

Elektrofazies, Geochemie und Mikrofazies ausgewählter Triasschichten (Nördliche Kalkalpen) im Untergrund des Wiener Beckens

Von Sebastian A. NICOL*

Mit 13 Abbildungen

1. Einleitung

An Triasschichten der Nördlichen Kalkalpen im Untergrund des Wiener Beckens wurden Elektrofaziesuntersuchungen an Bohrungen der ÖMV Aktiengesellschaft durchgeführt. Das Verfahren der Elektrofaziesbestimmung beruht darauf, daß die Gesamtheit der vorhandenen geophysikalischen Bohrlochmessungen mit statistischen Verfahren ausgewertet wird, um an Hand der Logreaktion die durchbohrten Schichten erkennen und zuordnen zu können. An der Schlüsselbohrung Schönkirchen-Tief 32 (ST 32) wurde das durchteufte Gestein mit Hilfe von mineralogischen, chemischen, petrophysikalischen und geologischen Untersuchungen typisiert. Die Bohrlochmessungen der besprochenen Bohrungen wurden zum überwiegenden Teil von der ÖMV-Bohrlochgeophysik durchgeführt. Von der Firma Schlumberger stammen die Dichte-, Sonic-, HDT- und SHDT-Logs sowie die Neutronmessungen in den Bohrungen ST 32 und Gänserndorf-Übertief 1.

Die Arbeitsmethodik erforderte eine Korrektur der Bohrlochmessungen, insbesondere des Neutronlogs und des Dichtelogs in kohlenwasserstoffführenden Teufenstrecken. Damit wird eine Verfälschung der gemessenen Kennwerte der Elektrofazieszonen ausgeschaltet. Desweiteren werden durch Bohrlochunebenheiten und durch hohe Tongehalte verursachte Effekte aus den Bohrlochmessungen eliminiert. Diese Korrekturen der Bohrlochmessungen erfolgten computergestützt in der Abteilung TG-Loginterpretation der ÖMV Aktiengesellschaft.

Die vom Autor herangezogenen mineralogischen, chemischen und petrophysikalischen Daten der einzelnen Bohrungen wurden ausschließlich vom ÖMV-LAP erstellt, wobei externe Gutachten für die ÖMV mitberücksichtigt wurden. Dabei handelt es sich um Dünnschliffuntersuchungen von Kernproben und Cuttings. Die mikrofazielle Charakteristik wurde bei Bohrungen ab ca. 1967 aus den LAP-Berichten entnommen, bei älteren Bohrungen stammt die Mikrofaziesterminologie vom Autor. Auch die paläontologischen Beschreibungen der Kernschliffe und des Bohrkleins wurden verwendet. Die Synthese dieser LAP-Daten mit den Ergebnissen der geologischen Untersuchungen der Abteilung TG-Geologie und deren Interpretation ist dem Autor zuzuschreiben.

Die chemischen Untersuchungen von Kernen und Cuttings durch das ÖMV-LAP lieferten folgende Daten in Prozent: den salzsäureunlöslichen Rückstand (HC₁-UR), den Glühverlust, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, Na₂O, SO₃ und P₂O₅. Im löslichen Anteil (LA) wurden oft zusätzlich die Spurenelemente Sr, Mn und Zn in ppm bestimmt. Die Klassifizierung der Karbonate aufgrund des CaO/MgO-Verhältnisses wurde mit den vom

*) Adresse des Verfassers: Dipl.-Geol. Dr. mont. Sebastian A. NICOL, c/o Creditanstalt-Bankverein, Technisches Zentrum, Julius Tandler-Platz 3, A-1091 Wien, Österreich.

ÖMV-LAP erhobenen Daten vom Autor durchgeführt. Die dabei verwendete Untergliederung erfolgte nach CHILINGAR et al. (1972). Sie umfasst schwach magnesiumhaltigen Dolomit (0,8-1,4), Dolomit (1,4-2,2), kalkigen Dolomit (2,2-4,0), dolomitischen Kalk (4,0-10,0) und schwach dolomitischen Kalk (10,0- > 50,0).

An Kernproben wurde vom ÖMV-LAP die totale und die effektive Porosität in Prozent, die Permeabilität in md und die Dichte in g/cm festgestellt.

Die Zusammenschau aller Daten, die an ÖMV-Bohrungen im Kalkalpin des Wiener Beckens gewonnen wurde, ermöglichte es, die Typisierung des Referenzprofils der ST32 weiter abzusichern. Die geographische Lage der besprochenen Bohrungen kann aus der Abb. 1 entnommen werden. Die Stratigraphie des kalkalpinen Untergrundes mit den entsprechenden Bohrprofilen ist schematisch in Abb. 2 dargestellt.

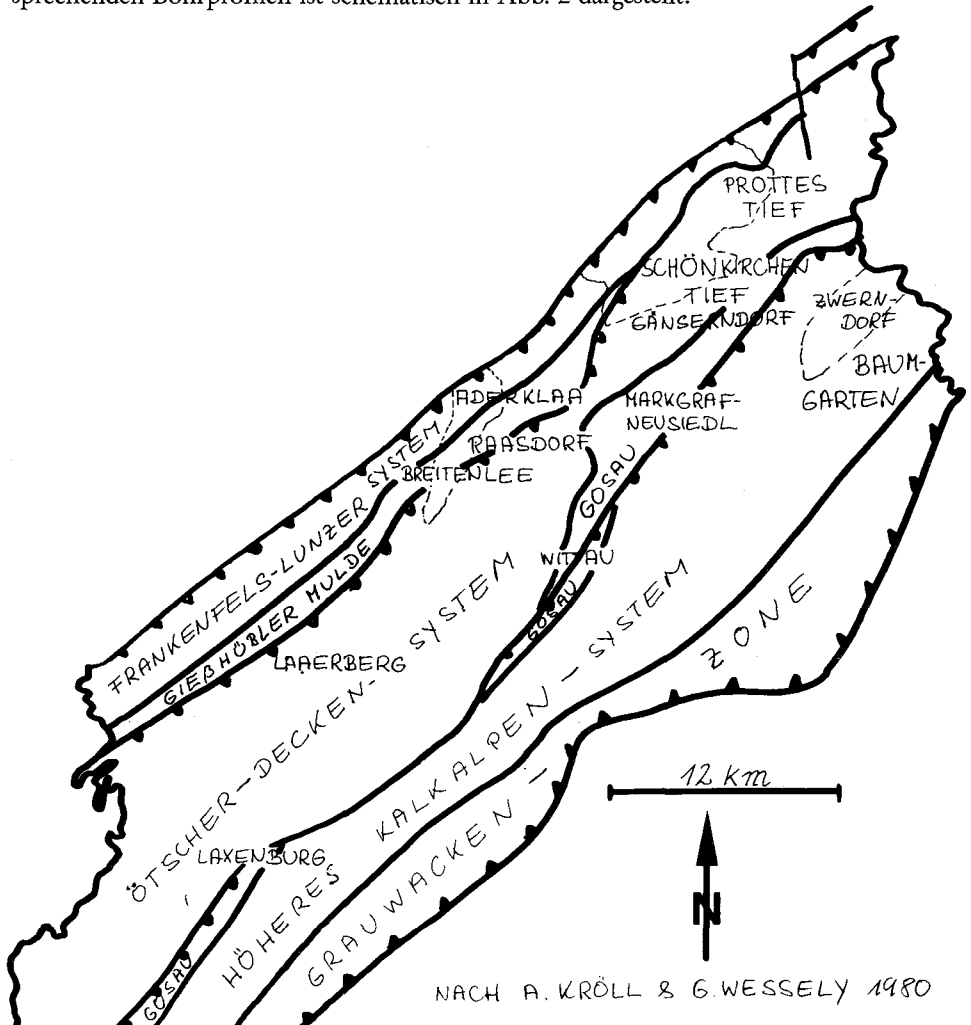
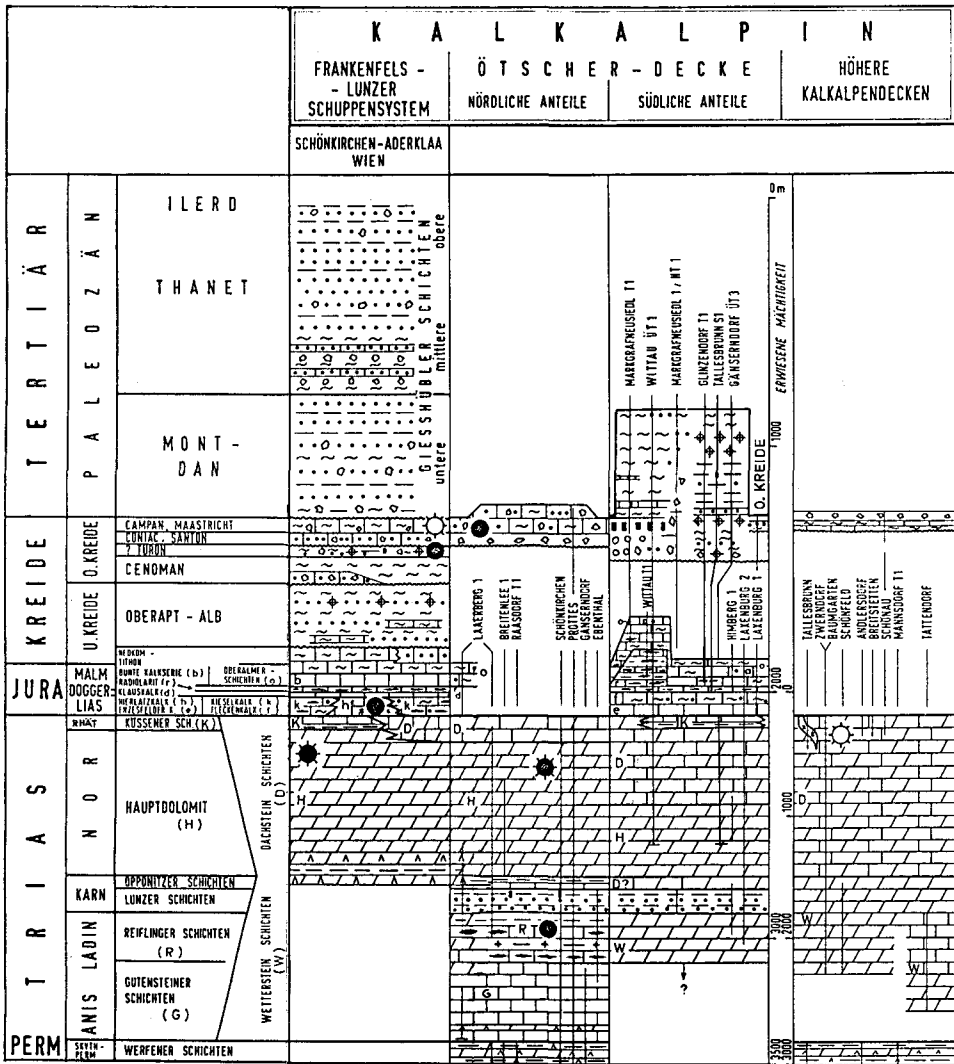


Abb. 1: Geographische Übersichtskarte des Wiener Beckens mit eingezeichneten Ortschaften der wichtigsten Bohrungen und Deckengrenzen.



