

Vereinigung für Angewandte Lagerstättenforschung in Leoben

Projekt P-95/1990

**Erarbeitung einer geophysikalischen Prospektionsmethodik
auf Gips am Beispiel der Vorkommen bei Admont und Liezen**

ABSCHLUSSBERICHT

Projektleiter: R. Schmöllner ¹⁾

fachliche Mitarbeiter: B.B. Holub ¹⁾
R.F. Sachsenhofer ²⁾

¹⁾ Institut f. Geophysik, Montanuniversität Leoben

²⁾ Institut f. Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben

Leoben, im Juli 1991



Zusammenfassung

Im vorliegenden Projekt werden die Möglichkeiten einer Prospektion auf Gips mit geophysikalischen Methoden untersucht. Als Testgebiete für die Messungen wurden ein unverritztes Gipsvorkommen SE von Admont und der Gipsbergbau der Fa. Knauf NNE von Liezen gewählt.

Salinarabfolgen bilden wegen ihrer Plastizität bevorzugte Bewegungsbahnen bei tektonischen Vorgängen. Die Gipsvorkommen der nördlichen Kalkalpen sind daher meist an tektonisch stark beanspruchte Bereiche gebunden. Im Untersuchungsgebiet wird das Nebengestein der aus Gips, Haselgebirge, Dolomit und Rauhwanke aufgebauten Salinarabfolge von skythischen Werfener Schichten (Feinsandsteine, Mergel, Kalke, Quarzite) und oberkretazischen Gosaukonglomeraten gebildet.

Zur Eingrenzung der für eine geophysikalische Gipsprospektion in Betracht kommenden Methoden wurden Proben der genannten Gesteinsgruppen im Labor auf ihre petrophysikalischen Eigenschaften hin untersucht und folgende Parameter bestimmt: Dichte, Longitudinalwellengeschwindigkeit, magnetische Suszeptibilität, spez. elektr. Widerstand, IP-Effekt und natürl. Gammastrahlung. Von den Meßergebnissen weisen Dichte, spez. elektr. Widerstand und IP-Effekt die stärksten Kontraste zwischen Gips und Nebengesteinen auf. Die magnetische Suszeptibilität zeigt für alle Gesteine extrem niedrige Werte, während die Longitudinalwellengeschwindigkeit auch innerhalb einzelner Gesteinsgruppen stark streut. Die aufgrund der Dichtekontraste erfolversprechende Gravimetrie wurde - ebenso wie die Messung der Induzierten Polarisation - der hohen Einsatz- und Auswertekosten wegen im Gelände nicht angewandt.

Als Geländemethoden wurden die elektr. Widerstandskartierung und die Szintillometrie eingesetzt. Die Widerstandskartierung erfolgte wegen des rascheren Meßfortschritts mit einer elektromagnetischen Apparatur. Im Meßgebiet Admont wurden 2 Übersichtsprofile und 2 Detailprofile gemessen, im Meßgebiet Liezen 2 Profile.

Die Ergebnisse der Widerstandskartierung zeigen im Meßgebiet Admont eine deutliche Unterscheidbarkeit zwischen Gips einerseits und Gosaukonglomerat sowie Kalkmergel andererseits. Die Abgrenzung der etwas höherohmigen Werfener Feinsandsteine als verbreitetste Nebengesteine der Gipszüge bereitet mitunter Schwierigkeiten, insbesondere dort, wo mit dem Gips verstärkt Haselgebirge auftritt. Relativ reine Gipshorizonte lassen sich i.a. mit höheren Widerständen korrelieren. Schwierigere Verhältnisse treten im Meßgebiet Liezen auf, wo die Salinarbereiche eine stärkere Haselgebirgsführung aufweisen und deren Widerstände deshalb häufig unter jenen der Werfener Schichten liegen. Der wechselnde Haselgebirgsanteil innerhalb der einzelnen Gipszüge spiegelt sich in den stark schwankenden Meßkurven wider.

Die Messung der natürl. Gammastrahlung kann nur als Ergänzung zur Widerstandskartierung angesehen werden, da die Strahlungsintensitäten aller untersuchten Gesteine sehr niedrig sind. Infolge ihres hohen Tonanteils lassen sich aber Haselgebirgsbereiche durch erhöhte Intensitäten von den strahlungsarmen Gipsen unterscheiden. Im Meßgebiet Admont ist auch die Grenze zwischen Gosaukonglomerat und Werfener Schichten nachweisbar. Im Meßgebiet Liezen ist eine starke Streuung der Meßwerte über den gesamten Profilverlauf gegeben, weshalb kaum zusätzliche Aussagen zum Aufbau des Untergrunds möglich sind.

Abschließend sei bemerkt, daß mit Hilfe der eingesetzten geophysikalischen Methoden die Abgrenzung von Gipshorizonten durchaus möglich ist, wobei der erreichbare Erfolg stark von der Art der Nebengesteine abhängt. Die Qualität der Interpretation der Meßergebnisse hängt aber wesentlich vom Grad der geologischen Information ab.

1. Einleitung

Die stetig steigende Nachfrage nach qualitativ hochwertigen Industriemineralen erfordert verfeinerte Methoden zur Aufsuchung dieser Rohstoffe. Als Beitrag dazu sollten im vorliegenden Projekt die Einsatzmöglichkeiten geophysikalischer Meßmethoden bei der Prospektion auf Gipslagerstätten erarbeitet werden. Als Testgebiet sollte ursprünglich der Umgebungsbereich des in Abbau befindlichen Gipssteinbruchs Kematen S Admont fungieren, es mußte jedoch aufgrund interner Schwierigkeiten der betreibenden Firma auf den Raum südöstlich Admont ausgewichen werden. Dort treten mehrere kleine, nicht abgebaute Gipsvorkommen zutage. Zu Vergleichszwecken wurde auch das von der Fa. Knauf abgebaute Gipsvorkommen der Hintersteineralm NNE von Liezen untersucht.

Zur Planung der geophysikalischen Geländemessungen ist es notwendig, die petrophysikalischen Parameter von Gips und dessen Nebengesteinen zu bestimmen. Damit wird angezeigt, welche Parameter die stärksten Kontraste zwischen den einzelnen Gesteinstypen aufweisen und welche Meßmethoden für einen Geländeeinsatz am besten geeignet sind.

Erste Geländebegehungen und Messungen erfolgten im November und Dezember 1990. Während der Wintermonate wurde das aufgesammelte Probenmaterial im Labor untersucht und die Geländemeßdaten ausgewertet. Detaillierte Geländemessungen wurden im Frühsommer 1991 durchgeführt.

2. Geologischer Überblick

Die steirischen Gipsvorkommen treten perlschnurartig aneinandergereiht an Deckengrenzen innerhalb der nördlichen Kalkalpen auf (TOLLMANN 1985) und sind meist eng mit den Werfener Schichten verbunden. Das Alter der gipsführenden Schichten ist umstritten. Während BÜCHNER (1973) Gips und Haselgebirge S Admont als höheren Teil der skythischen Werfener Schichten interpretiert, stellt TOLLMANN (1985) dieses Vorkommen und jenes der Hintersteineralm ins Perm. Auch OTTER (1990) nimmt für das Gipsvorkommen der Hintersteineralm oberpermisches Alter an.

2.1. Meßgebiet Admont

Im S bzw. SE von Admont treten am Fuß der Schildmauer mehrere bis 100 m mächtige Gipslinsen zutage, von denen zur Zeit das Vorkommen bei Kematen (HADITSCH 1965) in einem Steinbruch der Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke abgebaut wird. Die im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Gipsvorkommen befinden sich N davon, ca. 1.5 km SE Admont zwischen 800 m und 1040 m über NN und sind durch drei Forststraßen des Stiftes Admont gut erschlossen (Beilage 1). Das Untersuchungsgebiet ist Teil der tirolischen Admonter Schuppenzone. Geologische Übersichtskarten dieses Gebietes finden sich in AMPFERER (1935), BÜCHNER (1973) und SHADID (1973), eine detaillierte Darstellung gibt HERRMANN (1989a). Im Zuge der Geländetätigkeit erwiesen sich jedoch die vorhandenen Unterlagen als teilweise zu ungenau, weshalb das unmittelbare Untersuchungsgebiet geologisch neu kartiert wurde (Beilage 2).

