

## Verbesserung des Grundwasserschutzes bei Wärmepumpenanlagen

Jürgen Bonin, Karl-Michael Schmidt, Johannes Junge

### Keywords

Oberflächennahe Geothermie, Grundwasserschutzeinrichtung (Geo-Protector), Erdsonden, Erdkollektoren, Leckagen, Grundwasserschutz, Betreiberverhalten, Kosten, Patentrecht

### Zusammenfassung

Der zunehmende Einsatz von Wärmepumpen soll zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes beitragen. Deswegen werden Wärmepumpen derzeit vom Bund ordentlich gefördert. Etwa 45 bis 50% aller installierten Wärmepumpen sind Sole-Wasser-Wärmepumpen. Dabei zirkuliert durch ein Solesystem ein Wasser-Glykol-Gemisch. Leider kommt es gelegentlich vor, dass durch Leckagen Glykol das Erdreich und Grundwasser kontaminiert. Eine effektive Schutzeinrichtung zur Verhinderung von Kontaminationen wird bisher noch nicht eingesetzt. Der Geo-Protector ist so eine Schutzeinrichtung.

Ein Forschungsvorhaben an der RUB (Ruhr Universität Bochum) sollte nachzuweisen, dass im Falle einer Leckage das Grundwasser vor einer Kontamination mit Glykol optimal geschützt wird. Dazu wurde in einem Hochhaus der RUB ein Modell einer Erdsondenanlage erstellt. Bei den Untersuchungen ließen sich an diesem Modell sehr praxisnah unterschiedliche Leckagen (Haarrisse bis Totalschaden) unter verschiedensten Bedingungen (Grundwasserstände) simulieren. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass der Geo-Protector alle Leckagen registrierte, den Betreiber warnte und im Falle einer erkannten Leckage automatisch eine Spülung mit Trinkwasser freigab. Es stellte sich heraus, dass bei zu erwartenden Leckagen die Austrittsmengen während des Spülvorganges maximal 5% des Anlagenvolumens, mit nur einer Sonde, betrug. Sämtliche Messungen bestätigen, dass bei den simulierten Leckagen an der installierten Erdsonde die auslaufende Solemenge auf ein Minimum reduziert wurde.

Betrachtungen zum Verhalten von Betreiber und Handwerksfirmen, anhand realer Fälle aus der Praxis zeigen, dass im Falle einer Leckage das Erdreich und das Grundwasser erheblich mit Glykol kontaminiert werden kann. Das zeigt die Notwendigkeit zur Verbesserung des Grundwasserschutzes. Ein Kosten-Nutzen-Vergleich zeigt, dass die Mehrkosten vernachlässigbar sind. Abschließend werden patentrechtliche Vorgaben diskutiert.

### Einleitung

Der wachsenden Markt von Wärmepumpen einschließlich Erdsonden, bzw. Erdkollektoren, bringt ein steigendes Risiko von Leckagen mit sich. Davor warnte bereits 2008 Martin-Johannes Rogg in „Wasserschutz adieu“ in „meine energie“ von Badenova. Somit stellt sich die Frage nicht nur nach der Verbesserung des Klimas sondern auch nach dem Grundwasserschutz. Ziel muss es sein, Wärmepumpen nicht zu Lasten des Grundwasserschutzes zu betreiben.

Der Gesetzgeber schreibt im WHG (Wasserhaushaltsgesetz) vor, dass Anlagen so zu erstellen und zu betreiben sind, dass keine wassergefährdenden Stoffe austreten können. Gem. VAwS (Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe), §3 dürfen keine wassergefährdenden Stoffe austreten können. Mögliche Leckagen insbesondere die der Erdsonden oder Erdkollektoren, müssen schnell und zuverlässig erkannt werden. Im Falle einer Leckage sind gem. § 8 austretende wassergefährdende Stoffe schnell und zuverlässig zurückzuhalten und die Anlage zu entleeren. Der ausgetretene Stoff ist ordnungsgemäß und schadlos zu verwerten oder zu beseitigen. Glykol gehört zur WGK (Wassergefährdungsklasse) 1 und darf nicht ins Grundwasser gelangen.

Die bisherigen technischen Regelungen gem. VDI 4640 bzw. DIN 8901 sind unzureichend, weil sie diese Vorgaben nicht erfüllen. Sie entsprachen dem bisherigen Stand der Technik. VDI 4640 reguliert die technische Nutzung des Untergrundes und die DIN 8901 gibt Vorgaben zum Schutz des Erdreiches, einschließlich des Grund- und Oberflächenwassers. In beiden Regelungen ist ein Druckwächter vorgegeben,

der im Falle einer Leckage die Wärmepumpe abschalten soll. Das alleine genügt nicht. Recherchen zeigen, dass in der Praxis erst mal Sole nachgefüllt wird. Das führt zu wiederholten Kontaminationen.

Um zu zeigen, dass der Geo-Protector die gegebenen Voraussetzungen erfüllt, wurde in einem Hochhaus der RUB eine Erdsonde 1:1 erstellt um daran umfangreiche Untersuchungen durchführen zu können. Betrachtungen zum Verhalten von Betreiber und Handwerksfirmen zeigen die Notwendigkeit zur Verbesserung des Grundwasserschutzes. Wirtschaftliche Betrachtungen bestätigen nur geringe Mehrkosten. Abschließende Betrachtungen weisen auf Regularien zum Einsatz von patentierten Systemen hin.

## Erfindung und Funktion des Geo-Protectors zur Verbesserung des Grundwasserschutzes

Der bisherige Stand der Technik schreibt gem. VDI 4650 sowie DIN 8901 einen Druckschalter vor, der bei Unterschreitung eines Mindestdruckes die Wärmepumpe abschaltet. Somit soll eine weitere Kontamination des Erdreiches mit Glykol verhindert werden. Das funktioniert so nicht, wie aus dem Gutachten zum Forschungsvorhaben der RUB zu entnehmen ist. Deswegen ist in der nachfolgenden Zeichnung die Darstellung des erheblichen Austritts von Glykol beabsichtigt und hat einen klaren umweltrelevanten Hintergrund, wie später gezeigt wird.