L I T H O L O G I E

- | | | |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| • • Quarzarenit | ~ ~ Mergelschiefer, Mergel | ↗↘ Wechsel v. Dolomit u. Anhydrit |
| □ Kalkarenit | ▨ Mergelkalk | ■ Kohle |
| ○ Brekzie | ▩ Kalk | × × Kristallin |
| ◊ Konglomerat | ▧ Nulliporenkalk | ~ Transgression |
| ✦ Erotika | ▨ Crinoidenkalk | ☀ Gas |
| + + Tuffit | ▨ Hornsteinkalk | ☀ Gas + Öl |
| * * Pikrit, Diabas | ▨ Dolomit | ● Öl |
| • • Glaukonit | ↗↘ Wechsel v. Kalk. u. Dolomit | |
| - - Tonschiefer, Ton | ^ ^ Anhydrit | |

Autor: G. Wessely 1980
modifiziert 1991

Abb. 2: Stratigraphische Übersicht und Fazies des kalkalpinen Untergrundes.

2. Elektrofazies, Petrophysik und Geochemie der untersuchten Triasschichten gegliedert nach den Deckeneinheiten

2.1. Ergebnisse der Loguntersuchungen der einzelnen Schichten

Der geologische Bau des kalkalpinen Beckenuntergrundes mit eingezeichneten Bohrprofilen kann aus den Abb. 3 und 4 entnommen werden. Als Schlüsselbohrung für die Elektrofazieszonierung der Obertriasfolge wurde die Bohrung ST32 herangezogen, die die Ötscherdecke und die Frankenfels-Lunzer-Decke durchteuft hat (siehe das Bohrprofil in Abb. 3). Es wurde der Teufenabschnitt 5053-5423 m (FDC-Log) gewählt, der steil invers lagernden Hauptdolomit und Plattenkalk repräsentiert. Die Logsuite umfaßt die drei Porositätslogs Dichte, Neutron und Sonic sowie ein Gamma-Ray-Log und ein Widerstandslog (vgl. Abb. 5). Außerdem sind im Teufenabschnitt 5046-5480 m umfangreiche kontinuierliche Spülprobenuntersuchungen vorhanden, so daß eine Kalibrierung der Elektrofazieszonen an Hand der petrophysikalischen, mineralogischen und geologischen Eigenschaften möglich war. Die Logreaktion der einzelnen Schichtglieder wird in zwei verschiedenen Crossplots dargestellt. Einmal im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ (vgl. Abb. 7 und 9) und im Crossplot „Gamma-Ray-log vs. P-Faktor“ (vgl. Abb. 8 und 10). Der Crossplot „Sonic vs. Neutron“ entspricht der Schlumberger-Chart CP-2_{bm} (SCHLUMBERGER 1986).

2.1.1. Frankenfels-Lunzer System

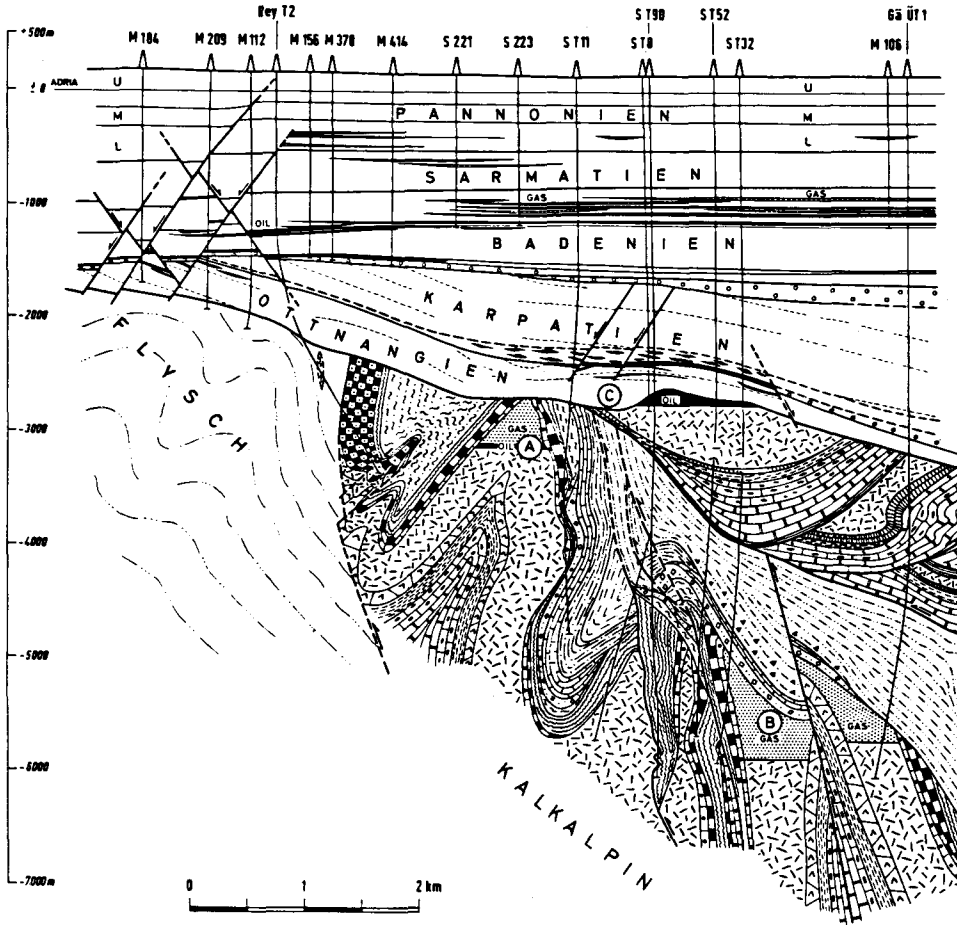
Die Obertrias des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems wurde an Hand der Bohrung ST 32 (vgl. Abb. 3) in sechs Elektrofazieszonen (EFZ) untergliedert, die in Abb. 5 und 6 dargestellt sind. Aufgrund der Logs kann der Plattenkalk (EFZ 1+2) vom Hauptdolomit getrennt werden. EFZ 1 zeichnet sich durch geringere Dichte (2,75 g/cm³) und ruhigen Gamma-Ray-Verlauf zwischen 0-20 API mit geringer Kurvenaktivität aus. Die Sonicleufzeit um 160 us/m ist typisch. Die Logreaktion in EFZ 1 ist auf die geochemische Zusammensetzung zurückzuführen. Es handelt sich um einen dolomitischen Kalk mit wenig kalkigen Dolomiteinschaltungen, der zwar geringmächtige Tonzwischenlagen besitzt, aber wesentlich weniger radioaktive Substanzen enthält.

Der liegende Anteil des Plattenkalkes (EFZ 2) weist erhöhte Gamma-Ray-Aktivität (10-35 API), höhere Dichte (um 2,80 g/cm³) und Sonicleufzeit um 170 us/m auf. Die höhere Dichte ist auf den höheren Magnesiumkarbonatgehalt zurückzuführen. Das Gestein ist ein kalkiger Dolomit, der mit Ton- und Mergellagen rhythmisch wechsellagert und erhöhte Kalziumsulfatgehalte besitzt. Diese Schichtensequenz bedingt die erhöhte Gamma-Ray-Aktivität und damit korrelierend erhöhte Neutronporosität (10-20%).

Der Hauptdolomit ist durch höhere Dichte und erhöhte Gamma-Ray-Aktivität von 10-100 API ausgezeichnet. Die Sonicleufzeit ist mit 170-175 us/m relativ konstant und ist nur im Bereich von ausgekesselten Tonmergellagen oder Mylonitzonen stark erhöht. Der Obere Hauptdolomit (EFZ 3), ein kalkiger Dolomit, weist sehr hohe unlösliche Rückstandswerte bis zu 45% und eine Dichte von 2,84 g/cm³ auf. Der Mittlere Hauptdolomit (EFZ 4+5), überwiegend Dolomit, hat nur bis 10% unlöslichen Rückstand und besitzt eine Dichte um 2,82 g/cm³. In EFZ 3 bedingt der höhere Tongehalt die höhere Dichte. In EFZ 4 ist die Gamma-Ray-Aktivität mit 10-50 API wesentlich höher als in EFZ 3 (10-30 API), obgleich der Obere Hauptdolomit (EFZ 3) durch wesentlich höheren Tongehalt gekennzeichnet ist. Im Hauptdolomit lassen sich die Schwerminerale Zirkon, Rutil und

