

Geophysikalische Untersuchungen an thermalen Karstwässern am Beispiel Gams/Hieflau (Steiermark)

Geophysical Investigations of Thermal Karst Water in the Area of Gams/Hieflau (Styria)

H. AIGNER¹⁾, R. GRATZER²⁾ & Ch. SCHMID¹⁾

Inhalt

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	123
2. Geologischer Überblick	124
3. Geophysikalische Untersuchungen	126
3.1. Konventionelle „mise-a-la-masse“-Messungen	126
3.2. „Frequenz-mise-a-la-masse“-Messung	127
3.3. Refraktionsseismische Untersuchungen	130
4. Hydrologische Untersuchungen	131
5. Diskussion der Ergebnisse	132
Zusammenfassung	133
Literatur	133
Summary	134

1. Einleitung und Problemstellung

Im Gosaubecken von Gams am Ausgang der Nothklamm tritt eine warme Schwefelquelle zutage, die seit langem bekannt ist und genutzt wird.

Die Problematik bei dieser Quelle besteht darin, daß sich die aus der Tiefe aufsteigenden warmen Wässer beim Erreichen des im Karst vorherrschenden Grundwasserstockwerkes mit kalten Wässern mischen und je nach jahreszeitlich bedingter Höhenlage des Karstwasserspiegels sehr unterschiedliche Temperaturen am Quellaustritt aufweisen.

Seit F. KRAUSS (1897) wird immer wieder versucht, eine Lokalisierung der unvermischten mineralisierten Thermalwässer herbeizuführen, um sie einer effizienten Nutzung zuzuführen. Da die geologischen Arbeiten (F. EBNER, 1977), geophysikalische

¹⁾ Dipl.-Ing. Dr. mont. H. AIGNER, Dipl.-Ing. Dr. mont. Ch. SCHMID, Institut für Angewandte Geophysik, Forschungsgesellschaft Joanneum Ges.m.b.H., A-8700 Leoben, Roseggerstraße 17.

²⁾ Dr. R. GRATZER, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben, Franz-Josef-Straße 18.

Untersuchungen (H. JANSCHKE, 1977–1979) sowie hydrochemisch-isotopenhydrologische Messungen (H. ZOJER, 1980) und niedergebrachten Aufschlußbohrungen kein befriedigendes Ergebnis erbrachten, wird der Versuch unternommen mit einem neuen Meßverfahren, der „mise-a-la-masse“-Methode, in Kombination mit längerfristigen hydrologischen Untersuchungen, diese Problematik einer Klärung zuzuführen. Ergänzend zu diesen Arbeiten soll mittels seismischer Methoden routinemäßig der Verkarstungsgrad sowie die Verkarstungstiefe der anstehenden Karbonate festgestellt werden. Kontinuierliche Messungen der Quellschüttung in Abhängigkeit von der Wassertemperatur und Leitfähigkeit sollen das Untersuchungsprogramm abrunden.

2. Geologischer Überblick

Die warmwasserführenden Quellaustritte am südwestlichen Ausgang der Nothklamm liegen in einer Aufbruchzone triadisch-jurassischer Kalke, die im W von den sandig-mergeligen Gosauschichten durch eine steilstehende NW-SE verlaufende und im E durch eine annähernd N-S verlaufende Störung abgetrennt wird.

Die Schichtpakete der Aufbruchzone fallen mittelsteil nach SW ein und stellen eine mehr oder weniger durch schichtparallele Störungen zerlegte vollständige stratigraphische Abfolge von der Obertrias (Nor-Räth) bis zum Oberjura (Malm) dar. Im E durch eine N-S verlaufende Störungszone getrennt, schließen sich an die dazwischengeschalteten Gosauschichten anisische Rauhwacken an, die in sedimentärem Kontakt zu Werfener Schichten stehen.

Die beobachtbaren Quellaustritte (Fig. 1) liegen innerhalb gut gebankter oberjurassischer Kalke (Bunte Jurakalke – Oberalmer Kalke).

Gefügekundliche Arbeiten (F. EBNER, 1977) haben drei unterschiedliche Kluftsysteme ergeben, wobei besonders im Bereich der Quelle dem Kluftsystem K_3 mit einem Einfallen um $80-90^\circ$ und einer Streichrichtung von $130-140^\circ$ eine große Bedeutung zukommt. Die im Gelände stark ausgeprägte Rinne auf der orographisch rechten Bachseite (Fig. 1) mit einem steilen Schichteinfall nach SW ist der Kluftstruktur K_1 zuzuordnen. Die primäre Anlage des Bachverlaufes der Noth entspricht der Kluftschar K_2 .

An der Austrittsstelle der warmen Wässer treten die ziemlich einheitlich fallenden Schichtflächen und parallel zum Streichen dieser, nur etwas steiler gestellt, die tektonisch beanspruchte Kluftschar K_3 , innerhalb der gut gebankten Bunten Jurakalke und Oberalmer Kalke auf. Zwei annähernd parallel verlaufende Störungen an der Schichtgrenze Bunte Jurakalke – Oberalmer Kalke, ungefähr der Richtung von K_3 entsprechend, untermauern die Dominanz dieser Kluftschar.

Die Herkunft der warmen Wässer, die einen geringfügigen Schwefelgehalt aufweisen, kann ohne Zweifel auf ein Aufdringen entlang von Flächenelementen (Schichtflächen, Klüfte) zurückgeführt werden. Da entsprechend den vorliegenden geologischen Gegebenheiten der Schwefelgehalt nur von den gipsführenden Werfener Schichten hergeleitet werden kann, müssen die aufdringenden warmen Wässer bzw. deren Flächenelemente mit diesen in Verbindung stehen.

