

## Geophysikalische Versuchsmessungen zur Braunkohlensuche am Nordostrand des Moldanubikums

Von RUPERT SCHMÖLLER & FRANZ WEBER\*)

Mit 3 Abbildungen

Schlüsselwörter

Niederösterreich  
Langau  
Braunkohle  
Geophysik  
Refraktionsseismik  
Geoelektrik  
Geomagnetik

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 8

### INHALT

|  | Seite |
|--|-------|
| Zusammenfassung .....  | 91    |
| Summary .....  | 91    |
| 1. Einleitung und Problemstellung .....  | 91    |
| 2. Refraktionsseismik .....  | 92    |
| 3. Geoelektrik .....   | 94    |
| 3.1 Geoelektrische Widerstandskartierung .....                                   | 94    |
| 3.2 Geoelektrische Tiefensondierung .....  | 95    |
| 4. Geomagnetik .....   | 95    |
| 5. Zusammenfassende Beurteilung der geophysikalischen Prospektionsmethoden ..... | 95    |
| Literatur .....  | 96    |

### Zusammenfassung

In der nördlichen Fortsetzung des ehemaligen Braunkohlentagebaus Langau/NÖ. wurden refraktionsseismische, geoelektrische und magnetische Testmessungen durchgeführt, um eine geeignete Meßmethodik zur Untersuchung größerer Gebiete auszuwählen. Es liegt ein seismischer 3-Schichtfall vor, wobei das Tertiär Longitudinalwellengeschwindigkeiten von 1500–2200 m/s, das Kristallin (Glimmerschiefer) 3000–4000 m/s aufweist. Die spezifischen elektrischen Widerstände der tertiären Schichten variieren zwischen ca. 30 Ohmmeter für die Kohlenserie und Werten von 60–100 Ohmmeter für die sandig-tonigen Hangendschichten, während der kristalline Untergrund hochohmig (>1000 Ohmmeter) ist. Als Prospektionsmethode werden geoelektrische Widerstandskartierungen empfohlen, die rasch die Ausdehnung der Tertiärvorkommen abzugrenzen erlauben. In den Muldenzonen sind ergänzende geoelektrische Tiefensondierungen und refraktionsseismische Messungen für quantitative Aussagen notwendig.

### Summary

In the northern continuation of the former coal mine Langau a geophysical test program was performed consisting of refraction seismic,

geolectrical resistivity mapping, depth sounding, and magnetic measurements. Tertiary shows velocities of longitudinal waves of 1500–2200 m/s, and the coal series seems to be in the lower velocity range. Crystalline (mica shists) has velocities of 3000–4000 m/s and is characterized by a strong relief. The electrical resistivity of the coal series is about 30 Ohmmeter and is lower than the uppermost Tertiary (40–100 Ohmmeter); the crystalline shows high resistivities (>1000 Ohmmeter), variations are caused by weathering.

For further prospecting in this area geolectrical resistivity mapping is proposed as a method for delineating Tertiary areas. For quantitative results some additional depth soundings and refraction seismic profiles – especially in the trough zones – are recommended.

### 1. Einleitung und Problemstellung

Die vom Projektteam „Österreichisches Braunkohlenforschungskonzept“ des BMWF entwickelten Zielvorstellungen beinhalteten auch eine Intensivierung der geophysikalischen Forschungen zur Aufsuchung von Braunkohlenvorkommen (WEBER 1979). Da hierbei flächenmäßig ausgedehnte Gebiete zu untersuchen sind, bilden einerseits Testmessungen zur Entwicklung einer den jeweiligen geologisch-gesteinsphysikalischen Verhältnissen

\*) Anschrift der Autoren: Dipl.-Ing. Dr. RUPERT SCHÖLLER, Univ.-Prof. Dr. FRANZ WEBER, Institut für Geophysik, Montanuniversität Leoben, A-8700 Leoben.

sen angepaßten Methode bzw. Methodenkombination eine wichtige Voraussetzung für weitere Arbeiten, andererseits sollten solche Messungen auch die ökonomischen Bedingungen einer Routinemethode erfüllen. Der Raum Langau wurde als Testgebiet für den Bereich der am Ostrand des Moldanubikums gelegenen Hoffungsgebiete gewählt, insbesondere für den Typus der Lagerstätten in seichten Tertiärvorkommen innerhalb des Kristallins. Der bis zum Jahre 1964 betriebene Tagbau beeinflusste ebenfalls die Wahl des Testgebietes, da die vorhandenen Unterla-

Mächtigkeitsangaben über die Tertiärschichten und Relief des Untergrundes;  
Zusammenhänge zwischen Flözausbildung und bestimmten gesteinsphysikalischen bzw. lithologischen Parametern.

