

*Schlussbericht Dezember 2004*

# **Gütesiegel „geothermische Quelle“**

**(Qualitätssicherungs-System)**

ausgearbeitet im Namen der

Schweizerischen Vereinigung für Geothermie  
2502 Biel-Bienne

durch

Dr. Walter J. Eugster  
Polydynamics Engineering Zürich  
Malojaweg 19, 8048 Zürich  
wje@polydynamics.ch

## Zusammenfassung

Die Auslegung von Erdwärmesonden-Anlagen wird durch die bisherigen Gütesiegel nur marginal abgedeckt. Und auch nur bei einfachen Kleinanlagen. Vor allem mittlere und grossen Erdwärmesondenanlagen, welche sehr komplexe und schwierig zu behandelnde Systeme sein können, sind von der Gütesicherung nicht erfasst.

Es werden zwei Konzepte zur Gütesicherung vorgeschlagen: Einerseits ein Gütesiegel, welches auf einem Objektblatt aufbaut, dass gleichzeitig Arbeitshilfe und Qualitätsnachweis ist. Ein solches Gütesiegel ist freiwillig und basiert auf einer Selbstdeklaration der Planer. Kontrollen sind notwendig. Das Gütesiegel ist deshalb auch mit Kosten verbunden. Es wird mit einer Marktdurchdringung von gut 20% inner 2 – 3 Jahren gerechnet.

Das zweite Konzept, welches schliesslich zur Realisierung empfohlen wird, basiert primär auf der Festlegung des aktuellen Standes der Technik mittels einer sia-Norm. Diese Norm dieser Norm soll über die faktische Monopolstellung der Erdwärmesonden-Bohrfirma mit Gütesiegel rasch verbreitet und deren Anwendung mit sanftem Zwang durchgesetzt werden. Als Zwangsmittel dienen die Allgemeinen Bohr- und Lieferbedingungen der Gütesiegel-Bohrfirma gemeinsam mit einer Informationsoffensive.

Diese Methode ist nicht nur kostengünstig, sie garantiert auch eine sehr rasche Verbreitung und Anwendung der Norm. Die Marktdurchdringung wird die des Gütesiegels für Erdwärmesonden-Bohrfirma erreichen. Allerdings muss die Norm vorher erarbeitet werden. Ein Zeitaufwand von rund einem Jahr bis zur Fertigstellung eines Entwurfes, welcher anschliessend in die Vernehmlassung geht.

## Abstract

The design of borehole heat exchanger (BHE) plants is covered only marginally through the existing quality labels . And only for small and simple systems. Especially the middle and large sized BHE plants are excluded from the labels. And exactly those plants are very difficult to treat and to handle.

Two concepts of quality control are proposed. On one hand a quality label, which is based on a object sheet, that is both, a planning help and a quality proof. There is no duty for the HVAC engineers to acquire such a quality label. The label is based on a self quality declaration of the engineers. Therefore a controlling system is needed which induces costs to the labelled engineers. A market penetration of around 20% is predicted for the first three years.

The second concept is based on a clear definition of the actual state of the art in designing a BHE plant in a formal sia standard. This concept is proposed for realisation. Nearly 90% of the Swiss BHE drilling market is penetrated by the labelled drilling companies which have agreed to demand from their HVAC engineers to apply the new sia standard either by their general drilling and delivery conditions or by a special agreement. This fact guarantees a fast spreading and application of the new sia standard. A collateral information offensive for the HVAC engineers working in the design of BHE plants needs to be stated in any way.

This method is not only very cheap but also guarantees a fast and a broad market penetration which must have nearly the same grade as the quality label for drilling companies. But of course, the new standard has to be elaborated first, which should be possible within approximately one year.

## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	1
Abstract.....	1
Inhaltsverzeichnis .....	2
1. Einleitung.....	3
1.1. Ausgangslage.....	3
1.2. Motivation, Projektziele .....	3
2. Gütesicherung „geothermische Quelle“ .....	4
2.1. Abgrenzung bestehende Qualitätssicherung .....	4
2.2. Konzepte der Gütesicherung.....	5
2.2.1. Konzept 1: Formulargestützte Gütesicherung.....	6
2.2.2. Konzept 2: Gütesicherung über sia-Norm.....	7
2.3. Bewertung der beiden Konzepte .....	8
3. Schlussfolgerungen, Empfehlungen.....	10
4. Literatur und Quellen.....	11
Anhang 1 .....	12

## 1. Einleitung

### 1.1. Ausgangslage

Erdwärmesonden-Heizungsanlagen geniessen heute eine weite Verbreitung. Jede 2. Wärme pumpe nutzt als Wärmequelle die Erdwärme. Dabei bilden einfache kleine Anlagen den weitaus der grössten Anteil an solchen Heizungsanlagen. Die Anzahl der mittelgrossen und grossen Anlagen, welche durchaus sehr komplex sein können, hat in den letzten Jahren langsam, aber stetig zugenommen.

Die heutige, bestehende Gütesicherung bezieht sich einerseits auf die Wärmepumpe (technische Minimalanforderungen; Mindestanforderungen an Planungsunterlagen, Einbau- und Bedienungsanleitung; flächendeckendes Kundendienstnetz, Maschinen- und Ersatzteilgarantie) und andererseits auf die Bohrarbeiten für die Erdwärmesonden (verlässliche Zusammenarbeit mit den Behörden (Bewilligungen, besondere Vorkommnisse); Minimalanforderungen an die Qualität der Erdwärmesonden, an die Zusammensetzung der Hinterfüllung sowie an die Injektionsweise; genaue Vorschriften zu Druck- und Durchflussprüfungen; Umweltschutz, korrekte Bohrschlammensorgung; Plausibilitätscheck bezüglich der Auslegung).

Eine eigentliche Gütesicherung bezüglich der Auslegung der geothermischen Quelle existiert aber nicht. Deshalb wurde ursprünglich ein Gütesiegel „geothermische Quelle“ vorgeschlagen (BFE, 2003), welche insbesondere eine mehrstufige Ausbildung der Planer für unterschiedliche Anlagengrössen umfassen würde.

Es wurden allerdings Zweifel an der realisierbaren Marktdurchdringung dieses vorgeschlagenen Gütesiegels geäussert.

### 1.2. Motivation, Projektziele

Deshalb wurde in der zweiten Phase ein einfaches Gütesicherungsverfahren gefordert, welches einerseits kompatibel bzw. ergänzend zu den bestehenden Gütesiegeln sein soll und andererseits mit minimalen Eingriffen eine möglichst breite Verbreitung bringen soll.

Die Gütesicherung soll sich vor allem auf komplexere mittelgroße und grosse Anlagen beziehen. Die einfachen und kleinen Anlagen sollen möglichst mitberücksichtigt oder aber über die bestehenden Gütesiegel erfasst werden.

