Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Band: 52 (1986)

Heft: 122

Artikel: Thermalwasserprospektion in der Nordwestschweiz

Autor: Wiener, Gabriel

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-210048

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Thermalwasserprospektion in der Nordwestschweiz

von GABRIEL WIENER * mit 1 Figur, 1 Tabelle und 4 Tafeln

Abstract

An example of applied hydrogeology is presented as a first stage in exploration for thermal water in the subsurface of northwestern Switzerland. This study is essencially based on regional hydrogeological data and on surface mapping. Principles and prognostic statements for three selected locations are given.

Resumé

Comme exemple d'étude d'hydrogéologie appliquée une première phase d'exploration pour de l'eau thermale sousterraine au nord-ovest de la Suisse est presentée. Ce travail est basé surtout sur le materiel hydrogéologique et de cartographie régional. Les principes et les prognoses de trois des nombreux sites sont evalués.

1. Einleitung

Als Grundlage dieser Arbeit dient ein dem «Wasserwirtschaftsamt» des Kantons Basel-Landschaft (heute «Amt für Umweltschutz und Energie») 1970 vorgeschlagener und 1972 abgelieferter «Thermalwasserkatalog»**. Dieser Bericht von 24 Seiten mit 2 Textfiguren, 7 Karten und 26 Tabellen sollte den Behörden das Abwägen von Erfolgsaussichten, der Risiken für die Erschliessungs- und Folgekosten sowie über mögliche Fundverwertung vor allem für Thermalbäder in verschiedenen geohydrologischen «Provinzen» des Kantons Basel-Landschaft ermöglichen. Die Arbeit basierte auf den regionalgeologischen und hydrogeologischen Kenntnissen ohne (noch nicht ausgeführte) detailierte geophysikalische und weitere Untersuchungen. In diesem Sinn war der «Thermalwasserkatalog» eine erste regionale Explorations-Studie mit Angaben über notwendige weiterführende Vorbereitungsarbeiten.

Im Folgenden sind die Grundlagen einer ersten Forschungsstufe für eine Thermalwassererkundung in ihren einzelnen Phasen dargestellt: Ausgehend von bekannten, genutzten und nichtgenutzten Thermen und Subthermen in der weiteren Region werden kurz die wichtigsten Begriffe für die in Frage kommenden Entstehungshypothesen erläutert. Die Stratigraphie und Tektonik der Region werden zusammengefasst und in Beziehung zu hydrogeologischen und thermischen Möglichkeiten

^{*} DR. G. WIENER, beratender Geologe SIA, Kasernenstr. 24, CH-4410 Liestal

^{**} Ich danke den Herren Prof. F. Jaffé, Genève und L. Rybach, Zürich sowie Herrn Dr. L. Hauber, Riehen für die kritischen Kommentare zu diesem Bericht und dem «Amt dür Umweltschutz und Energie Basel-Landschaft» für ihre 1985 erteilte Publikationsbewilligung. Die Strukturkarten auf den Tafeln II-IV wurden von Herrn Dr. D. KNOPF erstellt.

gesetzt. Thermalwasserprospektionsziele und Untersuchungsmittel bis zum «Fund» von nutzbarem Thermalwasser werden kurz erläutert. Zum Schluss werden mit Karten und Tabellen drei (von 18 untersuchten) Lokationen aus der Region detailierter vorgestellt und klassiert. Im Prinzip ist das hier präsentierte Prospektionskonzept für jede Nutzung geothermischer Energie als regionale Vorabklärung sinnvoll. Die lokal anzuwendenden meist aufwendigeren, geophysikalischen und anderen Explorationsmittel können dann in einer nächsten Phase eingesetzt werden.

Für jede Erkundungsphase muss ein wirtschaftlicher, politischer, oekologisch und verkehrsbezogen umweltschonender Anreiz vorausgesetzt werden.

2. Thermalwasservorkommen in der Nordwestschweiz und dem nahen Ausland

Neben wenigen erbohrten Subthermalwässern (zwischen 14 und 19°C) sind in der Region nur einige Thermalwasservorkommen bekannt, die zum Teil auch genutzt werden. Als eigentliche Quelle trat seinerzeit nur diejenige von Säckingen (D) an der Terrainoberfläche aus. Später wurde sie, wie auch die Vorkommen von Neuwiller (und Leymen) im französischen Grenzgebiet, von Lostorf (SO), und Rheinfelden (AG) durch gezielte Tiefbohrungen erschlossen. Beim Ausbruch der Hauensteintunnel wurden ebenfalls Thermalwässer entdeckt.

In der Nordwestschweiz sind zahlreiche Bedingungen erfüllt, die eine Thermalwasserhöffigkeit erwarten lassen. Trotzdem muss in einzelnen Fällen auf ein in jedem Untersuchungsareal vorhandenes Risiko hingewiesen werden, weil besonders die vertikale Permeabilität sowie lokale Wasser-mengen und -chemismus geohydrologisch und geophysikalisch nur begrenzt prognostizierbar sind.

3. Begriffe zur Geothermik des Wassers (alphabetisch)

Artesik ist die Kraft, welche in einem bestimmten Wasserhorizont durch Siphon-Wirkung einen den hydrostatischen Wasserdruck übersteigenden Druck erzeugt. Durch artesischen Druck kann ein Wasservorkommen über eine Saturationszone bzw. auch über die Oberfläche der wasserführenden Schicht gehoben werden.

Dampfdruck

Zusätzlicher Druck, der durch die temperaturbedingte Wasserverdampfung bei Druckentlastung freiwerden kann.

Ergiebigkeit ist die aus einem Wasserträger frei ausfliessende bzw. förderbare Wassermenge pro Zeiteinheit in einer Entnahmestelle, ausgedrückt z.B. in 1/sec.

Fliessgeschwindigkeit ist der Ausdruck der Beweglichkeit des Wassers in einem Wasserträger (hydrodynamische Leitfähigkeit). Sie ist abhängig von der Viskosität des Wassers (temperaturbeeinflusst), vom Fliesswiderstand des Trägers und von den herrschenden Druckunterschieden.

Gasdruck

Zusätzlicher Druck, der durch Expansion von (z.B. gelösten) natürlichen Gasen (z.B. CO₂, CH₄, H₂S) bei Druckentlastung frei werden kann.

Geothermische Tiefenstufe ist ein Ausdruck der theoretisch linearen Zunahme der Bodentemperatur mit zunehmender Tiefe unter der Erdoberfläche. Sie wird ausgedrückt in «Meter pro 1°C» Erwärmung, bezogen auf eine angenommene mittlere Grundtemperatur. In unserer Region werden Grössen zwischen 25 - 33 m/1°C im Bereich zwischen ca. 20 und 2000 m Tiefe angenommen.

Gradient ist die «Geothermische Tiefenstufe», ausgedrückt in °C/1000 m.

Grundtemperatur ist die dem jährlichen Temperaturmittel entsprechende Bodentemperatur in ca. 10 - 25 m unter der Erdoberfläche. Für unsere Region wird hier pauschal 8°C Grundtemperatur in 20 m Tiefe unter Terrain angenommen.

Grundwasser ist der Teil unterirdischen Wassers, der zusammenhängend durchlässiges Locker- oder Felsgestein ausfüllt. Seine obere Grenze ist der Grundwasserspiegel, oder (wenn gespannt) eine wasserstauende Schicht. Die Untergrenze wird von undurchlässigen Gesteinen gebildet.

Hydrostatischer Druck ist der Druck, den die Poren - bzw. Kluft - wassersäule von Wasserspiegel des für die Region wirkenden Vorfluters bis auf das Wasservorkommen in einer bestimmten Tiefe ausübt. Er wird hier in Atmosphären angegeben. Auf je 100 m Tiefe herrscht z.B. ein hydrostatischer Druck von je 10 at.; der Druck der Luftsäute bleibt für unsere Untersuchung nicht berücksichtigt.

Juveniles Wasser ist «neues» Wasser, das aus der Tiefe aufsteigt, ohne durch Niederschläge angereichert zu werden. Es ist also im magmatischen Zyklus neugebildet und eine Begleiterscheinung des Vulkanismus. (Obschon ursprünglich alles Wasser «juvenil» war, ist dieser Nachweis schwierig).

Mineralisation ist der natürlicherweise am Austritt des Wassers enthaltene Mineralgehalt. Wichtig ist der Teil, welcher in Menge oder Zusammensetzung ein «Normalmass» übersteigt (Mineralwasser).

