

Erdwärme in Riehen

Aufgabe

In Riehen sind im Jahre 1988 erstmals in der Schweiz Bohrungen von mehr als 1000 Meter Tiefe mit dem ausschliesslichen Zweck, die Nutzungsmöglichkeiten der Erdwärme abzuklären, abgeteuft worden. Dieses Pilotprojekt ist von der Fachwelt wie auch von der Bevölkerung mit grossem Interesse verfolgt worden. Worin liegt das Besondere an diesem Vorhaben? Was hat dazu geführt? Denn an sich sollte es ja einfach sein, die Erdwärme zu erschliessen und einer Nutzung zuzuführen. Weshalb geschieht dies denn nicht längst schon? Die Erdwärme ist ja überall vorhanden; im Durchschnitt nimmt die Wärme von der Erdoberfläche gegen das Innere pro hundert Meter um drei Grad Celsius zu. In zahllosen Erdölbohrungen, aber auch beim Tunnelbau in den Alpen oder im Jura (Hauenstein-Basistunnel) konnte diese Beobachtung gemacht werden. Die Wärme entsteht im Erdinnern aus dem natürlichen Zerfall radioaktiver Isotopen wie Kalium, Thorium, Uran und anderer.

Nun, es bedurfte mehrerer Anstösse von aussen her, bis die für ein derartiges Vorhaben doch beträchtlichen Mittel aufzutreiben waren: Zunächst führte die Energiekrise der siebziger Jahre dazu, dass sich breite Bevölkerungskreise der Tatsache bewusst wurden, dass die Vorräte unserer Erde nicht unerschöpflich sind. Dazu gehören neben den Metallen vor allem auch die fossilen Brennstoffe wie Kohle, Erdöl und Erdgas, also gerade jene Rohstoffe, deren Verbrauch in den letzten Jahrzehnten besonders stark zugenommen hat. Dazu kam noch, dass in unserer Region die Kernkraft, die ebenfalls auf einem nicht erneuerbaren Energieträger basiert, abgelehnt wird, so dass auch die Elektrizität nicht mehr beliebig ausgebaut werden kann. Als Konsequenz hieraus wurde der Ruf nach der Suche von Alternativen, insbesondere nach erneuerbaren Energien laut. Die Erdwärme könnte hierfür in Frage kommen.

Der 34,5 Meter hohe Bohrturm am Bachtelenweg, Sommer 1988

In den letzten Jahren hat noch ein weiterer Umstand Bedeutung erlangt, der zur Förderung eines Projektes für die Suche nach Erdwärme beitrug: Der Schutz unserer Umwelt, in der wir alle leben, der wir aber auch alle gleichsam ausgeliefert sind, denn wenn wir sie zerstören, so entziehen wir uns selbst die Lebensgrundlage. Mit der Verbrennung entstehen Abgase, wozu auch das an sich natürlicherweise verbreitete Kohlendioxid gehört, das aber mit zunehmendem Gehalt in unserer Luft zur Erwärmung unseres Klimas beiträgt und deshalb Einfluss auf globale Vorgänge hat. Jene Wärme, die ohne Verbrennung gewonnen werden kann, ist «saubere» Wärme und schont insbesondere unsere Luft. Die Nutzung der Erdwärme kann zudem so vorgenommen werden, dass sie auch als Beitrag zum Gewässerschutz gewertet werden kann: Das abgekühlte Wasser wird wieder dem Untergrund zurückgegeben und verändert damit die Wasserbilanz der wasserführenden Schichten nicht, auch werden keine Oberflächengewässer mit stark mineralisierten Wässern belastet.

Aus diesen grundsätzlichen Überlegungen heraus sind in der Region Nordwestschweiz zwei Initiativen ergriffen worden, die schliesslich zu diesem Riehener Vorhaben geführt haben:

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft haben es gemeinsam unternommen, die Möglichkeiten der Nutzung alternativer Energien zu prüfen. Sie haben deshalb in den Jahren 1981/82 einen Studienkredit zur Abklärung der Nutzungsmöglichkeit der Erdwärme gesprochen. Die Resultate dieser vom Geologisch-paläontologischen Institut der Universität Basel ausgeführten Studie lagen Ende 1983 vor. Sie kam zu folgenden wesentlichen Schlussfolgerungen:

