

DAS GEOTHERMALE POTENTIAL AM KALKALPEN-SÜDOSTRAND ERFAHRUNGEN AUS DEN BOHRUNGEN PAYERBACH TH1 UND AFLENZ TH1

R. GRATZER , R. SAUER , CH. SCHMID, J. SCHÖN & G. WESSELY

Zusammenfassung

Die Bohrungen Payerbach Th1 und Aflenz Th 1 wurden abgeteuft, um Thermalwasser in Speichergesteinen des Unter- und Mittelostalpin zu erschließen. Es wurden in beiden Fällen hochmineralisierte Wässer mit normalen (Aflenz Th 1) und etwas untertemperierten Bedingungen (Payerbach Th1) angetroffen. Da noch nicht die von der Oberfläche bekannten optimalen Speichergesteine erfasst wurden, sind die Fördermengen begrenzt. Die Annahme eines vorhandenen geothermalen Potentials ist aber weiterhin berechtigt. Im Zuge beider Projekte lieferten geologische und vor allem seismische Untersuchungen wichtige Vorarbeiten, petrographische Untersuchungen einen wesentlichen Beitrag zur Erstellung der Bohrprofile. Geologische Schnitte durch die Bohrungen bei Anwendung seismischer Interpretationen und vorliegenden oberflächengeologischer Karten ermöglichen eine erweiterte Sicht bei der Auflösung der Geologie südlich des Kalkalpenrandes.

Die Erfahrungen im Überblick

G. WESSELY und CH. SCHMID

Die Beispiele Payerbach Th1 und Aflenz Th 1 zeigen die Problematik der Erschließung von Wässern für geothermale und balneologische Zwecke am Südostrand der Kalkalpen auf. Eine endgültige Bewertung der betreffenden Zone, die abgesehen von der Grauwackenzone nördliches Unter- bis Mittelostalpin umfasst, erlauben sie aber dennoch nicht. In keinem der beiden Fälle wurden nämlich die eigentlich geplanten Zielobjekte Mitteltriaskalke und –dolomite erfasst. Da diese jedoch an der Oberfläche jeweils in unmittelbarer Nachbarschaft anstehen, müssen sie weiterhin in die Überlegungen für eine Erschließung von Thermalwässern - und zwar als positiver Faktor – einbezogen werden.

Wie in der Kohlenwasserstoffprospektion muss eine ausreichende Kubatur an Speichergestein unmittelbar oder über geeignete Wegsamkeiten mittelbar vorhanden sein. Viele der aufgeschlossenen Karbonate des Unter- und Mittelostalpin würden diesen Anforderungen hinsichtlich Kluftporenraum (oft starke tektonische Zerrüttung vor allem der Dolomite), Ausdehnung und Mächtigkeit entsprechen. die Speichergesteinsqualitäten wurden auch im Untergrund des Wiener Beckens nachgewiesen (Tests und Messungen). Sehr eingeschränkte Porosität, auch bei Karbonaten, ist dann gegeben, wenn aus benachbarten Anhydriten oder aus anhydritischen Zwischenlagen Mobilisierung des Anhydrites erfolgte und dieser in den Klüften ausgefällt wurde. Daher erbrachte auch die angeführte Zusatzperforation in den mittelostalpinen Karbonaten von Payerbach Th 1 keine wesentliche Verbesserung. Die an der Oberfläche so porös erscheinenden Rauhwacken sind Umwandlungsprodukte aus Anhydriten, daher ist ihr Stellenwert als Speichergestein ab einer bestimmten Tiefe eher als gering einzuschätzen.

Die Porositätsverhältnisse im Störungszonen sind abhängig von mehreren Faktoren. Zunächst ist die Art der Störung maßgeblich dafür. Verschiebungen mit seitlicher Komponente führen zu stärkerer Zerrüttung, vor allem wenn in ihrem Verlauf transpressionale und transtensionale Abschnitte wechseln. Ein weiterer Faktor ist die Art des Gesteins, wobei spröde Gesteinstypen günstiger für Kluftbildung sind als duktil reagierende. Als wichtiger Faktor muss die Verbindung der

Störungslinie mit einem entsprechend großen Porositätskörper angesehen werden. Einfluss auf die Wegsamkeit entlang einer Störung üben das Ausmaß sekundärer Zementierung der Klüfte und der Anteil an dichteren Kataklysebereiche an der Zerrüttungszone aus. Eine Ausrichtung geothermaler Erschließung ausschließlich auf eine Störung birgt ein weit höheres Risiko als eine solche, die sich nach einem stratiformen Speichergesteinskörper orientiert.

Die strukturellen Gegebenheiten beider Bohrungen haben problematische und günstige Seiten. Problematik des Aufschlusses im Mittel- und Unterostalpin liegt in den starken alpinen Verformungen, Steilstellungen und Abscherungen in diesen Zonen und damit der Treffsicherheit des angestrebten Speichergesteins in der Tiefe. Spätere Seiten- und Vertikalverstellungen erschweren diese zusätzlich.

Positiv zu bewerten ist die Steilstellung des jeweiligen Aquifer für die Erlangung einer geothermisch günstigen Tiefenlage. Dazu trägt die Auflage der dichten Grauwackenzone mit ihrer meist kalkulierbar flachen Überschiebung bei.

Die Temperaturen entsprechen zum Teil der normalen geothermischen Tiefenstufe (Aflenz Th1), zum Teil sind sie darunter (Payerbach Th 1), was auf nahen Kaltwassereinfluss (Kalkalpen oder nahe wegsame Karbonate der Semmeringtrias) zurückzuführen sein kann. Neben der Grundvoraussetzung von Speichergesteinen in entsprechender Tiefe, spielt die zu erwartende Wasserqualität hinsichtlich wirtschaftlicher Verwertbarkeit eine wesentliche Rolle. Gering mineralisierte Wässer genießen sowohl bei der balneologischen wie auch bei der geothermalen Nutzung einen höheren Stellenwert. Die Kosten für die Entsorgung von niedermineralisierten Tiefenwässern nach der Nutzung sind wesentlich günstiger als von sehr hoch mineralisierten und/oder salinaren Wässern. Dementsprechend sind karbonatische Aquifere höher einzuschätzen als etwa kristalline Kluftaquifere.

Bei Kluftaquifere würden abgelenkte Bohrungen senkrecht zum Streichen der vermuteten Störungen das Fündigkeitsrisiko verbessern. Da die Kosten für derartige Bohrprojekte aber deutlich über jenen einer Vertikalbohrung liegen, wird diese Technik nur in Ausnahmefällen bei Aufschlussprojekten angewandt. Bei standfestem Gebirge im Aquiferbereich kann auf den Einbau von Filterrohren verzichtet werden. Neben einer wesentlichen Kostenersparnis können dadurch die Zuflussbedingungen deutlich verbessert werden. Eine Säurestimulation zur Verbesserung der Zuflussbedingungen ist nur in karbonatischen Aquifere erfolgversprechend, ansonst wird dadurch oftmals nur der Filterkuchen bzw. der Einfluss der Bohrspülung durch derartige Maßnahmen vermindert.

In den Konzessionsgebieten der Kohlenwasserstoffindustrie ist der tiefere Untergrund durch Seismik, Aufschluss- und Förderbohrungen weitgehend erkundet. Nicht fündige Öl- oder Gasbohrungen waren der Grundstein für manche Geothermie- bzw. Balneologieprojekte in Oberösterreich und der Steiermark. Die Erschließung höher temperierter bzw. mineralisierter Tiefenwässer ist hingegen im Bereich der Zentralalpen mit einem wesentlich höherem Risiko behaftet. Hier fehlen Tiefenaufschlüsse zur Kalibrierung der Geophysik, und dementsprechend ist das Auffinden von wasserwirtschaftlich interessanten Tiefengrundwasserleitern schwierig.

Das auslösende Moment für Aktivitäten zur Erschließung von höher temperierten bzw. mineralisierten Tiefenwässern sind oftmals die Aussagen von Rutengehern und Wassermutern. Nachvollziehbare Prospektionsarbeiten können meist nur mittels oberflächengeologischer Aufnahmen und reflexionsseismischer Voruntersuchungen begonnen werden. Seismische Untersuchungen können niemals in dem Umfang durchgeführt, wie sie bei Prospektionsarbeiten für die Kohlenwasserstoffindustrie seit langem Stand der Technik sind. Die betreuenden Geologen müssen aus Kostengründen die Zahl und Länge der seismischen Linien sehr gering halten.

Oftmals sind aus Grundbesitzüberlegungen eng begrenzte Gebiete vorgegeben. Die Geophysik dient in diesem Fall nur zur Untergrundserkundung im Bereich einer festgesetzten Bohrlokation, um damit das Bohr- und Verrohrungsschema konzipieren zu können. Die Profillängen weisen in

diesem Fall meist nur die erforderliche Mindestlänge zum Erreichen der angestrebten Untersuchungstiefen auf.

Die Bohrungen Payerbach Th 1 und Aflenz Th1 haben wesentliche Erkenntnisse über geologisch-hydrologische Möglichkeiten und Grenzen erbracht, aber auch Erfahrungen hinsichtlich eines einzufordernden Umfangs an Voruntersuchungen und eines optimierten Vorgehens beim Bohr- und Testvorgang. Demgemäß ist im Falle von Folgeschritten weiterhin die Chance auf eine Thermalwassergewinnung in diesem Raum gegeben.

