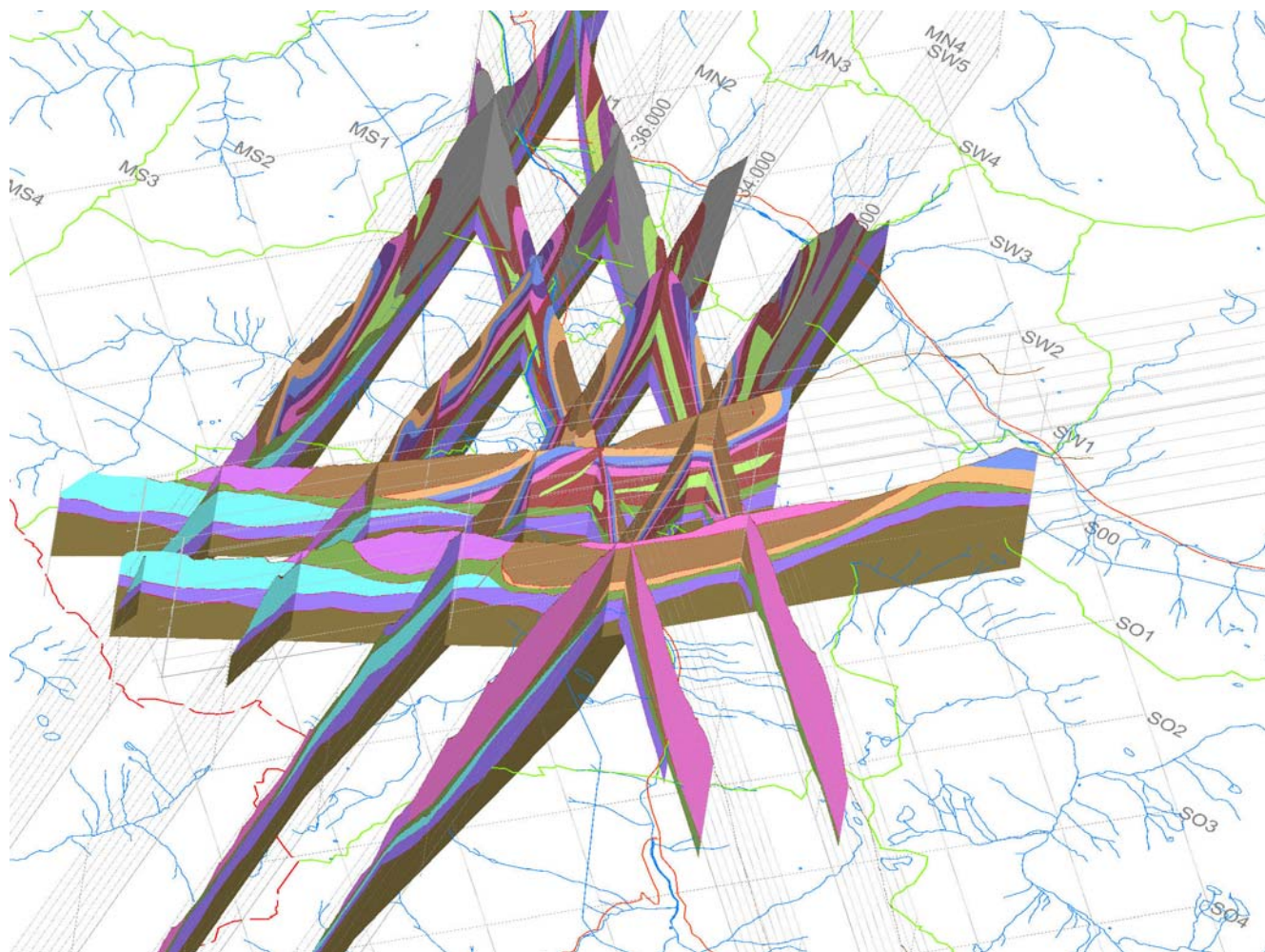




PROJEKTSTUDIE
GEOLOGISCH - HYDROGEOLOGISCHES POTENTIAL
EINER THERMALWASSERNUTZUNG IM
ÄUßEREN MONTAFON, VORARLBERG



Stand Montafon

A-6780 Schruns

Feldkirch, am 24-03-04

Zahl: 070-03

Schiessstätte 12 / F9
A-6800 Feldkirch

Tel: +43/5522/83990-0
Fax: +43/5522/83990-5
e-m: office@geotek.at

FN: 219634t LG Feldkirch
UID: ATU 53813306

Inhaltsverzeichnis:

1	PROJEKT / AUFTRAG	4
2	UNTERLAGEN	5
3	LAGE	8
4	GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE, GEOLOGISCHES MODELL.....	8
4.1	Regionale Situation.....	8
5	GEOLOGISCHES MODELL	12
5.1	Geologische Prognosesicherheit	12
6	HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	13
6.1	Allgemeines	13
6.2	Wasserführende Gesteine / Abdichtungshorizonte.....	14
6.3	Bergwasserverhältnisse.....	16
6.4	Wassertemperaturen im Untersuchungsgebiet.....	17
6.5	Beeinflussung von Quellen durch eine Thermalwasser-Entnahme.....	17
7	TIEFENTHERMALWASSER	17
7.1	Allgemeines	17
7.2	Geothermische Tiefenstufe.....	18
7.3	Thermalwasservorkommen im alpinen Bereich	18
7.3.1	Wasserführung und Temperaturdaten aus Bohrungen.....	19
7.3.2	Thermalwassernutzungen im alpinen Bereich	20
7.4	Benachbarte Tiefenaufschlüsse.....	21
8	BEWERTUNG DES UNTERSUCHTEN STANDORTES HINSICHTLICH DES POTENTIALS EINER THERMALWASSERNUTZUNG (RISIKOBEWERTUNG)21	
9	ZUSAMMENFASSUNG, EMPFEHLUNGEN	25

BEILAGENVERZEICHNIS:

1	Übersichtslageplan 1:500.000 / 1:100.000 mit Projektsgebiet
2	Geologischer Lageplan 1:50.000
2a	Legende zur Geologischen Karte
3	Modell A: Geologische Profilschnitte -32.000 und -34.000 (1:50.000)
4	Modell A: Geologische Profilschnitte -36.000 und -38.000 (1:50.000)
5	Modell A: Geologische Profilschnitte MN1 und M00 (1:50.000)
6	Modell A: Geologische Profilschnitte MS1 und MS2 (1:50.000)
7	Modell A: Geologischer Profilschnitt MS3 (1:50.000)
8	Modell A: Geologische Profilschnitte SW1 und S00 (1:50.000)
9	Modell A: 3D-Darstellungen
10	Modell B: Geologische Profilschnitte -32.000 und -34.000 (1:50.000)
11	Modell B: Geologische Profilschnitte SW1, S00 u. M00 (1:50.000)
12	Modell B: 3D-Darstellungen

1 PROJEKT / AUFTRAG

Für die Region „Äußeres Montafon“ als Winter- und Sommer Tourismusgebiet ist eine mögliche Nutzung von Tiefen - Geothermie in Form einer Thermalquelle von großem touristischem und wirtschaftlichem Interesse.

