

# Ergebnisse eines reflexionsseismisches Profiles im Raum Wundschuh/Steiermark

Franz WEBER

Mit 4 Abbildungen

## Zusammenfassung

Im Jahre 1952 wurde von der Rohöl-Aufsuchungs AG im Raum Wundschuh ein NE - SW verlaufendes reflexionsseismisches Profil gemessen, das wegen der Nähe zu dem Vulkanitvorkommen von besonderem Interesse ist. Die Tiefenberechnung zeigt mit Werten von ca. 1000 m Sedimentmächtigkeit (Quartär plus Tertiär) ein Maximum im Raum NE von Wundschuh, wobei allerdings eine gewisse Unsicherheit wegen des Fehlens von Geschwindigkeitsmessungen am Profil gegeben ist. Damit ist auch die von KRÖLL et al. (1988) in der Strukturkarte des Beckenuntergrundes konstruierte NE - SW streichende Muldenzone, die N Kalsdorf in das Oststeirische Becken umschwenkt, weiter abgesichert. Es wurden normal abschiebende Brüche mit Sprunghöhen von maximal 40 m wahrscheinlich gemacht, lediglich ca. 0,7 km SW Wundschuh wird ein inverser Bruch auf Grund des Reflexionsmusters für möglich erachtet. Ein in geringer Tiefe, in + 190 m SH, liegender Leithorizont wird lokal als Basis der Vulkanitdecke interpretiert, woraus sich für diese eine Mächtigkeit von ca. 90 m ergäbe. Die vorwiegend dem Karpat zuzuordnenden Reflektoren weisen söhliche bis flach einfallende Lagerung auf. Lokal sind Hinweise auf sedimentäre Strukturen gegeben.

## 1. Einleitung

Die geologischen Verhältnisse des Weststeirischen Beckens sind in weiten Bereichen noch ungenügend erforscht, was vor allem für die zentralen Beckenteile gilt. Gute Aufschlußverhältnisse und daher genauere Kenntnisse über die Stratigraphie und Lithologie sind vor allem in den Randmulden gegeben, in denen durch den Braunkohlenabbau und die Prospektion umfangreiche Daten angefallen sind. Daß auch in diesen Gebieten weiterführende Untersuchungen notwendig sind, zeigt ein in jüngster Zeit durchgeführter Forschungsschwerpunkt von STEININGER (1998).

Während jedoch im wesentlich größeren Oststeirischen Becken im Zuge der Erdölexploration seit den 50er Jahren zahlreiche Tiefbohrungen abgeteuft worden waren, meist bis in den Beckenuntergrund, fand im zentralen und südlichen Teil des Weststeirischen Beckens keine Aufschlußtätigkeit statt. Bezüglich der stratigraphischen und lithologischen Verhältnisse des tieferen Untergrundes ist nach wie vor die Tiefbohrung Söding 1 ausschlaggebend. Etwas günstiger ist die Situation im Hinblick auf den regionalgeologischen Bauplan, zu dem vor allem die Gravimetrie wesentlich beigetragen hat. Durch die boden- und aeromagnetische Vermessung konnten weiters fundierte Aussagen über die Verbreitung der Vulkanite gemacht werden, die im Steinbruch von Weitendorf als Shoshonit aufgeschlossen sind.

Eine erste Zusammenschau über die geologischen Verhältnisse des Weststeirischen Beckens erfolgte durch KOLLMANN (1965). Ein weiterer Fortschritt wurde im Zusammenhang mit der Herausgabe des Kartenwerkes „Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle“ durch KRÖLL et al. (1988) erbracht. Die Gliederung in drei Teilbecken, das Relief und die Lithologie des Beckenuntergrundes und die Bruchtektonik konnten in den wesentlichen Grundzügen herausgearbeitet werden

Die nunmehr erfolgte Reinterpretation des reflexionsseismischen Profiles F 10 der Rohöl-Aufsuchungs AG kann als eine nützliche Ergänzung in dem geologisch interessanten Abschnitt von Wundschuh betrachtet werden (Abb. 1).