Als Aufstiegsbahn für die warmen Schwefelwässer kommen daher in diesem Bereich vorwiegend die Schichtflächen bzw. die tektonisch beanspruchten Flächen von K_3 in Frage.

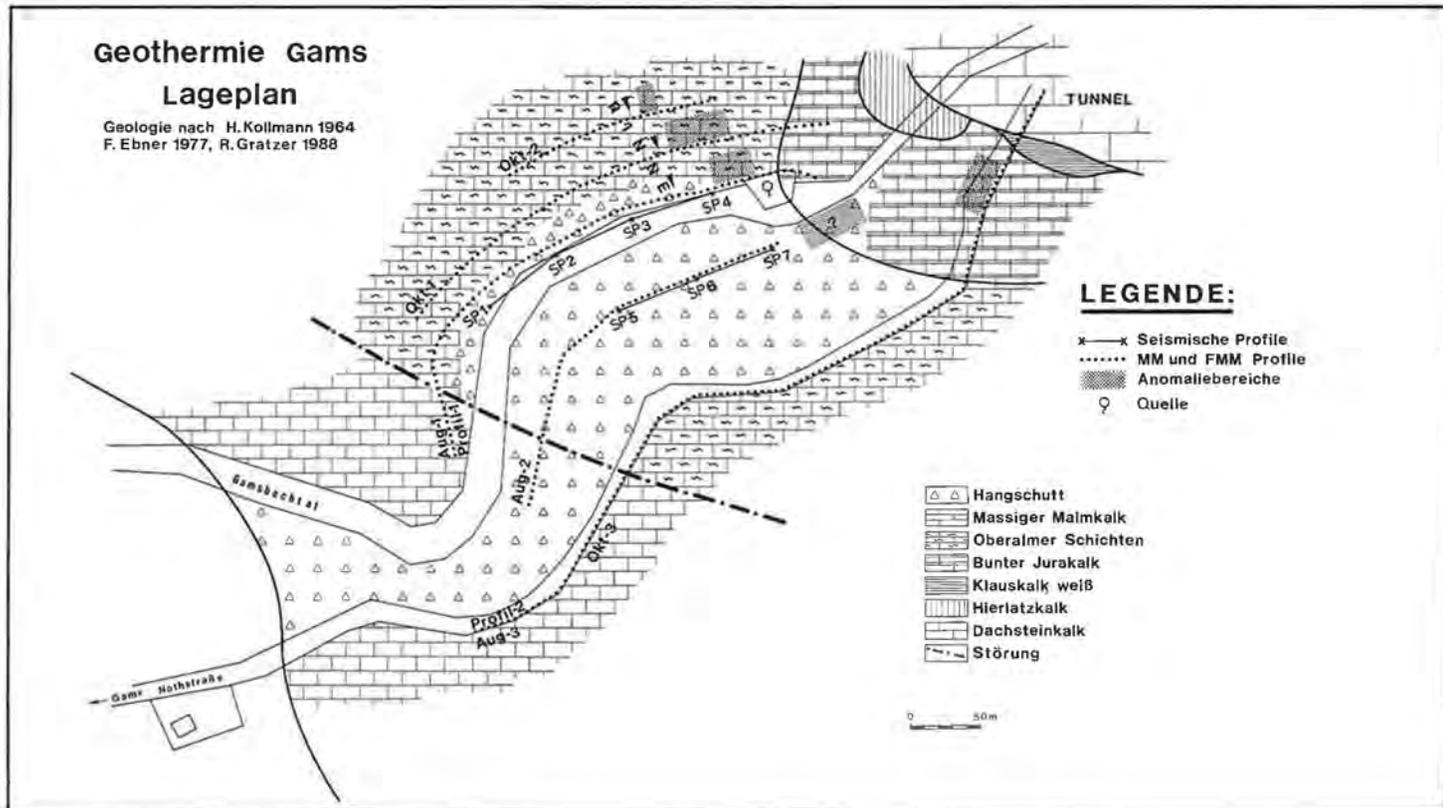


Fig. 1: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes.

3. Geophysikalische Untersuchungen

3.1. Konventionelle „mise-a-la-masse“-Messungen

Als konventionelle „mise-a-la-masse“-Meßmethode wird ein geophysikalisches Meßverfahren bezeichnet, bei dem ein natürliches elektrisches Potential durch Einspeisung von Strom verstärkt und gemessen wird. Grundvoraussetzung für die Anwendung ist das Vorhandensein einer elektrisch leitfähigen Struktur, an die die Stromanode angelegt werden kann. Im vorliegenden Fall wird das mineralisierte