NW

SE



n. A. KRÖLL, W. KROBOT, G. WESSELY 1980

A, B Kalkalpeninterne Lagerstätten

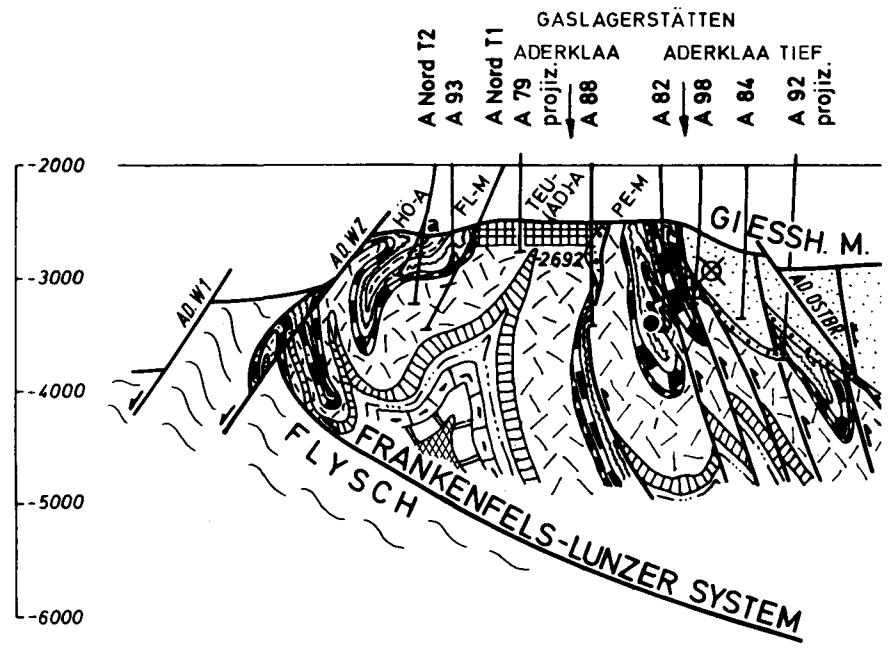
C Kalkalpenrelieflagerstätten
("burial hill")

- Flysch
- Paleozän
- Maastricht
- Campan
- Coniac-Santon
- Turon-Cenoman

- Oberapt-Untercenoman
- Neokom
- Lias, Dogger, Malm
- Lias in Beckenfazies
- Kössener Schichten
- Hauptdolomit

- Opponitzer Schichten
- Lunzer Schichten
- Reiflinger Schichten
- Wettersteindolomit
- Gutensteiner-, Steinalm-, Reichenhaller Schichten
- Werfener Schichten, Haselgebirge

Abb. 3: Geologischer Schnitt durch den Beckenuntergrund von Schönkirchen.



| | |
|--|-----|
| HÖ-A Höllestein Antiklinale | GAS |
| FL-M Flössel-Mulde | ÖL |
| TEU-(AD)-A Teufelstein(Aderklaaer) Antiklinale | |
| PE-M Perchtoldsdorfer Muldenzone | |

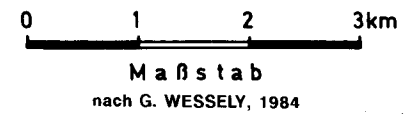
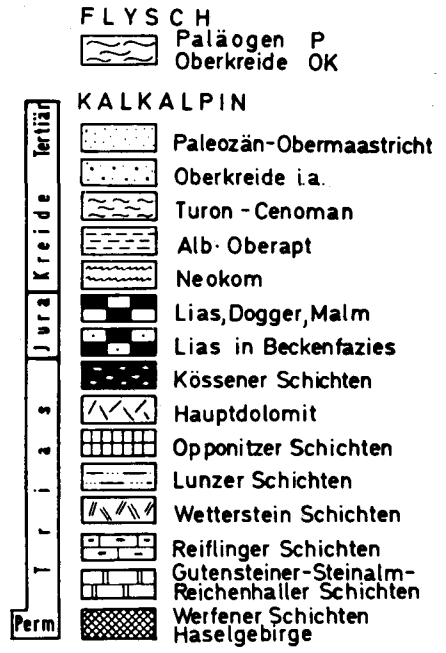


Abb. 4: Geologischer Schnitt durch den Beckenuntergrund von Aderklaa.

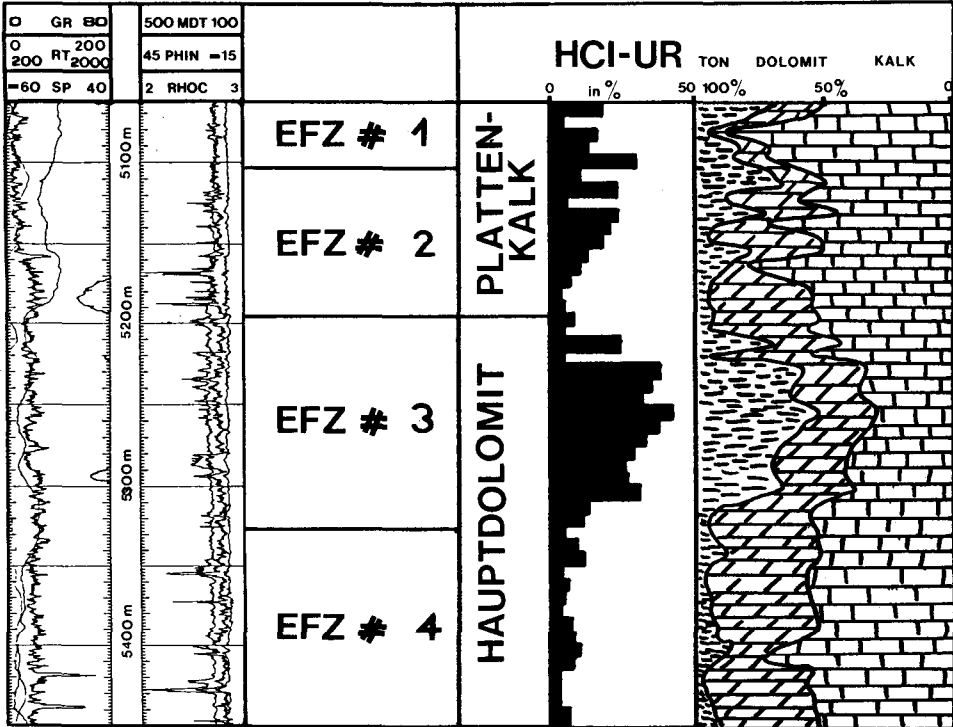


Abb. 5: Elektrofazieszonierung der Hauptdolomit-Plattenkalk-Folge im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem. Referenzprofil der Bohrung SCHÖNKIRCHEN-TIEF 32, Teufenstrecke 5033-5423 m, FDC-Log. Links ist die Logsuite dargestellt, daneben die Untergliederung in Elektrofazieszonen (EFZ), rechts der unlösliche Rückstand in Prozent und die mineralogischen Bestandteile Kalk, Dolomit und Ton in Prozent.

Phosphatverbindungen durch petrographische und geochemische Untersuchungen nachweisen, die die höhere Gamma-Ray-Aktivität verursachen.

Der liegende Anteil des Hauptdolomites (EFZ 5+6) wurde aus der Bohrung PROTTEST-ÜT 1 (5209-5815 m HDT-Log) rekonstruiert, bei der es keine umfassende Logkombination gibt, dafür aber gute geochemische Analysen (5295-5815 m) durchgeführt wurden. Dem Gamma-Ray-Log und dem Sonic-Log ist zu entnehmen, daß der Untere Hauptdolomit durch erhöhte Gamma-Ray-Werte und eine Sonielaufzeit um 170 us/m charakterisiert ist. Mineralogisch handelt es sich um Dolomit.

Die Charakterisierung der Schichten im Frankenfels-Lunzer-System mit den Crossplots „Sonic vs. Neutron“ (vgl. Abb. 7) und „Gamma-Ray vs. P“ (vgl. Abb. 8) zeigt charakteristische Punktverteilungen. Die Profilschnitte der beschriebenen Bohrungen ADERKLAA-NT 2 und ADERKLAA 98 sind aus Abb. 4 ersichtlich.

Im nördlichen Bereich des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems im Raum Aderklaa kann in der Bohrung ADERKLAA-NORD-TIEF 2 (3195-3410 m BHC-Log) der Hauptdolomit in einen oberen, mittleren und unteren Anteil unterschieden werden. Das GR reicht von 30-160 API, die Neutronporosität liegt bei 3-21 %, die Sonielaufzeit erreicht 140-260 us/m

| ELEKTROFAZIELLE UND PETROPHYSIKALISCHE MERKMALE IM FRANKENFELS-LUNZER SYSTEM | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------|-----------|-------------|------------------------------|-----------------------|-------------|---------|--------------------------------|
| | | | GR in API | ϕ in % | dt in $\mu\text{s}/\text{m}$ | R in Ωm | ϕ in % | k in md | rhob in g/cm^3 |
| | | EFZ 1 | 0-20 | 5-13 | 150-175 | 200-600 | 3-4 | 1-3 | 2.73-2.77 |
| | PLATTENKALK | EFZ 2 | 10-35 | 10-20 | 150-180 | 150-350 | 1-2 | 0,3-1,3 | 2.78-2.82 |
| | | EFZ 3 | 10-30 | 5-15 | 150-180 | 200-300 | 6-8 | 2-8 | 2.75-2.84 |
| | HAUPTDOLOMIT | EFZ 4 | 10-50 | 5-20 | 140-190 | 300-500 | 5-6 | 1-5 | 2.78-2.84 |
| | | EFZ 5 | 60-80 | - | 155-165 | - | 4-5 | 2-5 | - |
| | | EFZ 6 | 70-100 | - | 150-170 | - | 2-4 | 2-4 | - |

Abb. 6: Loganalytische und petrophysikalische Merkmale des Plattenkalkes und Hauptdolomites im Frankenfels-Lunzer-System.

(vgl. Abb. 7). Im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ (Abb. 8) plottet der Hauptdolomit zwischen der Kalk- und Dolomitlinie mit Porositäten bis zu 10%. Die Tonminerale sind an der Südost-Ausbauchung mit Neutronporositäten von 10-30% und einer Sonicaufzeit von 140-240 $\mu\text{s}/\text{m}$ (vgl. Abb. 7) erkennbar. Die GR-Werte für Tonminerale liegen bei > 64 -160 API und sind an diskrete Lagen gebunden, die im mittleren Anteil konzentriert sind. Die Matrixlaufzeit für den Hauptdolomit beträgt 150 $\mu\text{s}/\text{m}$. Im Crossplot „GR vs. P“ liegen die Tonminerale zwischen 0,16 und 0,19, die tonärmeren Partien zwischen 0,18-0,20 (vgl. Abb. 8).

