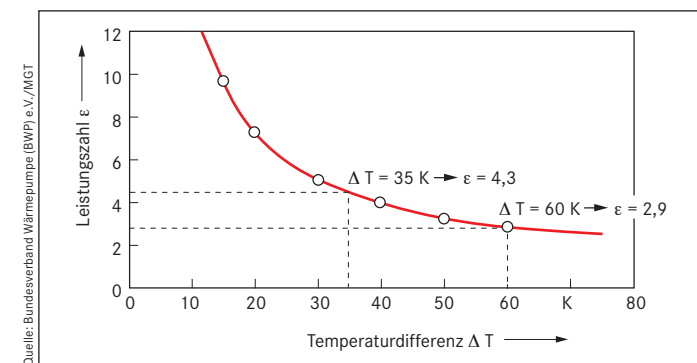
Die Einwohner und Gastronomen von Staufen am Fuße des Schwarzwalds seien verzweifelt, berichtete Spiegel Online im November 2008. Die gesamte Stadt habe sich um mehrere Zentimeter angehoben, was zu Setzungen im Gemäuer des Rathauses und anderen Gebäuden geführt habe. In einem Gasthaus ziehe sich ein Riss vom Gastraum bis zur Toilette /2/. „Nach Erdwärme-Bohrung: Eine Stadt zerreißt“ /3/ – so lautet der Titel des Magazinbeitrags, der nicht nur die Verzweiflung der Bürger widerspiegelt, sondern auch auf mögliche Ursachen verweist: Im Herbst hatte man unter der Stadt sieben Bohrungen für die Nutzung von Geothermie niedergebracht. Seither hoben sich Teile der Stadt Zentimeter um Zentimeter. Wie sich später herausstellte, hatten die Bohrlöcher ungewollt eine Verbindung geschaffen zwischen einer Schicht mit unter hohem Druck stehendem Grundwasser und einer darüber liegenden Gipskeuper-schicht, die sich daraufhin stetig nach oben hin ausdehnte.

Der Autor
Wilhelm Wilming, Ahaus

Die Folgen waren gewaltig. Allein die Gebäudeschäden sollen sich mehreren Quellen zufolge auf rund 50 Mio. € belaufen. „Da waren Nichtkönner am Werk“, urteilte später ein erfahrener Bohrtechniker in der regionalen Presse /3/. Nichtkönner waren sicher auch in den 80er Jahren häufig am Werk, als es bei vielen Bohrunternehmen noch an gut ausgebildeten Mitarbeitern mangelte. Auftraggeber mussten also für die Erschließung und Aufbereitung der Wärmequelle Erdreich auf unerfahrene Auftragnehmer zurückgreifen. Das hat sich seither erfreulicherweise geändert. Heute gibt es genügend qualifizierte Brunnenbauer, die ihr Metier bestens beherrschen. Viele von ihnen können ihre Leistungsfähigkeit durch eine Zertifizierung nachweisen.

