

Thermalwasserprospektion in der Nordwestschweiz

Autor(en): **Wiener, Gabriel**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1986)**

Heft 122

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-210048>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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 essentially 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 souterraine au nord-ouest de la Suisse est présentée. Ce travail est basé surtout sur le matériel hydrogéologique et de cartographie régional. Les principes et les prognoses de trois des nombreux sites sont évalués.

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) detaillierte 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 für 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 detaillierter 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 Thermalwasserhöflichkeit erwarten lassen. Trotzdem muss in einzelnen Fällen auf ein in jedem Untersuchungsareal vorhandenes Risiko hingewiesen werden, weil besonders die vertikale Permeabilität sowie lokale Wassermengen 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 Luftsäule 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 andererseits 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).

Vadose 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-Verwerfungs-zonen mit dieser Möglichkeit zu rechnen.

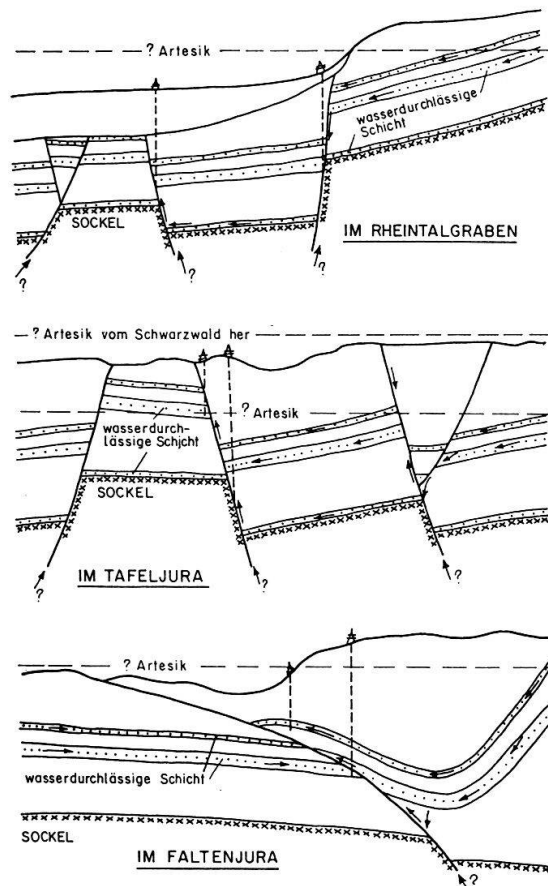


FIG.1 SCHEMASKIZZEN ZUM THERMOSIPHON - EFFEKT
(nicht masstäblich)

- 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-Verwerfungen 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 karbonate 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- ALTER	VOR MILLION JAHREN	FORMATION	ABTEILUNG	HAUPTGESTEINS- ARTEN	ABLAGERUNGSMILIEU/FACIES
K A E N O - Z O I K U M	0	QUARTÄR	Holozän Pleistozän	Gehängeschutt, Auelehm Schotter, Moräne, Löss	heutige Verhältnisse kaltes Festland
		TERTIÄR	Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paleozän	Mergel, Sandsteine, Tonmergel, Kalke	wechselnd warmes Binnenmeer, Seen und Festland
	67	KREIDE		f e h l t	
M E S O - Z O I K U M	140	JURA	Malm	Kalke Mergel Tone	verkarstete Abtragungsfläche meist offenes, tiefes Meer
	Mergelkalke			tiefes Meer	
	Dogger		Kalke (Rogenstein)	rel. flaches Meer	
			Mergelkalke, Tone	offenes, meist Tiefmeer	
	Lias		sandige Tonmergel Kalke	offenes Meer	
	200	TRIAS	Rhät	Tone und Sandsteine	wechselnd Fest- land und warme Lagunen mit Evaporiten
			Keuper	Dolomite, Mergel Gips, Tonmergel, ? Salz sandige Mergel	
			Muschelkalk	Dolomite	Lagunen
				Kalke (Hauptmuschelkalk)	offenes Meer
				Gipsmergel und Steinsalz	Lagunen
				Mergelkalke und Dolomite	flaches Meer
			Buntsandstein	Gips-Tone	Lagunen
				Sandsteine, tonige Sande Dolomite	flaches Meer, Tümpel, Wüste
250	PERMO/ KARBON ?	Rotliegendes ?	tonige Arkosen und Tone mit ? Kohle	Festland, Wüste, ? Meer ? tropischer Wald	
P A L A E O - Z O I K U M		S O C K E L (GRUNDGEBIRGE) GRANITE UND GNEISE			tief durchtalltes Abtragungsrelief z.T. metamorphe Erstarrungsgesteine