- Um die im Erdinnern vorhandene Wärme zu gewinnen, bedarf es eines Trägers, mit welchem sie gefördert werden kann. Da in unserer Region ein Vulkanismus fehlt, kommt hierfür nur Wasser in Frage.
- Es gilt also zu prüfen, ob in geeigneten Tiefen wasserführende Gesteinsschichten vorhanden sein könnten. Aus für andere Zwecke ausgeführten Tiefbohrungen war bekannt, dass dies der Fall sein könnte. Hierfür in Frage kommen vor allem poröse Gesteine wie Sandsteine, Gesteine mit offenen Schichtfugen und Klüften oder aber

verkarstete Gesteine, die über einen durch Lösungsvorgänge entstandenen Hohlraum, der die Wasserwegsamkeit bildet, verfügen. Die besten Voraussetzungen hierfür bieten in unserer Region die Kalke und Dolomite der Trias und des Jura (Oberer Muschelkalk, Hauptrogenstein und Malmkalke).

- Schliesslich müssen diese Wasserträger (= Aquifere) in Tiefen anzutreffen sein, die einerseits noch mit vernünftigem Aufwand erschliessbar sind und andererseits doch schon Temperaturen von mehr als 50 Grad Celsius aufweisen. Es wurde deshalb eine geologische Strukturana-lyse vorgenommen, um solche Gebiete auszuschneiden.

Als ein zur Erschliessung der Erdwärme interessanter Standort wurde in diesem Bericht das Gebiet des Dorfkerns Riehen angegeben. Dieser Vorschlag traf mit der Absicht der Gemeinde Riehen zusammen, für den Dorfkern einen Wärmeverbund zu planen, wobei die Prüfung des Einsatzes alternativer Energien ausdrücklich gefordert war. Der Kanton Basel-Stadt und die Gemeinde Riehen haben sich deshalb zusammengetan und ein Projekt aufgestellt, das die Abklärung der Nutzungsmöglichkeiten vorsah. Es war so ausgelegt, dass es bei positivem Ergebnis direkt in die Nutzung einbezogen werden konnte. Die Kosten waren auf 5,5 Millionen Franken veranschlagt. Hierin haben sich die Gemeinde Riehen und der Kanton Basel-Stadt unter der Führung des Baudepartementes je hälftig geteilt. Die Eidgenossenschaft hat, gestützt auf einen Parlamentsbeschluss aus dem Jahre 1987, diesem die Risiko-Garantie zugesprochen, was bedeutet, dass die Eidgenossenschaft im Falle eines Misserfolges 50 Prozent der Kosten zurückbezahlen würde. So konnte 1988 mit der Durchführung dieses Pilotprojektes begonnen werden.

Geologische Situation

Riehen liegt am Rande des in tertiärer Zeit, also in geologisch junger Zeit, zwischen Vogesen und Schwarzwald abgesunkenen Rheingrabens. Östlich des Dorfes setzt im Dinkelberg mit St. Chrischona bereits der den Grundgebirgsmassiven vorgelagerte Tafeljura ein. Hier sind die Gesteine des Oberen Muschelkalkes, der den eigentlichen Hauptgrundwasserträger darstellt, an der Oberfläche auf-

