Regeneration von Erdwärmesonden (EWS)

Regeneration für den beachtlichen Anteil unterkühlter Erdwärmesonden

Bisher gingen die Meinungen weit auseinander, wie häufig Erdwärmesonden unterkühlen. Im Rahmen eines Auftrags des Bundesamts für Energie hat der Autor die minimalen Jahrestemperaturen von etwa 90 Erdwärmesondenanlagen in der Deutschschweiz gemessen und die Anteile langzeitstabiler, normaler und unterkühlter Anlagen ermittelt. Als wichtigste Einflussgrösse erwies sich die Anzahl nahe gelegener Nachbarsonden. Sollen die unterkühlten Anlagen nicht steigende Anteile an elektrischer Direktheizung verbrauchen, werden sie bald einmal entlastet oder regeneriert werden müssen.

Ruedi Kriesi*

Detaillierte Informationen sind zu finden im Schlussbericht «Analyse von Erdwärmesondenanlagen», Bundesamt für Energie, 23. August 2017. Der Link dazu ist am Schluss des Artikels angegeben (1).

Vorteile von Erdwärme-Heizungen

In den letzten Jahren sind in der Schweiz regelmässig mehr Wärmepumpen verkauft worden als Öl- oder Gasheizkessel. Waren früher Erdwärmesonden deren bevorzugte Quelle, ist dies heute Aussenluft. Dabei haben Erdwärmesonden klare Vorteile. Sie sind lautlos im Betrieb und benötigen keinen Aussenraum. Das sind grosse Vorteile im dichten Wohnquartier. Zudem verfügen sie über eine ungefähr konstante Temperatur im Winter, arbeiten deshalb auch bei tiefen Aussentemperaturen mit guter Effizienz und sind weitgehend wartungsfrei. Weiter bieten sie im Sommer eine denkbar einfache Kühlmöglichkeit, indem dem Fussboden Wärme entzogen und über einen einfachen Wärmetauscher an das kühlere Erdreich abgegeben werden kann, ganz ohne Zutun der Wärmepumpe.

Auslegungskriterium für Erdsonden

Je nach Standort können Erdwärmesonden nach vielen Betriebsjahren aber auch auskühlen. Gemäss der geltenden Norm SIA 384/6 werden solche Anlagen für den ungünstigsten Fall eines trockenen Untergrunds so ausgelegt, dass sie nach 50 Betriebsjahren die empfohlene minimale Mitteltemperatur von –1,5 °C erreichen. Mitteltemperatur bedeutet hier das Mittel zwischen Vor- und Rücklauf der Erdwärmesonde. Die Minimaltemperatur sollte nicht unterschritten werden, weil bei tieferen Temperaturen das Erdreich um die Sonde einfrieren kann und sich anschliessend Spalten bilden können, die den Wärmeentzug aus dem Erdreich behindern.

50 Jahre mögen viel sein. Aber einerseits erreichen die ältesten bestehenden Erdwärmesonden bald einmal dieses Alter und anderseits gibt es Gründe, weshalb sich diese rascher abkühlen können als geplant. Bevor die geltende SIA-Norm geschaffen wurde, wurden Erdwärmesonden bis 1,5 Mal stärker belastet. Zudem brauchen Bauten im Betrieb oft mehr Wärme als geplant und schliesslich – und dies ist der wichtigste Punkt – steigt die Dichte der Erdwärmesonden rasch an, womit das Wärmebezugsgebiet vieler Sonden eingeschränkt wird. Glücklicherweise sind die Voraussetzungen im Untergrund sehr oft besser als von der SIA 384/6 angenommen. Horizontale Wasserbewegungen in von der Sonde erreichten Schichten führen Wärme aus einer wesentlich grösseren Umgebung zu, als dies im trockenen Untergrund geschieht. Die Temperaturen dieser Sonden sinken deshalb oft kaum ab, oft sogar auch bei höherem

Kleinere Anlage: Erdwärmesonden-Wärmepumpe.

Fühler in Sondenleitungen.

Wärmebezug als geplant. Sie verhalten sich langzeitstabil.