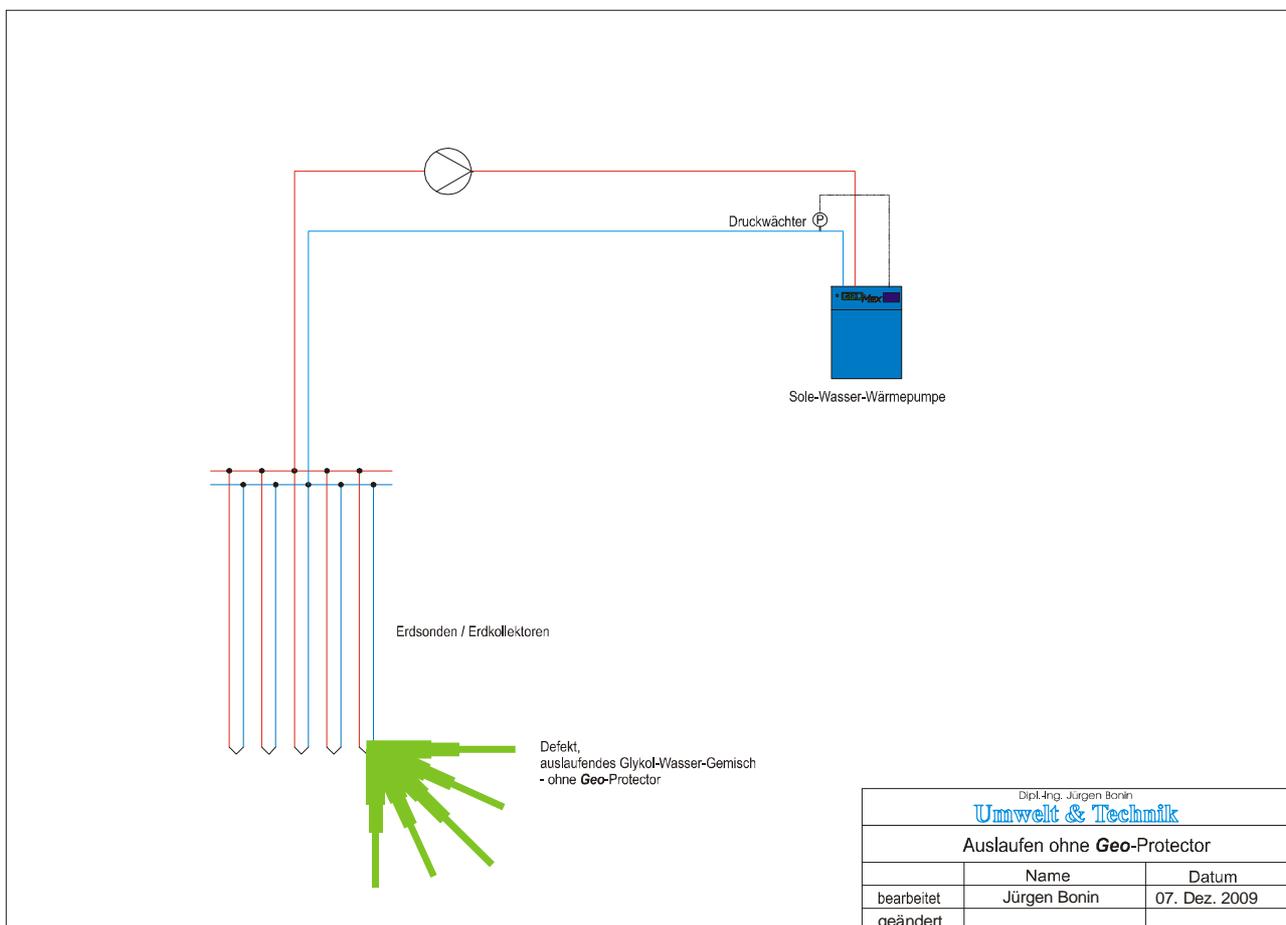


Abb.1 Schema eines Solesystems mit einem Drucksensor gem. VDI 4650 und DIN 8901.

Spätere Betrachtungen aus der Praxis bestätigen, dass diese Darstellung berechtigt ist und die Realität widerspiegelt.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Geo-Protector und dessen Funktion:

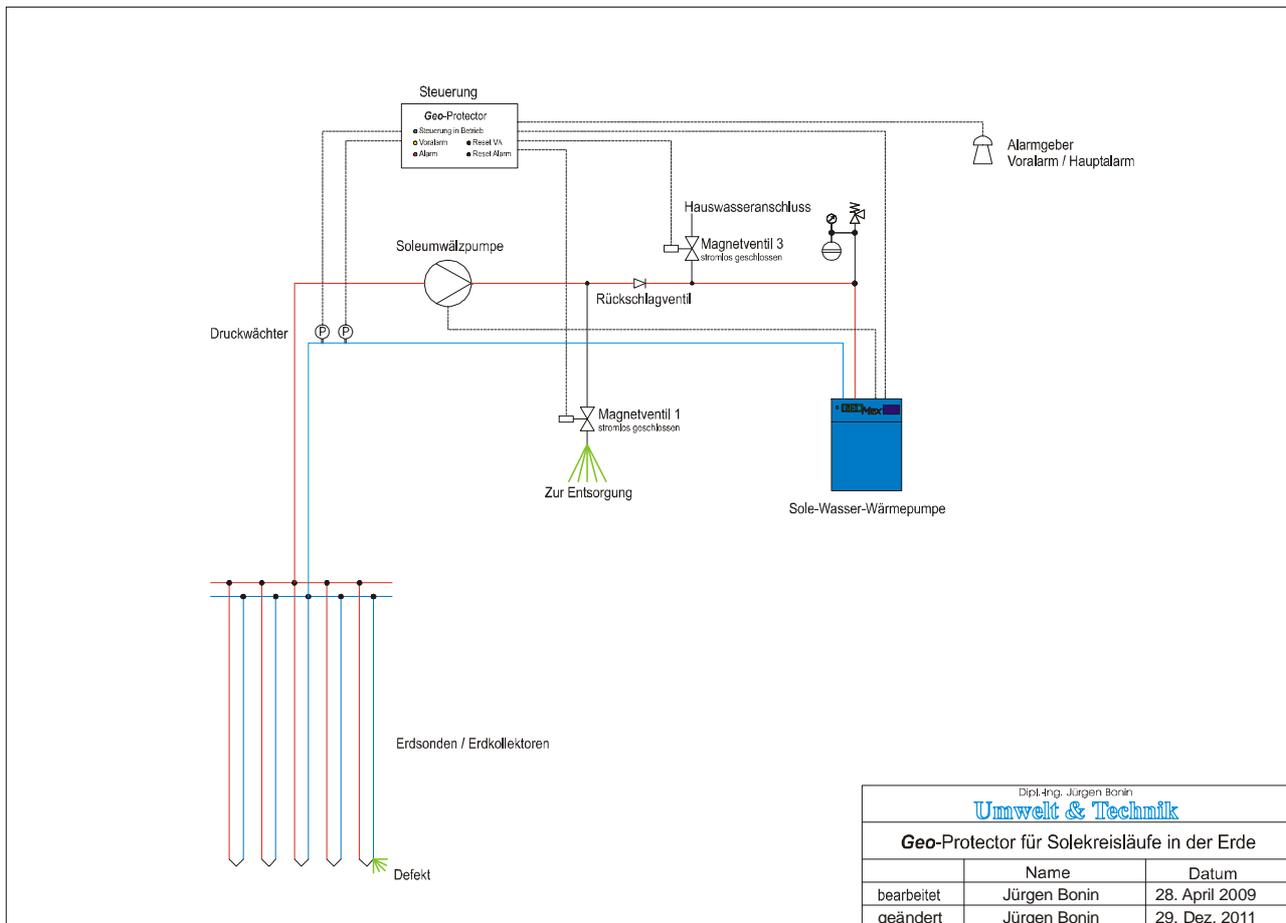


Abb.2 Schema eines Solesystems mit verbessertem Grundwasserschutz mit Geo-Protector

Zu dem Geo-Protector sind statt ein Druckschalter, zwei Druckschalter sowie zwei handelsübliche Magnetventile und ein einfaches Rückschlagventil erforderlich. Bei unterschreiten des ersten Mindestdruckes  $P_{\min 1}$ , wird der Betreiber durch einen Voralarm gewarnt. Das verhindert ein unnützes Spülen des Solesystems. Bei einer Leckage wird der Druck weiter fallen bis der untere Mindestdruckes  $P_{\min 2}$ , erreicht wird. Die beiden Magnetventile öffnen, und das Solesystem wird mit Trinkwasser gespült. Anschließend kann das Erdreich nicht mehr mit Glykol kontaminiert werden. Um bei Druckschwankungen eine unbeabsichtigte Alarmmeldung, bzw. ein unbeabsichtigtes Spülen zu vermeiden wird ein Voralarm und die Spülung zeitverzögert aktiviert.

## Forschungsvorhaben zum Nachweis der Wirkung des Geo-Protectors

Zum Nachweis der Funktion sowie den Nutzen für den Grundwasserschutz, veranlasste 2010 Jürgen Bonin ein Forschungsprojekt an der RUB (Ruhr Universität Bochum). Es sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Erhöhen sich durch das Spülen mit Druck die Austrittsmengen von Glykol?
2. Ist es möglich das Glykol abzusaugen?
3. Wie hoch sind die Austrittsmengen bei unterschiedlich großen Leckagen und unterschiedlichen Grundwasserständen?
4. Zeigt der Geo-Protector die gewünschte Wirkung und Funktion?