## **2. Feldmessungen und Datenverarbeitung**

Die reflexionsseismischen Messungen erfolgten im Sommer 1952 mit einer 16-kanaligen analogseismischen Apparatur der Magnolia Petroleum Comp./Dallas. Der Abstand zwischen den Schußpunkten betrug konstant 250 m, der Geophongruppenabstand 31,25 m (3 Geophone pro Spur), es wurde eine symmetrische Spaltungsaufstellung registriert. Die Schußtiefe variierte je nach Gelände meist zwischen 20 - 30 m, es wurde nach Möglichkeit im Tertiär, zumindest unterhalb des Grundwasserspiegels geschossen. Die Schußtiefen wurden so gewählt, daß sich entweder ein konstantes Niveau ergab oder das Oberflächenrelief in geglätteter Form nachgebildet wurde.

Die Rohlaufzeiten wurden mittels der Aufzeiten auf die Erdoberfläche korrigiert, die Verwitterungskorrektur berücksichtigt, die Tiefenberechnung durchgeführt und zuletzt die Tiefen der Reflektoren auf Meeresniveau bezogen. Die Reflexionsstärke und die Korrelation der Aufnahmen wurden mit 4 Qualitätsstufen dargestellt. Bei der Tiefenberechnung wurde eine lineare Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe, die damals rechentechnische Vorteile bot, zugrundegelegt. In späteren Jahren wurden diese optischen

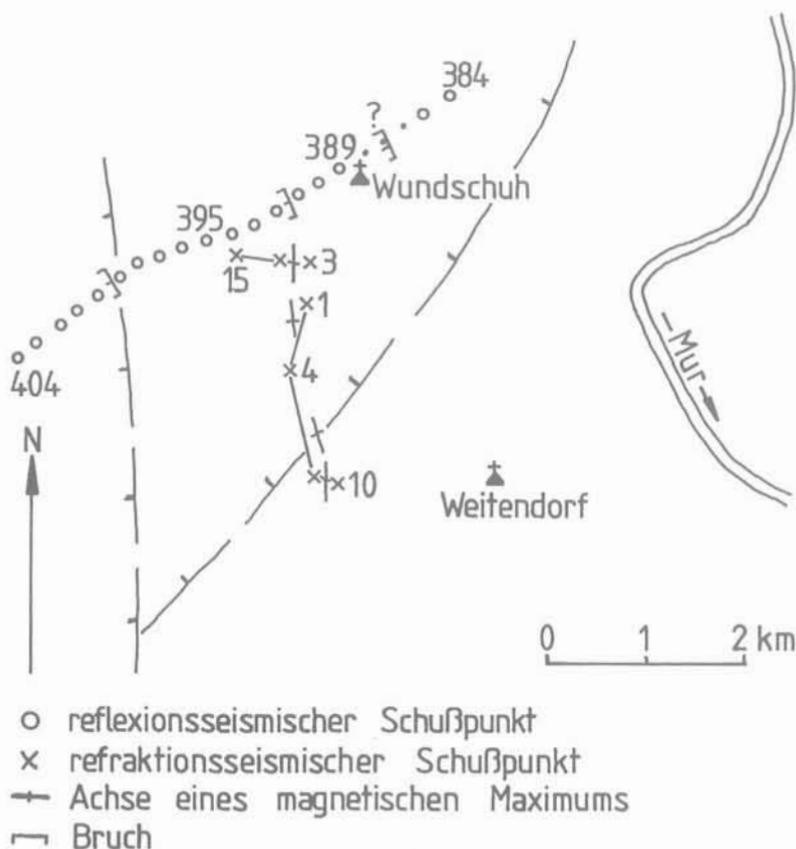


Abb. 1: Lageplan der geophysikalischen Messungen und Brüche

Registrierungen transcordiert, d.h. auf Magnetband überspielt, dabei verstärkt und im Frequenzbereich von 28 - 66 Hz gefiltert. Dadurch konnte die ursprünglich im Weststeirischen Becken oft mäßige Reflexionsqualität deutlich verbessert werden. Dennoch reichen die Aufnahmen in keiner Weise an die Datenqualität der Digitalseismik heran, wie unter anderem ein Vergleich mit Aufnahmen aus dem Jahre 1989 zeigte, obwohl diese mit oberflächennahen Schußbohrungen geschossen worden waren.

Die transcordierten Profile sind einheitlich auf ein Bezugsniveau von +200 m ü.A. reduziert.