Es lassen sich zwei steil stehende, max. 50 m mächtige und W - E streichende Haselgebirgshorizonte ausscheiden. Im steilen Gelände bilden die zahlreichen Gipsausbisse meist kleine Felswände, in Flachstücken findet man häufig Dolinen bis 5 m Durchmesser. Mit dem Gips treten vielfach dunkle und stark zerbrochene Dolomite und vereinzelt Ein-

lagerungen von Rauhdecken auf. Der Gips ist meist im cm- bis dm-Bereich weiß - grau gebändert und umfließt die lokalen Dolomiteinlagerungen. Das grünliche Haselgebirge ist aufgrund seines hohen Tonanteiles stark rutschgefährdet und enthält bis zu faustgroße Bruchstücke der Nebengesteine.

Als Nachbargesteine der Salinarabfolge treten vorwiegend rote bis grünliche Feinsandsteine und untergeordnet Tonmergel der Werfener Schichten auf, die auch Quarzite führen können. Der südliche Gipszug ist im Hangenden von einem ca. 50 m mächtigen Kalkmergelhorizont begleitet; kleinere Kalkmergeleinlagerungen treten auch innerhalb der Werfener Schichten auf (Profil 2, Beilage 2). Reine Werfener Kalke findet man nur am Nordende von Profil 1 (vgl. BÜCHNER 1973). Die ganze Abfolge wird diskordant von Gosaukonglomeraten überlagert, die durch die intensiv rote Verwitterungsfarbe ihrer tonigen Matrix auffallen.

In den Gräben sind wassergesättigte Rutschmassen verbreitet, was immer wieder zu einem Absetzen der Forststraßen führt. Größere Rutschungen sind ebenso an einer neu errichteten Verbindungsforststraße zu beobachten, wo das Haselgebirge in sehr steilem Gelände angeschnitten wurde.

2.2. Meßgebiet Liezen

Der Gipssteinbruch der Fa. Knauf Gips befindet sich bei der Hintersteineralm, 1,5 km W vom Pyhrnpaß zwischen 1100 m und 1200 m über NN (Beilage 3). Das Gipsvorkommen ist Teil der juvavischen Wurzer Deckscholle, welche auf den Dachsteinkalken der tirolischen Warscheneckdecke liegt. Die geologischen Verhältnisse wurden jüngst von OTTNER (1990) im Detail beschrieben. Die Basis der Wurzer Deckscholle wird aus jurassischen grauen Kieselkalken und vereinzelt auftretenden Radiolariten gebildet, auf denen neben einer zwischengeschalteten Gleitbrekzie eine Abfolge von Gips, Anhydrit und Werfener Schichten liegt. Innerhalb der Abfolge lassen sich zwei unterschiedlich ausgebildete Gips Horizonte unterscheiden: im Liegenden weist der Gips eine intensive Wechsellagerung mit Haselgebirgstonen im cm- bis dm- Bereich auf ("Lager 1"), während der darüberliegende Gips Horizont kaum Tonzwischenlagen enthält ("Lager 2"). Anhydrit ist nur am frisch verwitterten Gebirge aufgeschlossen, da er infolge von Wasseraufnahme rasch in Gips umgewandelt wird. Diese Abfolge ist unter Zwischenschaltung einer jurassischen Brekzie bzw. von Mergelkalken tektonisch verdoppelt ("Lager 3" und "Lager 4"), möglicherweise sogar verdreifacht ("Lager 5" und "Lager 6"). Obwohl die gesamte Lagerstätte von einem dichten Bohrungsnetz überzogen ist (vgl. HERRMANN 1989b), ist der komplizierte tektonische Internbau der Wurzer Deckscholle noch nicht restlos geklärt.

Die Morphologie des Gebietes ist von einer Unzahl kleiner bis großer Dolinen gekennzeichnet, die den Verlauf der einzelnen Gipslager nachzeichnen.

3. Petrophysikalische Untersuchungen

Bevor geophysikalische Geländemethoden zur Anwendung gelangten, war es notwendig, die petrophysikalischen Parameter der auftretenden Gesteine im Labor zu bestimmen. Damit sollte ein Überblick darüber gewonnen werden, welche Meßmethoden aufgrund genügend großer Kontraste ihrer petrophysikalischen Kenngrößen am besten für eine geophysikalische Prospektion auf Gips geeignet sind.

3.1. Meßmethodik

Soweit möglich wurden von den anstehenden Gesteinen der Meßgebiete Admont und Liezen repräsentative Handstücke genommen. Zur Bestimmung der Schallwellengeschwindigkeit wurden die Proben in Quader mit parallelen Endflächen geschnitten, während zur Messung der übrigen petrophysikalischen Parameter (Dichte, magnetische Suszeptibilität, spez. elektr. Widerstand und IP-Effekt) von jeder Probe mehrere ca. 10 cm lange Kerne mit einem Durchmesser von 1" (2.54 cm) gebohrt wurden.

Die Longitudinalwellengeschwindigkeit V_p wurde mit einem Kretz Ultraschall-Echo-Gerät Serie 8000 im Durchschallungsverfahren an wassergesättigten Proben bestimmt, wobei Prüfköpfe mit einer Impulssendefrequenz von 2 MHz verwendet wurden. Bei Proben mit erkennbarer Schichtung bzw. Schieferung wurde V_p senkrecht dazu bestimmt.

Die Bestimmung der Sättigungsdichte erfolgte an wassergesättigten Kernen nach der Auftriebsmethode mittels Tauchwägung, wodurch sich Fehlergrenzen unter 1% ergeben.

Mit dem IP-Transceiver RIPS-3 von Atlas Copco wurde ebenfalls an wassergesättigten Proben der spez. elektr. Widerstand und der IP-Effekt (time domain) gemessen. Um Störeffekte, bedingt durch einen Wasserfilm auf der Probenoberfläche, zu verhindern, wurde die Oberfläche getrocknet und die Messung 3 Minuten zeitverzögert durchgeführt. Dadurch wurde eine trockene Probenoberfläche während der Messung gewährleistet.

Die Messung der magnetischen Suszeptibilität erfolgte mit einer GISCO MS-3 Suszeptibilitätsbrücke, deren Auflösungsvermögen bei $0.07 \cdot 10^{-3}$ SI liegt.

Mit dem Szintillometer SRAT SPP-3 wurde die natürliche Gammastrahlung der Probenquader bei einem Energiefenster von 50 KeV bestimmt.

3.2. Meßergebnisse

Die petrophysikalischen Parameter der zur Untersuchung gelangten 24 Gesteinsproben sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Tabelle ist nach Gesteinsgruppen gegliedert und enthält für jene Meßmethoden, bei denen Bohrkerne gemessen wurden, den Mittelwert aus mehreren Einzeldaten. Die Probenbezeichnungen beziehen sich auf die Meßgebiete Admont (GA) und Liezen (GL). Die Proben GA1 - GA5 entstammen dem Gipssteinbruch Kematen S Admont, während die Proben GA6 - GA13 im eigentlichen Untersuchungsgebiet SE Admont (Beilage 2) genommen wurden.

Vorbemerkt sei, daß die unter Laborbedingungen gemessenen Parameter nicht vorbehaltlos mit den im natürlichen Gesteinsverband auftretenden Verhältnissen gleichgesetzt werden können und in Hinblick auf Einflüsse wie Klüftigkeit und Verwitterung idealisierte Werte repräsentieren.

3.2.1. Dichte

Die Dichte der untersuchten Gipsproben variiert in guter Übereinstimmung mit den in SCHÖN (1983) angegebenen Werten von 2300 kg/m^3 in einem sehr engen Bereich zwischen 2255 und 2355 kg/m^3 und unterscheidet sich damit deutlich von den Nebengesteinen, deren Dichte für fast alle Gesteinsarten um 2770 kg/m^3 liegt. Lediglich die Werfener Sandsteine sowie die Jurabrekzien aus dem Meßgebiet Liezen weisen Dichten zwischen 2430 und 2550 kg/m^3 auf. Davon deutlich abgehoben sind die Dichtewerte für Anhydrit mit 2950 kg/m^3 .

Aufgrund der gemessenen Dichtekontraste wäre der Einsatz der Gravimetrie zur Gipsprospektion sicherlich überlegenswert. Der für die Datenauswertung notwendige Aufwand für die topographischen Korrekturen stellt jedoch in den alpinen Regionen einen hohen Kostenfaktor dar. Dies wird durch die extreme Topographie im Bereich von Gipsvorkommen mit dem Auftreten von Dolinen, lokalen Felswänden und Rutschkörpern noch verstärkt.