Unter diesen Gesichtspunkten wurde ein Meßprogramm erstellt, das Refraktionsseismik, geoelektrische Tiefensondierung und Widerstandskartierung sowie magnetische Messungen umfaßte. Die Durchführung der Messungen erfolgte aus Mitteln ei-

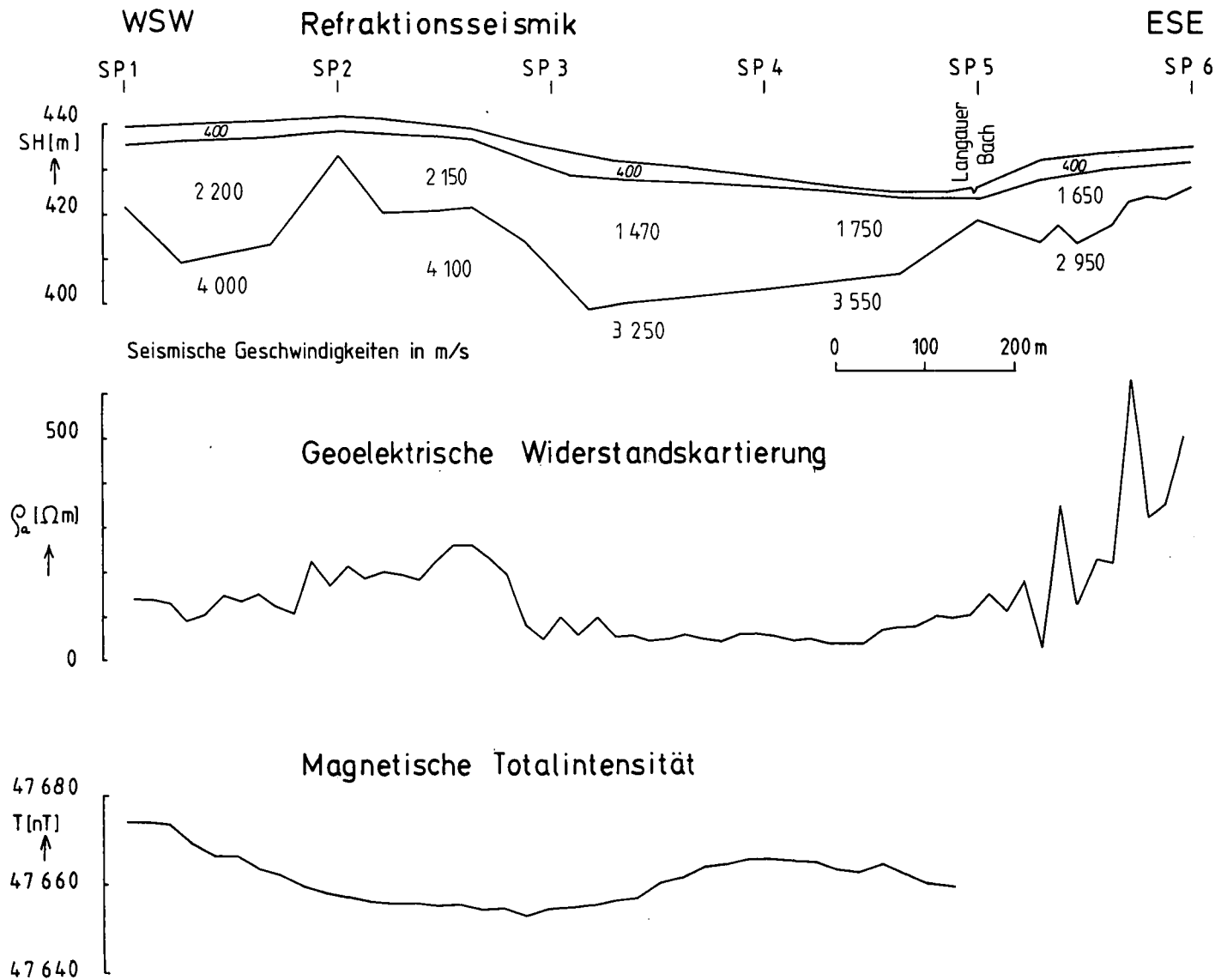


Abb.1 Geophysikalische Versuchsmessungen Langau, Profil 1

gen die Auswertung der Meßdaten erleichtern sollten. Gleichzeitig wurden in der näheren Umgebung geologische Kartierungen durchgeführt (NEBERT, 1978), die eine wertvolle Unterstützung bei der Interpretation der geophysikalischen Ergebnisse bildeten.