Payerbach Thermal 1

G. WESSELY und R. SAUER,

Vorarbeiten

Für eine Erschließung von Thermalwasser im alpinen Raum des Bezirkes Neunkirchen im südlichen Niederösterreich wurde als geeignetes Untersuchungsgebiet das Semmeringmesozoikum in Betracht gezogen (Abb.1,2). Im Kalkalpin dominiert auf Grund seiner seichten Lage Kaltwasserbedingung, dem auch das Wiener Hochquellwasser zu verdanken ist. Als geeignet für geothermale Zwecke bot sich das Semmeringsystem deshalb an, weil es im mesozoischen Verband Speichergesteine führt und unter der dichten Grauwackenzonen Tiefen erreicht, die eine Erwärmung von Wässern durch die Tiefenwärme und eine Mineralisierung durch Anhydrite annehmen ließ. Porositäten waren in geklüfteten Dolomiten und Quarziten zu erwarten, wie dies aus Bohrungen im Semmeringmesozoikum im Untergrund des Wiener Beckens abgeleitet wurde. Erneuerbarkeit der Wässer von der Oberfläche war anzunehmen. Es wurde ein geologisches Profil vom Semmering über das Schwarzatal bis in die Kalkalpen entworfen, welches die Grundlage für weitere Überlegungen bildete (Wessely 1990). Die Lagerung der Überschiebungsflächen wurde aus den geologischen Karten von Cornelius 1951 (mit Erläuterungen) und Cornelius 1936 abgeleitet, ebenso von Arbeiten vor allem von MANDL und MATURA in: HERRMANN et al.1992, sowie MANDL u. MATURA 1994. Über die geologischen Verhältnisse des Semmeringgebietes gaben u.a. Arbeiten von TOLLMANN 1968, NEUNER 1964 und NOVOTNY und ROCKENSCHAUB 1995 Auskunft. Neue Konzepte über Bau und Geodynamik der Grauwackenzonen lieferten NEUBAUER et al. 1994.

Die Tiefenlage des Semmeringsystems (Mittel- und Unterostalpin) unter der Grauwackenzonen wurde bei etwa 2200m angenommen.

Nach Festlegung des Aufschlussgebietes wurde von OMV-Proterra eine seismische Untersuchung nach dem Vibroseisverfahren durchgeführt. Sie umfasst drei Profile, zwei davon in Querrichtung und eines in Längsrichtung des lokalen alpinen Streichens. Die Ergebnisse der Seismik waren in Anbetracht der im alpinen Überschiebungsbereich üblichen, oft unbefriedigenden Reflexionsbedingungen als erfolgreich zu bezeichnen und bestätigten die geologisch vorhergesagte Lage der Überschiebungseinheiten im wesentlichen. Sie wurden nach Interpretation und Tiefenumwandlung in einer Studie von Niederbacher 1992 für die Vorplanung eines Bohrprojektes verwendet und damit eine Bohrlokation festgelegt. Spätere Verschiebungen des Bohrpunktes lagen weiterhin im Zielareal des Projektes. Als offene Frage verblieb, welche Schichten des Semmeringsystems unter der Grauwackenzonen angetroffen würden und ob geklüftete Dolomite oder Quarzite darin enthalten wären.

Durchführung der Bohrung

Die Bohrung Payerbach Thermal 1 wurde 1995 durch OMV abgeteuft und bei einer Maximalteufe von 2700 m beendet. Es war dies die erste Bohrung mit einer derartig langen Bohrstrecke in der Grauwackenzonen und dem Semmeringsystem.

Das geologische Profil beruht auf einer kontinuierlichen lithologischen Erfassung der Spülproben (max. 5m Bohrabstand), einem Bohrkern sowie folgenden Bohrlochmessungen (OMV): CNL/GR, CE, IEL, LL3, IC, Kaliber, Temperatur. Der petrographische Befund bestätigt im wesentlichen die ermittelte Lithologie. Es wurden je nach Erfordernis in Abständen von 20-30m Dünnschliffe von

Gesamtproben als auch selektierte Cuttings untersucht, statistisch ausgewertet und dokumentiert (Abb.3). Die Bohrlochmessungen erhärteten bzw. präzisierten die stratigraphisch-tektonischen Grenzen. Das bisherige Gesamtergebnis der Bohrung ist in einem Internbericht (PRÖGLHÖF und WESSELY 1995) und WESSELY 1997 festgehalten.

Bohrergebnis

Die Bohrung hat im wesentlichen das angenommene und durch die Seismik gestützte geologische Profil (Tab.1) angetroffen, nämlich Grauwackenzone und Semmeringsystem mit Mittel- und Unterostalpinem Permomesozoikum.

Die Grauwackenzone beginnt unter geringmächtigem Flussschotter der Schwarza mit Metadiabas bzw. Amphibolit, der als Vertretung der Kaintaleck-Decke nach Neubauer et al. 1994 angesehen werden kann. Darüber liegt nach genannten Autoren die Norische Decke, die jedoch bereits nördlich außerhalb der Bohrung zutage tritt. Norische Decke, Kaintaleck-Decke und die darunterliegende Silbersberg Decke, wie sie bei Neubauer et al.1994 definiert sind, werden hier als Obere Grauwackendecken zusammengefasst. In der Bohrung folgt unter den Amphiboliten die Silbersbergdecke mit einer sehr mächtigen Serie von Chlorit- und Serizitphylliten, Quarzphylliten und Serizitquarziten mit Einlagerungen von Quarzkonglomeraten der Silbersberggruppe, wie sie von der Oberfläche bekannt sind (MATURA in HERRMANN et al., Geol.Karte 1:50.000, 1992). Innerhalb der Serie ist eine 246 m mächtige Strecke von Forellengneis eingeschaltet. Aus dem Ostende der nordalpinen Grauwackenzone wurde der Riebeckit - oder Forellengneis u.a. von KOLLER et a. 1991 sowie ZEMANN 1995 einer näheren Bearbeitung unterzogen. Neuere Datierungen legen eine kretazische Eindringung eines Magmas in das Paläozoikum der Grauwackenzone nahe (Neubauer et al. 1994). Im Gamma Ray-Log ist er durch eine scharf abgegrenzte Strecke stark erhöhter Strahlung gekennzeichnet. Bei 1855 m wurde die Überschiebung der Silbersbergdecke auf die Untere Grauwackendecke (Veitscher Decke) durchbohrt, deren Gesteinsinhalt aus anthrazitisch-graphitischen Schwarzschiefern, Quarzkonglomeraten und Quarziten besteht. Im Verlauf dieser Bohrstrecke traten Gasanzeigen auf, die als Methan und etwas Ethan, Propan und Butan identifiziert wurden und offensichtlich im Zusammenhang mit den kohligten Substanzen der Schwarzschiefer stehen. Mit einem Isotopenwert $\delta^{13}C_1$ von -34,40‰ PDB handelt es sich eindeutig um thermokatalytisch gebildetes Gas.

Die Überschiebung der Grauwackenzone auf das Semmeringsystem wurde bei 2053m durchbohrt. Dieses beginnt mit Semmeringtrias in Form eines Karbonat-Anhydritkomplexes. Der Position nach entspricht er den obertags über eine große Erstreckung beständigen mitteltriadischen Rauhwackenhorizont (Reichenhaller Niveau) des Mittelostalpin. Er wird unterlagert von Serizitschiefern, Serizitquarziten und Feldspatquarzit. Gegen die Basis erscheinen auch graue Schiefer, die an Tattermannschiefer des Verrucano erinnern. Ab 2185m folgt darunter Unterostalpin mit Quarzit in ziemlich einheitlicher Ausbildung bis 2340m. Typisch dabei ist immer ein stärkerer Anteil von Feldspat und vor allem Anhydrit in Adern und im Sediment. Auf Grund der Lithologie, vor allem der Assoziation mit Anhydrit wurde der Quarzit dem Keuper zugeordnet. Dies auch im Hinblick auf Unterlagerung durch eine ab 2340m einsetzende Serie von bunten (grünen und violettgrauen) Serizitschiefern und grünen Serizitquarziten, denen sich im höheren Teil rötlichbraune Dolomite ("Marzipandolomite" nach Neuner 1964) einschalten und die gegen Sohle

Geologisches Kurzprofil (Tab 1):

