

Geothermie in Graubünden

Erneuerbare Energien stehen im Fokus – weltweit und in der Schweiz. Dementsprechend wird derzeit über Geothermieprojekte diskutiert. Auch für Graubünden stellt sich die Frage, welchen Beitrag die Geothermie zur Energieversorgung leisten kann. In Davos wurde eine von Bund (BFE), Kanton (ANU) und Gemeinde geförderte 400 m tiefe Erkundungsbohrung erstellt, um zusätzliche Möglichkeiten der Geothermienutzung abzuklären. Die Ergebnisse des Projektes stimmen positiv für die Realisierung einer ersten Anlage.

Geothermische Energie

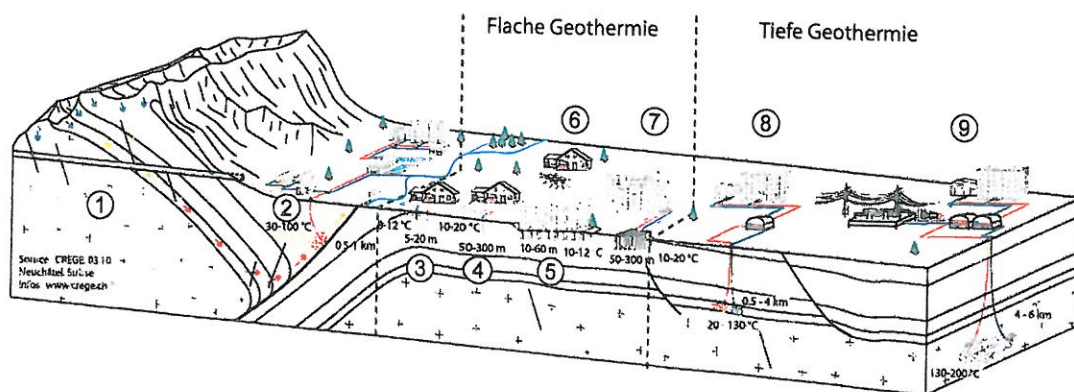
Über 99 Prozent unseres Planeten sind heisser als 1000 °C. Diese hohe Temperatur gibt einen ersten Eindruck, welch gewaltiges Energiepotenzial im Untergrund als geothermische Energie gespeichert ist. Meist verborgen, zeigt sich diese Energie auf spektakuläre Weise in Vulkanausbrüchen oder heissen Quellen. Je tiefer in die Erde vorgedrungen wird, desto höher werden die Temperaturen; im oberen Bereich der Erdkruste nehmen die Temperaturen um rund 3 °C pro 100 m Tiefe zu.

Geothermische Nutzungsmöglichkeiten

Es besteht eine Vielzahl technischer Lösungen um geothermische Energie nutzbar zu machen (Abbildung 1). Die meisten realisierten Anlagen erschliessen mit weniger als 400 m Tiefe den untiefen Bereich, in dem zwei Nutzungsarten besonders verbreitet sind: Grundwasserwärmepumpen (GWWP) und Erdwärmesonden (EWS). Bei den GWWP wird Wasser in einem Entnahmehauptbrunnen gefördert und nach der Nutzung über einen Wärmetauscher in einem Rückgabehauptbrunnen wieder in den Grundwasserleiter zurückgegeben. EWS-Anlagen bestehen aus einer oder mehreren vertikalen Bohrungen, die als Wärmetauscher fungieren. In einem geschlossenen Sondenkreislauf zirkuliert eine Flüssigkeit und nimmt die im Untergrund gespeicherte Energie auf. Die Temperaturen im untiefen Bereich sind zu gering für eine direkte Gebäudebeheizung und werden daher mittels einer Wärmepumpe auf das gewünschte Temperaturniveau angehoben.