Um die o.g. Fragen zu diskutieren dient das Gutachten / der Bericht „Untersuchung des Betriebsverhaltens des „Geo.Protectors“ bei Erdsondenbetrieb“, vom August 2011 der RUB als Grundlage. Für die Untersuchungen errichteten wir in einem Versorgungsschacht eines 12-stöckigen Gebäudes (NA) auf dem Unigelände folgenden Versuchsaufbau mit einer klassischen Doppel-U-Rohr-Erdsonde:

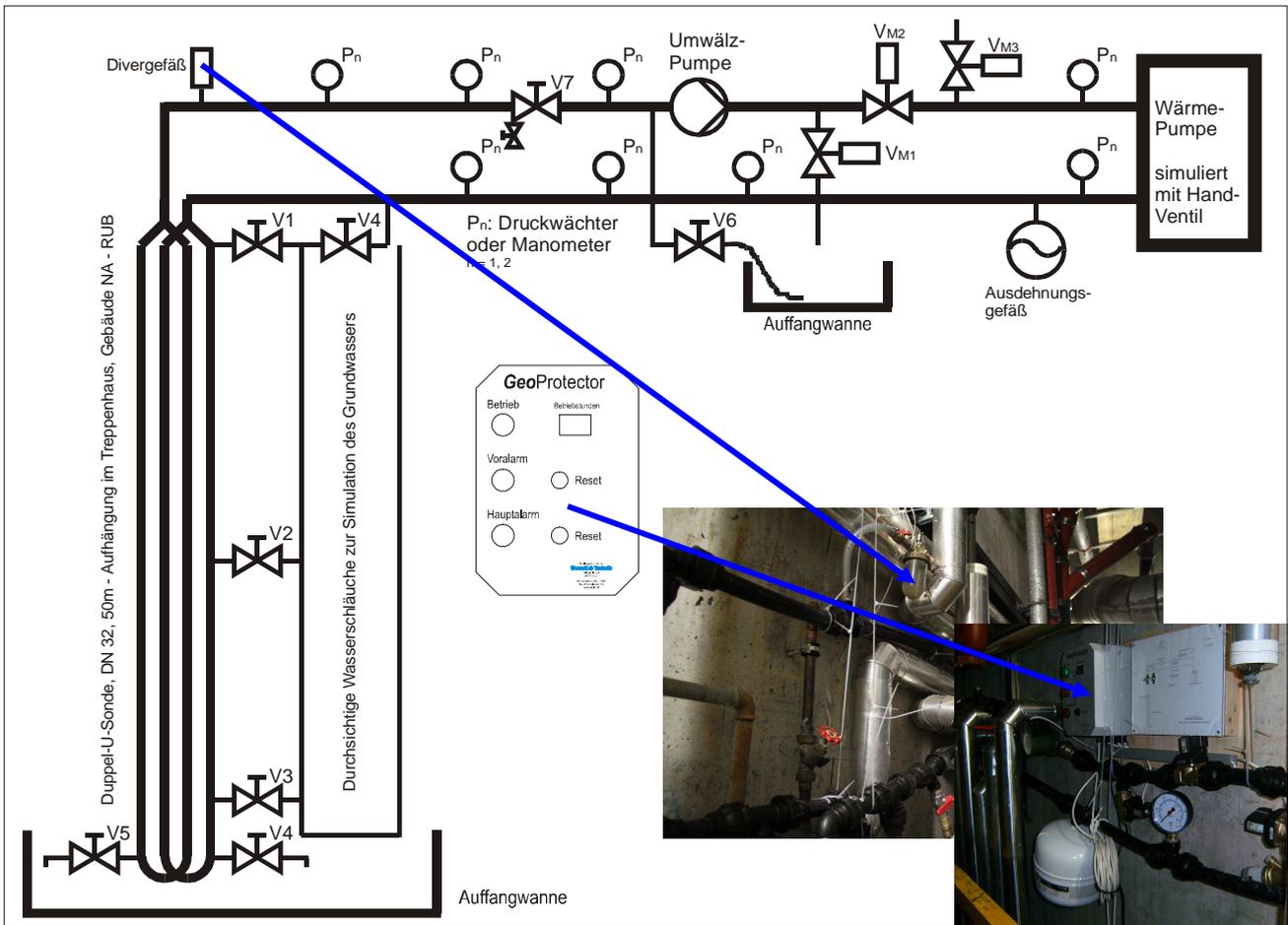


Abb.3 Schema und Bilder der Versuchsanordnung

Das Divergegefäß diente zur Aufnahme eines Drucksensors, um die Druckverläufe während den Versuchen aufzuzeichnen. Die Ventile V<sub>1</sub> bis V<sub>4</sub> dienen zur Simulation von Leckagen in unterschiedlichen Tiefen. V<sub>1</sub> simuliert eine oberflächennahe Leckage, V<sub>2</sub> eine tiefer gelegene Leckage und V<sub>3</sub> eine Leckage am Sondenfuß. Über einen durchsichtigen Wasserschlauch ließen sich unterschiedliche Grundwasserstände simulieren. Die Ventile V<sub>4</sub> (unten) und V<sub>5</sub> dienen zur Entleerung des Erdsondenschleifen. Über das Ventil V<sub>4</sub> (oben) lässt sich ein beliebiger Grundwasserspiegel einstellen. Über die Magnetventile V<sub>M1</sub> bis V<sub>M3</sub> wurden vom Geo-Protector die Spülungen frei geschaltet. Wie bei einer realen Erdsondenanlage installierten wir eine Soleumwälzpumpe, sowie ein Soleausdehnungsgefäß. Die Wärmepumpe wurde von einem einstellbaren Absperrventil ersetzt. An verschiedenen Stellen der Anbindeleitungen dienten Manometer zur Beobachtung der Drücke. Zur Simulation verschieden großer Leckagen ließen sich Lochblenden mit verschieden großen Bohrungen hinter den Kugelhähnen zum durchsichtigen Schlauch einbauen. Die verwendeten Lochdurchmesser entsprechen den in der Praxis zu erwartenden Leckagen. Die Praxis zeigt, dass die meisten Leckagen, bedingt durch den Aufbau von Erdsonden, einschl. Verpressungen, sehr gering sind.



Abb.4 Ein Kugelhahn mit Lochplatte zur Simulation einer Leckage

Zur Fragestellung: Erhöhen sich durch das Spülen mit Druck die Austrittsmengen von Glykol?

Anlass der ersten Fragestellung ist eine Darstellung der LAWA, dass bei erhöhtem Spüldruck durch den Geo-Protector das Erdreich / Grundwasser zusätzlich mit Glykol kontaminiert würde. Für diese Untersuchung wurden zum Vergleich die Soleleitungen mit 1bar und zum Vergleich mit 4bar gespült. Zur Einstellung der gewünschten Drücke diente ein Druckminderer. Die Messungen zeigen, dass durch den

erhöhten Druck der Durchfluss aus einer Leckage sich erwartungsgemäß erhöht, wobei gleichzeitig das Solesystem schneller mit Trinkwasser durchspült wurde. Zitat zu dem Untersuchungsergebnis: „Insgesamt lässt sich daher feststellen, dass die Austrittsmengen der Sole an einer Leckage bei unterschiedlichen Spüldrücken gleich ist.“ Das widerlegt die Aussage der LAWA. Nachfolgende Messergebnisse bestätigen dass die Kontamination nicht mit steigendem Spüldruck zunimmt.

Zur Fragestellung: Wie hoch sind die Austrittsmengen bei unterschiedlich großen Leckagen und unterschiedlichen Grundwasserständen?

Die Beantwortung dieser Fragen ist schon etwas spannender. Nachfolgend betrachten wir Zeitverzögerungsmessungen und austretende Flüssigkeitsmessungen, wobei letztere von besonderer Bedeutung ist.

1. Zeitverzögerungsmessungen

Nach dem Öffnen der Ventile  $V_1$ ,  $V_2$  oder  $V_3$  wurden jeweils die Zeiten zwischen Voralarm und Hauptalarm gemessen. Folgerichtig zeigen diese Messungen, dass die Zeiten bei kleineren Leckagen und höheren Grundwasserständen größer sind. Abb. 5 und 6 zeigen zwei Beispiele für die gemessenen Zeit-Diagramme am oberen bzw. unteren Ende der Erdsonde bei vollständig geöffnetem Ventil (Leckage Maximum), zur Simulation eines Totalschadens. Bei diesen Versuchen ist erkennbar, dass der Grundwasserstand (GW-Stand) beim Öffnen von Ventil 1 (in etwa auf der halben Höhe des 12-stöckigen Gebäudes) keinen Einfluss auf die gemessene Zeit bis zum Vor- bzw. Hauptalarm hat. Dies liegt daran, dass bei der Öffnung des Ventils eine große Menge Sole in einer sehr kurzen Zeit durch die Leckage austritt und auf keinen Gegendruck durch Grundwasser trifft. Dadurch ergeben sich diese nahezu identischen Zeitmessungen.