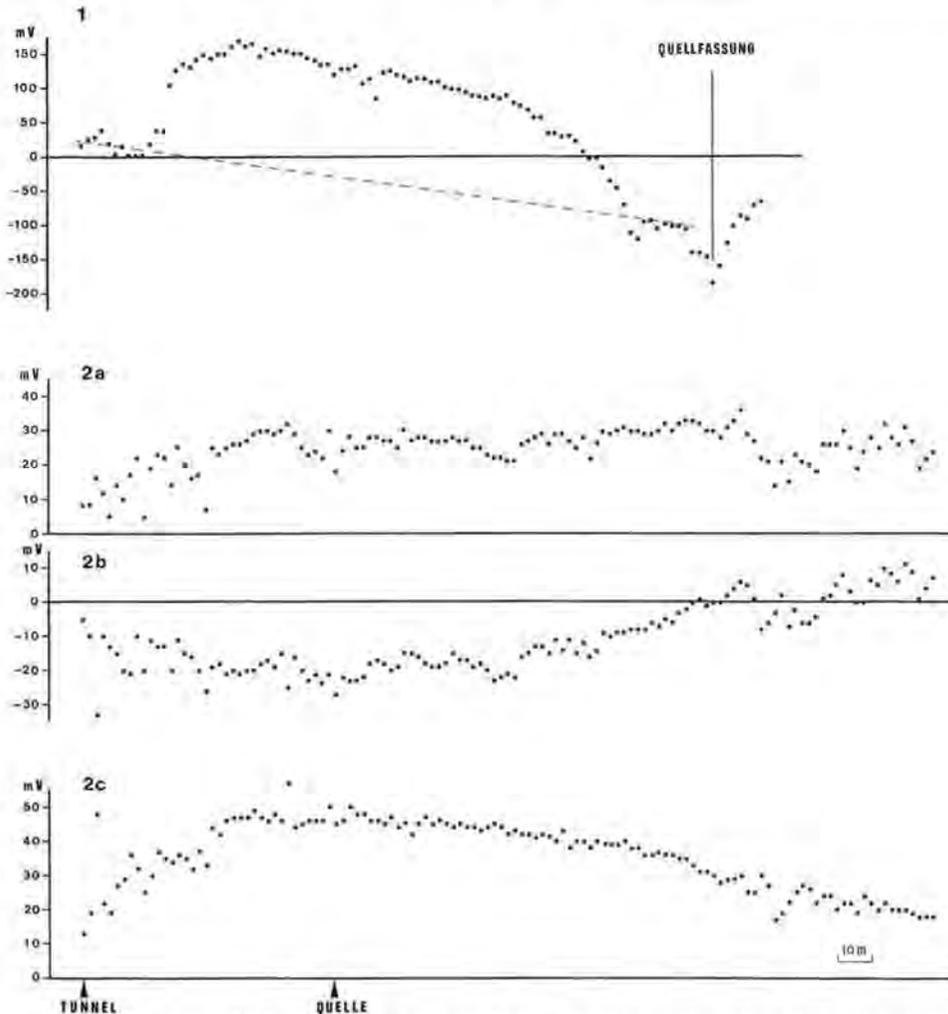


Fig. 2: Profil 1 zeigt den Verlauf der unkorrigierten MM-Kurve, die entlang der rechten Hangseite registriert wurde. Die strichlierte Linie zeigt den vermutlichen Kurvenverlauf ohne Hangschutt. Profil 2 wurde entlang der Nothstraße aufgenommen. 2a zeigt den Verlauf der unkorrigierten MM-Kurve, 2b die Eigenpotentialkurve und 2c die korrigierte MM-Kurve. Besonders auffällig ist die Breite der Anomalie bei Profil 2c.

Wasser der Quelleinfassung zur Ankoppelung der Stromanode herangezogen. Der Gegenpol, der theoretisch im Unendlichen aufgestellt werden soll, wird in 800 m Entfernung plaziert. Über die beiden Strompole wird üblicherweise ein Gleichstrom in den Untergrund eingespeist und mittels spezieller potentialfreier Elektroden die Potentialverteilung im Bereich der leitfähigen Struktur in Profilform gemessen, wodurch in ungestörten Gebieten die Struktur verfolgt und auskartiert werden kann.

Bei dieser Meßmethodik erhält man zumeist schwach ausgeprägte Meßresultate, die noch in bezug auf die natürliche Eigenpotentialverteilung korrigiert werden müssen.

In Fig. 2 sind die Meßprofile der mit Gleichstrom induzierten „mise-a-la-masse“-Methode dargestellt. Profil 1 stellt ein unkorrigiertes Meßprofil („mise-a-la-masse“-Werte und natürliches Eigenpotential) dar und verläuft entlang der orographisch rechten Bachseite (Fig. 1).

Der Meßpunktabstand beträgt 2 m, und es kommt in diesem Profil die Anomalie bei der Quelleinfassung mit -180 mV deutlich zum Ausdruck. Der nach einigen Profilmeter auftretende positive Anstieg bis auf annähernd $+150$ mV ist auf die in diesem Bereich auftretenden Hangschuttfächer zurückzuführen, die die Meßwerte ungünstig beeinflussen. Der Kurvenverlauf unter Berücksichtigung des Hangschuttes ist schematisch in strichlierter Form eingetragen. Das Profil 2, welches ca. 60 m oberhalb der Talsohle auf der orographisch linken Talseite entlang der Nothstraße verläuft, beginnt beim Straßentunnel und endet ungefähr gegenüber dem starken Wegknick von Profil 1 (Fig. 1). Der Meßpunktabstand beträgt wie bei dem zuvor besprochenen Profil 2 m. Dargestellt sind die Ergebnisse der unkorrigierten Gleichstrom „mise-a-la-masse“-Messung in Profil 2a, das natürliche Eigenpotential in 2b und die um das natürliche Eigenpotential korrigierte Kurve der Gleichstrom „mise-a-la-masse“-Messung im Profil 2c. Wie zu erwarten, ist bei diesem Profil, bedingt durch die größere Entfernung zur Quellfassung, der Anomaliebereich wesentlich schwächer ausgebildet und ohne Korrektur (Profil 2a) kaum zu erkennen. Erst durch die Korrektur des Eigenpotentials wird die breite Anomalie mit dem schwach ausgeprägten Maximum im Bereich der Quelle sichtbar (Profil 2c).