Mit der Gütesicherung sollen die an der Planung einer Anlage beteiligten Stellen unterstützt werden. Es soll insbesondere verhindert werden, dass durch Sorglosigkeit und auch Nichtwissen Anlagen gebaut werden, welche nicht den Erwartungen der Besitzer entsprechen. Es ist insbesondere darauf hinzuweisen, dass mittlere und grosse Erdwärmesondenanlagen sehr komplex sein können, vor allem wenn Heizen und Kühlen kombiniert wird. Diese Kopplung ist sehr schwierig in der Planung zu berücksichtigen. Dies ist kein einfaches Systems mehr wie kleine und mittlere Anlagen, welche nur zum Heizen und zur Warmwassererwärmung vorgesehen sind.

Vor allem bei den grossen Anlagen kann sich eine Fehlplanung verheerend auswirken. Nicht nur der Bauschaden kann eine immense Summe betragen, auch das Vertrauen in die Technologie der Erdwärmennutzung kann einen gewaltigen Imageverlust erleiden.

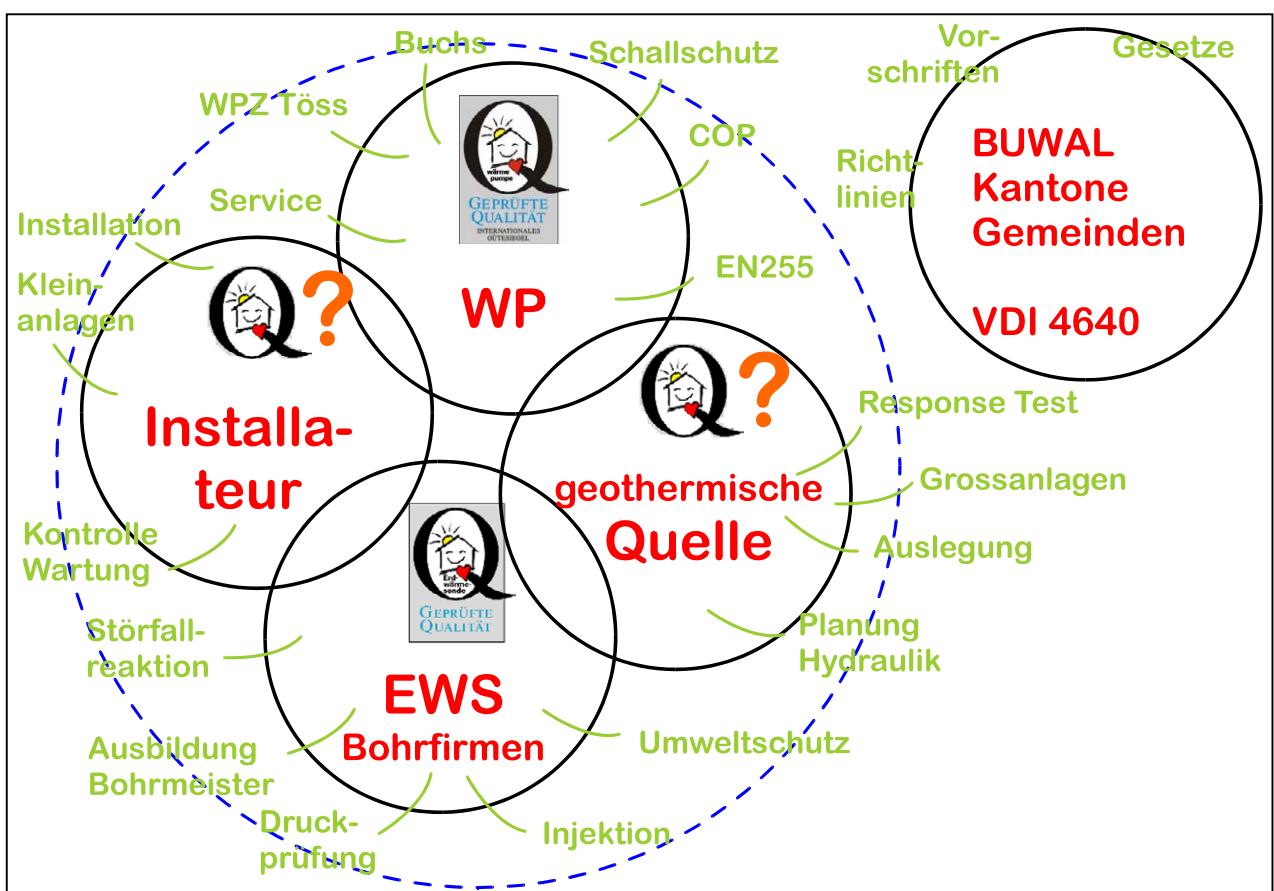
## 2. Gütesicherung „geothermische Quelle“

### 2.1. Abgrenzung bestehende Qualitätssicherung

Das bestehenden Gütesiegel für Wärmepumpen sowie für Erdwärmesonden-Bohrfirmaen ist im Detail unter [www.fws.ch](http://www.fws.ch) beschrieben. Hier sind Reglemente einsehbar.

Das Gütesiegel Wärmepumpe liefert dem Kunden einerseits eine minimale Qualität der Maschine und andererseits einen Mehrnutzen im Bereich der Bedienungsfreundlichkeit. Hinzu kommt eine zweijährige Vollgarantie und eine zehnjährige Ersatzteilgarantie. Der Installateur profitiert dabei von einer minimalen Qualität der Einbauanleitung. Das Gütesiegel umfasst selbstverständlich nicht nur Sole-Wasser-Wärmepumpen, sondern auch Luft-Wasser- und Wasser-Wasser-Wärmepumpen. Das Gütesiegel selbst ist aber noch keine Garantie für einen korrekten Betrieb unter den gegebenen lokalen Bedingungen.

Das Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmaen deckt einen anderen Bereich ab. Die Hauptelemente hinter dieser Gütesicherung sind der Gewässerschutz und – selbstverständlich – ein Mehrnutzen für die Bauherren.



Figur 1: Die bestehenden Gütesiegel und die geplanten Gütesiegel in gegenseitiger Beziehung.

Unter den Bereich des Gewässerschutzes und Umweltschutzes fällt neben der geforderten engen Zusammenarbeit der Bohrfirma mit den zuständigen Gewässerschutzmätern u.a. die Kontrolle der Bohrbewilligung, die korrekte Erstintervention der Bohrfirma bei ausserordentlichen Ereignissen, die Verwendung einer minimalen Qualität der Hinterfüllung (Dichte, hydraulische

Durchlässigkeit), die mehrfache Prüfung der Erdwärmesonde, das ausschliessliche Verwenden von geprüftem Sondenmaterial sowie die korrekte Entsorgung des Bohrschlammes.

Neben diesen Massnahmen liegt ein direkter Nutzen für den Bauherrn auch bei einer umfassenden Beratung durch die Bohrfirma und beim Plausibilitätscheck bezüglich der Auslegung der Erdwärmesonde, welcher bei einfachen Kleinanlagen möglich ist. Dieser beinhaltet letztlich einfach die einfache 50-Watt-Regel: Ist es möglich, dass das Gebäude mit Hilfe der zu bohrenden Erdwärmesonden mit einer Belastung von 50 Watt/m beheizt werden kann?