Im südlichen Bereich des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems in der Bohrung ADER-KLAA 98 (3138-3350 m BHC-Log) liegt im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ (vgl. Abb. 7) der Plattenkalk zwischen der Kalk- und Dolomitlinie. Diskrete Tonmergellagen mit Gamma-Ray-Werten bis maximal 64 API sind zwischengeschaltet. Die Porosität beträgt zwischen 0-12%, die Matrixlaufzeit des Plattenkalkes 150-151 $\mu\text{s}/\text{m}$. Der Hauptdolomit reicht über die Kalklinie mit einer Porosität von 0-10%. Die mehr kalkigen Partien sind im oberen Anteil des Hauptdolomites konzentriert, und zwar in den oberen 50 m in Wechsellagerung mit dolomitischen Partien. Der Crossplot „GR vs. P“ (vgl. Abb. 8) weist eine ähnliche Verteilung auf wie im nördlichen Bereich.

2.1.2. Ötscher-Deckensystem

Schichten des Nördlichen Ötscher-Deckensystems werden von den Bohrungen GÄNSERNDORF ÜT 1b, GÄNSERNDORF ÜT 3 und RAASDORF-T 3 durchteuft (vgl. Lage der Bohrungen in Abb. 1, Stratigraphie der erbohrten Schichten in Abb. 2). In der Bohrung GÄNSERNDORF-UT 1b wurde von 5817-5958 m Plattenkalk und bis Endteufe 6216 m Hauptdolomit erbohrt. Der Plattenkalk zeigt im Histogramm für das Gamma-Ray Werte zwischen 10-40 API mit einem peak bei 24 API. Der Hauptdolomit liegt zwischen 8-50 API. Die Neutronporosität reicht im Plattenkalk von 3-20%, im Hauptdolomit von 2-16%. In der Chart „Sonic vs. Neutron“ (vgl. Abb. 7) plottet der Plattenkalk sauber zwischen der Kalk- und Dolomitlinie mit bis zu 10% Porosität. Im „GR vs. P“-Crossplot (vgl. Abb. 8) deckt der Hauptdolomit einen wesentlich größeren Bereich als der Plattenkalk ab. Dies kann mit dem höheren unlöslichen Rückstandsgehalt, Kalziumsulfat, Pyrit, Limonit und mit Tonmineralen korreliert werden. Die Punktkonzentrationen liegen beim Plattenkalk zwischen 0,20-0,21, beim Hauptdolomit zwischen 0,21-0,22. Der höhere Anhydrit- und Tonmineralgehalt läßt sich auch an der Form der Punktwolke im „Sonic vs.

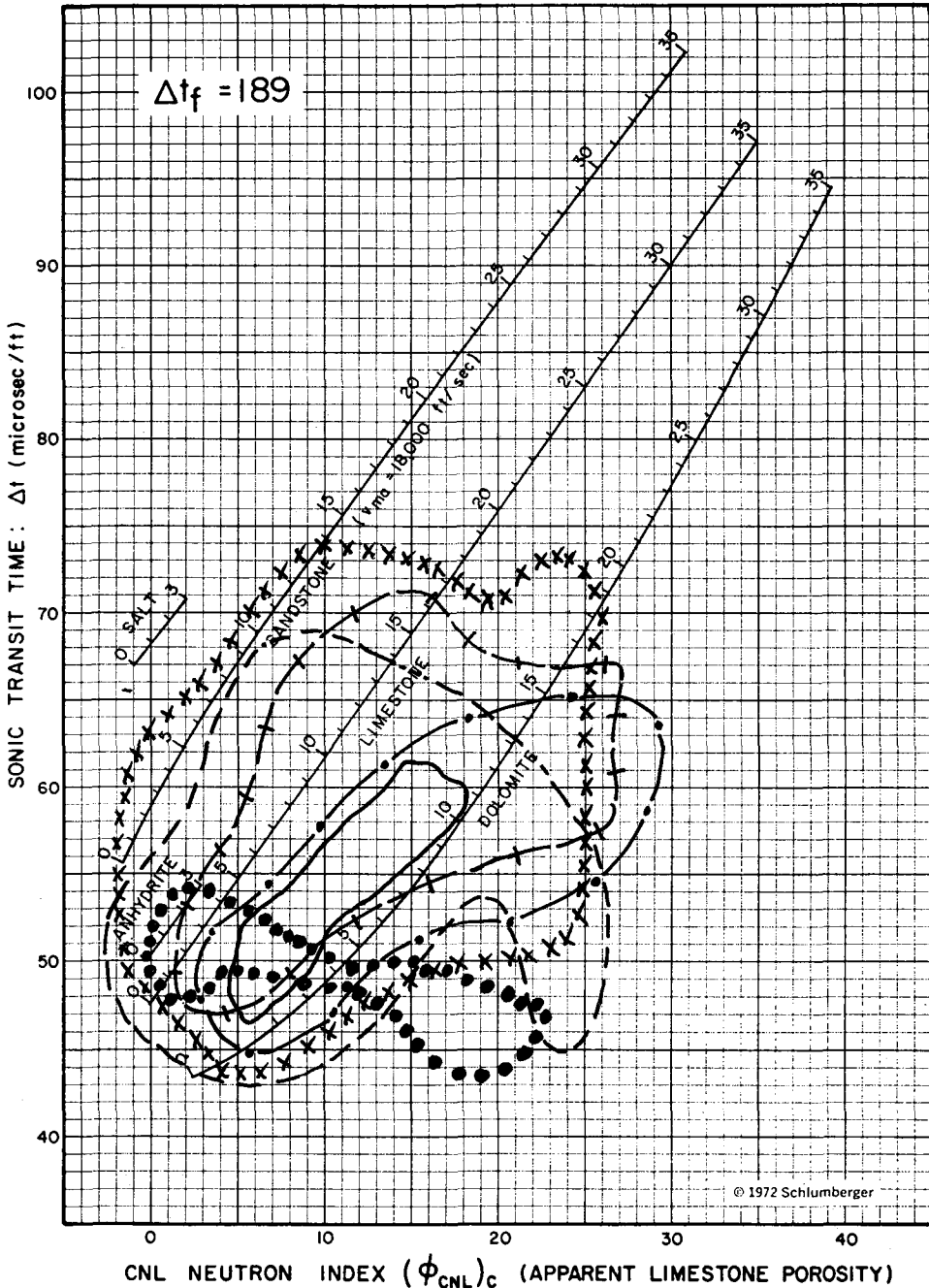
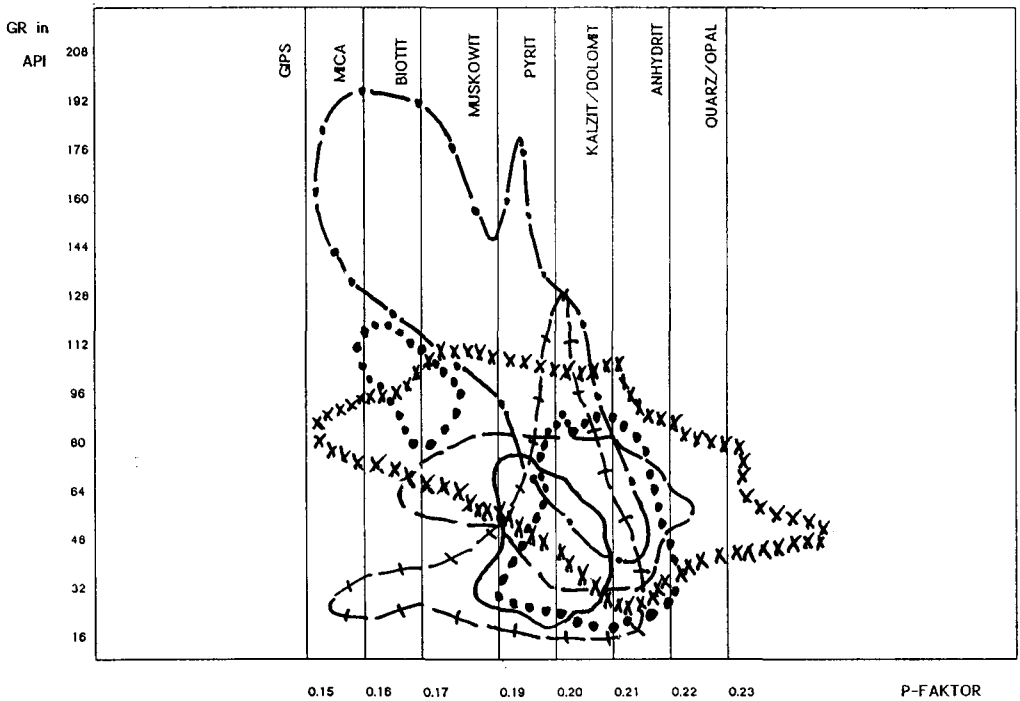


Abb. 7: Crossplot „Sonic vs. Neutron“ für die Obertriasschichtglieder. Der Crossplot beruht auf der Schlumberger-Chart (SCHLUMBERGER 1986) zur Porositätsbestimmung und Lithologiedefinition. Erläuterung der Signatur s. Abb. 8.



LEGENDE:

- *xxxxxxxxxxxxxxxxx KÖSSENER SCHICHTEN
- RH'AT
- PLATTENKALK S'FLD
- HAUPTDOLOMIT N'FLD
- + + + + + HAUPTDOLOMIT S'FLD
- HAUPTDOLOMIT 'O'D

Abb. 8: Crossplot „Gr vs. P-Faktor“ für die Obertriasschichtglieder. Der P-Faktor berechnet sich aus der Neutronporosität (PHIN) und der Sonielaufzeit (MDT): $P = (100 - PHIN) / (620 - MDT)$. Die einzelnen Schichtglieder zeigen charakteristische Punktverteilungen.