Tiefer reichende Anlagen (>400 m Tiefe) können direkt zu Heizzwecken und ab Temperaturen von ca. 100 °C zur Stromproduk-

Abbildung 1: Nutzungsmöglichkeiten geothermischer Energie: (1) Tunnelthermie, (2) alpine Störzonen-Geothermie, (3) Grundwasserwärmepumpen (GWWP), (4) Erdwärmesonden (EWS), (5) energetisch aktivierte Bauteile, (6) Erdwärmekollektoren, (7) Erdwärmesondenfeld, (8) direkte Grundwasserwärmeheizung, (9) geothermale Stromproduktion. Grafik verändert nach www.crege.ch.



tion verwendet werden. Meist wird wie bei den un tiefen GWWP Wasser gefördert und nach der thermischen Nutzung wieder in den Untergrund zurückgegeben.

Mit geothermischen Anlagen kann sowohl geheizt als auch gekühlt werden. Besonders effizient sind Anlagen, die beide Nutzungsarten kombinieren und als geothermischer Speicher fungieren. Typische Anwendungen für die Wärmenutzung erfolgen bei Ein- oder Mehrfamilienhäusern, Badeeinrichtungen oder Gewächshäusern. Kühlungen werden häufig zur Wohnungs- und Büroklimalisierung verwendet und nehmen zudem eine wachsende Bedeutung für Industrieanlagen und Rechenzentren mit hoher Abwärme ein.

Herausforderungen der Geothermie

Geothermische Nutzungen stellen Eingriffe in die Natur dar. Je nach Anlagentyp und den lokalen Verhältnissen entstehen dar-

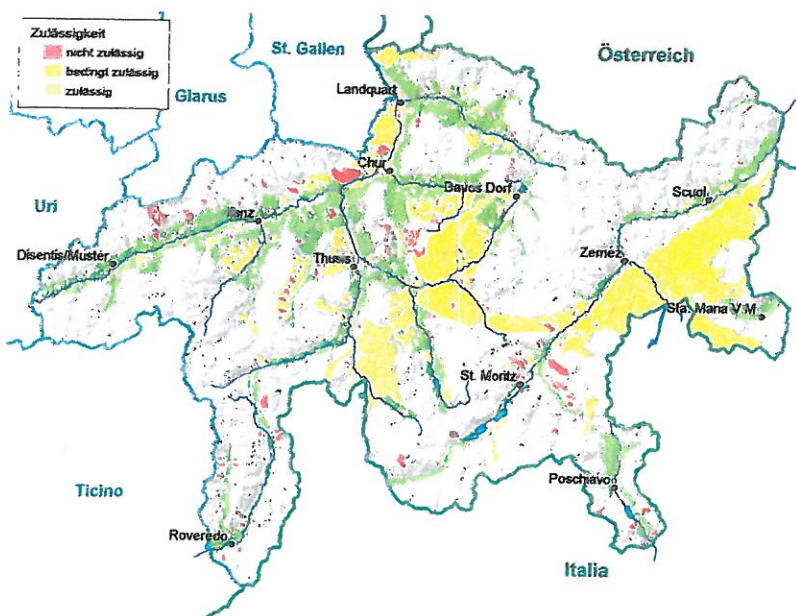
aus unterschiedliche natürlich-technische sowie wirtschaftlich-politische Herausforderungen.

Bei der tiefen Geothermie, die vor allem zur Stromproduktion genutzt wird, dominiert auf der wirtschaftlich-politischen Seite das Fündigkeitsrisiko und damit die Rentabilität einer Anlage. Nur bei ausreichender Durchlässigkeit beziehungsweise Wasserzirkulation und -temperatur kann die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit gewährleistet werden. Um die Durchlässigkeit der Gesteinsschichten zu erhöhen, können verschiedene chemische und physikalische Verfahren eingesetzt werden. Diese tragen entscheidend zu den natürlich-technischen Risiken bei, zu denen unter anderem Gasaustritte und induzierte Seismizität (Erdbeben) zählen.