Am 17-09-03 wurde die GEOTEK GmbH, Feldkirch vom Stand Montafon beauftragt, eine Studie über die mögliche Auffindung von Thermalwasser im Bereich Schruns – Tschagguns durchzuführen. Das Ziel der Studie ist die Beurteilung, ob auf Grund der geologisch – hydrogeologisch – tektonischen Verhältnisse ein möglicher Geothermalwasser-Standort im Bereich von Schruns überhaupt realistisch ist. Die vorliegende Studie ist die Grundlage für die Entscheidungsfindung, ob das Projekt „Thermalwassernutzung – Äußeres Montafon“ weiter geführt werden soll.

Die Projektstudie wurde in vier Arbeitsschritte gegliedert:

Der erste Schritt umfasste die Sammlung von geologischen Karten, lokaler Fachliteratur und geophysikalischen Daten sowie die Sammlung von Daten aus Tiefbohrungen und Geothermalwasserstandorten.

Im zweiten Arbeitsschritt wurde auf Grund der vorhandenen Unterlagen sowie durch eigene Geländebegehungen (Detailkartierungen) das geologische Modell durch die Konstruktion von vergitterten Profilschnitten erarbeitet.

Im dritten Schritt wurden die vorhandenen Daten mit Daten aus Tiefbohrungen in Vorarlberg und mit Daten von bekannten Geothermalstandorten in vergleichbaren geologischen Einheiten verglichen, um Anhaltspunkte für den geothermischen Tiefengradienten zu erhalten.

Der vierte Schritt umfasste für den Standorte Schruns - Tschagguns eine quantitative Bewertung hinsichtlich der Auffindung von Thermalwassers in Form einer Risikoanalyse.

2 UNTERLAGEN

Folgende Unterlagen standen zur Verfügung:

- Höhenmodell Äußeres Montafon, Stand Montafon
- Orthofotos des Äußeren Montafons, Stand Montafon
- Topographie des Montafons, Österreichkarte, Stand Montafon
- Geologische Bundesanstalt, Wien (1998): Geologisch-Tektonische Übersichtskarte von Vorarlberg mit Erläuterungen (Oberhauser) 1:200.000.
- Geologische Bundesanstalt, Wien (2003): Vorabzug Geologische Übersichtskarte von Vorarlberg 1:75.000.
- Geologische Bundesanstalt (1939): Geologische Spezialkarte des Bundesamtes Österreich, Blatt Stuben.
- Geologische Bundesanstalt (1965): Geologische Karte des Rätikon 1:25.000.
- Geologische Bundesanstalt (1980): Geologische Karte der Republik Österreich, Blatt 169 Partenen.
- Geologische Bundesanstalt (1986): Exkursionsführer der Wandertagung 1986 in Dornbirn mit Exkursionen in Vorarlberg, Tirol, Liechtenstein und Schweiz.
- Geologische Bundesanstalt: Die Geologie von Vorarlberg – Beispiel einer internationalen Zusammenarbeit im Bereich der westlichen Ostalpen.
- BACHMANN, G.H. & MÜLLER, M. (1981): Geologie der Tiefbohrung Vorderriß 1. - Geologica Bavarica 81, München.
- BERTLE, H. (1970): Kurze Mitteilung über ein NNE-SSW streichendes Lineament zwischen Lechtal und Klosters, Verh. Geol. B.-A.

- BERTLE, H. (1972): Zur Geologie des Fensters von Gargellen (Vorarlberg) und seines Kristallinen Rahmens – Österreich, Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.
- BERTLE H., FURRER H., LOACKER H. (1979): Geologie des Walgaues und des Montafons mit Berücksichtigung der Hydrogeologie (Exkursion G am 20-04-1979), Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Verh., N.F.61.
- BUSSMANN, W., KABUS, F. & SEIBT, P. (Hrsg., 1991): Geothermie Wärme aus der Erde, Technologie – Konzepte - Projekte. – Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- BUSSMANN, W., KABUS, F. & SEIBT, P. (Hrsg., 1991): Geothermische Energie Forschung und Anwendung in Deutschland. – Verlag C.F. Müller, Karlsruhe.
- COLINS, E., NIEDERBACHER, P. & SAUER R. (1990): Kohlenwasserstoffexploration in Vorarlberg – Ergebnisse der Bohrung Vorarlberg – Au 1, Mitt. Österr. Geol. Ges., Band 82, Wien.
- CZURDA, K. & NICKLAS, L. (1970): Zur Mikrofazies und Mikrostratigraphie des Hauptdolomits und Plattenkalk-Niveaus der Klostertaler Alpen und des Rätikon, Festband d. Geol. Inst. 300-Jahr-Feier Univ. Innsbruck.
- KASPER M. (1990): Geologie der mittleren und östlichen Davennagruppe (Vorarlberger Kalkalpen), unveröff. Diplomarbeit
- LOACKER, H. (1971): Berg- und Grundwasserverhältnisse im Illgebiet. Verh. Geol. Bundesanstalt.
- Loacker, H. (1980): Geologische Vorarbeiten für den Bau des 21 km langen Walgaustollens der Vorarlberger Illwerke AG, Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Innsbruck.
- Mähr, L. (1987): Zur Geologie des Davennastockes (Vorarlberger Kalkalpen) mit geotechnischer Bearbeitung verschiedener Massenbewegungsphänomene.
- Geologische Bundesanstalt (1966): Erläuterungen und Index zur Übersichtskarte der Mineral- u. Heilquellen in Österreich, Wien.

- GEOTEK GmbH: Eigene geologische Untersuchungen im Bereich des Äußeren Montafons im Zeitraum 1986 – 2004
- OBERHAUSER, R. (1965): Zur Geologie der West-Ostalpen-Grenzzone in Vorarlberg und im Prätigau unter besonderer Berücksichtigung der tektonischen Lagebeziehungen, Verh. Geol. B.A., Sonderheft G.
- OBERHAUSER, R. (1970): Die Überkipplungserscheinungen des Kalkalpen – Südrandes im Rätikon und im Arlberg-Gebiet, Verh. Geol. B.A.
- OBERHAUSER, R. (1995): Zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeogr. Des Ostalpenraumes zur Kreide-, Paleozän- und Eozänzeit., Jb. Geol. B.A., 138, Wien.
- SPIESS R. (1985): Kristallingeologisch- geochronologische Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte des Westrandes der Phyllitgneiszone i.w.S. im Montafon (Vorarlberg). Unveröff. Diss.
- Vorarlberger Illwerke: Einsicht in geophysikalische Unterlagen im Bereich des Rodund Werkes.
- Vogt, W,(2001): Alte Vorarlberger Heilbäder, Oliver Benvenuti Verlag, Feldkirch.
- ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER J. (1993): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. - Springer Verlag Wien.

3 LAGE

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Gemeindegebiet von Schruns und Tschagguns. Für die Erarbeitung des geologischen Modells war aber ein über das Gemeindegebiet hinausreichender Arbeitsbereich erforderlich.

4 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE, GEOLOGISCHES MODELL

4.1 Regionale Situation

Schruns und Tschagguns liegen unmittelbar im Grenzbereich vom Silvretta Kristallin zu den Nördlichen Kalkalpen. Diese zwei tektonischen Einheiten werden dem Ostalpin zugeordnet und sind Teil der Afrikanischen Platte. Die Silvrettadecke besteht aus hochmetamorphem Altkristallin, wobei der nördlichste Anteil des Silvretta Kristallins, welcher deutlich weniger metamorph ist, in die Pyllitgneiszone untergliedert werden kann. Der Kontakt zwischen dem Silvretta Kristallin und der Phyllitgneiszone ist tektonisch, also als Bewegungsbahn zu sehen.

