

## Artikel: Schadensfälle bei EWS-Anlagen

Das Heizen mit Erdwärme stellt eine interessante Alternative zu herkömmlichen Heizsystemen dar, vor allem bei zu erwartenden Preissteigerungen fossiler Brennstoffe. Nicht zuletzt können Erdwärmesonden-Anlagen (EWS-Anlagen) auch zu einer Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beitragen.

Voraussetzung für diese kostengünstige Alternative des Heizens ist allerdings eine angemessen ausgelegte und gebaute EWS-Anlage, hier insbesondere die Dimensionierung der Erdwärmesonden und der fachgerechte horizontale Anschluss.

Oberflächennahe EWS-Anlagen nutzen die durch Sonnenenergie in der Erdoberfläche gespeicherte Wärme, die allerdings in der Regel durch Strom in der Wärmepumpe auf die notwendige Vorlauftemperatur des Heizkreislaufes gebracht wird.

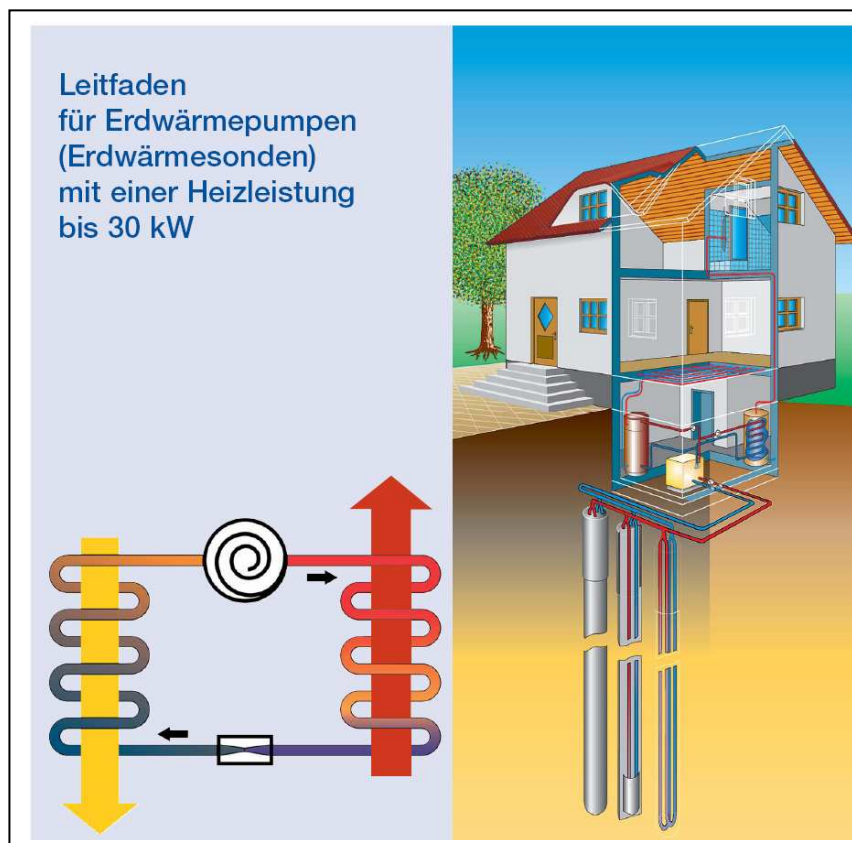
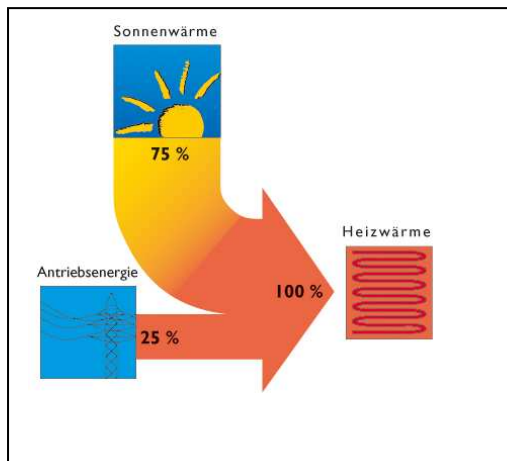


Abb. 1 Prinzip einer Wärmepumpenanlage mit Erdwärmesonden

Eine Arbeitszahl von 4 bedeutet, dass mit einem Kilowatt Strom drei Kilowatt Erdwärme zu einer Heizleistung von vier Kilowatt umgewandelt werden. Da der Strom zu einem großen Teil immer noch durch schmutzige Kraftwerke erzeugt wird, ist erst bei einer Arbeitszahl von 4 eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Immission zu erreichen. Außerdem kann auch erst bei einer Arbeitszahl von 4 eine langfristige Amortisierung der höheren Anlagekosten erreicht werden und in vielen Bundesländern ist eine EWS-Anlage auch erst bei einer nachgewiesenen Arbeitszahl von 4 förderungswürdig.