GR“-Crossplot für den Hauptdolomit erkennen. Soniclauftzeiten bis maximal 205 us/m korrelieren mit Neutronporositäten bis zu 35% und können als diskrete Zwischenlagen lokalisiert werden.

In der Obertrias der Ötscherdecke in der Bohrung GÄNSERNDORF-ÜT 3 (5295-5570 m BHC-Log) plottet der Hauptdolomit im „Sonic vs. Neutron“-Crossplot (vgl. Abb. 7) zwischen der Kalk- und Dolomitlinie. Die Porosität erreicht 4-5%, Tonminerale sind mit GR-Werten bis 80 API, Neutronporosität von 10-25% und Soniclauftzeit von 162-170 us/m gekennzeichnet. Der Crossplot „GR vs. P“ (vgl. Abb. 9) weist die erbohrte Schichtfolge als Hauptdolomit aus.

Im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ der Bohrung RAASDORF-TIEF 3 (3236-3646 m BHC-Log, vgl. Abb. 9) plotten die Werfener Schichten zwischen der Sandstein- und Kalklinie und Anhydrit. Parallel zur Kalklinie treten sehr hohe GR-Werte auf. Um 180 us/m und 5-25% liegt eine Punktwolke mit erhöhten GR-Werten. Die Mehrzahl der Punkte plottet auf der Sandsteinlinie zwischen 5-10% Porosität. Die nach Osten reichende Punktwolke wird als Gips mit Neutronporositäten bis 25% (CURIAL 1988) interpretiert. Die Punkte lassen sich dezimeter- bis metermächtigen diskreten Lagen zuordnen. Der „GR vs. P“-Crossplot (vgl. Abb. 10) zeigt eine Punktwolke zwischen 0,18-0,25 mit GR-Werten bis 144 API. In RAASDORF-TIEF 3 (4003-4159 m BHC-Log) wurden Permoskyth und Werfener Schichten tektonisch eingeschuppt. Diese Schichten liegen im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ zwischen der Sandsteinlinie und der Dolomitlinie. Der Anhydrit-Matrixpunkt zeigt eine hohe Punktkonzentration. Aus dem Crossplot können die mineralogischen Hauptbestandteile des Permoskyth entnommen werden: Anhydrit, Quarz, Kalzit, Dolomit, Muskowit, Biotit, eventuell auch Salzbeimischung. Die Porosität liegt bei 0-15%. Der „GR vs. P“-Crossplot ist ein Beispiel für die Nützlichkeit dieser Methode in der Praxis bei der Zuordnung partiell erbohrter Schichtfolgen. Die geschuppten Werfener Schichten sind an der charakteristischen Punktverteilung zu erkennen und können somit besser zugeordnet werden.

Im südlichen Anteil des Ötscher-Deckensystems haben die Bohrungen WITTAU-ÜT 1 Kössener Schichten und die Bohrung MARKGRAFNEUSIEDL-NT 1 Rhät Schichten, Opponitzer Schichten und Lunzer Schichten angetroffen (vgl. Abb. 2).

Die Kössener Schichten der Bohrung WITTAU-ÜT 1 (5240-5705 m SHDTLog) liegen im „Sonic vs. Neutron“-Crossplot (vgl. Abb. 7) zwischen der Sandstein-, der Kalk- und der Dolomitlinie, wobei hohe GR-Werte Punktwolken nach NW und SE erzeugen. Die Karbonate, bestehend aus Kalk und tonigem Kalk, plotten zwischen der Sandstein- und Dolomitlinie. Die Kalke weisen eine Matrixgeschwindigkeit von ca. 162-164 us/m auf. Es handelt sich um bioclastic grainstone und packstone und organogene rud-/floatstones. Die kalkigen Dolomitpartien mit Mergeln plotten zwischen der Kalk- und Dolomitlinie, die Matrixlauftzeit beträgt 151 us/m. Die Porositäten liegen zwischen 0-10%. Die Tonsteine und mergeligen Partien verursachen zwei charakteristische Punktwolken, die durch GR-Werte zwischen 60-80 API gekennzeichnet sind. Im „GR vs. P“-Crossplot (vgl. Abb. 8) liegen die Punktmaxima zwischen der Kalzit- und Quarzlinie mit GR-Werten um 32 API. Anhydrit tritt in den Kössener Schichten an Klüften auf. Die Punkte größer als 0,24 sind als diskrete Zwischenlagen an die mergeligen bis tonigen Partien gebunden.

Die Rhät-Schichten der Bohrung MARKGRAFNEUSIEDL-NORD-TIEF 1 (3187-3260 m BHC-Log) können aufgrund des „GR vs. P“ (vgl. Abb. 8) – und des „Sonic vs. Neutron“-Crossplots (vgl. Abb. 6) lithologisch mit den Kössener Schichten verglichen werden. An Hand der Logcharakteristik ist die Zuordnung der Rhät-Schichten sehr gut möglich.

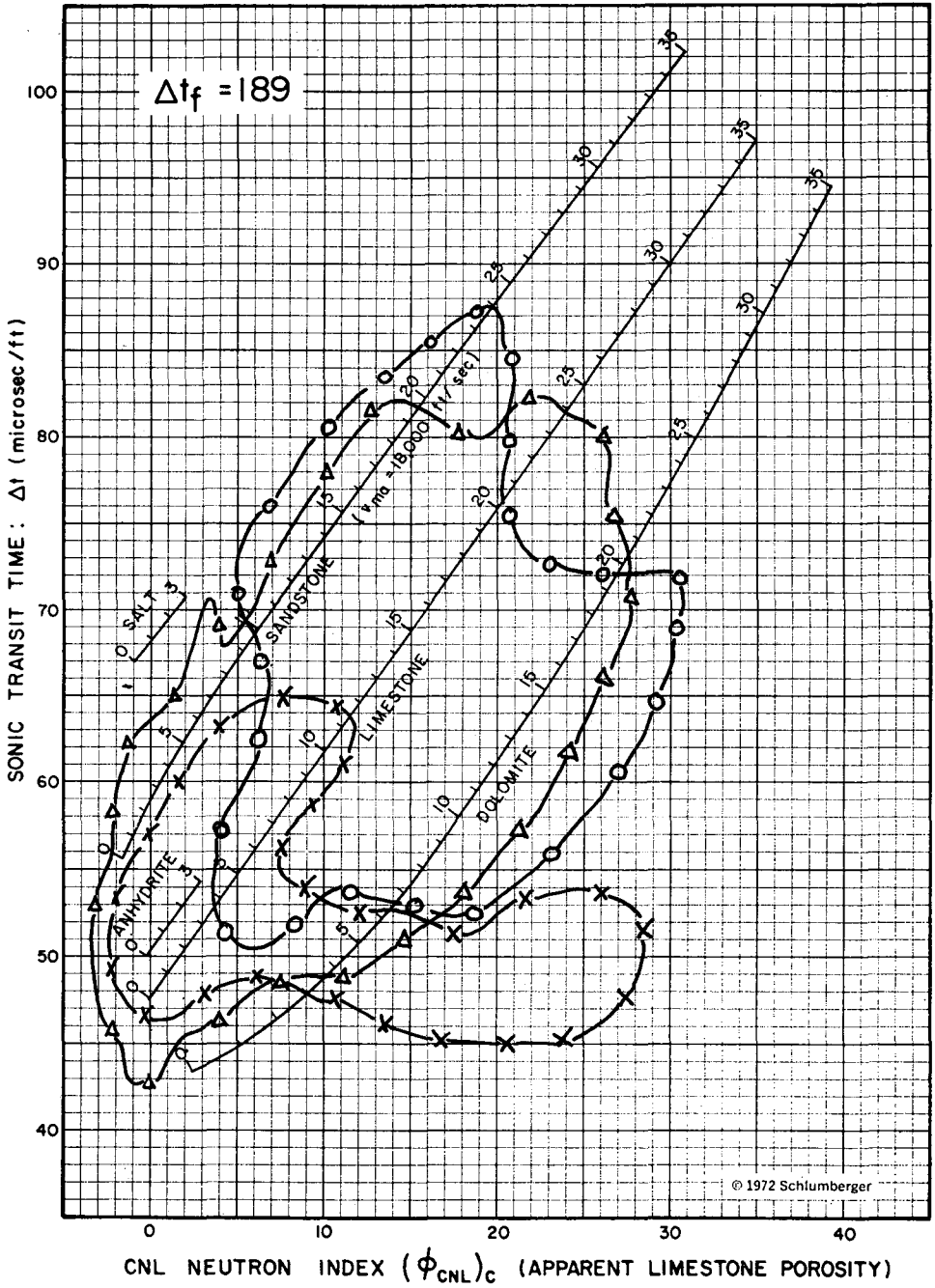
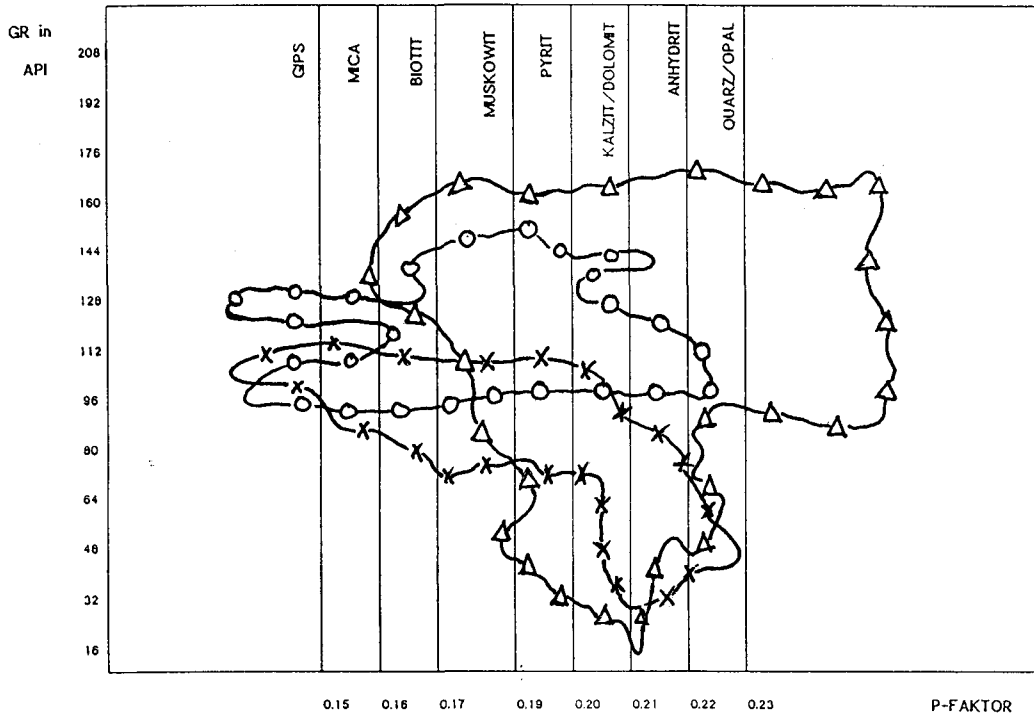


Abb. 9: Crossplot „Sonic vs. Neutron“ für die Opponitzer, die Lunzer und die Werfener Schichten. Erläuterung der Signatur s. Abb. 10.