### 3. Auswertung

Der erste Schritt der Auswertung besteht im Erkennen der Reflexionen und deren Korrelation über die Aufstellungen hinweg. Durch die Kriterien der Laufzeit (Hyperbelkrümmung!), der Phasengleichheit und der stärkeren Amplitude war dies auch bei der älteren optischen Registrierung meist unschwer möglich. Eine weitere Aufgabe bildete die Bestimmung von Leithorizonten, die durch eine gute Reflexionsqualität und eine weite Verbreitung im Meßgebiet gekennzeichnet sind. Diese sind für die Erkennung der Lagerungsverhältnisse und der Tektonik besonders wichtig. Ein solcher Leithorizont erster Ordnung ist in der Regel die Tertiärbasis. Allerdings hat sich bei der analogseismischen Registrierung gezeigt, daß die Oberkante des prätertiären Untergrundes nicht immer durch eine Reflexion guter Qualität charakterisiert ist. Dies wurde damals auf verschiedene Ursachen, wie tiefreichende Verwitterung des prätertiären Untergrundes, Vorhandensein von Basiskonglomeraten, also Faktoren die zu einem geringen Impedanzunterschied führen, zurückgeführt.

Die Tiefenberechnung und die Darstellung als Tiefenprofil beinhaltete bei dieser älteren Meßtechnik insofern bereits einen Informationsverlust, als die Tiefen nur bei den Schußpunkten ermittelt und für den Reflektor ein ebener Verlauf zwischen zwei Schußpunkten angenommen wurde. Die Voraussetzung für die Tiefenberechnung bildet die genaue Kenntnis der Geschwindigkeitsverhältnisse. Die Ermittlung der Durchschnittsgeschwindigkeiten als Funktion der Reflexionszeit erfolgte vor dem Vorhandensein einer Tiefbohrung, die eine Geophonversenkung gestattet, ausschließlich durch eigene Geschwindigkeitsprofile oder durch eine statistische Analyse der Zeitdifferenzen der Routinemessungen. Die Geschwindigkeitsprofile wurden vornehmlich in den tieferen Beckenbereichen und mit wesentlich größeren Aufstellungslängen als bei der normalen reflexionsseismischen Registrierung ausgeführt. Zum Zeitpunkt der gegenständlichen Messungen fehlten solche Geschwindigkeitsprofile im Weststeirischen Becken und es wurde eine im Oststeirischen Becken ermittelte Zeit-Tiefenfunktion verwendet. Für die nunmehrige Reinterpretation standen zwei Anhaltspunkte für die Geschwindigkeitsverteilung zur Verfügung. Zum einen konnte von refraktionsseismisch ermittelten Geschwindigkeiten ausgegangen werden, die von H. MAURITSCH in den Jahren 1972 - 1974 im Raum Wundschuh - Weitendorf für das Tertiär und die Vulkanite berechnet worden waren. Repräsentativ für ein mächtigeres Baden scheinen Geschwindigkeitswerte von 2250 m/s zu sein, vor allem im Übergangsbereich zu Tuffen treten auch niedrigere Geschwindigkeiten auf. In dichten Vulkaniten wurden Geschwindigkeiten bis 5350 m/s gemessen, als Folge von Verwitterung und zunehmender Porosität können die Vulkanitgeschwindigkeiten jedoch auf Werte unter 4000 m/s absinken. Der Beckenuntergrund wurde bei dieser refraktions-

seismischen Meßserie nicht erreicht, so daß eine Information über die Geschwindigkeiten des tieferen Tertiärs fehlt. Es wurde daher bei der reflexionsseismischen Auswertung von der Geschwindigkeitsanalyse der digitaleismischen Profile im Raum Hitzendorf-Söding aus den Jahren 1987 und 1989 ausgegangen. Da sich hierbei bereits laterale und vertikale Geschwindigkeitsänderungen nachweisen ließen, ist bei einer Extrapolation auf ein weiter südlich gelegenes Meßgebiet grundsätzlich ein gewisser Fehler möglich. Bezeichnend für die Geschwindigkeitsanalysen im Raum Hitzendorf sind die hohen Anfangsgeschwindigkeiten von ca. 2400 m/s, verursacht vermutlich durch das Auftreten von stärker verfestigten klastischen Gesteinen. Weiters scheint unter 0,4 s eine stärkere Zunahme des Geschwindigkeitsgradienten zu erfolgen. Bei der vorliegenden Interpretation wurde von der Annahme einer mehr ton- und sandreichen Beckenfazies ausgegangen. Daher wurde von einer etwas niedrigeren Anfangsgeschwindigkeit von 2350 m/s ausgegangen und der Geschwindigkeitsknick bei 0,4s nicht berücksichtigt.