Sobald jedoch das Gebäude nicht mehr im Mittelland liegt und die Wärmepumpe mehr als der einfachen Raum- und Warmwasser-Erwärmung dient oder nicht monovalent betrieben wird, kann dieser Plausibilitätscheck nicht mehr mit einer genügenden Sicherheit durchgeführt werden. Dies liegt aber weniger daran, dass die einzelnen Bohrfirmen das Wissen und die Erfahrung dazu nicht besitzen, sondern dass die dazu notwendigen Einzelheiten den Bohrfirmen in der Regel nicht bekannt sind oder nicht bekannt gegeben werden.

Auch das Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen kann also in der Regel einen korrekten Betrieb der Erdwärmesonden-Anlage unter *allen* gegeben lokalen Bedingungen nicht garantieren.

Einfache, kleine Erdwärmesonden-Anlagen werden meistens ohne Fachplaner erstellt. Hier ist in der Regel der Installateur der Ansprechpartner des Bauherrn. Neben dem Architekten hat also der Installateur bei Kleinanlagen eine wichtige Funktion als Berater des Bauherrn. Der Installateur sollte in der Lage sein, eine Kleinanlage anhand der Faustregeln gemäss VDI 4640 auszulegen und die Gültigkeit der Formeln innerhalb der gesetzten Grenzen zu beachten. Natürlich ist die korrekte Auslegung einer Kleinanlage für den Installateur nur ein Aspekt unter vielen. Die Ausbildung zum zertifizierten Installateur hätte über das Penta-Projekt erfolgen sollen. Zur Zeit wird dieses Projekt jedoch nicht weiterverfolgt. Das Projekt wird jedoch nicht abgebrochen, sondern lediglich vorübergehend nicht weiter vorangetrieben.

Die Gütesicherung bezüglich der Auslegung von Erdwärmesonden-Anlagen ist bisher nicht einbezogen worden. Das einzige Element in dieser Beziehung ist der Plausibilitätscheck der Bohrfirmen, welcher jedoch aus praktischen Gründen in seinem engen Rahmen beschränkt bleibt.

## 2.2. Konzepte der Gütesicherung

Die Gütesicherung bezüglich der Auslegung der geothermischen Quelle muss bei den Planern ansetzen, welche letztlich für das Funktionieren der Anlage verantwortlich sind. Die Qualitätssicherung soll sich auf Anlagen im mittelgrossen und grossen Bereich konzentrieren. Die Kleinanlagen, welche prozentual nach wie vor einen wichtigen Teil einnehmen, sollen wenn möglich automatisch mitberücksichtigt werden. Dies obwohl seitens der beteiligten Unternehmungen starke Vorbehalte vorhanden sind, da die Kleinanlagen einen relativ grossen Verwaltungsaufwand bedeuten.

Es ist hier noch einmal hervorzuheben, dass es bei der Gütesicherung für die geothermische Quelle nicht um einfache Systeme wie kleine und mittlere Anlagen geht, welche nur zum Heizen und zur Warmwassererwärmung konzipiert sind. Vor allem die Einfamilienhaus-Anlagen sind bei den bestehenden Gütesiegeln gemeinsam mit dem nach Faustformeln auslegenden Installateur oder Planer problemlos aufgehoben.

Es geht hier wirklich um mittlere und grosse Anlagen, welche zum Heizen und Kühlen gebraucht werden oder welche für einen bivalenten Betrieb vorgesehen sind. Natürlich auch solche, welche in besonderen klimatischen Verhältnissen oder mit knappem Platz für die Erdwärmesonden gebaut werden sollen. Kurz: Anlagen, welche vom bekannten Einfamilienhaus-

Bereich deutlich abgegrenzt werden muss. Hier sind die Systeme nicht mehr einfach, sondern können sehr komplex sein, wie z.B. bei der Kopplung des Gebäudes an den Untergrund mithilfe eines hydraulischen Kreislaufes. Die Planung einer solchen Anlage kann nicht mehr mit den für die einfachen Kleinanlagen gültigen Hilfsmitteln bewältigt werden.

Ein solches Unterfangen muss sogar mit allen Mitteln verhindert werden. Planer ohne nötiges Hintergrundwissen müssen von solchen Anlagen ferngehalten werden oder im andern Fall, bei einem Misserfolg, als schadenersatzpflichtig eingestuft werden.

### **2.2.1. Konzept 1: Formulargestützte Gütesicherung**

Die Gütesicherung soll wie beim Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen auf Freiwilligkeit und einer Selbstdeklaration basieren.

Die Planer führen pro Objekt ein Formular, welches bei den Objektakten verbleibt, und im Zweifel-, Streit- oder Schadenfall herangezogen werden kann. Das Objektformular enthält die zur Auslegung wichtigen Randbedingungen sowie in chronologischer Form die wichtigen Entscheidungen der Planer betreffend der Auslegung.

Insbesondere soll darauf u.a. vermerkt sein:

- Standort der Anlage, Höhenlage
- Heizleistung / Kühlleistung nach SIA
- Heizenergie/Kühlenergie nach SIA
- Warmwasserbedarf
- Vorgesehene Betriebszeit
- Monovalente / bivalente Betriebsweise
- Anteil WP/Geothermie an Gesamtenergie (Planungsdaten)
- Auslegungspunkt, Zielwerte
- Methode der Sondenauslegung (Faustformel, VDI 4640, Rechenmodell)
- Ist externe Hilfe notwendig?
- Technische Daten der Wärmepumpe(n): Heizleistung/Kälteleistung bei B0/W35 oder einem anderen Auslegungspunkt, Durchfluss
- Sondenauslegung (Anzahl Sonden à .... m Tiefe, Durchmesser)
- Hydraulische Berechnungen (Durchfluss, Widerstand, Pumpe etc.)
- Hydraulische Optimierung (Sondenzahl, -tiefe, -durchmesser, -anschlüsse etc.)
- Wer hat welchen Teil der Planungsarbeit ausgeführt (z.B. Lieferant, externer Planer, interner Objektverantwortlicher)

Das Formular hat die Aufgabe, einen sanften Zwang auszuüben, die Regeln der Kunst einzuhalten und es soll ebenfalls als Gedächtnisstütze und Hilfe für den Objektverantwortlichen fungieren.

Die stichprobenweise Kontrolle über die Einhaltung der Regeln wird sinnvollerweise im Büro des Planers stattfinden müssen. Je nach Baufortschritt ist auch eine Kontrolle auf der Baustelle denkbar.

Die Qualitätssicherung anhand solcher Objektblätter ist mit einem gewissen Zusatzaufwand seitens der Planer verbunden. Gleichzeitig dient das Objektblatt jedoch auch als Hilfestellung und verkörpert somit auch einen Zusatznutzen.

Primär angesprochen mit diesem Gütesiegel sind die Planer von mittelgrossen und grossen Erdwärmesonden-Anlagen. Installateure, welche primär den einfachen Kleinanlagen zugeordnet werden, sind hier kaum erfassbar. Diese werden jedoch über die Plausibilitätschecks der

Bohrfirmen rudimentär kontrolliert. Generalunternehmer können dann erfasst werden, wenn sie einerseits selbst aus einer Planungsfirma entstanden sind oder wenn sie entsprechende Planer unter Vertrag nehmen.

