

Faktenblatt

Regeneration Erdsonden – der neue Standard

Das Wichtigste in Kürze

- Wärmepumpen mit Erdwärmesonden oder Solarkollektoren sind effizienter als Luft-Wasser-Wärmepumpen und sparen somit Strom und Geld.
- Damit Erdsonden nachhaltig und mit gleichbleibender Effizienz betrieben werden können, müssen sie regeneriert werden.
- Die Regeneration des Erdreichs kann über passive oder aktive Kühlung, sowie über zusätzliche Komponenten wie Rückkühler erreicht werden.
- Ab ca 1000 m² Geschossfläche lohnt sich eine Erdsondenregeneration auch wirtschaftlich, weil dadurch Sondenmeter gespart werden können.
- Bei beengten Grundstücksverhältnissen und Sondenabständen von 5-10 m wird durch eine Regeneration eine gegenseitige Beeinflussung der Sonden vermieden.

Erdsonden und die Nutzung der Erdwärme – Erklärung der Grundlagen

Das Innere der Erde, der Erdkern, ist flüssiges Gestein und ca. 1000 Grad heiss. Diese Hitze stammt noch von der Erdentstehung und entweicht nur sehr langsam durch die Erdschichten an die Oberfläche. Der dadurch verursachte natürliche, geothermische Wärmefluss ist nicht überall gleich gross, aber an den meisten Stellen sehr klein. In der Schweiz beträgt dieser ca. 60 mW/m². Die Wärmeleitfähigkeit des Untergrunds bestimmt dann den Temperaturabfall zur Erdoberfläche hin. In der oberflächennahen Geothermie in einer Tiefe < 1000 m geht man in der Schweiz von einem sog. Temperaturgradienten von 3 K/100 m aus. Dies bedeutet, dass die Erdreichtemperatur in den ersten 15 Metern, abhängig von der Jahreszeit, variiert. Danach erreicht sie eine konstante Temperatur von ca. 10 Grad und nimmt von dort alle 100 m um 3 Grad zu (siehe Abbildung 2).

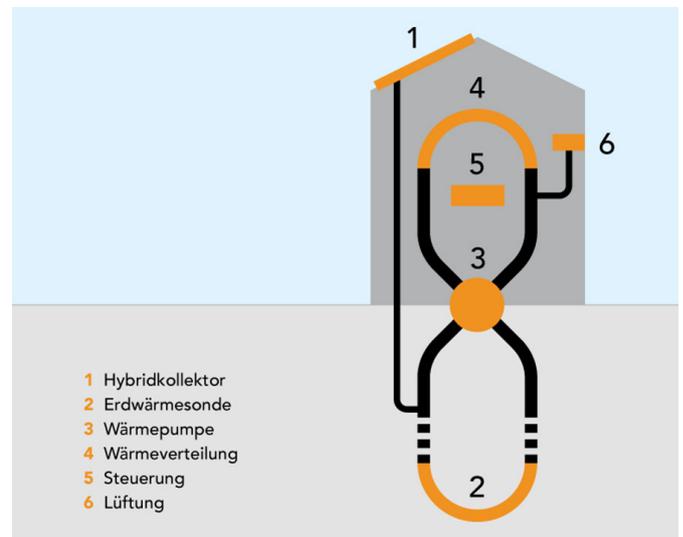


Abbildung 1: 1 Hybridkollektor 2 Erdwärmesonde 3 Wärmepumpe
4 Wärmeverteilung 5 Steuerung 6 Lüftung; Quelle: www.2sol.ch

Erdsonden – die Vorteile und der Nutzen in der Praxis

Der grosse Vorteil der Nutzung der Erdwärme als Wärmequelle für die Wärmepumpe zur Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser ist die im Vergleich zur Aussenluft hohe und konstante Temperatur. Dies führt dazu, dass die Wärmepumpe mit einer sehr hohen Leistungszahl (COP) funktioniert und somit weniger Strom für die Wärmebereitstellung benötigt. Hierzu ein Rechenbeispiel:

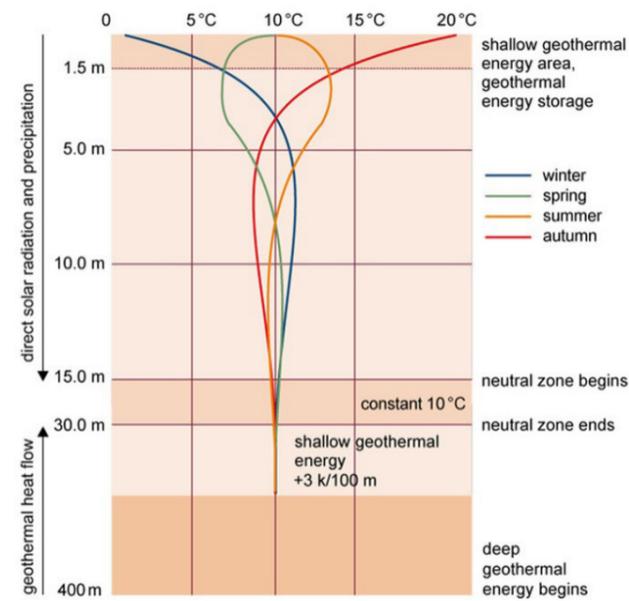


Abbildung 2: Verlauf der Erdreichtemperatur mit der Tiefe. Quelle: www.solarpraxis.de

Der Vergleich in Tabelle 1 zeigt, dass bei der Nutzung des Erdreichs mit einer Einheit Strom 4.6 Einheiten Wärme produziert werden, wobei dies bei Nutzung der Aussenluft nur 3.5 Einheiten sind. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass der Stromanteil für die Wärmeerzeugung mit Erdwärme nur 21.7% beträgt, bei der Aussenluft aber 28.5%. Der verbleibende Anteil ist erneuerbare Umweltwärme, entweder aus dem Erdreich oder aus der Aussenluft. Damit kostet die Wärmeerzeugung im Falle der Nutzung des Erdreichs 34% weniger als jene mit Aussenluft.

| Wärmequelle | Quellentemperatur | Leistungszahl COP-Raumwärme (Ts=40°C) |
|-------------|-------------------|---------------------------------------|
| Aussenluft | -5 °C | 3.5 |
| Erdreich | 6 °C | 4.6 |

Tabelle 1: Leistungszahl der Wärmepumpe in Abhängigkeit der Wärmequelle

Erdsondenregeneration – Warum?

Wenn man den natürlichen, geothermischen Wärmestrom von 60 mW/m² mit dem Wärmebedarf pro m² in einem sehr gut isolierten Haus vergleicht, ist der geothermische Wärmestrom etwa 250 Mal kleiner. Dieser Vergleich zeigt, dass wir mit Erdsonden zwar das Erdreich für die Gebäudeheizung nutzen, nicht aber primär als Wärmequelle, sondern als sehr grossen Wärmespeicher, den wir entladen, der aber auch wieder geladen werden muss. Um dies zu veranschaulichen eine Darstellung der Temperaturen um eine Erdsonde bei deren Nutzung (Abbildung 3).

Was Abbildung 3 deutlich zeigt, ist eine Absenkung der Erdreichtemperatur weit weg von der Erdsonde, in einem Abstand von bis zu 30 Metern. In diesem Zusammenhang ist auch von einem «Temperaturtrichter» der Erdsonde die Rede, was nichts anderes bedeutet, als dass die Erdsonde die Umgebung innerhalb dieses Trichters beeinflusst und die Erdreichtemperatur absenkt. Damit wird es auch möglich, dass durch diese Art der Erdwärmennutzung die Wärme z.T. auch von einem Nachbargrundstück bezogen wird und die Erdwärmennutzung auf dessen Grundstück dadurch ungünstig beeinflusst wird. Um diese Abkühlung der Umgebung zu vermindern, müssen entweder die Erdsonden grösser dimensioniert und somit weniger stark belastet oder aber regeneriert werden. Letzteres heisst nichts anderes als dass man einen Teil der Energie, die man aus dem Erdreich entnommen hat wieder zurück ins Erdreich gibt.