Die Nördlichen Kalkalpen sind vor allem durch die weitflächige Verbreitung von Karbonatgesteinen (Kalke, Dolomite) geprägt, welche die Gebirgsketten nördlich von Schruns bilden.

Im Zuge der alpinen Deckenbildung und Deckenüberschiebung haben sich die Nördlichen Kalkalpen von ihrem kristallinen Untergrund – dem Silvretta Kristallin – gelöst und wurden über das nördlich gelegene Penninikum bzw. die Flyschzonen geschoben. Der Gesteinsstapel der Nördlichen Kalkalpen ist durch die Verschiebung nach Nordwesten in verschiedene Einzelteile zerbrochen. Es haben sich eigenständige Decken gebildet, die ihrerseits wieder in verschiedene Schollen zerglitten sind. Als Gleitbahnen dienten überwiegend weiche Gesteine in den kalkalpinen Gesteinsserien, wobei häufig der Gips der Raibler- und der Reichenhaller Formation als Gleit- und Schmiermittel dienten. Die Gesteine der Nördlichen Kalkalpen wurden im Zuge der Deckenüberschiebung stark beansprucht und sind auf Grund des überwiegend

spröden Materialverhaltens der Karbonate extrem zerbrochen. Die Gesteine werden daher von unzähligen Klüften und Störungen durchtrennt.

In Tschagguns, im Bereich des Kristakopfes finden wir Gesteine der Nördlichen Kalkalpen, welche in den Gesteinen des Silvretta Kristallins eingebettet sind. Weitere kleinräumige Vorkommen von kalkalpinen Gesteinen innerhalb des Silvretta Kristallins sind im Bereich von Ganeu aufgeschlossen.

Folgt man der Auffassung, dass sich die einzelnen tektonischen Deckeneinheiten von SW nach NE dachziegelartig übereinander geschoben haben, so muss der kalkalpine Kristakopf als tektonisches Fenster gedeutet werden. Die Phyllitgneiszone hätte sich dabei über den Südrand der kalkalpinen Decke geschoben und zwar vor der Verfaltung der Gesteinspakete. Indizien dafür geben die Aufschlüsse in den Stollen der Vorarlberger Illwerke. In einzelnen Abschnitten wurden Gesteine der Nördlichen Kalkalpen aufgefahren, welche von Phyllitgneis überlagert sind. In der Publikation von Dr. R. Oberhauser, einem der besten Kenner der Geologie Vorarlbergs ist diese Auffassung publiziert und eindrucksvoll dokumentiert. Weitere Geologen, wie Kobel, 1969 sowie teils Spiess, 1985 schließen sich dieser Meinung an.

Neben dieser geologischen Auffassung wurde vor allem durch die Universität Innsbruck Publikationen veröffentlicht (Mostler 1972, Leichtfried, 1978), welche in den kalkalpinen Vorkommen innerhalb der Phyllitgneiszone einen transgressiven Kontakt sehen. Somit wären die kalkalpinen Reste in der Phyllitgneiszone keine überfahrenen Kalkalpinen Gesteine, sondern Muldenstrukturen primär auflagernd auf den kristallinen Gesteinen.

Auf die Problematik der Gesteine im Bereich der Tschaggunser Mittagspitze (Kristallin und Sedimente) wird nicht näher eingegangen. Ob diese Gesteine dem Unterostalpin angehören (Oberhauser) oder als oberostalpine Gesteine gesehen werden (Spiess, 1985), ist für die vorliegende Fragestellung nicht relevant.

Die Unterlagerung der Nördlichen Kalkalpen sowie der Silvretta- und der Phyllitgneiszone bilden Gesteine des Penninikums. Diese Gesteine repräsentieren die Ablagerungen des Meeresbeckens zwischen dem europäischen und dem afrikanischen Kontinent.

Als unmittelbare Unterlagerung ist die Arosazone zu nennen, da diese immer wieder an den Schollengrenzen aus der Tiefe aufgeschuppt wurde. Solche „Schollenteppiche“ sind südlich von Schruns im Fenster von Gargellen, entlang des Westrandes des Silvretta Kristallins, am Südrand der Nördlichen Kalkalpen sowie innerhalb der Nördlichen Kalkalpen im Bereich der Schollengrenzen bekannt.

Die weitere Unterlagerung bilden von penninischen Schwellen abgeschürfte Decken, wie die Sulzfluhdecke und die Falknisdecke - Tasnadecke. Die Sulzfluhdecke zeigt Mächtigkeiten bis zu 1000m, welche durch mehrfache Verschuppungen entstanden sind. Die Mächtigkeiten dünnen aber rasch gegen Norden, Süden und Westen aus. Im Fenster von Gargellen sind nur mehr gering mächtige Sulzfluhkalkvorkommen aufgeschlossen, im Engadiner Fenster hingegen fehlen die Gesteine der Sulzfluhdecke ganz. Im Fenster von Nüziders sind ebenfalls keine Sulzfluhkalke aufgeschlossen. Die dort vorkommenden granitischen Gerölle können unter Umständen als Sulzfluhgranite interpretiert werden. Diese fehlende Ausbreitung nach Westen lässt vermuten, dass die Sulzfluhkalke bereits im Bereich der Ortsgebiete von

Tschagguns – Schruns nicht mehr oder gerade noch anzutreffen sind. Mit großer Wahrscheinlichkeit sind aber keine mächtigen Sulzfluhkalkgesteine mehr anzutreffen.

Die Sulzfluhdecke wird von der Falknisdecke unterlagert, welche der Tasnadecke im Engadiner Fenster gleichgestellt werden kann. Die Falknisdecke ist im Fenster von Gargellen, entlang des Westrandes der Sulzfluhdecke und gesichert im Fenster von Nüziders aufgeschlossen. Damit kann mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die Arosazone bzw. die Sulzfluhdecke, wo vorhanden, von der bis zu 1200 m mächtigen Falknis – Tasnadecke unterlagert wird. Die Mächtigkeiten schwanken allerdings sehr stark bedingt durch die Wirkung als Schollenteppich.

Die Tasnadecke wird von der über 1000m mächtigen Gesteinseinheit der verschiedenen Flysche (Prättigauflysch, Vorarlberger Flysch, u.a.) unterlagert. Die weitere Unterlagerung der Flyschgesteine bilden die kalkreichen Gesteinsserien des Helvetikums. Diese Gesteine liegen aber im Bereich von Schruns mit Sicherheit deutlich unter einer wirtschaftlich erreichbaren Bohrtiefe.