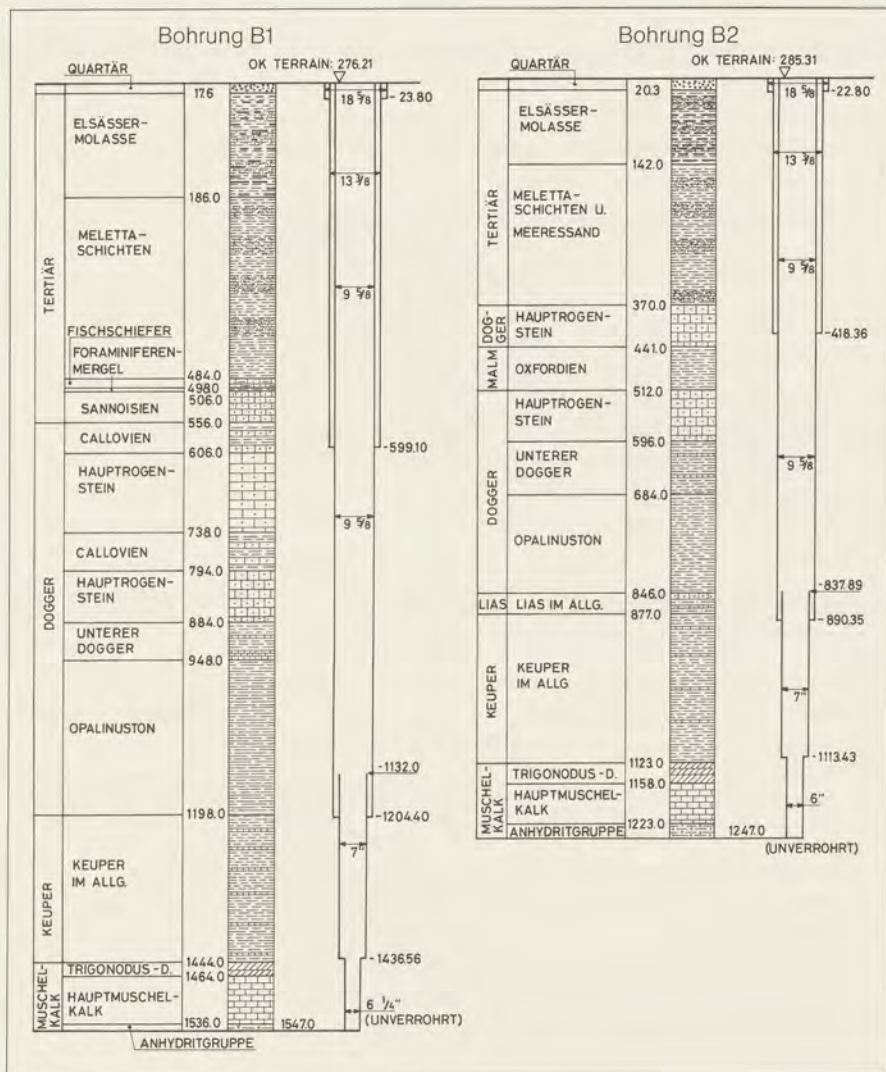
geschlossen. Unter dem Dorfkern von Riehen hingegen sind diese Schichten erst in 1500 Metern Tiefe vorzusetzen. Diese beiden grossen tektonischen Einheiten sind durch ein kompliziertes Bruchsystem (auch Flexur) voneinander getrennt. Die geologische Karte (Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 59, Basel, 1971) zeigt, dass diese Bruchzone aus dem Gebiet Steingrube – Moos – Wenkenhof zum Hörnli verläuft.

Hieraus ergab sich die Wahl der Bohrstellen, die somit westlich dieser Linie liegen mussten und folgende Anforderungen zu erfüllen hatten:

- Grundwasserträger in 1500 Metern Tiefe;
- In der Nähe des zukünftigen Nutzers gelegen;
- Gute Zugänglichkeit der Bohrstelle, auch mit grossen Fahrzeugen.

Von Anfang an ist mit zwei Bohrungen gerechnet worden, die eine zur Entnahme und die andere zur Rückgabe in den Untergrund, weil von der Annahme ausgegangen worden ist, dass das im Oberen Muschelkalk zirkulierende Wasser stark mineralisiert ist und deshalb nach der Nutzung nicht in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation abgegeben werden könnte. Hinweise hierfür geben die bereits bestehenden Thermalbäder von Bad Krozingen, oder Baden, Bad Schinznach und Bad Lostorf in der Schweiz. Zudem mussten sie genügend weit auseinander liegen, damit sie sich gegenseitig nicht beeinflussen. Nach französischen Erfahrungen muss diese Distanz mindestens einen Kilometer betragen. Als Entnahmestelle ist eine Parzelle der Gemeinde Riehen am Bachtelenweg und als Rückgabestelle eine in Privatbesitz befindliche Parzelle im Stettenfeld nahe der Landesgrenze bestimmt worden.

