



Reflexionsseismische und geoelektrische Messungen im Randbereich des Knittelfeld-Fohnsdorfer Tertiärbeckens (Abschnitt Gleingraben) und deren kohlengeologische Aspekte

Von ERICH NIESNER, RUPERT SCHMÖLLER & FRANZ WEBER*)

Mit 9 Abbildungen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 162

Österreich
Steiermark
Gleinbucht
Tertiär
Reflexionsseismik
Geoelektrik
Braunkohlenprospektion

Inhalt

Zusammenfassung	71
Abstract	72
1. Einleitung	72
2. Reflexionsseismik	73
2.1. Direkte Aussagen der Reflexionsseismik	73
2.1.1. Profil 1	73
2.1.2. Profil 2	74
2.2. Seismofaziesanalyse	75
2.3. Abgeleitete Ergebnisse	75
3. Gleinbucht	78
3.1. Geoelektrische Tiefensondierung	78
3.2. Tektonik	78
3.3. Bedeutung der geophysikalischen Ergebnisse für Fragen der Kohlen- und Hydrogeologie	80
3.3.1. Kohlengeologische Beurteilung	80
3.3.2. Hydrogeologische Beurteilung der Kurven	81
Dank	81
Literatur	81

Zusammenfassung

Im Jahre 1986 wurden in den Tertiärvorkommen des Gleingrabens zwei reflexionsseismische Profile und 15 Punkte geoelektrischer Tiefensondierungen gemessen, die in Verbindung mit vorangegangenen Schweremessungen eine grundlegende Vorstellung vom geologischen Bau dieses Gebietes ermöglichen sollten. Die reflexionsseismisch schwach ausgeprägte Kristallinoberkante läßt ein deutliches Relief erkennen, wobei es in den Muldenbereichen zu Tertiärmächtigkeiten von ca. 600 m kommt. Der NE-SW-streichende Kristallinsporn des Gleinberges scheint sich noch nach S unter das Tertiär fortzusetzen. In der tertiären Schichtfolge läßt der tiefere Teil eine konkordante Lagerung zur Kristallinoberkante erkennen, während im höheren Teil sedimentäre Strukturen mit unterschiedlichem Schichteinfallen ausgebildet sind. Brüche mäßiger Sprunghöhe werden NW- und NE-streichenden Systemen zugeordnet. Im mittleren Teil des Gleingrabens ist im geoelektrischen Widerstandsprofil bis 160 m Tiefe ein höherohmiger Bereich (bis 250 Ohm·m) ausgebildet, der grundwasserführendem Quartär plus grob klastischem Tertiär entspricht. Darunter folgt eine bis 200 m mächtige niederohmige (50-130 Ohm·m) Schichtenfolge muldenförmiger Lagerung, die als tonig-schluffige Gesteine einer fluviatillimischen Fazies interpretiert wird.

Eine als Versuch zu wertende Sequenzanalyse in Verbindung mit den spezifischen elektrischen Widerständen als Kartierungsparameter läßt das Auftreten mindestens eines Sedimentationszyklus im Sinne von K. NEBERT (1983) als möglich erscheinen. Kohlengeologisch bedeutsam könnte dabei der Bereich der Oberkante der niederohmigen Schicht in ca. 200 m Tiefe sein, die Untersuchung des hangenden höherohmigen Abschnitts wäre wegen der Grundwasserführung gerechtfertigt.

*) Anschrift der Verfasser: Dipl.-Ing. Dr. ERICH NIESNER, Montanuniversität Leoben, Institut für Geophysik, 8700 Leoben; Dr. RUPERT SCHMÖLLER, Joanneum Research, Institut für Angewandte Geophysik, 8700 Leoben; Univ.-Prof. DDR. FRANZ WEBER, Montanuniversität Leoben, Institut für Geophysik, 8700 Leoben.

Reflection Seismic and Geoelectrical Measurements on the Margin of the Knittelfeld-Fohnsdorf Tertiary Basin (Gleingraben Area) and their Coal Petrological Aspects

Abstract

Reflection seismic measurements along two lines and geoelectric depth soundings on 15 locations were performed in the Tertiary basin of the Gleingraben area in 1986. These surveys together with the results of a preceding gravity campaign were to give some basic information about the geology and structure of the subsurface in that area. Top Crystalline is a poor reflector of pronounced relief and with maximum depths of up to 600 m in the depressional zones. The NE-SW striking crystalline ridge of the Gleinberg has obviously a continuation below the Tertiary to the south. The deeper part of the Tertiary section shows a bedding predominantly concordant to top crystalline whereas the sedimentary structures above are dipping at different angles. Faults of moderate throw are attributed to structural systems striking NW and NE. There is a high resistivity zone on the geoelectric profile across the central part of the Gleingraben area with resistivities up to 250 Ohm-m down to a depth of 160 m. These resistivities are typical for ground water bearing Quaternary and coarse-grained clastic sediments of the Tertiary. A sedimentary sequence of low resistivity (50–150 Ohm-m) with a depressional character and a thickness of up to 200 m follows below this high resistivity zone. This sequence is interpreted as a shaly to silty formation of limnic-fluviatile facies.

A sequence analysis of a more or less experimental character indicates at least one cycle of sedimentation according to K. NEBERT (1983), especially with regard to resistivity as a mapping parameter. The zone near the top of the low-resistivity sequence in the depth of about 200 m might be of importance with respect to coal geology. The high resistivity zone above should be tested as a possible groundwater resource.

1. Einleitung

Das Fohnsdorfer Tertiärbecken hat aufgrund seiner geologisch-tektonischen Stellung im Bauplan der östlichen Zentralalpen das intensive Interesse der geologischen Forschung gefunden (K. METZ 1966, 1973; K. METZ et al. 1976; H. POLESNY, 1970; A. TOLLMANN 1970). Die für ein inneralpines Tertiärbecken bedeutende Tiefe und die an der Entstehung und der Ausformung beteiligten großen Brüche und Störungen ließen vermuten, daß diese Beckenbildung der an der Oberfläche sichtbare Ausdruck

eines tief in die Erdkruste hinabreichenden tektonischen Geschehens ist. Aus diesen Überlegungen heraus wurden das Tertiärbecken und seine Umrahmung in den Jahren 1975–1980 mit integrierten geophysikalischen Methoden untersucht, um insbesondere neue Erkenntnisse über die Tiefenstruktur dieses geologischen Abschnitts zu gewinnen (Hochschulschwerpunkt N25 – Geologischer Tiefbau der Ostalpen, Projekt Nr. 2778). Dabei konnte auch eine grundlegende Vorstellung über das weitgehend unaufgeschlossene tertiäre Knittelfelder Teilbecken und seiner Randbereiche gewonnen werden. Im Zuge der systemati-

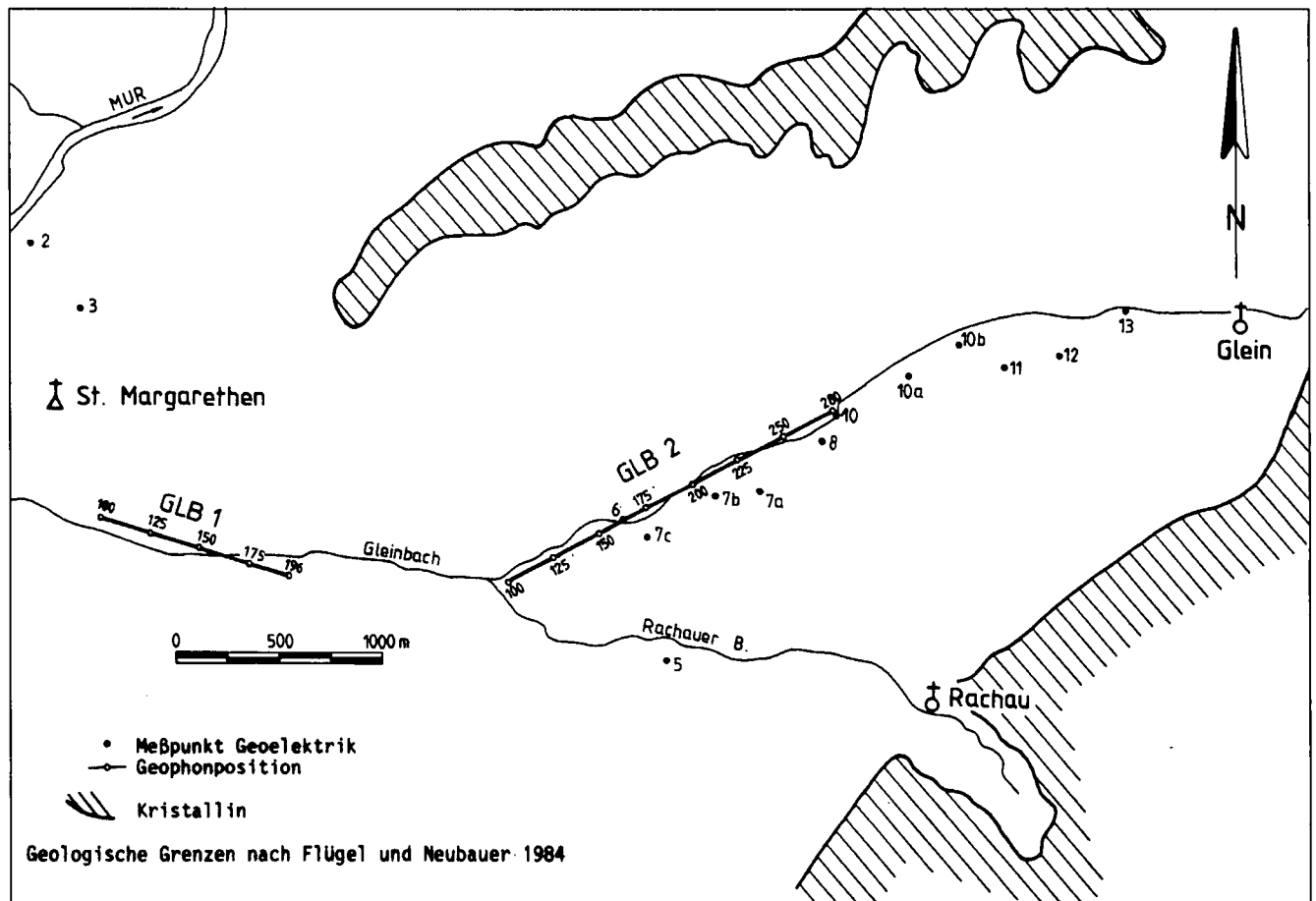


Abb. 1.
Lageplan (Reflexionsseismik, Geoelektrik).