Projekte in der tiefen Geothermie haben in der Schweiz bisher Pilotcharakter und stehen in der un tiefen Geothermie einer grossen und stetig wachsenden Anzahl von Anlagen gegenüber. Die Herausforderungen dieser Nutzungen unterscheiden sich deutlich von denen im tiefen Bereich. Auf der natürlich-technischen Seite treten die meisten Probleme durch unzureichende Planung und Ausführung der Anlagen auf. Hohe Priorität hat der Schutz des Grundwassers als wertvolle, lebenswichtige Ressource. Durch sorgfältige Planung können viele Gefahren bereits vor der Ausführung erkannt und die richtigen Massnahmen getroffen werden. Natürliche Gefahren können beispielsweise durch Arteser (unter Überdruck stehendes Grundwasser), Karstphänomene und quellfähige Minerale (Anhydrit) entstehen. Eine wichtige Hilfestellung liefert die Karte der zulässigen Gebiete für Erdwärmesonden (Abbildung 2).

Erdwärmesonden werden als nachhaltige Energiequellen auf einen Zeitraum von

Abbildung 2: Zulässigkeit für Erdwärmesonden in Graubünden. Quelle: Amt für Natur und Umwelt Graubünden (<http://map.geo.gr.ch/erdwaermenutzung>)



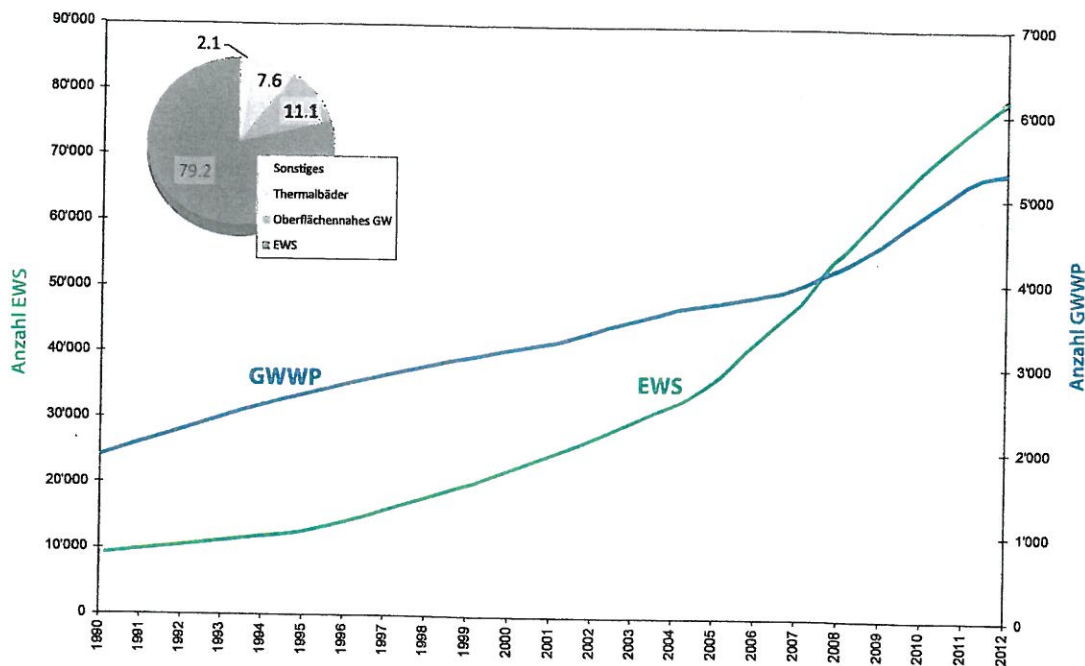


Abbildung 3: Anzahl der Grundwasserwärmepumpen- (GWWP) und Erdwärmesondenanlagen (EWS) in der Schweiz bis 2012 (aus Wärmepumpendaten berechnet). Die EWS stellen mit fast 4/5 den grössten Anteil der verschiedenen Nutzungsarten an der jährlichen Heizenergie geothermischer Systeme dar (2955 GWh im Jahr 2012). Verändert nach Imhasly et al 2013.

mindestens 50 Betriebsjahren ausgelegt, die Lebenserwartung ist noch deutlich höher. Um einen ungestörten Betrieb über diese Zeitspanne zu gewährleisten, müssen die Anlagen ausreichend dimensioniert werden. Zu geringe Sondenlängen sowie -abstände führen zu ineffizienten Systemen, die den Untergrund zu stark abkühlen und dadurch ihre Wirtschaftlichkeit verlieren und zu Systemversagen führen können.