3.2. „Frequenz-mise-a-la-masse“-Messung

Die „Frequenz-mise-a-la-masse“-Messung funktioniert im Grundprinzip gleich wie die zuvor besprochene konventionelle Methode. Nur wird in diesem Fall anstelle von Gleichstrom ein Strom mit konstanter Frequenz, die bei größeren Eindringtiefen zur Vermeidung von Skineffekten gering sein soll, an der zu untersuchenden Struktur über die Stromanode in den Untergrund eingespeist.

Besitzt das Meßgerät die notwendigen Filter für die entsprechende Frequenz, so kann die Messung unter Verwendung normaler Elektroden (Metallspeie) durchgeführt werden. Weiters entfällt durch diese Methode die Messung des natürlichen Eigenpotentials, wodurch eine um einen Faktor 10 höhere Auflösung und ein gesteigerter Meßfortschritt erreicht werden kann. Wie aus Fig. 1 zu entnehmen ist, wurden fünf „Frequenz-mise-a-la-masse“-Profile, die etwa parallel des Baches verlaufen, gemessen und dargestellt. Fig. 3 zeigt die Profile Aug-2, Aug-1 und Aug-3, wobei die beiden letzten Profile Wiederholungsmessungen jener Profile darstellen, die mittels konventioneller „mise-a-la-masse“-Methode bereits gemessen wurden (Fig. 2).

Betrachtet man diese drei Profile, so erkennt man im Profil Aug-1 die stark ausgeprägte Anomalie im Bereich der Quellfassung. Obwohl das Profil Aug-3 relativ weit entfernt von der Quelleinfassung verläuft, ist die Anomalie scharf und deutlich

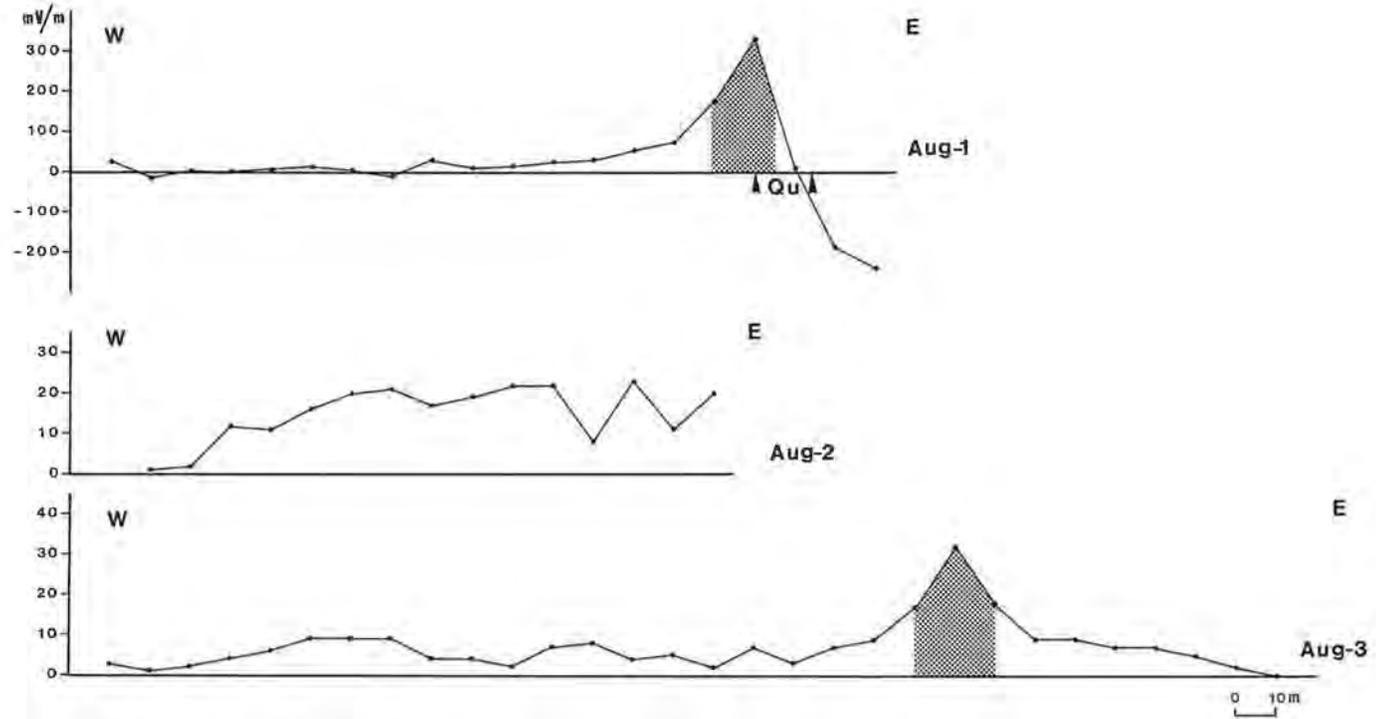


Fig. 3: „Frequenz-mise-a-la-masse“-Profile Aug-1-3. Dargestellt sind die Gradienten in mV/m, die Bereiche der Anomalien sind gerastert.