Auf dem Niveau der Ventile  $V_2$  und  $V_3$  ist eine Tendenz erkennbar, dass je niedriger der Grundwasserstand ist, der Druck durch den geringeren Gegendruck entsprechend schneller fällt. Infolgedessen ist der Einschaltzeitpunkt zum Auslösen des Vor- bzw. Hauptalarms entsprechend eher erreicht. Am oberen Ventil  $V_1$  strömt bei relativ geringem Gegendruck des Grundwassers die Sole schneller aus als am unteren Ventil  $V_3$  mit entsprechend höherem Gegendruck des Grundwassers. Zu erwarten wären zunächst in etwa gleiche Zeiten. Dass dies nicht so ist, ist wohl darin begründet, dass beim Ausströmen durch das untere Ventil mehr Masse bewegt wird.

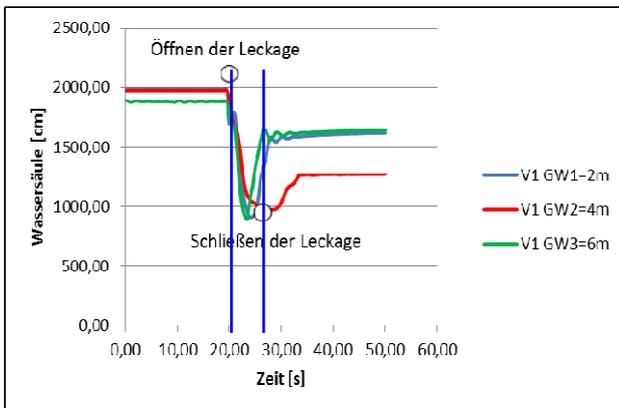


Abb.5 Zeit-Diagramm des am oberen Ende installierten Ventils  $V_1$  (NA7) mit max. Leckage

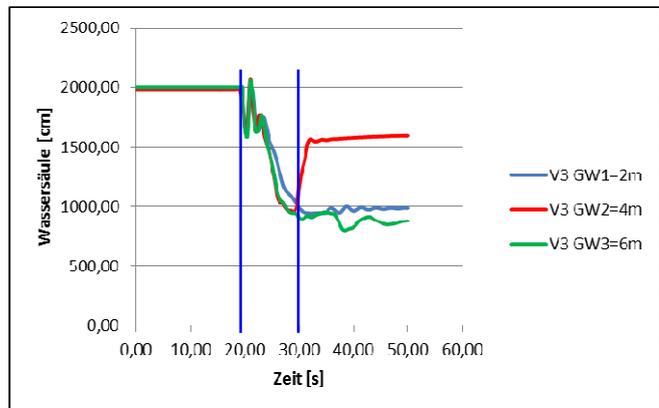


Abb.6 Zeit-Diagramm des am unteren Ende installierten Ventils  $V_3$  (NA04) mit max. Leckage

2. Austretende Flüssigkeitsaustrittsmengen und Einfluss des Spüldruckes

Hier kommen wir zu wesentlichen Bestandteil der Untersuchungen. Hier galt es zu untersuchen, welche Austrittsmengen Sole nach dem Erkennen einer Leckage tatsächlich noch auslaufen. Unmittelbar nach dem Auslösen des Hauptalarms aktivierte der Geo-Protector automatisch und unverzüglich den Spülvorgang. Alle Messungen wurde mit einem 30%-igen Wasser-Glykol-Gemisch durchgeführt, um reale Bedingungen zu geben. Zur genauen Messung der austretenden Sole diente ein Messzylinder. Nachfolgende Tabelle 1 zeigt Messergebnisse mit einem Spüldruck von 1 bar. Die Spüldauer dafür betrug jeweils 8 Minuten.

Messung Szenario	Ventil	Leckage [mm]	GW-Stand [m]	Spül-druck [bar]	Austrittsmenge gemessen [l]	Anteil Gesamt-Volumen [%]	Austritts-rate [l/min]
1	1	0,2	-	1	0,06	0,05	0,0075
2	1	1,0	-	1	1,90	1,60	0,2375
3	3	0,2	-	1	0,13	0,11	0,0163
4	3	2,0	-	1	24,0	20,24	3
5	3	0,2	3,5	1	0	0	0
6	3	1,0	3,5	1	2,15	1,81	0,2688
7	3	2,0	3,5	1	11,3	9,53	1,4125

Tab. 1: Messungen der Austrittsmengen von Sole bei 1 bar Spül-druck.

Die Messungen 1 und 2 zeigen Leckagen an waagrecht im Erdreich verlegten Anbindeleitungen zu einer Erdsonde oder einem Erdkollector. Aufgrund des geringen statischen Druckes an Ventil V<sub>1</sub>, während des Spülvorgangs mit 1 bar, trat nur ein sehr geringer prozentualer Anteil des Gesamtvolumens an der Leckage aus. Die Messungen 3 und 4 simulieren Leckagen an einer Erdsonde, wie sie z.B. in gebirgigem Gelände ohne Grundwasser verbaut werden. Da bei diesen Szenarien der statische Druck an Ventil V<sub>3</sub> bei ca. 5 bar lag, trat erwartungsgemäß wesentlich mehr Sole aus, als bei den Messungen 1 und 2. Ein Vergleich der Messung 1 mit 3 zeigt, dass am unteren Ventil V<sub>3</sub> (-45m) bei gleicher Leckage mit einem Durchmesser von 0,2mm, ohne Grundwasser etwa nur doppelt so viel Sole austrat als am oberen Ventil V<sub>1</sub>. Messung 2 und 4 unterscheiden sich durch unterschiedlich große Leckagen, mit 1mm und 2mm Durchmessern. Messung 4 zeigt eine verhältnismäßig große Soleaustrittsmenge von ca. 24 l, durch eine größere Leckage von 2mm ohne Gegendruck von anstehendem Grundwasser. Messungen 5, 6 und 7 simulierten Leckagen an Erdsonden, die in einem Gebiet mit einem Grundwasserstand von 3,5 m GOK (Geländeoberkannte) eingebaut sind. Dabei stand ein Gegendruck an der Leckage an. Folglich traten bei diesen Versuchen geringere Mengen Sole aus, als bei den Messungen 3 und 4, ohne Gegendruck des Grundwasserstands. Bei Messung 5 mit einer sehr kleinen Leckage von 0,2mm und hohem Grundwasserstand war quasi kein Soleaustritt messbar. Ist die Leckage, wie bei der Messung 6, größer, tritt immer noch ein sehr geringer prozentualer Anteil des Gesamtvolumens von nur 1,81% des Solesystems aus. Bei einer Leckage von 2mm, Messung 7, ist die Austrittsmenge mit 9,53% entsprechend höher. Ein Vergleich der Messungen 5, 6 und 7 zeigen ein Anstieg der Soleaustrittsmenge als Funktion f(x) des Leckagedurchmessers. Sie kann mit folgender Gleichung beschrieben werden:

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2$$

mit  $x$  = Durchmesser Leckage [mm]

$$a_0 = 0 \text{ l}$$

$$a_1 = 0,79 \text{ l/mm}$$

$$a_2 = 1,36 \text{ l/mm}^2$$

$$\Rightarrow f(x) = 0,79 \text{ l/mm} * x + 1,36 \text{ l/mm}^2 * x^2$$

Die Austrittsmengen steigen mehr als quadratisch zum Leckagedurchmesser an.

Ergänzende vier Messungen, bei einem Spül-druck von 4 bar zeigen führen zu den Ergebnissen gem. Tabelle (Tab. 2). Die Spüldauer betrug nur noch 5 Minuten, weil bei einem höheren Druck entsprechend mehr und damit schneller Trinkwasser eingespült wird.