Teufe (m)	Tektonische Haupteinheit	Tektonische Untereinheit	Zeitliche Einstufung	Lithologie
0-4			Quartär	Grobschotter
4-17		Kaintaleckdecke		Amphibolit
17-539	Obere Grauwackendecken	Silbersberg Decke	Paläozoikum, ? Perm	Serizit- und Chloritphyllite, grünlich, grau, teils violetter Stich (385-520 m); Quarzkonglomerate; Metawacken; Serizitquarzite; Kalzitadern
539-785				Riebeckit-Gneis
785-1855			Paläozoikum, ? Perm	Serizitphyllite, grünlich, teils violetter Stich (1200-1855 m); Serizitquarzite; Quarz- sowie Kalzitadern
1855-2053	Untere Grauwackendecke	Veitscher Decke	Paläozoikum, Karbon	Tonschiefer graphitisch; Einlagerungen von Quarzkonglomeraten und Quarzwacken
2053-2112	Zentralalpin, Semmeringsystem	Mittelostalpin	Mitteltrias	Anhydrit-Karbonat-Komplex (=obertägiger Rauhawackenhorizont)
2112-2185			Untertrias/ Oberperm	Semmeringquarzit und Verrucano. Quarzit und Serizitschiefer (grünlich-grau)
2185-2340			Obertrias, Keuper	Unterostalpin
2340-2700		Tonschiefer, grün und violett, mit Lagen von Dolomit, rötlich bis bräunlich (2394-2470 m) sowie Quarzitlagen; 2685-2695 m Anhydrit, weiß		

zu von sandigen Dolomiten mit Anhydrit, Quarzit mit Anhydrit und auch reinem Anhydrit unterlagert werden. Diese Gesteinsvergesellschaftung entspricht dem gipsführenden Keuper, wie er im Göstritz- Mulden- und Faltensystem des Semmeringgebietes auftritt. Ein Bohrkern bei 2293-2302m (Kerngewinn 1m) im Quarzit zeigte stärkere tektonische Zerrüttung und streckenweise Mylonisierung und ließ auf stärkere Kluftporosität schließen. Mylonite bestehen hauptsächlich aus Quarzteilchen. Sowohl im Quarzit als auch im Mylonit wurden Kluftfüllungen durch Anhydrit beobachtet. Das Einfallen des Quarzits beträgt 20° . Bei einer Bohrlochneigung von 22° bei Kernteufe ergibt sich somit entweder flache Lagerung oder ein Einfallen bis zu 42° . Kappungserscheinungen in Abschnitten mit Schrägschichtung lassen auf inverse Lagerung schließen.

Für die Konstruktion eines Schnittes (Abb.2) war zu berücksichtigen, dass die Bohrung einen Abweichverlauf mit einem Neigungswinkel von durchschnittlich $17,1^\circ$, max. 31° im Gesamtazimut von $189,1^\circ$ hat. Die Abweichung ergab sich infolge des Nordfallens der Schichten der Grauwackenzone und vermutlich auch des Semmeringsystems und wurde absichtlich nicht beeinflusst. Dadurch konnte die Überschiebung der Grauwackenzone über das Semmeringsystem in einer höheren Position angetroffen werden und es stand eine größere Bohrstrecke für das Semmeringsystem zur Verfügung. Ebenso konnte zumindest für die Grauwackenzone das Streichen ermittelt werden, da sich der Bohrmeißel meist senkrecht auf Schichtflächen zu stellen trachtet. Somit wurde das ungefähre E-W Streichen auch im Untergrund bestätigt. Mangels Dipmeterinformation konnten jedoch keine Einzelwerte, vor allem keine Einfallswinkel, ermittelt werden. Dennoch ergibt das Bohrprofil eine plausible Darstellung des Baues der Grauwackenzone. Die strukturelle Interpretation unterhalb der Überschiebung der Grauwackenzone muß mangels direkter Anknüpfungsmöglichkeit zur Oberfläche als weniger gesichert angesehen werden. Da an der Oberfläche Mittelostalpin bzw. Tattermannschuppe mit Rauhwacke und mit Permoskythquarzit und Verrucano in sehr beständiger Erstreckung die Veitscher Decke unterlagert, wird diese Anordnung auch hier vermutet. Bei Zugrundelegung der Annahme, dass die Schichten unterhalb 2185m bis Sohle dem Semmering-Keuper angehören und invers liegen, bietet sich als wahrscheinlichste Deutung die einer Faltenbildung an, wobei die Bohrung eben erst gegen einen Muldenkern vorgedrungen ist. Die Vergenz der Falte könnte allerdings auch in Gegenrichtung zeigen. Der Keuper liegt offensichtlich auf der Adlitzschuppe des unterostalpinen Semmeringsystems und kommt als Schichtglied dieser Einheit nicht zutage.

Porositätsverhältnisse (Loginterpretation Korinek 1995, OMV)

Triasdolomite, die in konventioneller Weise gute Porositäten garantieren würden, wurden nicht angetroffen. Allerdings besitzen die mächtigen Quarzite auf Grund ihrer Klüftung Speichergesteinsbedingungen in bedingtem Ausmaß.

Die Porositätsbestimmungen wurden durch das CNL-GR in Verbindung mit dem Spülprobenprofil ermöglicht, wobei Einzelklüfte kaum erfassbar sind. Von Bedeutung ist eine innerhalb des Keuperquarzites durch Logs, durch den Kern und durch die Unterschiede in der Bohrgeschwindigkeit ermittelte Porositätszone von 2250-2325m. Innerhalb der Keuperschiefer wurden in geringmächtigen Dolomit- und Quarziteinlagerungen einzelne weitere Porositätsbereiche gemessen. All diese Porositäten sind Kluftporositäten und eine einheitliche quantitative Porositätermittlung ist daher nur größenordnungsmäßig durchführbar. Die Porositäten bewegen sich nach Log zwischen 9-13%, was für Kluftlagerstätten eher gute Werte darstellen. Dort, wo das Neutronlog eine hohe Porosität anzeigt, geht im CE der Widerstand trotz des hohen Gesteinswiderstandes zurück, was auf Wasserführung hindeutet. Aus dem Bohrkern (2293-2302m) konnte keine Gesamtporosität (Kluft- und Matrixporosität) ermittelt werden. Die Matrixporosität wurde mit 1,3% gemessen. Dabei handelt es sich um einen Wert, welcher in seiner Größenordnung über den von dolomitischen Speichergesteinen liegt. Die Mylonite im Kern besitzen eine Porosität von 7%.

Hydrologisches Ergebnis

Nach Abschluss der Bohrtätigkeit wurde ein Openhole Test aus dem Rohrschuh des 7" Liners (Tiefe 2191,5m) durchgeführt (Mai 1995). Ziel des Tests war der Keuperquarzit des Unterostalpin, der bei 2250 – 2325 m eine Porositätszone aufweist.

Ein Kurzzeitpumpversuch testete 1,07l Formationswasser bei 430 m Spiegelabsenkung. Im April 1996 erbrachte ein Langzeitpumpversuch (Mamutpumptest mit 1 l/sec) kein besseres Ergebnis. Ein weiterer Mamutpumptest im Juni 1996 nach einer Säurestimulation zeigte ebenfalls keine Erhöhung des Zuflusses. Es wurde daher beschlossen, eine Zusatzperforation in der Bohrlochverrohrung in Strecken des Semmeringquarzites und Karbonat-Anhydritkomplexes des Mittelostalpin und des Überschiebungsbereiches der Grauwackenzone durchzuführen. Nach anfänglicher Mehrförderung sank der Zufluss wieder auf vorheriges geringes Niveau.

Durch eine kontinuierlich entlang des gesamten Bohrloches durchgeführte Temperaturmessung wurden auf Sohle 57°C und im Förderintervall bei 2300m 49,3° C registriert. Diese etwas zu niedrige Temperatur könnte auf eine regionale Abkühlung durch Oberflächenwässer zurückzuführen sein.

Nach Vergleichen mit anderen genutzten Quellen, dokumentiert bei ZÖTL und GOLDBRUNNER 1993, ist eine hohe Mineralisierung bei relativ geringem Chloridgehalt und hohem Sulfatgehalt festzustellen, der unschwer aus dem Anhydrit des Semmeringkeupers zu beziehen ist.

Chemismus des Wassers nach Analyse des Geotechnischen Institutes der Abteilung Hydrogeologie des Bundesforschungs- und Prüfungszentrums Arsenal (Tab. 2):

Tab. 2

Komponenten	mg/l	Komponenten	mg/l
Bor	0,8	Chrom	0,089
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	167	Eisen	24,9
Chlorid(Cl)	133	Kalium	111
Nitrit(NO ₂)	<0,1	Kobalt	<0,005
Nitrat(NO ₃)	<1	Kupfer	0,024
Sulfid(S)	<0,02	Lithium	0,46
Sulfat(S)	3647	Magnesium	199
Aluminium	6,54	Mangan	0,77
Ammonium(NH ₄)	<0,05	Natrium	1310
Barium	0,11	Nickel	0,06
Beryllium	<0,001	Gesamtphosphor(P)	0,33
Blei	0,011	Silber	0,017
Cadmium	<0,001	Strontium	2,55
Calcium	268	Zink	0,1

Aflenz Th 1

GRATZER, R., SCHMID, CH., SCHÖN, J., WESSELY, G.,

Vorarbeiten:

Geologie

Für eine räumliche Erfassung des Projektgebietes war es zweckmäßig, eine Nachuntersuchung des Bohrprofils Groisenbach 1 (gebohrt 1996/97 bis 1111 m Tiefe) mit Hilfe der Spülproben und der geophysikalischen Bohrlochmessungen durch Joanneum Research (Gamma Ray-Log und Elektrik-Log) vorzunehmen.