Das Profil der beiden Bohrungen ist aus der Abbildung Seite 193 ersichtlich. Die zugehörige geologische Interpretation ist auf den Abbildungen Seite 194 enthalten. Daraus ist ersichtlich, dass die Bohrung Riehen 1 am Bachtelenweg die vorgesehene Endtiefe von 1547 Metern erreicht hat, die Bohrung Riehen 2 im Stettenfeld aber nur 1247 Meter tief ist; aber auch sie hat den Oberen Muschelkalk durchteuft und somit ihr Ziel erreicht. Dies bedeutet, dass der Muschelkalk im Stettenfeld bereits höher liegt als in der Bachtelen, dass wir uns dort also näher am Grabenrand befinden. Tatsächlich weisen die in den Bohrungen entnommenen Kerne Gesteine mit relativ starkem Schichtfal-



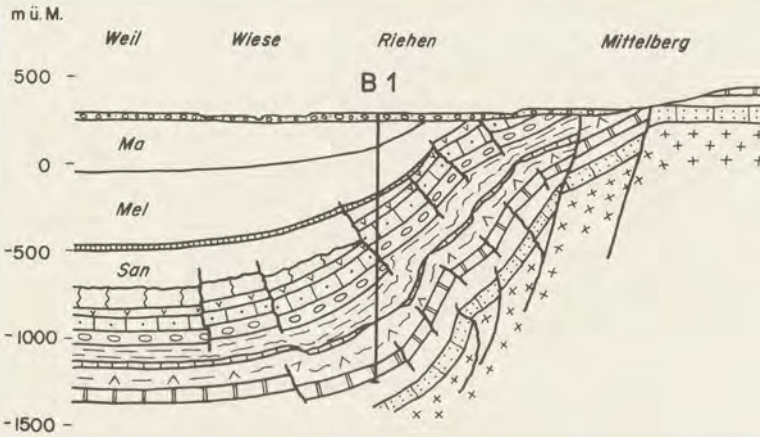
Bohrprofile der Geothermiebohrungen Riehen 1 und Riehen 2 mit Verrohrungsschema

Zeichnung
Gruner AG, Basel

len von 30–60 Grad auf, was bedeutet, dass zwischen der Dinkelbergscholle und dem Rheingraben nicht ein einfaches Bruchsystem vorhanden ist, sondern dass die Schichten flexurartig abbiegen und von mehreren Brüchen durchsetzt sind. Diese Verbiegung ist sicherlich mehrphasig und hat ältere Brüche miteinbezogen, denn nur so ist es zu deuten, dass in beiden Bohrungen der Hauptrogenstein (Dogger) doppelt angetroffen worden ist.

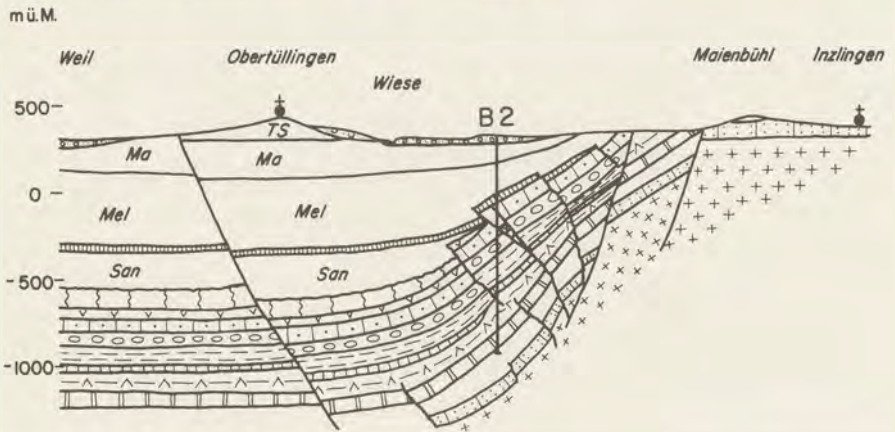
Geothermiebohrung Riehen 1



Geologischer Schnitt



















Geothermiebohrung Riehen 2

Geologischer Schnitt



 Rutschungen } Quartär
 Schotter }

 Tüllinger Schichten
 Molasse alsacienne
 Melettschichten
 Meeressand, Fischeschiefer
 Sannoisien

 Malm
 Callovien und Varians-Schichten
 Hauptrogenstein
 Unterer Dogger
 Opalinuston
 Lias
 Keuper
 ob. Muschelkalk
 mittl. und unt. Muschelkalk
 Buntsandstein
 Grundgebirge

*Geologischer
Schnitt durch die
Bohrung 1 am Bach-
telenweg*

Interessant ist ferner, dass das Tertiär, die Füllung des Rheingrabens, in der Bohrung Riehen 1 wesentlich mächtiger ist als in der Bohrung Riehen 2. Zudem ist dort die Serie vollständiger, denn in der Bohrung Riehen 2 lagern jüngere Tertiärschichten direkt dem Hauptrogenstein auf, anders als in der Bohrung Riehen 1. Dies bedeutet, dass die Ablagerung der tertiären Molasse während des Absinkens des Grabens erfolgt ist, wobei sich Zeiten der relativen Ruhe mit Zeiten starker Bewegung abgelöst haben.