LEGENDE:

- x—x—x—x—x **OPPONITZER SCHICHTEN**
- o—o—o—o—o **LUNZER SCHICHTEN**
- Δ—Δ—Δ—Δ—Δ **WERFENER SCHICHTEN**

Abb. 10: Crossplot „GR vs. P-Faktor“ für die Opponitzer, die Lunzer und die Werfener Schichten.

Die Opponitzer Schichten liegen im „Sonic vs. Neutron“-Crossplot (vgl. Abb. 9) zwischen der Sandstein- und Kalklinie mit einer Ausbauchung zur Dolomitlinie hin. Die Porosität reicht bis ca. 6%. Die Streuung der Punkte in Richtung höherer Neutronporositäten (15-40%) und bis 240 us/m ist hier typisch. Die hohen Neutronporositäten und Sonielaufzeiten sind mit GR-Werten von 70-100 API verbunden, wodurch diese Bereiche als Evaporithorizonte in Betracht kommen. Im Crossplot „GR vs. P“ (Abb. 10) sind die evaporitischen Bereiche durch Sonielaufzeiten von 164-172 us/m gekennzeichnet. Die Ausbuchtung im Bereich 0,14-0,16 ist ein markantes Merkmal dieses Schichtgliedes.

Im Crossplot „Sonic vs. Neutron“ der Lunzer Schichten (vgl. Abb. 9) lassen sich zwei Bereiche unterscheiden. Zwischen der Sandstein- und der Kalksteinlinie plotten die Punkte mit zur Kalksteinlinie hin zunehmenden GR-Werten, die zwischen der Kalk- und der Dolomitlinie maximal 120 API erreichen. Auf der Sandsteinlinie plotten die Punkte mit sehr geringen GR-Werten (64-80 API) und mit Porositäten zwischen 10-25%. Diese Punkte lassen sich als metermächtige diskrete Sandsteinlagen identifizieren, die mit Tonsteinen wechsellagern. Punkte zwischen der Kalklinie und der Dolomitlinie werden durch dolomitischen Zement verursacht. Die Mehrzahl der Punkte mit nach Westen zunehmendem GR (64-120 API) läßt sich Tonstein und mergeligem Tonstein zuordnen. Die Matrixlaufzeit für tonige Sandsteine beträgt 180-184 us/m, die für karbonatische Sandsteine ca. 163 us/m. Im „GR vs. P“-Crossplot (vgl. Abb. 10) können Sandstein und Tonstein unterschieden werden. Der hohe Tonmineralgehalt mit Neutronporositäten von 30-50% ist typisch.

2.2. Geochemische Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Schichtglieder

Im folgenden werden die geochemischen Parameter CaO/MgO-Verhältnis, Salzsäure-unlöslicher Rückstand (UR) sowie die Spurenelemente Strontium und Mangan für die drei Deckeneinheiten (vgl. dazu Abb. 11) dargestellt.

| GEOCHEMISCHE EIGENSCHAFTEN DER DREI DECKENEINHEITEN IM BECKENUNTERGRUND | | | | | | |
|---|------------|---------------------------------------|---------|--------------------|---------|--|
| | | | FLS | ÖD | HKD | |
| | CaO/MgO | | 1.4-2.4 | 1.4-1.6 | 1.5-8.0 | |
| | LITHOLOGIE | | DOLOMIT | DOLOMIT | KALK | |
| | UR in % | | 5-20% | 2-8% | 1-10% | |
| | Sr in ppm | PLATTFORMKARBONATE BECKENSEDIMENTE | 150-300 | 100-150 200-900 | 180-250 | |
| | Mn in ppm | PLATTFORMKARBONATE BECKENSEDIMENTE | 100-200 | 30-50 600 | 60-100 | |

Abb. 11: Geochemische Eigenschaften der drei kalkalpinen Deckeneinheiten im Beckenuntergrund.

2.2.1. Frankenfels-Lunzer System

Der Crossplot „Sr vs. UR“ für das Frankenfels-Lunzer-Deckensystem zeigt, daß mit hohen UR-Gehalten eher niedrige Sr-Werte verbunden sind. Der Crossplot „Sr vs. CaO/MgO“ läßt erkennen, daß im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem hohe Sr-Werte an kalkige Dolomite oder dolomitische Kalke gebunden sind. Reine Dolomite (1.4-2.0) weisen bis ca. 300 ppm Sr auf. Aus dem Crossplot „Zink (Zn) und Mangan (Mn) vs. UR“ ist zu ersehen, daß höhere Zn- und Mn-Gehalte mit höheren UR-Gehalten zusammenhängen. Der Mn-Gehalt liegt im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem bei 100-200 ppm.

2.2.2. Ötscher-Deckensystem

Die Untersuchungsergebnisse des Hauptdolomites des Ötscher-Deckensystems werden ausführlich dargestellt. Als Referenzprofil dient hier der Teufenabschnitt 2930-3292 m und 3330-3390 m (GR-Log) der Bohrung ST 32. Der Vergleich von ausgewählten geochemischen Logs mit dem GR-Log (Abb. 12) zeigt folgende Merkmale: 1) Phosphat (P_2O_5), Sulfat (SO_3), Manganoxid (MnO) und Strontium (Sr) haben bei $CaO/MgO > 1,5$ höhere Werte. 2) Aluminiumoxid (Al_2O_3), Eisenoxid (Fe_2O_3) und MnO weisen von 2930-3000 m Extremwerte auf. 3) Hohe MnO -, Fe_2O_3 - und Al_2O_3 -Gehalte sind an hohe UR-Werte gebunden. 4) Das CaO/MgO -Verhältnis korreliert nicht mit dem UR. 5) Sr korreliert nicht mit dem UR. Höhere Sr-Gehalte sind oft an ein höheres CaO/MgO -Verhältnis gebunden. Der durch charakteristische GR-peaks (40-80 API) gekennzeichnete Teufenabschnitt 2930-3000 m in der ST 32 findet sich in den Bohrungen SCHÖNKIRCHEN-TIEF 90 (ST90), SCHÖNKIRCHEN-TIEF 32 (ST 32), GÄNSERNDORF-ÜBERTIEF 1 (GÄÜT1) und PROTTES-ÜBERTIEF 1 (PTÜT1) wieder (vgl. Abb. 13). Diese Zone läßt sich im Hauptdolomit des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems weiterverfolgen (siehe Kapitel 2.4.).

Mit Hilfe der geochemischen Laboruntersuchungen des Hauptdolomites in der Bohrung ST 32 können die festgestellten typischen GR-peaks auf erhöhte Schwefeltrioxidgehalte in Form von Gips oder Anhydrit zurückgeführt werden. Geochemische Analysen des unlöslichen Rückstandes im Hauptdolomit belegen hohe Natriumoxidkonzentrationen (1,2-1,3 %) und Kaliumoxidkonzentrationen (5,0-6,0 %). Das Schwermineralspektrum wird durch Zirkon und Rutil dominiert. Erhöhte P_2O_5 -Gehalte weisen auf Phosphatverbindungen in organischer Substanz hin, die vor allem an Karbonate (ATLAS 1987) gebunden sind. Das Isotop Kalium 40, das in Evaporiten konzentriert ist, das Isotop Thorium 232, das in Schichtsilikaten und Schwermineralen angereichert ist und das Isotop Uran 232, welches in Karbonaten, Phosphaten, Zirkon und absorbiert in Schichtsilikaten vorhanden ist, verursachen die erhöhte Radioaktivität in der beschriebenen Profilstrecke.

2.3. Diskussion und Interpretation der Loganalysen, petrophysikalischen und geochemischen Daten im Gesamtkontext des Deckenbaus

Aus den durchgeführten Loganalysen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Der Plattenkalk kann im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem aufgrund der Logreaktion des Dichte-Logs, des Sonic-Logs und des Gamma-Ray-Logs vom Hauptdolomit abgetrennt werden.

Die obertriadische Hauptdolomit-Plattenkalk-Folge wurde in sechs Elektrofazieszonen untergliedert (vgl. Abb. 2 und 3).

Der Hauptdolomit im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem weist extrem hohe Gamma-Ray-Werte bis 180 API auf. In den südlich anschließenden Deckensystemen liegen die Gamma-Ray-Werte maximal bei 60-70 API.

Die Triaskarbonate sind durch komplexen chemischen Aufbau mit Kalzit, Dolomit, Quarz, Anhydrit, Biotit und Muskowit als Komponenten gekennzeichnet. Diese Differenzierung der mineralogischen Bestandteile der Gesteine ermöglichte der Crossplot „Gamma-Ray vs. P^* “ (vgl. Abb. 8 und 10). Anhydrit, Dolomit, Pyrit und Limonit sind als diagenetische Bildungen allen untersuchten Triasgesteinen eigen.