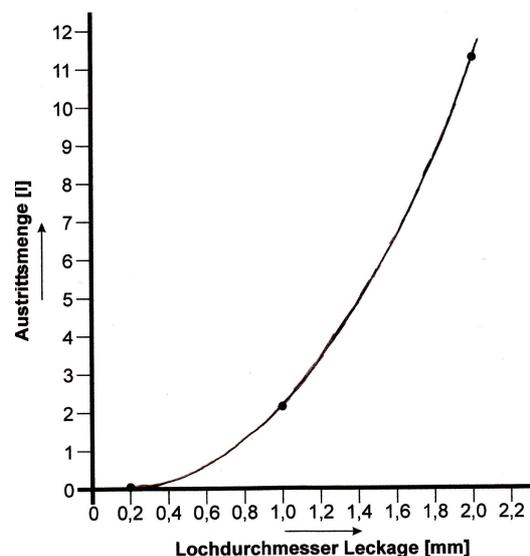


Abb.7 Austrittsmenge in Abhängigkeit vom Leckagedurchmesser

Messung	Ventil	Leckage [mm]	GW-Stand [m]	Spül-druck [bar]	Austrittsmenge gemessen [l]	Anteil Gesamt-Volumen [%]	Austritts-rate [l/min]
8	1	1	-	4	1,7	1,43	0,34
9	3	1	-	4	3,8	3,20	0,76
10	3	0,2	3,5	4	0	0	0
11	3	1	3,5	4	2,0	1,68	0,40

Tab. 2: Messung Austrittsmengen an Sole bei 4 bar Spül-druck.

Alle Messungen zeigen, dass die Austrittsmengen bei Spülungen mit 4 bar, im Gegensatz zu Spülungen mit 1 bar, natürlich höher sind, weil der Druck an der Leckagestelle höher war. Gleichzeitig verkürzte sich aber

auch die Spüldauer um 3 Minuten, d.h. von 8 auf 5 Minuten. Entsprechend waren die gemessenen Austrittsmengen bei identischen Szenarien wiederum annähernd gleich. Tab. 3 zeigt im direkten Vergleich, dass die Austrittsmengen der Messungen 2, 5 und 6, sowie der Messungen 8, 10 und 11 identisch sind. Diese Differenzen sind in Bezug auf das Gesamtvolumen, weit unter 1%. Diese geringen Abweichungen könnten auch auf Messfehler oder leichte Befüllungsdifferenzen der Anlage zurückzuführen sein. Insgesamt ist festzustellen, dass die unterschiedlichen Spüldrücke quasi keinen Einfluss auf die an einer Leckage ausgeflossenen Solemengen haben.

Messungen 1 bar- / 4 bar- Spüldruck	1 bar Spüldruck Austrittsmenge gemessen [l]	4 bar Spüldruck Austrittsmenge gemessen [l]	Differenz in Bezug auf das Gesamtvolumen [%]
2 / 8	1,90	1,7	0,17
5 / 10	0	0	0
6 / 11	2,15	2,0	0,13

Tab. 3: Vergleich der gemessenen Austrittsmengen bei 1 bar und 4 bar Spüldruck.

Die Grafiken, Abb. 8 und 9, zeigen die Druckverhältnisse während eines Spülvorgangs bei 1 bar bzw. 4 bar.

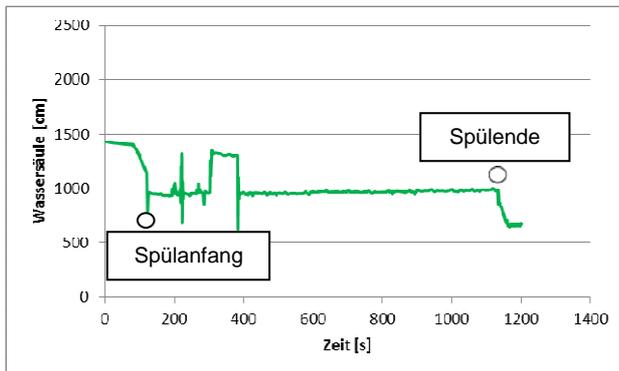


Abb. 8: Druck-Zeitdiagramm bei 1bar-Spülung

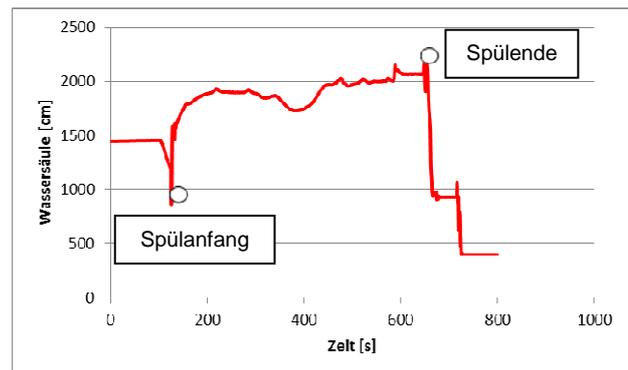


Abb. 9: Druck-Zeitdiagramm bei 4bar-Spülung

Der Unterschied zwischen diesen beiden Spülvorgängen lag darin, dass bei einem Spüldruck von 1 bar nach ungefähr 250s (abgesehen von den Ausschlägen), sich ein etwa gleichmäßiger Druck von 1bar in den Erdsonden einstellte. Bei der Spülung mit 4 bar stieg der Druck entsprechend an und fiel erst bei Spülende wieder ab. Bei der Spülung mit 1 bar fiel der Druck in den Erdsonden im Vergleich zum Druck vor dem Spülvorgang um ungefähr 0,5 bar. Durch diesen Druckverlust wurde die Austrittsrate, nicht die Austrittsmenge der Sole an der Leckage verringert. Anders verhält es sich bei der Spülung mit 4 bar. Über die gesamte Spüldauer stellt sich kein annähernd konstanter Druck ein. Der Druck in den Erdsonden steigt im Vergleich zum Druck vor dem Spülvorgang um ungefähr 0,5 bar. Aus diesem Grund trat auch eine größere Menge Sole pro Minute aus, als bei der Spülung mit 1 bar. Es war jedoch nicht festzustellen, dass die Gesamtaustrittsmenge vom Spüldruck abhängt.

#### Zur Fragestellung: Zeigt der Geo-Protector die gewünschte Wirkung und Funktion?

Vorausgegangene Messungen und deren Ergebnisse zeigen, dass die ausgetretenen Solemengen, bei den in der Praxis zu erwartenden kleineren Leckagen, durchweg recht gering sind. Dazu zählen kleine sich bildende Haarrisse und allmählich entstehende Undichtigkeiten, vergleichbar mit Bohrungen von 0,2mm bis 1mm. Durch das vorgeschriebene Verpressen von Erdsonden sind größere zu erwartende Leckagen sehr unwahrscheinlich. – Selbst bei einer etwas größeren Leckage, entsprechend einer Bohrung von 2 mm und in einer Tiefe von -45 m (Sondenkopf) GOK und einem fehlenden Gegendruck durch nicht anstehendem Grundwasser (ungünstigster Fall), traten immerhin nur etwa 20% des Gesamtvolumens während des gesamten Spülvorganges aus. Wäre die Probesonde verpresst gewesen, kann davon ausgegangen werden, dass die Austrittsmenge entsprechend geringer wäre. Die genannten Spülzeiten bezogen sich auf die komplette Spülung des Erdsondensystems. Berücksichtigt man, dass nach der Hälfte der Spülzeit durch den Sondenkopf bereits Trinkwasser austrat, betrug die Menge der ausgetretenen Sole am Sondenkopf nur weniger als die Hälfte! Die Austrittsmenge hängt also auch vom Schadensort ab, z.B. ob sich die Leckage im Sondenteil mit fallender Sole oder aufsteigender Sole befindet. Ob das Solesystem im Falle einer Havarie mit 1bar oder mit 4bar gespült wurde, war für die gesamte Austrittsmenge kaum entscheidend. Eine längere Spüldauer würde lediglich bedeuten, dass etwas mehr „Trinkwasser“ in das Erdreich gelangt, was für die Schadenbegrenzung der Kontamination nicht mehr relevant ist. Erst bei einem Totalschaden, z.B. hervorgerufen durch äußere Gewalt, kann entsprechend mehr austreten. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass in den Fällen, von anstehendem Grundwasser der Gegendruck das Auslaufen erheblich mindert. Das wirkt sich für den Grundwasserschutz positiv aus. Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf WP-Anlagen mit Erdsonden. Die Ergebnisse sind auch auf WP-Anlagen mit Erdkollektoren übertragbar.