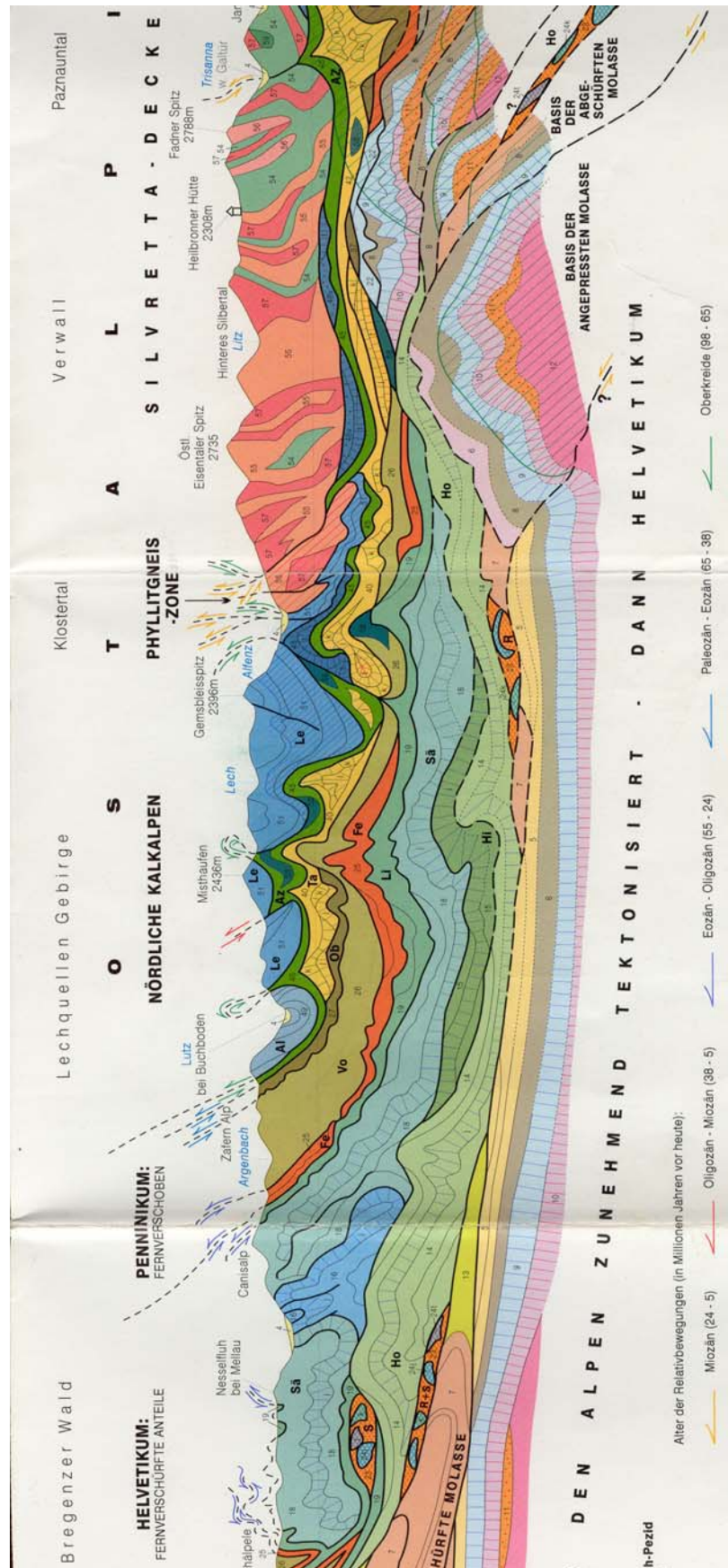


Abbildung 1 N-S Schnitt durch die Lechtal Alpen (aus Geologisch-Tektonische Karte von Vorarlberg 1:200.000, OBERHAUSER 1998)

5 GEOLOGISCHES MODELL

Auf Grundlage der vorhandenen geologischen Unterlagen sowie den Geländebegehungen wurden durch eine Profilvergitterung zwei räumliche geologische Modelle erarbeitet.

Das Modell A, welches von uns als das Wahrscheinlichere angesehen wird, wurde an Hand von 11 miteinander vergitterten Profilschnitten erstellt. In diesem Modell wird der Kristakopf als geologisches Fenster innerhalb des Kristallins gesehen.

Das Modell B wurde an Hand von 5 miteinander vergitterten Profilschnitten konstruiert. Dieses Modell interpretiert die kalkalpinen Reste im Kristallin als primäre Auflagerungen auf dem Kristallin.

Als Grundlage für die Profilkonstruktion wurde die geologische Karte von Vorarlberg verwendet. Durch zum Teil vereinfachte Kartendarstellungen kann die lokale Situation etwas differieren, insgesamt wird die Genauigkeit für das Untersuchungsziel als ausreichend betrachtet. Detailstrukturen im Unterostalpin bzw. im Silvretta Kristallin sowie in der Lockermaterialüberdeckung wurden aus Übersichtsgründen nicht gezeichnet. Diese Vereinfachungen können akzeptiert werden, da diese auch keine relevanten Auswirkungen auf die Tiefenstrukturen im Untergrund von Schruns – Tschagguns besitzen. Weiters ist bei den Profilen zu berücksichtigen, dass die Gesteine von zahlreichen Großklüften bzw. Störungen durchtrennt sind, welche in den einzelnen Profilschnitten nicht alle erfasst werden konnten.

5.1 Geologische Prognosesicherheit

In den beiden geologischen Modellen werden die geologischen Strukturen in der Umgebung von Schruns bis in eine Tiefe von 3km unter der Talsohle dargestellt. Die Interpretation erfolgte dabei aus an der Oberfläche anstehenden Gesteinen, da im Zielgebiet keine Daten aus Tiefenaufschlüssen zur Verfügung stehen. Da

Gesteinsschichten im tieferen Untergrund zum Teil erst in größerer Entfernung anstehen, ist vor allem die Tiefenlage dieser Schichten mit Unsicherheiten behaftet.

Die geologischen Modelle zeigen auf, ob die generellen geologisch – hydrogeologisch – tektonischen Strukturen geeignet sind, um auf ein Thermalwasservorkommen zu treffen.

Dass in der interpretierten geologischen Struktur Unsicherheitsfaktoren vorhanden sind, ist schon daran zu erkennen, dass zwei geologische Modelle erarbeitet wurden. Der große Unsicherheitsfaktor liegt nicht so sehr in der unterschiedlichen Deutung der kalkalpinen Gesteine unter oder auf dem Kristallin, sondern in welcher Tiefenlage die wasserführenden Gesteine der Falknis-Tasna-Decke bzw. eventuell der Sulzfluhdecke anzutreffen sind. Seriöserweise kann die Tiefenlage dieser zwei tektonischen Einheiten nicht genau angegeben werden, ein Auftreten in einer Tiefenlage von 1500m – 2500m unter der Talsohle ist geologisch wahrscheinlich.

6 HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

6.1 Allgemeines

Für die Auffindung von geothermalestem Tiefenwasser ist Grundvoraussetzung, dass wasserführende Schichten in einer entsprechenden Tiefenlage erreicht werden können, welche sowohl gegen das Liegende als auch gegen das Hangende abgedichtet sind. Für den technischen Aufwand der Nutzung und die Verwendung des Thermalwassers (Wellness, Balneologie) sind weiters die chemischen Wassereigenschaften wesentlich.

Das Äußere Montafon besitzt hinsichtlich der genannten Voraussetzungen grundsätzlich günstige Eigenschaften. Das Kristallin bzw. der überwiegend karbonatische, klüftige Gesteinsstapel der Nördlichen Kalkalpen wird von tonig – mergeligen, wenig durchlässigen Gesteinen der Arosazone unterlagert. Diese werden wiederum von wasserführenden Gesteinsschichten der Falknis-Tasnadecke bzw. eventuell der Sulzfluhdecke unterlagert. In diesen Gesteinen liegt der Haupt-

Hoffnungs-Aquifer für eine mögliche Thermalwassererschötterung im Bereich Schruns - Tschagguns.