Folgendes geologische Profil wurde erstellt: (Tab.3)

0 -	485 m	Tertiär, zuoberst Tone, darunter polymikte Brekzien und Sandsteine
-	520 m	Mitteltrias, Thörlers Kalk und Dolomit
-	1111 m	Perm, Verrucano, Serizitschiefer, z.T. quarzitisches. Im höheren Anteil helle, gegen unten zu dunklere Typen, stellenweise rostbraune Vererzungen

Im Tertiär sind in den Sandsteinen und Brekzien unterschiedliche Durchlässigkeiten vorhanden. Die nur fragmentär angetroffenen Thörlers Kalke und Dolomite sind wasserführend. Durchlässigkeit ist von der Strecke 830 - 843 m anzuführen (Störungsdurchgang).

Die Ergebnisse der Pumpversuche, Förderleistung, Mineralisierung und Temperatur sind in einer internen geologischen Dokumentation von Intergeo 1997 angeführt. Die Bohrung konnte aus technischen Gründen keiner Produktion zugeführt werden, weshalb eine weitere Bohrung geplant wurde.

Für eine Korrelation der in der Bohrung Groisenbach 1 angetroffenen Gesteine im Untergrund des Aflenzers Tertiärs mit denen an der Oberfläche war es notwendig, eine Begehung durchzuführen. Das Hauptziel der Begehung war jedoch die Ermittlung des Baues, zumindest des Baustiles, wie er unter das Aflenzers Becken hinunterzuprojizieren ist. Das Ergebnis der Begehungen wurde in einer kompilierten geologischen Karte und einer geologischen Profilsreihe festgehalten (Querschnitte und 1 Längsschnitt unter Einbeziehung der Bohrung Groisenbach, (Abb.4,5).

Im großtektonischen Bau dieses Bereiches fällt im Normalfall das Mittelostalpin mit Internstrukturen gegen Norden unter die Grauwackenzone. Diese gliedert sich in eine tiefere, aus dunklen, meist kohligem Karbon-Schiefem und grauem Quarzwacken bestehenden Unteren Grauwackendecke (Veitscher Decke) und eine aus überwiegend Quarzphyliten und im oberen Anteil aus Phorphyroiden bestehenden Oberen Grauwackendecke. Die Interngliederung der Grauwackenzone sowie ihre nordfallende Überschiebungsbahn ist mit 30 - 40° eher flach. Über die Grauwackenzone sind mit ebenfalls flach nordwärts fallender Überschiebungsbahn die Kalkalpen, basal mit Werfener Schichten, geschoben.

Im Mittelostalpin bildet die über dem Kristallin liegende Gesteinsserie des permischen Verrucano, des skythischen Semmeringquarzites und der Mitteltrias (Thörlers Kalke und Dolomite) eine beutelförmige Mulde entlang des Stübmingsbachtals. An diese schließt sich nördlich eine Antiklinale an. Eine Mitteltriasbedeckung der Nordflanke dieses Sattels ist an der Oberfläche durch einen Rest einer aufrechten Lage von Thörlers Kalk und Dolomit am Nordabhang des Mitterberges nördlich Kropfrast vorhanden. Ihr gehört offensichtlich auch der Kalk in der Bohrung Groisenbach 1 bei 485-520 m an. Ein Spezifikum ist hier, dass das Mittelostalpin des Mitterberges und Stübmingsbachtals sekundär weit über das Gebiet der Grauwackenzone aufgeschoben wurde.

Diese Situation wurde durch die Seismik realisiert. Ein breites südfallendes Reflexionsband ist einer entsprechenden Aufschiebung zuzuschreiben. Eine NW-SE streichende sinistrale Seitenverschiebung, längs der dieser Überschiebungskeil vorgeschoben wurde, ist ersichtlich im Bereich der Siedlung Apfelhub NE Palbersdorf. Entlang dieser Verschiebung grenzt Karbon der Grauwackenzone direkt an Gesteine des Mittelostalpin, wobei etliche Schollen des Thörlers Kalkes in die Störung eingeschleppt sind. Die Seitenverschiebung erfolgte im wesentlichen vor Ablagerung des Tertiärs des Aflenzer Beckens und die Nordgrenze des Keiles muss unter dem Becken verdeckt liegen. Nachbewegungen an der Apfelhubestörung betreffen aber offensichtlich noch das Tertiär. Nach den geologischen Karten des weiteren Rahmens dürfte im NE der Keilvorschub des Mittelostalpin nicht von einer Störung begleitet sein. Hier erfolgt nur ein bruchloses Herausdrehen der Strukturen. In Verbindung damit steht offensichtlich die Einmündung der Trias des Stübmingsbachtals.

Das Aflenzer Tertiärbecken stellt, wie schon die Bohrung Groisenbach 1 zeigt, ein asymmetrisches Becken mit stärkerer störungsbedingter Einsenkung im Süden und flacher Flanke im Norden dar. Oberflächengeologisch äußert sich die Störung nur indirekt und streckenweise. Die Talung des Groisenbaches folgt sicherlich einer Zerrüttungszone entlang eines Bruches. Die Störungen betreffen auch den Bau des Untergrundes. Neben Abschiebungen sind auch Seitenverschiebungen anzunehmen.

Seismik

Im Frühjahr 1998 wurden unter Einbeziehung der Bohrung Groisenbach 1 zum Zwecke der Kalibrierung der Geophysik in einem eng begrenzten Gebiet des Aflenzer Beckens reflexionsseismische Untersuchungen vom Institut für Angewandte Geophysik von JOANNEUM RESEARCH durchgeführt und ausgewertet. Diese Messungen hatten folgende Ziele:

- Erfassung und Gliederung der tertiären Beckenfüllung
- Erfassung relevanter alpiner Decken
- Erfassung von geologischen Störungszonen

Insgesamt wurden zwei sich kreuzende seismische Profile mit einem Spur- und Schusspunktstand von 10 m mit 50- bis 60-facher Untergrundsüberdeckung gemessen, processed und interaktiv bearbeitet bzw. geologisch interpretiert. Die Ergebnisse der reflexionseismischen Profile zeigten innerhalb der tertiären Beckensedimente eine sehr gute Auflösung. In den das Tertiär unterlagernden Gesteinen der Grauwackenzone konnten durch die Seismik entlang beider Profile charakteristische, unterschiedlich einfallende Reflexionsbänder nachgewiesen werden.

Generell ließ sich nach der Seismik folgendes erkennen:

- das Tertiär im Aflenzer Becken im untersuchten Bereich ist gleichmäßig und weitgehend horizontal aufgebaut. Die mittlere Mächtigkeit liegt bei etwa 500 m. Ein höherer, gut stratifizierter Anteil in Beckenmitte ist von einem unruhiger gelagerten reflexionsärmeren tieferen Anteil zu unterscheiden, der auch die Verfolgung gegen den Nordrand erschwert. Der gut stratifizierbare Anteil entspricht einer ruhigen, eher tonig-sandigen Sedimentation, der reflexionsärmere Anteil basaler und randlicher Brekzien und Sandschüttung fluvialer Herkunft. Die Brüche des Südrandes sind infolge ihres steilen Einfallens nicht erfassbar.
- der prätertiäre Beckenuntergrund ist sehr kompliziert aufgebaut und eine nur auf der Seismik basierende Interpretation ist nicht möglich. Das auffallendste Strukturmerkmal bildet ein schräges Reflexionsband, welches auf beiden seismischen Linien festzustellen ist und als sekundäre Überschiebungszone des Mittelostalpin über Grauwackenzone interpretiert werden kann.

- ein Schichtaufbau innerhalb der Grauwackenzone kann aus den seismischen Ergebnissen nicht abgeleitet werden.

Mittels der seismischen Profile und der Interpretation der darin ersichtlichen Reflexionen konnten die geologischen Profile aktualisiert werden, so dass mit der Oberflächengeologie, der Bohrung und der Seismik eine räumliche Vorstellung über den lokalen Aufbau gewonnen werden konnte.

Durchführung der Bohrung

Auf Grund der geophysikalischen und geologischen Untersuchungsergebnisse und der durch Bohrung und Seismik vorliegenden größeren Informationsdichte mit positiven Zufluss-Aspekten in der Bohrung Groisenbach 1 wurde ein Bohrpunkt im Nahbereich derselben vorgeschlagen. In dieser Position wurden drei Ziele angestrebt :

1. Überschiebungskeil des Mittelostalpin mit Thörl Kalk und Dolomit als Speichergestein, eventuell auch Quarzit
2. Aufschiebungsband des Überschiebungskeiles, wobei an eine breite Zerrüttungszone mit Zutritt zu eventuellen weiteren Speichergesteinen gedacht wurde
3. Mittelostalpine Strukturen mit eventuellen Speichergesteinen unter der Grauwackenzone.

Es waren damit auch 3 Chancen durch einen Punkt gegeben, was bei einer Bohrung in einem von Natur aus überwiegend aus dichten Gesteinen aufgebautem Gebiet die Fundwahrscheinlichkeit um einiges erhöht hat. Positiv zu bewerten war auch, dass mit der bestehenden Bohrung Groisenbach 1 temperierte und mineralisierte Zuflüsse festgestellt wurden. Bei Fündigkeit war zwar mit keinen große Schüttungen zu rechnen, doch wären bei geringem Bedarf durchaus Aussichten dafür gegeben.