schen Rohstoffforschung wurden bestimmte Braunkohlenhoffungsgebiete bewertet und dabei auch der als Randbucht des Hauptbeckens angesehene Gleingraben für eine montangeophysikalische Untersuchung ausgewählt. Das Projekt der Österr. Akademie d. Wissenschaften „Geophysik der Erdkruste“, Nr. St A4j/84 gestattete die Durchführung eines Programms von Übersichtsmessungen, das Auskunft über die Notwendigkeit weiterer Prospektionsschritte geben sollte. Das Meßprogramm bestand aus Gravimetrie, Reflexionsseismik und Geoelektrik (Tiefensondierungen). Während die Gravimetrie vor allem den Bauplan und die geometrische Konfiguration der Teilbucht erforschen sollte, sollten die auf die zentraleren Bereiche konzentrierten reflexionsseismischen und geoelektrischen Messungen Angaben über die Detailstruktur, die Fazies und Lithologie vorgeben. Damit sollte – soweit dies mit indirekten Methoden möglich ist – der Frage von für die Braunkohlebildung günstigen Verhältnissen nähergetreten werden, wobei das Konzept von K. NEBERT (1983) mit der zyklischen Gliederung der kohleführenden Schichten die theoretische Grundlage bildete.

Letztendlich sollten die Resultate dieses Minimalprogramms dazu dienen, die geologische Kartierung in jenen weiträumigen Tertiärgebieten, die mangels wirtschaftlicher Bedeutung noch nicht näher untersucht wurden, sinnvoll zu ergänzen.

2. Reflexionsseismik

2.1. Direkte Aussagen der Reflexionsseismik

Als direkte Aussagen werden solche verstanden, die ohne weitere Processingschritte und Berechnungen aus den reflexionsseismischen Profilen hergeleitet werden.

In zweierlei Hinsicht können direkte Aussagen aus den reflexionsseismischen Zeitprofilen getroffen werden:

- Durch das Auftreten von Reflexionen an sich kann der eindeutige Schluß auf Impedanzänderungen (Produkt aus Geschwindigkeit und Dichte) und damit auf Lithologieänderungen gezogen werden.
- Aus den Laufzeiten der Reflektoren kann das Einfallen der Schichten in Profilrichtung ermittelt werden.

Direkte Aussagen wären demnach eine Reihe von Parametern der Sequenzanalyse wie Reflexionshäufigkeit, Reflexionscharakter, Reflexionsstärke, Reflexionskonfiguration und Reflexionserstreckung. Bei entsprechender Güte der reflexionsseismischen Daten kann auch die Feststellung von Brüchen zu dieser direkten Information gezählt werden.

In der Regel erfolgt auch die Auswertung in der Reihenfolge, daß zuerst die direkten Aussagen bis zur Korrelation der Reflexionshorizonte erfolgen und erst dann die weiterführenden indirekten Angaben (Geschwindigkeiten, Tiefen etc.). Die Faziesanalyse nimmt insofern eine gewisse Sonderstellung ein, als gewisse grundlegende Aussagen (z.B. Riffazies, turbiditische Fazies) bereits mittels der Zeitprofile möglich sind, wichtige Entscheidungskriterien ergeben sich aber erst durch weiterführende Processing- und Rechenverfahren (wahre Amplituden, Pseudoimpedanzen etc.).

2.1.1. Profil 1

Vom Standpunkt des Reflexionscharakters lassen sich auf dem Profil 1 (Abb. 2) drei Zonen unterscheiden. Im Abschnitt von P 100–137 sind im Zeitbereich von 0,2–0,45 s Reflexionen guter Qualität und mit einer Erstreckung bis ca. 250 m ausgebildet. Diese zeigen nahezu konvergente Reflexionskonfiguration und fallen gleichförmig nach ESE

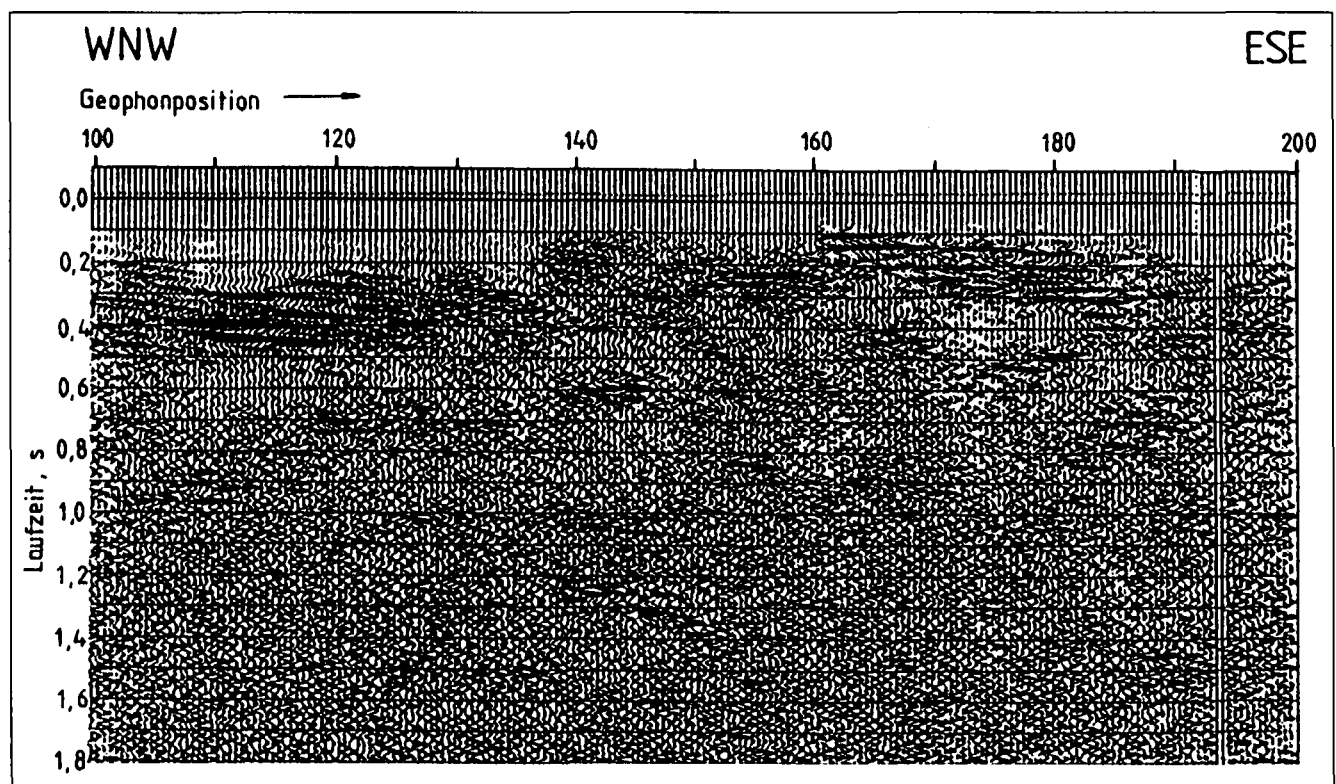


Abb. 2.
Zeitprofil GLB 1.

ein. Daran schließt sich ein Bereich mit z.T. höherfrequenten Reflexionselementen kurzer Erstreckung, die ebenfalls flach nach ESE einfallen. Die Grenze bildet möglicherweise ein gegen WNW einfallender Bruch, der etwa bei P 140 ausstreichen würde. Dafür spricht der Umstand, daß das Reflexionsmuster auf der Hoch- und Tiefscholle deutlich verschieden ist: die höher-frequenten Reflexionselemente, die bis 0,12 s auf der Hochscholle heraufreichen, enden an der postulierten Bruchfläche abrupt, und auf der Tiefscholle ist der Zeitbereich bis ca. 0,280 s reflexionsleer. Eine weitere Störungszone ist ca. bei P 147–150 möglich, wo ein Knick im Einfallen der Reflektoren erfolgt. Ab ca. P 152 erstrecken sich flach einfallende oder söhlig liegende Reflexionen kräftiger Amplitude und größerer Längserstreckung. Im Zeitbereich von 0,280 s deutet sich bei P 188 ein stärker nach ESE ansteigender Reflektor an.