Langzeitverhalten der Erdsonden im Betrieb

Die Anteile der langzeitstabilen, der normalen und der bereits zu kalten Erdwärmesonden war bisher ganz unbekannt. Mit Messungen im Auftrag des Bundesamts für Energie hat nun der Autor an etwa 90 zufällig ausgewählten Anlagen in mehreren Deutschschweizer Kantonen im Winter 2016/2017 die Sondentemperaturen kontinuierlich erfasst. Wie erwartet, treten die tiefsten Sondentemperaturen in den Monaten Januar und Februar auf, wenn wegen tiefer Aussentemperaturen die Raumheizungen auch am meisten Wärme benötigen. In Abb. 1 sind die tiefsten Mitteltemperaturen im vergangenen Winter der ca. 90 gemessenen Anlagen in Abhängigkeit des Alters der Erdwärmesonden dargestellt. Davon liegen etwa 20 % im langzeitstabilen Bereich, etwa 50 % im normalen und etwa 30 % im klar oder im «nahe unterkühlten» Bereich. Der «nahe unterkühlte» Bereich wird mit dem unterkühlten in einer Zahl zusammengefasst, weil bedingt durch die Temperaturmessung aussen an den Kunststoffrohren ein mittlerer Fehler von etwa 1 Grad auftritt, die tatsächlichen Temperaturen also etwa 1 Grad tiefer liegen als im Bild dargestellt (3).

Anzahl nahe gelegener Sonden als stärkster Parameter für die Minimaltemperatur

In den Abb. 2–5 sind die Sondentemperaturen in Abhängigkeit unterschiedlicher Parameter mit steigendem Einfluss dargestellt. Die für Erdsonden üblichen Längen von 60 bis 280 m zeigen gar keine Wirkung (Abb. 2). Offensichtlich werden die am Sondenfuss sicher vorhandenen Temperaturdifferenzen durch den Wärmeaustausch zwischen Vor- und Rücklauf entlang der Sonde neutralisiert.

Sehr überraschend ist auch die in Abb. 3 nur schwach sichtbare Abhängigkeit der Minimaltemperatur von der spezifischen Sondenheizleistung (W/m). Zu beachten ist, dass diese hier mit der Heizleistung der Wärmepumpen bestimmt wurde, also deutlich grösser ist als die bekannte spezifische Wärmeentzugsleistung. Dieser unübliche Parameter wurde gewählt, weil in einigen kantonalen geografischen Informationssystemen (GIS) nur die Heizleistung registriert ist und dieser Wert auch vom Betreiber am ehesten vom Typenschild seiner Wärmepumpe abgelesen werden kann. Weil die Betriebsstundenzahl der Wärmepumpen unbekannt ist, fehlt leider die wichtigere entnommene Jahresenergie. Zusammen mit dem Sondenalter und der Anzahl nahe gelegener Sonden verwischt dies den erwarteten starken Einfluss der spezifischen Sondenleistung.

Erdwärmesonden-Wärmepumpe.

Durch Dehnung der Zeitachse zeigt Abb. 4 doch eine Abhängigkeit der Minimaltemperatur vom Sondenalter. Mit einer Abnahme von etwa 2,5 K zwischen 9 und 27 Jahren Sondenalter ist diese sogar deutlich höher als die durch Simulationen erwartete langfristige Absenkung von etwa 1 K in 20 Jahren gemäss Abb. 1. ➜