Die Aufschlussbohrung Aflenz Thermal 1 wurde Mitte August 1999 von OMV-Proterra begonnen. Die Endteufe von 1891 m wurde Anfang September 1999 erreicht. Die 1. Sektion wurde mit 12 ¼" bis 556 m gebohrt. Der 9 5/8" Konduktor wurde mittels Ringraumzementation in das kristalline Grundgebirge eingebunden.

Sektion 2 wurde mit 8 ½" bis 1429 m gebohrt, die technische Kolonne 7" bei 1426 m abgesetzt und bis 460 m in den Konduktor zementiert. Die Sektion 3 wurde mit 6 1/8" bis zur Endteufe von 1891 m gebohrt. Nachdem die Tests in der open hole Sektion ergaben, dass der Zufluss unter 0.3 l/s liegt wurde die 7" Rohrkolonne nach den Bohrlochmessergebnissen in drei Abschnitten perforiert bzw. aufgefräst. Dadurch wurde der Zufluss auf maximal 1.5 l/s erhöht. Während der Förderung dieses Tiefenwassers kam es vermutlich infolge chemischer Reaktionen zu einem scaling-Effekt wodurch der Zufluss negativ beeinträchtigt wurde. Infolge dieser Förderprobleme und der extrem hohen Mineralisation der Tiefenwässer wurden diese Zuflussbereiche aufgegeben und das Bohrloch bis in eine Tiefe von 1200 m entsprechend dem Stand der Tiefbohrtechnik durch die OMV AG verschlossen.

Die Zuordnung der Schichten, vor allem des Verrucano und der Metavulkanite erfolgte nach petrographischen Vergleichen mit Oberflächenproben, die von der Südflanke des Mitterberges entnommen wurden.

Bei den in der Bohrung Aflenz auftretenden Gesteinen des prätertiären Untergrundes handelt es sich entsprechend ihrer mineralogischen Zusammensetzung petrologisch im wesentlichen um Phyllite, die je nach dominantem bzw. farbgebendem Mineralbestand als Quarz-, Graphit-, Serizit- oder Chloritphyllite angesprochen werden können. Ein in den Cuttingproben mitunter gehäuftes

Bohrergebnis

Die Bohrung Aflenz Thermal 1 hat folgendes geologisches Profil angetroffen (Tab.4):

Teufe (m)	Tektonische Haupteinheit	Tektonische Untereinheit	Zeitliche Einstufung	Lithologie
0-385	Aflenzner Becken		Neogen	Überwiegend Tonmergel, dunkel, ab 315 m stärker sandig
385-485				Wechsel von mergeligen und sandigen Lagen
485-525				Basale Grobklastika
525-1000	Grauwackenzone	Veitscher Decke	? Karbon	Tonschiefer und Quarzwacken
1000-1356	Mittelostalpin		Perm	Verrucano. Serizitschiefer, z.T. quarzitisches
Aufschiebung				
1356-1645	Grauwackenzone	Veitscher Decke	Karbon	Metavulkanit, basisches Ergussgestein, Schiefereneinschaltungen zwischen 1356-1416 m, z.T. graphitisch
1645-1760				Tonschiefer
1760-1891	Mittelostalpin		Perm	Verrucano. Serizitschiefer, z.T. quarzitisches

Auftreten von Quarzbruchstücken kann mit erbohrten Metakonglomeraten, wie sie an der Südflanke des Mitterberges aufgeschlossen sind, im Zusammenhang gebracht werden. Zusätzliche sedimentäre Hinweise bzw. Gefügestrukturen, die diese Gesteine als Alpiner Verrucano ausweisen, können aus den Bohrkleinuntersuchungen nicht abgeleitet werden, jedoch legt die auftretende Gesteinsassoziation die Zuordnung zu Alpinem Verrucano nahe. Untergeordnet wurden vereinzelt eingeschaltete Quarzite sowie im Teufenbereich 1645-1765 m helle bis dunkelgrüne Metavulkanite, die im wesentlichen die Mineralparagenese Plagioklas - Quarz - Chlorit - Epidot/Klinozoisit - Hornblende - Kalzit führen, erbohrt.

Die Bohrung hat den angenommenen Bau bestätigt (Abb.5): Es liegt eine nordfallende Überschiebung von steilstehendem Mittelostalpin durch Grauwackenzone vor. Dieser Überschiebungsbau ist durch ein südfallendes Aufschiebungsband versetzt, wobei Mittelostalpin und ein Stück basaler Grauwackenzone nordwärts aufgeschoben wurde. Unter dem Tertiär von Aflenz drang die Bohrung demnach bei 525 m in die Untere Grauwackendecke des hochgeschobenen Bereiches ein, durchteufte diese bis 1000 m und weiters den von ihr überschobenen, bereits von der Aufschiebung betroffenen steilen Verrucano des Mittelostalpin, erreichte bei 1356 m wieder die Untere Grauwackendecke, allerdings in Form von eingelagerten Metavulkaniten, bei 1645 unterlagert von Grauwackenschiefern. Schließlich drang die Bohrung bei 1760 m endgültig in den Verrucano des Mittelostalpin ein, in dem sie verblieb. Die Mittelostalpine

Schichtfolge ist demnach nur durch den permischen Verrucano vertreten. Die mitteltriadischen Karbonate, die in der Bohrung Groisenbach 1 unter dem Tertiär erbohrt wurden und dem hochgehobenen Keil angehören, sind offensichtlich auf kurzer Erstreckung von der Überschiebung der Grauwackendecke abgeschert worden. Im tieferen Teil des Mittelostalpin, der im Liegenden der Aufschiebung erbohrt wurde, könnten die Mitteltriaskarbonate bei steiler Lagerung erst im Hangenden des Verrucano nördlich der Bohrung folgen. Somit war es durch die Bohrung nicht möglich, die Ziele 1 und 3 anzutreffen und einen karbonatischen Aquifer zu erfassen. Bestätigt hat sich die Auflockerungszone der Aufschiebung als Ziel 2, aus der etwas Zufluss erfolgt.

Über dem Untergrund liegt transgressiv das Tertiär von Aflenz, das wie in Groisenbach 1 einen tieferen grobklastischen und einen höheren feinklastisch-pelitischen Abschnitt enthält.

Bohrlochmessungen

Die Bohrlochmessungen konnten die lithologischen Beobachtungen am Bohrmaterial, die sich oft infolge der geringen Cuttinggröße und streckenweisem Nachfall sehr schwierig gestalteten, wesentlich untermauern oder ergänzen.

Im GR (Abb.6) besitzt die Tertiärstrecke relativ geringe Strahlung, höher ist dieselbe in der Unteren Grauwackendecke, auffallend hoch in der Schieferen des Verrucano (1000-1365 m und unter 1760 m). Der basische Metavulkanitkörper ist gekennzeichnet durch sehr geringe Strahlung. In den Widerstandskurven zeichnen sich deutlich die porösen Abschnitte der klastischen Einlagerungen in den Basisabschnitten des Tertiär ab. Ein starker Widerstandsanstieg markiert die Unterkante Tertiär. Keine Differenzierung bieten die schieferreichen Grauwacken- und Verrucano-Abschnitte, während die Metavulkanite hohe Widerstände mit einzelnen, möglicherweise auf Vererzungen zurückzuführenden Rückgängen zeigen.

Hinsichtlich der Ortung von wasserführenden Porositätszonen waren im Zusammenhang mit dem GR die Density-, Kaliber- und Temperaturmessungen ausschlaggebend.

Die Temperaturmessungen zeigen neben unruhigem Verlauf länger erhöht bleibende Werte ab etwa 1280 m aufwärts. Bei gleichbleibender GR-Kurve geht die Dichte im Density-Log vor allem bei 1290 - 1270 m und 1255 - 1240 m zurück, was auf Auflockerung des Gesteins und damit erhöhte Porosität hindeutet. Der Dichte-Rückgang bei 1195 - 1220 m könnte lithologisch bedingt sein. In der Kalibermessung zeigt sich eine Änderung im Ausbruchverhalten des Gebirges bei etwa 1220 m. Darüber liegt stärkere Kavernenbildung vor, während darunter eher gleichmäßig maßhaltiges Gebirge mit nur einzelnen schmalen Ausbrüchen zu verzeichnen ist. Von 1270 -1340, vor allem aber von 1290 - bis 1320m (Kaliber 21.8.99) scheint sogar Filterkuchenbildung infolge von Porosität vorzuliegen. All die genannten Porositätsindikationen kommen im Bereich der Aufschiebungszone zu liegen, die sich im Bohrprofil zwischen 1170 und 1356 m manifestiert und offensichtlich identisch mit dem Reflexionsband, das die Seismik ermittelte, ist.

Weitere Porositätshorizonte sind im tieferen Abschnitt des Aflenzter Tertiärs, vor allem gegen die Basis zu, auf Grund der GR- und Widerstandsmessungen festzustellen. Temperaturmessungen weisen auf potentielle Zuflüsse hin (Abb.6). Die ermittelten Werte von 22-24° bei 400-525 m liegen über der geothermischen Tiefenstufe dieses Bereiches und legen eine Belieferung des Basisteritiärs mit Wässern aus größeren Tiefen nahe.