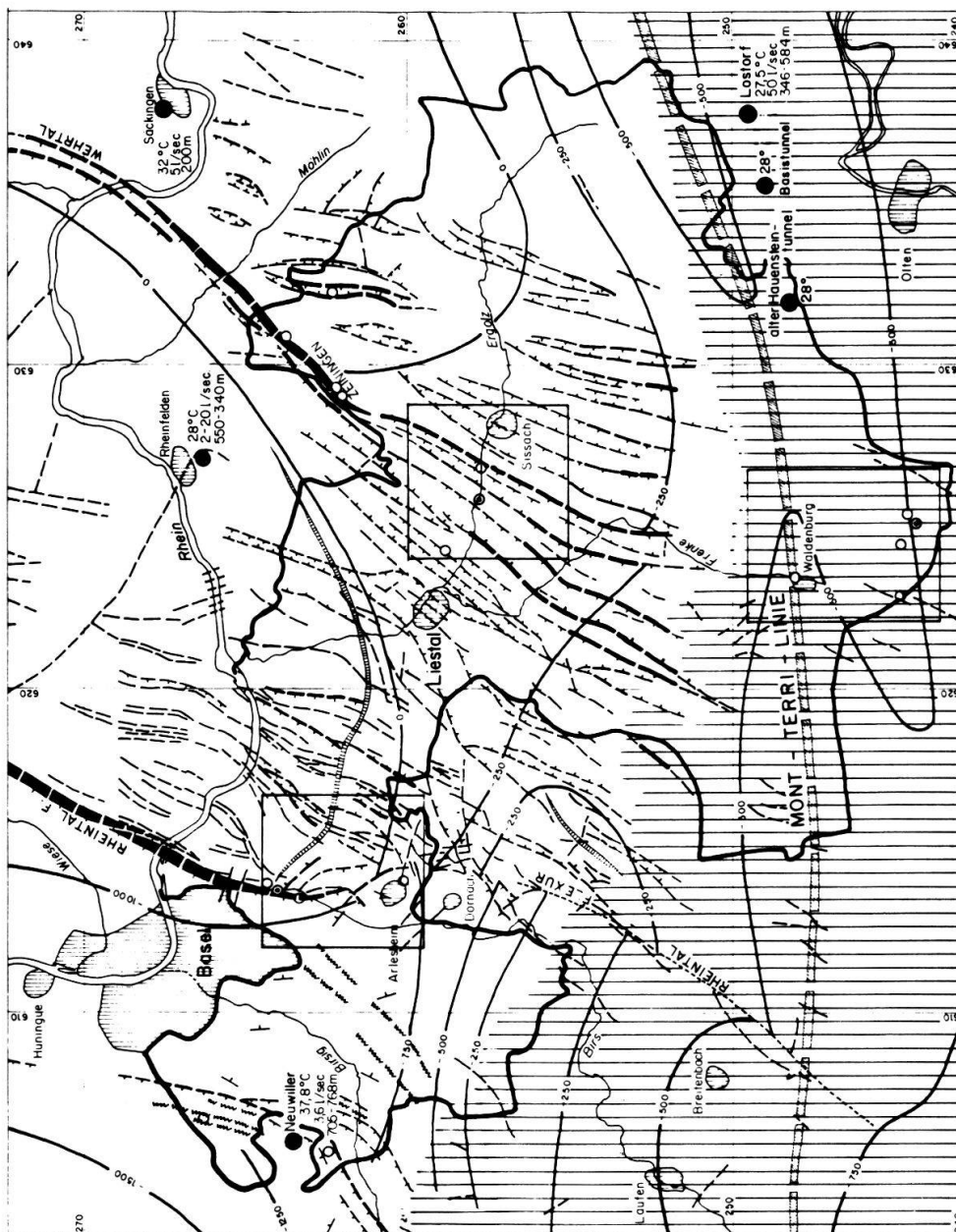
Tab. 1 SCHICHTENFOLGE (STRATIGRAPHIE) IN DER UNTERSUCHTEN REGION

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 oberflächen-geologischen Daten postulierten Gebirgsbau.

TEKTONISCHE KARTe DER NORDWESTSCHWEIZ

LEGENDE



TAFEL I

7. Vertikale Durchlässigkeit und Thermalwasserhöflichkeit

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, thermalwasserhöflichen 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 Durchlässigkeit, 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 Thermalwasserhöflichkeit. 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 Durchlässigkeit 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. Aussagen über 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 *Strukturb Bohrungen*
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 sich dabei um grosskalibrige Rotary-Bohrungen (z.B. Meisselbohrungen mit Verrohrung und anderen Methoden zur Ueberwindung schwieriger Bohrstrecken, wie z.B. Spülungsumlauf mit eventueller Aufsatzung 