Tabelle 1 Petrophysikalische Parameter von Gips und seinen Nebengesteinen

Probe	Gesteinsart	Dichte	Vp	Susz.	spez. elektr. Widerstand	IP-Effekt	Gammastrahlung
		[kg/m³]	[m/s]	[10 ⁻³ SI]	[Ohm.m]	[%]	[cps]
GA1	Gips weiß	2355	4800	0.00	2200	0.25	43
GA2	Gips weiß-grau	2280	4100	0.00	630	0.02	40
GA4	Gips	2345	5150	0.13	1400	0.20	42
GA7	Gips weiß	2255	4530	0.00	1120	0.16	40
GL1	Gips Lager 3	2285	5200	0.07	1260	0.04	41
GL4	Gips Lager 2	2340	5210	0.00	1270	0.14	41
GL11	Gips Lager 1 mit Karbonat	2305	6500	0.00	2700	0.14	41
GL9	Anhydrit Lager 2	2950	6290	0.07	2100	0.53	41
GA3	Werfener Kalk	2720	6400	0.07	22500	0.16	42
GA6	Werfener Kalk	2720	6480	0.07	8400	0.36	42
GA10	Werfener Kalk	2695	6250	0.13	11600	0.38	41
GA5	Werfener Mergel dunkel	2700	4750	0.07	500	0.50	43
GA11	Werfener Mergel dunkel	2680	5880	0.20	1120	0.59	40
GA13	Werfener Mergel	2705	-	-	-	-	41
GL5	Kieselkalk	2690	5670	0.07	10000	1.45	40
GA8	Quarzit	2670	5500	0.20	730	1.48	43
GA9	Quarzit	2675	5230	0.13	600	1.37	43
GA12	Gosaukonglomerat	2740	6220	0.13	6300	1.29	41
GL2	Werfener Feinsandstein	2550	5420	0.23	650	0.98	41
GL7	Werfener Feinsandstein	2475	4770	0.16	230	0.57	43
GL8	Werfener Feinsandstein	2485	5200	0.07	210	0.41	41
GL3	Jurabrekzie	2545	5290	0.07	990	0.90	43
GL10	Jurabrekzie	2430	4440	0.00	130	0.87	43
GL6	Brekziensandstein	2615	-	-	-	-	41

3.2.2. Longitudinalwellengeschwindigkeit

Die unter Laborbedingungen gemessenen seismischen Geschwindigkeiten ergeben keine signifikanten Kontraste zwischen Gips und den Nebengesteinen. Überdies weist die V_p innerhalb der einzelnen Gesteinsgruppen eine relativ große Streuung auf.

3.2.3. Magnetische Suszeptibilität

Die Suszeptibilitäten ergeben für keines der untersuchten Gesteine Werte größer als $0,23 \cdot 10^{-3}$ SI, weshalb der Einsatz einer magnetischen Vermessung nicht sinnvoll erscheint.

3.2.4. Spez. elektr. Widerstand

Von allen gemessenen petrophysikalischen Parametern weist der spez. elektrische Widerstand die größten Unterschiede zwischen den einzelnen Gesteinsgruppen auf. Während die Werfener Kalke mit durchschnittlich 14000 Ohm.m naturgemäß die höchsten Widerstände liefern, schwanken die Werfener Feinsandsteine und Mergel sowie die Jurabrekzien und Quarzite zwischen 130 und 1120 Ohm.m. Etwas höhere Widerstände weist der Gips mit durchschnittlich 1510 ± 700 Ohm.m auf. Infolge toniger Einlagerungen können die Widerstände im Gips jedoch deutlich erniedrigt (Probe GA 2 in Tabelle 1) bzw. durch karbonatische Anteile erhöht werden (Probe GL11). Als Werte für reinen Gips werden von SCHÖN (1983) 10^7 Ohm.m angegeben. Am Beispiel des Gosaukonglomerats (Probe GA12) läßt sich die fallweise starke Diskrepanz zwischen Labormesswert und Geländemesswert nachweisen. Der Widerstand der im Labor gemessenen kompakten und unverwitterten Probe beträgt 6300 Ohm.m, während die Messwerte im Gelände meist um 100 Ohm.m liegen. Dies ist auf die intensive Verwitterung des Gosaukonglomerats zurückzuführen, bei der das Gestein in seine Geröllkomponenten zerfällt. Der Boden über dem Gosaukonglomerat ist dann stets durch eine Anreicherung der rotgefärbten, tonigen Feinsedimente der Matrix gekennzeichnet.

3.2.5. IP-Effekt

Interessante Unterschiede ergeben sich auch beim IP-Effekt. Die höchsten Werte von über 1% weisen die Quarzite innerhalb der Werfener Schichten sowie das Gosaukonglomerat und der Kieselkalk auf (Tabelle 1). Über 0,5% IP-Effekt liegen auch noch der Anhydrit, die Mergel und Feinsandsteine der Werfener Schichten sowie die Jurabrekzien. Sämtliche untersuchten Gipsproben weisen einen IP-Effekt kleiner 0,3% auf.

Aufgrund der auftretenden Kontraste wäre ein Austesten der IP-Methode im Gelände von Interesse; der überdurchschnittlich hohe Meßaufwand erfordert hier jedoch eine vorhergehende genaue Planung und Abklärung geeigneter Meßprofile mittels anderer Meßmethoden.

3.2.6. natürl. Gammastrahlung

Die Messung der natürlichen Gammastrahlung an unverwitterten Gesteinsproben zeigt für kein Gestein Werte über dem geogenen Background. Trotz dieses negativen Befunds wurden Geländemessungen mit dem Szintillometer unter dem Aspekt durchgeführt, daß ein unterschiedliches Verwitterungsverhalten - was die Neubildung von Tonmineralen betrifft - die Unterscheidbarkeit einzelner Gesteinsgruppen möglich erscheinen läßt.

4. Geophysikalische Geländemessungen

4.1. Meßmethodik

Im Gelände wurde die Methode der elektrischen Widerstandskartierung sowie die Szintillometrie eingesetzt. Die Methode der Induzierten Polarisation (IP) wurde aufgrund zu hoher Kosten vorläufig zurückgestellt. Ein Einsatz an gezielt angesetzten Detailprofilen erscheint aber für einen späteren Zeitpunkt überlegenswert.

Die Messung des spez. elektr. Widerstandes - in weiterer Folge nur mehr 'Widerstand' genannt - erfolgte mit der Elektromagnetikapparatur EM-31 von Geonics. Dieses Gerät arbeitet mit einem fixen Spulenabstand von 3.66 m und operiert ohne Bodenkontakt, weshalb Messungen auch im Winter bei gefrorenem Boden durchgeführt werden können. Die Eindringtiefe beträgt ca. 3.5 m. Infolge der starken Abhängigkeit des Meßergebnisses von topographischen Effekten wurde die Längsachse des Geräts möglichst hangparallel ausgerichtet. Der zahlreichen, teilweise bis 10 m tiefen Dolinen und schmalen Rücken wegen ergaben sich insbesondere im Meßgebiet Liezen lokale Abweichungen vom geometrischen Halbraum, die sich in Änderungen der Widerstandswerte niederschlagen. Die Widerstandskartierung mit diesem Gerät bietet gegenüber der herkömmlichen Kartierungsmethode - bei welcher vier Meßelektroden in den Boden gerammt werden müssen - den Vorteil der Berührungslosigkeit und somit des rascheren Meßfortschritts bei halbiertem Personalaufwand. Die natürliche Gammastrahlung wurde mit dem bereits für die Labormessungen verwendeten Szintillometer SRAT SPP-3 gemessen. Mit einem Energiefenster von 50 KeV wurde das Zählrohr knapp über den Boden gehalten und über 1.2 s gestapelt. Zur Glättung der stark streuenden Meßwerte wurde ein 3-Punkt Filter mit der Gewichtung 0.25 - 0.50 - 0.25 verwendet. Die Meßwerte sind neben der geologischen Beschaffenheit des Untergrundes sehr stark vom Aufbau und der Zusammensetzung der Humus- und Verwitterungsschicht abhängig. Ein gewisser Einfluß ist wohl auch durch den Tschernobyl-Effekt gegeben und auch davon abhängig, ob das Meßprofil im Wald oder außerhalb davon verläuft.

4.2. Meßgebiet Admont

Um einen Überblick über das petrophysikalische Verhalten der im Untersuchungsgebiet auftretenden Gesteine zu erhalten, wurden zwei NNW - SSE gerichtete Profile von 800 bzw. 1050 m Länge quer zum Streichen der Einheiten gemessen (Profil 1 in Beilage 4; Profil 2 in Beilage 5). Dabei wurden zwei Gips - Haselgebirgsbereiche gequert. Zwei weitere Profile mit 500 bzw. 250 m Länge (Profile 3 und 4 in Beilage 6) dienten der ergänzenden Untersuchung der Gipszüge. Ihre Lage ist in Beilage 2 eingetragen.