Hydrologisches Ergebnis

Insgesamt wurden durch die gegenständliche Aufschlussbohrung drei Zuflussbereiche erschlossen. Es sind dies:

- 410 bis 502 m, geschätzt mit ca. 5 l/s bei einer Temperatur von 25 – 27°C (bei einer entsprechenden Spiegelabsenkung ist zu erwarten, dass weit mehr gefördert werden könnten)
- 1270 bis 1401 m, ca. 1.2 l/s mit einer Temperatur zwischen 38 und 42°C

- 1426 bis 1891 m, diffuser Zufluss von ca. 0.3 l/s mit einer Formationstemperatur bis 45°C

Eine Analyse der Wässer aus den beiden tieferen Zuflussbereichen (Grauwackenzone) zeigt, dass die Wässer sehr hoch mineralisiert sind, im speziellen ist ein sehr hoher geogener Eisen- und Strontiumgehalt, sowie erhöhte Kalziumgehalte festzustellen. Die Natrium- und Chloridgehalte sind ebenfalls sehr hoch.

Vom oberen Zuflussbereich (Tertiär) liegen keine endgültigen Wasseranalysen vor. Nach ersten Voruntersuchungen dürfte es sich hier um ein Magnesium- Kalzium- Eisen- Sulfat- Hydrogenkarbonatwasser handeln.

Danksagung:

Die Autoren danken für die Genehmigung zu Publikation dieser Arbeit der Gemeinde Payerbach, Alpentherme Payerbach G.m.b.H. und der Thermalwassererschließungs G.m.b.H. Aflenz insbesondere Herrn G.Leitner und Herrn Bürgermeister P.Polleruhs. Wertvolle Unterstützung kam von den an der Durchführung des Projektes beteiligten Mitarbeitern von OMV Proterra, vor allem von Dipl.Ing.Ch.Pröglhöf und von Joanneum Research. Herr G.Hauer führte dankenswerter Weise die zeichnerische Ausgestaltung der Arbeit im Auftrag von Joanneum Research aus.

Literatur

- CORNELIUS, H.P.: Geologische Karte des Raxgebietes 1:25.000. - Geologische Bundesanstalt Wien 1936
- CORNELIUS, H.P.: Geologische Karte des Schneeberges und seiner Umgebung 1:25.000. - Geologische Bundesanstalt Wien 1951
- CORNELIUS, H.P.: Die Geologie des Schneeberggebietes. - Erläuterungen zur Geologischen Karte des Schneeberges 1:25.000 - Jb.Geol.BA, Sb. 2, 111p.,Wien 1951
- HERRMANN, P., MANDL, G.W., MATURA A., NEUBAUER, F., RIEDMÜLLER, G. UND TOLLMANN, A.: Geologische Karte der Rep.Österreich 1:50.000, Blatt 105 Neunkirchen. - Geologische Bundesanstalt Wien 1992
- KOLLER,F., KRALIK, C., ZEMANN,J.: Die Riebeckitgneise am Ostende der Grauwackenzone (ÖSTERREICH). - Bei Heft 1, European Journal of Mineralogy, 3, 147, 1990
- KORINEK, R.: Payerbach Thermal 1. - Auswertung der Bohrlochmessungen 5p. - Internbericht OMV -PE-LM, 1995
- MANDL, G. UND MATURA, A.: Geologischer Überblick über das Semmeringgebiet. - Mitt.f.Baugeologie und Geomechanik (Baugeologische Tage Payerbach 1991), Bd.3, 77-83, Wien 1994
- MATURA, A.: Manuskriptkarte Blatt 102, Aflenz. - Unveröffentlichter Aufnahmebericht Geologische Bundesanstalt
- NEUBAUER,F., HANDLER,R., HERMANN, S. UND PAULUS,G.: Revised Lithostratigraphy and Structure of the Eastern Graywacke Zone (Eastern Alps). - Mitt.Österr.Geol.Ges. H.86 (1993), 61-74, Wien 1994
- NEUNER, K. H.: Die Gipslagerstätten des Semmerings. - Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 109, H.10, .319-331, Wien 1964
- NIEDERBACHER, P.: Thermalprojekt Bezirk Neunkirchen. - Studie zur Abschätzung des Potentials für Thermalwässer und Vorplanung eines Bohrprojektes, 18p. - Internbericht ÖMV Gruppe, Proterra Umwelttechnik, 1992
- NOVOTNY, A. UND ROCKENSCHAUB, M.: Exkursionsführer. - Erläuterungen der regionalen Geologie des Semmeringgebietes. Geologische Bundesanstalt Wien 1995
- PRÖGLHÖF, CH., WESSELY, G.: Bericht zu den geologischen Ergebnissen der Bohrung Payerbach Th1 im Raum Payerbach-Reichenau. - 13p, Internbericht ÖMV Gruppe, Proterra Umwelttechnik i. A. E.LICHTENBERGER, Alpentherme Payerbach GmbH., 1995
- TOLLMANN, A.: Exkursion II2,6: Semmering-Grauwackenzone. - Mitt.Österr.Geol.Ges.57, 193-203, Wien 1964
- VETTERS, H.: Geologische Spezialkarte d. Rep.Österreich, Eisenerz, Wildalpe und Aflenz 1:75.000, aufgenommen von E.SPENGLER U.J.STINY Geologische Bundesanstalt Wien 1926

- WESSELY, G.: Beurteilung der Möglichkeit einer Thermal-Bohrung im Raume Reichenau a.d.Rax. - Internbericht ÖMV Proterra Umwelttechnik, Wien 1990
- WESSELY, G.: Die Bohrung Payerbach Thermal 1. – Geologische Grundlagen – Ergebnisse Barbara-Gespräche Payerbach 1995, Bd. 2, 154-162, 1997
- ZEMANN, J.: Zur Kenntnis der Riebeckitgneise des Ostendes der nordalpinen Grauwackenzone. - Tscherm.Min.Petr.Mitt.3, F.2, Wien 1995
- ZÖTL, J. UND GOLDBRUNNER, J.E.: Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. - 329p., Verl.Springer Wien1993

Abbildungsverzeichnis

Abb.1 Geologische Übersichtskarte über das Semmeringgebiet nach MANDL und MATURA 1994, NOVOTNY und ROCKENSCHAUB 1995 und HERRMANN et al. 1992. Legende siehe Abb. 2.

Abb.2 Geologischer Schnitt durch das Semmeringgebiet, vorgelagerter Grauwackenzone und südlichem Kalkalpin über die Bohrung Payerbach Th 1
(Abschnitt Semmering nach TOLLMANN 1964)

Abb.3 Petrographisches Profil der Bohrung Payerbach Th 1 nach Spülproben (R.SAUER)
(Gesteinsverhältnis nach der jeweiligen originalen Gesamtprobe)

Abb.4 Geologische Übersichtskarte über das Gebiet Aflenz nach MATURA (unveröffentl. Aufnahmebericht), VETTERS 1926 und nach eigenen Begehungen

Abb.5 Geologischer Schnitt durch die Bohrungen Aflenz Th 1 und Groisenbach 1

Abb.6 Bohrlochmessungen (Gamma Ray und Temperatur) in der Bohrung Aflenz Th 1



Abb.1 Geologische Übersichtskarte über das Semmeringgebiet nach MANDL und MATURA 1994, NOVOTNY und ROCKENSCHAUB 1995 und HERRMANN et al. 1992. Legende siehe Abb. 2.