Aufbauend auf bereits bekannten gesteinsphysikalischen Grundlagen wurde versucht, folgende wichtige Fragen einer Lösung näher zu bringen:

Auflösungsvermögen der einzelnen Verfahren;  
rasche Auffindung von Tertiärmulden in aufschlußlosem Gelände;

nes Forschungsauftrages des Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung, wofür an dieser Stelle gedankt wird. Der Austromineral Ges.m.b.H. und Herrn Prof. Dr. K. Nebert sind die Autoren für die wirkungsvolle organisatorische und fachliche Unterstützung zu größtem Dank verpflichtet.

## 2. Refraktionsseismik

Quer über die nordwestliche, unverritzte Fortsetzung der Langauer Kohlenmulde wurden in einem Abstand von 170-400 m zwei WSW-ENE verlaufende Profile von je 1,2 km

Länge angelegt. Der Schußpunktabstand betrug 220 m, der Geophonabstand 20 m. Die Laufzeitkurven lassen sich durchwegs als seismischer 3-Schichtfall wiedergeben (Abb. 1 und 2). Der  $V_1$ -Horizont (Verwitterungsschicht) weist eine niedrige Geschwindigkeit von ca. 400 m/s auf, ist im Muldenbereich 5–8 m mächtig, an den Rändern dagegen nur 1–2 m. Darunter folgen die sandig-tonigen tertiären Ablagerungen mit Geschwindigkeiten von 1500–2200 m/s. Die  $V_2$ -Geschwindigkeiten lassen eine ge-

Ausbildung des Flözhorizonts bei den vergleichsweise geringen Tertiärmächtigkeiten in einer Verringerung der Durchschnittsgeschwindigkeit des  $V_2$ -Horizonts äußern.

Der kristalline Untergrund ( $V_3$ -Horizont) ist durch Geschwindigkeiten von 3000–4000 m/s charakterisiert. Die Geschwindigkeitsvariationen können durchaus auf verschieden starke Verwitterung der Glimmerschiefer zurückzuführen sein. Die Strukturkarte des  $V_3$ -Horizontes (Abb. 3) läßt ein lebhaftes Relief des