Erwähnenswert ist weiterhin, daß die Profile 1 und 2 im Winter bei teilweise gefrorenem Boden gemessen wurden, sodaß für die elektromagnetische Messung keine Einflüsse von

einer durchfeuchteten Oberfläche zu erwarten waren. Im Gegensatz dazu wurden die Profile 3 und 4 im Juni nach einer Niederschlagsperiode gemessen, was sich wegen einer stärkeren Bodendurchfeuchtung in deutlich erniedrigten Widerständen auswirkt. Trotz der unterschiedlichen Meßbedingungen lassen sich die Meßkurven in ihrer Charakteristik gut vergleichen.

Unterhalb der geophysikalischen Meßprofile (Beilagen 4 - 6) ist die geologische Situation eingezeichnet, wie sie sich aus der Kartierung im Gelände ergibt. Die im Gelände erkannten Gesteinsgrenzen sind auch als Markierungsstriche in den geophysikalischen Meßprofilen eingezeichnet. **Die geologischen Verhältnisse wurden also - mit Ausnahme weniger Einzelfälle - nicht aus den geophysikalischen Messungen abgeleitet.** Damit kann überprüft werden, inwieweit mittels der geophysikalischen Untersuchungen die verschiedenen lithologischen Einheiten bzw. deren Grenzen nachgewiesen werden können.

4.2.1. Elektromagnetik

Die höchsten Widerstände im gesamten Meßgebiet erreichen die Kalke am Beginn von Profil 1 (Beilage 4) mit 2000 Ohm.m. Dies steht in Einklang mit dem extrem hohen Labor-meßwert der von hier stammenden Probe GA10.

Die Feinsandsteine der Werfener Schichten stellen das Hauptgestein entlang der gemessenen Profile dar. Mit Widerständen zwischen 100 und 700 Ohm.m zeigen sie zwar insgesamt eine große Schwankungsbreite, doch sind die südlicheren Werfener Sandsteine mit 100 - 200 Ohm.m deutlich niederohmiger als jene weiter nördlich.

Die generell niedrigsten Widerstände zeigen die Gosaukonglomerate mit 30 bis 150 Ohm.m. Dies scheint in Widerspruch zu den Labormessungen zu stehen, wo eine Gosaukonglomeratprobe 6300 Ohm.m aufweist (GA12 in Tabelle 1). Während die Laborprobe vollkommen unverwittert ist, kann man im Gelände eine intensive Aufwitterung des Gosaukonglomerats beobachten, indem die rote Tonmatrix aufquillt und das Gestein vollkommen zerlegen kann. An Hangrücken, wo die Konglomerate grobblockig verwittern, aber keine totale Auflösung des Gesteinsverbandes zeigen, liegen die Widerstände etwas höher bei ca. 200 Ohm.m (Profil 1, 450 - 550 m).

Niedrige Widerstände zwischen 30 und 100 Ohm.m weisen auch die Mergel der Werfener Schichten auf. Sie lassen sich mittels der elektrischen Widerstandskartierung nicht von den Gosaukonglomeraten unterscheiden.

Die Gipse treten im Vergleich zu den umgebenden Gesteinen teilweise als Zonen deutlich erhöhter Widerstände hervor. So ergeben sich Widerstände bis 600 Ohm.m mit einem steilen Anstieg der Meßkurve von den Nebengesteinen. Besonders deutlich erscheint dies in Profil 1 zwischen 140 und 190 m, 690 und 710 m (Beilage 4), sowie in Profil 2 zwischen 800 und 900 m (Beilage 5). Innerhalb der Gipszonen spielt natürlich das Auftreten von Haselgebirge eine große Rolle, welches die Widerstände infolge seines Tonanteiles erniedrigt. Als Beispiel dafür sei der Bereich zwischen 750 und 810 m in Profil 2 angeführt. Die niedrigen Widerstände im Haselgebirge, welches den Gips meist randlich umgibt, erschweren eine Abgrenzung von den anschließenden Mergeln. Andererseits bewirken die gelegentlichen Einschaltungen von Rauhacken, die häufig auch mit Dolomiten verbunden sind, in den Gipszügen eine Widerstandserhöhung.

Die junge Bedeckung des Untergrundes gibt im Falle von stark durchfeuchteten Rutschmassen Widerstände um 30 Ohm.m (150 - 225 m in Profil 3) bzw. um 150 Ohm.m im Fall von karbonatischem Hangschutt (975 - 1050 m in Profil 2).

4.2.2. Szintillometrie

Die Szintillometermessungen zeigen über den gesamten Verlauf aller Profile starke Schwankungen, bei generell sehr niedrigen Werten der natürlichen Gammastrahlung zwischen 40 und 115 cps.

Trotz all der eingangs erwähnten Einflußfaktoren (Verwitterungsschicht, Tschernobyl) lassen sich bei den Geländemessungen manche Gesteinsgrenzen deutlich nachweisen, wie z.B. jene zwischen Werfener Sandsteinen und Gosaukonglomeraten bei 430 m in Profil 2 (Beilage 5). Die niedrigsten Strahlungsintensitäten zeigen die Werfener Kalke mit ca. 60 cps sowie die Gosaukonglomerate, die infolge ihres hohen Karbonatanteils stets unter 80 cps liegen. Bildet man Mittelwerte über die einzelnen Gesteine, dann liegen die Gosaukonglomerate bei etwa 65 cps, während die Werfener Sandsteine etwas höhere Intensitäten von ca. 90 cps aufweisen.

Keine klaren Aussagen kann man bezüglich der Gips- und Haselgebirgsvorkommen treffen. Die hohen Widerstände des Gipses in Profil 1 sind mit relativ niedrigen Strahlungsintensitäten korreliert, während die Gipsvorkommen im Bereich zwischen 100 und 275 m im Schwankungsbereich der Nebengesteine liegen. Auch das Haselgebirge, das aufgrund seines Tonanteils höhere Strahlungsintensitäten vermuten läßt, wie zwischen 100 und 130 m in Profil 4, oder zwischen 840 bis 880 m in Profil 2, läßt diesen Allgemeinschluß nicht zu. Bei etwa 800 m in Profil 2 zeigt das Haselgebirge deutlich niedrigere Intensitäten als der umgebende Gips.

Einen markanten Störfaktor stellen Karbonatgesteine dar, wenn sie für straßenbauliche Zwecke eingesetzt werden. So werden die durch die Meßprofile gequerten Forsstraßen als negative Anomalien abgebildet. Besonders augenfällig ist der Bereich zwischen 310 und 340 m in Profil 3, wo das zu Hangrutschungen neigende Haselgebirge durch große Kalkblöcke stabilisiert wird und dementsprechend niedrige Strahlungsintensitäten aufweist.

4.3. Meßgebiet Liezen

Im E an den bestehenden Gipsbruch der Fa. Knauf anschließend, wurden zwei Vergleichsprofile gemessen. Das 800 m lange Profil L1 (Beilage 7) beginnt im S in den Kieselkalken unterhalb der Wurzer Deckscholle und verläuft in dieser unmittelbar an der derzeitigen östlichen Steinbruchbegrenzung in N - S - Richtung, wo es die Gipslager 1 - 4 quert. Das Profilende im N liegt in stark durchfeuchteten, roten Feinsandsteinen der Werfener Schichten. Das 480 m lange Profil L2 (Beilage 7) liegt zur Gänze innerhalb der Wurzer Deckscholle und entspricht etwa dem Abschnitt vom Profil L1 zwischen 100 m und 600 m. Die zahlreichen Dolinen mit den dazwischen liegenden schmalen Rücken erforderten bei der elektromagnetischen Messung eine genaue Beachtung der Gerätorientierung, um den geometrischen Halbraum zu gewährleisten.