Die Abdeckung gegen die Oberfläche („cap-rock“) bilden somit die tonig-mergeligen Gesteine der Arosazone. Die abdichtende Unterlagerung bilden die Gesteine der Flyschzone. Über die, an der Oberfläche anstehenden Kalkareale (Sulzfluhkalk, Kalke der Falknisdecke, ...) versickernden Niederschläge und teilweise Oberflächengewässer erfolgt großteils die Dotierung („recharge-area“) der Bergwassersysteme. Durch diesen Mechanismus ist der Nachschub für Tiefengrundwässer / Thermalwässer gegeben, wodurch eine nachhaltige Bewirtschaftung ermöglicht wird. Bei einer nachhaltigen Bewirtschaftung der Ressourcen liegen die Entnahmen deutlich unter der regenerierten Wassermenge.

Da die Kalkalpen nach unserer Auffassung von den kristallinen Gesteinen überfahren wurden, ist auch ein Thermalwasser innerhalb dieses kalkalpinen Gesteinsstapels denkbar. In diesem Fall wird der Abdichtungshorizont gegen unten durch die Arosazone und gegen oben durch die Phyllitgneise gebildet. Bei einer Erschötterung im kalkalpinen Bereich ist auf Grund der Gipseinlagerungen in der Raibler Formation ein erhöhter Sulfatgehalt zu erwarten.

6.2 Wasserführende Gesteine / Abdichtungshorizonte

Als Hoffnungsträger für eine Wasserwegigkeit im Untergrund sind die Gesteine des Penninikums und der Nördlichen Kalkalpen mit erheblichem Tiefgang anzusehen.

Als Speichergesteine kommen von oben nach unten folgende Formationen in Frage:

Buntsandstein Formation:

In den Sandsteinen, Konglomeraten und Quarziten dieser Formation ist auf Grund der starken Klüftung eine gute Wasserdurchlässigkeit gegeben.

Muschelkalk Formation / Reichenhaller Formation:

Diese Formationen bestehen aus bis zu 300m mächtigen Kalken und Rauhwacken mit einer guten Wasserdurchlässigkeit. Bei der Reichenhaller Formation ist das Auftreten

von Gips zu achten. Die Abdichtung nach oben erfolgt durch die stark mergelige Partnach Formation.

Arlberg Formation:

Diese Formation besteht aus ca. 300m mächtigen Kalkgesteinen. Die Wasserwegigkeit kann durch das ausgeprägte Kluftgefüge als gut wasserdurchlässig bezeichnet werden. Gegen das Hangende erfolgt die Abdichtung durch die Raibler Formation, gegen das Liegende durch die Partnach Formation.

Raibler Formation:

Diese Formation besteht aus Kalken, Rauhwacken und Dolomiten in welche Mergel- und Tonschieferlagen eingelagert sind, wobei dieser Gesteinsstapel mehrere Hundert Meter mächtig werden kann. Im Hangenden dieser Formation kommen ausgedehnte Gipskörper vor. Die Raibler Formation ist als gut wasserdurchlässig zu beurteilen. Bohrtechnisch ist zu berücksichtigen, dass die zum Teil mächtigen Gipskörper besonderer Aufmerksamkeit bedürfen.

Sulzfluhdecke:

Die Sulzfluhdecke wird überwiegend von hellen, stark wasserdurchlässigen Kalken gebildet, welche von grünlichem bzw. rotem Granit unterlagert werden. Die Mächtigkeit der Sulzfluhkalke von bis zu 1000m ergibt sich durch eine Mehrfachverschuppung entlang von Scherflächen. An die Sulzfluhkalke sind die sehr ergiebigen Karstquellen in Gargellen (Fidelisque) gebunden. Sollten die Sulzfluhkalke noch in Tschagguns angetroffen werden, bilden diese einen sehr effizienten Thermalwasseraquifer.

Falknis-Tasnadecke:

Die Falknisdecke ist ein stark verfalteter Gesteinsstapel von bis zu 1500m Mächtigkeit und besteht im Wesentlichen aus Turbidit-Abfolgen. Im Unterengadin wird die Falknisdecke als Tasnadecke bezeichnet.

Auf Grund ausgedehnter Kalk-, Quarzit und Breccien-Vorkommen ist die Falknis-Tasnadecke als durchaus interessantes Wasserspeichergestein zu bezeichnen.

Störungsgesteine / Kataklasezonen

Im Bereich von Großstörungszonen kann eine gute Wasserwegigkeit vorhanden sein. Der Vorteil solcher Störungen besteht darin, dass Wasser aus größerer Tiefe entlang der Störungen aufsteigen können. Der Unsicherheitsfaktor ist die Interpolation in die Tiefe, da die Störungssysteme häufig verbogen und in unterschiedliche Richtungen abtauchen können. Die Störungen können auch mit kaum durchlässigen Störungsgesteinen wie Störungsletten, Kakirite und Mylonite verfüllt sein. Eine große Störungszone verläuft vom Silbertal ins Gampadelstal und trennt die Phyllitgneiszone vom Silvretta Kristallin.

6.3 Bergwasserverhältnisse

Für die Bergwasserverhältnisse sind folgende geologisch - hydrogeologischen Parameter maßgeblich:

- Der kalkalpine Gebirgssattel besteht aus einem Wechsel von gut durchlässigen (Aquifer) und wenig durchlässigen (Aquiklude, Aquitarde) Gesteinsserien.
- Die kalkalpinen Gesteinsformationen bilden ergiebige Aquifere. Diese sind die Raibler Formation, die Arlberg Formation, Muschelkalk- und Reichenhaller Formation sowie die Buntsandstein Formation.
- Weitere ergiebige Aquifere bilden die Kalke der Falknis-Tasnadecke und die Sulzfluhdecke. Die Gesteinsschichten der Sulzfluhdecke und der Falknisdecke fallen mittelsteil in Richtung Schruns- Tschagguns ein und dotieren somit ergiebige Wasser in den tieferen Untergrund.
- Die Sulzfluhdecke und die Falknis - Tasnadecke werden von den tonig mergeligen Gesteinen der Arosazone überlagert und von den Flysch Formationen unterlagert.

- An Störungssysteme und Kluftbündel können ergiebige Wasseraustritte gebunden sein.

6.4 Wassertemperaturen im Untersuchungsgebiet

Im Untersuchungsbereich haben wir für die Lederquelle und die Wildbad Schöнауquelle im Gampadelstal die Wassertemperatur und elektrische Leitfähigkeit im November 2003 und Mitte März 2004 gemessen, um festzustellen ob erhöhte Werte vorliegen.

Die Wassertemperaturen von 5,0° bis 6,4° zeigen keine signifikante Tendenz einer erhöhten Temperatur. Die elektrische Leitfähigkeit der Lederquelle mit Werten bis zu 1770 mS ist stark erhöht, wobei diese hohen Leitfähigkeitswerte mit großer Wahrscheinlichkeit auf ein unterirdisches Gipsvorkommen im Einzugsbereich zurückzuführen sind.

6.5 Beeinflussung von Quellen durch eine Thermalwasser-Entnahme

Eine Beeinträchtigung der Quellen im Bereich von Schruns – Tschagguns ist durch eine Tiefbohrung nicht gegeben, da die Erschötung von der Talsohle aus erfolgt und diese weit unter dem Grundwasserstrom des Tales liegt.