Porenwasser ist einerseits das im Grundwasserbereich zusammenhängende und fliessfähige Wasser und anderseits das ursprünglich in den geschlossenen Gesteinsporen (z.B. von Felsgesteinen bei der Ablagerung und Diagenese eingeschlossene) wenig bewegliche aber mit druckübertragende Wasser.

Subthermen werden Wässer genannt, die für die Oberfläche der entsprechenden Gegend bzw. für den entsprechenden wasserführenden Horizont eine zu hohe Temperatur (aber weniger als 20° C) aufweisen. Der entsprechende Bereich liegt in unserer Region zwischen ca. 14° und 20° C. Solche Wässer können lokale Hinweise auf mögliche hohe Gradienten sein.

Thermalwässer sind natürliche Wässer, deren Temperatur an der Austrittsstelle dauernd über 20° C liegt.

Thermosiphon Absinken von vadosem Wasser über offene Klüfte, durchlässige Verwerfungen oder wasserleitende Schichten in grosse Tiefen, wo es aufgeheizt und über ähnliche Wege «artesisch» wieder an oder über die Oberfläche gelangt (siehe Fig. 1).

Vadoses Wasser ist Wasser, welches aus Niederschlägen stammt und auf seinem Weg ins Grundwasser ist. Es gehört zum normalen Wasserkreislauf.

Vorfluterwasserspiegel. Er befindet sich auf dem für ein Gebiet als Drainage wirksamen, offenen Gewässer und bildet die Obergrenze der für den normalen hydrostatischen Druck massgeblichen Wassersäule.

4. Entstehungsmöglichkeiten für Thermalwasser (Fig. 1)

In der untersuchten Region tritt Thermalwasser in «erreichbarer Tiefe» und in der Nähe der Oberfläche hauptsächlich über zwei mögliche — im Folgenden kurz erläuterte — Wege in Erscheinung.

4.1 Vadoses oder auch juveniles Wasser wird in grösserer Tiefe in vulkanisch magmatischen Wärmezonen aufgeheizt und bewegt sich mit dem Thermosiphon-Effekt oder durch Gas- oder Dampf- Druck entstandenem Auftrieb in die Nähe der Erdoberfläche. Ein Wasseraufstieg könnte über steilgestellte wasserdurchlässige Gesteinsschichten oder über, in kompetenten Gesteinen, durch Verwerfungs-Tektonik erzeugte sekundäre Durchlässigkeiten erfolgen. In unserer Region ist eventuell im Gebiet des zentralen Rheintalgrabens oder in Sockel-Verwerfungszonen mit dieser Möglichkeit zu rechnen.

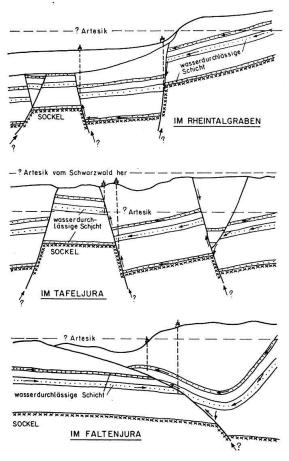


FIG. 1 SCHEMASKIZZEN ZUM THERMOSIPHON - EFFEKT (nicht masstäblich)

4.2 Meteorwasser (Niederschläge) gelangen über permeable und/oder verkarstete Zonen ins (Fels-) Grundwasser und weiter zum Beispiel über primär oder sekundär permeable Kluft-Bruch-Verwerfungs und Karst-Zonen in grosse Tiefen wo es durch die zunehmende Erdwärme (siehe 4.1) aufgeheizt und über den Thermosiphon-Effekt oder/und zusätzlich durch Gas-oder Dampfdruck entstandenen Auftrieb über ähnliche Wege in die Nähe der Oberfläche gelangt. Für diesen unterirdischen Sekundärkreislauf wäre in bestimmtem Mass eine dauernde Erneuerung entnommener Wassermengen möglich. Ein prinzipiell diesem Muster folgender Kreislauf wäre für unsere Region wahrscheinlich.

5. Regionale Stratigraphie (Tabelle 1)

5.1 Sockel

Als Grundgebirge wird ein granitisches Erstarrungsgestein erwartet, wie es aus dem im Norden anstehenden Gestein des höheren Schwarzwald, aus Aufschlüssen bis in den Bereich unmittelbar nördlich des Rheins und aus der Bohrung «Weiherfeld» bei Rheinfelden bekannt wurde. Es handelt sich dabei um oberflächlich unterschiedlich verwitterte, z.T. klüftige Granite und Gneise.

5.2 Sedimente vom Permokarbon bis zum Quartär

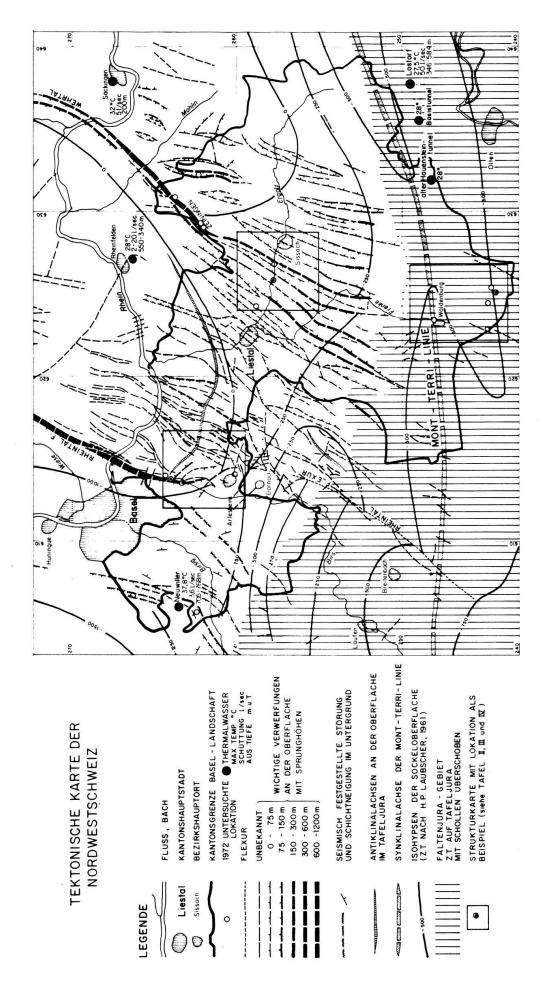
In der engeren Region sind oberflächennah nur Sedimente vorhanden. Die ältesten Ablagerungsgesteine sind auf dem starken Grundgebirgsrelief das in Paläozoischer Zeit in relativ steile, tiefe Rinnen unregelmässig erodiert wurde, angeschüttet worden. Verbreitet sind vor allem Wüstenbildungen und andere, wohl vorwiegend kontinentale, detritische Gesteine des Perm (Rotliegendes), z.B. rote, tonige Sandsteine und Arkosen. Lokal dürften auch karbone Sedimente vorkommen. Im Mesozoikum herrschten zu Beginn der Trias im Buntsandstein noch ähnliche Ablagerungsbedingungen mit gelegentlichen lagunären (gipsführenden) Sedimenten. Erst im Muschelkalk erfolgten weitreichende Meeresüberflutungen mit zeitweisen (auf Einengungen und Schwellen zurückzuführenden) Evaporit-Einschaltungen. Im Übrigen sind in der Trias bis zum Keuper Tone, Kalke, Dolomite und Mergel abgelagert worden. Das sporadisch vorkommende wenig mächtige Rhät besteht aus Tonen und Sandsteinen. Der Jura ist dann durchwegs in mariner Facies als Kalke, Mergel und Tonmergel vorhanden. Im oberen Malm tritt dann wieder eine weitreichende Abtragungsoberfläche auf, die Kreide ist in unserer Region nicht mehr repräsentiert. Im Neozoikum wechseln dann Land und Meer (mit entsprechenden Sedimenten) ab. Das vorläufige Ende der Erdneuzeit ist im Quartär im südöstlichen Teil der Region durch Erosionsspuren von Gletschern und im nördlichen und östlichen Vorland mit Akkumulationsprodukten wie Schotter und Löss dokumentiert.