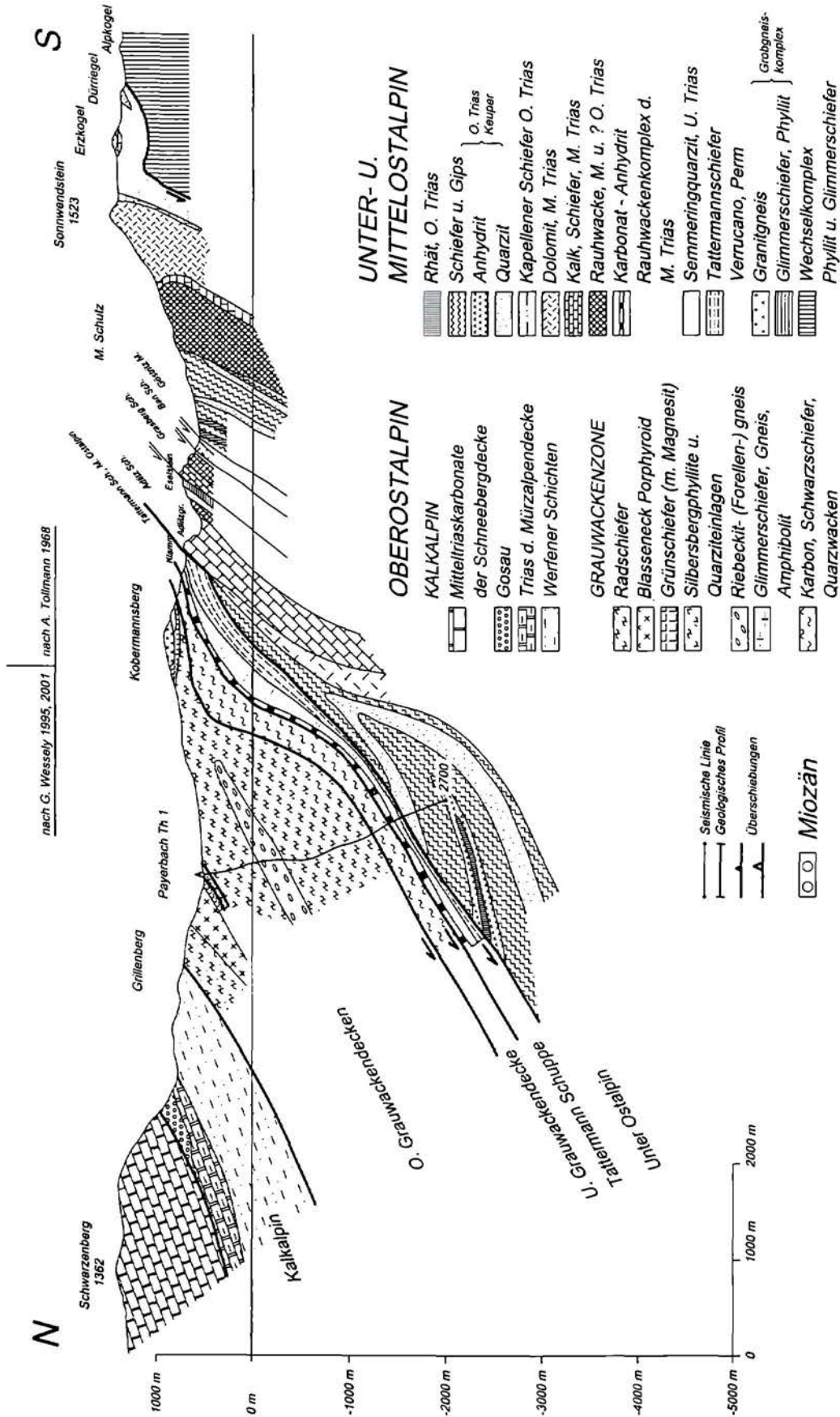


Abb.2 Geologischer Schnitt durch das Semmeringgebiet, vorgelagerter Grauwackenzone und südlichem Kalkalpin über die Bohrung Payerbach Th 1 (Abschnitt Semmering nach TOLLMANN 1964)

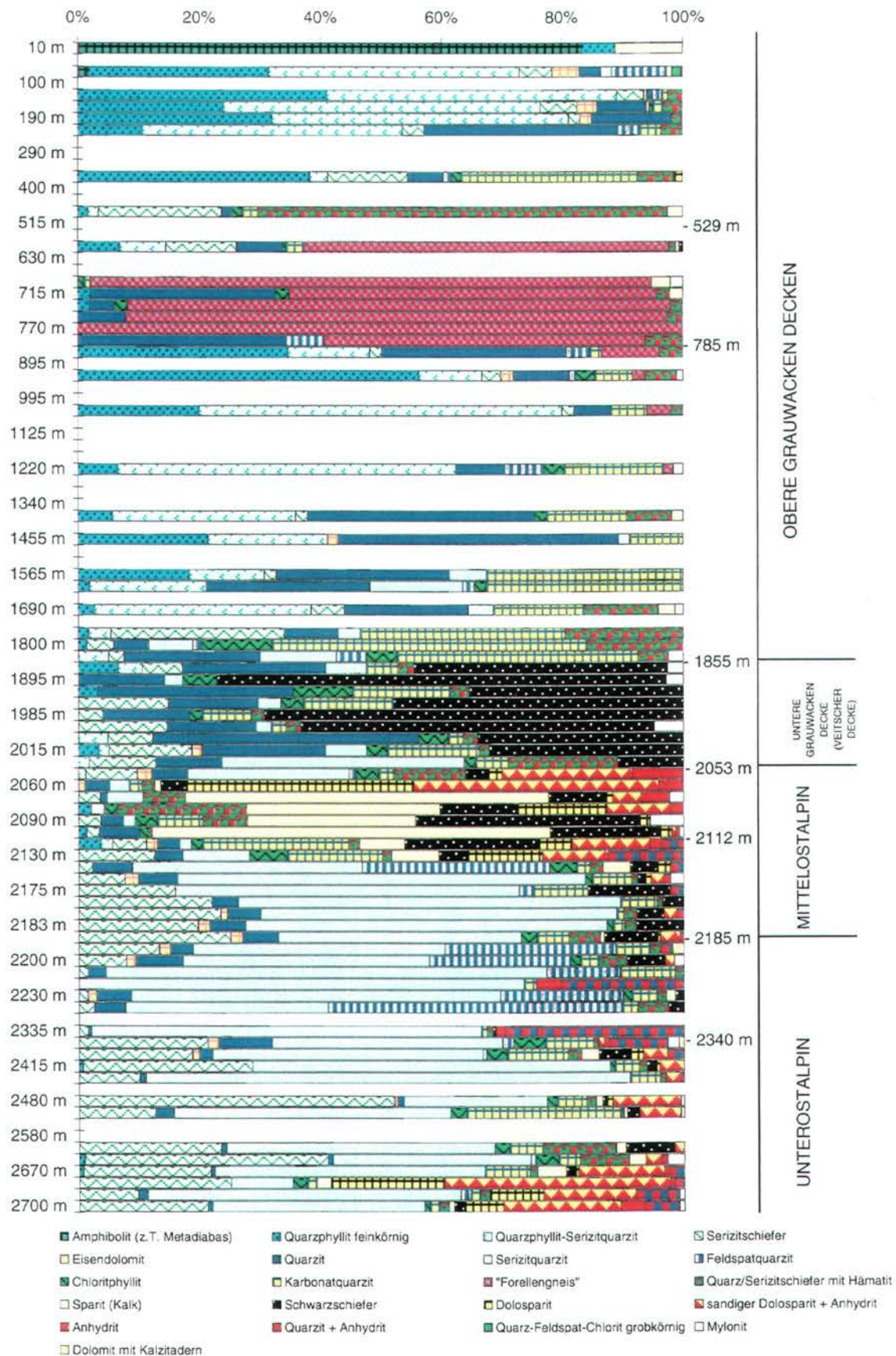


Abb.3: Petrographisches Profil der Bohrung Payerbach Th1 nach Spülproben (R. SAUER)
(Gesteinsverhältnis nach der jeweiligen originalen Gesamtprobe).

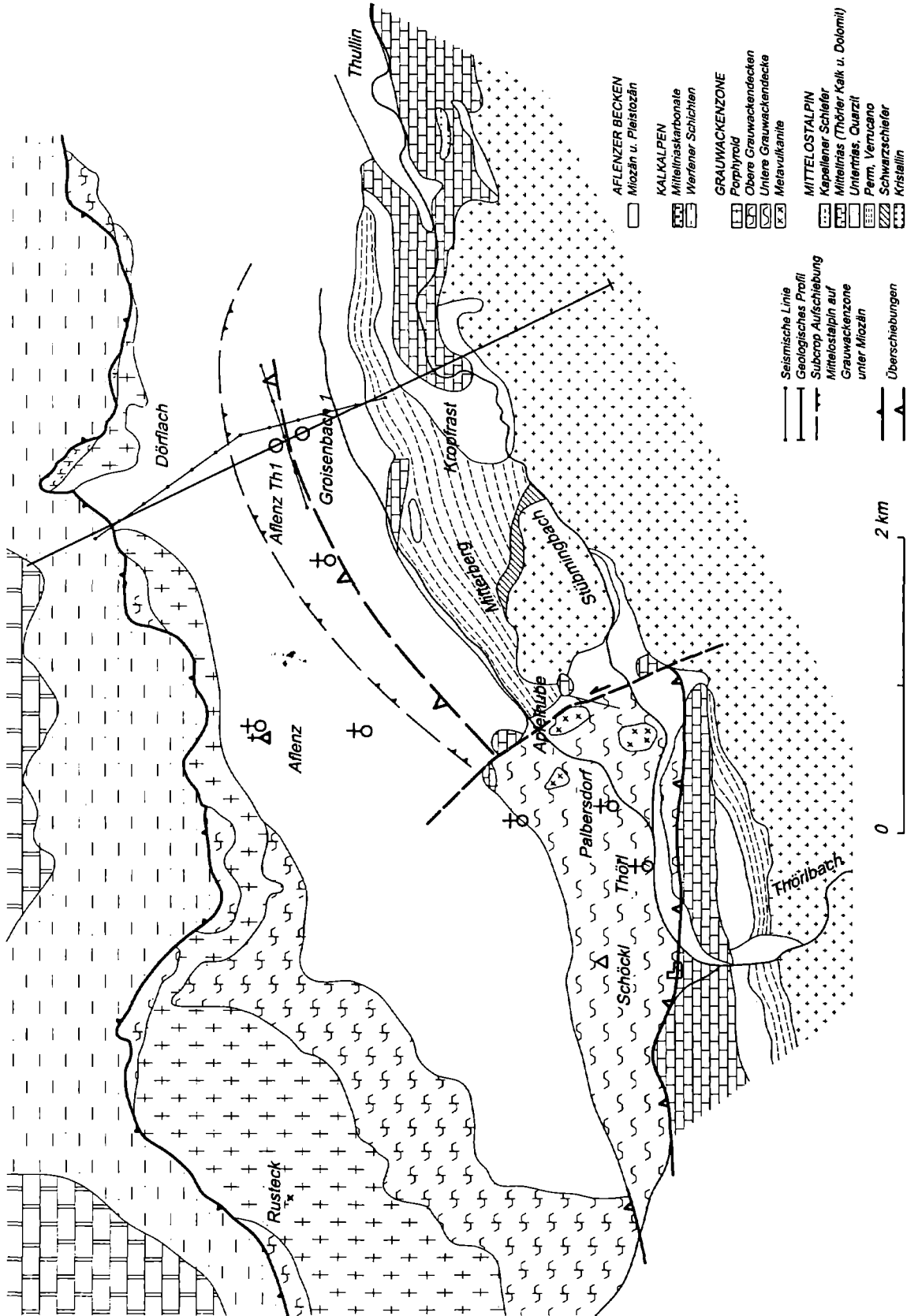


Abb.4 Geologische Übersichtskarte über das Gebiet Aflenz nach MATURA (unveröffentl. Aufnahmebericht), VETTERS 1926 und nach eigenen Begehungen