ausgeprägt. Besonders deutlich wird dieser Unterschied, vergleicht man diese Ergebnisse mit jenen der konventionellen Meßmethode (Fig. 2). Im Profil Aug-2 konnte bedingt durch die Geländesituation der eigentliche Anomaliebereich nicht erfaßt werden, doch der äußerst unruhige Kurvenverlauf am östlichen Profilende kann als Annäherung an den Anomaliebereich gewertet werden. Um eine Vorstellung über die räumliche Ausdehnung der anomalen Bereiche zu erhalten, wurden weitere Profile gemessen und dargestellt (Fig. 4). Die beiden Profile Okt-1 und Okt-2 verlaufen ca. 30 m bzw. 60 m höhenversetzt annähernd parallel zu Profil Aug-1 (Fig. 1). Die Profile queren eine markante Geländeerinne, bei der der anomale Bereich beginnt, der bei Profil Okt-1 200 mV/m beträgt und bei Profil Okt-2 einen Gradientensprung von 7 mV/m bedingt. Profil Okt-3 ist eine Wiederholungsmessung zu Profil 2 (Fig. 2) bzw. Profil Aug-3 (Fig. 3). Vergleicht man zusammenfassend alle Profile und stellt diese im räumlichen Zusammenhang dar, so ergibt sich ein Anomaliebereich, der mit der geologischen Schichtgrenze der Oberalmer Schichten zu den Bunten Jurakalken eine Verschneidung bildet, an der etwa die Quellfassung liegt (Fig. 1). Geht man davon aus, daß die Nothklamm einer primär angelegten Störung folgt und die Geländeerinne, die von den Profilen Okt-1, Okt-2 und Aug-1 gequert wird, ebenfalls eine Störungszone darstellt, so ergibt sich im Bereich der Quellaustritte ein Zusammenwirken mehrerer tektonischer Elemente, die das Aufdringen bzw. den Zufluß warmer mineralisierter Wässer begünstigen.

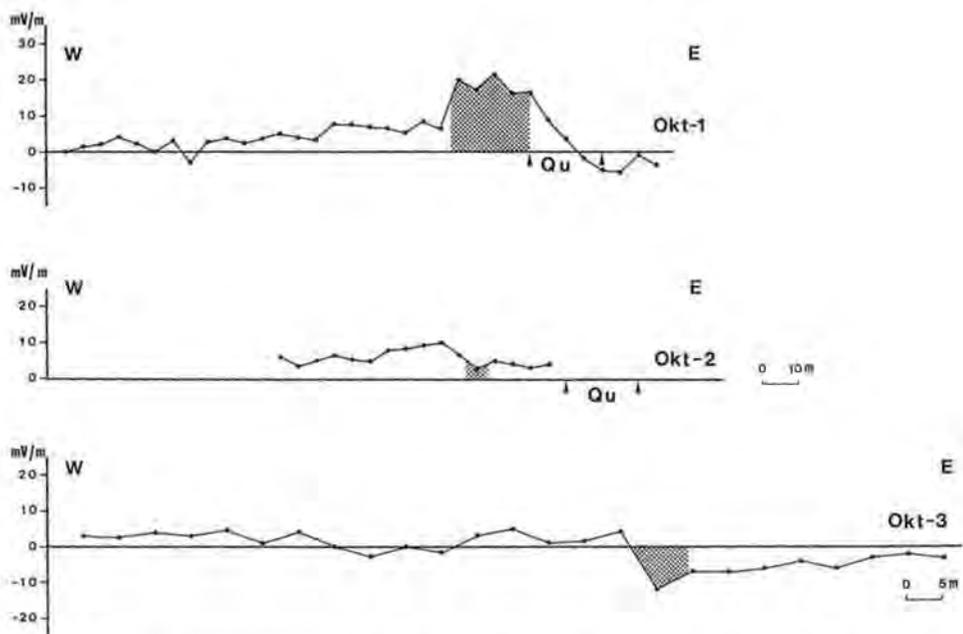


Fig. 4: „Frequenz-mise-a-la-masse“-Profile Okt-1-3. Dargestellt sind die Gradienten in mV/m, die Bereiche der Anomalien sind gerastert.

3.3. Refraktionsseismische Untersuchungen

Mittels der seismischen Methoden ist es nicht möglich, höher temperierte Wässer zu prospektieren. Allerdings treten höher temperierte Wässer vorwiegend an Bruchlinien auf und derartige Bruchlinien können bei entsprechender Ausdehnung der Auflockerungszone mittels seismischer Verfahren auskartiert werden.

Im gegenständlichen Fall wurde die Refraktionsseismik zur Feststellung der Verkarstungstiefe und zur Erkundung von Bruchstrukturen eingesetzt. Weiters eignet sich diese Methode von Gesteinen den Grad der Klüftigkeit zu bestimmen, da die seismischen Meßgrößen eine Korrelation zu allen Gefügeänderungen im Gesteinsverband zeigen. Um diese Parameter zu erfassen, wurden parallel des Gamsbaches zwei kurze refraktionsseismische Profile gemessen, bei denen der Schußpunktabstand 30 m betrug. Insgesamt wurden auf diese Weise 150 Profilmeter seismisch vermessen. Obwohl die Aufstellungslängen gering waren, ergab sich bei der Auswertung ein seismischer Vierschichtfall. Idealisiert kann man von folgender Schichtabfolge sprechen:

a) oberflächennahe Verwitterungsschicht	438 ± 126 m/s
b) teilweise wassergesättigte Schotter bzw. Geröll	1242 ± 271 m/s
c) verkarsteter bzw. klüftiger Kalk	2979 ± 602 m/s
d) unverwittertes Grundgebirge	5097 ± 375 m/s

Die teilweise wassergesättigten Schotter bzw. Gerölle weisen eine sehr niedrige mittlere Geschwindigkeit auf. Dies ist darauf zurückzuführen, daß entlang Profil 1 die Gerölle und Schotter kaum wassergesättigt sind, wodurch sehr niedrige Schichtgeschwindigkeiten zwischen 860 und 1280 m/s ausgewiesen werden. Am Profil 2 hingegen entsprechen jene Geschwindigkeiten zwischen 1480 m/s und 1500 m/s eindeutig den wasserführenden Schottern und Geröllen.