Auf der wirtschaftlich-politischen Seite ergeben sich durch die stetig wachsende Anzahl an Erdwärmennutzungen weitere Herausforderungen, wie zum Beispiel die gegenseitige Beeinflussung von Anlagen. Um das vorhandene geothermische Potenzial optimal nutzen zu können, bedarf es einer gezielten Planung und Standortoptimierung geothermischer Nutzungen. Insbesondere im Hinblick auf unterschiedliche Anlagengrössen, Nutzungshorizonte

und -tiefen sollten kommunale oder regionale Wärmenutzungskonzepte erarbeitet werden.

Geothermie in der Schweiz und in Graubünden

Die Schweiz verfügt über eine grosse Anzahl geothermischer Nutzungen und weist weltweit die höchste Dichte geothermischer Anlagen auf (Lund et al 2011). Die Zahl der Erdwärmennutzungen nimmt stetig zu, wobei die EWS mit fast 80 Prozent den grössten Anteil stellen (Abbildung 3). Die gesamte Heizenergie aller geothermischen Systeme betrug im Jahr 2012 knapp 3000 GWh, was einer Einsparung von über 200000 Tonnen Heizöl beziehungsweise ca. 675000 Tonnen CO₂ entspricht (Imhasly et al 2013).

Auch in Graubünden stellen die EWS die grösste Anzahl der installierten Erdwärmennutzungen dar. Seit 1972 wurden über 6000

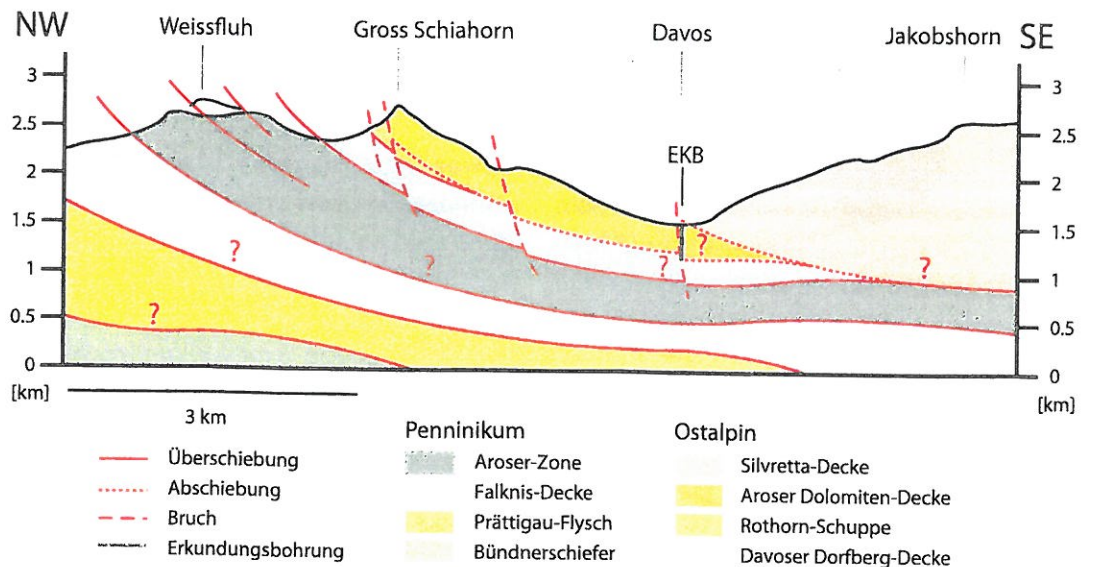


Abbildung 4: Geologisches Profil des Untergrundes im Raum Davos. Mit zunehmender Tiefe steigt die Unsicherheit der Schichtverläufe.