Es wurde folgende Funktion für die Durchschnittsgeschwindigkeit gewählt:

$$V_d = V_0 + aT_0$$

$$V_0 = 2350\text{m/s}; a = 400\text{ m/s/s}; T_0 = \text{Reflexionszeit beim Schußpunkt}$$

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Zeitprofil

Auf dem Zeitprofil lassen sich zahlreiche Reflexionen erkennen, deren Reflexionsstärke und Qualität allerdings unterschiedlich sind (Abb. 2). Eine wesentliche Frage ist dabei, ob sich die Tertiärbasis im Zeitprofil reflexionsmäßig abbildet. Diese Frage kann mit großer Wahrscheinlichkeit bejaht werden, da im Zeitbereich von ca. 0,6 - 0,7 s ein Reflektor über größere Strecken korreliert werden konnte, der auch meist durch größere Reflexionsstärke herausragt. Auch der Anschluß im N auf Profil F9 steht mit dieser Annahme im Einklang.

Herausragend ist weiters ein oberflächennaher Horizont im Zeitbereich von ca. 0 - 0,1 s, der als breites Reflexionsband ausgebildet ist. Stellenweise ergibt sich allerdings der Eindruck, daß hier 2 Reflexionen vorliegen, die schlecht aufgelöst sind. Die zwischen diesem Horizont und der Tertiärbasis liegenden Reflektoren weisen meist nur eine mäßige Reflexionsstärke auf, die Längserstreckung beträgt meist nur 0,25 - 0,5 km, seltener bis 0,8 km. An einigen Stellen sind Hinweise auf eine Schrägschichtung und auf auskeilende Schichten gegeben. Ansonsten herrscht weitgehend eine parallele Reflexionskonfiguration vor.