Erwartungsgemäß ist die Standardabweichung beim verkarsteten bzw. klüftigen Kalk mit ± 602 m/s bei 2979 m/s relativ hoch. Dies deutet darauf hin, daß der Verkarstungsgrad bzw. die Klüftigkeit sich entlang dieser beiden kurzen Profile stark ändert und generell gesehen mit sehr inhomogenen Verhältnissen zu rechnen ist.

Betrachtet man die Profile im einzelnen, so stellt man fest, daß der unverwitterte Kalk entlang beider Profile ein ausgeprägtes Relief aufweist. Entlang Profil 1 ist der unverwitterte Kalk in einer Tiefe zwischen 6 m bei Schußpunkt SP 1 und 10 m bei Schußpunkt SP 4 anzutreffen. Auf der anderen Bachseite (Profil 2), liegt der unverwitterte, unverkarstete Kalk in Tiefen zwischen 12 m bei SP 7 und 15 m in der Nähe von SP 6. Ob aus diesen seismischen Geschwindigkeiten ein Trend im Verkarstungsgrad abzuleiten ist, kann aufgrund der beiden kurzen Refraktionsprofile nicht eindeutig festgestellt werden.

In Fig. 5 wurde versucht, die Oberkante des unverwitterten Kalkes kartenmäßig darzustellen. Dabei hat es den Anschein, als würde im Bereich der Quellaustritte eine geringfügige Mulde vorliegen, die durch eine Auflockerungszone verursacht wird, welche einer geologischen Störung folgt. Gamsbach abwärts ist eine geringfügige Aufragung im unverkarsteten Gebirge zu erkennen, die schraffiert dargestellt ist. Einschränkend soll bemerkt werden, daß die kartenmäßige Darstellung nur einen Versuch darstellt und detaillierte Erkenntnisse aus dieser Refraktionsseismik bei der zur Verfügung stehenden Punktdichte nicht abgeleitet werden können. Wegen des engen Tales ist aber kaum die Möglichkeit gegeben, weitere seismische Profile im Untersuchungsgebiet zu vermessen.

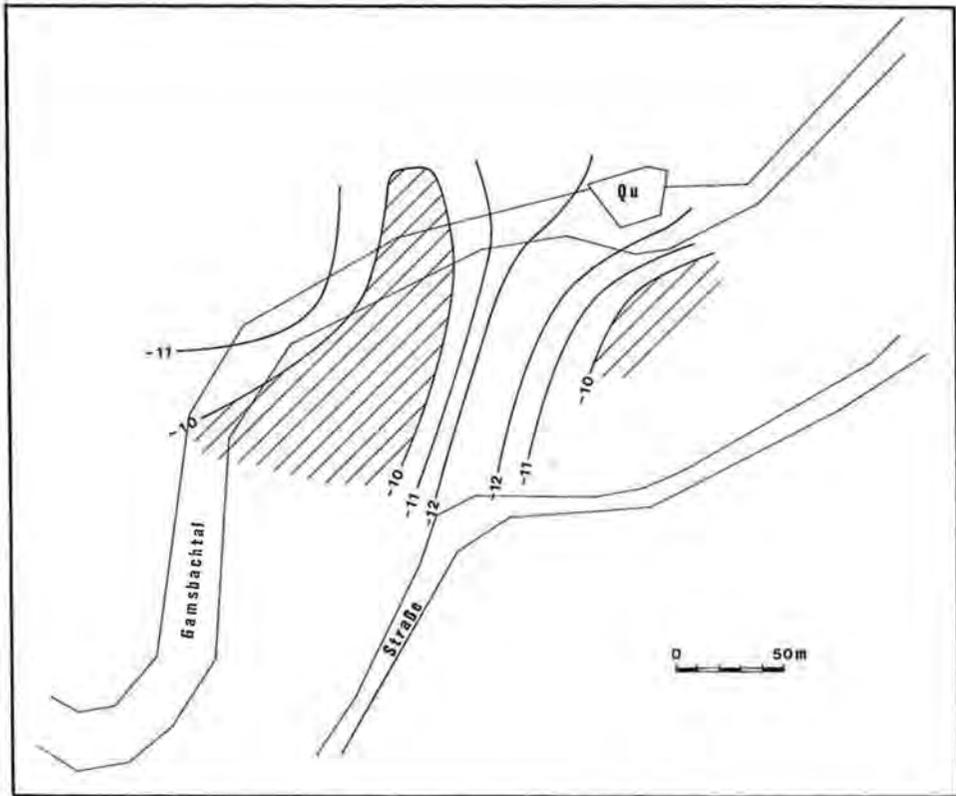


Fig. 5: Karte der Strukturoberkante der unverwitterten Kalke.

Dennoch muß zusammenfassend festgestellt werden, daß die Verkarstung des Kalkes in der unmittelbaren Nähe der Quelfassung nicht, wie ursprünglich angenommen, in größere Tiefen hinabreicht, sondern es den Anschein hat, als würde das verkarstete Gebirge nicht tiefer als 15 m unter Bachniveau anzutreffen sein. Eine Ausnahme dürfte der unmittelbare Bereich der Störung sein. Derartig kleinräumige Auflockerungshöfe, wie sie in der unmittelbaren Umgebung einer Störung auftreten, könnten mit der Refraktionsseismik nur schwer detaillierter herausgearbeitet werden.