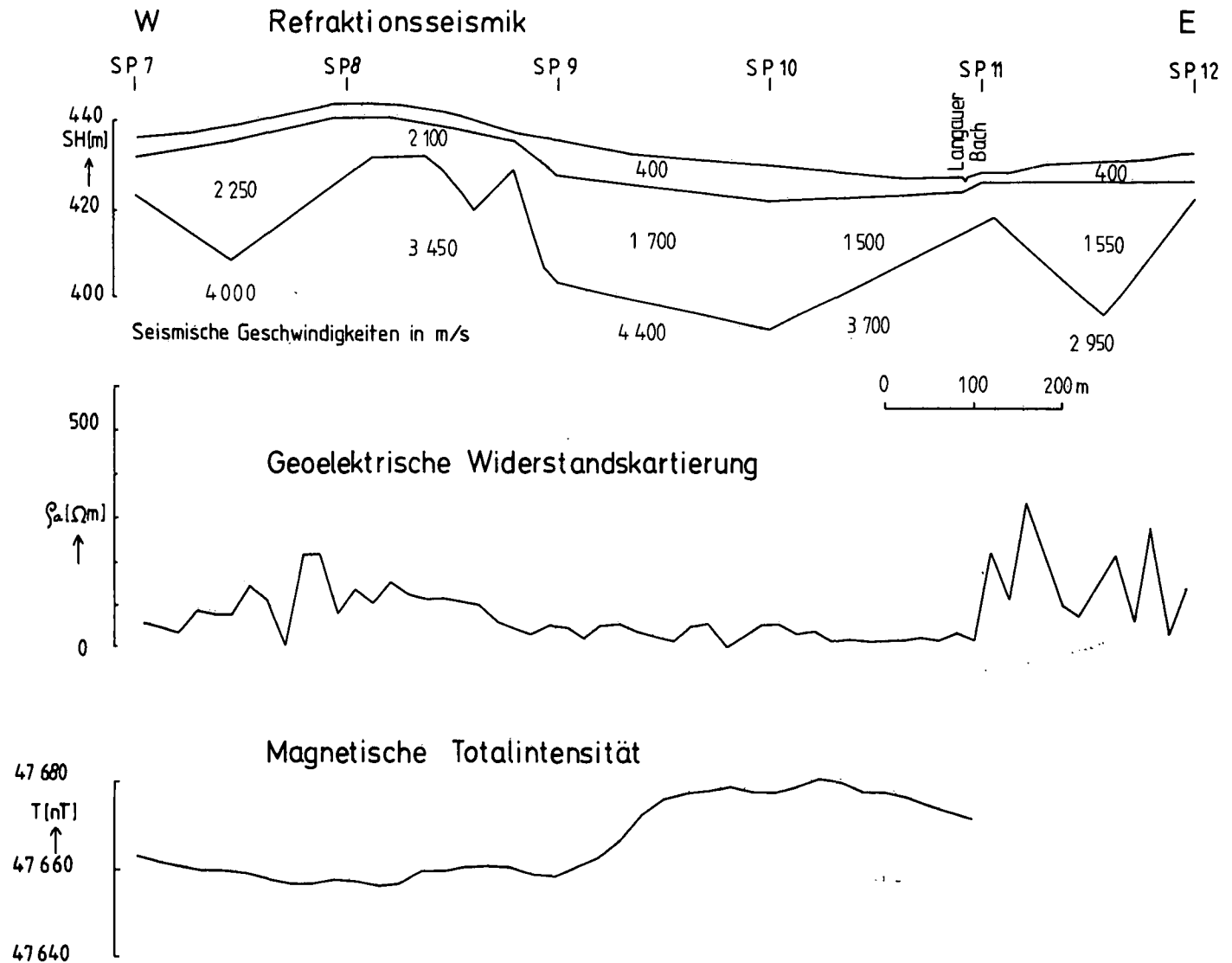


Abb.2 Geophysikalische Versuchsmessungen Langau, Profil 2

wisse regionale Verteilung erkennen, da die hohen Werte (über 2000 m/s) sich auf den Westabschnitt beschränken, wo anscheinend die Sedimente eine höhere Verfestigung aufweisen. Umgekehrt könnte die Beschränkung des Geschwindigkeitsbereiches von 1500–1700 m auf die Hauptkohlenmulde von diagnostischem Wert sein. Aufgrund der alten Aufschlußbohrungen liegen beim SP 4, Profil 1, über 6 m Kohle, verteilt über einen Tiefenbereich von über 9 m, was etwa der Hälfte der seismisch festgestellten Tertiärmächtigkeit entspricht. Da die weiche Braunkohle relativ niedrige Geschwindigkeiten besitzt, müßte sich eine mächtige

Untergrundes erkennen. Das bedeutungsvollste Strukturelement ist eine ca. 400 m breite Muldenzone, auf die sich anscheinend die Flözausbildung konzentrierte. Der Verlauf der Mulde wird durch die +400 m Isohypse gut wiedergegeben. Die Mulde wird im W und im E durch Rücken begrenzt, in denen der Untergrund bis auf über +430 m SH ansteigt. Die im Westteil der Profile sich abzeichnende Randmulde dürfte keine größere Ausdehnung besitzen, da weiter im W das Kristallin ansteht. Die Achsen der Strukturen streichen generell NNW-SSE. Im Osten dagegen zeichnet sich an dem schmalen Sporn und in der östlich

anschließenden Einmündung eine mehr N-S gerichtete Tendenz ab.

Infolge des starken Reliefs ist in manchen Abschnitten die genaue Geschwindigkeitsbestimmung des Kristallins problematisch, es sollte daher – auch wegen der genaueren Tiefenberechnungen – mit mindestens 2facher Überlappung geschossen werden. Zu prüfen wäre auch noch die Frage, ob in der lithologisch stärker wechselnden Schichtfolge Voraussetzungen für das Auftreten von seismischen Blindzonen gegeben sind, die sich auf die Tiefenbe-

Für eine wirksame Abgrenzung der kohlehöffigen Tertiärmulden im Raum Langau erwies sich eine Elektrodenkonfiguration von 60 m Gesamtlänge als günstig. Die Meßwerte im Bereich der Muldenzonen mit 20 bis 30 m Tiefe waren dadurch im wesentlichen von den niederen Widerstandswerten der kohlehöffigen Tertiärsedimente bestimmt, während über den Grundgebirgsrücken die hohen Kristallinwiderstände in umso stärkeren Maße in die Meßwerte eingehen mußten, je seichter die Kristallinoberkante war.