Nicht gelöst ist die Frage nach der genauen Lage der Kristallinoberkante (Tertiärbasis). Festzustehen scheint, daß diese keinen durchgehenden seismischen Leithorizont darstellt, sondern höchstens durch bruchstückhafte Reflexionselemente repräsentiert wird. Wo keine anderen Hinweise vorlagen, wurde die Kristallinoberkante zeitlich knapp unterhalb der Serie der als sicher anzunehmenden tertiären Reflektoren, unter denen öfters ein Bereich völliger Reflexionsleere auftritt, angenommen. Demnach würde die Kristallinoberkante ziemlich gleichmäßig von P 100 mit 0,4 s bis P 130 auf ca. 0,5 s abfallen. Im Bereich der Störungszone bei P 140 wäre die Lage bei etwa 0,42 s anzunehmen. Im Ostteil des Profils könnten die schwachen Reflexionen zwischen P 182 – 200 mit Laufzeiten um 0,4 s diesem Horizont entsprechen.

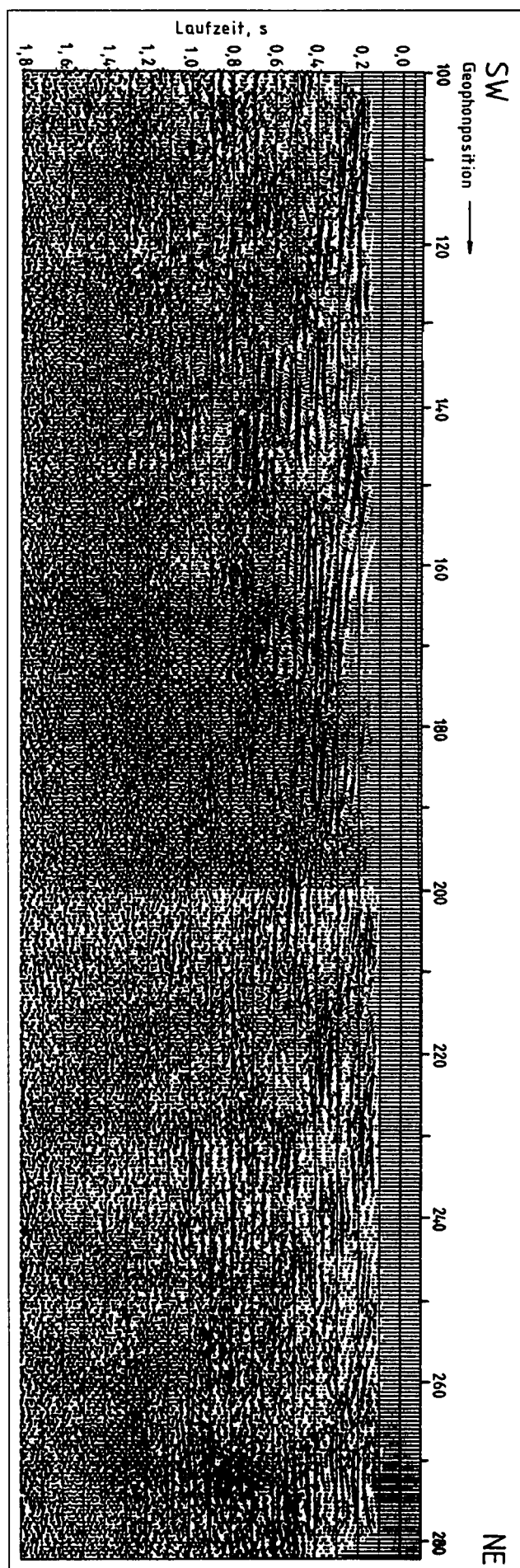
Besser belegt sind die Lagerungsverhältnisse in der tertiären Schichtfolge. Im gesamten unteren und mittleren Teil derselben herrscht von WNW her kommend bis ca. P 137 ziemlich gleichmäßiges Einfallen in ESE-Richtung. Dieser Trend setzt sich zunächst auch auf der Hochscholle des erwähnten Bruchs fort. Von P 152–186 herrscht generell söhlig Lagerung bis flaches ESE-Einfallen. Erst gegen das östliche Profilenende zu steigt ein schwach ausgebildeter tertiärer Reflektor im Zeitbereich von 0,3–0,2 s gegen ESE an, während die Tertiärbasis anscheinend weiterhin horizontal liegt.

2.1.2. Profil 2

Dieses Profil (Abb. 3) zeigt vielfach eine gute Reflexionsqualität. Es lassen sich zwar keine im ganzen Profil durchlaufenden Leithorizonte auffinden, wohl aber Reflexionen hoher Amplitude auf mehrere 100 m Erstreckung. Bei diesen innerhalb der tertiären Schichtfolge liegenden Reflexionen fällt auf, daß diese oftmals ziemlich abrupt enden und nach einiger Entfernung in analoger zeitlicher Position wieder einsetzen.

Bezüglich der Lage der Kristallinoberkante ist im wesentlichen dieselbe Problematik wie auf Profil 1 gegeben, wobei diese wenigstens streckenweise durch eine aus zwei Wellenbergen zusammengesetzte Reflexion repräsentiert zu sein scheint. Sie würde am SW-Anfang des Profils bei etwa 0,48 s einsetzen und damit deutlich tiefer liegen als am Ostende von Profil 1. Das Einfallen wäre flach nach NE (in Profil-

Abb. 3.
Zeitprofil GLB 2.



richtung). Bei P 125 wurde ein Bruch mit der Tiefscholle im SW angenommen, da die als Tertiärbasis angesprochene Reflexion (Laufzeit 0,49 s) hier endet und eine geringe zeitliche Versetzung erkennbar ist. Eine ähnliche Störung, bei der sich ebenfalls die Hochscholle im NE befindet, wäre bei P 140 möglich. Wenn auch streckenweise die Kristallinoberkante in der Reflexionsseismik fehlt, so kann dennoch auf ein mäßiges Relief dieser Grenzfläche geschlossen werden. Da am nordöstlichen Ende für diesen Reflektor noch immer eine Laufzeit von 0,49 s gegeben ist, kann daraus geschlossen werden, daß hier noch immer der tiefere Muldenbereich vorliegt.

Aufgrund der relativ großen Reflexionsdichte kann das Einfallen innerhalb der tertiären Schichtfolge ziemlich gut angegeben werden. Dieses erfolgt im ganzen SW-Teil des Profils generell flach gegen NE. Im weiteren Profilverlauf erfolgt eine Änderung des Trends in Form eines flachen Anstiegs gegen NE, der auch in söhliche Lagerung übergeht. Erst am Ostende des Profils erfolgt in den höheren Horizonten ein deutlicher Anstieg, während die tieferen Schichten flach liegen.

2.2. Seismofaziesanalyse

Infolge des geringen Datenmaterials kann eine Seismofaziesanalyse nur als ein Versuch betrachtet werden. Es muß auch das gesamte Tertiär als eine einzige seismische Sequenz betrachtet werden, deren untere Begrenzung aufgrund der Schwierigkeiten in der Festlegung der Tertiärbasis noch gewissen Veränderungen unterworfen sein kann. Ungenügend sind auch die lithologischen Kenntnisse, vor allem im tieferen Bereich des Tertiärs. Aus diesen Gründen muß sich die Untersuchung auf einige wenige aussagekräftige Parameter beschränken. Als solche gelten Erstreckung, Charakter, Konfiguration und Stärke der Reflexionen. Unter diesen Gesichtspunkten kann im Gleingraben von einer Seismofazies gesprochen werden, die durch ein Vorherrschen von meist tieffrequenten Reflexionen mäßiger Erstreckung, aber kräftiger Amplitude charakterisiert ist.

Auszugehen ist bei der Faziesanalyse von der gesicherten geologischen Erkenntnis, daß die dem Karpat zugehörigen tertiären Sedimente des Fohnsdorfer Beckens in einer limnischen Fazies abgelagert wurden. Während im Raum Fohnsdorf eine gleichförmige Sedimentation erfolgte mit Grobklastika an der Basis und darüber feinkörnigen Sedimenten (Sandsteine, Mergel), dürfte im Gleingrabentertiär generell eine vertikal und lateral rasch wechselnde Fazies dominieren. Dafür spricht die relativ geringe Längserstreckung der Reflektoren und deren oft abruptes Ende auch bei guter Reflexionsstärke. Dies deutet auch darauf hin, daß das Gros der Reflektoren von Schotter- und Konglomeratlagen gebildet wird, die einen kräftigen Impedanzunterschied zu den tonig-schluffigen Sedimenten aufweisen. Letztere dürften den reflexionsarmen Zonen entsprechen.

Auf Profil 1 (Abb. 2) liegt im oberen Teil des Westteils eine nach ESE an Mächtigkeit zunehmende reflexionsleere Zone vor, die bis zu dem Bruch bei P 137 reicht. Die darunter sich erstreckenden Reflektoren fallen nahezu konkordant nach ESE ein, was für einen Sedimenttransport vom Hauptbecken her spricht. Da diese Reflexionsabfolge bis an die angenommene Tertiärbasis heranreicht – gegen die im Abschnitt P 110–120 ein flaches down-lap möglich ist –, muß mit einem Vorherrschen einer grobklastischen Sedimentation im unteren Teil der

Schichtfolge gerechnet werden. Anders geartet ist die Reflexionsabfolge im östlichen Profilabschnitt. Hier ist der Zeitbereich bis ca. 0,31 s durch eine große Reflexionshäufigkeit gekennzeichnet, wobei die Reflexionen ziemlich flach liegen. Dagegen ist der darunter liegende Abschnitt nahezu reflexionsleer, was für eine mehr tonige Entwicklung spricht. Westlich von P100 zeigt sich im Zeitbereich von 0,1–0,2 s eine Reflexionscharakteristik, die große Ähnlichkeit mit einer Erosionsdiskordanz aufweist.