4. Hydrologische Untersuchungen

Zur Abrundung der geologisch-geophysikalischen Arbeiten wurde eine hydrologische Meßstation errichtet, mit der die Luft- und Quelltemperatur sowie die Leitfähigkeit und Schüttung erfaßt und mittels Schreiber aufgezeichnet wurde. Trotz mehrfacher Unterbrechung der Aufzeichnungen konnten an Hand der gemessenen Parameter Zusammenhänge festgestellt werden, die detailliertere Aussagen über die Verhältnisse der Quelle gestatten. Im Beobachtungszeitraum betrug die Maximaltemperatur der Quelle 19°C und die Minimaltemperatur 8°C bei einer Leitfähigkeit von 0,092 bzw. 0,022 S/m, wobei zu bemerken ist, daß im Gegensatz zum Temperatur-

aufbau, der einige Wochen erfordert, die Temperaturabsenkung innerhalb einer Stunde erfolgt. Dieser extrem rasche Temperaturabfall und die auffälligen Tagesschwankungen weisen bereits auf eine starke Beeinflussung der Quelle durch oberflächennahe Wässer hin. Ein ähnliches Ergebnis läßt sich auch an Hand der Lufttemperatur, besonders während der kälteren Jahreszeit, ableiten, da kurze Tauperioden von der Quelle sofort mit einem drastischen Temperaturabfall quittiert werden. Untersucht man die Beziehung zwischen Quellschüttung und Quelltemperatur näher, so ergibt sich unter der Annahme, daß bei minimaler Schüttung die Quelltemperatur ein Maximum erreicht, an der Austrittsstelle ein theoretischer Wert von $21,4^{\circ}\text{C}$. Eine Quelltemperatur von 22°C konnte auch an Hand der Korrelation Bachtemperatur - Quelltemperatur ermittelt werden.

Es kann somit abschließend festgestellt werden, daß die Quelle extrem von oberflächennahen Wässern beeinflusst wird, ferner der Karstwasserspiegel, wenn überhaupt, nur sehr untergeordnet die Quelle beeinträchtigt und eine Quelltemperatur von maximal 22°C trotz bestmöglicher Eliminierung der Störeinflüsse nicht überschritten werden kann.

5. Diskussion der Ergebnisse

Durch den Einsatz einer neuen Meßmethode, der „Frequenz-mise-a-la-masse“, die im Gegensatz zur herkömmlichen „mise-a-la-masse“-Methode eine gute Einengung der anomalen Bereiche gestattet, konnte unter schwierigen Geländebedingungen das Gebiet um die Quellaustritte auskartiert werden. Wie aus den Messungen hervorgeht, folgt auf der orographisch rechten Bachseite die Anomalie einer ausgeprägten Rinne, die geologisch der Kluftstruktur K_1 zuzuordnen ist. Auf der gegenüberliegenden Talseite konnten die Messungen nur entlang der Nothstraße durchgeführt werden, wobei die Anomalie im Streichen ca. 40 m nach N versetzt, an einer Störungszone, die der Kluftschar K_3 entspricht, wieder angetroffen wurde. Berücksichtigt man, daß die Nothklamm ebenfalls einer Störung folgt, so ergibt sich ein NW-SE verlaufender durch die klammparallele Störung (K_2) nach N versetzter Anomaliebereich. Die Verschneidung dieser Kluftstrukturen fällt teilweise mit der geologischen Schichtgrenze Oberalmer Schichten - Bunte Jurakalke zusammen. Auf Grund des Zusammenfalls mehrerer tektonischer Flächenelemente scheint eine tiefgreifende Struktur vorzuliegen, die das Migrieren thermaler Wässer, wie der Quellaustritt beweist, begünstigt. Da das aufdringende Wasser einen Schwefelgehalt aufweist, der aus geologischer Sicht nur von den gipsführenden Werfener Schichten hergeleitet werden kann, darf angenommen werden, daß die tiefgreifenden Strukturen mit jenen Schichten in Verbindung stehen. Entgegen der ursprünglichen Annahme haben die seismischen Messungen gezeigt, daß das Gebiet um den Quellaustritt nur bis in eine Tiefe von ca. 15 m stärker aufgelockert ist. Der engere Bereich um die Störung dürfte jedoch davon ausgenommen sein, konnte aber aufgrund der topographischen Verhältnisse nicht eingehender untersucht werden. Auf das Vorliegen einer Verkarstung bzw. eines ausgeprägten Karstwasserspiegels kann jedoch an Hand der durchgeführten Untersuchungen nicht geschlossen werden.

Es kann somit abschließend festgestellt werden, daß die Schwefelquelle in der Noth an tektonische Flächenelemente gebunden ist und dem Karstwasserspiegel nur eine untergeordnete Rolle zuzuordnen ist. Der wesentliche Einfluß auf die Quelle wird von

relativ oberflächennahen Wässern in unmittelbarer Nähe der Störung ausgeübt, welche in den klüftigen Untergrund eindringen und sich dort mit dem warmen Schwefelwasser vermischen. Jene Bereiche, die einen erhöhten Anteil an thermalem Wasser aufweisen, können mit Hilfe geophysikalischer Methoden, vor allem der „Frequenz-mise-a-la-masse“-Methode, prospektiert werden.