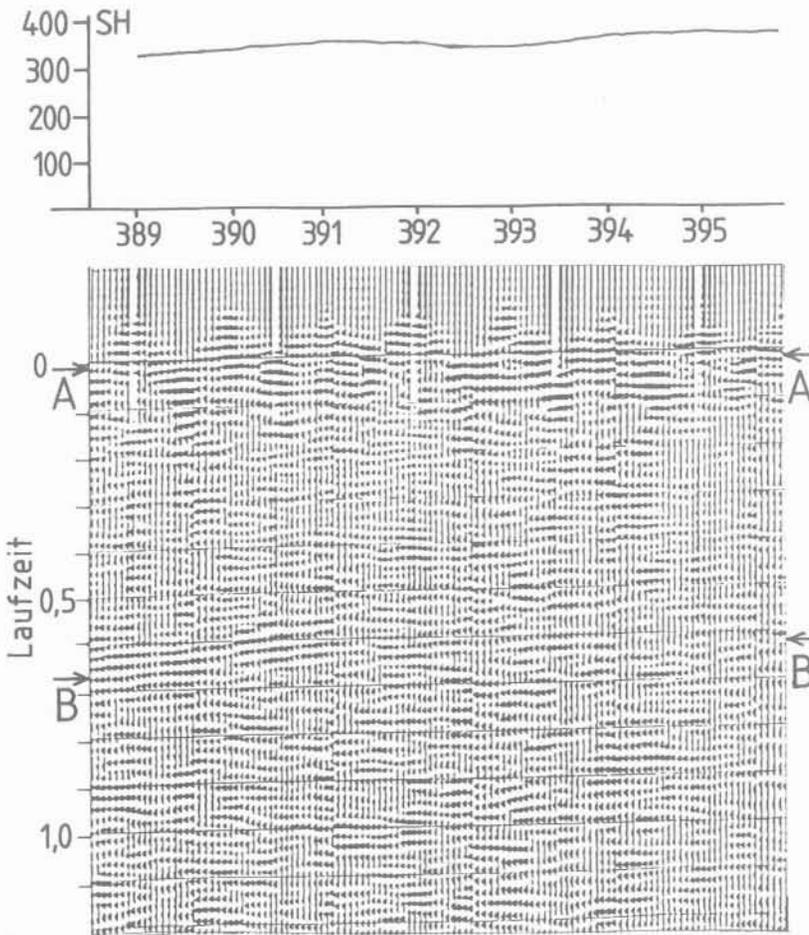
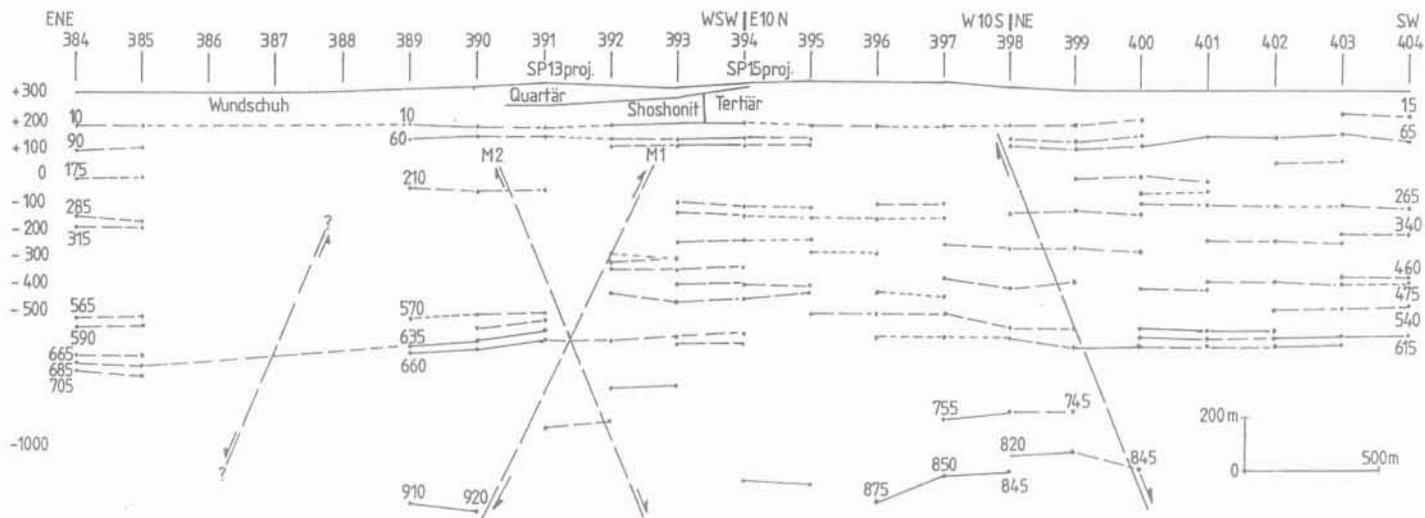


Abb. 2: Ausschnitt aus Zeitprofil F 10 (H= 1:25.000, V: 1cm = 0,1 sec)  
 A = Leithorizont im Unterbaden; B = Leithorizont Tertiärbasis

Unterhalb der Tertiärbasis, also vermutlich im Paläozoikum der Sausalgruppe, in dem nach FLÜGEL (1988) Phyllite dominieren, finden sich bis in größere Tiefen Reflexionen mäßiger Längserstreckung (250 – 750 m), deren Qualität durchaus zufriedenstellend ist. Es könnte sich hierbei um Einschaltung von Quarziten oder Kalken handeln. Die Frage von multiplen Reflexionen ist beim vorliegenden Datenmaterial schwierig zu behandeln, deren Auftreten dürfte jedoch unwahrscheinlich sein.



•635 Reflektor mit Laufzeit 635ms, Reflexionsqualität: — gut, - - - genügend, ····· schlecht, M1/2 = Bruchmodell 1/2