Am östlichen Profilende könnte ein steiler ESE-ansteigender Reflektor auf den Beginn einer Sedimentzufuhr aus östlicher Richtung oder vom Beckenrand her hinweisen.

Auf Profil 2 (Abb. 3) nimmt im SW-Teil die Reflexionshäufigkeit gegen NE von oben nach unten sukzessive zu. Das Einfallen der Reflektoren erfolgt zunächst nach NE, was auf Sedimentzufuhr von der Knittelfelder Bucht hinweist, und geht dann in Flachlagerung über. Eine besonders auffallende Reflexionskonfiguration bildet eine große downlap-Konfiguration, die von P 145 bis P 190 reicht. Mehrere Reflexionsbänder schieben sich mit schräg-sigmoidaler Konfiguration nach NE einfallend vor, wobei sie an flachliegenden Reflektoren mit Zeiten von ca. 0,41 s abstoßen. Es könnte sich um eine Deltabildung oder um eine vom Beckenrand hereinreichende Rutschung handeln. Bemerkenswert ist auch der Umstand, daß sich im Anschluß an den „Deltafuß“ im Zeitabschnitt von 0,2–0,44 s ein Bereich mit chaotischem Muster bzw. eine reflexionsleere Zone anschließt. Mit dem Scheitel bis P 220 und bei P 254 findet sich bei ca. 0,12 s eine gewölbte Reflexionskonfiguration, die auf unterschiedliche Setzung über grobklastischen Sedimenten zurückgeführt werden kann. Im Abschnitt von P 245–265 tritt eine Zone mit chaotischem Muster auf, die einen schrägen Zuschnitt (obere Begrenzung nach NE abfallend) aufweist. Eine Erklärungsmöglichkeit wäre eine rasche Sedimentzufuhr (Rutschmassen?) vom Beckenrand her.

Die Tertiärbasis scheint wenigstens stückweise durch eine charakteristische Reflexion, bestehend aus zwei positiven Einsätzen, vertreten zu sein. Die Ausbildung eines Detailreliefs der Kristallinoberkante in Verbindung mit tief hinabreichender Verwitterung könnte durch destruktive Interferenz zur Auslöschung der Tertiärbasisreflexion geführt haben. Es ist jedenfalls auffallend, daß im Zeitbereich bis ca. 1,0 s immer wieder sporadische Reflexions-elemente auftreten, die anscheinend keine multiplen Reflexionen sind und somit aus dem Kristallin stammen.

2.3. Abgeleitete Ergebnisse

Dazu zählen zunächst die seismischen Geschwindigkeiten und die mit deren Hilfe aus den Zeitprofilen umgewandelten Tiefenprofile und die Strukturkarten.

Das Processingpaket „Geomax“ der ÖMV-AG beinhaltet auch eine Geschwindigkeitsanalyse, die die Abhängigkeit der Durchschnitts- und Intervallgeschwindigkeiten von der Laufzeit ergibt.

Bevor jedoch weiterreichende geologische Aussagen aufgrund der Geschwindigkeitsdaten gemacht werden, muß auf deren Prämisse eingegangen werden. Es sind die Voraussetzungen der Geschwindigkeitsanalyse insofern ungünstig, weil keine durchgehenden Leithorizonte existieren, die Reflektoren sich nur über wenige hundert Meter erstrecken, woraus relativ kleine Zeitdifferenzen resultieren und die Reflektoren öfter eine Neigung aufweisen oder uneben sind. Es wurde daher eine einzige Geschwindigkeits- Laufzeitbeziehung für beide Profile be-

Abb. 4.
Tiefenprofil GLB 1.

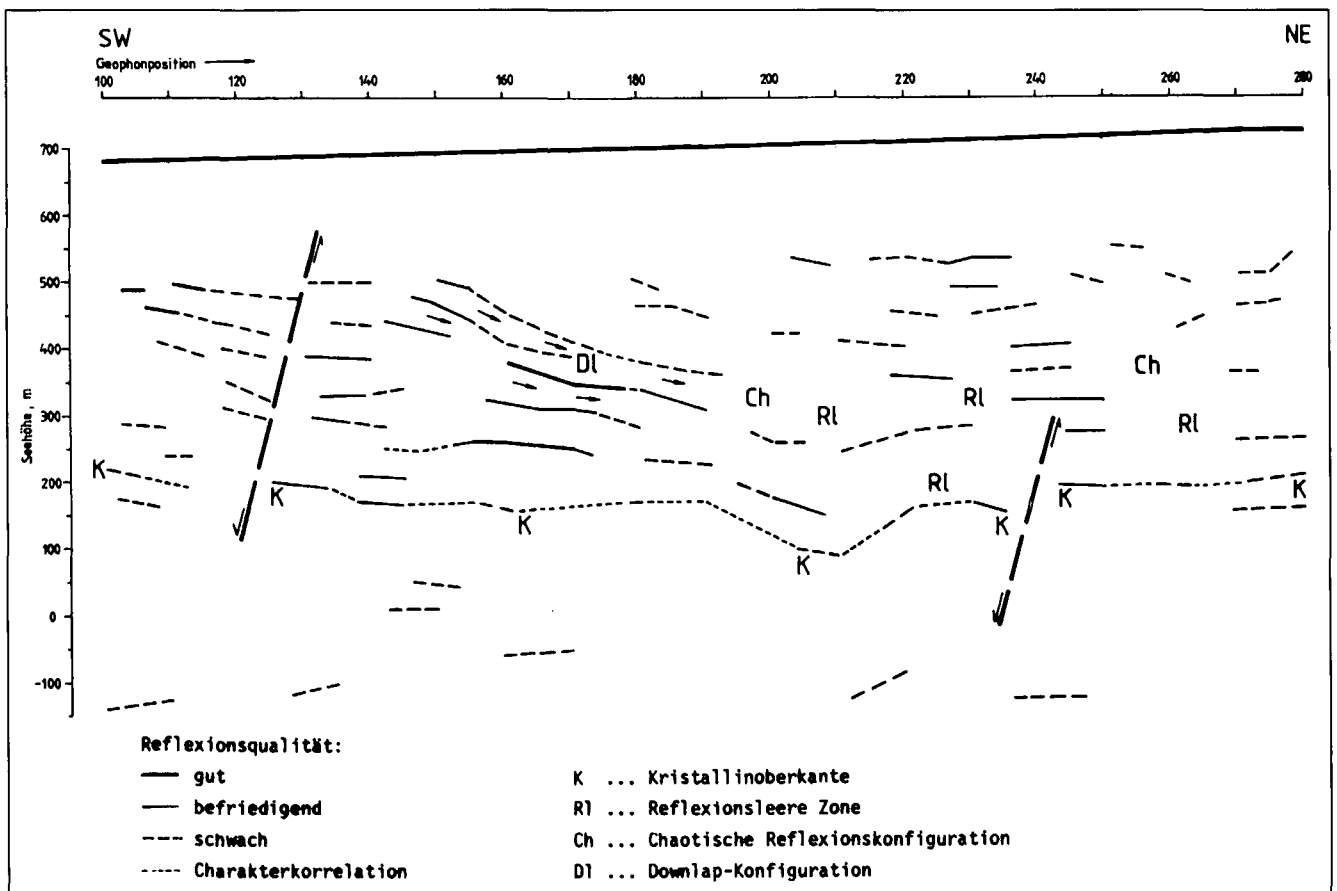
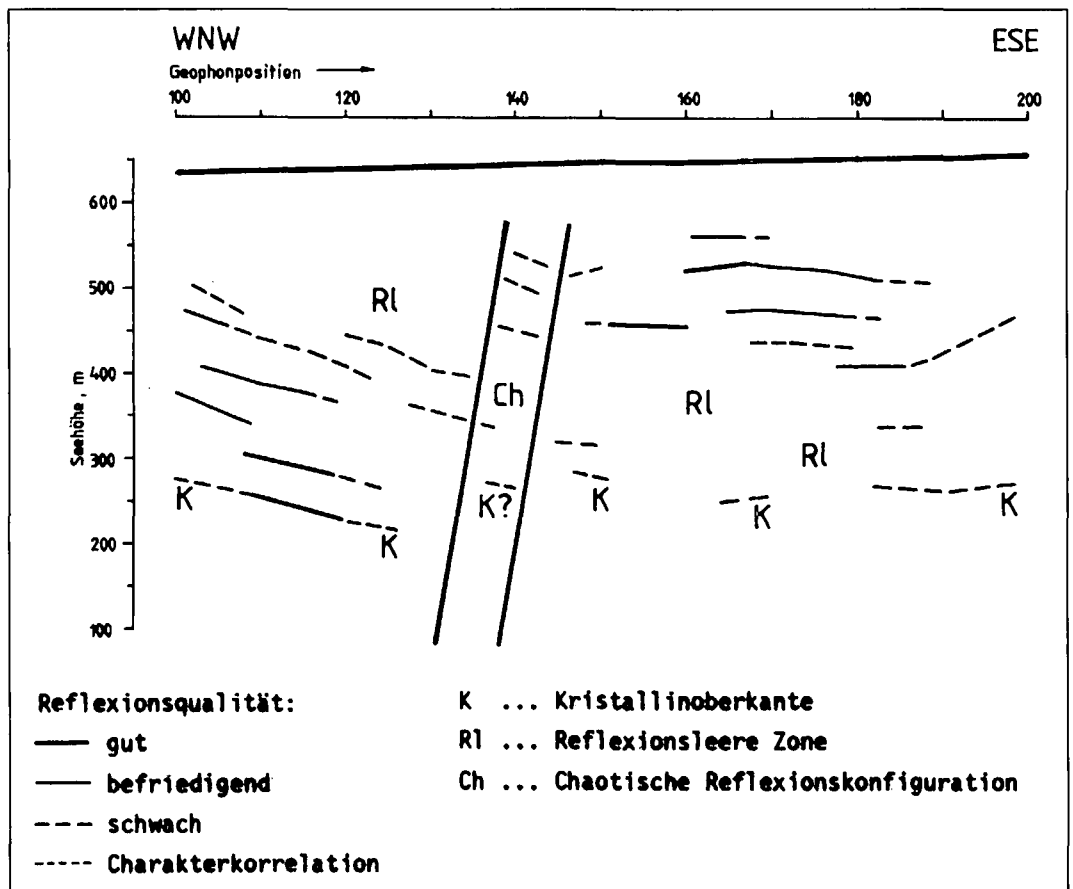