7 TIEFENTHERMALWASSER

7.1 Allgemeines

Als Thermalwasser wird nach der Norm ein Wasser bezeichnet, welches eine konstante Wassertemperatur von mindestens 20° besitzt. Als Mineralwässer werden Wässer mit einem Gesamtgehalt gelöster Stoffe von > 1 g/l klassifiziert. Eine Klassifizierung der Wässer als Heilwässer erfolgt nach gesetzlichen Vorgaben (zB. Heilquellen- und Kurortegesetz, Spitalsgesetz, Mineralwasserverordnung, Wasserechtsgesetz).

7.2 Geothermische Tiefenstufe

Bereits aus den jahrhunderte alten Beobachtungen des historischen Bergbaues war die allgemeine Temperaturzunahme mit zunehmender Tiefe bekannt. Der Mittelwert dieser Temperaturzunahme beträgt für die obersten Schichten der Erdkruste ca. 3°C (oder $^{\circ}\text{K} = \text{Kelvin}$) /100 m. Dieser Wert wird als geothermischer Gradient bezeichnet.

Ursache der Erwärmung mit der Tiefe ist der Wärmefluss aus dem Erdinneren (Erdkern ca. 5000°C , oberer Erdmantel bis ca. 1300°C). Der Wärmestrom in der Erdkruste wird durch den natürlichen radioaktiven Zerfall der Elemente Uran, Thorium und Kalium noch erhöht. Die gemessene mittlere Wärmestromdichte in Bohrungen beträgt ca. $50\text{-}80 \text{ mW/m}^2$. Der Einfluss der solaren Erwärmung auf die tieferen Bodenschichten ist gering, er ist nach wenigen Metern nicht mehr messbar.

Die Nutzung von Thermalwasser geht nicht vom ständig nachfliessenden terrestrischen Wärmestrom aus, sondern von dem viel höheren Potential der gespeicherten Erdwärme, welche auf das im Poren- und Kluftraum zirkulierende Transportmedium – das Thermalwasser übergeht. Durch die Tiefenzirkulation im Kluft- und Porenraum können positive geothermale Anomalien auftreten. Durch die Wechselwirkung mit der Gesteinsmatrix wird auch die Wasserchemie beeinflusst.

7.3 Thermalwasservorkommen im alpinen Bereich

Neben den bekannten Thermalwasservorkommen in den Thermengebieten der Steiermark (Steirisches Becken z.B. Blumau, Loipersdorf, Waltersdorf, Bad Gleichenberg), des Wiener Beckens (z.B. Oberlaa, Baden, Laa a. d. Thaya) und Oberösterreichs (Alpenvorland, Molassezone: z.B. Geinberg, Altheim, Bad Schallerbach) gibt es im alpinen Bereich vor allem aus den Erkundungsbohrungen der Erdölindustrie Hinweise auf Thermalwasservorkommen. In einigen Fällen wurden diese „wasserführenden“ Bohrungen für touristische („Wellness“) und balneologische Nutzungszwecke zu Fördersonden ausgebaut. In der jüngeren Vergangenheit wurden in Österreich ca. 20 Bohrungen speziell für die Gewinnung von Thermalwasser abgeteuft, einige davon auch im alpinen Bereich.

Bei den klassischen Erkundungsbohrungen in den Kalkalpen Niederösterreichs, wie Urmannsau 1, Mitterbach U1, Berndorf und in Oberösterreich (Molln 1, Grünau 1) und Salzburg (Vordersee 1, Vigaun U1) wurden wasserführende Gesteinsserien mit effektivem Poren- und vorwiegend Kluftporosität vor allem in Form der

Plattformkarbonate der Mittel- und Obertrias (Wettersteinkalk, Wettersteindolomit, Hauptdolomit, Dachsteinkalk- und dolomit, Rhätoliaskalk) angetroffen. Für die Wasserführung sind vielfach auch tektonische Einflüsse (Klüftung) und Verkarstung wesentlich.

7.3.1 Wasserführung und Temperaturdaten aus Bohrungen

In Tabelle 1 sind die wichtigsten Tiefenaufschlüsse mit Informationen zu Thermalwasservorkommen aufgeführt.

Aufschluss	Geologische Zone		Tiefe m ab GOK	Temperatur °C
Urmannsau 1, NÖ	NKA, Frankenfelder Decke	T	1124 m	40
Mitterbach U1, NÖ	NKA, Unterbergdecke	T	2613 – 2645 m	48
Grünau 1, OÖ	Klippenzone, Basis NKA	T	2700 m	48
Molln 1, OÖ	NKA, Tirolikum	G	3300 m	62
Vordersee 1, SB	NKA, Tirolikum	T	1800 m	32
Vigaun-U1, SB	NKA, Tirolikum	T	1289 – 1354 m	34 ^{*)}
St. Martin / Lofer	NKA, Tirolikum	T	2236 m	40 ^{*)} 34 ^{*)}
Vorderriß 1, Bayern	NKA, Lechtaldecke	B	1044 / 2603 m	40 / 60 °C
Vorarlberg-Au 1, VB	Helvetikum	B	3333 m	131
Längenfeld, T	Öztalkristallin	T	1865 m	37
Allerheiligen, ST	Kristallin, Mürztal	T	1524 m	48
NKA ... Nördliche Kalkalpen, T ... Wasserführung getestet, G ... Gastest, B ... Bohrlochmessung *) ... Temperatur auf Sohle, ^{*)} ... Wassertemperatur am Sondenkopf				

Tabelle 1 Temperaturdaten von Tiefenaufschlüssen im alpinen Bereich

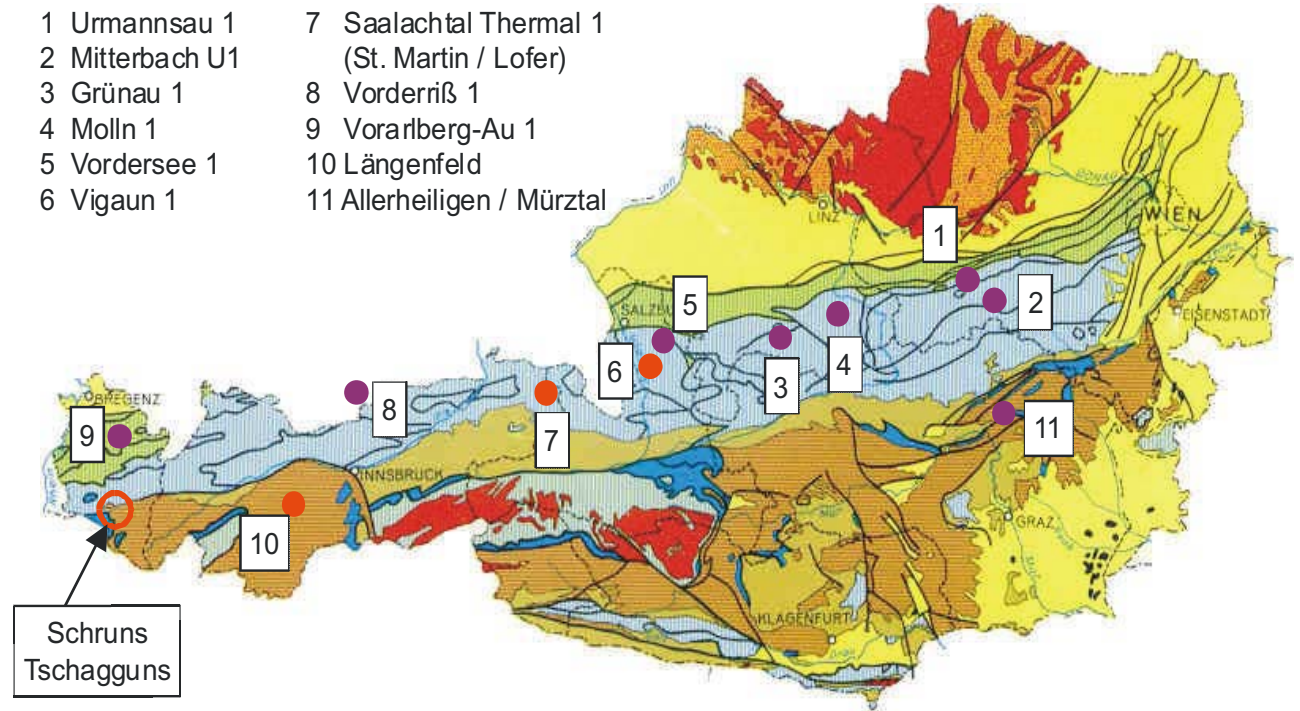


Abbildung 2 Thermalwasserführung und Temperaturdaten aus Tiefenaufschlüssen im alpinen Bereich (ausgewählte Standorte)