Abb. 3: Profil F 10 - Tiefenprofil

## 4.2. Tiefenprofil, strukturelle Aussagen

Das Zeitprofil wurde unter Verwendung der erwähnten Durchschnittsgeschwindigkeit-Laufzeitfunktion in ein Tiefenprofil umgerechnet (Abb. 3). Wie bereits die Strukturkarte von KRÖLL et al. (1988) erkennen läßt, verläuft das Profil F 10 unter spitzem Winkel zur westlichen Flanke der nördlichen Fortsetzung des Sausal. Im Raum Wundschuh erfolgt von SP 384 - 391 ein ziemlich gleichmäßiger Anstieg der Tertiärbasis von ca. - 700 m unter NN auf - 580 m. Zwischen SP 391 und 392 wurde ein Bruch mit einer Sprunghöhe von ca. 40 m angenommen. Dabei wurde auf Grund der Änderungen der Reflexionsstärke eine Fortsetzung dieser Störung in das Hangende, zumindest bis unter den oberflächennahen Leithorizont, angenommen. Dabei sollte die Bruchfläche nach NE einfallen, was einen inversen Bruch ergäbe. Dem widerspricht jedoch die regionalgeologische Stellung dieses Bruches, der in der südlichen Fortsetzung sich in seinem Streichen zum Typus eines Beckenrandbruches entwickelt. Da der Sausal mit Sicherheit herausgehoben ist, wäre also ein normalabschiebender Bruch wahrscheinlicher.

Beim Ort Wundschuh besteht durch die Besiedelung bedingt eine 1 km breite Lücke im Profil. Falls sich die Flachlagerung im Abschnitt SP 384 - 385 weiter nach WSW fortsetzt, wäre im Raum der Ortschaft Wundschuh ein nach NE einfallender Bruch mit einer Sprunghöhe bis etwa 40 m möglich. Im Abschnitt SP 391 - 398 herrschen weitgehend flache Lagerungsverhältnisse vor. Die Tertiärbasisreflexion ist hier schlecht entwickelt und fällt stellenweise ganz aus, was im Zusammenhang mit der Energieabstrahlung durch die Vulkanitdecke stehen könnte. Bei SP 399 wurde der bereits auf der Strukturkarte von KRÖLL (1988) gezeichnete Bruch geringer Sprunghöhe festgelegt. Auf dessen Tiefscholle liegt die Tertiärbasis praktisch bis zum Profilende nahezu horizontal in - 600 m u.A., wobei die Reflexionsstärke gut ist.

Der oberflächennahe Reflektor „A“, liegt im Niveau von + 190 m ü.A. (d.i. ca. 140 - 170 m unter Gelände) nahezu sählig; lediglich mit Zentrum bei SP 391 und SP 397 treten 2 flachwellige Einmuldungen auf, deren Tiefe ca. 20 m beträgt.

Wie die Projektion des nördlichen Endes der refraktionsseismischen Messungen von MAURITSCH (1975) auf das Profil zeigt, dürfte die steil stehende Grenze zwischen Shoshonit und Baden etwa 100 m WSW von SP 393 liegen. Der Reflektor „A“ zieht in + 190 m ü.A. anscheinend ungestört unter dieser vertikalen Diskontinuität mit sählicher Lagerung hindurch, wobei die Reflexionsqualität gut ist (Abb. 4). Bei Richtigkeit dieser Annahme wäre ein Anhaltspunkt für die Mächtigkeit der Vulkanitdecke gegeben, die somit 80 - 90 m betragen könnte. Dieser Wert steht auch größenordnungsmäßig in Übereinstimmung mit der von KALAGHEYTCHI ca. 1 km weiter im SE aus einer magnetischen

Anomalie ermittelten Mächtigkeit von 60 m des Störkörpers, der als horizontale Platte angenommen wurde.

Unter dem Reflektor „A“ liegt in ca. + 100 m ü.A. ein weiterer Reflektor meist in söhligiger Lagerung, der lediglich SW von SP 400 etwas steiler nach SW ansteigt. Es könnte sich hierbei um die Grenze Baden/Karpat handeln. Demnach wäre der Großteil der Schichtfolge des Profils F 10 dem Karpat zuzuordnen, wofür auch die seismofazielle Ausbildung als Folge der limnisch-fluviatilen Eibiswalder Schichten sprechen würde.

Im Abschnitt SP 392 - 395 zeichnet sich eine muldenförmige sedimentäre Struktur im Tiefenbereich ca. 150 m über der Tertiärbasis ab, die den Unteren Eibiswalder Schichten zugeordnet werden könnte. Diese Struktur könnte als Sandkanal oder Flußlauf interpretiert werden.