Es existieren schätzungsweise um die 250 – 300 Planungsfirmen, welche im Bereich Erdwärmesonden tätig sind. Davon befassen sich vielleicht einige Dutzend Firmen mit komplexen mittelgrossen und grossen Anlagen. Diese Firmen dürften am Gütesiegel interessiert sein. Die Durchdringung des Gütersiegels wird wegen der Freiwilligkeit auf vielleicht 20% geschätzt.

Im Gespräch mit Planungsfirmen ist ein Interesse an einem solchen Gütesiegel signalisiert worden. Die Realisierung erscheint durchaus machbar.

Gegner dieser Massnahme argumentieren vor allem mit dem Zusatzaufwand, welcher für ein zusätzliches Gütesiegel aufgebracht werden muss. Bei den aktuellen Planungshonoraren sei in der Regel einfach kein zusätzlicher Aufwand mehr möglich. Gleichzeitig ist der Anwendungsbereich des Gütesiegels aber derart schmal.

Im Schadensfall, wenn eine Anlage falsch ausgelegt worden ist, soll dieser Meinung nach die Planungsfirma für den Schaden voll zur Rechenschaft gezogen werden. Der Markt soll regeln und Firmen mit Fehlplanungen vom Markt eliminieren.

Ein solcher Härtefall soll aber – nicht nur nach Meinung des Autors – auf jeden Fall vermieden werden. Das Objektblatt soll speziell in einem solchen Fall bei einer komplexen Anlage den Planer auf mögliche Schwierigkeiten hinweisen und den Zuzug von Spezialisten empfehlen.

### 2.2.2. Konzept 2: Gütesicherung über sia-Norm

Eine der heute oft bemängelten Tatsachen ist, dass in der Schweiz nirgendwo ein Stand der Technik bei der Planung und Auslegung von Erdwärmesondenanlagen verbindlich festgelegt ist. Gewisse Ansätze sind vorhanden wie z.B. Die BUWAL-Wegleitung (BUWAL 1994), die T1 der AWP (AWP 1996) oder die sia-Dokumentationen D025, D0136 und D0179, wobei jedoch die D025 und D036 nicht mehr erhältlich sind.

Eine der daraus folgenden Schwierigkeiten ist die Unmöglichkeit, klare rückblickende Beurteilungen vornehmen zu können wie im folgenden Beispiel illustriert. Eine Anlage, welche 1994 geplant und gebaut worden ist, funktioniert heute nicht mehr zufriedenstellend: hat der Planer damals einen Fehler gemacht, der hätte vermieden werden können, falls er die nötige Sorgfalt hätte walten lassen? Dies kann heute in den wenigsten Fällen nachgewiesen werden.

Eine andere Situation herrscht jedoch, wenn damals ein Fachverband wie sia (Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein) oder suissetec (Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband) den Stand der Technik verbindlich und allen zugänglich festgehalten hätte.

Unter dem Stichwort *Stand der Technik* versteht man v.a. Vorgaben darüber, welche Parameter bei der Planung und Auslegung von Erdwärmesondenanlagen berücksichtigt werden müssen. Es geht nicht darum zu sagen, welche Faustformeln oder welche Programme verwendet werden sollen.

Die sia-Norm soll als schlanke Norm konzipiert werden, analog zu anderen sia-Normen neueren Datums. Es ist kein Rezeptbuch im Stile der VDI-Richtlinie 4640, z.B. Blatt 1 + 2, vorgesehen. Die neue sia-Norm soll u.a. aber klar die Verantwortung des Planers für die korrekte Auslegung der Erdwärmesonden festhalten und aufzeigen, was dessen Sorgfaltspflicht beinhaltet. Es ist auch festzuhalten, mit welchen Spätschäden als Folge einer mangelhaften oder unsorgfältigen Planungsarbeit zu rechnen ist.

Der Hauptvorteil einer sia-Norm ist die weite Verbreitung der Norm in der Schweiz. Sämtliche Planer, sei es nun für Gross- oder Kleinanlagen, einfache oder komplizierte Anlagen, kennen die sia-Normen und wissen, dass hier die Regeln der Kunst festgehalten werden. Und Sorgfaltspflicht der Planer verlangt, dass diese sich über neue Normen und Vorschriften informieren und diese –soweit erforderlich – anwenden.

Auf der anderen Seite steht heute in der Schweiz mit dem Gütesiegel für Erdwärmesonden-Bohrfirmen ein phantastisches Instrument zur Verfügung. Praktisch 90% aller in der Schweiz abgeteuften Erdwärmesonden-Bohrungen müssen durch das „Nadelöhr“ des Gütesiegels für Erdwärmesonden-Bohrfirmen. Die aktuell 13 Gütesiegel-Bohrfirmen kontrollieren eindeutig die Bohrarbeiten in der Schweiz.

Die Idee, die faktisch nahezu monopolistische Stellung der Gütesiegel-Bohrfirmen für die Zwecke der Gütesicherung der Planer zur nutzen, liegt eigentlich auf der Hand, wurde aber erst in einer Arbeitssitzung im Herbst angeregt (siehe Beilage).

Obwohl die Bohrfirmen nach den gültigen Regeln der Baukunst eine gewisse Sorgfaltspflicht haben und die Auftraggeber auf offensichtlich falsch ausgelegte Erdwärmesondenlängen aufmerksam machen müssen, haben sie keine eigentliche Verantwortung für die Korrektheit der Auslegung. Ersteres wird mit dem verlangten Plausibilitätscheck der Gütesiegel-Bohrfirmen durchaus abgedeckt. Aber gerade bei komplexen mittelgrossen und grossen Anlagen, wo die Gütesicherung dringlich ist, ist diese einfache Plausibilitätskontrolle durch die Bohrfirmen nicht mehr machbar. Hier fehlt dieses Kontrollinstrument.

Bei Problemen jedoch mit nicht oder schlecht funktionierenden Anlagen, bei der die Ursachen des Mangels gerichtlich untersucht wird, bleibt dann bei den Bohrfirmen nach dem heutigen Usus ein gewisser Teil der Haftung hängen. Dies ist eigentlich eine unbefriedigende Situation.

An diesem Punkt kommt nun das Konzept der sia-Norm als Mittel der Gütesicherung zum Tragen: Die Bohrfirmen verlangen von den Planern, dass diese sia-Norm angewendet wird. Dies kann mit einer „Bedenklichkeitserklärung“ seitens der Planer erfolgen oder noch einfacher mit einem entsprechenden Hinweis, welcher jedoch recht deutlich formuliert werden muss, in den allgemeinen Bohr- und Lieferbedingungen der Gütesiegel-Bohrfirmen.

Diese Forderung dient dann im Gegenzug den Bohrfirmen als zusätzliche Absicherung gegen Haftungsforderungen bei mangelhaft funktionierenden Anlagen.

### **2.3. Bewertung der beiden Konzepte**

Ziel der Qualitätssicherung bei der Auslegung von Erdwärmesondenanlagen ist es, dass die Auslegung sorgfältig und nach dem Stand der Technik erfolgt. Es soll verhindert werden, dass Anlagen gebaut werden, welche mangelhaft oder gar nicht funktionieren. Solche Anlagen schaden dem Image der Branche und der Sache der Erdwärmemutzung.