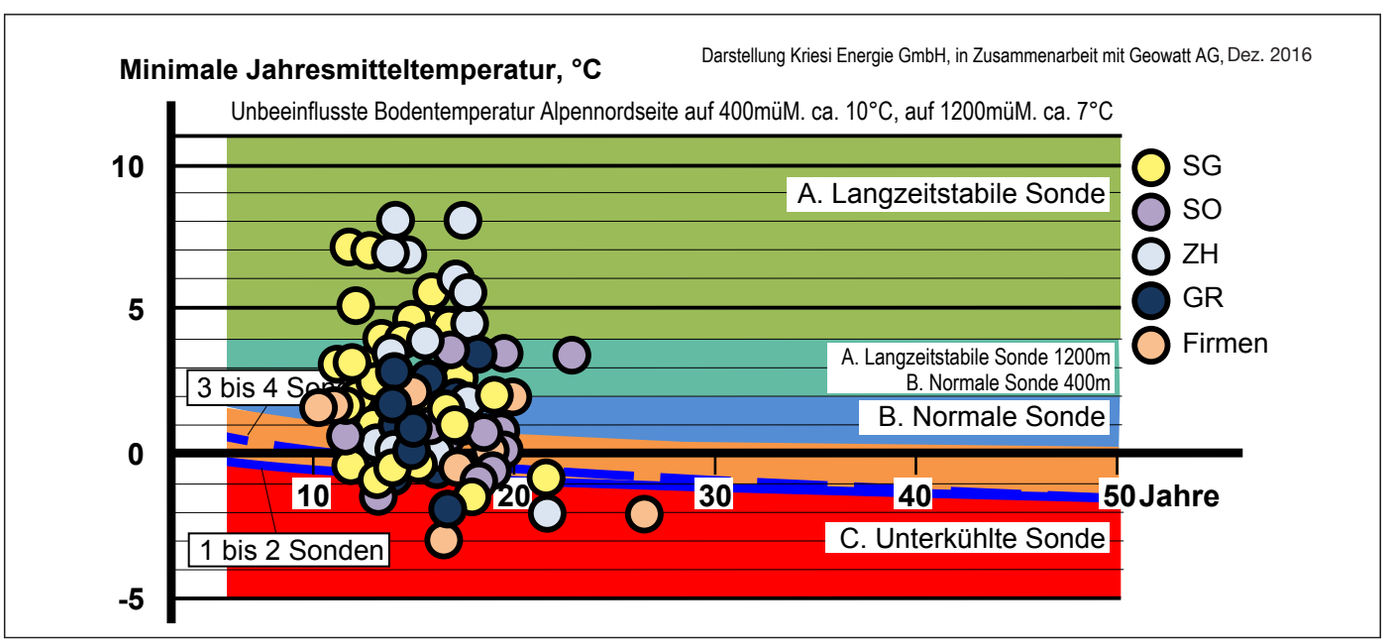

Abb. 1: An etwa 90 Erdwärmesonden-Anlagen wurden im Winter 2016/2017 die Mitteltemperaturen von Vor- und Rücklauf der Sonden gemessen. Dargestellt sind die erfassten Jahresminima in Abhängigkeit des Sondenalters. Anlagen, die nie unter etwa 4 °C sinken, werden als langzeitstabil betrachtet, Anlagen unter 0 bis –1 °C als unterkühlt. Anlagen dazwischen dürften bei weiterhin ähnlichem Betrieb problemlos mindestens 50 Betriebsjahre erreichen. Die im Kanton Graubünden gewählten Anlagen befinden sich alle auf etwa 1200 m Meereshöhe. Deshalb liegen deren Ausgangstemperaturen etwas tiefer als der Durchschnitt, weshalb sich auch deren Grenze zwischen langzeitstabilen und normalen Sonden etwas nach unten verschiebt. Deren zu kühler Anteil ist aber nicht höher als der Durchschnitt aller Standorte. Überraschend sind die etwas tieferen Werte aus dem Kanton Solothurn. Offensichtlich wurden hier zufällig eher ungünstigere Standorte gewählt.

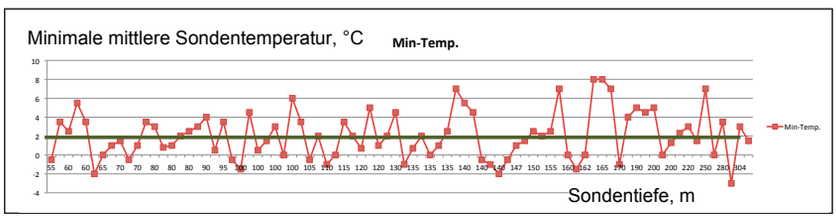

Abb. 2: Zwischen Sondentiefe und minimaler Sondenmitteltemperatur ist gar keine Abhängigkeit feststellbar, obwohl tiefere Sonden eher höhere Temperaturen erwarten lassen.