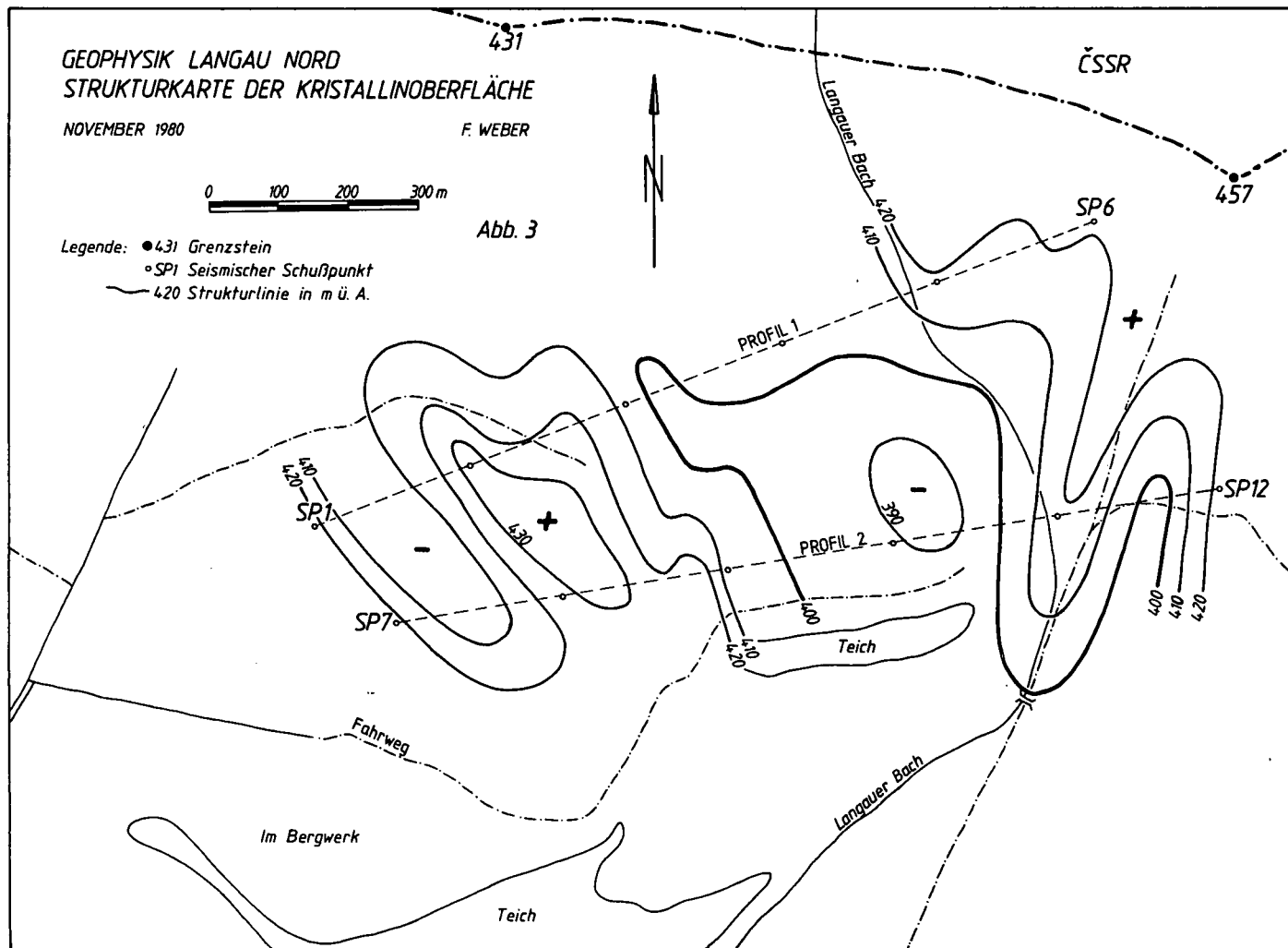


Abb. 3

rechnung nachteilig auswirken. Die durch Blindzonen auftretenden Probleme bei den Tiefenberechnungen findet man z. B. bei BANERJEE & GUPTA (1975), MERRICK, ODINS & GREENHALGH (1978), SCHMÖLLER (1977, 1978) und WHITELEY & GREENHALGH (1979) behandelt.