Die Bohrungen

Für die Bohrungen ist ein Gerät eingesetzt worden, wie es für Erdölbohrungen üblich ist; die Anforderungen in technischer Hinsicht waren ja auch vergleichbar. Dies bedingte die Bereitstellung von zwei vorbereiteten Bohrplätzen, die spezielle Anforderungen in Bezug auf den Gewässerschutz zu erfüllen hatten, denn der Bohrplatz Bachtelenweg lag am Rande, aber innerhalb der engeren Grundwasserschutzzone der Langen Erlen. Auch dem Lärmschutz ist besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden, musste doch in unmittelbarer Nähe von Wohnbauten gearbeitet werden, und dies erst noch im Tag- und Nachtbetrieb. Dennoch stellten diese Arbeiten für die Anwohner eine spürbare, wenn auch zeitlich beschränkte Belastung dar, die sie aber mit Wohlwollen über sich ergehen liessen. Wenn aber Wärme für Heizzwecke gewonnen werden soll, so muss dies in der Nähe des Verbrauchers geschehen.

*Geologischer
Schnitt durch die
Bohrung 2 im
Stettenfeld*

Die Bohrplätze sind für die Bohrung Riehen 1 am Bachtelenweg in der Zeit vom Januar bis März 1988 und für die Bohrung Riehen 2 im Stettenfeld vom April bis Juni 1988 hergerichtet worden. Die Bohrarbeiten für Riehen 1 dauerten vom 18. März 1988 bis zum 30. Juli 1988 und für Riehen 2 vom 12. September 1988 bis zum 6. November 1988. Gebohrt wurde nach dem sogenannten Rotaryprinzip, das heisst der Antrieb der Bohrung erfolgt über einen Drehtisch auf das Gestänge. Unten befindet sich ein Rollenmeissel, ein aus drei konischen Rollen bestehender Meissel mit Zacken oder Warzen, welche kleine Splitter vom Gestein lösen. Durch das Gestänge wird dauernd eine Spülung bestimmter Zusammensetzung hineingepumpt. Diese steigt dann aussen zwischen Gesteinswand und Ge-



*Arbeit auf der Bohr-
stelle: Eine neue
Verrohrung wird
eingebaut.*

stänge wieder nach oben und hat die Aufgabe, die Meissel zu kühlen, die Gesteinsbröcklein nach oben zu befördern und die noch ungesicherte Gesteinswand zu stützen. Auf der Bohranlage wird die Spülung von Gesteinspartikelchen gereinigt, neu konditioniert und wieder dem Spülungskreislauf zugeführt.

Nach jedem Bohrabschnitt ist eine Verrohrung eingebaut worden (siehe Abbildung oben). Der folgende Abschnitt muss deshalb jeweils mit einem nächst kleineren Durchmesser ausgeführt werden. Hinter die Verrohrung ist jeweils von unten her eine Zementschlämme eingepresst worden. Damit konnte erreicht werden, dass das durchteufte Gestein abschnittsweise gesichert wurde und dass hinter den Rohren keine vertikale Zirkulation mehr möglich ist. Vor der eigentlichen Aufnahme des Bohrbetriebes ist sogar eine spezielle, grosse Verrohrung allein durch die oberflächennahen Lockergesteinsschichten gesetzt worden, um die Bohrung von den Grundwasservorkommen der Langen Erlen dicht abzuschliessen und jeder möglichen Kontamination zuvorzukommen (= Standrohr).