Die Ausweitung der Qualitätssicherung auf die Auslegung der geothermischen Quellen bedeutet aber nicht, dass es bis heute alles falsch gemacht worden ist. Heute werden immer mehr mittel grosse und grosse Anlagen gebaut, welche komplex aufgebaut sind und stark von der Wechselwirkung zwischen Erdwärmesonden und Untergrund sowie zwischen Erdwärmesonden und Gebäude abhängen. Dies ist nicht trivial. Den Planern soll ihre Sorgfaltspflicht einerseits und ihre Verantwortung andererseits bewusst gemacht werden. Bevor ein Schaden entsteht und ein Planer wegen der Haftpflichtansprüche von dritter Seite vom Markt eliminiert wird.

Beide Konzepte sind nach Auffassung des Autors realistische Lösungen für obiges Ziel: Qualitätssicherung bei der Auslegung von mittelgrossen und grossen komplexen Erdwärmesondenanlagen.

Das erste Konzept entspricht eher einem Gütesiegel und liesse sich in die Reihe der bisherigen Gütesiegel einordnen. Für das Gütesiegel, welches die konsequente Verwendung des Objektblattes beinhaltet, muss aktiv bei den Planungsfirmen geworben werden. Dies kann z.B. ausgehend von den Planerlisten der SVG und der FWS erfolgen. Die Planer müssen letztlich überzeugt werden, dass ein solches Gütesiegel für sie selbst nicht nur einen Mehraufwand für das Führen des Objektblattes sondern auch einen Nutzen bedeutet, welcher im einfachsten Fall darin besteht, dass sie gezwungen werden, sorgfältig im Sinne der Regeln der Baukunst zu handeln, und dass sie so in der Lage, nachträglich jederzeit zu belegen, warum welcher Planungsentscheid gefallen ist.

Dass Gütesiegel ist aber mit zusätzlichen Kosten verbunden, welche für die Kontrollen und Prüfungen, für die Führung der Gütesiegelliste sowie für die Weiterbildung aufgewendet werden müssen.

Die Umsetzung des Konzeptes kann sofort erfolgen. Allerdings dürfte es einige Jahre dauern, bis eine für die Wirksamkeit der Qualitätssicherung genügende Durchdringung des Gütesiegels in Planungskreisen erreicht ist.

Das zweite Konzept setzt auf Vorschriften, welche in Form einer sia-Norm allgemein gültig und verbindlich werden. Rechtlich verbindlich wird die Norm allerdings erst, wenn die Bewilligungsbehörden die Einhaltung dieser Norm als Basis für die Bewilligung verlangen. Dies dürfte ebenfalls einige Jahre dauern.

Ein wichtiger Vorteil dieses Konzeptes ist, dass der Stand der Technik schriftlich festgehalten wird. Es steht schwarz auf weiss, was eine sorgfältigen Planung beinhaltet. Der Hauptvorteil ist jedoch die rasche Verbreitung und Anwendung der sia-Norm, welche durch die Einbindung der Gütesiegel-Bohrfirmen erreicht werden kann. Es erscheint durchaus als realistisch, dass die Umsetzung der neuen Norm innerhalb weniger Monate nach deren Erscheinen zwangsweise erreicht werden kann. Hierzu wird lediglich ein Informationsschreiben benötigt, welches auf die neue Norm und auf die Änderung in den allgemeinen Bohr- und Lieferbedingungen hinweist, und welches mit jeder Offerte des Bohrunternehmens versandt wird.

Diese Methode entspricht nicht dem Vorgehen in einem Gütesiegel. Es wird vom Planer nicht verlangt, dass er sich freiwillig irgendwelchen einschränkenden Regeln unterwirft. Die Regeln werden für alle festgehalten. Diese Methode ist nicht nur umfassend und schnell, sie ist auch kostengünstig und einfach. Das Nichtbeachten der Norm bedeutet eine Verletzung der Sorgfaltspflicht mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen.

Weiterbildungskurse, wie sie z.B. bereits heute im Rahmen von EnergieSchweiz von der SVG angeboten werden (siehe [www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch)) können – sofern notwendig – freiwillig besucht werden, um sich in die praktischen Feinheiten der Auslegung von Erdwärmesondenanlagen einführen zu lassen. Es ist ebenso denkbar und allenfalls sogar wünschbar, dass gewissermassen Anwendungskurse für die neue sia-Norm angeboten werden. Dies könnte auch in Absprache bzw. in Zusammenarbeit mit dem sia erfolgen.

### **3. Schlussfolgerungen, Empfehlungen**

Die Qualitätssicherung der Auslegung der geothermischen Quelle erscheint über den Weg einer sia-Norm am einfachsten und am schnellsten realisierbar. Es repräsentiert ein einfaches Gütesicherungsverfahren, welches mit minimalen Eingriffen eine rasche und breite Verbreitung bringt.

Für die Erarbeitung der sia-Norm ist ein Zeitraum von einem guten Jahr bis zum Entwurf realistisch (siehe Beilage). Hierzu ist bei der sia-Direktion in Zürich die Einsetzung einer neuen Normenkommission zur Erstellung einer Norm über die „Auslegung von geothermischen Quellen“ zu beantragen. Die Zusammensetzung Kommission soll gleichzeitig konkret vorgeschlagen werden.

Der Autor empfiehlt deshalb, das Konzept mit der Gütesicherung über die sia-Norm weiterzuverfolgen. Die Norm soll im Rahmen von EnergieSchweiz (indirekte Förderung) als Gemeinschaftswerk von der SVG, der FWS sowie des sia erstellt werden. Die Schaffung einer neuen Normenkommission ist beim sia anzuregen und die Mitglieder gleichzeitig zu benennen.

Bis ca. Ende 2005 ist die Fertigstellung des Entwurf der Norm denkbar. Anschliessend erfolgt eine Vernehmlassung. Bis Ende 2006 ist die Umsetzung der Norm in der Praxis offensichtlich denkbar. Letzteres wäre ein anzustrebendes Ziel.

#### 4. Literatur und Quellen

AWP (1996): Merkblatt T1: Wärmepumpenheizungsanlagen mit Erdwärmesonden. Arbeitsgemeinschaft Wärmepumpen AWP, Zürich. 1996. Download: [www.fws.ch](http://www.fws.ch)

BFE (2003): Gütesiegel für Planer von Geothermieanlagen, Geothermiepreis. Bericht zuhanden des Bundesamtes für Energie, Bern. DIS-Projekt Nr. 46'234. Schweizerische Vereinigung für Geothermie, Biel. Mai 2003. Download: [www.energieforschung.ch](http://www.energieforschung.ch).

BUWAL (1994): Wegleitung für die Wärmenutzung mit geschlossenen Erdwärmesonden. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern. 1994 (in Überarbeitung). Download: [www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de)

SIA D025: Base de dimensionnement des systèmes exploitant la chaleur du sol à basse température. SIA-Dokumentation D025. Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, sia, Zürich. 1988.

SIA D0136: Grundlage zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. SIA-Dokumentation D0136. Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, sia, Zürich. 1996.