4.3.1. Elektromagnetik

Das Profil L1 (Beilage 7) verläuft die ersten 100 m in Kieselkalken, deren Widerstände um 250 Ohm.m schwanken. Mit einer Vernässungszone setzen Feinsandsteine der Werfener Schichten ein, deren Widerstände von 100 Ohm.m in der Vernässung auf über 150 Ohm.m gegen trockenere Bereiche zu ansteigen. Bei 175 m wird der Beginn des Gipslagers 1 durch das Auftreten von Dolinen angezeigt. Die Widerstände schwanken zwischen 70 und

150 Ohm.m bei einem Mittel von 100 Ohm.m. Zwischen Profilmeter 320 und 360 folgt ein Abschnitt mit schwarz gefärbtem Haselgebirge, dessen Widerstände sich vom Gips nicht merklich unterscheiden. Ohne das Gipslager 2 vom Lager 1 deutlich abtrennen zu können, setzen die Werfener Schichten bei 360 m mit einem deutlichen Widerstandsanstieg bis 200 Ohm.m ein. Bei 410 m leiten sie mit einem starken Widerstandsabfall in den jurassischen Brekzienhorizont über. Diese Gesteine fallen schon bei den Labormessungen durch teilweise sehr niedrige Widerstände auf (Tabelle 1). Im Gelände liegen die Werte bei etwa 75 Ohm.m und sinken in einer Nässezone bis auf 30 Ohm.m ab. Bei 485 m beginnt das Gipslager 3 mit Widerständen zwischen 40 und 120 Ohm.m. Innerhalb der anschließend auftretenden Werfener Schichten, die stets unter 75 Ohm.m liegen, fällt das schmale Gipslager 6 durch einen markanten Widerstandsanstieg auf über 100 Ohm.m auf. Die niedrigsten Widerstände des gesamten Profils treten zu Profilende auf, wo die Werfener Schichten in einer Nässezone bis auf 25 Ohm.m absinken.

Das Profil L2 (Beilage 7) verläuft die ersten 25 m im Quartär und dann bis 100 m in Feinsandsteinen der Werfener Schichten, deren Widerstände zwischen 120 und 200 Ohm.m variieren. Entsprechend dem Profil L1 setzt das Gipslager 1 mit einem markanten Widerstandsabfall auf 70 Ohm.m ein. Innerhalb dieses Gipslagers schwanken die Widerstände in einem weiten Bereich zwischen 20 und 140 Ohm.m, wobei die extrem niedrigen Widerstände wiederum durch eine Vernässungszone bedingt sind. auch hier läßt sich das Gipslager 2 vom Lager 1 nicht abtrennen. Zwischen 295 m und 360 m treten an der Position der Brekzien in Profil L1 helle Kalkmergel auf, die sich durch leicht erhöhte Widerstände von bis zu 75 Ohm.m vom nachfolgenden Gipslager 3 abheben. Mit durchschnittlich 50 Ohm.m liegen die Widerstände des Lagers 3 jedoch deutlich unter jenen des Lagers 1. Nach einem geringmächtigen Haselgebirgshorizont folgen bei 440 m ohne nennenswerten Kontrast Kalkmergel, deren Widerstände von 40 Ohm.m gegen Profilende auf 70 Ohm.m ansteigen.

4.3.2. Szintillometrie

Im Gegensatz zu den Meßprofilen von Admont liegen die Intensitäten der natürl. Gammastrahlung im Meßgebiet Liezen bei deutlich höheren Werten zwischen 80 und 170 cps. Lediglich die Straßen fallen wie in Admont durch niedrigere Intensitäten auf.

Vergleicht man die Kurvencharakteristik der natürl. Gammastrahlung mit den geologischen Verhältnissen, so zeigt sich mit wenigen Ausnahmen keine Änderung beim Wechsel von Gesteinseinheiten. Profil L1 (Beilage 7) weist zwischen 180 und 220 m höhere Intensitäten im Gipslager 1 auf, was auf einen erhöhten Haselgebirgsanteil in diesem Bereich schließen läßt. Weiters zeigt das Profil L2 (Beilage 7) im Liegenden und Hangenden eines - einen relativ reinen Gips kennzeichnenden - Widerstandsmaximums zwischen 180 m und 230 m erhöhte Strahlungsintensitäten bei niedrigeren Widerständen, was ebenfalls auf höhere Haselgebirgsanteile zurückzuführen sein könnte.

In Summe betrachtet, trägt die Szintillometrie im Meßgebiet Liezen wenig zur Klärung der geologischen Verhältnisse im Untergrund bei.

5. Diskussion

Nach der detaillierten Besprechung der einzelnen Meßergebnisse sind mehrere allgemeine Bemerkungen notwendig.

* Die komplizierten tektonischen Verhältnisse im Bereich der kalkalpinen Gipslagerstätten stellen hohe Anforderungen an die Planung und Durchführung einer Prospektionstätigkeit. Insbesondere ist es notwendig, die **geologischen Verhältnisse** bereits zu Beginn der Arbeiten möglichst detailliert abzuklären, um eine Aussage über Art und Zahl der im Untersuchungsgebiet auftretenden Gesteine geben zu können. Davon ist die Auswahl der einzusetzenden geophysikalischen Methoden abhängig. Weiters müssen die morphologischen Verhältnisse aufgenommen werden, da eventuell vorhandene Dolinen und Erdfallen den Verlauf bzw. die Streichrichtung eines Gipszuges nachzeichnen und so wesentliche Ansatzpunkte zur Festlegung von Lage und Ausrichtung der geophysikalischen Meßprofile liefern.

* Durch die Bestimmung der **petrophysikalischen Parameter** aller im Untersuchungsgebiet auftretenden Gesteinsgruppen läßt sich der Kontrast der Meßwerte zwischen Gips und Nebengesteinen bestimmen. Dies ermöglicht eine Vorauswahl der für den Geländeeinsatz in Frage kommenden geophysikalischen Methoden, da i.a. nur der Einsatz jener Methoden sinnvoll erscheint, deren zugrundeliegende petrophysikalische Parameter genügend große Kontraste aufweisen. Die Labormessungen dienen auch dazu, die Streubreite der Parameter innerhalb einer Gesteinsgruppe zu ermitteln und so Aussagen über den Homogenitätsbereich zu liefern. Da die Labormessungen an möglichst unverwitterten Gesteinsproben durchgeführt werden, muß man berücksichtigen, in welcher Weise sich die petrophysikalischen Parameter bei der Verwitterung der Gesteine verändern.

* Der Vergleich zwischen den entlang von Profilen gemessenen geophysikalischen Meßkurven und der aus Voruntersuchungen bekannten Geologie verdeutlicht die Schwierigkeiten, die mit der Interpretation der Meßergebnisse verknüpft sind. Im kalkalpinen Bereich erlaubt die **Widerstandskartierung** wichtige Hinweise für die Abgrenzung der Gipsvorkommen gegen grobklastische (Gosaukonglomerat) und kalkige Gesteine. Die Abgrenzung gegen feinklastische Sedimente (Werfener Feinsandsteine) ist dagegen problematisch, insbesondere dann, wenn der Gips durch tonige Beimengungen verunreinigt ist.

* Die Messung der **natürl. Gammastrahlung** kann nur als Ergänzung zur Widerstandskartierung angesehen werden, da die Strahlungsintensitäten aller untersuchten Gesteine sehr gering sind. Wichtig erscheint jedoch, daß sich das, durch einen hohen Tonanteil charakterisierte, Haselgebirge vom reinen Gips meist deutlich unterscheiden läßt.

* Weitere geophysikalische Prospektionsmethoden auf Gips sind aufgrund der Ergebnisse der petrophysikalischen Labormessungen erfolgversprechend: **Gravimetrie und IP-Messungen** sind jedoch sehr kostenintensive Untersuchungsmethoden, weshalb sie erst nach Abklärung der prinzipiellen Lagerungsverhältnisse durch die hier angewendeten Methoden eingesetzt werden sollten.

Dank

Der Forstverwaltung des Benediktinerstiftes Admont wird für die Erlaubnis gedankt, die Forststraßen benützen zu dürfen.

Besonderer Dank gebührt dem Betriebsleiter der Fa. Knauf in Weißenbach/Liezen, Herrn Dr. Neuner, für sein Interesse an diesem Projekt. In entgegenkommender Weise wurde der Einblick in zahlreiche Unterlagen über Untersuchungen in den Meßgebieten Liezen und Admont gewährt, welche die eigene Arbeit wesentlich erleichterten. Weiters wurden die Genehmigung zur Benützung der betriebseigenen Straßen erteilt und Gesteinsproben aus dem Gipsbruch zur Verfügung gestellt.