Abb. 5.
Tiefenprofil GLB 2.

rechnet und dabei in Kauf genommen, daß laterale Geschwindigkeitsänderungen, die sicher vorhanden sind, nicht erfaßt werden. Eine weitere Problematik besteht hinsichtlich des zu erwartenden Geschwindigkeitssprunges an der Tertiärbasis, der bei 0,4 s Laufzeit angenommen wurde. Bei zeitlich tieferer oder seichter Lage der Kristallinoberkante entsteht dabei eine Tiefenverzerrung. Zumindest für das Tertiär erschien daher in diesem Stadium des Aufschlusses die Annahme einer kontinuierlichen Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe vorteilhafter. Es wurde von der Annahme einer parabolischen Geschwindigkeitszunahme ausgegangen:

$$v^2 = v_0^2 + 2bz$$

v_0 = Anfangsgeschwindigkeit = 1640 m/s
 b = Geschwindigkeitsgradient = 1500 m/s/s

Daraus folgt:

$$z = t (820 + 187,5 t)$$

Hinsichtlich der Lagerungsverhältnisse ergibt sich durch die Umrechnung der Lotzeiten der Reflexionen ein Bild, das die qualitativen Erkenntnisse aus den Zeitprofilen in quantitative Angaben über die Tiefenlage der Reflektoren und deren Einfallen verwandelt.

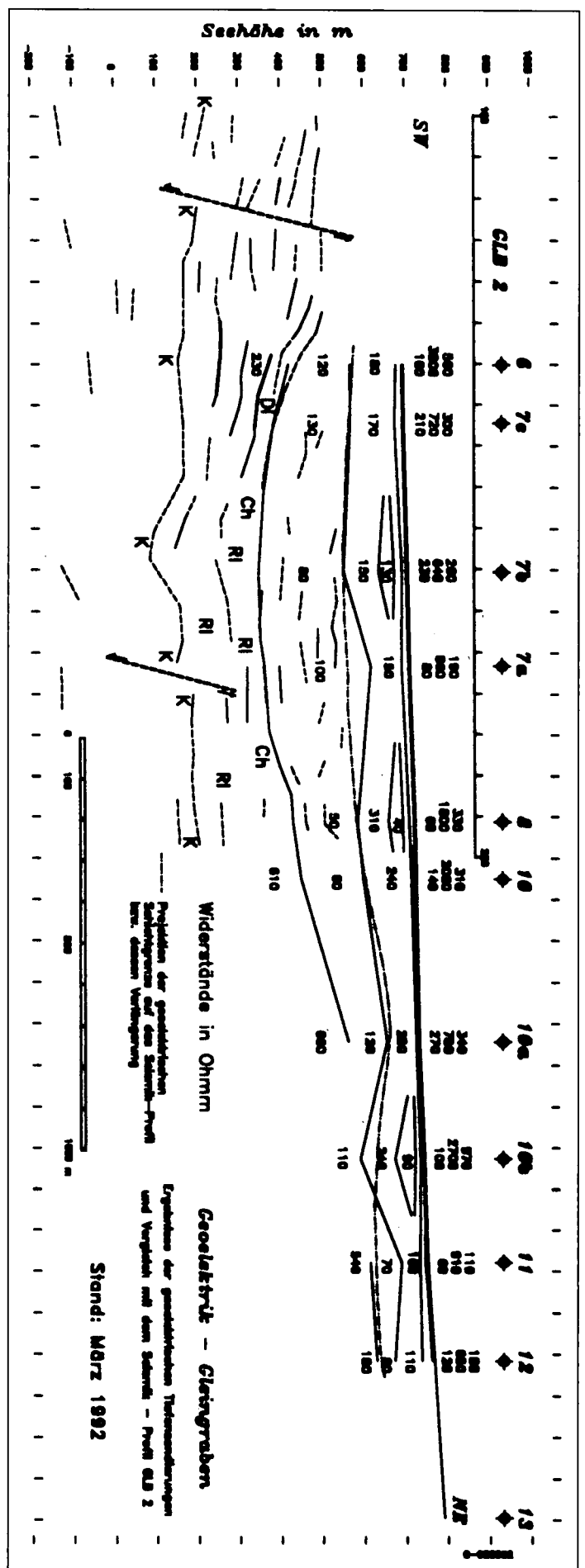
Auf Profil 1 (Abb. 4) ist ersichtlich, daß die postulierte Bruchzone tatsächlich zwei Bereiche mit deutlich verschiedenem Einfallen trennt. Auf der Tiefscholle ist im Bereich von 150–250 m Tiefe ein Einfallen von 25–30° nach WSW ersichtlich, das gegen die Tertiärbasis zu auf Werte um 15° abnimmt, während auf der Hochscholle generell eine Flachlagerung herrscht mit maximalem Einfallen von 10° nach WSW, lokal auch bis 10° nach WNW. Eine Ausnahme bildet der mit ca. 25° nach ESE ansteigende Reflektor in ca. 200 m Teufe am östlichen Profilende.

Der Bruch dürfte somit postsedimentär sein, also jünger als Karpat bis Unter-Badenien.

Auch auf Profil 2 (Abb. 5) findet sich beim Bruch bei P 130 ein unterschiedliches Einfallen auf der Hoch- und Tiefscholle. Auf letzterer beträgt das Einfallen im oberen Teil der Schichtfolge bis 15° nach NE und scheint an der Tertiärbasis flacher zu werden, während auf der Hochscholle fast söhliche Lagerung mit der „Downlap-Struktur“ im Abschnitt P 145–190, in deren steilerem Bereich Einfallswinkel bis 30° auftreten.

Im östlichen Profilabschnitt ist ein etwas unterschiedlicher Baustil im oberen und tieferen Tertiär gegeben. Im oberen Teil herrscht ein rascherer Wechsel der Einfallsrichtung, übergehend auch in Flachlagerung; im tieferen Abschnitt der tertiären Schichtfolge wird dagegen das Relief der Kristallinoberkante im wesentlichen nachgeformt. Letztere zeigt ein überraschend kräftiges Relief: Auf eine lokale Einmuldung bei P 155 schließt sich gegen NE ein schmaler Rücken an, der von einem Bruch mit ca. 40 m Sprunghöhe begrenzt wird. Auf dessen Hochscholle liegt die Tertiärbasis nahezu söhlig und steigt gegen das Profilende flach nach NE an.

Abb. 6. Ergebnisse der geoelektrischen Tiefensondierung und Vergleich mit Profil GLB 2.



3. Gleinbucht

3.1. Geoelektrische Tiefsondierung

Die geoelektrischen Messungen (Abb. 6) wurden vornehmlich deshalb ausgeführt, um mit den spezifischen elektrischen Widerständen einen gesteinsphysikalischen Parameter zu erhalten, der zusammen mit den Geschwindigkeiten eine bessere lithologische Interpretation gestattet. Es zeigte sich allerdings, daß die geoelektrische Tiefsondierung alleine wegen der topographischen Effekte, der Schichtneigungen und vor allem wegen teilweise erheblicher lateraler Widerstandsänderungen an die Grenzen der Aussagemöglichkeiten stößt, wovon vor allem die tieferen Horizonte betroffen sind. Dies wird auch klar, wenn man bedenkt, daß die Aufstellungslängen AB der nach der Schlumbergeranordnung gemessenen Sondierungspunkte bis zu 2000 m betragen.