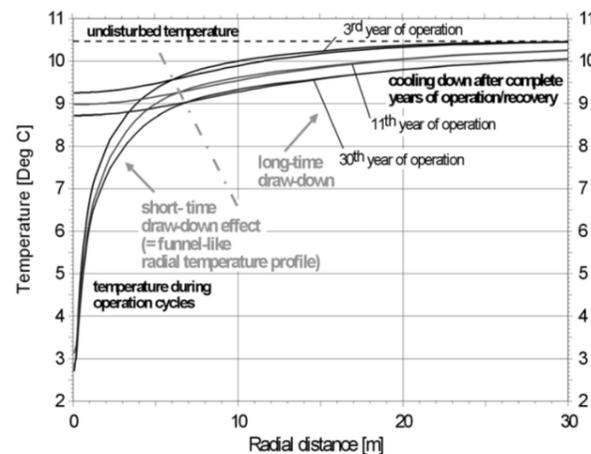


Abbildung 3: Erdreichtemperaturen rund um eine Erdsonde bei Wärmebezug. Kurzfristige Temperaturabsenkung im unmittelbaren Einflussbereich der Erdsonde (Radius 0-5m) und im entfernten Einflussbereich (Radius 5-30m). Quelle: Rybach, L. (2001).

Die klassische Auslegung von Erdwärmesonden gemäss SIA 384/6 fordert einen stabilen Betrieb während 50 Jahren. Diese Auslegung geht also von einem kontinuierlichen Wärmeentzug und somit Auskühlung des Erdreichs aus. Will man hingegen die Erdsonden nachhaltig betreiben, ist eine Regeneration zwingend. In der aktuellen

Version der Norm aus dem Jahre 2021 gilt die Auslegung für den Betrieb während 50 Jahren als Minimalanforderung. Wenn die Möglichkeit für eine gegenseitige Beeinflussung von Erdsonden von Nachbargrundstücken in Frage kommt, gelten erhöhte Anforderungen, ebenso, wie wenn es Anforderungen aus behördlicher Energieplanung gibt. Daraus resultiert dann eine Pflicht für Erdsondenregeneration. Je nach Anforderungsstufe variieren dann auch die Regenerationsgrade von 20-100%.

Erdsondenregeneration – Wie?

Die Erdsondenregeneration kann auf unterschiedliche Weise passieren und hat einen Einfluss auf die Komplexität des Heiz-/Kühlsystems.

Free cooling: Weil die Gebäudekühlung eine zusehends wichtigere Rolle spielt, haben Wärmepumpenanlagen mit Erdwärmesonden einen grossen Vorteil. Das Erdreich kann direkt für die Gebäudekühlung genutzt und auf diesem Weg teilweise regeneriert werden. Weil die Kälte aus dem Erdreich für Wohnhäuser ausreicht, muss die Wärmepumpe nicht betrieben werden, weshalb man von «free cooling», also freier Kühlung spricht.

Aktive Kühlung mit WP + PV: Wird eine grössere Kühlleistung oder mehr Kühlenergie benötigt, auch eine aktive Kühlung mit reversiblen Wärmepumpen möglich. In diesem Fall vertauscht man die Quellen- und Senkenseite der Wärmepumpe, so dass das Gebäude gekühlt und die Abwärme ins Erdreich für die Erdsondenregeneration geschickt wird. Zudem kann die Abwärme für die Brauchwarmwassererwärmung genutzt werden. Wenn man diese aktive Kühlung mit lokalem PV-Strom ergänzt, hat man eine rein erneuerbare Gebäudekühlung bei gleichzeitiger Erdsondenregeneration. Reicht der Kühlbedarf des Gebäudes nicht aus für eine starke Regeneration des Erdreichs, dann können zusätzliche Wärmequellen, wie nachfolgend aufgeführt, genutzt werden.