Abschließend sei darauf hinzuweisen, dass die ausgetretenen Mengen nur während des Spülvorganges erfasst wurden, das Volumen des Ausdehnungsgefäßes blieb unberücksichtigt. Das Ausdehnungsgefäß sollte daher nur so groß wie nötig und der Vordruck passend eingestellt sein. Bei den Versuchen wurde der Vordruck =  $P_{min2}$  eingestellt.

Zusammenfassend bestätigen alle Untersuchungen und Messergebnisse, dass der Geo-Protector die gewünschte Funktion und Wirkung zeigt. Er kann daher einen deutlichen Beitrag zur Verbesserung des Grundwasserschutzes beitragen.

## Gründe zur notwendigen Verbesserung des Grundwasserschutzes bei Wärmepumpen

Die vorherigen Messungen und Untersuchungsergebnisse beschränken sich auf ein einmaliges Spülen des Solesystems mit Trinkwasser. VDI 4650 und DIN 8901 schreiben einen Druckwächter vor, der bei unterschreiten eines Mindestdruckes die Wärmepumpe abschaltet. Gem. diverser Vorgaben durch Arbeitsblätter der Länder und Genehmigungsunterlagen der Unteren Wasserbehörden ist dann vorgeschrieben, dass eine eventuelle Leckage der Behörde zu melden und vor Wiederinbetriebnahme zu beseitigen ist. Nachfolgende Beispiele zeigen, dass die Praxis sich ganz anders darstellt.

### 1. Beispiel:

2010 wurde ich zu einem Gutachten zu Mängeln einer Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage mit Erdkollektoren beauftragt. Dabei waren mitunter ein erheblicher Verlust von Sole und ein fehlender, vorgeschriebener Druckschalter festzustellen. Diese Wärmepumpenanlage wurde 2004 installiert und in Betrieb genommen. Nebstehende Abbildung zeigt einen semiprofessionellen erstellten, undichten Soleverteiler. Nachdem dieser 2012 ausgetauscht wurde, reduzierte sich der Soleverlust. Dieser Soleverteiler hatte weder Absperrventile noch Durchflussmesser und somit keine Möglichkeit zum Überprüfen einzelner Solekreise. Aufgrund eines laufenden Gerichtsverfahrens wurde hier über einen Zeitraum von mehr als 10 Jahren das Erdreich erheblich mit Glykol kontaminiert.



Abb.10 Nicht fachgerecht erstellter Soleverteiler

### 2. Beispiel:

Aus einem anderen Fall ist bekannt, dass nach einer gewissen Zeit Sole entwich. Hier war festzustellen, dass der Handwerker die Verschraubungen mit Teflon abdichtete. Dabei wurde nicht bedacht, dass Teflon nicht glykolbeständig ist. Nach erfolgten Nachbesserungen war das Solesystem dann dicht.

### 3. Beispiel:

In einem anderen Fall wandte sich ein Betreiber an mich, weil allmählich alte Erdkollektorschleifen nach und nach undicht wurden. Auffallend war, dass dieser Betreiber davon schrieb und sprach, dass nicht nur ein Kreis, sondern mehrere Kreise betroffen sind. Er suchte bei mir eine einfache Lösung für sein Problem. Meine Bitte sich die Anlage mal anzusehen um die begründete Berechtigung eines verbesserten Grundwasserschutzes nachzuweisen, lehnte der Betreiber ab. Er wollte auf jeden Fall vermeiden, dass die Behörden davon Kenntnis erhielten und sein Fall an die Öffentlichkeit gerate.

#### 4. Beispiel:

Hier rief mich ein Betreiber an, weil einen wiederkehrenden Soleverlust zu verzeichnen hatte. Er stellte fest, dass eine seiner drei Koaxial-Erdsonden undicht war. Dies wurde bereits durch ein zweites Fachunternehmen festgestellt. Der Brunnenbauer, der die Erdsonden erstellte, streitete vehement eine Undichtigkeit an seiner Erdsonde ab und verwies auf seine Prüfprotokolle. Kurios ist, dass das Prüfprotokoll der betroffenen Erdsonde bereits einen leichten Druckverlust bestätigte. Bei einer anschließenden Ortsbesichtigung, zu der ich nebst Betreiber den Brunnenbauer sowie auch den Hersteller der Erdsonden einlud, war eindeutig ein Druckverlust an der undichten Erdsonde festzustellen. Im Verlaufe des Termins streitete der Brunnenbauer weiterhin eine Leckage ab. Daraufhin verlängerte ich den Messzeitraum auf 24h. Bei dem Ortstermin staunte ich nicht schlecht, als der Hersteller dem Brunnenbauer ein Reparaturkit anbot.



Abb.11 Undichte Erdsonde mit Glykolphützen

Weil der Brunnenbauer dies zunächst als normal darstellte, kaufte der Betreiber erst mal regelmäßig Glykol zum Nachfüllen. Insgesamt wurden hier 4 Kanister mit je 25Ltr. Glykol nachgefüllt, bis der Betreiber nicht mehr bereit war dies hinzunehmen.

#### 5. Beispiel:

Ein weiterer Betreiber kam zu mir, weil er Probleme mit seiner Sole-Wasser-Wärmepumpenanlage hatte. Im Zuge meiner Untersuchungen stellte ich fest, dass keine wasserrechtliche Erlaubnis der Unteren Wasserbehörde vorlag. Er kaufte von einem Bauträger ein schlüsselfertiges Haus, einschließlich einer Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Energiekörben. Der Generalunternehmer wies weder auf eine erforderliche wasserrechtliche Erlaubnis, noch wies er seinen Kunden auf die Erfordernis derselben hin.

In einem anderen Fall schilderte man mir, dass bei einer Sole-Wasser-Wärmepumpe ein Energiekorb undicht war. Der Fachunternehmer untersuchte die Energiekörbe mit einem Schallmessgerät. Dadurch fand er die Leckage, die dann anschließend abgedichtet wurde.

#### 6. Beispiel:

Zu einer undichten Soleanlage montierte ein pfiffiger Fachunternehmer, statt des üblichen Membrandruckbehälters, ein offenes Soleausdehnungsgefäß. Das minderte zwar durch den nun geringeren Betriebsdruck die Kontamination mit Glykol. Doch nach wie vor tritt Sole aus, wie nebenstehende Fotos dokumentiert. Der Behälter war ursprünglich etwas über den oberen Strich gefüllt. Das fehlende Glykol entwich in einem Zeitraum von nur 4 Wochen. Außerdem fehlt hier ein Niveauschalter als Ersatz zu dem vorgeschriebenen Druckschalter.



Abb.12 Offenes Sole-Ausdehnungsgefäß

#### Weitere Beispiele:

Bei Recherchen im Internet sind zahlreiche weitere Beispiele zu finden. Sie zeigen alle ein ähnliches Verhaltensmuster. D.h. dass die Betreiber erst mal von Ihrem Handwerker oder Brunnenbauer vertröstet werden.

In einem Bericht schreibt ein Betreiber: „Man konnte den Frostschutz schon auf Metern riechen!“

Auch Gespräche mit Brunnenbauer bestätigen, dass es solche Leckagen mit Kontaminationen gibt. In Gesprächen wurde ich auf eine Flüssigkeit zum Abdichten von Leckagen hingewiesen. Diese fand ich dann auch im Internet. Es handelt sich dabei um das „Flüssigkeitsdichtmittel BCG F gegen undichte Solaranlagen und Erdkollektoren“. Es entwickelt sich sogar ein Markt um undichte Solesysteme.

#### Verhalten von Fachhandwerkern und Betreibern und deren Folgen:

Generell ist erst mal festzustellen, dass ein Betreiber erst mal wieder Sole nachfüllt, damit er seine Wärmepumpe wieder einschalten kann und er nicht im Kalten sitzt. Dabei denkt er wahrscheinlich gar nicht daran dies einer Behörde zu melden, obwohl dies in der Regel gefordert wird. Wenn die Betreiber darauf hingewiesen werden, lehnen Sie oftmals den Kontakt mit den Behörden ab. Sie befürchten Sanktionen oder Auflagen. Doch in der Regel gibt es diese Auflagen gar nicht. Auf eine Nachfrage, ob denn Fälle von Leckagen bekannt sind, erhielt ich zur Antwort, dass dies nicht so sei, mit der Begründung, dass selbst die

Behörden nicht davon ausgehen, dass sich betroffene Betreiber melden, obwohl dies ausdrücklich vorgeben.