Der Wärmeentzug aus einer Erdwärmesonde ist von zwei Faktoren abhängig, der Wärmeleitfähigkeit des angetroffenen Gesteins in der Bohrung und den Bohrm Metern. Diese beiden Parametern bieten auch die entscheidenden Fehlerquellen bzw. Möglichkeiten zum verbilligen der Gesamtkosten einer WP-Anlage!



*Abb. 2 Energiebilanz einer Wärmepumpe bei einer Arbeitszahl 4*

Sowohl bei den Kosten für die Wärmepumpe und deren Installation als auch bei den Anschlusskosten sind keine großen Einsparmöglichkeiten gegeben. Bei realistischen Sondenmeterpreisen zwischen 40 – 50€ bieten sich insbesondere bei den Bohrungen die besten Möglichkeiten, die Gesamtkosten einer Wärmepumpenanlage zu reduzieren und wettbewerbsfähiger zu machen.

Die Sondenmeterpreise setzen sich aus den Kosten der Bohrung, dem Preis für die Erdwärmesondenrohre und den Verpresskosten zusammen. Während die Preise für konfektionierte, also einbaufertige Sonden mit verschweißtem Sondenfuß nur geringfügig unterscheiden, lassen sich bei den Bohrmeter und den Verpressarbeiten für viele Auftraggeber und Betreiber unbemerkt die Kosten leicht reduzieren.

Bei vielen EWS-Anlagen wird pauschal eine Entzugsleistung von 50W/m Sondenlänge bei einer Doppel-U-Sonde angesetzt, obwohl die Wärmeleitfähigkeit und somit auch die Entzugsleistungen des Gesteins von vielen Faktoren und nicht zuletzt auch dem Betrieb der WP-Anlage abhängen.

Daher ist es auch notwendig, die bei der Bohrung gewonnenen Bodenproben und die Wasserverhältnisse zu begutachten. Bindige Böden und trockene Lockersedimente haben eine viel geringere Wärmeleitfähigkeit als homogene Festgesteine oder wassergesättigte Lockergesteine. Die Angaben schwanken nach der VDI 4640 Blatt 2 Tabelle 2, Stand 2001 zwischen 25W/m bis 85W/m.

Eigentlich sind die nach dem DVGW-Merkblatt W120 zertifizierten Bohrunternehmen verpflichtet, auf Grund der erbohrten Bohrproben eine Plausibilitätskontrolle vorzunehmen. Sie müssen also nachrechnen, ob die durchbohrten Bodenschichten und die Bohrmeter die geforderte Entzugleistung ermöglichen. Ist dies nicht der Fall, müssen sie auf diese Veränderung und die damit verbundenen Mehrkosten für weitere Bohr- und Sondenmeter hinweisen.

Da vielfach Pauschalverträge eine kurzfristige Veränderung der Bohr- und Sondenmeter erschweren, unterbleibt häufig eine Anpassung an die angetroffene Geologie. Insbesondere die Heizungsbauer oder Bauträger haben kein Interesse, die Bohrtiefen oder die Anzahl der Sonden zu erhöhen. Aber auch für das Bohrunternehmen sind geänderte Sondenlängen ein Problem, schließlich sind die vorkonfektionierten Sonden oft baustellenspezifisch bestellt. Ansonsten sollte eine Erhöhung der Bohrmeter bzw. der Anzahl der Bohrungen für ein Bohrunternehmen eine willkommene Erweiterung des Auftrages sein.



*Abb. 3 Sondenbohrungen im Festgestein mit dem Imlochhammer*

Da eine Wärmepumpenanlage auch mit nicht ausreichend bemessenen Sondenlängen meist unproblematisch läuft, merken die meisten Kunden nicht, dass sie die fehlende Entzugsleistung mit teurem Strom aus der Steckdose ausgleichen.