| ZEIT- | VOR MILLION | FORMATION | ABTEILUNG | HAUPTGESTEINS- | BLAGERUNGSMILIEU/FACIES |
|-----------------|----------------|--------------------|--|--|---|
| ALTER | JAHREN | | | ARTEN | 55 (55 (55 (55 (55 (55 (55 (55 (55 (55 |
| HEUTE ∑ | 0 | QUARTAER | Holozän Pleistozän | Gehängeschutt, Auelehm Schotter, Moräne, Löss | heutige Verhältnisse kaltes Festland |
| KAENO- ZOIKU | | TERTIAER | Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paleozän | Mergel,Sandsteine, Tonmergel,Kalke | wechselnd warmes Binnenmeer, Seen und Festland |
| | 67 | KRE IDE | | feh _. 1 t | |
| | 140 | | | , ve | rkarstete Abtragungsfläche |
| | | | Malm | Kalke Mergel Tone | meist offenes, tiefes Meer |
| | 0. | JURA | | Mergelkalke | tiefes Meer |
| | | | Dogger | Kalke (Rogenstein) | rel. flaches Meer |
| Σ | | | | Mergelkalke, Tone | offenes,meist Tiefmeer |
| > x | | | Lias | sandige Tonmergel Kalke | offenes Meer |
| H | 200 — | | Rhät | Tone und Sandsteine | |
| 0 2 | | | Keuper | Dolomite, Mergel Gips,Tonmergel,?Salz sandige Mergel | wechselnd Fest- land und warme Lagunen mit Evaporiten |
| 0 | | | | Dolomite | Lagunen |
| s s | | TRIAS | Muschelkalk | Kalke (Hauptmuschelkalk) | offenes Meer |
| ш | | | | Gipsmergel und Steinsalz | Lagunen |
| Σ | | | | Mergelkalke und Dolomite | flaches Meer |
| | | | | Gips-Tone | Lagunen |
| | 050 | | Buntsandstein | Sandsteine, tonige Sande Dolomite | flaches Meer, Tümpel, Wüste |
| LAEO- IKUM | — 250 — | PERMO/ KARBON ? | Rotliegendes ? | tonige Arkosen und Tone mit ? Kohle | Festland, Wüste, ?Meer ? tropischer Wald htaltes Abtragungsrelief |
| P A 1 | | SOCKE | L (GRUNDGEBIRGE |) GRANITE UND GNEISE | z.T. metamorphe Erstar- rungsgesteine |

Tab. 1 SCHICHTENFOLGE (STRATIGRAPHIE) IN DER UNTERSUCHTEN REGION

6. Regionale Tektonik (Tafel I)

Die Sockeloberfläche der Region ist durch Sedimente maskiert. Ihre Tektonik lässt sich nur aufgrund von vorsichtig in die Tiefe «projizierten», tektonischen Oberflächenerscheinungen vermuten. Grossräumige tektonische Analysen, Schweremessungen und eine seismische und aeromagnetische Vermessung des Gebietes gaben auch Anhaltspunkte für eine Darstellung der Sockel - Tektonik und - Topographie wie sie auf Tafel I wiedergegeben wurde. Im Neozoikum hat sich der Rheintalgraben nach der Aufwölbung als Trennung zwischen Vogesen- und Schwarzwaldmassiv abgesenkt. Gegen Ende des Tertiärs wurden die Jura-Ablagerungsgesteine vom Süden her (? über Evaporiten) gefaltet und am Nordrand des Faltenjuras auf den (als Begleiterscheinung des grossen Grabenbruchs im Nordwesten in Schollen zerteilten) Tafeljura aufgeschoben. Die heute sichtbaren tektonischen Spuren sind in verschiedenen Phasen entstanden und führten zu dem aufgrund von oberflächengeologischen Daten postulierten Gebirgsbau.



7. Vertikale Durchlässigkeit und Thermalwasserhöffigkeit

Die regionalen Vorkommen von oberflächlich auftretenden und durch Bohrungen oder Grabungen erschlossenen Thermalwässern geben im Allgemeinen Anhaltspunkte für die Erschliessung neuer Thermen. Die Kenntnis über thermalwasserführende Gebiete (und die vom Wasser bis zum Austritt als warme «Quellen» bevorzugten Wege) zeigen einen engen Zusammenhang mit dem Gebirgsbau, mit früheren Verkarstungen und mit anderen innerhalb der Schichtenfolge bevorzugten wasserdurchlässigen «Horizonten».

Auf den Tafeln II, III und IV sind als Beispiele drei typische Möglichkeiten für in dieser Region möglichen, thermalwasserhöffigen Untersuchungsgebieten aufgeführt.

Dass mit zunehmender Tiefe auch immer höhere Temperaturen auftreten, wird vorausgesetzt. Um aber das Thermalwasser als solches zu erschliessen, muss der «Thermosiphon» d.h. vor Allem die vertikale Durchlässiskeit, aber auch das fliessfähige Angebot von Wasser funktionieren. Aus diesem Grunde sind im Folgenden vor allem Bruchzonen - «Flächen» als Zubringer von (warmem) Tiefenwasser berücksichtigt. Dort, wo diese mit ursprünglich wasserdurchlässigen Horizonten zusammentreffen, steigt die Thermalwasserhöffigkeit. Ebenso dort, wo sie von weiteren (Zerr-) Strukturen geschnitten werden. Die zahlreichen Annahmen und die z.T. hypothetischen Kriterien bei der Beurteilung von Thermalwassermöglichkeiten begründen ein relativ hohes Risiko. Um dieses Risiko zu vermindern sind neue Untersuchungsmittel einzusetzen, welche eine konkrete Basis zur Beurteilung und Einstufung der vielen «Möglichkeiten» schaffen. Nur durch Bohrungen kann allerdings die Durchlässugkeit der Verwerfungen bewiesen werden.

8. Untersuchungsmittel

Da in der untersuchten Region kaum neue Thermalwasserquellen an der Erdoberfläche zu erwarten sind, müssen wir für die Abklärung von Möglichkeiten und für die Erschliessung von Thermen mit teuren Bohrungen rechnen. Zur Bestimmung optimaler Bohrlokationen sind zuvor Untersuchungsmittel verschiedener Art einzusetzen.

Die Erkenntnisse von hier bereits mitberücksichtigten, regionalen hydrogeologischen Kartierungen und Analysen, sowie von grossräumlichen Schwere - Reflexionsseismik - und Magnetik - Messungen, und der generellen Bohrresultate über geothermische Anomalien, Wärmefluss und Sockeltektonik, von felsmechanischen Reaktionen kompetenter Gesteine auf Zerr- und Pressbewegungen, müssen laufend neuen Daten angepasst werden. Die lokale Präzisierung muss in Zukunft mit folgenden wichtigsten Verfahren geschehen:

- 8.1 Geologische Detailkartierungen sind z.B. im Massstab 1:5000 oder 1:1000 sinnvoll. Es handelt sich dabei um eine unter Umständen etwas zeitraubende, doch zusammen mit vorhandenen Unterlagen, verhältnismässig kostengünstige Untersuchungsmethode.
- 8.2 Geothermik und Felsmechanik. Weiterführen regionaler Sammlung und Auswertung geothermisch und tektonisch relevanter Daten sind unerlässlich.

- 8.3 Geochemische Untersuchung. Mittels Gasanalysen aus Bodenproben kann in relativ engbegrenzten Arealen der oberflächennahe Verlauf von Verwerfungen und z.B. steilgestellter Schichtenwechsel definiert werden. Dies ist eine einfache, relativ billige Methode mit oft schwer zu beurteilenden Resultaten.
- 8.4 Geoelektrik. Unter Umständen können Verwerfungsverläufe in Oberflächennähe auch mit geoelektrischen Profilen erfasst werden. Diese relativ einfache Untersuchungsmethode ist nur in ausgewählten Gebieten durchführbar. Die Resultate sind oft nicht eindeutig zu interpretieren.

8.5 Refraktionsseismik und Reflexionsseismik

Diese geophysikalischen Methoden ermöglichen eine (besonders nach der Kontrolle der ersten Resultate durch eine Tiefbohrung) ziemlich genaue Lokalisierung von Schichtgrenzen, Verwerfungslagen und Disharmonien im Untergrund. Diese Arbeiten sind relativ Zeit- und Kapitalaufwendig.

8.6 Rutengänger und Pendler

Aufgrund bisheriger Erfahrungen sind die von Rutengänger und Pendlern in der Schweiz bei der Thermalwassersuche behaupteten Erfolge dort eingetreten, wo Tiefbohrungen oder Quellen in früherer Zeit bereits Thermalwasser erschlossen hatten (z.B. Zurzach, Leukerbad). Es ist eine billige, auf Glauben und «Spürsinn» fussende Methode für die Erfassung von Möglichkeiten von aus der Tiefe aufsteigendem Thermalwasser. Aussagenüber Ort (Tiefe), Menge und Qualität «gemuteter» Thermalwässer sind so widersprüchlich, dass in jedem Fall zugleich geologische Explorations-Methoden angewandt werden müssen, um zum Ziel zu gelangen.