Folgende Aussagen können aus den geoelektrischen Messungen gemacht werden. Unter einer geringmächtigen, hochohmigen Schicht folgt in ca. 4–5 m Tiefe ein Horizont mit Widerständen zwischen 120–250 Ohm·m. Dieser Widerstandsbereich und der Verlauf der Oberkante führen zum Schluß, daß es sich hierbei um grundwasser-gesättigte Schotter, Kiese und Sande handelt. Die Mächtigkeit von über 100 m ist für Quartär zu groß, sodaß also für die oberen Partien des Tertiärs ebenfalls eine Dominanz von Grobklastika anzunehmen ist. An mehreren Stellen sind in den Schotterkomplex niederohmiger Schichten (100–130 Ohm·m) eingeschaltet, die etwa Schluffen entsprechen könnten. Unter dem Schotterkomplex liegt

anscheinend im ganzen Profil GLB 2 und in dessen östlicher Fortsetzung ein niederohmiger Horizont mit Widerständen von 50–100 Ohm·m, lokal auch etwas höher (Abb. 8 und 9). Dies würde wiederum schluffig-tonigen Sedimenten entsprechen, deren Mächtigkeit bis ca. 200 m betragen dürfte. Die Basis dieser niederohmigen Schicht fällt anscheinend mit mehreren Reflektoren zusammen. Darunter folgt als tiefster erreichter Horizont ein Bereich mit relativ hohen Widerständen (bis 660 Ohm·m), der grobklastischen Gesteinen entsprechen dürfte. Es wurde somit bei den geoelektrischen Messungen anscheinend nirgends der kristalline Untergrund erreicht, da dieser im Widerstandsbereich von weit über 1000 Ohm·m liegen müßte.

3.2. Tektonik

Unter der Voraussetzung, daß aus dem begrenzten Datenmaterial auf den ganzen Bereich der Gleinbucht geschlossen werden kann, wird folgende Vorstellung über die Ausbildung des Tertiärvorkommens entwickelt. Die Strukturkarte des der Kristallinoberkante zugeordneten Reflektors läßt erkennen, daß diese Grenze ein beachtliches Detailrelief aufweist (Abb. 7). In der inneren Gleinbucht erfolgt ein generelles Einfallen der Tertiärbasis und damit annähernd parallel des basalen Tertiärs in südlicher und südöstlicher Richtung. Dabei ist auf Profil GLB 2 bei P 210 eine schmale Einmündung ausgebildet, in der die Tiefenwerte dieses Leithorizonts auf unter –100 m ü.A. ab-

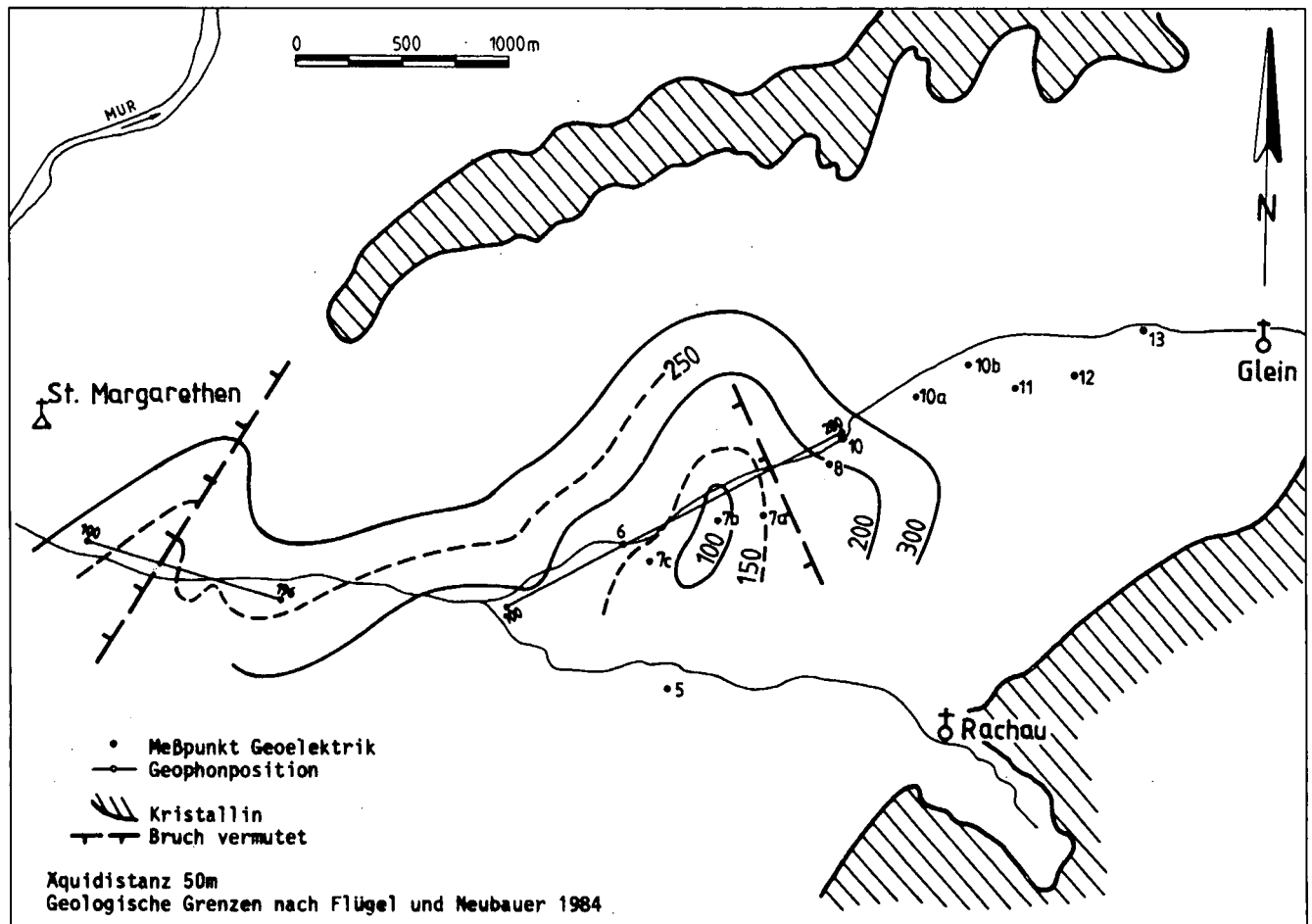


Abb. 7.
Strukturkarte Oberkante Kristallin.

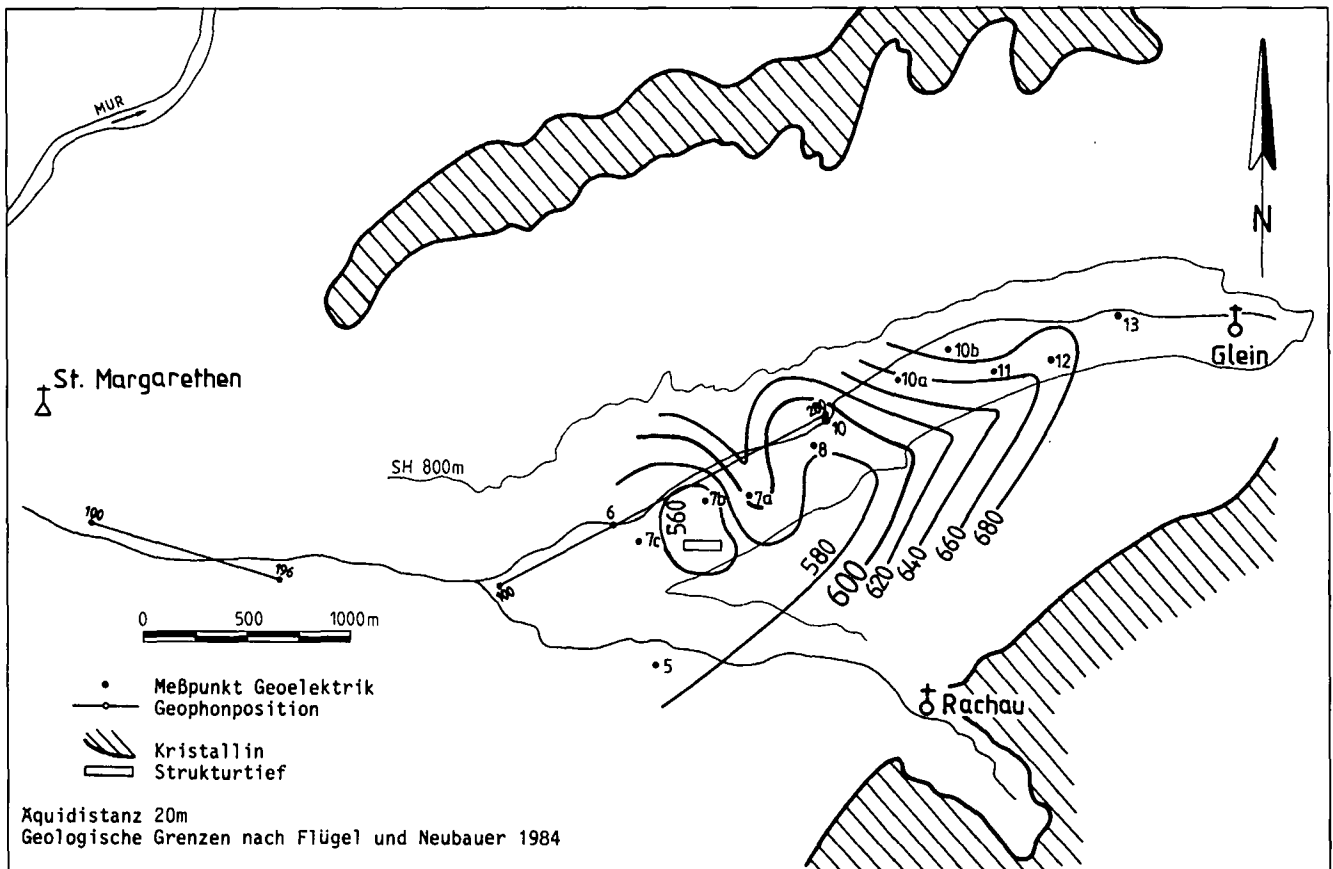


Abb. 8.
Strukturkarte Oberkante des niederohmigen Horizontes.