Hohe Energieeffizienz dank konstanter Temperatur der Wärmequelle

Die Leistungszahl und damit auch die Jahresarbeitszahl (JAZ) einer Wärmepumpe hängen entscheidend von der Differenz zwischen der Temperatur der Wärmequelle und der Vorlauftemperatur des Heizsystems ab. Das Diagramm rechts bildet diese Abhängigkeit anschaulich ab und weist gleichzeitig auf einen wesentlichen Vorteil von erdgekoppelten Wärmepumpen: Während Luft/Wasser-Wärmepumpen damit leben müssen, dass gerade in den Zeiten des höchsten Wärmebedarfs die Wärmequelle Luft niedrigste Temperaturen aufweisen kann, verharrt die Temperatur des Erdreichs in einer Tiefe von etwa 10 m bis 20 m auch bei extrem niedriger Außentemperatur relativ konstant im Plusbereich, nämlich bei rund 10 °C. Vor allem diese konstante Temperatur der Wärmequelle sorgt dafür, dass erdgekoppelte Wärmepumpen bei fachgerechter Ausführung eine signifikant höhere JAZ (Energieeffizienz) erzielen als ihre Luft/Wasser-Konkurrenz. Allerdings können die Kosten für die Erschließung der Erdreichwärme, selbst bei Anlagen für ein Einfamilienhaus in Niedrigtemperatur-Bauweise, schnell einen fünfstelligen Eurobetrag erreichen, abhängig vor allem von den geologischen Verhältnissen vor Ort. Der Bundesverband Wärmepumpe stellt diese Kosten gern als Investition in die Zukunft dar. Mit dem Slogan „Mit Erdwärmesonden investieren Sie in eine Wärmequelle, die noch Ihre Enkel nutzen werden!“ trifft er sicher den Nerv vieler potenzieller Kunden. Weitere treffende Argumente für erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen: Erdwärme ist sauber und lautlos, klimafreundlich und unerschöpflich. Trotzdem: Es bleibt die Tatsache, dass die Nutzung von Erdwärme immer eine zusätzliche Investition erfordert. Immerhin kann man davon ausgehen, dass sich diese Mehrkosten dank einer erfreulich hohen Jahresarbeitszahl



Leistungszahl in Abhängigkeit vom Temperaturunterschied: Je kleiner die Differenz ist, desto besser sind die Energieeffizienzwerte.

innerhalb von etwa sieben bis acht Jahren amortisieren. Nutzt man die Wärmepumpe im Sommer auch zur Kühlung des Gebäudes, dürfte die Amortisationszeit sogar auf etwa vier Jahre sinken. Diese Werte hängen von mehreren Parametern ab und sind nur als Näherungswerte anzusehen (zum Thema JAZ siehe /4/). Für die Erschließung von Erdreichwärme kommen hauptsächlich drei bewährte Lösungen in Frage: Erdreichkollektoren, Erdwärmesonden (EWS) oder Brunnenanlagen mit Förder- und Schluckbrunnen. Die Entscheidung für die eine oder andere Möglichkeit hängt insbesondere von den geologischen Gegebenheiten im Untergrund des geplanten Einsatzortes ab, bei Erdreichkollektoren ist es fast immer eine Frage des Platzangebots. Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich mit der Planung und dem Einbau von Erdwärmesonden (EWS). Die Lösungen mit Erdreichkollektoren und Brunnenanlagen sollen in späteren Ausgaben der MGT vorgestellt werden.

Gesetzliche Regelungen

Die Förderung von Grund- und Oberflächenwasser als Wärmequelle für eine Wärmepumpe und die Wiedereinleitung des abgekühlten Wassers ist in Deutschland grundsätzlich genehmigungspflichtig. Auch die Entnahme von Wärme mit Hilfe von Erdwärmesonden, die mit Sole zum Wärmetransport gefüllt sind, bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis, da bei Leckagen eine Beeinträchtigung des Grundwassers nicht ausgeschlossen werden kann. Dem deutschen Genehmigungsverfahren liegen das WHG (Wasserhaushaltsgesetz) und die jeweiligen Landeswassergesetze mit deren Verordnungen in der jeweils gültigen Form zugrunde (die Nutzung der Wärmequelle Außenluft hingegen unterliegt in Deutschland keinen gesetzlichen Regelungen). Auskünfte über lokale Bedingungen geben die zuständigen Landratsämter bzw. Kreisverwaltungen /5/. Für die wasserrechtliche Beurteilung und Prüfung, ob die Errichtung einer Brunnen- oder Erdwärmesondenanlage zulässig und welches Genehmigungsverfahren durchzuführen ist, spielen die nachstehend genannten hydrogeologischen Kriterien eine entscheidende Rolle (Quelle: Bundesverband Wärmepumpe e. V.):