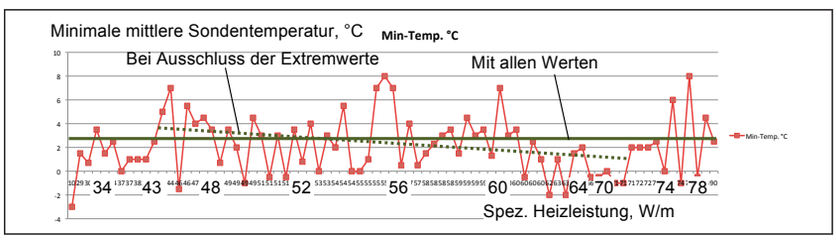

Abb. 3: Zur Definition der spezifischen Sondenleistung wurde die Heizleistung verwendet, so wie sie entweder einmal vom Planer oder Installateur der kantonalen Bewilligungsbehörde mitgeteilt oder vom Betreiber von der installierten Wärmepumpe abgelesen und dem Autor gemeldet wurde. Dass sich nur eine schwache Abhängigkeit erkennen lässt, und auch nur, wenn die wahrscheinlich ungenausten Extremwerte weggelassen werden, zeigt die gegenüber der entnommenen Jahresenergie für die Minimaltemperatur unwichtige Sondenleistung. Die hier verwendete spezifische Heizleistung ist nicht mit der spezifischen Sondenleistung zu verwechseln; sie wird verwendet, weil aufgrund der Daten in einigen kantonalen GIS nur diese verfügbar ist.

Stärkste Wirkung der untersuchten Parameter hat die Anzahl der nahe gelegenen Sonden gemäss Abb. 5 mit etwa 5 K zwischen 1 und 3 resp. 7 Sonden. Mit diesem Wert wird nicht unterschieden, ob die Sonden zur eigenen oder einer Nachbaranlage gehören. Die Einschränkung des Kreises, aus dem Wärme zufliessen kann, bleibt in beiden Fällen gleich. Aber auch hier zeigen sich die sehr grossen Schwankungen, die sich aus dem Standort, d. h. den Verhältnissen im Untergrund ergeben. Sobald genügend Wasserbewegungen vorhanden sind, bleiben die Sonden langzeitstabil und dies fast unabhängig von der Anzahl nahe gelegener Sonden, vom Alter oder der spezifischen Belastung.

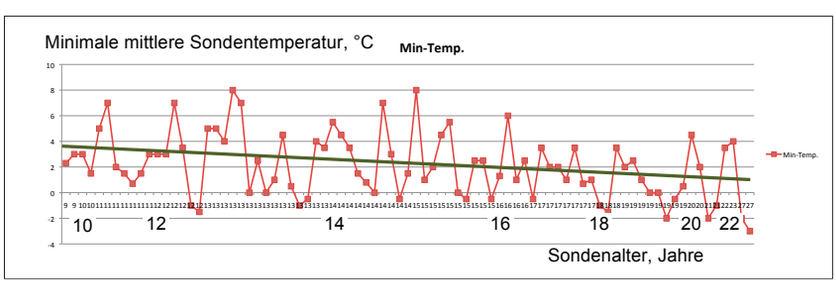

Abb. 4: Während sich aus Abb. 1 kaum eine Abhängigkeit der minimalen Sondenmitteltemperatur vom Sondenalter ablesen lässt, wird in dieser Darstellung ein Zusammenhang doch deutlich sichtbar. Die grossen Schwankungen bei gleichem Sondenalter zeigen die grosse Wirkung der übrigen Parameter, insbesondere des Standorts und der Sondenzahl.

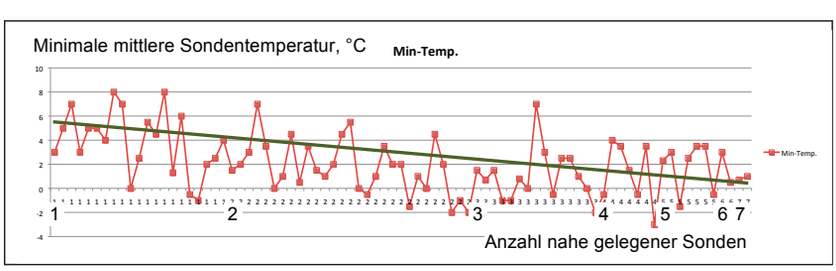

Abb. 5: Die stärkste Abhängigkeit der minimalen Sondenmitteltemperatur zeigt sich mit der Anzahl nahe liegender Sonden. Als Kriterium wurde ein Umkreis von 30 m gewählt. Die Angabe ist aber wiederum sehr ungenau, weil sie auf Daten im GIS und Angaben der Betreiber beruht. Diese starke Abhängigkeit von der Anzahl Nachbarsonden ist aber plausibel, wird damit doch der Radius limitiert, aus dem Wärme zur Sonde zufliessen kann.