Die effektive Porosität ist im Ötscher-Deckensystem mit 1-10% am höchsten, im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem liegt sie bei 1-4%, im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem bei

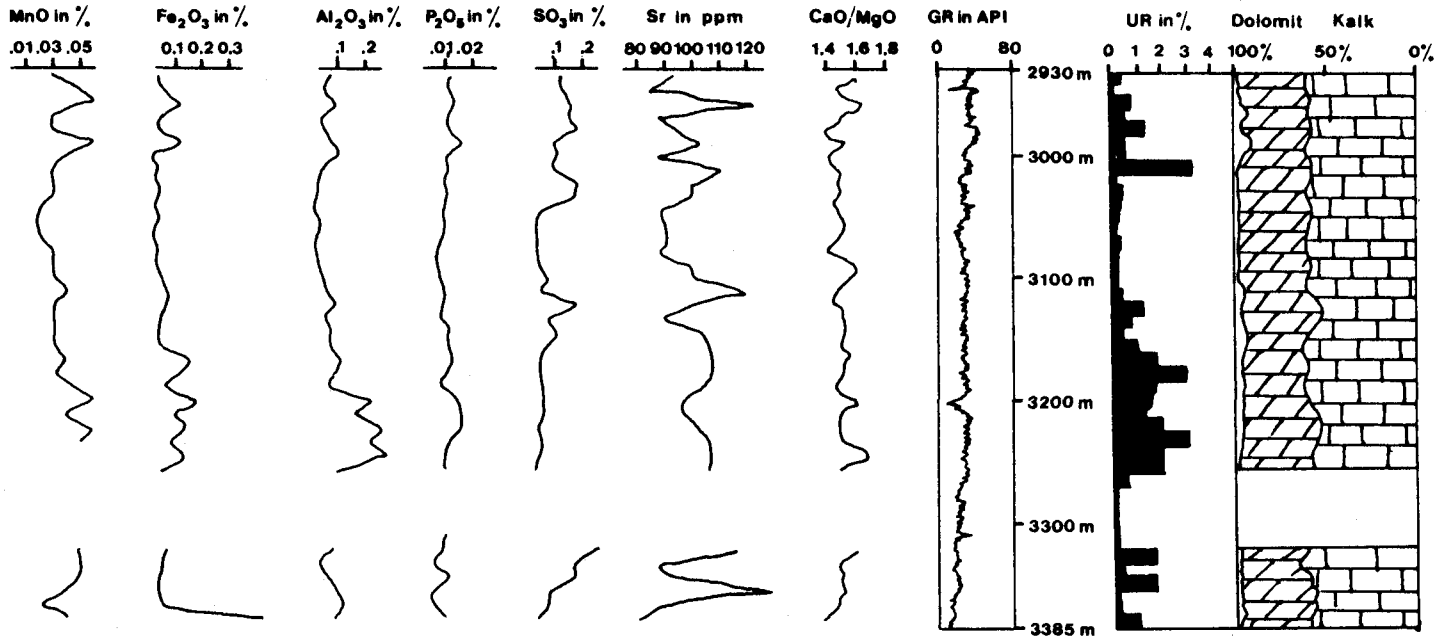


Abb. 12: Basale Hauptdolomitfolge in der Bohrung SCHÖNKIRCHEN-TIEF 32 (2930-3385 m GR-Log). Die GR-Aktivität korreliert mit geochemischen Analysen des unlöslichen Rückstandes. Der unlösliche Rückstand (UR) ist in Prozent (Skala 0-5%) angegeben. Der Kalkanteil (Mauersteinsignatur) und der Dolomitanteil (schräge Mauersteinsignatur) sind rechts dargestellt.

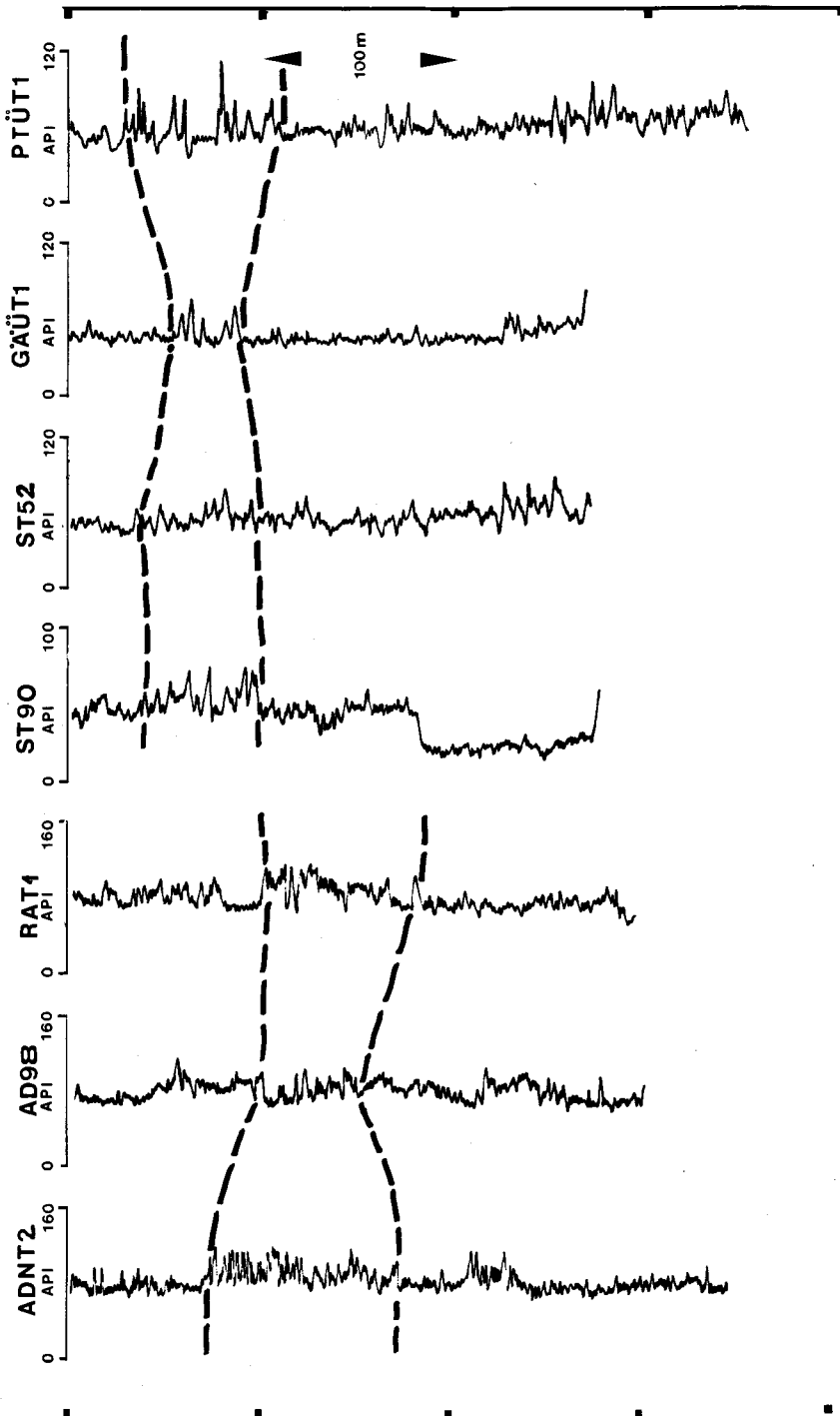


Abb. 13: Korrelation des GR-Logs in der Hauptdolomit-Plattenkalk-Folge des Frankenfels-Lunzer und des Ötcher-Deckensystems. Ein Evaporit-horizont im Hauptdolomit verursacht ein charakteristisches Muster (GR-peak-Zone). Der Markerhorizont ist mit gestrichelten Linien zwischen den Bohrungen ADERKLA-NORD-TIEF 2 (ADNT 2), ADERKLA 98 (AD 98), RAASDORF-TIEF 1 (RAI 1), SCHÖNKIRCHEN-TIEF 90 (ST 90), SCHÖNKIRCHEN-TIEF 52 (ST 52), GÄNSERNDORF-ÜBERTIEF 1 (GÄUT 1) und PROTTES-ÜBERTIEF 1 (PTÜT 1) eingezeichnet.

1-5 %. Die Permeabilität schließlich ist mit 1-20 md im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem am höchsten und nimmt bis ins Höhere-Kalkalpen-Deckensystem ab. Als Ursache hierfür ist wohl die intensive tektonische Deformation an der Überschiebungsfront der Kalkalpen anzusehen.

Die Matrixdichte des Hauptdolomites, d. h. die Dichte des Gesteins mit der Porosität 0,0% beträgt 2,85 g/cm. Die tatsächliche Dichte der ober- und mitteltriadischen Dolomite liegt zwischen 2,84 und 2,86 g/cm. Reine Dolomite mit einem CaO/MgO-Verhältnis von 1,4-2,2 sind in der stratigraphischen Triasabfolge auf den Hauptdolomit, den Wettersteindolomit und den Gutensteiner Dolomit beschränkt.

Ein Vergleich der geochemisch-petrophysikalischen Daten der drei Deckensysteme zeigt folgende Charakteristika:

Das CaO/MgO-Verhältnis für Obertriaskarbonate (vgl. Abb. 11) beträgt im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem 1,4-2,4, nimmt ab auf 1,4-1,6 im Ötscher-Deckensystem und steigt an auf 1,5-8,0 und 20,0-100,0 im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem. Der Hauptdolomit des Ötscher-Deckensystems ist reiner Dolomit, im Norden schalten sich zunehmend kalkige Dolomite ein, im Süden dominiert Kalkstein und schwach dolomitischer Kalk mit kalkigen Dolomiteinschaltungen.

Für die Mitteltrias ist im Ötscher-Deckensystem und im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem eine einheitliche Verteilung mit Dolomitgesteinen (CaO/MgO 1,4-1,7) und Kalk (CaO/MgO 10,0-200,0) festzustellen (vgl. Abb. 11).