- Lage im Wasserschutzgebiet oder Heilquellenschutzgebiet: Im gesamten Schutzgebiet sind Bohrungen und daher auch Erdwärmesonden grundsätzlich nicht zulässig. In Einzelfällen ist die Zulässigkeit über eine Ausnahmegenehmigung zu prüfen, die dann von den geologischen Verhältnissen im Untergrund abhängig ist.
- Lage in Gebieten mit bestehenden Grundwassernutzungen, für die Trinkwasserqualität erforderlich ist: In Gebieten, die für den Schutz von Wassergewinnung der öffentlichen Wasser-

versorgung oder privater Betreiber von Bedeutung sind, hängt die Zulässigkeit der Errichtung von Erdwärmesonden und Filterbrunnen von den Umständen des Einzelfalls ab.

- Eingriffe in gespanntes Grundwasser und tiefere Grundwasserstockwerke: So genannte stockwerkstrennende Schichten dürfen nicht angebohrt werden (um eine Havarie wie in Staufen zu vermeiden). Ein spezialisiertes Brunnenbauunternehmen wird hierzu Auskunft erteilen können.
- Eingriffe in gespanntes oberflächennahes Grundwasser sowie Bohrungen in Kluft- und Kerstgrundwasserleiter als auch in Schotterkörper mit hoher Durchlässigkeit sind nur in Ausnahmefällen zulässig und erfordern ein Wasserrechtsverfahren. Im Antrag sind die hydrogeologischen Verhältnisse von einem geeigneten hydrogeologischen Fachbüro plausibel und nachvollziehbar darzustellen.

Qualitätskriterien für Bohrunternehmen

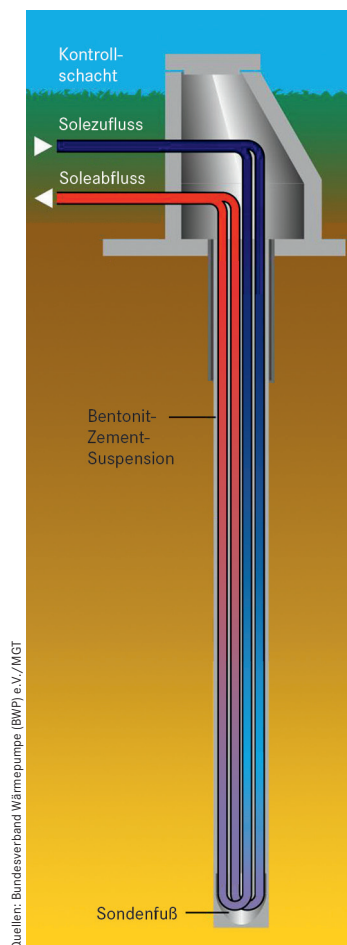
Bohrunternehmen, die Mitglied im Bundesverband Wärmepumpe (BWP) werden wollen, müssen eine Reihe von Qualitätskriterien erfüllen. Potenzielle Auftraggeber können damit relativ sicher sein, dass BWP-Mitgliedsfirmen Bohrungen nach dem neuesten Stand der Technik abteufen können. Bohrunternehmen im BWP müssen eine der folgenden Zertifizierungen nachweisen:

- Eine Zulassung als Fachbetrieb nach § 62 Abs. I Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in Verbindung mit § 3 (Fachbetrieb) der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen vom 31. März 2010 (kann z. B. über die TÜV Süd Industrie Service GmbH erworben werden) oder
- eine Zertifizierung auf der Grundlage der BWPlus-Qualitätskriterien. Dieser Nachweis kann beispielsweise beim „Zertifizierung Bau e. V.“ geführt werden.

Zudem hat jedes Bohrunternehmen, das eine Mitgliedschaft im Bundesverband Wärmepumpe anstrebt, den Abschluss einer Haftpflichtversicherung in Höhe von mindestens 5 Mio. € nachzuweisen.