Eine eindeutige Klärung von Blindzonenproblemen ist aber nur durch Geschwindigkeitsmessungen in Bohrungen möglich.

### 3. Geoelektrik

#### 3.1 Geoelektrische Widerstandskartierung

Bei der geoelektrischen Widerstandskartierung wird der scheinbare spezifische elektrische Widerstand mit einer festen Elektrodenkonfiguration (Wenneranordnung) vermessen. Das Untersuchungsgebiet wird dabei möglichst gleichmäßig mit Meßpunkten überdeckt, die aus Zweckmäßigkeitsgründen entlang von Profilen angeordnet werden.

Geoelektrische Widerstandskartierungen mit der 60 m-Konfiguration wurden entlang beider seismischer Profile durchgeführt (Abb. 1 und Abb. 2).

In den kohleführenden Muldenbereichen wurden scheinbare spezifische Widerstände zwischen 30 und 50 Ohmmeter gemessen. Wo das Grundgebirge nach den seismischen Untersuchungen seichter als 20 m liegt, traten spezifische Widerstände von 100 bis 150 Ohmmetern auf, wobei Spitzen bis 300 Ohmmeter und mehr registriert wurden, je nach Tiefenlage des Grundgebirges. Die Schwankungen im Widerstandsverlauf an den Muldenrändern dürften für das seicht liegende Grundgebirge und dessen lebhaftes Relief charakteristisch sein.

Bemerkenswert scheint das Zusammenfallen von leicht erhöhten Widerständen (100–150 Ohmmeter) mit den größeren seismischen Tertiärgeschwindigkeiten (2200 m/s) in der westlichen Teilmulde. Wie bei der Beschreibung der seismischen Ergebnisse

schon erwähnt wurde, ist dies wohl am ehesten auf eine größere Verfestigung der Sedimente in diesem Abschnitt zurückzuführen.

### 3.2 Geoelektrische Tiefensondierung

Auf jedem der beiden Testprofile wurde auch eine geoelektrische Tiefensondierung durchgeführt. Die Tiefensondierungen erfolgten nach dem Schlumbergverfahren, bei dem bei festem Meßelektrodenabstand die Stromelektroden sukzessive nach immer größeren Entfernungen versetzt werden. Dadurch steigt die Eindringtiefe der Meßanordnung und der Meßwert wird zunehmend von den Schichten in größeren Tiefen abhängig. Aus den so gemessenen Tiefensondierungskurven können die spezifischen Widerstände und Mächtigkeiten der einzelnen Schichten bestimmt werden. Die in Langau gemessenen Kurven wurden einer automatischen Computerinterpretation nach ZOHDY (1974a, 1974b) unterzogen. Die Sondierungen in Langau erfolgten bis zu Stromelektrodenabständen von 300 m. Die Meßkurven deuten im wesentlichen auf einen geoelektrischen 5-Schichtfall hin:

Unter einer kaum einen halben Meter mächtigen, relativ hochohmigen Oberflächenschicht folgt eine 1 bis 2 m mächtige lehmige Quartärdecke mit niedrigem Widerstand (15–30 Ohmmeter). Darunter liegen bis etwa 10 m Tiefe die 7 bis 9 m mächtigen sandigtonigen Schichten von 40 bis 100 Ohmmeter, welche das Hangende der kohleführenden Serie darstellen. Nur 30 Ohmmeter besitzt der folgende Schichtkomplex von rund 50 m mit den bekannten Kohlevorkommen im Bereich der obersten 9 bis 10 m. Die Kohlenserie kann also vorläufig mit der Oberkante des gutleitenden Schichtkomplexes korreliert werden. Der niedrige spezifische elektrische Widerstand deutet aber auf einen erhöhten Tongehalt der Gesamtschicht hin. Die große Mächtigkeit dieser Schicht steht nicht im Einklang mit dem seismischen Befund. Möglicherweise besitzen die Glimmerschiefer des Grundgebirges hier eine mächtige Verwitterungszone, die sich zwar geoelektrisch als noch zur 30-Ohmmeter-Schicht gehörig darstellt, durch die seismischen Messungen aber doch als Grundgebirge identifizierbar ist. Für diese Vorstellung sprechen auch die teilweise recht niedrigen seismischen Grundgebirgsgeschwindigkeiten (z. B. 3250 m/s zwischen SP 3 und SP 4 auf Profil 1). Damit wäre eine Annäherung zwischen Seismik und geoelektrischen Tiefensondierungen hergestellt. Das feste Grundgebirge mit über 1000 Ohmmeter kündigt sich geoelektrisch erst in einer Tiefe von 60 bis 70 m an, während von der Seismik in den Muldenbereichen Tiefen von 30 bis 40 m für das – allerdings eventuell verwitterte – Grundgebirge angegeben werden. Für eventuell vorhandenen Basalschutt und Basalschotter bestehen wahrscheinlich wegen der geringen Mächtigkeit keine geophysikalischen Indikationen. Leider ist keine der hier seinerzeit abgeteufte Bohrungen bis zum Grundgebirge vorgetrieben worden, sodaß vorläufig keine Kontrolle der geophysikalischen Ergebnisse möglich ist.