Leoben, im Juli 1991

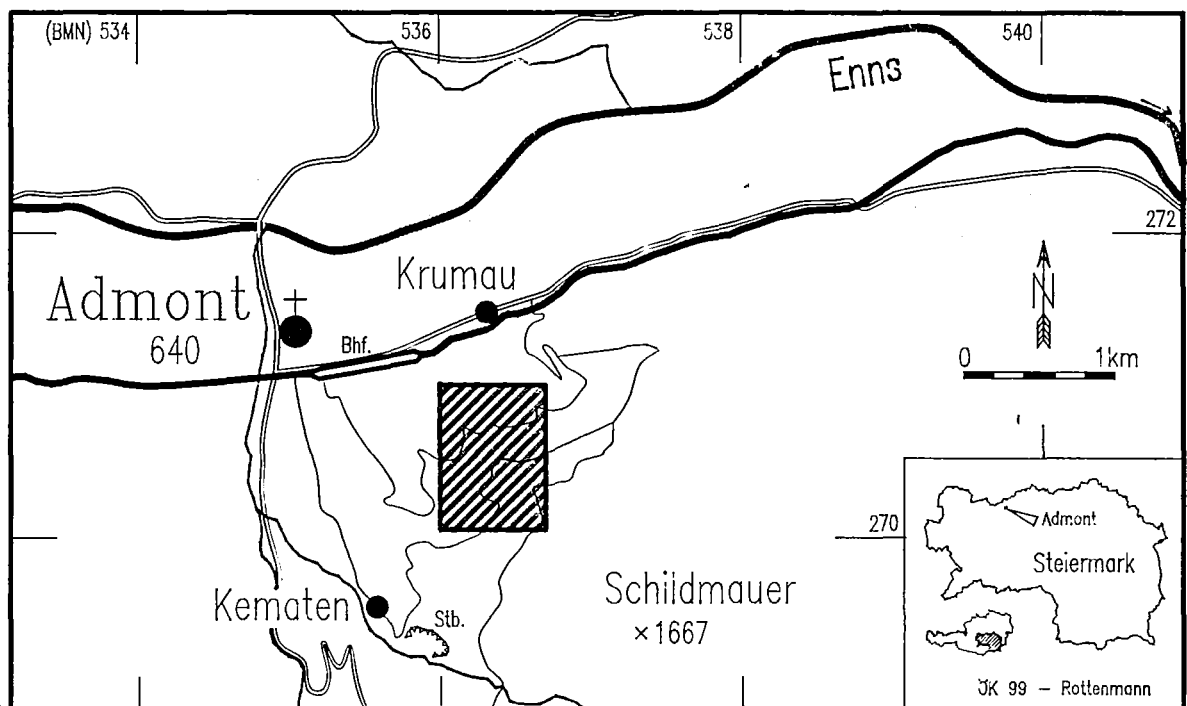
A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dr. Neuner', written in a cursive style.

Literatur









- AMPFERER, O. (1935):** Geologische Karte der Gesäuseberge. - Geol. B.-A., Wien, 1:25.000.
- BÜCHNER, K.-H. (1973):** Ergebnisse einer geologischen Neuaufnahme der nördlichen und südwestlichen Gesäuseberge (Obersteiermark, Österreich). - Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud. **22**, 71-94, Wien.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F. (1984):** Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen - Steiermark, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark 1:200.000. - Geol. B.-A., Wien, 127 S.
- HADITSCH, J.G. (1965):** Die Gipslagerstätte Schildmauer bei Admont und ihre Kupfererzspuren. - Archiv f. Lagerstättenforschung d. Ostalpen. Bd. **3**, 125-142, Leoben.
- HERRMANN, A. (1989a):** Bericht über die Untersuchungsarbeiten auf Gips und Anhydrit in den Freischürfen 4114/60, 4115/60, 4116/60 und 178/89, 179/89 des Freischurfgebietes Admont-Krumau, Katastralgemeinden Admont und Krumau. - unveröff. Bericht Knauf Gips, Iphofen.
- HERRMANN, A. (1989b):** Bericht über die Erschließungs- und Untersuchungsarbeiten in den Freischürfen 2730, 2733, 2735/60, Freischurfgebiet Hintersteiner Alm, Katastralgemeinde Spital am Pyhrn. - unveröff. Bericht Knauf Gips, Iphofen.
- OTTNER, F. (1990):** Zur Geologie der Wurzer Deckscholle und deren Rahmen im Bereich des Warschenecks (O.Ö.). - Mitt.Ges.Geol.Bergbaustud.Österr. **36**, 101-145, Wien.
- SCHÖN, J. (1983):** Petrophysik, Physikalische Eigenschaften von Gesteinen und Mineralen. - Akademie Verlag, Berlin, 405 S.
- SHADID, I. (1973):** Montangeologische Untersuchung der Gipslagerstätte südlich Admont/Steiermark. - unveröff. Diplomarbeit, Montanuniv. Leoben, 47 S.
- TOLLMANN, A. (1985):** Geologie von Österreich. Band II: Außerzentralalpiner Anteil. - Deuticke Wien, 710 S.

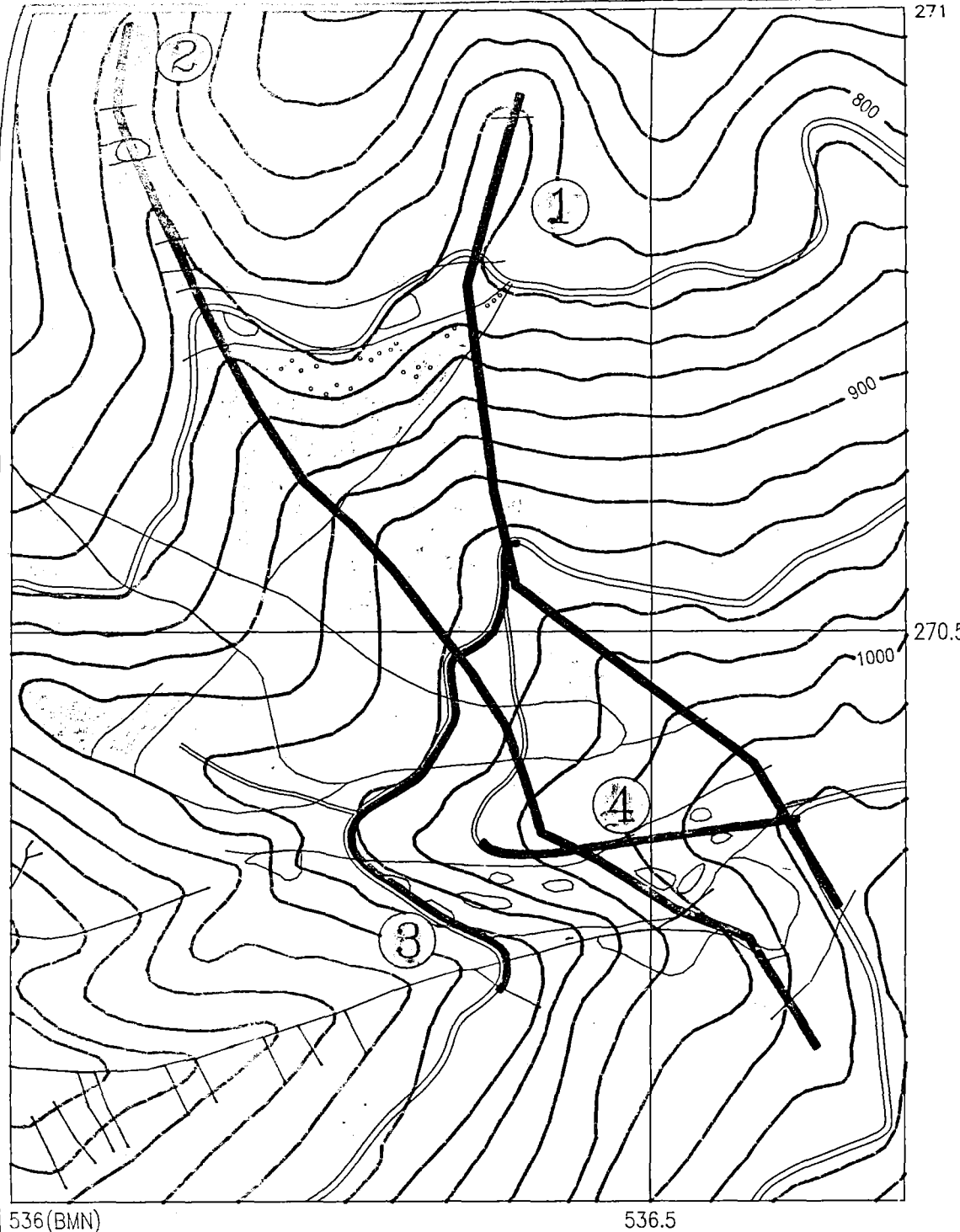
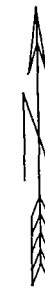
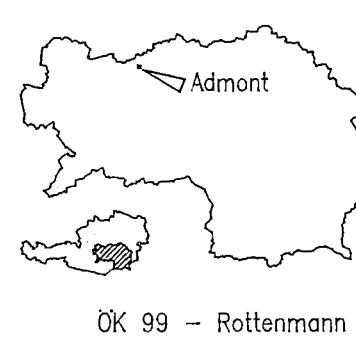
Beilagenverzeichnis