Nicht dargestellt ist die Abhängigkeit der Minimaltemperatur vom Alter der Wärmepumpe. Neuere Wärmepumpen arbeiten mit besseren Leistungsziffern, entnehmen also einen höheren Wärmeanteil der Erdsonde. Dies ist ein häufig von Fachleuten geäussertes Argument für zu kühle Sonden. Erstens fehlte im Rahmen dieser Arbeit aber diese Angabe und zweitens ist deren Wirkung vermutlich kleiner als erwartet, steigt doch der Anteil des Wärmeentzugs bei einem Anstieg des mittleren COP von 3 auf 4 nur um 12 %.

Entlastung oder Regeneration zu kühler Erdwärmesonden

Für den Betreiber einer zu kühlen Sonde empfiehlt es sich, durch Wärmedämmung des Hauses oder eine zweite Wärmequelle die Sonde zu entlasten. Als zweite Wärmequelle bietet sich die Warmwasserbereitung mit einem Wärmepumpenboiler mit Aussenluft oder einem Sonnenkollektor an. Auch durch eine zusätzliche Sonde lässt sich die bisherige entlasten. Allerdings nützt eine zusätzliche Sonde wenig, wenn die bestehende Anlage bereits von anderen Sonden im Umkreis von weniger als etwa 30 m umgeben ist.

Alternativ lässt sich die Sonde durch Zufuhr von Wärme im Sommer regenerieren. Diese Methode ist meist günstiger als eine Entlastung. Nächstliegende Lösung dazu ist die erwähnte Raumkühlung im Sommer. Wärme wird dem Fussboden entzogen und der Erdwärmesonde zugeführt. Damit wird gleichzeitig eine Steigerung des Komforts im Sommer erreicht. Zur vollständigen Rücklieferung der entzogenen Wärme ist aber mehr Wärme nötig, als sich auf diese einfache Art in der kurzen heissen Periode erreichen lässt. Weitere Möglichkeiten bieten unverglaste, für die Schwimmbadheizung vorgesehene Sonnenkollektoren, eventuell sogar aus Kunststoff. Soll der Sonnenkollektor aber auch das Warmwasser bereiten, muss ein Typ mit Glasabdeckung gewählt und mit einem Wärmespeicher in das Heizsystem eingebunden werden.

Auch durch Abkühlung der Aussenluft mit einer Wärmepumpe im Sommer lässt sich Wärme an die Erdsonden liefern. Ist im Haus eine Komfortlüftung installiert, so kann der Wärmetauscher im Aussenluftkanal zum Lüftungsgerät platziert werden. So wird die im Sommer oft zu feuchte Raumluft getrocknet und ein Komfortgewinn erreicht. Zudem wird die Installation einfacher, weil ver-