Eine auf der Messe Geotherm in Offenburg vorgestellte Untersuchung der Effizienz von Wärmepumpenanlagen in Baden Würthenberg macht deutlich, dass die Nutzer eine eher unkritische Haltung haben. Obwohl fast alle Befragten der Meinung waren, dass ihre Anlagen Energiekosten sparen und einen Beitrag zur CO<sub>2</sub> –Reduzierung beitragen, waren nur 3 mit Wärmemengenmessern ausgestattet und keine dieser Anlagen erreichte eine Arbeitszahl über 4! Dieser Umstand erklärt vielleicht auch, warum eher selten Anlagenbetreiber Ausführungsmängel erkennen und deren Beseitigung einfordern.

Selbst eingefrorene Sonden oder Verteiler werden oft nicht oder sehr spät bemerkt, zum Beispiel durch Frosthebungen im Bereich der Anbindungen. Ein Einfrieren ist aber nicht immer ein Zeichen unzureichender Sondenlängen. Auch nicht fachgerecht ausgeführte Anbindungen führen zum Einfrieren einzelner Sonden. Dies ist immer dann möglich, wenn die Gesamtlänge einzelner Sonden plus deren Anbindung an einen Verteiler sehr unterschiedlich ist. Die kürzeste Sonde würde am stärksten genutzt und am ehesten einfrieren.



*Abb. 4 Frosthebungen bei eingefrorenen Sondenanschlussleitungen*

Durch einen sorgfältigen hydraulischen Abgleich mit so genannten Takko-Settern an den Verteilern können die Durchflusswiderstände in den einzelnen Sonden angeglichen werden. Wird penibelsorgfältig auf gleiche Sonden- und

Anschlusslängen geachtet, können bis zu drei Sonden auch nach dem sog. Tichelmannprinzip ohne Verteiler zusammengefasst werden. Ein Verteiler ist aber immer vorzuziehen, damit spätere Probleme besser identifiziert werden können.

Ein großes Risiko für Betreiber und Umwelt stellt eine nicht vorhandene oder unzureichende Verpressung des verbleibenden Ringraumes rund um die Sondenrohre dar (s. Abb). Sie soll ein Vermischen von Grundwasserleitern und das Eindringen von Oberflächenwasser in tiefere Grundwasserleiter verhindern. Gleichzeitig soll sie ein Anbinden der Sonden an das umgebende Gestein sicherstellen. Langfristig haftet der Betreiber für Schäden, die durch unzureichende Verpressmaßnahmen hervorgerufen werden können!

Die Verpressarbeiten machen rund  $\frac{1}{4}$  der Kosten einer Erdwärmesondenbohrung aus und bieten daher eine gute Möglichkeit, die Herstellungskosten zu senken. Selbst eine zeitlich verzögerte Verpressung spart schon Verpresskosten, da in einem zusammengefallenen Bohrloch der Materialbedarf entsprechend geringer sein wird. Daher ist eine Verpressung unmittelbar nach Einbringen der Sonden erforderlich!

Noch schlimmer sind die Folgen, wenn eine Erdwärmesondenbohrung nicht verpresst wird. Eine Ausnahme bilden hier EWS, die nur im oberflächennahen Grundwasserleiter eingebracht werden und die keine Grundwasserstauer durchteufen. Diese Ausnahme lässt auch die VDI-Richtlinie für bis zu 50m tiefe Bohrungen zu.

Andererseits verlangen heute fast alle Genehmigungsbehörden eine vollständige Verpressung, um sich vor Diskussionen zu schützen. In sicher zu begründenden Ausnahmefällen z.B. im Rheinkies sollte aber auf diese Forderung verzichtet werden. Schließlich bietet eine Wasser umströmte Sonde die beste Entzugsleistung! Am Rhein werden daher, soweit es die Platzverhältnisse zulassen, meist nur kurze Sonden eingebaut, um die schwierige Bohrtechnik in tiefer liegende Schichten zu vermeiden. Außerdem ist die Entzugsleistung in den tieferen bindigen Schichten weitaus geringer.

Der überwiegende Teil der EWS muss also mit geeigneten Materialien verpresst werden, die heute auf dem Markt auch in großer Auswahl zur Verfügung stehen. Neben der Wahl eines geeigneten Verpressmittels ermöglichen auch die Verpressarbeiten viele Fehlerquellen vor allem bei der fachgerechten Anmischung. Eine einfache Kontrolle der Suspensionsdichte könnte dieses verhindern. Leider wird darauf häufig verzichtet und der Nachweis einer ordnungsgemäßen Abdichtung ist in den meisten Fällen nicht gegeben.