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 Nähe von «offenen» Verwerfungssystemen sollte ermöglichen, dass die der Tiefe entsprechende Temperatur des Wassers durch Zufluss von unten erhöht wird (vertikale Permeabilität). Störungen in kompetenten Gesteinen bieten dafür grössere 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.

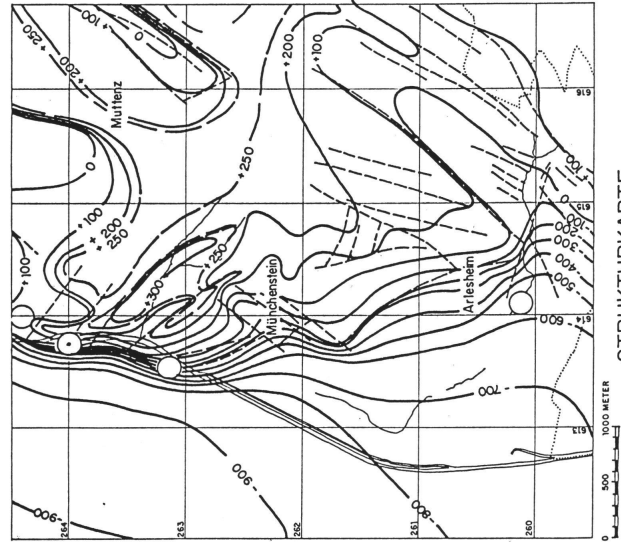
Die aufgeführten Untersuchungsgebiete wurden als Beispiele aus «thermalwasserhöffigen Regionen» ausgewählt. Es ist also durchaus denkbar, dass z.B. auch zusätzlich zu den 1972 untersuchten 18* «Standorten» im Kanton Basel-Landschaft (siehe Tafel I, S. 57) andere Lokationen aus wirtschaftlichen, technischen u.a. Gründen (z.B. geringere Bohrtiefe bis zu artesischem «Buntsandstein-Thermalwasser» in August, Muttenez, 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 Helfenberggrüenen), Lausen (Rüti), Maissprach (Leiselen), Münchenstein (neue Welt und Hofmatt), Muttenez (Unterwart), Waldenburg (Frenketal), Wintersingen (Schlatt und Landstein).