sinken. Wenn man von dem annähernden Parallelverlauf des tiefsten geoelektrischen Horizontes und der Tertiärbasis ausgeht, dann würde letztere vom Ostende von Profil GLB 2 bis Glein nur ca. 250 m ansteigen. Es erscheint dann der Ostrand der Tertiärbucht eher ein normaler sedimentärer Kontakt als eine störungsbedingte Grenze zu sein. Ebenso wird für den nördlichen Kristallinrand aufgrund des Isolienverlaufs und unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Gravimetrie ein bruchloser Kontakt Tertiär/Kristallin angenommen. Dagegen könnte in Anbetracht der Tertiärmächtigkeit von 600 m im Mittelteil von GLB 2 und der mäßigen Abnahme in südöstlicher Richtung die Tertiärgrenze bei Rachau einen Bruch beinhalten. Der Anstieg der Tertiärbasis im SW-Teil von Profil GLB 2 wird in der Weise interpretiert, daß sich hier eine Schwellenzone abzeichnet, die das Tertiär der Gleinbucht vom Fohnsdorf-Knüttelfelder Becken trennt.

Das Streichen der wenigen Brüche der Reflexionsseismik ist derzeit noch hypothetisch. Die Störungszone auf Profil GLB 1 könnte die nach NW abgesenkte Kristallin/Tertiärgrenze des Sporns von St. Lorenzen sein und würde dann NE-SW streichen. Der Bruch am SW-Ende von Profil GLB 2 könnte aufgrund des Isohypsenverlaufs eventuell NE-SW streichen. Diese Annahme erfolgt unter Berücksichtigung der Erkenntnisse von K. METZ (1976) über die Bedeutung der NE-Störungen.

Eine Änderung in der Ausformung des Tertiärbeckens ist mit der Sedimentation der niederohmigen Schichtglieder, die anscheinend am ganzen Profil GLB 2 und dessen östlicher Fortsetzung auftreten, gegeben. Da es sich um vorwiegend schluffig-tonige Gesteine handelt, muß eine limnische Fazies angenommen werden. Es erfolgt auf

der Strukturkarte der Oberkante dieses niederohmigen Horizonts ein generelles Einfallen in nordwestlicher Richtung.

Nach METZ (1973, 1976) ist der Südrand des Gleinalmtertiärs tektonisch angelegt und entspricht einem Bruch, der vom Raum Weißkirchen sich weiter nach NE über den Gleingraben hinaus verfolgen läßt, bis er an einer N-S-streichenden Störung endet. Diese NE-Richtung wird mit dem achsialen NE-Streichen des Amering-Gleinalmsystems in Zusammenhang gebracht. METZ weist auch auf das NW-Fallen des Tertiärs des Südrandes hin.

Nach METZ können bezüglich des Alters der Brüche im Fohnsdorf-Knüttelfelder Becken 3 Generationen unterschieden werden: Einem älteren Akt sind die generell W-E-streichenden Brüche an der Tertiärbasis zuzurechnen, die als syn- und antithetische Brüche Ausfluß einer Zerrungstektonik sind und auf den Profilen (z.B. Abb. 3 in K. METZ, 1973) im unteren Teil des Liegendsandsteins enden. Als syndementär werden von METZ die NW- und NE-streichenden Störungen am Südrand des Tertiärbeckens angesehen, jüngeren Datums müssen die N-S-streichenden Brüche sein, da diese die NE-streichenden Elemente versetzen.

Wenn man diese Erkenntnisse mit den Ergebnissen der beiden reflexionsseismischen Profile vergleicht, dann würden die Brüche bei P 140 von GLB 1 und P 130 von GLB2 die gesamte Schichtfolge durchsetzen und wären daher postsedimentär. Sollte sich der Bruch bei P 240 auf Profil GLB2 durch weitere Messungen erhärten, dann wäre er dem Beginn der Beckenbildung zuzuordnen, da er anscheinend auf den basalen Abschnitt des Tertiärs beschränkt ist.

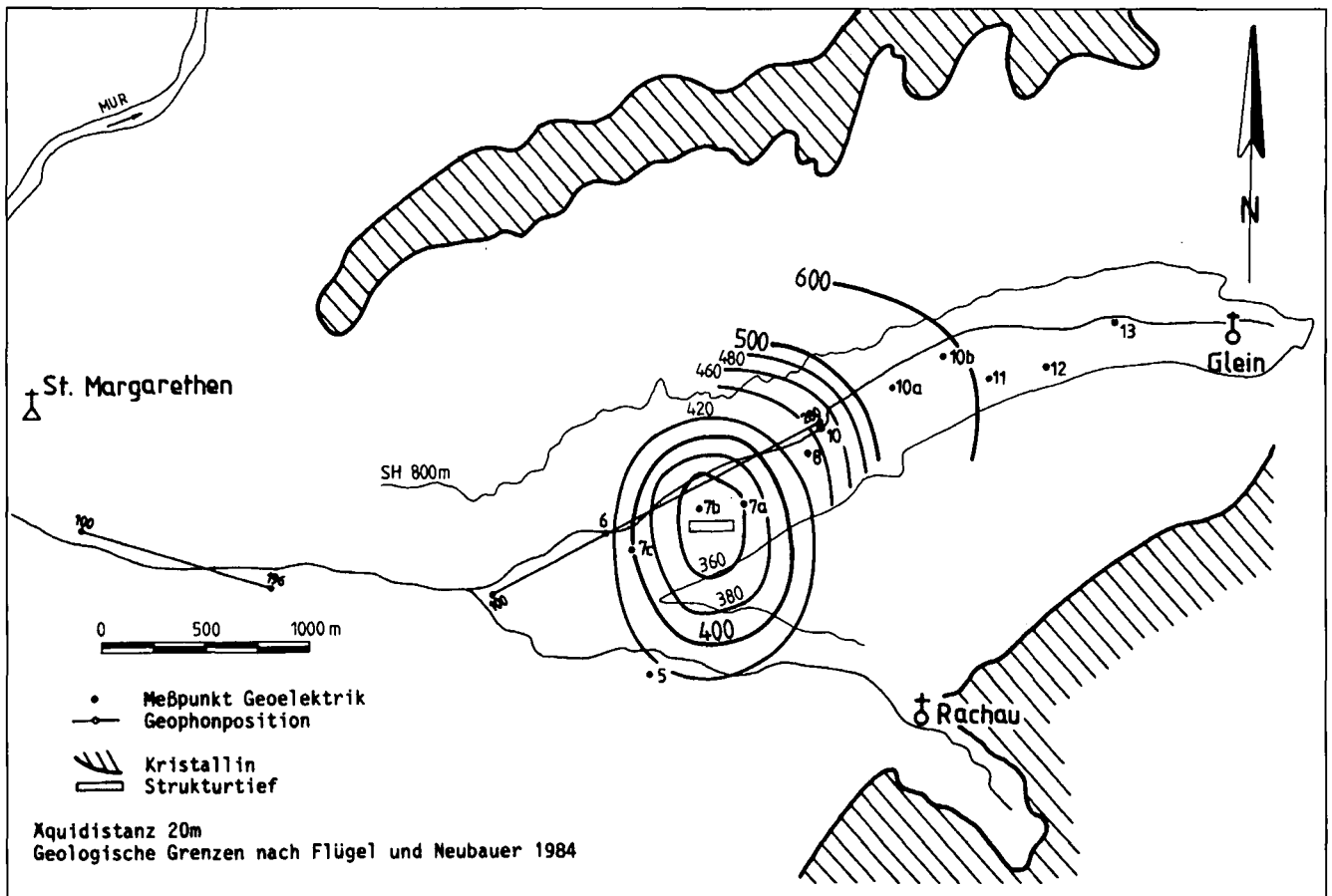


Abb. 9.
Strukturkarte der Basis des niederohmigen Horizontes.

3.3. Bedeutung der geophysikalischen Ergebnisse für Fragen der Kohlen- und Hydrogeologie

Der unmittelbare Anlaß für das Meßprogramm war die Schaffung einer Grundlage für eine weiterführende Braunkohlenprospektion. Für diesen Zweck liegen nunmehr Angaben über die Tertiärmächtigkeiten und die mögliche Beckenkonfiguration vor. Durch die seismische Sequenzanalyse und die Verteilung der elektrischen Widerstände kann auch auf die Lithologie der tertiären Schichtfolge geschlossen werden. Für die kohlengeologische Beurteilung waren die Erkenntnisse von K. NEBERT (1985) maßgeblich, wonach die Kohle als Faziesglied eines Sedimentationszyklus auftritt. Mindestens ein Zyklus erscheint nach dem derzeitigen Stand möglich. Im unteren Teil der Schichtfolge sind ca. 250 m Grobklastika als Vertreter der fluviatilen Phase anzunehmen. Darüber liegen niederohmige feinkörnige Sedimente der fluviatil-limnischen Phase, die derzeit von einer möglichen limnischen Phase geophysikalisch nicht abgetrennt werden kann. Darüber würde neuerdings grobklastische Sedimentation einsetzen, in die im Hangenden nur lokal tonige Schichten eingeschaltet sind. Die Braunkohle wäre also im niederohmigen Bereich in Tiefen von mehr als 200 m zu erwarten oder gegebenenfalls als Basisflöz.