### 4. Geomagnetik

Als Ergänzung zu den refraktionsseismischen und geoelektrischen Messungen wurde auch ein magnetisches Testprogramm abgewickelt. Zu diesem Zweck wurden auf den beiden seismischen Profilen und auf einem Verbindungsprofil 271 Stationen mit einem Protonenresonanzmagnetometer vermessen. Mit dem verwendeten Gerät war eine Ablesung der magnetischen Totalintensität mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  nT möglich. Der Meßpunktabstand betrug 10 m.

Grundsätzlich ging es darum festzustellen, ob überhaupt interpretierbare Anomalien auftreten, die entweder aus dem kristallinen Untergrund oder aus der tertiären Beckenfüllung herrühren. Da die Suszeptibilitäten der Gesteine mangels verfügbarer Tiefenaufschlüsse noch nicht hinreichend bekannt sind, ist allerdings eine quantitative Interpretation derzeit noch nicht möglich. So-

weit Bestimmungen an Lesesteinen repräsentativ sind, kann angenommen werden, daß die Gneise mäßige Suszeptibilitätswerte unter  $100 \cdot 10^{-5}$  SI Einheiten aufweisen. Unter diesen Gegebenheiten wäre daher eine ins Detail gehende Tiefenberechnung, die die Struktur des Tertiärbeckens angibt, kaum möglich.

Die gemessenen Anomalien liegen in der Größenordnung von maximal ca. 25 nT. Profil 1 (Abb. 1) zeigt einen ziemlich einfachen Verlauf mit einem zentralen Minimum, in dem die Totalintensität bis auf +47.652 nT absinkt; im SW erfolgt ein allmählicher Anstieg auf ein bei +47.675 nT gelegenes Plateau, nach NE erfolgt zwar ebenfalls ein Anstieg bis auf Werte von +47.667 nT, doch zeigt dieses Maximum einen unruhigen Verlauf.

Ähnlich ist die Situation auf Profil 2 (Abb. 2), wo ebenfalls im Mittelteil ein Minimum mit Werten von +47.656 nT vorliegt. Nach Osten zu erfolgt jedoch auf kürzere Distanz ein Anstieg um ca. +20 nT. Der Anstieg nach W dagegen ist wiederum wesentlich gleichmäßiger.

Festzustehen scheint, daß kein einfacher Zusammenhang zwischen der Größe der Anomalien und der Tiefenlage des kristallinen Untergrundes besteht. Der Fall, daß zwischen Kristallin und überlagerndem Tertiär durchwegs ein positiver Suszeptibilitätskontrast besteht, dürfte also auszuschließen sein. Das Maximum auf Profil 2 fällt zum Großteil in die breite Muldenzone des Langauer Tertiärs. Nicht so deutlich ist der Zusammenhang auf Profil 1, wo die Achse der Mulde bereits im Bereich des magnetischen Minimums liegt: Wahrscheinlich ist die Anomalie durch eine Magnetitanreicherung innerhalb des Tertiärs verursacht, die keine gleichmäßige Konzentration und keinen regelmäßigen Verlauf aufweist. Nach S zu würde nach dieser Annahme die Konzentration zunehmen. Nach W zu ist jedenfalls eine generelle Zunahme der Totalintensität evident, die aber offenbar keinen Zusammenhang mit dem Detailrelief aufweist.