8.7 Strukturbohrungen

Dort wo untiefe kleinkalibrige Bohrungen die Lage von Schichtenfolgen, Schichtneigungen und Verwerfungsverläufen sowie die Wasserdurchlässigkeit der dadurch aufgeschlossenen Schichtreihe nachweisen kann, sind solche Bohrungen (meist nur in der Mehrzahl) sinnvoll. Es handelt sich dabei um eine relativ teure, aber aussagekräftige Untersuchungsmethode in sonst wenig bekannten Gebieten.

8.8 *Tiefbohrungen* (siehe auch 9.)

Diese sind in jedem Fall für die Feststellung des Vorkommens, von Temperatur, Druck, Menge und Qualität eines Thermalwassers in der Tiefe notwendig. Es handelt sind dabei um grosskalibrige Rotary-Bohrungen (z.B. Meisselbohrungen mit Verrohrung und anderen Methoden zur Ueberwindung schwieriger Bohrstrecken, wie z.B. Spülungsumlauf mit eventueller Aufsalzung der Spülung). Die Vermessung mit bohrlochgeophysikalische Methoden, sowie Kernstrecken, Pumpeneinbau, Pumpversuche, längere Zuflussmessungen, Mehrfachförderung, Analysen etc. sind dabei unerlässlich. Als sehr gut vorbereitetes Mittel zum Fund eines nutzbaren Thermalwasservorkommens sind diese Arbeiten die Aufwendigsten aber auch die Schlüssigsten.

8.9 Erschliessungsbohrungen (Produktion)

Es ist möglich, bei genügender Vorausplanung eventuell eine der zur Untersuchung projektierten Tiefbohrungen als Förderbrunnen auszubauen. Im übrigen gilt dasselbe wie unter 8.8.

9. Optimale Bohrziele

Prinzipiell wurden in der untersuchten Region die «thermalwasserhöffigen» Horizonte nach folgenden Kriterien ermittelt:

- Ohne «Thermosyphon» sollte die Tiefenlage aufgrund der lokalen geothermischen Tiefenstufe genügend Wasser von mindestens 20° C erwarten lassen.
- Die entsprechenden wasserführenden Horizonten sollten durch ihre Klüftigkeit/ Verkarstung eine für Thermalwasser dauernd genügende Permeabilität aufweisen.
- Die N\u00e4he von «offenen» Verwerfungssystemen sollte erm\u00f6glichen, dass die der Tiefe entsprechende Temperatur des Wassers durch Zufluss von unten erh\u00f6ht wird (vertikale Permeabilit\u00e4t). St\u00f6rungen in kompetenten Gesteinen bieten daf\u00fcr gr\u00f6ssere Chancen.
- Die angetroffenen Druckverhältnisse sollten durch Artesik («Thermosiphon», Gasdruck und/oder Dampfdruck) möglichst weit über den hydrostatischen Wasserdruck hinausgehen, der lang-dauernde Zufluss über das Thermalwassersystem muss entnommene Mengen nach Möglichkeit übersteigen.
- Die Bohrtiefe sollte aus bohrtechnischen-und Kosten-Gründen wenn möglich ca.
 1200 m nicht überschreiten.

10. Auswahl von Untersuchungsgebieten

Vor dem Einsatz der Detail-Untersuchungsmittel müssen die wirtschaftlichen (Risikobeurteilung, Finanzierung, Art der Nutzung, Abnehmergruppen), Umweltbezogenen (technische Bewältigung auch allfälliger Gewässerbedrohung, Verkehrsaufkommen), politischen und rechtlichen Probleme gelöst werden.

Die aufgeführten Untersuchungsgebiete wurden als Beispiele aus «thermalwasserhöffigen Regionen» ausgewählt. Es ist also durchaus denkbar, dass z.B. auch zusätzlich zu den 1972 untersuchten 18* «Standorten» im Kanton Basel-Landschaft (siehe Tafel I, S. 57) andere Lokationen aus wirtschaftlichen, technischen u.a. Gründen (z.B. geringere Bohrtiefe bis zu artesischem «Buntsandstein-Thermalwasser» in August, Muttenz, Pratteln; günstige Lage von Karstwasser im südlichen Tafeljura, oder Vorhandensein eines in Zukunft noch zu definierenden, thermalwasserliefernden Sockelsprungs in Birsfelden, Sissach, Gelterkinden) ähnliche oder gar bessere Thermalwasserhöffigkeit aufweisen als die drei in Kapitel 11, Tafeln II, III und IV, ausgewählten Beispiele.

Die grossen Sprunghöhen der relativ steilen Verwerfungen erster Ordnung lassen eine Fortsetzung dieser Verwerfungen in den Sockel hinein vermuten. Diese könnten als Thermalwasserzubringer dienen, weil sie in grösserer Tiefe möglicherweise in kompetenten Gesteinen auch erhöhte Klüftigkeit und deshalb erhöhte Durchlässigkeit hätten. Im Rheintalgraben und im Tafeljura wurden deshalb Untersuchungsareale in der Nähe von Verwerfungsspuren mit grosser Sprunghöhe ausgewählt. Im Faltenjura wurde eine Kombination «Synklinale/Verwerfung» versucht.

^{*} Allschwil (Chleifeld), Arlesheim (Ermitage), Biel-Benken (Ufembärg), Buus (Brunn), Itingen (Weiermatt und Sunnebärg), Langenbruck (Hüslimatt, Schöntal, Freichelen und Helfenbergrütenen), Lausen (Rüti), Maissprach (Leiselen), Münchenstein (neue Welt und Hofmatt), Muttenz (Unterwart), Waldenburg (Frenketal), Wintersingen (Schlatt und Landstein).

PROGNOSEN RHEINTALGRABEN NORDWEST - SCHWEIZ

| Channe | LCKABEN | |
|------------|----------|--|
| DITTIBLEAT | KHEINIAI | |

ALGRABEN

N: Temperaturmessungen in der Bohrung Allschwil - 1, den Kalibergwer-Bayon

ken Buggingen (D), Erdölbohrungen im Elsass, sowie Angaben überJahon

Thermalwäser u.A. von Bader-Baden (D) und Neuwiller (F) (1971) ADA

RE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE:

C and C a QUELLEN:

MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE:

GRUND - TEMPERATUR:

| SCHEMATISCHES BOHRPROFIL | OHRPROFIL | | | |
|------------------------------------|-------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Schichtenfolge | maximale Mächtigkeit | max. im Bereich der Bohrvor- schläge | wichtige Wasser- führende Horizonte im klüftigen Fels | technisch schwierige Bohrzonen |
| Löss-Lösslehm | 30 m | | | |
| Schotter u. Auelehm | m 09 | 15 | | |
| Molasse | 1000 m | 006 | | × |
| Eocaen | 30 m | 200 | | |
| Malmkalk | 80 m | 80 | × | |
| ob. Dogger | 20 m | 20 | | |
| Hauptrogenstein | 100 m | 100 | × | |
| Unterer Dogger | 70 m | 70 | | |
| Opalinuston | 100 m | 100 | | × |
| Lias | 70 m | 50 | | |
| Keuper | 150 m | 100 | | × |
| Trig. Dolomit | 20 m | 20 | × | |
| Hauptmuschelkalk | 55 m | 55 | × | |
| Anhydritgruppe | 90 m | 50 | | × |
| Wellengebirge | 45 m | 45 | | |
| Buntsandstein (Karneolhorizont) | 35 m+x m | i | i | |
| Perm? | ? m | i | | ć |
| | | | | |

ANMERKUNG:

Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Granit

Diese Bohrprognose gill für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Maximalanderingkeiten in der Region. Auf dieser Basis können der Trelelangen apprositier vom der Lage des Ahstanderscheinstelle werden. Die eigentlichen Bohriefen hangen von der Lage des Ahstanders under Vereichnet werden. Die eigentlichen Bohriefen hangen von der Lage des Ahstanderschaften der Weisen vom der Lage des Ahstanderschaften der Weisen der Scheinstelle Weisen der Scheinstelle Weisen der Weisen der Scheinstelle Weisen der Weisen der Scheinstelle Weisen der Auswertung der nötigen Vorninersuchungen möglich. Da die Palacotte Scheinschließen der nichen Rate die Palacotte der General dem Verlagsbeiten der Palachten der General einem Verlagsgerich der Palachten der dem General dem Verlagsgerich der Palachten der General dem Verlagsgerich der der General dem Verlagsgerich der Ableitigkeiten mit damit die deraillerte Geschein Auflagseit zu der Geschein Abschließerich und damit die deraillerte Geschein Auswertung der Ableite des Sockels kaum voraussagbar.