Die sichtbare Zementschlämme am Sondenanfang ist keinesfalls ein Nachweis für eine fachgerecht durchgeführte Verpressung! Ist hier wirklich von unten nach oben verpresst worden oder reicht der Verpressschlauch nur wenige Meter in die Bohrung? Ist unmittelbar nach dem Einbau verpresst worden, oder war das Bohrloch schon zusammengefallen? Ist ein wirksames Verpressmaterial richtig angemischt worden oder nur eine Zementbrühe eingepumpt worden? All das lässt sich später kaum noch nachweisen. Ein Verpressprotokoll in Verbindung mit einer Rückstellprobe der verpressten Suspension und eine Bilddokumentation (s. Abb) geben eine gewisse Sicherheit.



*Abb. 5 Fachgerecht verpresste EWS nach Abschluss der Verpressarbeiten*

Die langfristigen Folgen nicht fachgerechter Verpressungen für die Umwelt liegen auf der Hand. Aber auch für den Betreiber der EWS kann sie teuer werden wenn später festgestellt wird, dass seine Sonden für die Verschmutzung von Grundwasserleitern oder im schlimmsten Fall den unkontrollierten Austritt artesischen Wassers verantwortlich sind. Erschwerend kommt hinzu, dass solche EWS nur mit großem Aufwand und teilweise gar nicht zu sanieren sind!

Eine mangelhafte Verpressung von EWS in bindigen Böden bzw. Festgestein hat auch wirtschaftliche Folgen für den Sondenbetrieb. Durch die mangelnde Anbindung der Sondenrohre an das umgebende Gestein wird die gewünschte Entzugsleistung nicht erreicht und die EWS-Anlage arbeitet unwirtschaftlich.

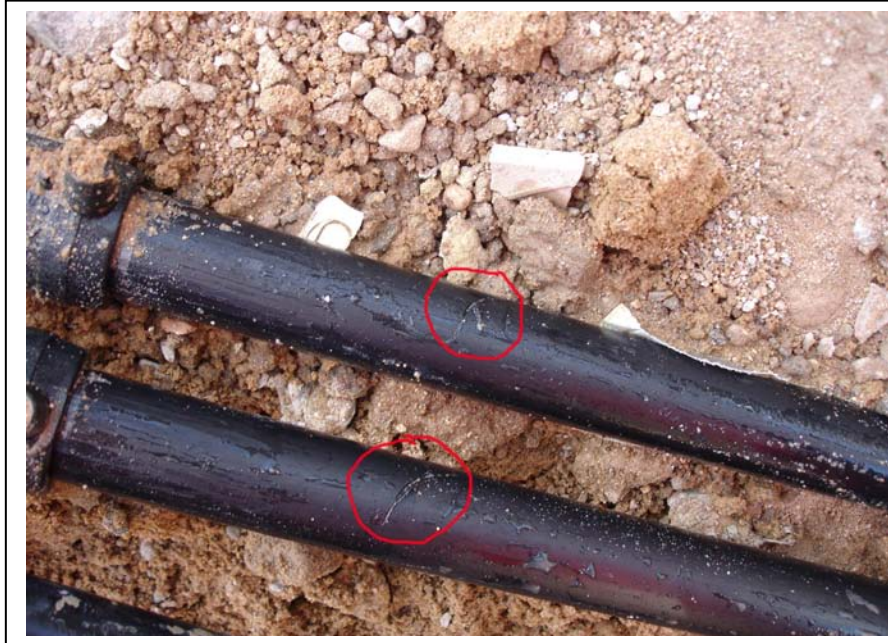


*Abb. 6 Vorbildlich verlegte PE-Anschlussleitungen zum Verteiler. Hier werden Vor- und Rückläufe sogar thermisch durch eine Isoliermatte getrennt.*

Ein weiterer Bestandteil einer EWS-Anlage, der zu Schäden führen kann, ist die horizontale Anbindung der Sonden zur Wärmepumpe. Wichtig ist hier eine sorgfältige Verlegung in einem Sandbett, denn die PE-Rohre werden bei Temperaturschwankungen Längenänderungen aufweisen. Da die Sonden am Sondenfuß und am Verteiler bzw. der Hausdurchführung fest eingebunden sind, müssen Temperaturbedingte Längenänderungen im Verlauf der Sonden- und Anschlussrohre

aufgefangen werden. Reiben die Rohre an scharfen Kanten, ist langfristig eine Leckage zu befürchten. Daher dürfen aufgrund der plastischen Eigenschaft der PE-Rohre ohnehin keine Rohre mit tiefen Riefen eingebaut werden, wie sie durch unsachgemäße Behandlung entstehen können.