Anlagen bewilligt, mehr als die Hälfte dieser Anlagen zwischen 2007 und 2013 (Stand 2013). Dies belegt das gestiegene Interesse an der Nutzung geothermischer Energie und spiegelt den nationalen Trend wider. Bis Ende 2013 wurden in Graubünden bereits über eine Million Meter für Erdwärmennutzungen in den Untergrund gebohrt. Auch zur tiefen Geothermie wurden bereits Untersuchungen durchgeführt: In St. Moritz wurde 1991 die erste Geothermiefbohrung im Alpenraum auf 1600 m Tiefe abgeteuft. Aufgrund der sehr geringen hydraulischen Durchlässigkeit des ange-troffenen Gesteins konnte mit weniger als 80 l/min jedoch nicht genügend Wasser für eine wirtschaftliche Nutzung gefördert werden. Das Potenzial der geothermischen Stromproduktion ist dennoch vorhanden und wurde vom Amt für Energie und Verkehr Graubünden mit 15 GWh/a beziffert.

Erkundungsbohrung Davos

Die Erkundungsbohrung Davos liegt in einer Tiefe von 400 m, einem für geother-

mische Anwendungen bisher wenig ge-nutzten und erforschten Tiefenbereich. Die hydrothermale Potenzialstudie untersucht, ob und wie der in etwa 100 m Tiefe be-ginnende Aquifer (Grundwasserleiter) der Arosler Dolomiten-Decke für geothermi-sche Zwecke genutzt werden kann. Dies ist für Davos von grosser Bedeutung, da die Nutzung der untiefen Geothermie auf dem Stadtgebiet durch artesisch gespann-tes Wasser im Festgestein und aufgrund getrennter Grundwasserstockwerke im Lo-ckergestein stark eingeschränkt ist. In einer Tourismusdestination wie Davos werden auf begrenztem Raum Wohn- und Beher-bergungsmöglichkeiten für 13 000 ständige Einwohner und rund 30 000 Gäste ange-boten. Dieses Raumangebot kann nur mit grösseren Gebäuden gewährleistet werden. Grössere Gebäude auf verhältnismässig kleinen Parzellen lassen eine wirtschaftli-che geothermische Nutzung des untiefen Aquifers mittels Erdwärmesonden praktisch nicht zu. Eine Verlagerung der Wärmeent-nahme auf tieferliegende Schichten bleibt,

neben der Nutzung der Wärme aus dem oberen Grundwasserleiter, die einzige Möglichkeit.

Dieser Grundwasserleiter ist bisher wenig erforscht und wurde daher mittels Seismik, Bohrlochgeophysik und Aquifertests erstmalig untersucht. Das besondere Interesse an dem Aquifer ergibt sich aus verschiedenen positiven Grundvoraussetzungen:

- Aus verschiedenen Bohrungen ist bekannt, dass der Aquifer zum Teil artesisch gespanntes Grundwasser führt. Die Verfügbarkeit von Wasser stellt eine zentrale Voraussetzung in den meisten unterirdischen Anwendungsbereichen geothermischer Energie dar.
- Die Temperaturprognose aus den Voruntersuchungen ist vielversprechend. Je höher die angetroffene Temperatur ist, desto wirtschaftlicher wird die Nutzung zu Heizzwecken.
- Beim Bohrstandort sind potenzielle Abnehmer in unmittelbarer Nähe vorhanden. Bei positiven Untersuchungsergebnissen kann die Erkundungsbohrung zu einer Nutzung ausgebaut werden.
- Der Dolomitaquifer ist hydraulisch von dem oberflächennahen quartären Aquifer getrennt. Es entstehen daher keine Nutzungskonflikte mit bestehenden Anlagen.

(Hydro-)Geologie von Davos

Der Bohrstandort liegt in den geologisch jungen Lockergesteinen des Landwassertales. Darunter folgen die Festgesteine der ostalpinen Aroser Dolomiten-Decke und der penninischen Aroser Zone (Abbildung 4). Die verschiedenen Auf- und Abschiebungen sowie Verwerfungen aus Abbildung 4 geben einen Eindruck der komplizierten Lagerungsverhältnisse und der Unsicherheiten des geologischen Modells.