REGIONAL VERWENDETE ANNAHMEN ZUR TEMPERATURBERECHNUNG/TIEFE						
RHEINTALGRABEN						
QUELLEN: Temperaturmessungen in der Bohrung Allschwil - 1, den Kalibergwerken Buggingen (D), Erdölbohrungen im Elsass, sowie Angaben über Thermalwasser u.Ä. von Baden-Baden (D) und Neuwelt (F) (1971)						
MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: (= durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe unter der Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter pro 1° C); 25 m						
GRUND - TEMPERATUR: (= mittlere, angenommene, durchschnittliche Jahres-Bodentemperatur in ca 20 m Tiefe); 8° C						
SCHEMATISCHES BOHRPROFIL						
Schichtenfolge	maximale Mächtigkeit	max. im Bereich der Bohrvor-schläge	wichtige Wasser-führende Horizonte im kluftigen Fels	technisch schwierige Bohrzon		
Löss-Lösslehm	30 m					
Schotter u. Auelehm	60 m	15				
Molasse Eocän	1000 m	900				X
Malmkalk ob. Dogger	80 m	80	X			
Hauptrogenstein Unterer Dogger	100 m	20		X		
Opalinuston	70 m	100				
Lias	100 m	70				X
Keuper	70 m	100				
Trig. Dolomit	150 m	50				X
Hauptmuschelkalk	20 m	100	X			
Anhydritgruppe	55 m	55	X			
Wellengebirge	90 m	50				X
Buntsandstein (Karneolhorizont)	45 m	45				
Perm?	35 m + x m	?	?			
Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Granit	?	?				X

ANMERKUNG: Diese Bohrprognose gilt für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Maximalmächtigkeiten in der Region. Auf dieser Basis können die Tiefenlagen approximativ berechnet werden. Die eigentlichen Bohrtiefen hängen von der Lage des An-satzpunktes an der Oberfläche bezogen auf die Schichtenfolge, die scheinbare Schichtintervall-Vergrößerung wegen allfälliger Schräglage, oder Vergrößerung bzw. Reduktion beim Durchbohren von Verwerfungen ab. Zuverlässige Bohrprognosen sind erst nach der Auswertung der nötigen Voruntersuchungen möglich. Da die Paläozoische Schichtenfolge auf einem starken Kiefer liegt sind die lokalen Mächtigkeiten und damit die detaillierte Oberfläche des Sockels kaum vorausagbar



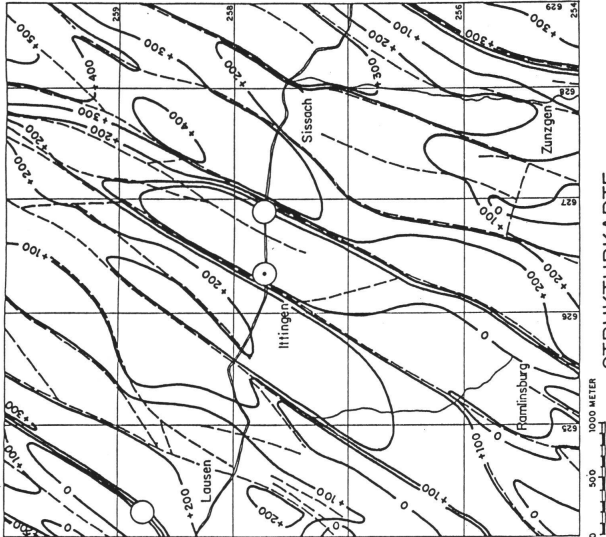
STRUKTURKARTE
MUTTENZ, MÜNCHENSTEIN, ARLESHEIM

- LEGENDE:
- ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODUSDOLOMIT - KEUPER
 - WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE)
 - AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG
 - BEISPIEL LOKATION MÜNCHENSTEIN/NEUWELT BL
 - ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN

TAFELJURA		REGIONAL VERWENDETE ANNAHMEN ZUR TEMPERATURBERECHNUNG/TIEFE			
QUELLEN:		Temperaturmessungen in einigen Bohrungen am Rand des Gebietes und geologisch mögliche Interpretation der angetroffenen Wassertemperaturen			
MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE:		(= durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe unter der Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter pro 1° C): 33 m			
GRUND - TEMPERATUR:		(= mittlere, angenommene, durchschnittliche Jahres-Bodentemperatur in ca 20 m Tiefe): 8° C			
SCHEMATISCHES BOHRPROFIL					
Schichtenfolge	maximale Mächtigkeit	max. im Bereich der Bohrvorschläge	wichtige Wasserführende Horizonte im klüftigen Fels	technisch schwierige Bohrzon	
Gefängeschutt, Schotter, Lehm	30 m	15			
oberer Dogger	20 m	15			
Hauptrogenstein	95 m	85			
unterer Dogger	65 m	50			
Opalinuston	100 m	80		X	
Lias	35 m	15			
Keuper	150 m	100		X	
Trigonodusdolomit	20 m	20	X		
Hauptmuschelkalk	55 m	50	X		
Anhydrit-gruppe	100 m	60		X	
Wellengebirge	45 m	45			
Buntsandstein (Karneolhorizont)	90 m	90	X		
Perm					
Karbon?	300 m ⁺	250 +		? X	
Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Granit			X		

ANMERKUNG: Diese Bohrprognose gilt für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Maximalmächtigkeiten in der Region. Nur dieser Basis können die Tiefenlagen approximativ zugeordnet werden. Die Lage der Schichtenfolge ist daher nur eine grobe Schätzpunktes an der Oberfläche bezogen auf die Schichtenfolge. Die Schichtenfolge ist eine Schichtintervall-Vergrößerung wegen allfälliger Schräglage, oder Vergrößerung bzw. Reduktion beim Durchbohren von Verwerfungen ab. Zuverlässige Bohrprognosen sind erst nach der Auswertung der nötigen Voruntersuchungen möglich. Da die Paläozoische Schichtenfolge auf einem starken Relief liegt sind die lokalen Mächtigkeiten und damit die detaillierte Oberfläche des Sockels kaum voraussagbar

ORT	Weiermatt, Gem. Itingen BL
KOORD.	626900/257740
KOTE	355 m
BOHRZIELE	<i>OPTIMALE BOHRZIELE</i> + <i>Hauptmuskelkalk</i> + <i>Bunsandstein</i> + <i>Sockel</i>
	im Verwerfungs-Bereich
TIEFEN	TEMPERATUR °C + 150 - 550 + 300 - 700 + 500 - 1000 + 13 - 25 + 17 - 29 + 23 - 38
DRUCK at.	ERGIEBIGKEIT 1/Sek. + 5 - 45 + 20 - 60 + 40 - 90 + - 50 + - 10 + + + - x
MINERALISATION GASGEHALT ETC.	+ mässig, bis stark, vorwiegend Gips, Schwefelwasserstoff + + stark, vorwiegend Gips, Bittersalz, Steinsalz, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure + + + x ?
FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOLOGISCHE UND GEOHYDROLOGISCHE DATEN	geologische Karte 1:25'000. Aufschlüsse, lokal wenige Detailkartierungen
FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOPHYSIKALISCHE DATEN	nur Übersichsmessungen von Schwere und Magnetik
MINIMALES DETAILUNTERSUCHUNGSPROGRAMM VOR TIEFBOHRUNG	geol. Detailkartierung, 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 wurden
BEMERKUNGEN	Gesucht wird eine zum tieferreichenden (steilen) Bruchsystem der Zeiningerverwerfung gehörendes Störungssystem in günstiger Lage zu möglichen Abnehmern



STRUKTURKARTE
LAUSEN, ITINGEN, SISSACH,
RAMINSBURG, ZUNZGEN

LEGENDE:

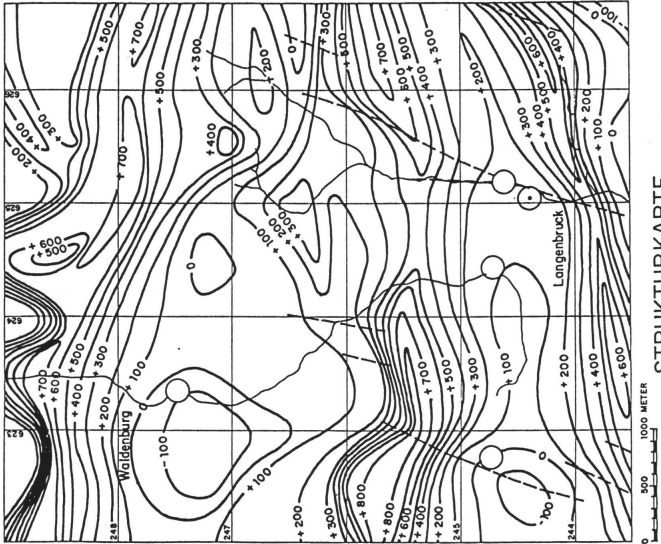
- + 200 — ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODUSDOLOMIT - KEUPER
- WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE)
- AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG
BEISPIEL LOKATION ITINGEN/WEIERMATT BL
- ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN

REGIONAL VERWENDETE ANNAHMEN ZUR TEMPERATURBERECHNUNG/TIEFE					
FALTENJURA					
QUELLEN: Temperaturmessung im alten Hauensteinstunnel und im Mineralwasser der Bohrung Losterf (1972)					
MITTLERE GEOTHERMISCHE TIEFENSTUFE: (= durchschnittliche Temperaturzunahme mit der Tiefe unter der Erdoberfläche, ausgedrückt in Meter pro 1° C): 25 m					
GRUND - TEMPERATUR: (= mittlere, angenommene, durchschnittliche Jahres-Bodenemperatur in ca 20 m Tiefe): 8° C					
SCHEMATISCHES BOHRPROFIL					
Schichtenfolge	maximale Mächtigkeit	max. im Bereich der Bohrerschläge	wichtige Wasserführende Horizonte im kluftigen Fels	technisch schwierige Bohrzon	
Rutschmassen	?	?			
Gehängeshutt, Schotter & Lehm	15 m	15			
Malm Kalk	?	?			X
Malmmergel	?	?			
oberer Dogger	20 m	20			
Hauptrogenstein unterer Dogger	100 m 70 m	95 70	X		
Opalinuston	110 m	100			X
Lias	35 m	30			
Keuper (mit Auschiebungen	150 m	100			X
Hauptmuschelkalk	50 m	45	X		
Anhydritgruppe (mit flachen Aufschiebungen) ev. mit Salz	?150 m	100			X
Wellengebirge	50 m	40			
Pernokarbon	750 m	X			
Oberfläche Grundgebirge (Sockel) Grant					
					X

ANMERKUNG: Diese Bohrprognose gilt für horizontal liegende Schichten aufgrund der bekannten Maximalmächtigkeiten in der Region. Auf dieser Basis können die Tiefelangen approximativ berechnet werden. Die eigentlichen Bohrtiefen hängen von der Lage des Ansatzpunktes an der Oberfläche bezogen auf die Schichtenfolge, die scheinbare Schichtintervall-Vergrößerung wegen allfälliger Schräglage, oder Vergrößerung bzw. Reduktion beim Durchbohren von Verwerfungen ab. Zuverlässige Bohrprognosen sind erst nach der Auswertung der nötigen Voruntersuchungen möglich. Da die Paläozoische Schichtenlage an der Oberfläche stark variiert, liegt somit die lokalen Mächtigkeiten und damit die detaillierte Oberfläche des Sockels kaum vorausagbar