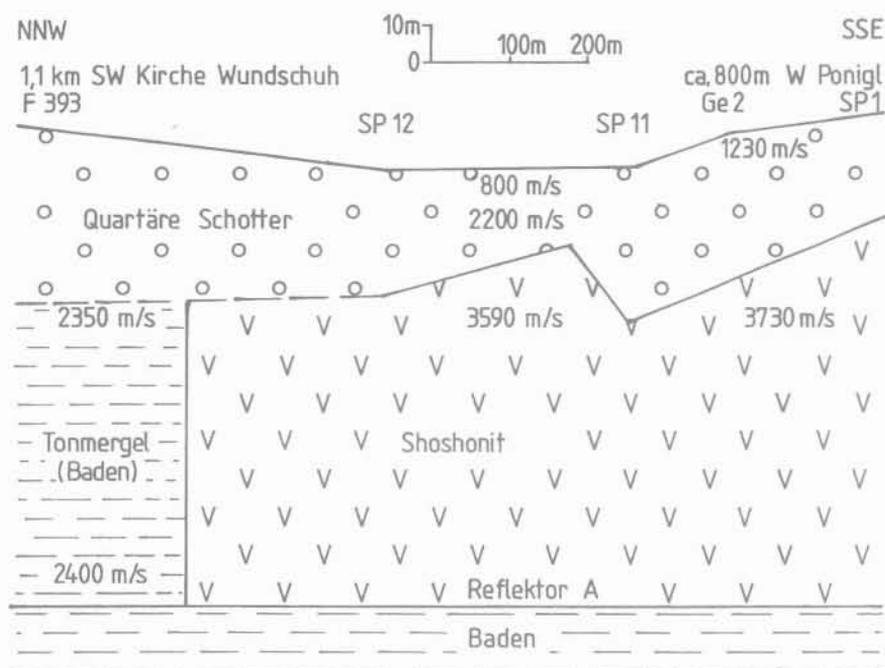


Abb. 4: Geologisch – geophysikalisches Profil SW Wundschuh (mit Benützung der Daten von MAURITSCH 1975)

## 5. Tektonik und Vulkanismus

Bei der magnetischen (Vertikalintensität) Vermessung des Gebietes zwischen Weitendorf und Wundschuh (KALAGHEYTCHI und H. MAURITSCH 1975) konnte eine Reihe von magnetischen Anomalien gefunden werden, die sich zu einem N - S Trend formieren. Dabei ragen zwei Anomalien W des Poniglteiches auf Grund ihrer geometrischen Form und Amplitude heraus, die eine Interpretation als Schlotbereich wahrscheinlich machen. Diese Anomalien streichen generell N - S, eine erste Störkörperberechnung unter Annahme einer senkrecht stehenden Platte ergab eine Dicke derselben von 65 m. Es ist nun bemerkenswert, daß die Fortsetzung der magnetischen Anomalieachse nach N auf den zwischen SP 391 - 392 angenommenen Bruch führt. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Bruch und Magmenaufstieg erscheint daher nicht ausgeschlossen. Es wäre auch untersuchenswert, ob die aus drei magnetischen Teilanomalien bestehende Maximumzone bei Wundschuh mit dem zwischen SP 385 - 389 als möglich erachteten Bruch in Verbindung zu setzen wäre. Jedenfalls sprechen die reflexionsseismischen Ergebnisse durchaus für eine primäre Platznahme des Shoshonits, für die Krainer (1987) überzeugende Argumente beigebracht hat. Um gesichertere Aussagen über den Zusammenhang von Tektonik und Vulkanite machen zu können, wäre allerdings eine detaillierte, möglichst hochfrequente digitale seismische Vermessung des Raumes Wundschuh mit kleinem Geophongruppenabstand erforderlichlich.

## Danksagung

Für die Freigabe der Unterlagen und die Genehmigung zur Veröffentlichung wird Herrn Vorstandsdirektor DI J. Hieblinger (Rohöl-Aufsuchungs AG) bestens gedankt, weiters ist der Autor Herrn Dr. W. Nachtmann und Herrn J. Eder für fachliche Beratung zu Dank verpflichtet.

## Literatur

- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F. (1991): Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, H.49, 96 S., Graz.
- EBNER, F. & GRÄF, W. (1977): Die Fauna von Weitendorf. – Jber. Landesmus. Joanneum Graz, 1976, N.F. 6, 157-183, Graz.
- FLÜGEL, H.W. (1975a): Die Geologie des Grazer Berglandes. - 2.Aufl.-Mitt. Abt. Geol. Paläont. Landesmus. Joanneum, SH 1, Graz.