Eine unmittelbare Parallelisierung der gegebenenfalls flözführenden Bereiche mit dem Fohnsdorfer Becken scheint eher ausgeschlossen zu sein, da in letzterem wesentlich höhere Geschwindigkeiten in den relevanten Schichten auftreten.

3.3.1. Kohlengeologische Beurteilung

Dem Versuch, lediglich aus geophysikalischen Parametern ohne einen entsprechenden Tiefenaufschluß auf die Braunkohlehöflichkeit zu schließen, haftet ein erhebliches Risiko an. Vertretbar erscheint in jedem Fall eine Diskussion der Frage, ob aufgrund der vorliegenden Daten auf eine für die Kohlebildung günstige Fazies geschlossen werden kann. Nach K. NEBERT (1983) ist die Kohle Teil einer zyklischen Sedimentation, wobei die Korngröße in zeitlicher Richtung stetig abnimmt. Am Beginn steht eine fluviatile Phase mit grobklastischen Sedimenten, gefolgt von einer fluviatil-limnischen Phase mit höchstens mittelkörnigen Sanden und endlich die limnische Phase mit tonigen Gesteinen. Wie bei der Besprechung der Profile ausgeführt wurde, sprechen viele Indizien für das Auftreten von fluviatilen Ablagerungen, unter denen auch von den Randbereichen hereingedriftete Muren sein können. Tongesteine konnten dagegen nur im oberen Teil der Schichtfolge aufgrund der niedrigen elektrischen Widerstände wahrscheinlich gemacht werden. Sowohl die nur über wenige 100 m sich erstreckenden Reflektoren als auch die lateral rasch auskeilenden hoch- und niederohmigen Horizonte in der Geoelektrik sprechen jedoch gegen eine solche Zyklenausbildung im ganzen Teilbecken. Die reflexionsseismischen Profile vermitteln eher den Eindruck, daß Sedimente dominieren, die in einem Milieu mit höherer Energie abgelagert wurden. Wenn man die Geschwindigkeiten mit denen des Fohnsdorfer Beckens vergleicht, so ergeben sich bemerkenswerte Unterschiede. Im Raum Fohnsdorf beginnt das Tertiär („Hangendmergel“) nach R. SCHMÖLLER (1977) mit Geschwindigkeiten von 2340 m/s und zeigt

bereits in 200 m Tiefe einen Horizont mit 3110 m/s, während an der Tertiärbasis sogar Geschwindigkeiten von 4500 m/s auftreten. In der Gleinbucht sind die Geschwindigkeiten in allen Niveaus wesentlich niedriger, nämlich an der Oberkante nur 1700 m/s, was eindeutig für unverfestigte Gesteine spricht. Auch im unteren Abschnitt des Tertiärs sind die Geschwindigkeitswerte von 2650 m/s deutlich niedriger als im entsprechenden Niveau von Fohnsdorf. Da vom gleichen Alter der tertiären Schichten in der Gleinbucht und im Fohnsdorfer Becken auszugehen ist, dürften für diese unterschiedlichen Geschwindigkeiten lithofazielle Ursachen maßgeblich sein. Eine Chance hinsichtlich Kohlehöflichkeit wäre die Ausbildung eines Grundflözes, worüber aber von der Geophysik – jedenfalls beim derzeitigen Stand der Prospektion – keine Aussage gemacht werden kann.

3.3.2. Hydrogeologische Beurteilung

Die Ergebnisse sind aber auch von Bedeutung für die Hydrogeologie, da bei der Geoelektrik ein höherohmiger Horizont gefunden wurde, der am besten als wasserführende Schotter interpretiert wird. Das Auftreten eines etwa mit dem Gelände ansteigenden Horizontes, der dem Grundwasserspiegel entspricht, verstärkt diese Annahme. Da diese Schicht Mächtigkeiten auf den Profilen bis 200 m aufweist, ist die hydrogeologische Bedeutung grundsätzlich gegeben. Da eine muldenförmige Lagerung möglich ist und niederohmige (tonige) Lagen eingeschaltet sind, könnten auch gespannte Wässer auftreten. Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint die weitere Untersuchung der Gleinbucht mittels Reflexions/Refraktionsseismik und Geoelektrik gerechtfertigt, um einen genaueren Überblick über die Lagerungsverhältnisse zu erlangen.

Dank

Vorstehende Untersuchungen wurden im Rahmen des Projekts der Österreichischen Akademie der Wissenschaften „Geophysik der Erdkruste“ aus Mitteln des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung gefördert. Auftragnehmer war die Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Angewandte Geophysik/Leoben. Den fördernden Institutionen wird für ihre verständnisvolle Unterstützung bestens gedankt; weiters danken die Autoren den an den Feldmessungen und bei der Auswertung beteiligten Mitarbeitern.

Literatur

DUDÁS, J., NIESNER, E. & VERÖ, L.: Resistivity and IP parameters used for hydrogeologic purposes and differentiation between nonmetallic minerals. – *Geophysical Transaction*, Vol. **36**, 1–2, 81–92, ELGI Budapest, 1991.

FARKAS, I., KARDEVAN, P., REZESSY, G., SCHMID, Ch., SZABADVARY, L. & WEBER, F.: EM soundings in water- and brown-coal prospecting. Case histories. – *Geoph. Transactions*, Vol **36**, No.1–2, 103–111, 1991.

KOEFOED, O.: *Geosounding Principles*, 1, *Methods in Geochemistry and Geophysics*. – 14 A, 1979, Elsevier, Amsterdam, Oxford - New York.

METZ, K., SCHMID, Ch. & WEBER, F.: Magnetische Messung im Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärbecken und seiner Umrahmung. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **69**/1976, 49–75, Wien 1978

METZ, K.: Beiträge zur tektonischen Baugeschichte und Position des Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärbeckens. – *Mitt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmuseum. Joanneum*, 1–33, Graz 1973.

METZ, K.: New synthetic aspects of the tectonics of the eastern section of the Austrian Central Alps. – *Tectonophysics*, **3**, 129–146, Amsterdam 1966.

METZ, K.: Bruchsysteme und Westbewegungen in den östlichen Zentralalpen. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **69**, 27–47, Wien 1978.

MILITZER, H. & WEBER, F.: *Angewandte Geophysik, Teil II, Geoelektrik-Geothermie-Radiometrie-Aerogeophysik*. – Springer Verlag, Wien – New York 1985.

NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrandes der Zentralalpen. – *Arch.f.Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, Bd. **6**, 23–77, Wien 1985.

NIESNER, E.: Untersuchungen der Einsatzmöglichkeiten für Spektrale Induzierte Polarisationsmessungen im Rahmen einer Grundwasserprospektion am Südrand der Böhmisches Masse. – *L. H. A. Geophys.*, **2**, 40–58, Leoben 1989.

PETRASCHECK, W.: *Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten*. 2 Teile. – Katowice (Kattowitz Verlag) 1926/29.

SCHMÖLLER, R.: Reflexions- und Refraktionsseismik im Fohnsdorfer Becken. – *Geol. Tiefbau der Ostalpen (Hochschulschwerpunkt N25)*, Jahresbericht 1976, M5, 79–81, Zentr.anst. f. Meteorologie u. Geodynamik, Publ.Nr. **221**, Wien 1977.

TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik in den Ostalpen. – *Geol. Rdsch.*, **59**, 278–288, Stuttgart 1969.

TOLLMANN, A.: Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. – *Geotekt. Forsch.*, **34**, Stuttgart 1970.

TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **153**, 1, 1–27, Jänner 1977.

WEBER, F., SCHMID, Ch., SCHMÖLLER, R. & WALACH, G.: Jahresbericht 1975 über geophysikalische Untersuchungen in den Niederen Tauern und im Fohnsdorfer Tertiärbecken. – *Geologische Tiefbau der Ostalpen*, **3**, Wien (Zentralanst. Meteor. u. Geodyn. Publ. Nr. 212), 1976.

WEBER, F. & HARTMANN, G.: Geologisch-lagerstättenkundliche Ergebnisse refraktionsseismischer Messungen im Feeberger Tertiär bei Judenburg – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum*, Heft **48**, 35–46, Graz 1990.

WEBER, F.: Möglichkeiten der modernen Geophysik im Bergbau. – *Berg- und Hüttenmännische Monatshefte* **126**, 242–249, 1981.

WEBER, F., SCHMÖLLER, R. & SCHMID, Ch.: Reflexionsseismische Messungen mit hohem Auflösungsvermögen in der Braunkohle. – *Freiberger Forschungshefte C*, Nr. **408**, Fortschritte und Aufgaben der Angewandten Geophysik, 20–37, 1985.

WEBER, F. & SCHMÖLLER, R.: Seismostratigraphie als Hilfsmittel bei der Braunkohle-Erkundung Österreichs. – *Zeitschr. f. angew. Geologie*, **32**, **12**, 317–322, 1986.

WEBER, F.: Die seismische Faziesanalyse als Hilfsmittel der Braunkohlengeologie und -prospektion. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, **78**, 67–86., Wien 1986

ZOHDY, A.R.: A new method for the interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves. – *Geophysics*, V. **54**, 245–253, 1989.