Um beim Befüllen der Sonden Lufteinschlüsse zu vermeiden, sollen alle horizontalen Rohre mit einer leichten Steigung von den Sonden zum Verteiler bzw. zur Wärmepumpe verlegt werden. So kann eingeschlossene Luft während des Befüllens und auch später über das Entlüftungsventil entweichen.



*Abb. 7 In einer solchen Bettung dürfen PE-Anschlussrohre keinesfalls verlegt werden*

Hierbei spielt auch die Praxis des Befüllens eine große Rolle. Um das schwerere Frostschutzmittel mit dem Wasser ausreichend zu mischen sind große Mischbehälter und eine ausreichend große Mischzeit notwendig. Im schlimmsten Fall kann das schwere Frostschutzmittel in einer Sonde verbleiben und einen Durchfluss behindern.

Eine gute Durchmischung und sichere Entfernung der Lufteinschlüsse erreicht man nur, wenn die Sole mit ausreichender Geschwindigkeit mehrfach durch die EWS-Anlage gespült wird. Hierbei sind auch entsprechend leistungsfähige Pumpen einzusetzen.

Welche qualitätssichernden Maßnahmen helfen bei der Beurteilung von Schadensfällen oder unwirtschaftlich arbeitenden EWS-Anlagen?

Vor allem eine lückenlosen Dokumentation der ausgeführten Arbeiten:

- Schichtenverzeichnis und Schichtenprofil der durchteuften Schichten
- Nachweis der Entzugleistung bzw. der notwendigen Bohrmeter
- Nachweis über vorkonfektionierte Sonden (Strichcode)
- Dokumentation der Verpressarbeiten (Rückstellprobe)
- Lageskizze der horizontalen Anschlussleitungen
- Druckprotokolle über die durchzuführenden Druckproben
- Mischungsverhältnis und Art des eingefüllten Frostschutzmittels

Sind entsprechende Dokumente und Nachweise nicht vorhanden, ist die Gefahr einer mangelhaften Ausführung der Arbeiter eher gegeben, als bei Vorlage einer kompletten Dokumentation. Der Vorteil unterschriebener Ausführungsprotokolle ist,

dass Mitarbeiter eher nicht Protokolle über Arbeiten ausfüllen und unterschreiben, die nicht oder nicht fachgerecht ausgeführt haben!

Außerdem bieten Protokolle immer eine Art Handlungsanweisung, weil man bei der Abfrage der Daten auf die wesentlichen Ausführungsparameter hingewiesen wird (s. Abb. 8).

# Abnahmeprotokoll

Abnahmeprotokoll für Erdwärmesonden		Kontrolle/ Bemerkung
2	Bohrarbeiten, Bohr Ø _____ mm	
	Kontrolle der Endtiefe _____ m	
	Entnahme von Bohrproben	
	Schichtenverzeichnis, - profil	
3	Sonden Hersteller _____.	
	Sonden Ø _____ mm	
	Werkseitiges Abdrückprotokoll	
	Sondenfuß Marke _____.	
4	Sondeneinbau	
	..... von Haspel	
	auslegen und einlassen	
	mit Gewicht am Sondenfuß	
	Stahlrohr am Sondenanfang	
	Komplettes Verpressgestänge	
5	Verpressarbeiten	
	..... über gezogenes Verpressgestänge	
	über verbleibendes PE Rohr	
	Misch- und Verpressanlage Typ _____.	
	Rezept der Suspension:	
	Dichte der Suspension	kg/l
	Verpressmenge	Liter
6	Druckprüfung an fertiger Sonde	
	Anschlussarbeiten	
Auftraggeber:		Auftragnehmer:
Ort, Datum, Unterschrift		Ort, Datum, Unterschrift

Abb. 8 Mögliches Abnahmeprotokoll zur Qualitätssicherung