Erdwärmesonden installieren

Erdwärmesonden sind meistens aus Polyethylen gefertigt. Sie bestehen aus zwei U-förmigen Rohrschlaufen mit einem Durchmesser von 25, 32, 40 oder 50 mm. Dieses Rohrsystem wird vertikal in eine Bohrung abgeteuft, und zwar je nach Untergrund bis zu einer Tiefe von 100 m oder mehr. Die Bohrung muss anschließend wieder mit Beton verfüllt werden. Das geschieht bei den meisten Sonden über ein Injektionsrohr, das mittig im Rohrbündel angebracht ist. Die Betonsuspension fließt dabei zwischen den Rohren hindurch in alle Hohlräume und füllt das Bohrloch von unten nach oben. Das garantiert eine vollständige Verbindung der Sonde mit dem umgebenden Erdreich und dichtet wasserführende Schichten gegeneinander ab (hier sei noch einmal auf das Desaster in Staufen hingewiesen). Für den Wärmetransport sorgt eine frostgeschützte Sole-Flüssigkeit, die von einer Pumpe kontinuierlich umgewälzt wird. Die Wärmeentzugsleistung pro Bohrmeter variiert je nach Untergrund /6/; bei normalen hydrogeologischen Bedingungen ist mit einer mittleren Sondenleistung von 50 bis 100 W/m zu rechnen, bei ergiebiger Grundwasserschicht auch mehr. Die Dimensionierung erfordert wie die technische Durchführung sehr viel Erfahrung. Da die hydrogeologischen Gegebenheiten dabei eine wesentliche Rolle spielen, muss entsprechendes Wissen vorhanden sein, was meistens nur bei spezialisierten Bohrunternehmen vorausgesetzt werden kann.



Quellen: Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V./MGT

Schematische Darstellung einer Erdwärmesonde

Bohrverfahren für Filterbrunnen und Erdwärmesonden

Die Wahl eines Bohrverfahrens für Brunnen- und EWS-Bohrungen trifft das Bohrunternehmen, das eine Zulassung gemäß DVGW W 120 besitzen sollte. Das Verfahren hängt vor allem von der Tiefe, vom erforderlichen Durchmesser und von der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds ab. Man unterscheidet zwischen Kernbohrungen und Spülbohrungen. Zu jedem Verfahren gehören wiederum unterschiedliche Werkzeuge. Neben der Wahl des Bohrverfahrens ist die Dimensionierung des Bohrbrunnens ein wichtiges Kriterium: Er muss hinsichtlich der Fördermenge so bemessen sein, dass er den Wärmebedarf der Wärmepumpe kontinuierlich decken kann.

Kernbohrungen

Mit Hilfe eines „Kernrohrs“ wird dem Boden ein Kern entnommen, aus dem sich Rückschlüsse auf die entnehmbare Wassermenge ziehen lassen. Bei entsprechend guter Bodenqualität kann der Brunnenbauer das Kernloch dann nutzen und es mit einem Brunnenfilterrohr zu einem geeigneten Förder- bzw. Schluckbrunnen ausbauen. Das Verfahren ist zeit- und kostenintensiv.

Spülbohrungen

Die meisten Brunnen und Erdwärmesonden werden aus Kostengründen im preiswerteren Spülbohrverfahren abgeteuft. Folgende sind zu unterscheiden:



Mit Hilfe eines Sensors, der Meter für Meter in die Erdwärmesonde (hier zur Demonstration nur ein einfaches Rohr) eintaucht, lässt sich die Qualität der Suspension messen.

Noch ein wichtiger Hinweis: Im Zusammenhang mit der Umwälzung der Sole-Flüssigkeit ist darauf zu achten, dass die Pumpe nicht überdimensioniert wird. Das gilt auch für die Leistung der Pumpe für Förderbrunnen. Eine Überdimensionierung hätte einen unnötigen negativen Einfluss auf die Jahresarbeitszahl der gesamten Wärmepumpenanlage. Diese Warnung ist wichtig, weil hier und auch bei der Dimensionierung weiterer Komponenten häufig Fehler gemacht werden („Lieber eine Nummer größer – sicher ist sicher“).