PROGNOSE LOKATION MÜNCHENSTEIN BL

| ORT Neuewelt, Gem. Münchenstein BL KOORD. 613750/264000 KOTE 270 m | |
|---|--|
| BOHRZIELE OPTIMALE BOHRZIELE + Haupimuschelkalk + + Buntsandstein + + + Sockel | im Verwerfungs-Bereich |
| TIEFEN + 250 - 1000 + + 350 - 1100 + + + 400 - 1300 | TEMPERATUR °C + 18 - 48 + + 22 - 52 + + + 24 - 60 |
| DRUCK at. + 25 - 100 + + 35 - 110 + + + 40 - 130 | ERGIEBIGKEIT 1/Sek. + - 50 + + - 10 + + + - x |

MINERALISATION GASGEHALT ETC.

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZE GEOLOGISCHE UND GEOHYDROLOGISCHE DATEN

geol. Oberflächenkarte 1:25000, zahlreiche Aufschlüsse

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOPHYSIKALISCHE DATEN

nur Übersichtsmessungen von Schwere und Magnetik

MINIMALES DETAILUNTERSUCHUNGSPROGRAMM VOR TIEFBOHRUNG Reflexionsseismik, minimal 2 Tiefbohrungen

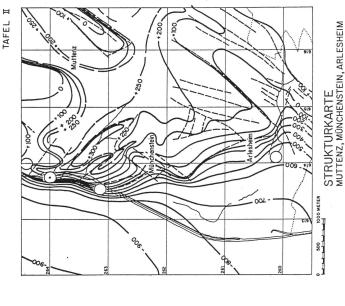
APPROXIMATIVE MINIMALE UNTERSUCHUNGSKOSTEN OHNE FÖRDERUNGSKOSTEN

Minimum 1.000.000.— Fr. *

BEMERKUNGEN

Gesucht wird die Flexur/Hauptverwerfung des östlichen Rheintalgrabenbruchs in der Nähe des auslaufenden westlichten Adlerhölgewölbes mit mößighete, zusätzlicher Zerr-Tektonik und mit erhoffret ierfreichender vertikaler Permeabilität, in günstiger Lage zu möglichen Abnehmen.

* Als Kostenbasis dienen Öfferten aus dem Jahre 1971, die heute nicht wesentlich höher sein dürften, vor Allem auch weil inzwischen ein Teil der nowendigen Untersuchungen in einigen Bereichen bereits ausgeführt



LEGENDE

- ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODUSDOLOMIT -KEUPER WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE) -+500
- AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG BEISPIEL LOKATION MÜNCHENSTEIN/NEUEWELT BL ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN \odot

PROGNOSEN TAFELJURA ZENTRALE NORDWEST - SCHWEIZ

| TAFELJURA | | | | ANI |
|---|---|---|--|--------------------------------------|
| QUELLEN: Temperation und geolo | aturmessungen in e logisch mögliche In en | einigen Bohrungen itepretation der ang | Temperaturmessungen in einigen Bohrungen am Rand des Gebietes und geologisch mögliche Intepretation der angetroffenen Wassertem- peraturen | NAHMEN BERECH |
| MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: (=durchschnittliche Temperaturzun Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter | EOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: =durchschnittliche Temperaturzunahme mit der T Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter pro 1º C): 33 m | NSTUFE: peraturzunahme mi t in Meter pro 1° G | iefe unter | VERWEN V ZUR TE INUNG/1 |
| GRUND - TEMPERATUR: (= mittlere, 6 ratur in ca 20 | MPERATUR: (= mittlere, angenommene, ratur in ca 20 m Tiefe): 8° C | | durchschnittliche Jahres-Bodentempe- | MPERA- ΓΙΕΓΕ |
| SCHEMATISCHES BOHRPROFIL | OHRPROFIL | | | |
| Schichtenfolge | maximale Machtigkeit | max. im Bereich der Bohrvor- schläge | wichtige Wasser- führende Horizonte im klüftigen Fels | technisch schwierige Bohrzonen |
| Gehängeschutt, Schotter, Lehm | 30 m | 15 | | |
| oberer Dogger | 20 m | 15 | | |
| Hauptrogenstein | 95 m | 85 | | |
| unterer Dogger | 65 m | 50 | | |
| Opalinuston | 100 m | 80 | ¥ | × |
| Lias | 35 m | 15 | | |
| Keuper | 150 m | 100 | | × |
| Trigonodusdolomit | 20 m | 20 | X | |
| Hauptmuschelkalk | 55 m | 50 | × | |
| Anydrit-gruppe | 100 m | 09 | | × |
| Wellengebirge | 45 m | 45 | | |
| Buntsandstein (Karneolhorizont) | ш 06 | 06 | × | |
| Perm Karbon? | 300 m/+ | 250+ | | 3 X |
| Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Granit | ge (Sockel) Granit | | × | |

ANMERKUNG: Diese Bohrprognose gilt für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Manimandsthigktein in der Region. And lieser Basis kohmen die Telledageva approsimativative der serven bei eigentlichen Bohrtiefen hängen von der Lage des Ansatzpunktes an der Oberfläche bezogen auf die Schichtenfolge, die scheinbare Schichtunfervall-Vergüsserung wegen alfalligies Schäfgäge, oder Vergüsserung bew. Reduktion beim Durchbohren von Verwerfrüngen ab. Zuverlässige Bohrpognosen sinderst nach der Auswertung der nötigen Vorunterschungen möglich. Da die Päldozober Schichtenfolge auf einen starken Reliel liegt sind die lokalen Mächtigkeiten und damit die detailierte Oberfläche des Sockels kaum voraussagbar

PROGNOSE LOKATION ITINGEN BL

Ħ TAFEL

| ORT Wetermatt, Gem. Itingen BL KOORD, 626900/257740 KOTE 355 m | |
|--|--|
| BOHRZIELE OPTIMALE BOHRZIELE + Haupmuschelkalk + + Buntsandstein + + + Sockel | im Verwerfungs-Bereich |
| TIEFEN + 150 - 550 + + 300 - 700 + + + 500 - 1000 | TEMPERATUR °C + 13 - 25 + + 17 - 29 + + + 23 - 38 |
| DRUCK at. + 5 - 45 + + 20 - 60 + + + 40 - 90 | ERGIEBIGKEIT 1/Sek. + - 50 + + - 10 + + - x |

MINERALISATION GASGEHALT ETC.

+ mässig, bis stark, vorwiegend Gips, Schwefelwasserstoff + stark, vorwiegend Gips, Bittersalz, Steinsalz, Schwefelwasserstoff, + + x x ? Korwiegend Gips, Bittersalz, Steinsalz, Schwefelwasserstoff,

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZE GEOLOGISCHE UND GEOHYDROLOGISCHE DATEN

geologische Karte 1:25000, Aufschlüsse, lokal wenige Detailkartierungen

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOPHYSIKALISCHE DATEN

MINIMALES DETAILUNTERSUCHUNGSPROGRAMM VOR TIEFBOHRUNG

nur Übersichtsmessungen von Schwere und Magnetik

geol. Detailikartierung, Geochemie, Elektrik, Seismik, Tiefbohrungen

APPROXIMATIVE MINIMALE UNTERSUCHUNGSKOSTEN OHNE FÖRDERUNGSKOSTEN

Minimum 1.000.000.— Fr.

Als Kostenbasis dienen Offerten aus dem Jahre 1971, welche heute nicht wesentlich höher sein dürften, vor Allem auch weil inzwischen ein Teil der notwendigen Untersuchungen in einigen Bereichen bereits ausgeführt

BEMERKUNGEN

Gesucht wird eine zum tiefreichenden (steilen) Bruchsystem der Zeininger-Verwerfung gehörendes Störungssystem in günstiger Lage zu möglichen Abenhenen

1,000 1 1,000 ,002+

LEGENDE:

STRUKTURKARTE LAUSEN, ITINGEN, SISSACH, RAMLINSBURG, ZUNZGEN

ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODUSDOLOMIT -KEUPER WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE) 1+200

 \odot

AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG BEISPIEL LOKATION ITINGEN/WEIERMATT BL ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN

PROGNOSEN FALTENJURA NORDWEST - SCHWEIZ

| FALTENJURA | | | | REGI ANN TURI |
|---|---|---|---|--------------------------------------|
| QUELLEN: Tempera | sturmessung im alter rung Lostorf (1972 | en Hauensteintunne !) | el und im Mineralwas | IONAL AHME BEREC |
| MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: (= durchschnittliche Temperaturzung Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter | RMISCHE TIEFE ischnittliche Temp fläche, ausgedrück | NSTUFE: peraturzunahme mi t in Meter pro 1° 0 | E GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: (= durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe unter derz Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter pro 1° C): 25 m | VERWEN N ZUR TI HNUNG/ |
| GRUND - TEMPERATUR: (= mittlere, a ratur in ca 20 | MPERATUR: (= mittlere, angenommene, ratur in ca 20 m Tiefe): 8° C | e, durchschnittlich C | e Jahres-Bodentem | NDETE EMPERA- TIEFE |
| SCHEMATISCHES BOHRPROFIL | OHRPROFIL | | | |
| Schichtenfolge | maximale Mächtigkeit | max. im Bereich der Bohrvor- schläge | wichtige Wasser- führende Horizonte im klüftigen Fels | technisch schwierige Bohrzonen |
| Rutschmassen | i | 3 | | |
| Gehängeshutt, Schotter & Lehm | 15 m | 15 | | |
| Malm Kalke | i | 3 | | |
| Malmmergerl | ن | ٤ | | × |
| oberer Dogger | 20 m | 20 | | |
| Hauptrogenstein | 100 m | 95 | × | |
| Opalinuston | 110 m | 001 | | × |
| Lias | 35 m | 30 | | |
| Keuper (mit Aufschiebungen | 150 m | 100 | | × |
| Hauptmuschelkalk | 50 m | 45 | X | |
| Anydritgruppe (mit flachen Aufschie- bungen) ev. mit Salz | ?150 m | 100 | | × |
| Wellengebirge | 50 m | 40 | | |
| Pernokarbon | ?50 m | × | | |
| Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Granit | ge (Sockel) Granit | | × | |

ANMERKUNG:

Dises Bohrprognose gill für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Maximalmatchigkeiten in der Region. Auf disert Basis können die Triefelangen approximativ berechnet werden. Die eigentlichen Bohriteren hängen von der Lage des Anstantiv berechnet werden. Die eigentlichen Bohriteren hängen von der Lage des Anstanfronten auf der Wergenschen auf Gestellen der Schichtern von der Gestellen Schrieben auf der Marchingen der Schichtern dem Durchbohren von Wewerfungen aus Zuverlassige Bohrprognoom siehe Schichtenligig auf einem Ragistigie, Das die Pallaconders handen der Auswertung der nötigen Vorniersuchungen möglich. Das die Pallaconde damit die detaillerte Oberfläche des Sockels kaum voraussagbat.

0 500 1000 METER

LEGENDE:

WALDENBURG, LANGENBRUCK STRUKTURKARTE

ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODUSDOLOMIT -1 200

WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE, OHNE VERSCHIEBUNGEN IM FALTENJURA)

AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG BEISPIEL LOKATION LANGENBRUCK/SCHÖNTAL BL ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN

 \odot \bigcirc

TAFEL IX

PROGNOSE LOKATION LANGENBRUCK BL

Schöntaleingen, Gem. Langenbruck BL 625 030/244 400 710 m BOHRZIELE OPTIMALE BOHRZIELE ORT KOORD. KOTE

+ Hauptmuschelkalk + + Buntsandstein in Muldenlage und im Verwerfungs-Bereich + + +? Überschiebung, Sokel

- 10 - 50 - 22 - 42 - 60 TEMPERATUR °C ERGIEBIGKEIT 1/Sek. + - 350 + + - 850 + + + - 1200 + + - 0 + + + - 20 + + + - 85 DRUCK at. TIEFEN

MINERALISATION GASGEHALT ETC.

+ mässig, bis mässig + stark, vorwiegend Gips, Schwefelwasserstoff + + stark, Gips, Bittersalz, Steinsalz, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure + x

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZE GEOLOGISCHE UND GEOHYDROLOGISCHE DATEN

geologische Karte 1:25000, zahlreiche Aufschlüsse, einzelne lokale Detailkartierungen

FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOPHYSIKALISCHE DATEN

nur Übersichtsmessungen von Schwere und Magnetik

MINIMALES DETAILUNTERSUCHUNGSPROGRAMM VOR TIEFBOHRUNG

geol. Detailkartierung, ? Geophysic, Geochemie, Geoelektrik, Tiefbohrungen

APPROXIMATIVE MINIMALE UNTERSUCHUNGSKOSTEN OHNE FÖRDERUNGSKOSTEN

Minimum 1.250.000.— Fr. *

BEMERKUNGEN

Gesucht wird die Flexur/Hauptverwerfung des östlichen Rheintalgraben-bruchs in der Nähe des auslaufenden westlichen Adlerhofgewöhbes mit mo-bruchs, zuskaltischer Zerr-Tektonik und mit erhofftet iefreichender verti-kaler Permeabilität; in günstiger Lage zu möglichen Abnehmern.

* Als Kostenbasis dienen Offerten aus dem Jahre 1971, die heute nicht werenlich hoher sein dürften, vor Allem auch weil inzwischen ein eicht notwendigen Untersuchungen in einigen Bereichen bereits ausgeführt

11. Prognosen und Vorschläge von Detailuntersuchungen für je ein Beispiel am Rheintalgrabenrand, im Tafeljura und im Faltenjura (Taf. II, III u. IV)

Die Temperaturen werden aufgrund von geothermischen Tiefenstufen von 25 m/1° C im Rheintalgraben und von 33 m/1° C in den anderen Gebieten berechnet. Der theoretische, hydrostatische Wasserdruck bezieht sich auf einen Rheinwasserspiegel von ca 250 m ü.M. Die erhoffte Artesik wird mit einer überdurchschnittlichen Permeabilität der Wasserleiter und mit hochgelegenen Einzugsgebieten z.B. im Schwarzwald begründet. Die Ergiebigkeitsangaben werden aufgrund von einigen lokalen Erfahrungswerten postuliert. Sie sind wohl der spekulativste aller Werte. Die Zusammensetzung der möglichen Thermalwässer (Chemismus) wird nur von vorhandenen Analysen von Felsgrundwässern aus der Region bestimmt und ist entsprechend unsicher.

Die tektonischen Verhältnisse in den drei als Beispiele gewählten Lokationen sind sehr unterschiedlich. Allen gemeinsam sind die wohl relativ tiefreichenden Störungen in Form von steilstehenden (?zerrütteten) Verwerfungszonen in Kombination mit möglichen zusätzlichen Zerrstrukturen. Es könnte damit Tektonisierung der kompetenten Gesteine bis zum Sockel erfolgt sein, die vor Allem sekundäre, mehr oder weniger gute vertikale Gesteinsdurchlässigkeit ermöglichte.

12. Erwägungen zur Klassierung thermalwasserhöffiger Lokationen

Von den relativ bescheidenen (bis überraschend guten) regional zu erwartenden Funden geothermischer Energie in Form von «artesischem» Thermalwasser (Temperaturen von 20-60° mit erhofftem überhydrostatischem Druck) wird versucht eine Klassierung vorzunehmen. Diese wird vorläufig bestimmt von den subjektiv beurteilten hydrogeologisch-geothermischen Erfolgsaussichten und den aufgrund von früher offerierten, aben noch einigermassen zutreffenden Untersuchungskosten (Explorationsaufwand pro Lokation, bis und mit Fundbeurteilung).

Weder die mögliche, zukünftige Wirtschaftlichkeit einer Nutzung noch die oekologischen und planerischen Folgen eines allfälligen Fundes konnten bei der Klassierung berücksichtigt werden.

- 1.1 Areale mit guten hydrogeologisch-geothermischen Aussichten bei mässigen Kosten befinden sich in Lokationen am Ostrande des Rheintalgrabens und im nördlichen Tafeljura.
- 1.2 Areale mit spekulativen bis sehr guten geohydrologisch-geothermischen Aussichten bei mittleren bis hohen Kosten befinden sich im Rheintalgraben, im zentralen bis südlichen Tafeljura und im Faltenjura.