SIA D0179: Energie aus dem Untergrund. Erdreichspeicher für moderne Gebäudetechnik. SIA-Dokumentation D0179. Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein, sia, Zürich. 2003. [www.sia.ch](http://www.sia.ch)

VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes. Blatt 1: Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte. VDI-Richtlinie Nr. 4640, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf. Beuth Verlag GmbH, Berlin. Dezember 2000.

VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes. Blatt 2: Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen. VDI-Richtlinie Nr. 4640, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf. Beuth Verlag GmbH, Berlin. September 2001.

VDI 4640: Thermische Nutzung des Untergrundes. Blatt 3: Unterirdische Thermische Energiespeicher. VDI-Richtlinie Nr. 4640, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf. Beuth Verlag GmbH, Berlin. Juni 2001.

Reglemente zu den bestehenden Gütesiegel: [www.fws.ch](http://www.fws.ch).

Kursinformationen zur Weiterbildung in der Auslegung von Erdwärmesondenanlagen: [www.geothermal-energy.ch](http://www.geothermal-energy.ch).

## **Anhang 1**

### **Kurzprotokoll der Sitzung vom 13. Oktober 2004**

## Projekt: Gütesiegel geothermische Quelle

### KURZPROTOKOLL der Sitzung vom 13. Oktober 2004

Ort: AWP, Konradstrasse 9, Zürich

Zeit: 13.30 – 15.30 Uhr

<u>Teilnehmer:</u>	H. Leibundgut, Amstein+Walthert	<i>HL</i>
	P. Hubacher, FWS, Ressort Qualitätssicherung	<i>PH</i>
	E. Rohner, Engeo AG, Gossau	<i>ER</i>
	W. Eugster	<i>WE</i>

entschuldigt: M. Geissmann, BFE  
H. Gorhan, Programmleiter Geothermie  
M. Wenger, B-I-G

---

#### Themen:

1. Begrüssung, Vorstellung (Eugster);
2. Einleitung in Problematik, Ziele, aktueller Stand der Dinge (Eugster);
3. Diskussion und Findung einer realistischen Lösung, wobei folgende Aspekte eine besondere Beachtung verdienen:
  - Grösse bzw. Komplexität der Geothermie-Anlagen
  - Schnittstellen
  - Verantwortung
  - machbare Lösung für Planer (grosse und kleine Büros), Geologen und Bohrfirmen
  - Gewinn für Bauherren/Auftraggeber
  - Einbindung in bestehende Strukturen
4. Zusammenfassung (Eugster)
5. Diverses, nächste Sitzung (Eugster)

- 
- *WE:* Stand der Dinge, Ziele (siehe Beilagen 1 – 4): Schlecht funktionierende EWS-Anlagen sollen verhindert werden. Hierzu existieren heute 2 Gütesiegel: Gütesiegel für WP und Gütesiegel für EWS-Bohrfirmen. Die Auslegung der EWS ist dabei kein Thema. Bei einfachen Kleinanlagen genügen in der Regel die üblichen Faustformeln. Plausibilitätscheck durch die Gütesiegel-Bohrfirmen.

Bei grösseren Anlagen funktioniert dieser Plausibilitätscheck nicht mehr. Da ist es nicht mehr so einfach. Deshalb ist eine Qualitätssicherung in Form eines“ Gütesiegels geothermische Quelle“ notwendig.

Beim zertifizierten Installateur handelt es sich um eine auf der Penta-Schulung aufgebauten Zertifizierung für Installateure (-> Kleinanlagen). Realisierung ist momentan zurückgestellt.

- „Gütesiegel geothermische Quelle“: Idee ist ein „Objektblatt“, welches gleichzeitig eine Arbeitshilfe für den Planer darstellt, um an alles zu denken. Es soll dem Planer ebenfalls aufzeigen, bis wo Faustformeln korrekt sind und wo externe Hilfe eingeholt werden muss/soll. Der Planer muss seine eigenen Grenzen konsequent berücksichtigen.
  - *HL*: Beim Heizen und Kühlen mit EWS handelt es sich um ein neues Gebiet. Es führt zu Unsicherheiten. Die Masse Gebäude wird über einen Wasserkreislauf mit der Masse Erde/Untergrund gekoppelt. Dies ist ein schwierig zu handhabendes System und nicht einfach in Kursen lernbar.
2. Satz der Thermodynamik: siehe z.B. <http://de.wikipedia.org/Entropie> und [http://de.wikipedia.org/2.\\_Hauptsatz\\_der\\_Thermodynamik](http://de.wikipedia.org/2._Hauptsatz_der_Thermodynamik)
- *HL*: Der Markt soll regeln. Wer ohne nötiges Wissen plant und die Anlage nachher nicht funktioniert, wird schadenersatzpflichtig. Qualitätssicherung ja, aber nicht in Form eines neuen Gütesiegels.
  - *ER*: bei einfachen Anlagen kann mit der „50 Watt-Regel“ ausgelegt werden, bei komplexen Anlagen ist eine dynamische Simulation notwendig. Dieser Spagat soll überbrückt werden mit einer Hilfestellung, wie sie ein solches Gütesiegel liefern kann.
  - *PH*: Es soll verhindert werden, dass nicht funktionierende Anlagen gebaut werden. Letztere schaden dem Image der EWS-WP-Anlagen langfristig. Lieber frühzeitig eingreifen statt auf die Marktregulierung zu warten.
  - Ziel des Gütesiegels ist die Sicherheit der Kunden.
  - Was ist fachgerecht? Welches ist der Stand der Technik? Dies ist nicht klar definiert. Es existiert eigentlich nur die VDI-Richtlinie 4640. Daneben ist der Vollständigkeit halber noch zu erwähnen: Die BUWAL-Wegleitung (1994), welche überarbeitet werden soll, die T1 der AWP (1996), sowie die SIA Dokumentationen D025 (1988), D0136 (1996) und D0179 (2003).
  - Anregung *HL*: Stand der Technik festhalten in einer SIA-Norm. Wäre machbar bis Ende 2005. SIA-Fachkommission Haus + Energie wäre geeigneter Ansprechpartner. Es braucht einen Antrag an die Direktion SIA, eine Norm „Auslegung von geothermischen Quellen“ zu entwickeln.
  - Da die BUWAL-Richtlinie überarbeitet werden muss, könnte dies evtl. kombiniert werden (Gemeinschaftswerk FWS-SVG-BUWAL-BFE-SIA).
  - *HL*: schlägt vor, keine neue Zertifizierung einzuführen, sondern auf dem bestehenden Gütesiegel für EWS-Bohrfirma aufzubauen. Die Bohrfirmen sollen von den Planern (Offersteller) eine schriftliche „Bedenklichkeitserklärung“ verlangen (Vordruck), die bescheinigt, dass der Planer die Auslegung der EWS nach dem Stand der Technik vorgenommen hat.

Wird diese Erklärung vom Planer nicht unterzeichnet, so soll die Bohrfirma beim Bauherr abmahnen und so indirekt Druck auf die Planer ausüben, nach den anerkannten Regeln der Kunst zu arbeiten.