Die abgebildeten Fotos geben einen Eindruck vom Bohrplatz und vom Umfang der Bohranlage. Die Grösse der



*Bohrkern aus
1492 Metern Tiefe*

Anlage mit einer Turmhöhe von 34,4 Metern war gegeben aus der Tatsache, dass damit zwei Bohrstangen von je rund 9 Metern Länge oder zwei Rohre der Verrohrungen von je rund 12 Metern Länge miteinander ausgebaut werden konnten, ohne dass sie auseinandergeschraubt werden mussten. Damit können die Ein- und Ausbaueiten wesentlich verkürzt werden. Bohrkerne (Gesteinszapfen) sind nur gezogen worden, wenn die geologische Situation es erfordert hat, denn Kerne weisen lediglich eine Länge von 9 Metern auf. Der Rollenmeißel hingegen kann so lange im Bohrloch belassen werden, bis sein Ersatz nötig ist. Bohren mittels Kernen ist deshalb wesentlich aufwendiger und teurer als Bohren mit Rollenmeißel.

Die Arbeiten auf der Bohrstelle Riehn 1 waren von zwei Zwischenfällen begleitet: Zunächst erwies es sich, dass die starke Neigung der Schichten dazu führte, dass der Bohrer gegen Südwesten aus der Vertikalen abwich. Dies machte das Aufgeben einer schon gebohrten Strecke notwendig. Sodann riss am 27. Mai 1988 das Seil der Anlage, an welchem das ganze Bohrgestänge aufgehängt war. Dies hatte zur Folge, dass sich der Rollenmeißel festsetzte und dass der Spülungskreislauf nicht mehr aufrecht erhalten werden

konnte. Dank grossem Einsatz des Unternehmers gelang es aber, die Bohrung wieder flott zu machen. Die Bohrung Riehen 2 konnte ohne Zwischenfall niedergebracht werden.

Das Ergebnis

Als Ergebnis der beiden Geothermiebohrungen darf festgehalten werden, dass beide Bohrungen den Erwartungen entsprechend den Oberen Muschelkalk durchbohrt haben. Die Malmkalke sind in den Bohrungen nur als Komponenten in den tertiären Bildungen angetroffen worden. Der Hauptrogenstein erwies sich bei den Tests als weitgehend dicht: In Riehen 1 konnte lediglich ein Zufluss von 10 Litern pro Minute und in Riehen 2 von 0,72 Liter pro Minute festgestellt werden. Diese schlechte Wasserführung des Hauptrogensteins ist auch von anderen Stellen bekannt (zum Beispiel Leymen).

Im Oberen Muschelkalk hingegen ist das erhoffte Wasser erschlossen worden: Das Wasser trat sogar unter artesischem Druck allein aus den Bohrungen. Es weist in beiden Bohrungen eine natürliche Druckhöhe von rund 300 Metern über Meer auf. Zur Verbesserung der Ergiebigkeit ist in beiden Bohrungen das Gestein mittels Einpressen von Salzsäure behandelt worden. In den jeweils drei Wochen dauernden Dauerpumpversuchen ist in Riehen 1 eine Förderung von 20 Litern pro Sekunde bei einer Absenkung des Wasserspiegels von 200 Metern und einer Temperatur von rund 65 Grad Celsius möglich gewesen. In Riehen 2 waren es 24 Litern pro Sekunde bei einer Absenkung von ebenfalls 200 Metern und einer Temperatur von 50,5 Grad Celsius. Während der Pumpversuche ist in beiden Bohrungen viel Gas mitgefördert worden, vor allem Kohlensäure und untergeordnet auch Stickstoff. Es ist wahrscheinlich, dass dieser Gasanstieg zum guten Ergebnis beiträgt. Während der Pumpversuche in der einen Bohrung hat jeweils die andere Bohrung durch das Absinken des Wasserspiegels reagiert. Dies bedeutet, dass sie demselben hydraulischen System angehören, eine für den Betrieb einer Entnahme- und Reinjektionsbohrung günstige Voraussetzung.

Wie erwartet, sind die Wässer des Muschelkalkes stark mineralisiert. Nachfolgend seien die Analysen der beiden Wässer zusammengestellt:

Analysen des Thermalwassers aus den Bohrungen Riehen 1 und Riehen 2. Ein Vergleich mit den Schweizerischen Richtlinien für Trinkwasser zeigt, wie stark die Wässer der Rieher Bohrungen mineralisiert sind.