Aussenluftkollektoren können als zusätzliche Wärmequellen für die aktive Regeneration des Erdreichs / Erzeugung des Brauchwarmwassers genutzt werden, ermöglichen aber auch eine direkte Regeneration des Erdreichs ohne Wärmepumpe. In diesem Fall wird im Sommer der Aussenluft die Wärme entzogen und direkt ins Erdreich gebracht.

PVT Kollektoren bieten eine weitere mögliche Wärmequelle für die direkte Erdsondenregeneration. Sie können aber auch auf vielseitige Weisen mit einer Wärmepumpe kombiniert werden; sei es für die aktive Gebäudekühlung oder aber auch zur Brauchwasservorwärmung.

Kosten-/Nutzen Betrachtung der Regeneration und der Beitrag an die Energiewende

Die Erdsondenregeneration bringt wesentliche Nutzen für die Effizienz der Wärmepumpenanlage, sowie die Behaglichkeit im Sommer.

Dem generierten Nutzen stehen geringe Mehrkosten für das Heiz- und Kühlsystem gegenüber. Mehrkosten ergeben sich je nach Ausgestaltung des Systems durch:

- Zusätzliche Hydraulik (Wasserleitungen, Ventile)
- Zusätzliche Komponenten (Aussenluftkollektor / PVT)
- Falls es über einfaches «free cooling» hinaus geht, Zusätze für die Steuerung

Erfahrungen aus Projekten im Wohnungsbau zeigen, dass ab einer gewissen Anlagengrösse von 30-40 kW, was in etwa einem Objekt mit einer Geschossfläche von 1000 m² entspricht, sich die Regeneration sowohl technisch als auch wirtschaftlich lohnt. Ab diesen Anlagengrössen reduziert sich die kumulierte Sondenlänge durch die Regeneration, so dass sich die Investitionskosten mit Regeneration sogar reduzieren. Überdies können grössere Objekte ohne Regeneration nicht mehr nachhaltig betrieben werden und die Effizienz der Heizungsanlage sinkt durch Auskühlung des Untergrunds kontinuierlich über die Zeit. Die Notwendigkeit einer Regeneration wird umso dringlicher, je näher die Sonden beisammen stehen. So ist bei beengten Grundstückverhältnissen und daraus resultierenden geringen Sondenabständen (< 5-10 m) durchaus mit einer gegenseitigen Beeinflussung zu rechnen, welche durch die Regeneration abgemindert werden kann. So gesehen sichert die Regeneration der Erdsonden auch deren Investitionswert ab, indem ein nachhaltiger Betrieb über Generationen möglich ist. Ohne Regeneration bedarf es möglicherweise eine Reinvestition nach 50 Jahren, z.B. beim Kauf/Übertrag eines Bestandesobjekts.

Durch die höhere Betriebseffizienz der Wärmepumpe im Winter, leistet die Regeneration auch einen wichtigen Beitrag für die Energiewende. Dies, weil die Versorgung mit Strom aus erneuerbaren Quellen im Winter besonders anspruchsvoll ist und die Wintereffizienz somit eine zentrale Rolle spielt.