- **Spülbohrverfahren mit Wasser:** besonders für Bohrungen in relativ standfesten Böden geeignet. Vorteil: Es muss kein so genannter Spülkuchen (siehe Bentonit-Spülung) angemacht werden. Das Bohrloch bleibt bei einer Wasser-Spülbohrung bei geeignetem Schichtverlauf relativ sauber. Bei ungeeignetem Schichtverlauf führt das Verfahren aber nicht zum Erfolg.
- **Spülbohrungen mit Bentonit:** Anwendung bei weichen und zu Grundbruch neigenden Böden. Die Bentonit-Spülung bildet einen Spülkuchen an der Bohrlochwand, der den Boden stützt, aber auch Wasserzufluss verhindert. Das Verfahren eignet sich besonders in losen Bodenformationen, bietet die besten Voraussetzungen für die Aufnahme einer Erdwärmesonde, setzt aber auch Erfahrung und Wissen des Brunnenbauers voraus.
- **Doppelkopf-Luftspülung oder Tubex-Verfahren:** Hier wird mit dem Bohrgestänge gleichzeitig eine Verrohrung abgeteuft, die das Erdreich abstützt. Als Antriebs- und Spülmittel dient Luft. Vorteil: Wasserführende Schichten werden sofort erkannt.
- **Imlochhammerbohrungen:** Das Verfahren arbeitet mit einem am Fuß des Bohrgestänges angebrachten luftgetriebenen Hammer, der das Gestein zertrümmert und mit der Luft nach oben transportiert. Dies ist ein sehr schnelles Bohrverfahren und ist prädestiniert für EWS-Bohrungen im Fels.
- **Luftthebespülbohren:** Dieses Verfahren kommt für großkalibrige Brunnenbohrungen in Frage. Spülmittel: Tonspülung.

Fazit



Die Anbindung einer erdgekoppelten Wärmepumpe an die Wärmeenergie des Erdreichs erfordert die Niederbringung eines oder mehrerer Bohrbrunnen bis in wasserführende Schichten, sei es zur Aufnahme einer Erdwärmesonde, sei es zur Verwendung als Förder- und Schluckbrunnen. Zu unterscheiden sind Kernbohrungen und Spülbohrungen, von denen die letzteren die meist günstige

Lösung darstellen. Die Wahl des Bohrverfahrens hängt vor allem von der Tiefe, vom erforderlichen Durchmesser und von der geologischen Beschaffenheit des Untergrunds ab.

Das alles beurteilen und die erforderlichen Arbeiten durchführen zu können, erfordert Erfahrung und Können auf Seiten des Brunnenbauers (die desaströsen Folgen unsachgemäß niedergebrachter Bohrungen zeigt das „Drama von Staufen“). Qualifizierten Brunnenbauunternehmen verleiht der Bundesverband Wärmepumpe ein Gütesiegel, mit dem die fachliche Kompetenz auch nach außen hin sichtbar gemacht wird.



Literatur

- /1/ Staufen.Cracks by Ekem – Own work. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons – <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Staufen.Cracks.jpg#/media/File:Staufen.Cracks.jpg>
- /2/ Lubbaddeh, J. in: Spiegel Online, <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/nach-erdwaerme-bohrung-eine-stadt-zerreisst-a-589944.html>
- /3/ Herrenknecht, M. in: Badische Zeitung, <http://www.badische-zeitung.de/wirtschaft-3/herrenknecht-zu-staufen-da-waren-nichtkoenner-am-werk--94844978.html>
- /4/ Wilming, W.: Untersuchungen von Wärmepumpenanlagen. In: ep ELEKTROPRAKTIKER, Berlin 68 (2014) 1, S. 38–40
- /5/ Leitlinien Qualitätssicherung Erdwärmesonden: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service/publikation/did/leitlinien-qualitaetssicherung-erdwaermesonden-lqs-ews/>
- /6/ VDI 4660 Bl. 2