Zusammenfassung

Am Ausgang der Nothklamm in Gams bei Hieflau treten temperierte Schwefelwässer zu Tage, die offenbar von Oberflächenwasser beeinflusst werden. Es wird daher versucht, mittels eines neuen geophysikalischen Verfahrens den Mischungsbereich zu erkunden. Neben dieser Methode wird die Untersuchung durch geologische Erkundungen, hydrologische Langzeitbeobachtungen und den Einsatz der Seismik abgerundet.

Es wird versucht mit der „mise-a-la-masse“-Methode den unterirdischen Verlauf der temperierten Wässer festzustellen. Da diese Methode nicht den gewünschten Erfolg brachte, wurde dieses Meßverfahren in Richtung „Frequenz-mise-a-la-masse“-Methode abgeändert und ein neues Meßgerät entwickelt.

Mit Hilfe der „Frequenz-mise-a-la-masse“-Methode ist der Bereich der Anomalie leicht zu erfassen und es zeigt sich, daß diese den geologischen Strukturelementen zugeordnet werden können. Somit ergibt sich ein Anomaliebereich, der mit der geologischen Schichtgrenze der Oberalmer Schichten zu den Bunten Jurakalken und den vorhandenen tektonischen Elementen eine Verschneidung bildet, an der das Aufdringen warmer Wässer begünstigt wird.

Die seismischen Untersuchungen zeigen, daß das Gebirge im Bereich der Nothklamm bis in eine Tiefe von ca. 10 m relativ stark klüftig ist und die Strukturen der Auflockerung den geologisch vorgegebenen Flächenelementen folgen.

Wie aus den hydrologischen Langzeitbeobachtungen von Leitfähigkeit, Quelltemperatur, Bach- und Lufttemperatur in Verbindung mit den einzelnen Korrelationsdiagrammen hervorgeht, reagiert das am Quellaustritt ausfließende Wasser rasch auf die geänderten Bedingungen und unterstreicht somit den direkten Zusammenhang mit dem Kluftwasser.

Literatur

- EBNER, F. (1977): Bericht über Aufnahmsarbeiten im Bereich der Schwefelquelle in der Noth bei Gams im August 1977. - Unveröffentl., 10 S., 1 Karte, 5 Abb., Graz.
- EBNER, F., H. JANSCHKEK, H. ZETINIGG, H. ZOJER (1980): Die warme Quelle in der Noth bei Gams/Hieflau und die Untersuchungen in den Jahren 1974-1979, Graz.
- JANSCHKEK, H. (1977): Bericht über die Bohrlochmessungen im Bereich der Subtherme Gams bei Hieflau. - Unveröffentl., 6 S., 3 Beil., Ferlach.
- JANSCHKEK, H. (1978): Bericht über geophysikalische Messungen im Bereich der Subtherme Gams bei Hieflau, Steiermark. - Unveröffentl., 4 S., 3 Beil., Ferlach.
- JANSCHKEK, H. (1979): Bericht über die geothermischen Messungen im Bereich der Subtherme Gams, Hieflau. - Unveröffentl., 3 S., 1 Beil., Ferlach.
- KOLLMANN, H. (1964): Stratigraphie und Tektonik des Gosaubeckens von Gams (Steiermark, Österreich) mit 4 Tafeln und 5 Abbildungen. - Jb. Geol. B. A., 107, 71-159, Wien.
- KOVACEVIC, S. & Z. KRULC (1967): Some aspects of geoelectrical investigation for groundwater in the Yugoslavian karst region. - Memoires A.I.H., reunion d'Istanbul 1967.

- KRAUSS, F. (1897): Die eherne Mark. - II, Graz.
- MILIZER, H. & F. WEBER (1985): Angewandte Geophysik. Geoelektrik-Geothermie-Radiometrie-Acrogeophysik. - II, Wien, New York, Berlin.
- VINZENZ, M., Ch. SCHMID (1987): Geophysik Prebl. - Unveröffentl. Bericht, Leoben.
- ZETINIGG, H. (1974): Bericht über die Thermalquelle von Gams bei Hieflau. - Unveröffentl., 7 S., Graz.
- ZETINIGG, H. (1984): Versuche zur Fassung der temperierten Schwefelquelle von Gams bei Hieflau. - 5. Jahrestagung d. österr. Geol. Ges., Eisenerz.
- ZOJER, H. (1980): Interpretation der hydrochemischen und isotonhydrologischen Messungen an der Quelle in der Noth bei Gams/Hieflau. - Unveröffentl., 9 S., 3 Fig., Graz.

Summary

At the exit of the Nothklamm gorge at Gams near Hieflau thermal sulfur springs can be found which are obviously influenced by surface water. Therefore, efforts are made to explore the area where the two waters mix by means of a new geophysical method. Apart from this method, geological exploration, hydrological long-term observations and seismic methods are used to complete the investigation.

The "mise-a-la-masse" method is used for monitoring the subterranean path of the thermal water. As this measuring method did not produce the desired results it was replaced by the "frequency-mise-a-la-masse" method and a new measuring device was developed.

By means of the "frequency-mise-a-la-masse" method the area of anomaly can easily be investigated and can be allocated to geological structural elements. The measurements show that the area of anomaly intersects the boundary layers of the Oberalm layers and the Jurassic limestones. This intersection favors the ascent of warm waters.

The seismic investigations show that the mountains in the Nothklamm area are extremely jointed down to a depth of about 10 meters and that the structures of disaggregation follow the geological elements.

Based on the correlation diagrams and the hydrological long-term observations regarding conductivity, temperatures of the spring and brook waters as well as air temperature, it can be seen that the water discharging from the spring quickly reacts to the changed conditions and thus indicates the direct connection with the fissure water.