Analysen des Thermalwassers Riehen und Vergleich mit den Trinkwasserrichtlinien

		Riehen 1	Riehen 2	Trinkwasser- richtlinien
Datum der Probenahme		2.3.1989	1.2.1989	
Wassertemperatur	°C	61,4	51,2	8 – 15
pH-Wert		6,48	6,28	7 – 8
Trockenrückstand bei 104 °C	mg/l	17 268	14 600	
1. Kationen				
Ammonium	NH ₄	0,98	1,0	< 0,5
Lithium	Li	4,8	4,0	
Natrium	Na	4 900	3 900	< 150
Kalium	K	190	166	< 10
Magnesium	Mg	194	168	< 50
Kalzium	Ca	805	762	40 – 125
Strontium	Sr	11	9,2	
Eisen	Fe	8,9	4,0	< 0,3
2. Anionen				
Fluorid	F	3,2	2,9	< 1,5
Chlorid	Cl	7 270	5 620	< 200
Bromid	Br	8,0	5,4	
Jodid	J	0,20	0,22	
Nitrit	NO ₂	< 0,01		< 0,1
Nitrat	NO ₃	< 0,2	< 0,2	< 40
Hydrogenkarbonat	HCO ₃	1 012	1 180	
Sulfat	SO ₄	2 550	2 340	< 200
Heptaphosphat	HPO ₄	< 0,1	< 0,2	< 0,05
Kieselsäure	H ₂ SiO ₃	49	37	
Borsäure	H ₃ BO ₃	23	24,6	
Rubidium	Rb	0,60	0,50	
Cäsium	Cs	0,55	0,35	
Barium	Ba	0,050	0,050	
Aluminium	Al	< 0,02	0,04	
Blei	Pb	0,005	< 0,003	< 0,05
Kupfer	Cu	0,015	< 0,005	< 1,5
Mangan	Mn	< 0,10	0,080	< 0,05
Nickel	Ni	< 0,01	0,050	
Zink	Zn	0,010	0,080	< 5,0
Arsen	As	0,017	0,012	< 0,05
Selen	Se	< 0,001	< 0,001	< 0,01
gelöster organischer Kohlenstoff		0,6	4,7	
Sauerstoff	O ₂	0	0	
Kohlendioxid, frei	CO ₂	260	500	
Schwefelwasserstoff	H ₂ S	0,2	0	

Analysen des Minerallabors Zürich (Dr. H. Senten)

Auf Grund dieser Zusammensetzung des Wassers kann davon ausgegangen werden, dass es sich um ein «fossiles» Wasser handelt, dass also keine jungen, aus dem Dinkelberggebiet stammenden Zuflüsse vorhanden sind. Der Chemismus, besonders aber auch die starke Gasführung, legen den Schluss nahe, dass Zuflüsse aus grösserer Tiefe, aus dem kristallinen Grundgebirge, vorhanden sind. Dafür spricht einerseits die Nähe des kristallinen Untergrundes mit dem Bruchsystem entlang des Grabenrandes, anderseits aber auch der deutlich erhöhte Temperaturgradient von Riehen 1 im Gegensatz zu Riehen 2, was darauf hindeutet, dass die Aufstiegsbahn dieser Komponenten näher an Riehen 1 liegt als bei Riehen 2.

Seither ist in Reinach eine weitere Bohrung auf den Oberen Muschelkalk abgetieft worden, die leider nur einen minimalen Wasserzufluss angetroffen hat. Es gilt nun zu prüfen, weshalb sich die Ergiebigkeit auf diese relativ kurze Distanz derart rasch ändern kann, damit in Zukunft die Prognosen verbessert werden können.

Die Untersuchungen in Riehen sind gegenwärtig noch nicht abgeschlossen; weitere Tests und Analysen werden noch folgen, bis dass die Nutzung der Erdwärme realisiert werden kann. Es darf aber heute schon festgestellt werden, dass in Riehen nicht nur zwei erfolgreiche Bohrungen abgetieft worden sind, sondern dass auch neue und interessante wissenschaftliche Resultate gewonnen werden konnten. Gegenwärtig laufen Untersuchungen, welche zum Zweck haben, die technischen Randbedingungen festzulegen, welche bei einer Inbetriebnahme beachtet werden müssen. Riehen hat mit diesem Projekt eine gesamtsschweizerische Pioniertat durchgeführt.