Bekannte Grundwasserleiter finden sich in der quartären Lockergesteinstalfüllung und in der Aroser Dolomiten-Decke. Die tieferen Schichten sind potenziell auch wasserführend, wurden allerdings im Raum Davos noch nicht angebohrt.

Untersuchungen

Der beschriebene komplexe Aufbau der Schichten stellt die groben Zusammenhänge und Erwartungen des geologischen Modells dar. Um ein möglichst vollständiges Bild der Verhältnisse im Untergrund zu erhalten und das Potenzial geothermischer Nutzungen abschätzen zu können, wurde ein umfassendes Untersuchungsprogramm ausgeführt (Abbildung 5).

ANZEIGE

alpingehärtet
in Höhenlagen gewachsen.

Jetzt bestellen
Weihnachtsbäume

NORDMANN, ROTTANNE
und Spezialsorten, Grössen 80 bis 800 cm
geschnitten oder in Töpfen sowie Reisig
Herkunft Graubünden, übrige CH und D
Preisliste verlangen

Spezialpreise
für Gärtnereien, Forstunternehmer
Forstämter, Gemeinden, Hotels
Lieferung ganze CH

schutzfilisur
100 jahre Alpin Baumschulen

Schutz Filisur | Samen Pflanzen AG | CH-7477 Filisur
Telefon 081 410 40 00 | Fax 081 410 40 77
samenspflanzen@schutzfilisur.ch
www.schutzfilisur.ch

In einem ersten Schritt wurden seismische Messungen durchgeführt, die eine Übersicht über die tektonischen und strukturellen Verhältnisse geben. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse, zum Beispiel über den Verlauf der Grenze zwischen Locker- und Festgestein sowie über Bruch- und Störungszonen, konnte ein geeigneter Bohrstandort festgelegt werden. Neben den (hydro-)geologischen Überlegungen wurde auch die Situation potenzieller Abnehmer in der Umgebung in die Evaluation des Bohrstandortes miteinbezogen.

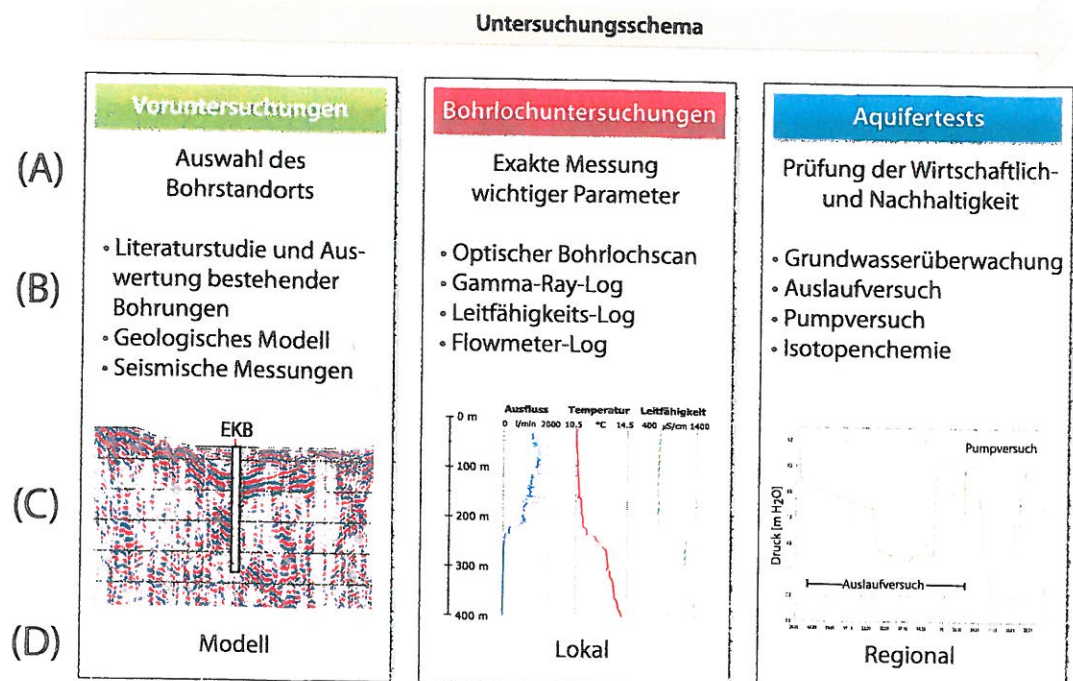
In einem nächsten Schritt wurden geophysikalische Untersuchungen in der auf 400 m abgeteufte Bohrung durchgeführt. Sie dienen dazu, die Prognosen aus den Voruntersuchungen zu überprüfen und wichtige Parameter im Bohrloch zu messen.