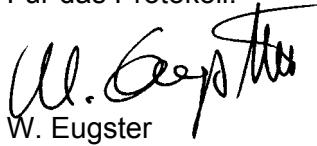
- Die Deklaration inkl. Merkblatt könnte unterschiedlich abgefasst sein für
  - einfache Kleinanlagen (VDI 4640)
  - grössere, aber einfache Anlagen (WW, Schwimmbad, etc.)
  - komplexe Energiespeicheranlagen
- Die Möglichkeit, wie oben beschrieben, über die Bohrfirmen Druck auf die Planer auszuüben, wird als mögliche Ersatzlösung für das „Gütesiegel geothermische Quelle“ von allen

Teilnehmern anerkannt. Voraussetzung ist, dass der aktuelle Stand der Technik in einer SIA-Norm festgehalten wird.

- Es wurde beschlossen, dass die SVG/FWS der SIA-Direktion einen gemeinsamen Antrag stellt, eine SIA-Norm „Auslegung von geothermischen Quellen“ zu entwickeln (unter Bezug von BFE und BUWAL). In diesem Antrag soll erwähnt werden, dass das Vorhaben mit Hr. Leibundgut bereits vorbesprochen ist.

Zürich, 15.10.04

Für das Protokoll:



W. Eugster

---

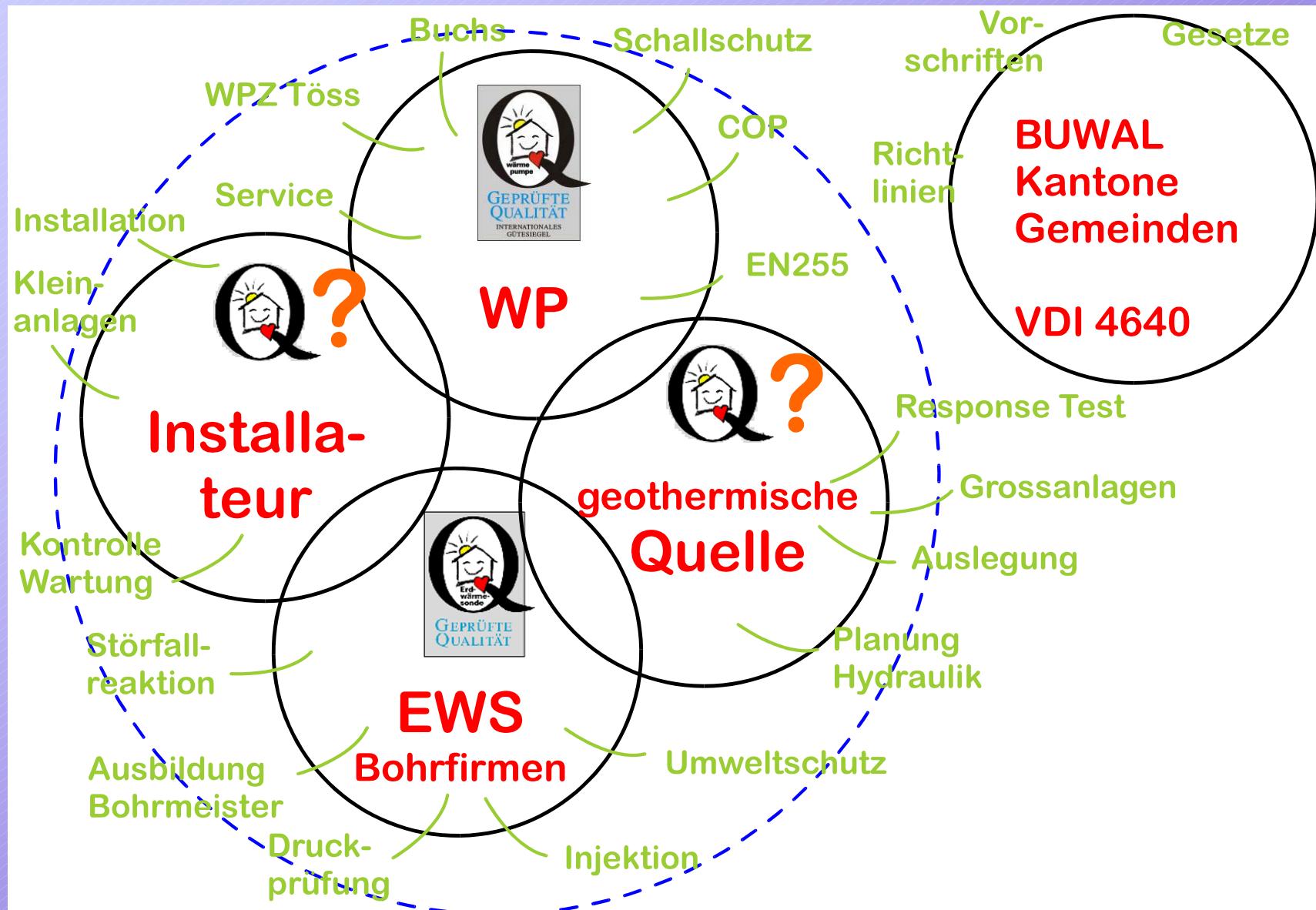
**Bemerkung:**

Am 14. Oktober ergab sich ein Gespräch mit Marc Wenger, welcher an der Sitzung nicht hatte teilnehmen können. M. Wenger anerkennt die Eleganz der Lösung, das „Nadelöhr“ Bohrfirmen für die Qualitätssicherung bei den Planern zu verwenden. Er gibt aber zu bedenken, dass die Bohrfirmen mit dem Gütesiegel bereits jetzt administrativ stark belastet sind und befürchtet weiter, dass eine solche Bedenkklichkeitserklärung die Beziehung zwischen Bohrfirma und langjährigen Auftraggebern (Planer, GU etc.) trüben könnte.

Am 19. Oktober wurde die Idee und die Bedenken mit dem Vertreter einer Bohrfirma (Igor Schwager, Broder AG) diskutiert. Die Idee, die Qualitätssicherung der Planer über die Bohrfirmen auszuüben, wurde gut aufgenommen und als machbar beurteilt. Bedenken gibt es bei den Einfamilienhäusern, wo bereits heute kein gutes Aufwand-Ertrag-Verhältnis herrscht.

Es braucht sicherlich zusätzliche Aufklärungsarbeit bei den Planern, um zu verhindern, dass die Bedenkklichkeitserklärung als Vertrauensverlust ausgelegt wird.