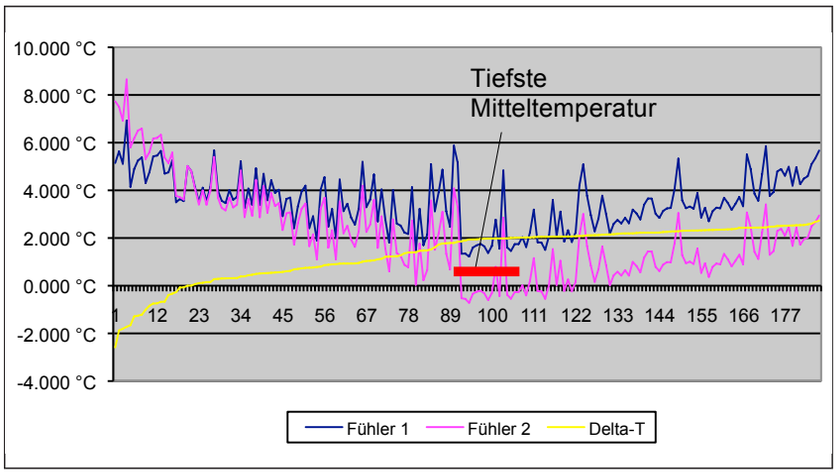

Abb. 6: Ganglinie Monat Januar, 4-h-Intervalle. Die minimale Jahresmitteltemperatur wurde für diese Arbeit mit je zwei Temperatur-Speicherfühlern pro Anlage im 4-Stunden-Rhythmus gemessen. Anschliessend wurden die Datenpunkte für jeden Monat nach der Differenz von Vor- und Rücklauf geordnet, um Messpunkte bei laufender von solchen mit abgestellter Wärmepumpe einfach unterscheiden zu können. In diesem Bild ist als Beispiel die Auswertung einer Anlage für den Monat Januar dargestellt. Es ist leicht ersichtlich, dass die mittlere Sondentemperatur bei laufender Wärmepumpe selbst innerhalb eines Monats stark variiert. Die tatsächlichen Minimalwerte lassen sich also fast nur mit Fühlern erfassen, die die Minimalwerte automatisch ausscheiden oder aber eben alle erfassen, sodass sich die Minimalwerte anschliessend bestimmen lassen.

schiedene Komponenten dank der Lüftungsanlage bereits vorhanden sind.
Weniger geeignet für die Regeneration ist die Verwendung des sommerlichen Strom-Überschusses einer Photovoltaikanlage. Dieser genügt üblicherweise nur für etwa 10 % der erforderlichen Wärmemenge, wofür sich die Komplizierung der Anlage kaum lohnt.

Ermittlung der Sondenminimaltemperatur vor dem Wärmepumpenersatz

Massnahmen zur Entlastung oder Regeneration einer Sonde werden am einfachsten ergriffen, wenn die Wärmepumpe ersetzt wird. Damit erhält der Betreiber Gewissheit, dass die Sonde die erforderliche Wärme auch für die Lebensdauer der neuen Anlage problemlos liefern wird. Zudem lassen sich Anpassungen am Sondenkreislauf gleichzeitig ausführen.
Viele neue Wärmepumpensteuerungen erfassen die Temperaturen der Erdsonden automatisch und aktuelle oder – bei komfortableren Anlagen – sogar monatliche Minimalwerte lassen sich herauslesen. Zeigt die Wärmepumpensteuerung die Sondentemperaturen nicht an, müssen sie mit einem externen Messgerät erfasst werden, ähnlich wie dies im Rahmen dieses Messprojekts erfolgt und in Abb. 6 beschrieben ist (2).

Regeneration als kleiner Kostenfaktor (3)

In der Schweiz bestehen etwa 100 000 Erdwärmesonden und jährlich kommen etwa 10 000 weitere dazu. Deren Beliebtheit dürfte weiterhin gross bleiben, weil sie in dichten Quartieren eine ausgezeichnete Alternative zu einer Heizung mit Öl oder Gas bieten. Daran wird auch nicht viel ändern, dass nach den ersten 20 oder auch erst 50 Betriebsjahren möglicherweise eine Regeneration, beispielsweise mit einem unverglasten Kunststoff-Sonnenkollektor, installiert werden muss. Die letztlich tiefen Kosten zur Regeneration sind dann nämlich kein Hindernis, eine unterkühlte Sonde für lange Zeit weiter nutzbar zu behalten. ■

** Der Autor Dr. sc. techn. Ruedi Kriesi ist Inhaber der Kriesi Energie GmbH in Wädenswil, www.kriesi-energie.ch*

(1) Bericht «Analyse von Erdwärmesondenanlagen», Abschätzung des Anteils unterkühlter Erdwärmesonden von Anlagen, die vor Einführung der SIA 384/6 erstellt wurden, Schlussbericht, Bundesamt für Energie, 23.08.2017, 42 Seiten, Download PDF unter: www.bfe.admin.ch › Themen › Erneuerbare Energien › Geothermie › Dokumente zum Thema › Berichte bzw. www.bfe.admin.ch/themen/00490/00501/index.html?lang=de&dossier_id=06710

(2) Der Autor bietet einfache Geräte zur Selbstinstallation mit Auswertung der Messwerte am Ende der Heizperiode an.

(3) Bis im Herbst 2018 will der Schweizerisch-Liechtensteinische Gebäudetechnikverband suissetec auf der Basis dieser Arbeit je ein Merkblatt zur Analyse älterer Erdsonden und zu deren Regeneration bereitstellen.

Vgl. auch Solarwärme-Merkblatt N°8, «Regeneration von Erdwärmesonden» (Swissolar 10/2016) sowie Fachbeiträge unter www.hk-gt.ch › Dossiers › Wärmepumpen & Erdwärmesonden.

VOLLER ENERGY
www.schmid-energy.ch
SCHMID
energy solutions