Manuscript eingegangen 12. September 1985

Benutzte Karten und Auswahl meist neuerer Literatur

ALBINET, M. + VANÇON, J. P., (1967)

Carte hydrogéologique de la France au 1:50000 - Altkirch BRMG, Paris

ARMSTEAD, H.C.H., (1981)

La géothermie: exploration, forage, exploitation. Le Moniteur, Paris

BARTHOLET, H., (1964)

Geologie des Tafel- und Faltenjuras zwischen Eptingen und Oltingen 1:25 000, Tätigkeitsber. Naturf. Ges. BL, 23

BECKER, A., (1985)

Messung und Interpretation oberflächennaher in-situ Spannungen am Südost-Ende des Oberrheingrabens und im Tafeljura. Diss. Karlsruhe

BERG, D. + GENSER, H., (1961)

Geologische Voraussetzungen und hydrologische Deutung der Thermen von Badenweiler (SW - Schwarzwald): Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver. NF 43

BITTERLI, P., (1945)

Geologie der Blauen- und Landskronkette südlich von Basel, 1:25 000, Beitr. Geol. Karte der Schweiz, NF 81

BITTERLI, P., (1972)

Erdölgeologische Forschungen im Jura. Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., Vol. 39, Nr 95

BITTERLI, P., (1984)

Einführung in die Geologie des Blattes Arlesheim. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing., Vol. 50, Nr. 119

BITTERLI, P., FISCHER, H., HERZOG, P., (1984)

Geologischer Atlas des Schweiz 1:25 000, Blatt 1067 Arlesheim. Schweiz. Geol. Kommission, Basel BODMER, PH., BÜCHI, U.P., (1981)

Geothermische Prospektionsmethoden. Bull Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 47, Nr. 113 BÜCHI, U.P., (1975)

Energiegewinnung aus der Oberen Meeresmolasse und dem Mesozoikum, Lehmann, Zürich

BÜCHI, U.P., LEMCKE, K., WIENER, G. + ZIMDARS, J., (1965)

Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens: Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 32, Nr. 82

BÜCHI, U.P., SCHLANKE, S. MUELLER, E., (1976)

Zur Geologie der Thermalwasserbohrung Konstanz und ihre sedimentpetrographische Korrelation mit der Erdölbohrung Kreuzlingen. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., Vol. 42, Nr. 103

BUNDESAMT FÜR ENERGIEWIRTSCHAFT, (1981)

Geothermische Datensynthese der Schweiz, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern

BUNDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, (1982)

Wegleitung zur Wärmenutzung aus Wasser und Boden, Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern BUNTENBARTH, G., (1980)

Geothermie. Springer, Berlin

BUNTENBARTH, G., (1984)

Geothermics. Springer, Berlin

BUXTORF, A., (1901)

Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura, 1:25 000, Beitr. Geol. Karte der Schweiz, NF 11

BUXTORF, A., (1917)

Prognosen und Befund beim Hauensteinbasistunnel. Mitt. Aarg. Natf. Ges. XIV

BUXTORF, A., (1928)

Das Gebiet der Rheintalflexur. Eclogae geol. Helv. 21/1

BUXTORF, A., (1951)

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000 Blatt 2, Basel-Bern, Erläuterungen, K+F, Bern

BUXTORF, A. + CHRIST, P., (1936)

Geol Atlas des Schweiz 1:25 000 Bl. 96-99, Laufen-Mümliswil, Erläuterungen, K+F, Bern

BUXTORF, A. + CHRIST, P., (1942)

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200000 Blatt 2, Basel-Bern, K+F, Bern

CADISCH, J., (1928)

Zur Geologie alpiner Thermal- und Sauerquellen Jber. Natf. Ges. GR, NF LXVI

Cdisch, J., (1932)

Zur Geologie der Schweizer Mineral- und Thermalquellen Verh. Natf. Ges. BS, Bd. XLII

CADISCH, J., (1939)

Aufgaben der Mineral- und Thermalquellengeologie Ann. Schweiz. Ges. für Balneologie und Klimatologie H. XXXIV

CADISCH, J., (1976)

Geologie der Mineral- und Thermalquellen in: Das Bäderbuch der Schweiz (Schweizerische Verkehrszentrale, Zürich)

CARLÉ, W., (1958)

Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheintalgraben... Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., NF 40

CARLÉ, W. (1975)

Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart

CELLIERS, J. B. + VILLIERS, L. de, (1907)

Geologische Karte des Gebietes um Eptingen, 1:25 000 Dissertation, Freiburg i. Br.

ČERMÁK, V. and RYBACH, L., (ed), (1979)

Terrestrial Heat Flow in Europe. Springer, Berlin

ČERMÁK, V. and HAENEL, R., (ed.), (1982)

Geothermics and Geothermal Energy. Schweizerbart, Stuttgart

DISLER, C., (1931)

Geologie des Bezirks Rheinfelden und der angrenzenden Gebiete 1:50000, «Vom Jura zum Schwarzwald», Sonderheft

DISLER, C., (1951)

Die Steinkohlenbohrversuche bei Zeiningen, in Wallbach und in Mumpf im letzten Jahrhundert.

Vom Jura zum Schwarzwald, Bl. f. Heimatkunde und Heimatschutz, 1951, 3

DUBOIS, G. et al., (1955)

Notice explicative et carte géologique et agronomique de département du Haut-Rhin, 1:100000: Préf. Ht.

Rhin et Serv. Carte Géol. Alsace-Lorraine

ELBER, D., (1963)

Die Geologie des Gebietes von Langenbruck am oberen Hauenstein (1:25 000). Dissertation Univ. Basel, unveröffentlich

ERNST, P., (1981)

Stand der Entwicklung der Geothermischen Energie in der Bundesrepublik Deutschland

Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 47, Nr. 113

FISCHER, H., (1965)

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt Rodersdorf, mit Erläuterungen, K+F, Bern

FISCHER, H., (1965)

Geologie des Gebietes zwischen Blauen und Pfirter Jura (SW Basel) 1:25000, Beitr. Geol. Karte der Schweiz, NF 122

FISCHER, H., (1969)

Geologischer Überblick über den südlichen Oberrheingraben und seine weitere Umgebung: Regio Basiliensis, X/1

FISCHER, H., (1969)

Einige Bemerkungen zur «Übersichtstabelle zur Geologie der weiteren Umgebung Basel»: Regio Basiliensis, X/2

FISCHER, H., HAUBER, L. + WITTMANN, O., (1971)

Geol. Atlas der Schweiz, 1:25 000, Blatt 1047 Basel: Erläuterungen: K+F, Bern

GOLDSCHMID, H. O., (1965)

Die Geologie des Faltenjura zwischen Olten und Unterem Hauenstein, 1:25 000, Tätigkeitsber. Naturf. Ges. BL, 24

GREPPIN, E., (1908)

Geologische Karte des Blauenberges südlich Basel, 1:25 000 mit Erläuterungen, K+F, Bern

GSELL, F., (1968)

Geologie des Falten- und Tafeljura zwischen Aare und Wittnau und Beobachtungen zur Tektonik... 1:20000, Mitt. Geol. Inst. ETH, NF 91

GUTZWILLER, A. + GREPPIN, E., (1915)

Geologische Karte von Basel 1:25 000 I. Teil mit Erläuterungen (18), 1916, Geol. Karte der Schweiz 77

GUTZWILLER, A. + GREPPIN, E., (1917)

Geologische Karte von Basel 1:25 000 II. Teil mit Erläuterungen (19), Geol. Karte der Schweiz 77

HAENEL, R. and GUPTA, M., (ed.), (1983)

Results of the first Workshop on Standards in Geothermics. Schweizerbart, Stuttgart

HARTMANN, A., (1917)

Chemische und geologische Verhältnisse der Quellen von Lostorf... Mitt. Aarg. Natf. Ges. XIV

HARTMANN, A., (1925)

Die Mineral- und Heilquellen des Kantons Aargau. Mitt. Aarg. Natf. Ges. XVII

HAUBER, L., (1960)

Geologie des Tafel- und Faltenjura zwischen Reigoldswil und Eptingen, 1:25 000, Beitr. Geol. Karte des Schweiz, NF 112

HERZOG, P., (1956)

Die Tektonik des Tafeljura und der Rheintalflexur südöstlich von Basel mit Karte 1:25 000, Eclogae Geol. Helv., 49/2

HEUSSER, H., (1926)

Beiträge zur Geologie des Rheintals zwischen Waldshut und Basel 1:50000 und 1:10000, Beitr. Geol. Karte der Schweiz, NF 57

HOEGL, O., (ed.), (1980)

Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz Haupt, Bern

HUENE, F. von. (1900)

Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal im Schweizer Tafeljura, 1:25 000, Verb. Natf. Ges. BS, XII/3

ILLIES, J.H., (1967)

Development and tectonic pattern of the Rhinegraben. Abb. geol. Landesant Baden-Württemberg 6

JACCARD, A. + MULLER, A., (1867)

Carte géologique Belfort-Bâle, 1:100000. Geol. Karte der Schweiz, II

JACKLI, H. und KEMPF, Th., (1972)

Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100000, Blatt Bözberg-Beromünster K+F, Bern

Jaffé, F. C., (1971)

Geothermal Energy, a review. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 38, Nr. 93

KAPPELMEYER, O. and HAENEL, R., (1974)

Geothermics. Borntraeger, Berlin

KOCH, R., LEHNER, E., WAIBEL, A., und MUEHLBERG, M., (1936)