- FLÜGEL, H.W. (1975b): Das Neogen der Grazer Bucht. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 105, 71-77, Graz.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F.R. (1984): Steiermark - Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen. - Geol.B.-A., 126 S., 26 Abb., 1 Karte, Wien.
- FRIEBE, J.G. (1990): Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badenium (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). – Jb. Geol. B.-A., 133, 223-257, Wien.
- FRIEBE, J.G. (1991): Neotektonik an der Mittelsteirischen Schwelle (Österreich): Die „Steirische Phase“. – Zbl. Geol. Paläont., Teil I., Stuttgart.
- HAUSER, A. & KOLLMANN, A. (1954): Ein Andesitvorkommen in Wundschuh bei Graz. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 84, 67-70, Graz.
- HERITSCH, H. (1966): Das vulkanische Gestein aus einer Bohrung bei Wundschuh, südlich von Graz. - Mitt. naturw. Ver. Stmk., 96, 59-68, Graz.
- HERITSCH, H. (1967): Eine chemische Analyse des Basaltes (Shoshonites) von Weitendorf, südlich von Graz, Steiermark. – Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturw.Kl., 1967, 223-226, Wien.
- KALAGHEYTCHI, M. (1971): Magnetische Messungen im Raum Weitendorf-Wundschuh. – Unveröff. Diplomarbeit am Inst. F. Geophysik, Montanuniv. Leoben.
- KOLLMANN, K. (1965): Jungtertiär im Steirischen Becken. - Mitt. Geol. Ges., 57, 479-632, Wien.
- KOLMER, H. (1980): Die Verteilung von Rubidium und Strontium in den Basalten von Weitendorf/Stmk. und Kollnitz/Ktn. – Mitt. naturwiss. Ver. Stmk., 110, 27-31, Graz.
- KRAINER, B. (1987): Sedimentation und Shoshonit von Weitendorf, Badenien, Steirisches Becken. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 80, 143-156, Wien.
- KRÖLL, A., FLÜGEL, H.W., SEIBERL, W., WEBER, F. & WALACH, G. (1988): Steirisches Becken - Südburgenländische Schwelle. - Geologische Themenkarten und Erläuterungen, 49 S., Geol. B.-A., Wien.
- MALZER, O. & SPERL, H. (1993): Das Steirische Becken (Steiermark und Südburgenland. - Erdöl und Erdgas in Österreich, F. BRIX & O. SCHULTZ (Hrsg.), Verlag Nat.hist. Mus. Wien und F. Berger, Horn.
- MAURITSCH, H. (1975): Geophysikalische Untersuchungen an den Vulkaniten im Raum Weitendorf - Wundschuh, Steiermark. - Joanneum, Mineral. Mitteilungsbl. 42, 269-278, Graz.
- NEBERT, K. (1983): Zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten (Südweststeiermark). - Jb. Geol. B.-A., 126, 259-285, Wien.
- OBERHAUSER, R. (1980): Der geologische Aufbau Österreichs. - Geol. B.-A. (Hrsg.), Springer Verlag, Wien.
- RATSCHBACHER, L., FRITSCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O. (1991): Lateral extrusion in the Eastern Alps, 2: Structural analysis. – Tectonics, 10, 257-271; Bern.

- STEININGER, F.F. (Ed.1998): The Early Miocene Lignit Deposit of Oberdorf, N Voitsberg, in Styria, Austria. – Jb. Geol. B.-A., 140, H 4, Wien.
- TOPEREZER, M. (1940): Erdmagnetische Bodenuntersuchungen in der Südoststeiermark. – Berg- u. Hüttenm. Mh., Jg.92, H. 10/11, Wien.
- WEBER, F., SCHMÖLLER, R., FRUHWIRT, R.K. & HARTMANN, G. (1993): Ergebnisse reflexionsseismischer Messungen im Nordteil des Weststeirischen Tertiärbeckens. - Archiv f. Lagerst.forsch. Geol.B.-A., 4, Wien.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1927): Das südweststeirische Tertiärbecken im älteren Miozän. – Denkschr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., 101, 89-130, Wien.



Anschrift des Verfassers:

Em. Prof. Dr. Franz WEBER  
Institut für Geophysik  
Montanuniversität Leoben  
A-8700 Leoben.