### 5. Zusammenfassende Beurteilung der geophysikalischen Prospektionsmethoden

Die refraktionsseismischen Messungen geben eine eindeutige Information über das Vorhandensein und den Verlauf der Tertiärmulden sowie über das Relief des kristallinen Untergrundes. Wichtig ist auch die Korrelation zwischen niedrigen Tertiärgeschwindigkeiten und dem Auftreten von Kohlenhorizonten bei günstigen Mächtigkeitsrelationen. Diesbezüglich sind allerdings noch weitere Untersuchungen, insbesondere Bohrlochmessungen, notwendig.

Aufgrund des guten Widerstandskontrastes Tertiär/Kristallin kann die geoelektrische Widerstandskartierung als Übersichtsmethode zur raschen Abgrenzung der Tertiärgebiete herangezogen werden. Wichtig ist die Wahl des Elektrodenabstands, der insbesondere das Hervortreten der Muldenzonen als Widerstandsminima gewährleisten muß. Einige ergänzende Tiefensondierungen gewähren einen weiteren Einblick über die Zusammensetzung der tertiären Schichtfolge. Bei Vorhandensein von Bohrungen, an die angeschlossen werden kann, und günstigen Widerstands- und Mächtigkeitsrelationen ist auch die Erfassung eines Flözhorizonts nicht auszuschließen.

Für die Magnetik, dürften sich bei der Kohlenprospektion am Ostrand des Muldanubikums nur geringe Anwendungsmöglichkeiten ergeben. Lediglich bei größerer Verbreitung magnetithaltiger Gesteine des Kristallins wäre eine Störkörperberechnung, die den Bauplan des Untergrundes angibt, sinnvoll.

Für die geophysikalische Braunkohlenprospektion am Ostrand des Moldanubikums wird daher folgende Vorgangsweise empfohlen:

Begonnen wird mit Widerstandskartierungen passenden Elektrodenabstands, wodurch nicht nur die Tertiärgebiete näherungsweise abgegrenzt, sondern auch die wichtigsten Strukturmerkmale erfaßt werden können. Gezielte Tiefensondierungen

zur näheren Gliederung der Schichtfolge sind insbesondere in den Muldenzonen ergänzend anzusetzen.

Empfehlenswert ist die Anlage eines oder mehrerer Refraktionsseismischer Profile, die die wichtigsten Strukturen queren sollen, um genauere Angaben für die Tertiärmächtigkeiten zu erhalten.

#### Literatur

- BANERJEE, B. & GUPTA, S. K.: The hidden layer problem in seismic refraction work. – *Geoph. Prosp.* **23**, 642–652, 1975.
- MERRICK, N. P., ODINS, J. A. & GREENHALGH, S. A.: A blind zone solution to the problem of hidden layers within a sequence of horizontal or dipping refractors. – *Geoph. Prosp.*, **26**, 703–721, 1978.
- NEBERT, K.: Die Ergebnisse der geologischen Kartierungsarbeiten im Raum Geras (Niederösterreich). – Unveröff. Forschungsbericht für die Austromineral, Wien 1980.
- SCHMÖLLER, R.: Comments on „The hidden layer problem in seismic refraction work“. – *Geoph. Prosp.*, **25**, 791–792, 1977.
- SCHMÖLLER, R.: Der Grundwasserleiter im Murboden des Fohnsdorfer Beckens als refraktionsseismisch überschossene Schicht. – *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, **39**, 97 (515) – 108 (526), Graz 1978.
- WEBER, F.: Geophysikalische Verfahren zur Untersuchung der Tertiärbecken auf Braunkohlevorkommen. – Unveröff. Forschungsbericht für das BMWF, Leoben 1979.
- WHITELEY, R. J. & GREENHALGH, S. A.: Velocity inversion and the shallow seismic refraction method. – *Geoexploration*, **17**, 125–141, 1979.
- ZOHDY, A. A. R.: A computer program for the automatic interpretation of Schlumberger sounding curves over horizontally stratified media. Erhältlich bei U. S. Dept. Commerce Natl. Tech. Inf. Service, Springfield, Va. 22151, als U. S. Geol. Survey Rept., USGS-GD-74-017, PB-232 703, 1974(a).
- ZOHDY, A. A. R.: Automatic interpretation of Schlumberger sounding curves, using modified Dar Zarrouk functions. – *U. S. Geol. Survey Bull.*, **1313-E**, 39p. 1974(b).

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 25. Februar 1981.