In der Regel kontaktiert er auch seinen Vertragspartner, d.h. Handwerker oder Brunnenbauer. Oftmals wird dann auch gemeinsam erst mal Sole nachgefüllt. Bei geringem Soleverlust wird der Betreiber oftmals vertröstet, mit dem Hinweis, das sei ganz normal. Bei größeren Soleverlusten ist er eher gezwungenermaßen bereit nachzubessern. Folglich ist davon auszugehen, dass besonders bei kleineren Leckagen oftmals das Erdreich mehr kontaminiert wird als bei größeren, vergl. Beispiel 4. Dies geht auch aus den Berichten im Internet hervor. Daraus ist jedoch nicht abzuleiten, dass alle Fachunternehmer so handeln. Seriöse, mir bekannte, Fachunternehmer nehmen sich des Problems an und lösen das Problem.

## Alterung von Solesystemen

Beispiel 3 zeigt einen typischen Fall von einer „Alterung“ von PE-Rohren, weil die PE-Rohre bereits etliche Jahre alt sind. Leider gibt es dazu keine mir bekannten Langzeituntersuchungen. Beobachten aus der Praxis lassen vermuten, dass PE-Rohre insbesondere dann schneller altern, wenn die Sole in der Heizperiode zu stark auskühlt. Es liegt die Vermutung nahe, dass in Ritzen im PE-Material Wasser eindringt. Wenn dann bei zu klein dimensionierten Erdsonden oder Erdkollektoren dieses Wasser sich infolge des Gefrierens ausdehnt, sich der Ritz bei wiederkehrenden Frostperioden weiter vergrößert, bis es nach etlichen Jahren dann zum Durchbruch kommt. Diese Vermutung wird dadurch untermauert, dass nicht nur ein Kreis, sondern nach etlichen Jahren nach und nach mehrere Kreise betroffen waren. Aus dem Gutachten zum Forschungsvorhaben an der RUB ist zu entnehmen, dass bei steigender Anzahl von geothermischen Anlagen und fortschreitender Alterung sich die Wahrscheinlichkeit einer Havarie und damit die Gefahr einer Kontamination des Grundwassers erhöhen – vergl. hierzu Publikation „Wasserschutz adieu?“ in „meine energie“ von Badenova.

Bei einem ordnungsgemäßen Betrieb ist jedoch eher davon auszugehen, dass die PE-Rohre recht langlebig sind.

## Kosten und Nutzen

Zur Verbesserung des Grundwasserschutzes kann ein externes Gerät gebaut und vertrieben werden. Die Kosten dafür setzen sich zusammen, aus dem Gerät Geo-Protector sowie den erforderlichen Ventilen und einem zusätzlichen Druckwächter. Das würde die Kosten jedoch unnütz erhöhen. Eine Integration des verbesserten Grundwasserschutzes in den Regler einer jeden Wärmepumpe, wie bisher auch, wäre deutlich kostengünstiger. Zur Realisierung der bisherigen Regelung haben alle gängigen Regler von Wärmepumpen einen Eingang an dem ein Druckwächter angeschlossen werden kann. Öffnet der Kontakt, erfolgt eine Abschaltung der Wärmepumpe. Bei Integration des Geo-Protectors in den Regler einer Wärmepumpe wären zusätzlich ein Eingang sowie ein Ausgang erforderlich. Dazu kommt eine einmalige Änderung / Erweiterung der Software zur Integration des Geo-Protectors im Regler.

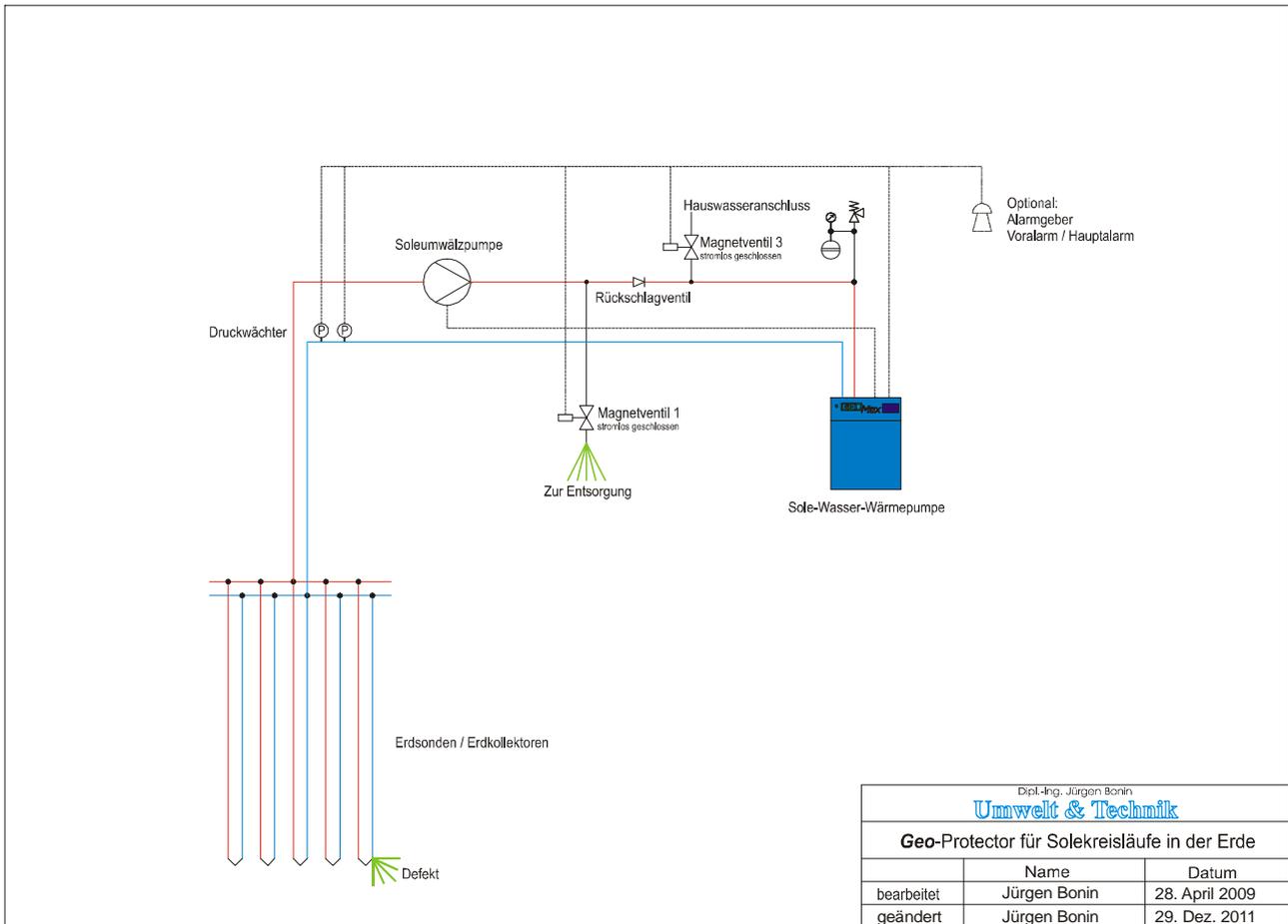


Abb. 13 Der Geo-Protector bei Integration im Regler einer Wärmepumpe

Die beiden Magnetventile sowie ein Rückschlagventil bleiben.

Die Mehrkosten für den verbesserten Grundwasserschutz wären im Vergleich zu den Gesamtkosten gegenüber der bisherigen Regelung gem. VDI 4640 und DIN 8901 vernachlässigbar. Das verdeutlichen nachfolgende Betrachtungen:

Bekanntlich hat alles seinen Preis – auch ein verbesserter Grundwasserschutz. Zur Erfüllung des bisherigen Standes der Technik, VDI 4640, ist ein Druckwächter vorgeschrieben, Preis: € 75,-\*. Das Signal wird vom Regler der Wärmepumpe verarbeitet und schaltet diese bei Unterschreitung ab. Für den erhöhten Grundwasserschutz sind 2 Druckwächter, zwei Magnetventile sowie ein Rückschlagventil erforderlich. Der Preis hierfür beträgt: € 264,-\*. Bei Integration dieser Grundwasserschutzeinrichtung in den Regler – siehe schematische Darstellung auf der linken Seite – würden keine weiteren Kosten für Hardware anfallen. Die Mehrkosten liegen somit unter € 200,-. Sie liegen damit im unteren Skontibereich (<1%) der Gesamtkosten einer Wärmepumpenanlage und fallen daher kaum ins Gewicht. \*Preise aus Conrad 2012, zuzügl. MWSt.