Im letzten Schritt wurden verschiedene hydraulische Aquiferversuche durchgeführt, um die Ergiebigkeit der potenziellen Nutzung auszuwerten. Zudem wurden diverse Grundwassermessstellen eingerichtet und überwacht, um den Einfluss auf den Lockergesteinsaquifer sowie auf bestehende Grundwassernutzungen zu überprüfen.

Ergebnisse

Die Untersuchungen bestätigten zum Teil die Erwartungen der Voruntersuchungen. Vor allem die oberen 160 m des Dolomit-aquifers stellten sich erfreulicherweise als sehr ergiebig und durchlässig dar (natürlicher artesischer Ausfluss von rund 1300 l/min). Der Aquifer zeichnet sich dabei durch die hohe Konnektivität und laterale Ausbreitung der Klüfte aus, ohne dass

Abbildung 5: Untersuchungsschema der Erkundungsbohrung Davos. Die verschiedenen Stufen der Untersuchungen sind in (A) Untersuchungsziel; (B) Untersuchungsschritte; (C) Auswertung und (D) Systemverständnis gegliedert.



sich jedoch Auswirkungen auf den Wasserspiegel und die Nutzungen im Lockergesteinsaquifer gezeigt hätten. Das sehr grosse Wasserangebot steht jedoch einer Wassertemperatur von lediglich 11,4 °C gegenüber, die damit unter den Erwartungen zurückblieb. Dennoch überwiegen die positiven Ergebnisse und eine Nutzung in der bestehenden Bohrung mit einer Leistung von ca. 1 MW (Jahresarbeit 6–8 GWh) wurde als realistisch eingestuft. Aufgrund dieses erfreulichen Befundes wurden bereits erste Schritte in die Wege geleitet, um eine geothermische Nutzung umzusetzen.

Stephan Bolay



GEOTEST AG, Bahnhofstrasse 8A
7260 Davos Dorf
stephan.bolay@geotest.ch

Christian Regli



GEOTEST AG, Bahnhofstrasse 8A
7260 Davos Dorf
christian.regli@geotest.ch

ANZEIGE



JUBILÄUMSANGEBOT



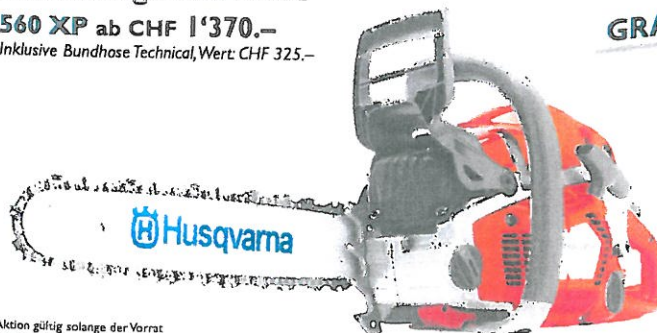
Husqvarna feiert dieses Jahr seinen 325. Geburtstag.

Feiern Sie mit uns und profitieren Sie von unseren 12 Jubiläums-Aktionen, die Sie das ganze Jahr hindurch zu einem Vorzugspreis erhalten. Es sind speziell ausgewählte, bewährte Produkte, die für den Profi und für den Heimanwender geeignet sind.

Weitere Informationen finden Sie unter www.husqvarna.ch

Kettensäge und Hose

560 XP ab CHF 1'370.–
Inklusive Bundhose Technical, Wert: CHF 325.–



GRATIS

Aktion gültig solange der Vorrat reicht, spätestens bis 31.12.2014.

www.husqvarna.ch