Zürich, 19.10.04/wje



## ABLAUFSCHEMA

STUFE 1: Reiner Heizbetrieb, max. 2000 h Betriebszeit pro Jahr; bis 30 kW Heizleistung der Wärmepumpe (einfache Kleinanlagen)

	ERDWÄRMESONDEN	PFAEHLE	GRUNDWASSER
HAUSTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Wärmebedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung (SIA 384/2)</li> <li>Heizenergie (SIA 380/1): Auflösung auf Jahresbedarf</li> </ul> </li> <li><b>WW-Bedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>50 lt/Tag/P * <math>\Delta T</math>(SIA)</li> </ul> </li> <li><b>Auswahl konkrete Wärmepumpe:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung erfüllt inkl. Berücksichtigung der WW-Leistung</li> </ul> </li> </ul>		
GEOLOGIE SPEZIALTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bewilligung, behördliche Aspekte</b> (Vorabklärung Bewilligungsfähigkeit, Auflagen)</li> <li><b>Sondenauslegung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Normleistung in W/m für Erdreich @ 10°C, 1800 h aufgrund der Lithologie (mittl. <math>\lambda</math> und mittl. <math>c_p</math>)</li> <li>Korrektur der Entzugsleistung aufgrund Untergrundtemperatur (Höhenlage, mittlere Jahrestemperatur)</li> <li>Korrektur der Entzugsleistung aufgrund der Anzahl Sonden/jährlichen Energiemenge (Sondenabstand, Laufzeit)</li> </ul> </li> </ul>	entfällt	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bewilligung, behördliche Aspekte; Machbarkeit:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundwasser-/Gewässerschutz-/Altlastenkarte: Tiefenabschätzung, Schüttungsabschätzung, evtl. Wasserzusammensetzung</li> <li>Bestimmung Entnahme-/Rückgabebrunnen (Karte)</li> <li>Kantonale Vorschriften, Gesuch</li> </ul> </li> <li><b>Bohrung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensionierung, Querschnitt</li> <li>evtl. bis Stauer</li> <li>Ausbau mit PVC-Brunnenrohren (UV-Beständigkeit)</li> <li>Rückgabebrunnen</li> </ul> </li> <li><b>Pumpversuch</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>mit Entnahme- und Rückgabebrunnen</li> <li>Grundwasseranalyse</li> </ul> </li> <li><b>Filter/Absetzbecken</b></li> <li><b>Brunnenausbau gemäss Vorschriften</b></li> <li><b>Hauptprobleme:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Baggerschlitz oder Bohrung (Rückgabe)?</li> <li>Schüttung genügend hoch?</li> <li>Eisen-/Mangangehalt (Verockerung)</li> <li>Sandgehalt (Filter/Absetzbecken)</li> <li>Rückführung bis Entnahmeschicht?</li> </ul> </li> </ul>
HYDRAULIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sondendurchmesser, Durchfluss, Pumpleistung, evtl. Isolation Hauszuleitung</li> </ul> </li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung Zuleitung</b></li> <li><b>Drosselung</b></li> <li><b>Kavitation</b></li> </ul>

## ABLAUFSCHEMA

STUFE 2: Heizbetrieb, evtl. Kühlbetrieb; >30 kW bis ca. 100 kW Heizleistung der Wärmepumpe (mittelgrosse Anlagen); dichtstehende Anlagen kleiner Leistung

	ERDWÄRMESONDEN	PFAEHLE	GRUNDWASSER
HAUSTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Wärmebedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung (SIA 384/2), Kühlleistung</li> <li>Heizenergie (SIA 380/1), Kälteenergie: Auflösung auf Monate. Wärme/Kältebilanz</li> </ul> </li> <li><b>WW-Bedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>50 lt/Tag/P * <math>\Delta T</math>(SIA)</li> </ul> </li> <li><b>Auswahl konkrete Wärmepumpe:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung erfüllt inkl. Berücksichtigung der WW-Leistung; Kälteleistung erfüllt</li> </ul> </li> </ul>		
GEOLOGIE SPEZIALTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bewilligung, behördliche Aspekte</b> (Vorabklärung Bewilligungsfähigkeit, Auflagen)</li> <li><b>Sondenfeldauslegung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>mit Hilfe geeigneter Auslegungsprogramme</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Pfahlauslegung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>in Abhängigkeit von <math>\lambda</math>, <math>c_p</math></li> </ul> </li> <li><b>Eignungsabklärung des Untergrundes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>in wassergesättigten Böden</li> </ul> </li> <li><b>Spezialprobleme:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>nur kurze Sonden, dafür sehr viele</li> <li>thermischer Einsfluss via Bodenplatte</li> <li>grosse Distanzen Sonden-Verteiler</li> <li>horizontale Leitungen thermisch nicht berücksichtigen</li> <li>Bodensenkungen möglich (Rheintal)</li> <li>Serie- /Parallelschaltung der/von Sonden</li> <li>Isolation Bodenplatte</li> </ul> </li> <li><b>Grundwasserproblematik:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>fliessend/nicht fliessend</li> <li>saisonale Schwankungen</li> </ul> </li> <li><b>Energiespeicherung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>saisonale / kurz- / mittelfristig</li> </ul> </li> </ul>	dito Stufe 1
HYDRAULIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sondendurchmesser, Durchfluss, Pumpleistung, Isolation Hauszuleitung bei tiefen Sonden</li> <li>Teillast/Vollast</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchfluss, Pumpleistung, parallele/serielle Schaltung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung Zuleitung</b></li> <li><b>Drosselung</b></li> <li><b>Kavitation</b></li> </ul>

## ABLAUFSCHEMA

### STUFE 3: Heizen/Kühlen, Spezialanforderungen, Grossanlagen; >>100 kW Heizleistung der Wärmepumpe (grosse Anlagen)

	ERDWÄRMESONDEN	PFAEHLE	GRUNDWASSER
HAUSTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Wärmebedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung (SIA 384/2), Kühlleistung</li> <li>Heizenergie (SIA 380/1), Kälteenergie: Auflösung auf Stunden. Wärme/Kältebilanz</li> </ul> </li> <li><b>WW-Bedarf:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>50 lt/Tag/P * <math>\Delta T</math>(SIA)</li> </ul> </li> <li><b>Auswahl konkrete Wärmepumpe:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Heizleistung erfüllt inkl. Berücksichtigung der WW-Leistung; Kälteleistung erfüllt</li> </ul> </li> </ul>		
GEOLOGIE SPEZIALTECHNIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Bewilligung, behördliche Aspekte</b> (Vorabklärung Bewilligungsfähigkeit, Auflagen)</li> <li><b>Sondenfeldauslegung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>mit Hilfe geeigneter Auslegungsprogramme</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Pfahlauslegung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>in Abhängigkeit von <math>\lambda</math>, <math>c_p</math></li> </ul> </li> <li><b>Eignungsabklärung des Untergrundes:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>in wassergesättigten Böden</li> </ul> </li> <li><b>Spezialprobleme:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>nur kurze Sonden, dafür sehr viele</li> <li>thermischer Einfluss via Bodenplatte</li> <li>grosse Distanzen Sonden-Verteiler</li> <li>horizontale Leitungen thermisch nicht berücksichtigen</li> <li>Bodensenkungen möglich (Rheintal)</li> <li>Serie- /Parallelschaltung der/von Sonden</li> <li>Isolation Bodenplatte</li> </ul> </li> <li><b>Grundwasserproblematik:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>fliessend/nicht fliessend</li> <li>saisonale Schwankungen</li> </ul> </li> <li><b>Energiespeicherung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>saisonal / kurz- / mittelfristig</li> </ul> </li> </ul>	<p style="text-align: right;">dito Stufe 1</p>
HYDRAULIK	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sondendurchmesser, Durchfluss, Pumpleistung, evtl. Isolation Hauszuleitung</li> <li>Teillast/Vollast</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durchfluss, Pumpleistung, parallele/serielle Schaltung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimierung Zuleitung</b></li> <li><b>Drosselung</b></li> <li><b>Kavitation</b></li> </ul>