Geologische Karte 1:25 000, Laufen-Münliswil. Geol. Atlas des Schweiz. 3: K+F, Bern

LAUBSCHER, H. P., (1961)

Die Fernschubhypothese der Jurafaltung... Eclogae Geol. Helv., 54/1

LAUBSCHER, H. P., (1965)

Ein kinematisches Modell der Jurafaltung. Eclogae Geol. Helv., 58/1

LAUBSCHER, H. P., (1971)

Das Problem von Rheintalflexur und Tafeljura. Eclogae Geol. Helv., 64/1

LAUBSCHER, H.P., (1982)

Die Südostecke des Rheingrabens - ein kinematisches und dynamisches Problem Eclogae geol. Helv., 75/1, 101-116, Basel

LAUBSCHER, H. P., THEOBALD, N., WITTMANN, O., (1967)

Le prolongement S du fossé rhénan. Abh. geol. Landesamt Baden-Württemberg 6

LEMCKE, K., (1974)

Vertikalbewegungen des vormesozoischen Sockels im nördlichen Alpenvorland vom Perm bis zur Gegenwart. Eclogae geol. Helv., 67/1, 121-133, Basel

LEMCKE, K. und TUNN, W., (1956)

Tiefenwasser in der süddeutschen Molasse und in ihrer verkarsteten Malmunterlage: Bull. VSP 23/64

METZ, R. und REIN, G. (1958)

Erläuterungen zur geologisch-petrographischen Übersichtskarte des Südschwarzwaldes, 1:50000, Schauenburg, Lahr

MOESCH, C., et al., (1876)

Geologische Karte Liestal-Schaffhausen, 1:100000 und Erläuterungen Geol. Karte der Schweiz, III

MOESCH, C., et al., (1913)

Geologische Karte Aarau-Luzern, 1:100000 und Erläuterungen Geol. Karte der Schweiz, VIII

MUEHLBERG, F., (1908)

Geologische Karte der Umgebung von Aarau, 1:25 000 und Erläuterungen, Geol. Spezialkarte der Schweiz 45

MUELHBERG, F., (1914)

Geologische Karte Hauensteingebietes, Waldenburg-Olten, 1:25 000 und Erläuterungen (1915) Nr. 16, Geol. Spezialkarte der Schweiz 73

OLIVET, J., (1982)

Le chauffage géothermique. Eyrolles, Paris

PAVONI, N., (1980)

Crustal stresses inferred from fault-plane solutions of earthquakes and neotectonic deformation in Switzerland. Rock Mech., Suppl. 9, 63-68, Wien

QUERVAIN, F. de, et al., (1964)

Geotechmische Karte der Schweiz 1:200000, Neuchâtel-Bern-Basel und Erläuterungen: K+F, Bern

RUHLAND, M., BLANALT, J. G. et al., (1969)

Carte géol. de la France au 1:80000, Ferrette, et notice explicative BRGM, Orléans

RUTSCH, R. F., (1951)

Geologische Probleme der Erschliessung unterirdischer Wasservorkommen Schweiz. Ver. Gas- und Wasserfachmänner 5

RYBACH, L., (1975)

Thermische Fragen der Lagerung von Radioaktiven Abfällen, Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 41, Nr. 100

RYBACH, L., (1982)

Die Geothermischen Verhältnisse in der Schweiz, Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 48. Nr. 115

RYBACH, L. and STEGENA, L. (ed.), (1979)

Geothermics and Geothermal Energy, Birkhäuser, Basel

SAUER, K., (1961)

Thermal- und Mineralquellen am Hoch- und Oberrhein und ihre Bedeutung für die Regionalplanung, Planungsgemeinschaft Hochrhein, Vierteljahresschrift

SCHMASSMANN, H.J. und BAYRAMGIL, O., (1946)

Stratigraphie, Petrographie und Paläogeographie der Perm - Formation im Schweizerischen Tafeljura und die Steinkohlenfrage der Nordwestschweiz, Tätigkeitsber. Natf. Ges. Baselland 15, 1945

SCHMASSMANN, H., (1968)

Grundwasserkarte Kanton Basel-Land, 1:25 000 Baudirektion BL

SCHMASSMANN, H., (1970)

Die Grundwasservorkommen im oberen Muschelkalk des Kantons Basel-Landschaft, Gas-Wasser-Abwasser, 50/4

SCHMASSMANN, H., (1970)

Geologie, Klima und Gewässer von Liestal (mit Karte 1:50000) In: Heimatkunde von Liestal

SCHMASSMANN, H., (1977)

Die Mineral- und Thermalwasser von Bad Lostorf, Natf. Ges. Solothurn, H. 27

SIA, SFIG and SGBF, (1983)

Studientagung Geothermie vom 5. November 1982, Zürich

SUTER, R., (1915)

Geologie der Umgebung von Maisprach, 1:25 000, Verh. Naturf. Ges. BS, 26

THEOBALD, N., (1958)

Carte géologique de la France au 1:50000, Altkirch-Huningue, Serv. Carte Géol. France

VARET, J., (1982)

Géothermie basse énergie: usage direct de la chaleur. Masson, Paris

VILLIERS, L. de, (1907)

Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Eptingen und Läufelfingen, Dissertation, Speyer + Kaerner, Freiburg i. Br.

VOLLMAYR, Th., (1983)

Temperaturmessungen in Erdölbohrungen der Schweiz. Bull Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 49, Nr. 116

WANNER, E., (1932)

Die Lage der Thermal- und Mineralquellen der Schweiz und der Ostalpen bezüglich der Erdbebengebiete Viertelj. Schrift der Natf. Ges. Zürich Jahrg. 77

WIENER, G., (1969)

Ein nächster Schritt in der Erdölexploration der Schweiz. Bull. Ver. Schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing. Vol. 36, Nr. 89

WIENER, G., (1970)

Thermalwasserbohrung Neuwiller, France. WWA BL, Vorläufiger Bericht

WIENER, G., (1971)

Geologische Kompilationskarte der Regio Nordwestschweiz in 3 Blättern 1:25 000, Unveröffentlicht

WIENER, G., (1972)

Thermalwasserkatalog (für den Kanton Basel-Landschaft), 2 Text fig. 7 Anlag. 26 Tab.

Wasserwirtschaftsamt des Kantons Basel-Landschaft

WITTMANN, O., HAUBER, L., FISCHER, H., und STAEHELIN, P., (1970)

Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25000 Blatt 1047 Basel Schweiz. Geol. Komm., K+F, Bern

Buchbesprechung

Grundzüge der Geochemie (1985)

von B. MASON und C.B. MOORE, übers. u. bearb. G. Hintermaier-Erhard XII + 340 S., 97 Abb., 66 Tab. kart. DM 49.80 - Enke, Stuttgart

Diese Einführung in die Geochemie ist besonders für Geowissenschafter mit den nötigen Grundkenntnissen in der Chemie geschrieben und, weil ein Buch von dieser Grössenordnung im deutschen Sprachgebiet fehlt, auch übersetzt und bearbeitet worden.

Die Kap. 1: «Einführung» S. 1-7), Kap. 2: «Weltall und Sonnensystem», (S. 8-26) und Kap. 3: «Aufbau und Zusammensetzung der Erde» (S. 27-62), befassen sich hauptsächlich mit den Stoffen in diesen Bereichen. Die Kap. 4: Thermodynamik und Kristallchemie (S. 63-89), Kap. 5: «Der Magmatismus und seine Gesteine» (S. 90-142) und Kap. 6: «Sedimentation und Sedimentgesteine» (S. 143-181) behandeln zudem die Bildungsvorgänge und Abläufe. Im Kap. 7:» Isotopengeochemie (S. 182-204) wird auch die Geochronologie behandelt. Die folgenden Kapitel 8: «Die Atmosphäre» S. 205-227), 9: «Die Hydrosphäre» (S. 228-245) und 10: «Die Biosphäre» (S. 246-271) betreffen die geochemischen Produkte ausserhalb der festen Erdkruste. In Kap. 11: «Die Geochemie der Gesteinsmetamorphose» werden u.A. Gleichgewichte, Ungleichgewichte, Fazies und Umwandlungen kurz zusammengefasst. Das abschliessende Kapitel 12: «Der geochemische Kreislauf» (S. 308-323) behandelt die Erde als physiko-chemisches System. Jedes Kapitel schliesst mit ausgewählten Schriften. Ein Anhang tabelliert Zerfallsreihen für Uran und Thorium und ein Autoren- und Sachwortregister beschliessen den Band, der auf knappem Raum eine gut illustrierte Stoffübersicht bietet.