In Abbildung 4 ist ein beispielhafter mittlerer Temperaturverlauf des Erdreichs um eine Erdwärmesonde herum (dargestellt bis zu einem Abstand von 12 m, in radialen Abständen von 1.2 m) über 50 Jahre gezeigt. Abbildung 4 (a) zeigt den Temperaturverlauf ohne Regeneration, Abbildung 4 (b) mit 40 % Regeneration, Abbildung 4 (c) mit 80 % Regeneration (Verhältnis von Energieeintrag zu Energieentzug). Ohne Regeneration sinkt die mittlere Erdreichtemperatur in Sonden-nähe (blau) von Anfangs 14.5 °C auf -1.25 °C nach 50 Jahren Betrieb. Mit Regeneration, liegt die mittlere Erdreichtemperatur nach 50 Jahren bei 6 °C (b) und bei nahezu 14 °C (c). Dies bedeutet, dass mit der Regeneration die Erdreichtemperatur stabilisiert werden und nachhaltig (auch in Zukunft) mit hohen Quellentemperaturen gerechnet werden kann. Dies führt zu entsprechenden Gewinnen in der Effizienz des Wärmepumpenbetriebs und eine zu einer tieferen Stromrechnung (vgl. Tabelle 1).

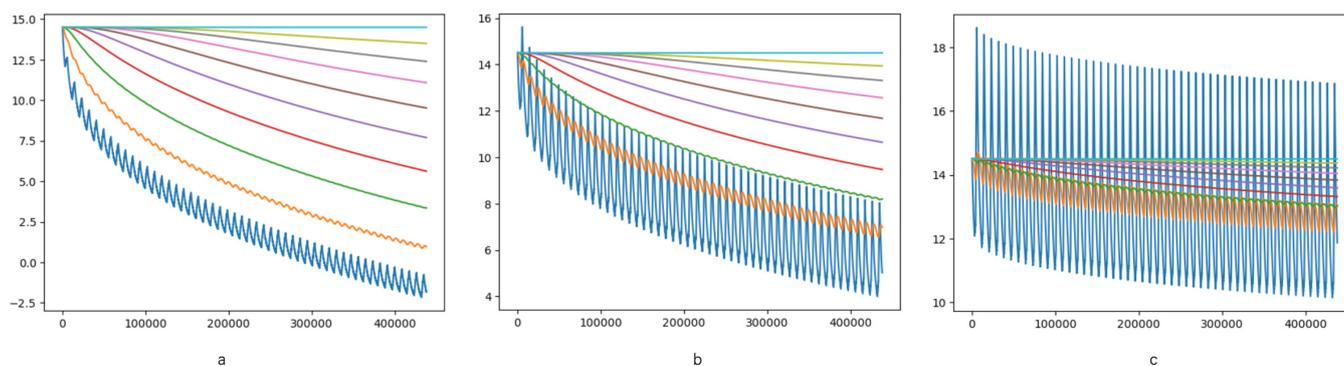


Abbildung 4: Beispiel einer Erdsondenregeneration für ein Mehrfamilienhaus mit Erdsonden 2 x 300 m, Heizwärmebedarf von 25 MWh, Warmwasserbedarf von 18 MWh und maximaler Entzugsleistung der Wärmepumpe von 18 kW. Regenerationsleistung (a) 0 kW, (b) 10 kW, (c) 20 kW.

Über das Forum Energiespeicher Schweiz

Das Forum Energiespeicher Schweiz ist eine Fachgruppe der aeessuisse. Das Forum und dessen Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft unterstützen die Umsetzung der klimapolitischen Ziele der Schweiz und der Energiestrategie 2050 und damit ein kosteneffizientes, CO₂-neutrales und erneuerbares Gesamtenergiesystem. Das Forum fungiert als Think Tank und Dialogplattform der Wirtschaft, der Wissenschaft und der Politik. Aufgabe ist es, fundiertes Wissen zur Vielfalt der Spei-

cheroptionen und Einsatzmöglichkeiten, zum system- und klimadienlichen Einsatz von Energiespeichern sowie zu Rahmenbedingungen und Geschäftsmodellen, die einen solchen Speichereinsatz ermöglichen, zugänglich zu machen. Das Forum Energiespeicher Schweiz versteht Speicher nicht als Selbstzweck. Es ist sektorübergreifend – Wärme, Strom, Mobilität – und technologie-neutral organisiert und tauscht sich offen mit anderen Organisationen aus.