- Beilage 1** Lage des Meßgebietes SE von Admont (schraffierter Bereich)
- Beilage 2** Geologische Karte des Meßgebietes Admont, aufgenommen von HOLUB und SACHSENHOFER. Eingezeichnet ist die Lage der geophysikalischen Meßprofile.
- Beilage 3** Lage des Meßgebietes Liezen beim Gipsbergbau Hintersteinalm W von Pyhrnpaß (schraffierter Bereich).
- Beilage 4** Meßgebiet Admont, Profil 1. Neben den Meßkurven des spez. elektr. Widerstandes und der natürl. Gammastrahlung ist das aus den Geländeaufnahmen ermittelte geologische Profil eingezeichnet. Die Lage des Meßprofils ist in Beilage 2 ersichtlich.
- Beilage 5** Meßgebiet Admont, Profil 2. Legende siehe Beilage 4.
- Beilage 6** Meßgebiet Admont, Profile 3 und 4. Legende siehe Beilage 4.
- Beilage 7** Meßgebiet Liezen, Profile L1 und L2.



Geologische Karte der Gipsvorkommen SE Admont

-  junge Bedeckung, Rutschmassen
-  Gosaukonglomerat
-  Kalk
-  Mergel
-  Feinsandsteine Permotrias z.T. quarzitisch
-  Haselgebirge
-  Rauhwacke
-  Gips



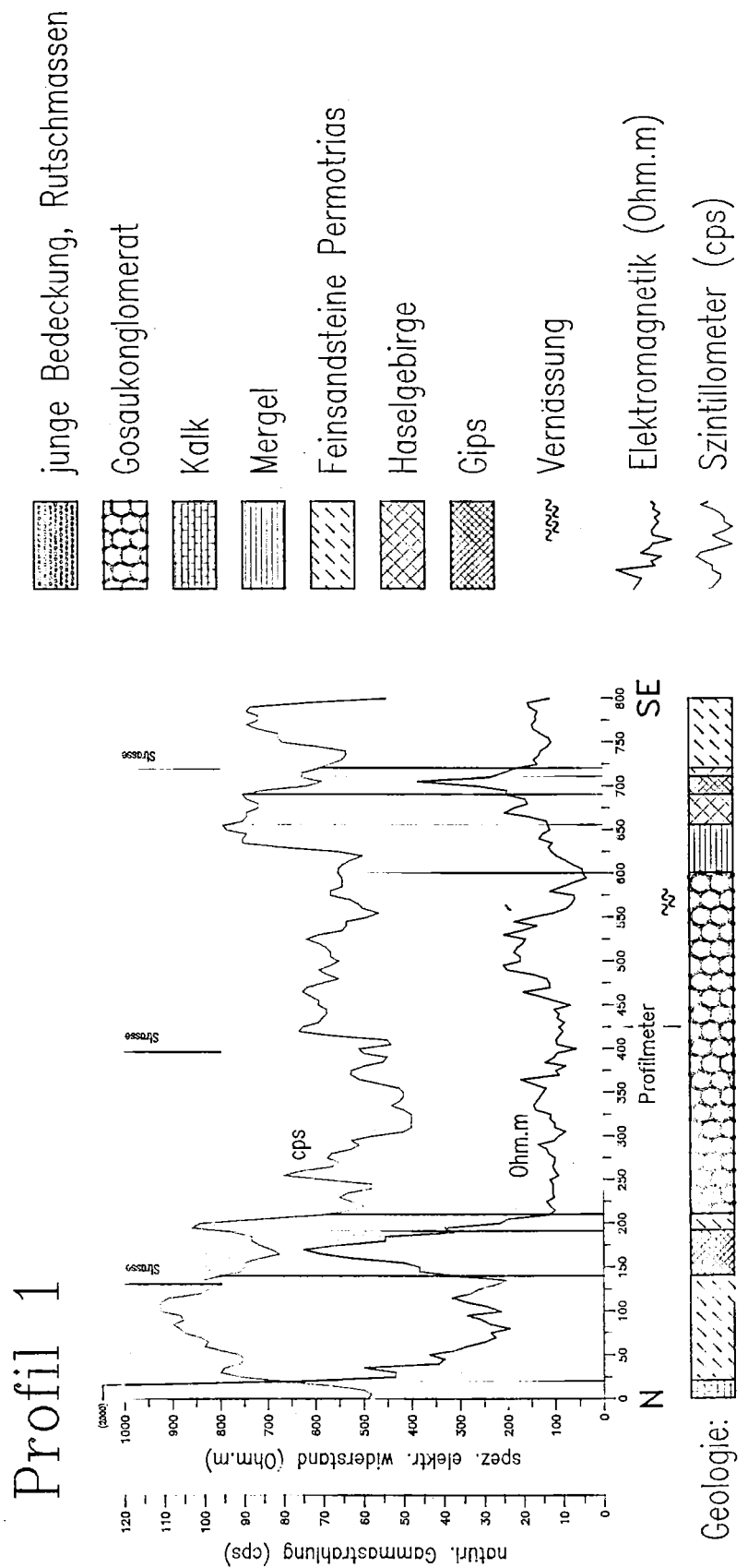
536(BMN)

536.5

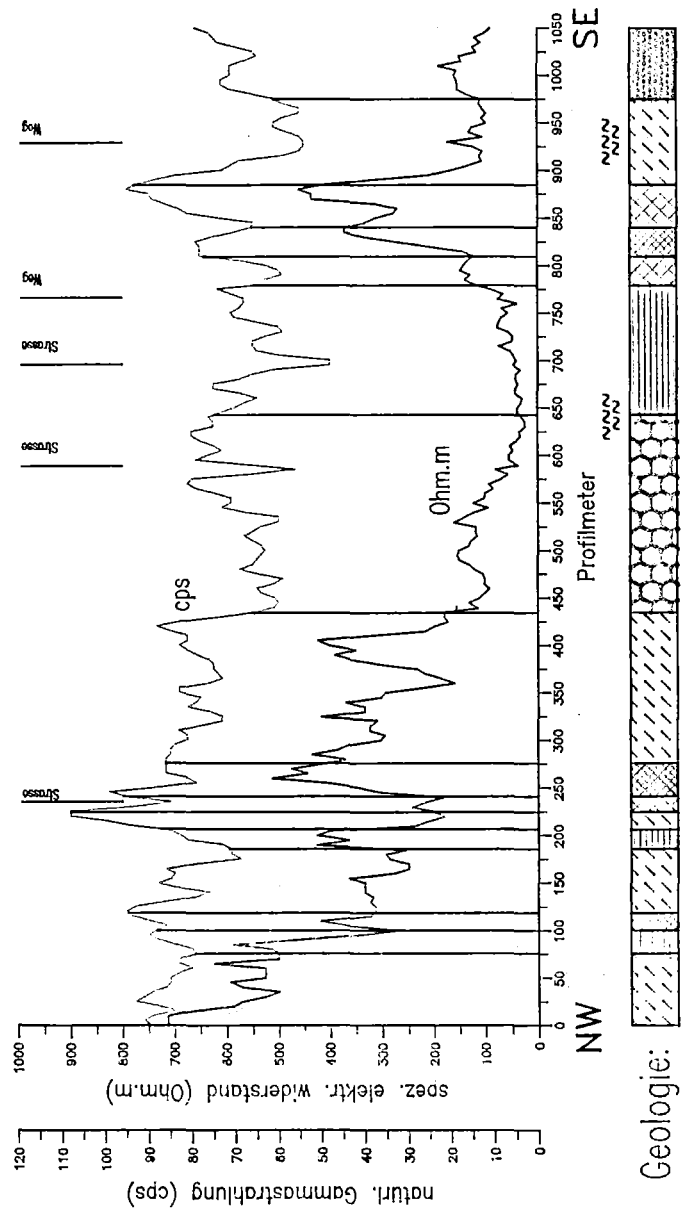
Geologische Karte des Maßgebietes Admont, aufgenommen von
HOLUB und SACHSENHOFER. Eingezeichnet ist die Lage der
geophysikalischen Meßprofile.