ORT KOORD. 625030/244400 KOTE 710 m		Schöntalengen, Gem. Langenbruck BL
BOHRZIELE + Hauptmuschelkalk + Buntsandstein in Muldenlage und im Verwerfungs-Bereich + + + ? Überschiebung, Sökel		OPTIMALE BOHRZIELE
TIEFEN + - 350 + - 850 + + + - 1200		TEMPERATUR °C + - 22 + + - 42 + + + - 60
DRUCK at. + - 0 + + - 20 + + + - 85		ERGIEBIGKEIT l/Sek. + - 10 + + - 50 + + + - x
MINERALISATION GASGEHALT ETC. + mässig, bis mässig + + stark, vorwiegend Gips, Schwefelwasserstoff + + + stark, Gips, Bittersalz, Steinsalz, Schwefelwasserstoff, x ? Kohlenäure + x		
FÜR DIE UNTERSUCHUNG GENUTZTE GEOLOGISCHE UND GEOHYDROLOGISCHE DATEN geologische Karte 1:25.000, 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 Rheintalgrabenbruchs in der Nähe des auslaufenden westlichen Adlerhofgöwöls mit möglicher, zusätzlicher Zerr-Tektonik und mit erhoffter tiefreichender vertikaler Permeabilität; in günstiger Lage zu möglichen Abnehmern.
* Als Kostenbasis dienen Offerten aus dem Jahre 1971, die heute nicht wesentlich höher sein dürften, vor Allem auch weil inzwischen ein Teil der notwendigen Untersuchungen in einigen Bereichen bereits ausgeführt wurden.



STRUKTURKARTE
WALDENBURG, LANGENBRUCK

- LEGENDE:
- ISOHYPSE DER GRENZE TRIGONODOLOMIT - KEUPER
 - WICHTIGE VERWERFUNG (AN DER OBERFLÄCHE, OHNE VERSCHIEBUNGEN IM FALTENJURA)
 - AREAL FÜR THERMALWASSERUNTERSUCHUNG BEISPIEL LOKATION LANGENBRUCK/SCHÖNTAL BL
 - ANDERE UNTERSUCHTE LOKATIONEN

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 1:25000, Tätigkeitsber. Naturf. Ges. BL, 23
- BECKER, A., (1985)
Messung und Interpretation oberflächennaher in-situ Spannungen am Südost-Ende des Oberrheingraben 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, 1:25000, 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 1:25000, 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, 1:25000, 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 1:200000 Blatt 2, Basel-Bern, Erläuterungen, K + F, Bern
- BUXTORF, A. + CHRIST, P., (1936)
Geol. Atlas des Schweiz 1:25000 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 alpinen Thermal- und Sauerquellen Jber. Natf. Ges. GR, NF LXVI
- CADISCH, 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 1:50 000, «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, 1:100 000: 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, unveröffentlicht
- 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) 1:25 000, 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... 1:20 000, 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 1:50 000 und 1:10 000, 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. Landesamt Baden-Württemberg 6
- JACCARD, A. + MULLER, A., (1867)
Carte géologique Belfort-Bâle, 1:100 000. Geol. Karte der Schweiz, II
- JACKLI, H. und KEMPF, Th., (1972)
Hydrogeologische Karte der Schweiz 1:100 000, 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, 1:50 000, Schauenburg, Lahr
- MOESCH, C., et al., (1876)
Geologische Karte Liestal-Schaffhausen, 1:100 000 und Erläuterungen Geol. Karte der Schweiz, III

- MOESCH, C., et al., (1913)
Geologische Karte Aarau-Luzern, 1:100 000 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
- MUEHLBERG, 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)
Geotechnische Karte der Schweiz 1:200 000, Neuchâtel-Bern-Basel und Erläuterungen: K + F, Bern
- RUHLAND, M., BLANALT, J. G. et al., (1969)
Carte géol. de la France au 1:80 000, Ferret, 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 1:50 000) 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 1:50 000, 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 Läfelfingen, 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, 1:25 000 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 Geowissenschaftler 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.

Gabriel WIENER