Die Temperaturdaten aus den Tiefenaufschlüssen der geologischen Zone der Nördlichen Kalkalpen zeigen zumeist einen unterdurchschnittlichen geothermischen Gradienten von ca. $2\text{ °C}/100\text{m}$, trotzdem werden bereits bei Bohrtiefen von ca. 1800m Wassertemperaturen von $> 30\text{ °C}$ erreicht. Für die Klassifikation als Thermalwasser ist eine Temperatur von mindestens 20 °C erforderlich.

7.3.2 Thermalwassernutzungen im alpinen Bereich

Barbaraquelle Vigaun (1976): Das im Hauptdolomit angetroffene Thermalwasser mit 34 °C weist einen Gehalt an gelösten Stoffen von $8,2\text{ g/l}$ auf und ist als Natrium-Calzium-Chlorid-Sulfat-(Schwefel)Therme und Heilquelle zu klassifizieren. Das Thermalwasser wird im Kurzentrum Bad Vigaun genutzt.

Therme Längenfeld (1997): Das aus dem Ötztalkristallin in 1865 m Tiefe auftretende Wasser der Natrium-Chlorid-Sulfat-Schwefeltherme (37 °C) wird ab 2004 in einem Wellnesspark – Hotelkomplex genutzt.

St. Martin / Lofer (2001): Aus dem Hauptdolomit des Tirolikums wurde bei der Bohrung Thermal 1 (Endteufe von 2236 m) ein initialer freier Überlauf von 2 l/s ($173\text{ m}^3/\text{Tag}$)

festgestellt. Das Wasser ist auf Grund der Mineralisation als thermales Heil- und Mineralwasser klassifiziert. Beim Langzeitpumpversuch wurden Wassermengen bis zu 7 l/s gefördert. Die Wassertemperatur am Sondenkopf betrug 35°C. Eine touristische Nutzung dieses Thermalwasservorkommens ist vorgesehen.

In der benachbarten Ostschweiz sind die Thermen von Ragaz und Vals sowie die Subtherme von Andeer zu erwähnen. Die Valser Therme besitzt eine Wassertemperatur von ca. 30° und tritt an der Erdoberfläche aus. Der Untergrund dieser Therme wird von den Gesteinen des Penninikums gebildet. Die Therme von Bad Ragaz liegt in den Helvetischen Gesteinsserien, wobei die Wassertemperatur bei 37,5° liegt. Diese Thermalquelle tritt ebenfalls an der Erdoberfläche aus.

Die Subtherme von Andeer ist in den Gesteinen des Unterostalpins situiert und entspringt an der Erdoberfläche mit einer Wassertemperatur von 18°.

Weiters zu erwähnen sind die ergiebigen kalten, aber hoch mineralisierten Mineralwasseraustritte in Scuol und Tarasp. Diese Quellen sind in der Tasnadecke gelegen.

7.4 Benachbarte Tiefenaufschlüsse

Der dem Untersuchungsgebiet nächstgelegene Tiefenaufschluss ist die 1985/86 durchgeführte Untersuchungsbohrung Vorarlberg-Au 1, in Au im Bregenzer Wald. Die Bohrung durchörterte Gesteine des Helvetikums und wurde bei einer Endteufe von 4297 m eingestellt. Aus Bohrlochmessungen wurde in dieser Bohrung ein durchschnittlicher geothermischer Gradient von 3°C/100m festgestellt. Nach Hinweisen aus den Tiefbohrungen Hindelang 1 und Vorderriß 1 kann die Zone des Helvetikum im tieferen Untergrund der Kalkalpen im überschobenen Deckenstapel unter der Flyschzone angenommen werden.

8 BEWERTUNG DES UNTERSUCHTEN STANDORTES HINSICHTLICH DES POTENTIALS EINER THERMALWASSERNUTZUNG (RISIKOBEWERTUNG)

Auf Grund der geologisch-tektonisch- hydrogeologischen Struktur im Bereich von Schruns – Tschagguns ist die Auffindung einer Thermalquelle in einer Tiefenlage von 1600m – 2500m wahrscheinlich.

Das „Hauptzielgestein“ beider geologischer Modelle für die Erschötung eines möglichen Thermalwassers sind die Gesteine der Falknis- und Tasnadecke bzw. der Sulzfluhdecke. Da die Sulzfluhdecke gegen Osten stark ausdünnt bzw. auskeilt, wird ein Standort empfohlen, welcher möglichst am orographisch linken Talrand im Bereich von Tschagguns – Gampadelstal situiert sein sollte. Um möglichst nahe an die Sulzfluhdecke zu gelangen, sollte die Bohrung mit einer Neigung in Richtung Südwesten ausgeführt werden. Der Talausgang des Gampadelstales erscheint sinnvoll, da in diesem Bereich zusätzlich eine große Störungszone vorhanden ist. Diese Großstörung trennt das Silvretta Kristallin von der Phyllitgneiszone und lässt eine gute Wasserzirkulation im Untergrund erwarten.

Während im Geologischen Modell B der Thermalwasserstandort auf die Penninischen Gesteine der Sulzfluh- Falknis- und Tasnadecke beschränkt ist, sind im Geologischen Modell A auch die kalkalpinen Gesteinspakete im tieferen Untergrund für eine Thermalwassernutzung von Interesse, wobei auf Grund der Nähe der Raibler Formation und des vorkommenden Gipses erhöhte Sulfatgehalte zu erwarten sind. Eine Bohrung müsste möglichst am Südrand der kalkalpinen Gesteine abgeteuft werden, um dem Gips auszuweichen.

Für beide Standortbereiche wurde ein Bewertungsschema ausgearbeitet, welches die relevanten geologischen, tektonischen Strukturen und hydrogeologischen Eigenschaften mit der Angabe einer Wahrscheinlichkeit betrachtet. Daraus ergibt sich die Abschätzung der Prognostizierbarkeit der geologisch-strukturellen und hydrogeologischen Verhältnisse und damit des Potenzials des Antreffens von nutzbaren Thermalwasservorkommen (= Risikoanalyse).