Beilage 2

Meßgebiet Admont, Profil 1. Neben den Meßkurven des spez. elektr. Widerstandes und der natürl. Gammastrahlung ist das aus den Geländeaufnahmen ermittelte geologische Profil eingezeichnet. Die Lage des Meßprofils ist in Beilage 2 ersichtlich.

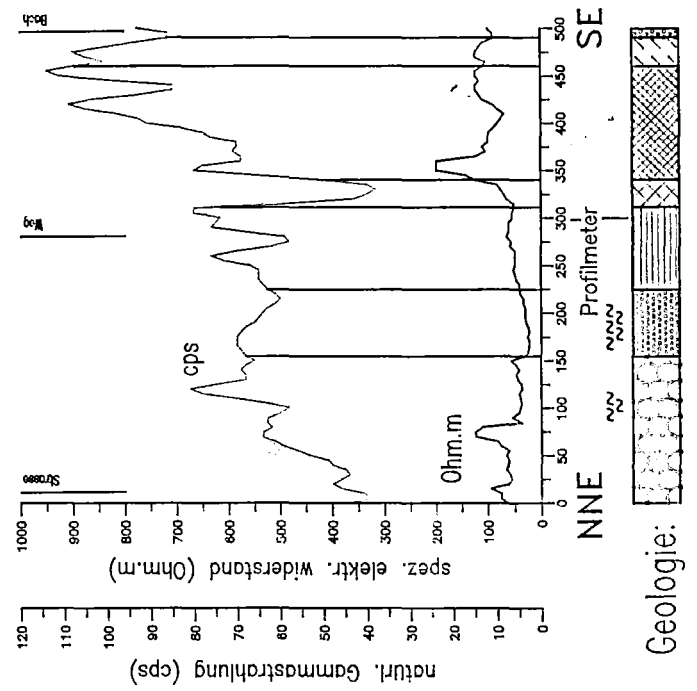


Profil 2

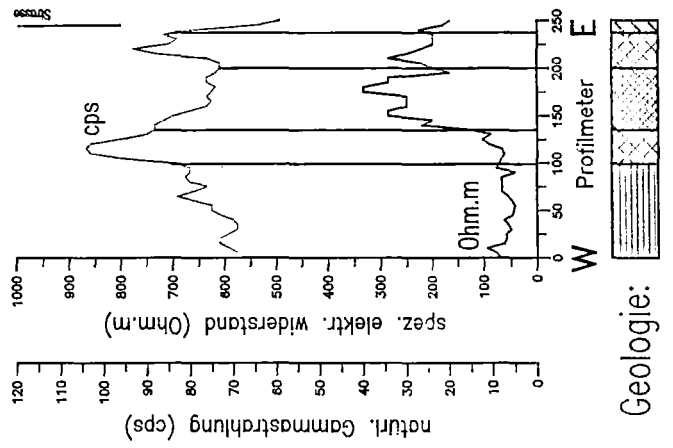


Geologie:

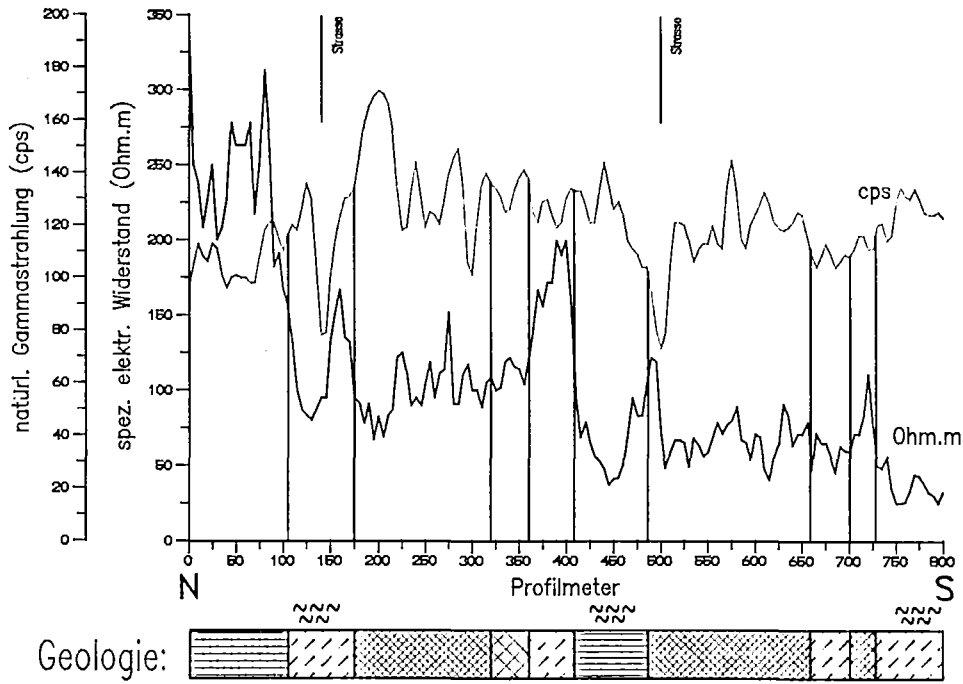
Profil 3



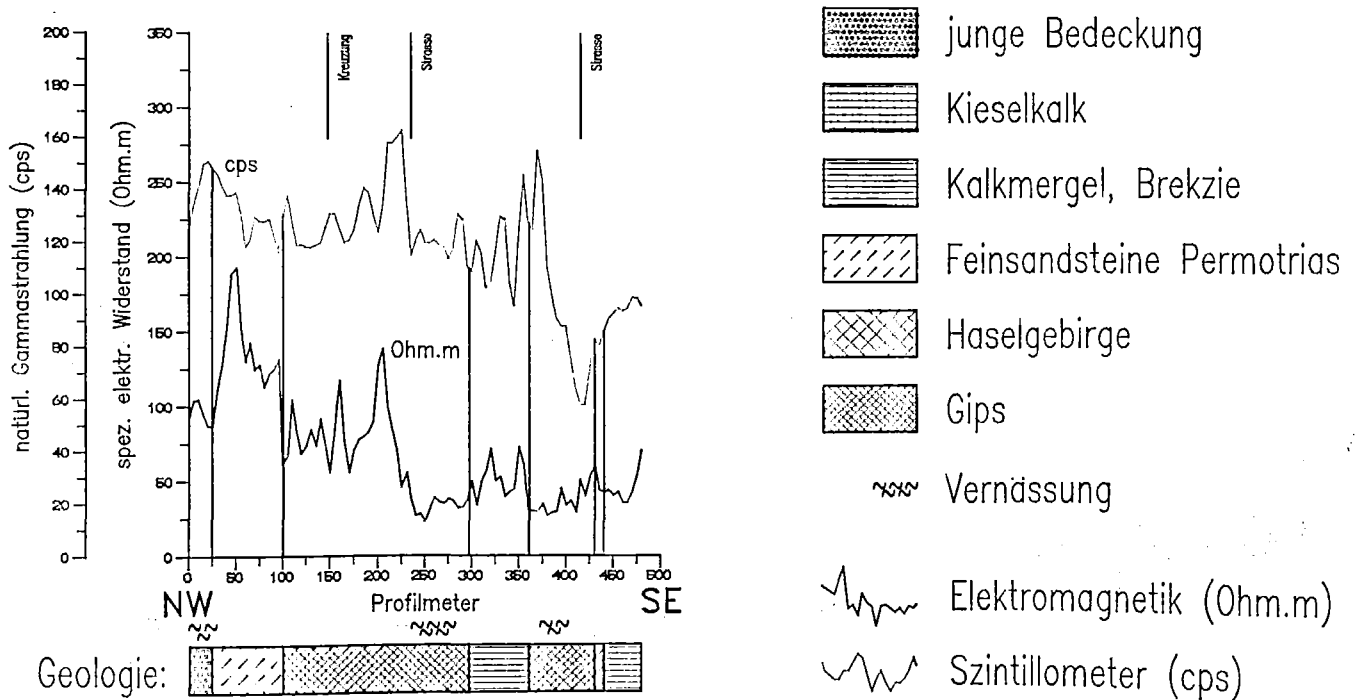
Profil 4



Profil L1



Profil L2



- junge Bedeckung
- Kieselkalk
- Kalkmergel, Brekzie
- Feinsandsteine Permotrias
- Haselgebirge
- Gips
- Vernässung
- Elektromagnetik (Ohm.m)
- Szintillometer (cps)