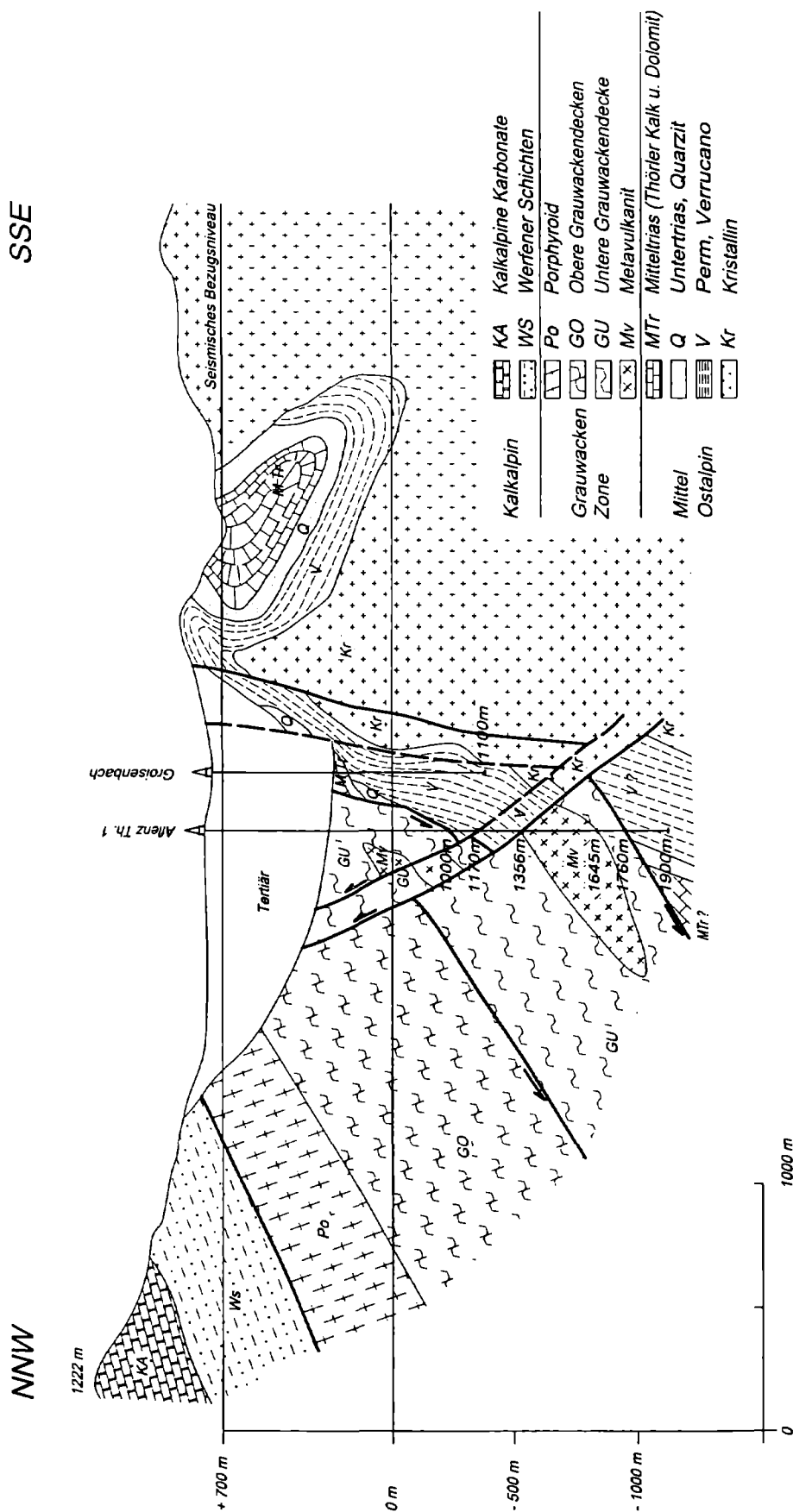


Abb.5 Geologischer Schnitt durch die Bohrungen Aflenz Th 1 und Groisenbach 1

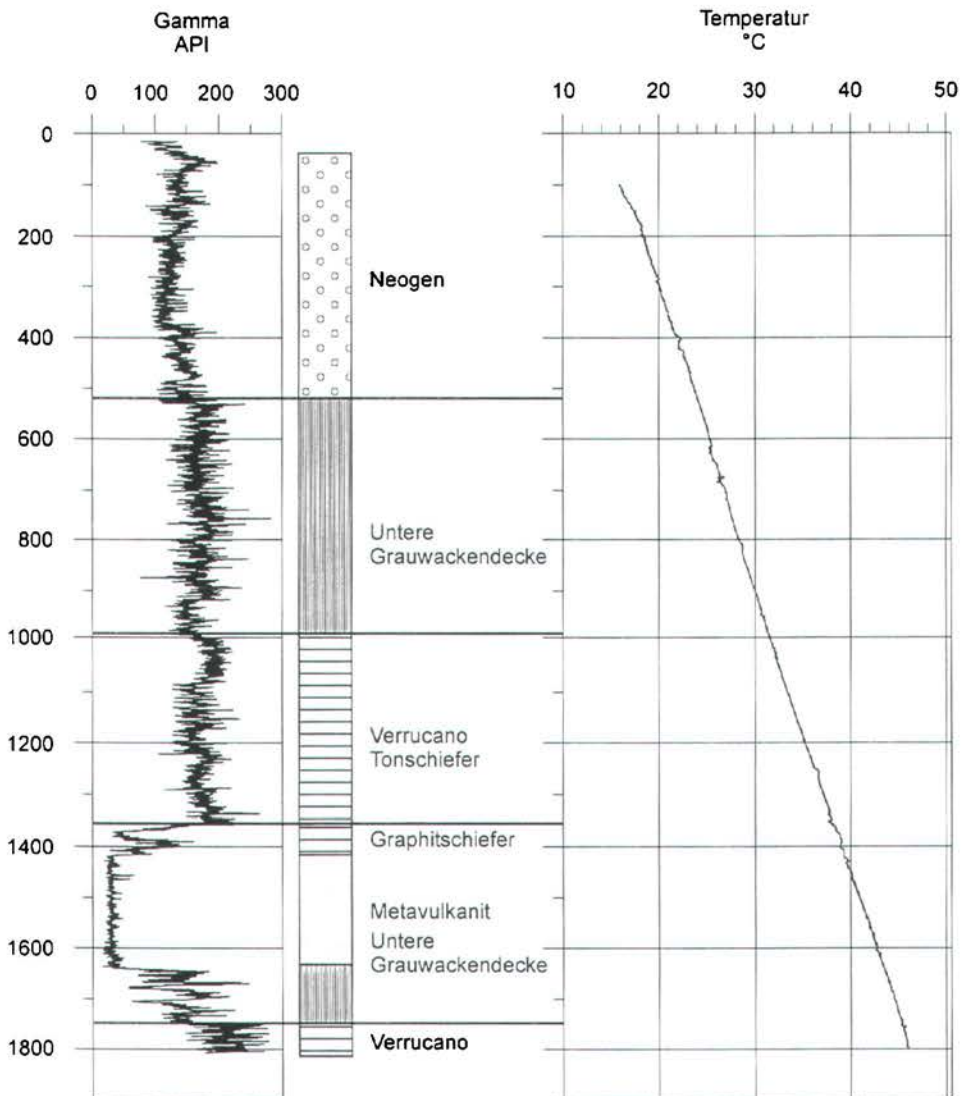


Abb. 6: Bohrlochmessung (Gamma Ray und Temperatur) in der Bohrung Aflenz Th1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt](#)

Jahr/Year: 2001

Band/Volume: [2001](#)

Autor(en)/Author(s): Gratzer Reinhard, Sauer R., Schmid Christian, Schön Jürgen, Wessely Godfrid

Artikel/Article: [DAS GEOTHERMALE POTENTIAL AM KALKALPEN-SÜDOSTRAND
ERFAHRUNGEN AUS DEN BOHRUNGEN PAYERBACH TH1 UND AFLENZ TH1 248-267](#)