Möglicher Standort (Geologisches Modell A)

Bewertungsparameter	Bewertung [%]	Wahrscheinlichkeit [%]	Gesamt Wahrscheinlichkeit
Aquifer / Kalkalpin unter 1500m	28	90	2520
Aquifer / Falknis-Tasna bis 2500m	25	95	2375
Aquifer / Sulzfluhdecke bis 2500m	30	50	1500
Störungsbündel	5	85	425
Geothermischer Gradient >2,5°	12	95	1140
	100		80

Tabelle 2 Standort Tschagguns (geologisches Modell A): Bewertung der geologisch-hydrologischen Standortvoraussetzungen.

Möglicher Standort (Geologisches Modell B)

Bewertungsparameter	Bewertung [%]	Wahrscheinlichkeit [%]	Gesamt Wahrscheinlichkeit
Aquifer / Kalkalpin unter 1500m	0	0	0
Aquifer / Falknis-Tasna bis 2500m	38	95	3610
Aquifer / Sulzfluhdecke bis 2500m	42	50	2100
Störungsbündel	5	85	425
Geothermischer Gradient >2,5°	15	95	1425
	100		76

Tabelle 3 Standort Tschagguns (Geologisches Modell B) - Bewertung der geologisch-hydrologischen Standortvoraussetzungen

Die Standortbeurteilung für das Geologische Modell A ist höher zu bewerten, da neben einer Erschöpfungsmöglichkeit in den penninischen Gesteinen auch eine Erschöpfung in den kalkalpinen Gesteinen möglich ist.

Da der geothermische Tiefengradient entscheidet, wie tief eine Bohrung abgeteuft werden muss, um auf ein Thermalwasser zu stossen, wurde auf Grund der bestehenden Unterlagen versucht, für den möglichen Standort den geothermischen Tiefengradienten abzuschätzen.

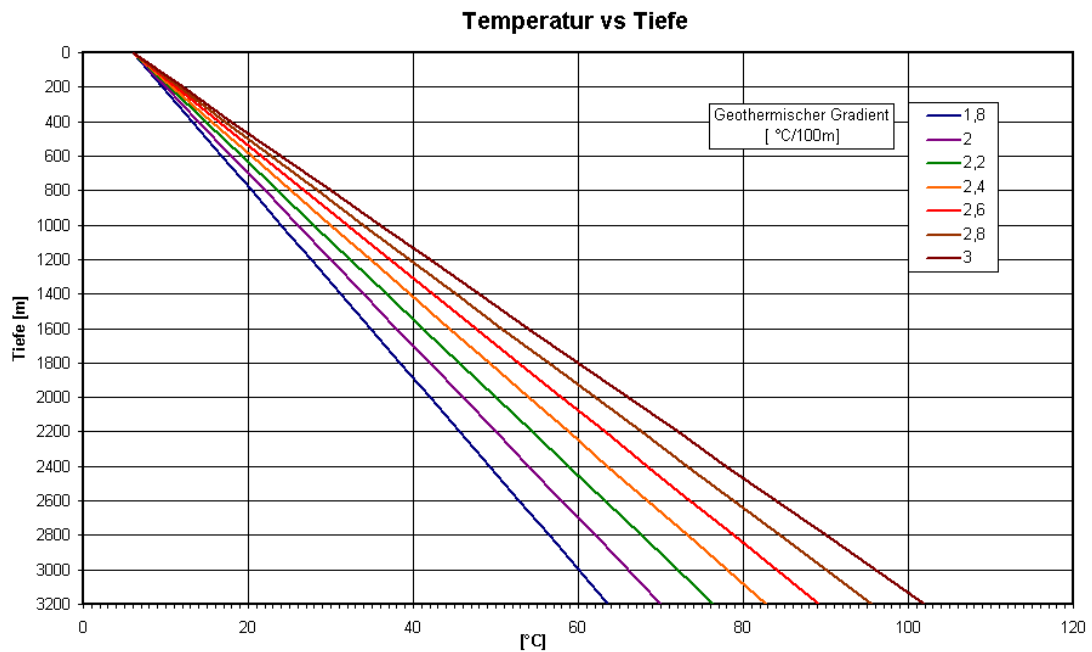


Abbildung 3 Untergrundtemperatur vs Tiefe bei verschiedenen angenommenen geothermalen Gradienten.

Bei einem geothermischen Tiefengradienten von $2,2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ist in einer Tiefe von 2000m unter GOK mit einer Gesteinstemperatur von ca. 50° zu rechnen, bei einem Gradienten von $2,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ von ca. 55°C .

Es sind daher in diesen Tiefen im Standortbereich Wassertemperaturen von 35°C bis 40°C zu erwarten.

9 ZUSAMMENFASSUNG, EMPFEHLUNGEN

Da für die Gemeinden Schruns – Tschagguns eine Thermalwassernutzung touristisch interessant ist, wurde unser Büro vom Stand Montafon beauftragt zu prüfen, ob eine Erschrotung eines Thermalwasservorkommens aus geologisch – hydrogeologischer Sicht empfohlen werden kann.

Auf Grundlage der vorhandenen geologischen Daten sowie von Detailbegehungen wurden zwei geologische Modelle durch vergitterte Profilschnitte erarbeitet.

Die Standortbereiche wurden nach den Kriterien der geologischen Struktur, des Auftretens potentieller Reservoirgesteine und der geothermalen Verhältnisse beurteilt.

Auf Grundlage der bisher verfügbaren Daten besteht für das mögliche Auftreten von Reservoirgesteinen unter den kristallinen Gesteinen (z.B. kalkalpine Formationen, Falknis- Tasnadecke, eventuell Sulzfluhdecke) realistische Chancen in einer wirtschaftlichen Tiefe Thermalwasser zu erschroten.

Unser Büro sieht in Tschagguns, Eingang Gampadelstal auf Grund der geologischen Strukturen günstige Voraussetzungen für das Antreffen von Thermalwasser in wirtschaftlich sinnvollen Bohrtiefen von ca. 1600m – 2500m.

Empfehlungen

Als weiterer Arbeitsschritt werden chemische Untersuchungen an ausgewählten Wasserproben empfohlen. Als aussagekräftiger Parameter eignet sich vor allem das Edelgas Radon, da Radonwerte eine Wegsamkeit in den tieferen Untergrund über die zu Tage tretenden Wässer anzeigen. Die Radongehalte können an ausgewählten Wasserproben gemessen werden.

Sollte der Standort Schruns - Tschagguns für eine vertiefende Untersuchung im Hinblick auf Geothermalwassernutzung in Betracht gezogen werden, ist in diesem Bereich eine geophysikalische Detailuntersuchung mit einer hochauflösenden Seismik unerlässlich.

Die Zielsetzung dieser ergänzenden Untersuchungen nach dem Stand der Technik ist die Erkundung der Untergrundstruktur, wie dem Nachweis eines geologischen Fensters im Bereich des Kristakopfes, dem Auftreten von Kalken des Penninikums im tieferen Untergrund und von tektonischen Elementen (Störungen). Mit den Erkenntnissen aus der Seismik kann die Festlegung des Bohrpunktes und des geologischen Vorausprofils zur Ermittlung der erforderlichen Bohrtiefe erfolgen.

Erfahrungsgemäß sind die Raibler Formation, der Gips und die Arosazone gute seismische Reflexions-Leithorizonte. Die Seismik müsste daher eine entsprechend gute Auflösung des Untergrundprofils ergeben.

Diese seismischen Untersuchungen sind die notwendige Grundlage für eine seriöse Kostenschätzung und Vorbereitung der Bohrung für die Thermalwassergewinnung im Gemeindegebiet Schruns – Tschagguns.

Feldkirch, am 24-03-04