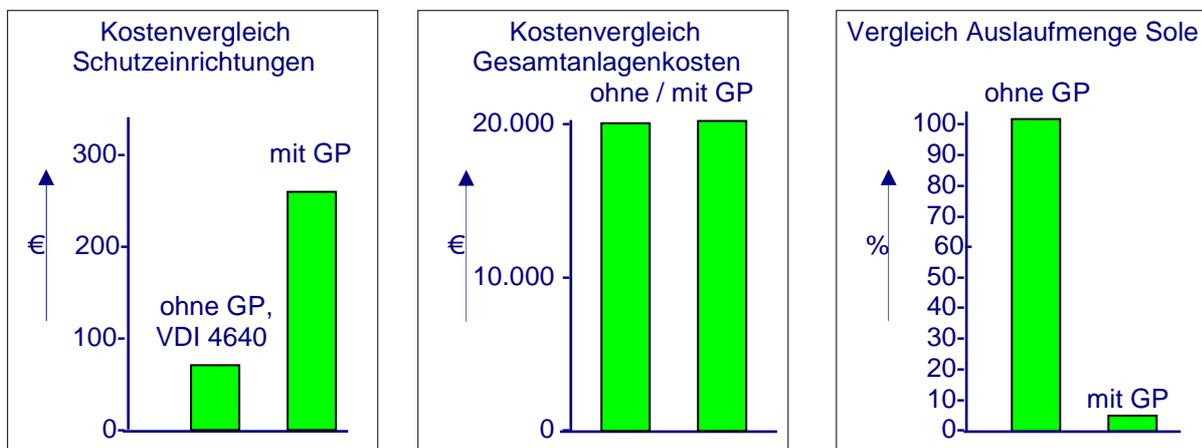


Abb. 14 Kostenvergleich Geo-Protector zur bisherigen Regelung VDI 4640 und DIN 8901

Die Grafiken zeigen, dass die Mehrkosten für den Geo-Protector nur etwa 3-mal mehr sind als die der bisherigen Regelung. Dafür wird die Auslaufmenge der Sole um mehr als das 20-fache reduziert. Im Vergleich zu den Gesamtkosten sind sie vernachlässigbar.

Wird der Geo-Protector als ein externes, zusätzliches Gerät eingesetzt, erhöhen sich die Kosten für die Hardware entsprechend. Folglich ist es durchaus sinnvoll, generell diese Grundwasserschutzeinrichtung als Software in die Regler der Wärmepumpen zu integrieren, um die Kosten zu minimieren. Außerdem wird damit die Sicherheit für den Grundwasserschutz erhöht.

## Patentrechtliche Betrachtungen

Bei zahlreichen Gesprächen, insbesondere wenn es darum geht, den Geo-Protector als verbindliche Regelung vorzugeben, kristallisierte sich oftmals heraus, dass es doch nicht angehen könnte, eine Richtlinie oder gar Verordnung zu Gunsten eines Patentbesitzers vorzugeben. Dazu hat der Gesetzgeber eindeutige Regelungen vorgesehen. Darin werden die Einnahmen des Patentinhabers begrenzend geregelt.

## Danksagung

Meinen Dank gilt der Innovations Allianz vom Land NRW für die unkomplizierte und umfangreiche Förderung meines Forschungsvorhabens an der RUB.

Weiterhin danke ich der RUB, insbesondere Prof.-Dr. Stefan Wohnlich, der das Forschungsvorhaben leitete. Seine Idee, im Hochhaus auf dem Universitätsgelände eine reale Sonde zu installieren ermöglichte zahlreiche Untersuchungen, bei denen zahlreiche reale Bedingungen simuliert werden konnten. Dies ermöglichte Messungen durchzuführen, mit denen die gewünschte Funktion und die Verbesserung des Grundwasserschutzes sehr gut nachgewiesen werden konnten.

Auch meinem Patentanwalt, Herrn Karl-Michael Schmidt gilt meinen ausdrücklichen Dank für seine Ermutigungen, Unterstützungen und wertvollen Hinweisen.

Natürlich danke ich auch meiner Frau, die mich trotz mancher Schwierigkeiten immer wieder ermutigend zur Seite stand. Weiterhin danke ich ihr sowie meinem Sohn und meinem Freund für Korrekturlesungen.

## Ausblick

Dieser Fachbericht zeigt, dass es mit dem Geo-Protector nachweislich einen wirksamen Schutz zur Verbesserung des Grundwasserschutzes gibt. Alternativen wie z.B. eine CO<sub>2</sub>-Sonde oder den Betrieb von Erdsonden mit unbehandeltem Wasser oder Salzsole erhöhen ebenfalls den Grundwasserschutz, stehen aber aus wirtschaftlichen Gründen nicht zur Option. Der Geo-Protector bietet nicht nur eine deutliche Verbesserung des Grundwasserschutzes, er ist auch wirtschaftlich durchaus akzeptabel, weil die Mehrkosten im Vergleich zu den Gesamtkosten vernachlässigbar sind. Zahlreiche Beispiele aus der Praxis zeigen, dass eine Novellierung zur Verbesserung des Grundwasserschutzes erforderlich ist. Das unterstreicht auch die Publikation „Wasserschutz adieu“ in „meine energie“ von Badenova. – Wärmepumpen leisten einen Beitrag zur Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Das darf jedoch nicht zu Lasten des Grundwasserschutzes gehen.

## Literatur

Jürgen Bonin, Handbuch Wärmepumpen, Beuth Verlag, ISBN 978-3-410-22130-2

Jürgen Bonin, Wärmepumpen, Fehler vermeiden bei Planung, Installation und Betrieb, Beuth Verlag, ISBN 978-3-410-25515-4

Jürgen Bonin, Betrachtungen zur Alterung und Lebensdauer von PE-Rohren für Erdsonden und Erdkollektoren, Sept. 2015

Prof.-Dr. Stefan Wohnlich, Roman Scheliga, Bericht Untersuchung des Betriebsverhaltens des „Geo-Protektors“ bei Erdsondenbetrieb, Bochum, 22. August. 2011

Prof.\_Dr. Stefan Wohnlich, Jürgen Bonin, Grundwasserschutz bei flachen Geothermieanlagen durch automatische Leckagenerkennung und Flüssigkeitsrückspülung, Beitrag „Der Geothermiekongress 2011“ Bochum, November 2011

WHG Wasserhaushaltsgesetz

WasgefStAnIV Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

VAwS Anlagenverordnung wassergefährdende Stoffe

VDI 4640

DIN 8901

Johann-Martin Rogg, Wärmepumpen, Grundwasser und Wasserschutz, „Meine Energie“, Dezember 2008

Jürgen Bonin, [www.umweltundtechnik.de](http://www.umweltundtechnik.de) mit weiteren Links.

Ergänzend zu diesem Artikel verweist der Verfasser auf das Fachbuch „Wärmepumpen – Fehler vermeiden bei Planung, Installation und Ausführung“. Darin werden zahlreiche Fehler betrachtet, diskutiert und erläutert wie es richtig ausgeführt wäre.

Es schreiben für Sie die Autoren Karl-Michael Schmidt, Johannes Junge und der Autor folgender Fachbücher:

Verlag: Beuth



Bezug über: Autor  
BEUTH-Verlag  
oder  
Buchhandel

Autor: Dipl.-Ing. (TH) Jürgen Bonin, Peldenhofweg 4, 47509 Xanten, [www.umweltundtechnik.de](http://www.umweltundtechnik.de),  
Verfasser des Fachbuchs „Wärmepumpen“, BEUTH-Verlag, ISBN 978-3-410-22130-2