Der unlösliche Rückstand (UR) (vgl. Abb. 11) bezogen auf Mittel- und Obertriaskarbonate ist im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem mit 5-20% am höchsten, nimmt im Ötscher-Deckensystem auf 2-8% ab und im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem auf 1-10% zu. Der unlösliche Rückstand enthält folgende Minerale: Illit, Muskowit, Hydromuskowit, Hydrargillit, Chlorit, Glaukonit, Kaolinit, Feldspäte, Zirkon, Rutil, Quarz, organische Substanz in Dolomitkristallen, Pyrit und Limonit.

Der Graph „UR vs. CaO/MgO“ läßt keine eindeutige Korrelation erkennen. Im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem sind hohe UR-Gehalte im Plattenkalk bis zu 30% vor allem an kalkige Dolomite gebunden, im Hauptdolomit dagegen vorwiegend an reine Dolomite mit UR-Gehalten bis 45%. Im Hauptdolomit des Ötscher-Deckensystems sind die UR-Gehalte wesentlich geringer (0-4%) und treten nur in reinen Dolomitgesteinen auf. Im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem sind im Dachsteinkalk und den Wetterstein-Schichten die UR-Gehalte zwischen 0-5% an Dolomitgesteine und Kalke gebunden.

Der Strontium(Sr)-Gehalt (vgl. Abb. 11) liegt im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem bei 150-300 ppm, nimmt im Ötscher-Deckensystem in Plattformkarbonaten auf 100-150 ppm ab, steigt aber in Beckensedimenten auf 200-900 ppm an und erreicht im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem in Plattformkarbonaten Werte zwischen 180-250 ppm.

In den obertriadischen Karbonaten aller Deckeneinheiten ist eine kontinuierliche Sr-Zunahme von 100-180 ppm im Hauptdolomit, auf 220 ppm im Dachsteinkalk des Höheren-Kalkalpen-Deckensystems und 280 ppm im Plattenkalk des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems festzustellen. Rhät-Schichten und Kössener Schichten weisen 250-280 ppm Sr auf.

Dolomit-Anhydrit-Serie, Opponitzer und Werfener Schichten weisen mit 1528 ppm, 242 ppm und 876 ppm sehr hohe Sr-Werte auf. Dabei handelt es sich indessen um Einzelwerte. Die mitteltriadischen Beckensedimente wie Partnach-, Reiflinger und Gutensteiner Schich-

ten zeichnen sich durch hohe Sr-Werte (572, 915,5, 678,3 in ppm) aus, die Wettersteinschichten mit 190,5 ppm haben deutlich geringere Werte.

2.4. Stratigraphische Korrelation der Obertriadischen Schichtenfolge im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem und im Ötscher-Deckensystem

Die direkte elektrofaziale Korrelation der obertriadischen Schichten im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem und im Ötscher-Deckensystem stützt sich vor allem auf das Gamma-Ray-Log und das Sonic-Log. Es lassen sich folgende Charakteristika erkennen (Abb. 13):

Das Rhät ist von Nordwesten nach Südosten stark differenziert in Kössener Schichten im Nordwesten, Kössener Schichten und Plattenkalk nach Südosten. Der hohe Tonmineralgehalt spiegelt sich in der Kurvenaktivität des GR-Logs und des Sonic-Logs wider.

Die Mächtigkeit der Hauptdolomit-Plattenkalk-Folge nimmt von Nordwesten 300 m nach Südosten (600-800 m, bis zu 1000 m) beständig zu. In der Ötscherdecke läßt sich im unteren Teil des Hauptdolomites eine charakteristische Zone mit GR-peaks erkennen (Abb. 13), die sich durch hohe Gamma Ray-Aktivität auszeichnet. Im Frankenfels-Lunzer-System ist diese peak-Charakteristik zwar auf den gesamten Hauptdolomit ausgedehnt, besonders ausgeprägt ist sie jedoch im darunter liegenden Anhydritkomplex, sodaß derselbe möglicherweise dem unteren Teil des Hauptdolomites der Ötscherdecke entspricht.

Der Hauptdolomit im nördlichen Bereich des Frankenfels-Lunzer-Deckensystems ist ca. 150-250 m mächtig, die im Liegenden folgende Dolomit-Anhydrit-Serie wurde mit maximal 400 m erbohrt, ihr ursprünglicher stratigraphischer Umfang wird mit 250-300 m anzusetzen sein. Dafür spricht die Bohrung URMANNSAU 1, die in der Frankenfeler Decke ca. 250 m evaporitische Obertrias durchteuft hat.

In der Ötscherdecke differenziert sich das Karn in Opponitzer und Lunzer Schichten, im Höheren Kalkalpen Deckensystem sind nur geringmächtige Lunzer Schichten ausgebildet. Die Lunzer Schichten sind durchwegs durch sehr hohe Strahlungswerte gekennzeichnet.

3. Rekonstruktion der Ablagerungsbedingungen der Triadischen Schichten unter besonderer Berücksichtigung mikrofazialer Eigenschaften – Modellvorstellung

Die Auswertung von Logs in Karbonaten, deren Interpretation und die Integration aller verfügbaren Untersuchungsergebnisse ermöglicht es nun, den Ablagerungsbereich der triadischen Karbonate zu rekonstruieren und die Sedimentationsbedingungen zu charakterisieren. Die Besprechung der einzelnen Schichten vom Liegenden ins Hangende folgt einer paläogeographischen Darstellung des kalkalpinen Beckenuntergrundes des Wiener Beckens (WESSELY 1980), wobei zunächst versucht wird, die lithologischen und mikropaläontologischen Merkmale zu schildern und dann daraus Schlüsse auf ihre Genese zu ziehen. Die Ergebnisse fügen sich in das von der Oberfläche der nördlichen Kalkalpen bekannte, bei A. TOLLMANN 1976 zusammengefaßte stratigraphisch-fazielle Schema.

Permoskythische Ablagerungen, Werfener Schichten und Haselgebirge wurden nur im Ötscher- und Höheren-Kalkalpen-Deckensystem erbohrt. Sie bilden die Basis der Triasabfolge und sind aufgrund ihres plastischen Verhaltens ein bevorzugter tektonischer Abscherhorizont. Sie wurden z. B. in der Ötscherdecke in den Bohrungen LAAERBERG 1, in

RAASDORF-TIEF 1 und RAASDORF-TIEF 3, in BREITENLEE 21 (hier mit Steinsalz) und im Raum Schönkirchen-Prottes angetroffen. Die Werfener Schichten des Höheren-Kalkalpen-Deckensystems überschieben die Göllerdecke. Permoskyth wurde in MANNSDORF-TIEF 1, in ANDLERSDORF 1 sowie im Raum Tallesbrunn-Zwerndorf erbohrt. Die permoskythischen Schichten stellen eine Brekzie dar, die aus Tonstein-, Sandstein-, Dolomit- und Tonschieferkomponenten besteht, die in anhydritischer Grundmasse eingebettet sind. Ermittelte Pollen und Sporen belegen oberpermisches und permotriadisches Alter. In permotriadischen Gesteinen der Ötscherdecke gefundene und beschriebene jurassische bis unterkretazische Sporen belegen, daß die anhydritreichen und teilweise salzführenden Gesteine sich wahrscheinlich plastisch verhalten und jüngere sporenführende Gesteine aufgeschürft haben oder daß das permische Haselgebirge durch Jura mit Kreide gedungen und an die Erdoberfläche gelangt ist. LEIN (1985) nimmt für die Hallstätter Buntkalk-Fazies den beginnenden Haselgebirgsdiapirismus mit Oberladin an.

Die mitteltriadischen Schichten sind im Ötscher-Deckensystem konzentriert und wurden in LAAERBERG 1, LAXENBURG 2, HIMBERG 1, RAASDORF-TIEF 3, BREITENLEE 21, im Raum Schönkirchen-Gänsersdorf-Prottes bis Ebenthal-Stillfried reichend erbohrt. Im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem sind sie in SOLLENAU 1, TATTENDORF 1, SCHÖNFELD-TIEF 1, TALLEBRUNN-TIEF 1, BAUMGARTEN 2, ZWERNDORF-TIEF 1 und ZWERNDORF 22 angetroffen worden.

Die Reichenhaller Schichten, mergelige Kalke und Dolomite mit Anhydriten (obertags umgewandelt in gipshältige Rauhacken) wurden in einem eingeschränkten Plattformbereich am Übergang zu kontinentalen Bedingungen abgelagert.

Die Gutensteiner Schichten, vorwiegend Kalke mit Tonsteinzwischenlagen, dolomitische und mergelige Kalke, führen häufig Radiolarien.

Die Steinalm-Schichten enthalten Intrabiosparite bis -mikrite mit Peloiden und Onkoiden sowie teilweise brekzierte Dolomite mit Anhydritfließstrukturen. Es treten Schwammreste, Gastropoden, Echinodermenfragmente und Algenstromatolithe hinzu. Aufgrund der Biogen- und Komponentenführung sind die Steinalm-Schichten auf Schwellenzonen im Plattformbereich anzusiedeln und können lokal begrenzte Bioherme enthalten.

Die ladinischen Sedimente umfassen Partnach-, Reiflinger und Wetterstein-Schichten.

Die Partnach-Schichten werden durch Kalke und verkieselte mergelige Kalke aufgebaut. Die Biomikrite weisen sehr häufig Filamente, Radiolarien, Spongiennadeln, Echinodermenreste und lagenide Foraminiferen auf, womit sie dem pelagisch marinen Bereich zuzuordnen sind.

Die Reiflinger Schichten sind grobknollige hornsteinführende Kalke, meist mit millimetermächtigen Mergeln wechsellagernd. Mikrofaziell handelt es sich um Biomikrite bis -sparite mit Radiolarien, Filamenten, juvenilen Ammoniten, Schwebcrinoiden und Spongienresten. Sowohl Partnach- als auch Reiflinger Schichten sind aufgrund der Faunenzusammensetzung am Schelfrand im marinen, tieferen Bereich abgelagert worden.

Die Wetterstein-Schichten wurden in LAAERBERG 1 und LAXENBURG 2 erbohrt, im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem sind sie vor allem im Raum Tattendorf-Sollenau verbreitet. Sie bestehen aus Kalk und Dolomit. Intrabiomikrite und Biosparite sind durch eine reiche Algenfauna gekennzeichnet. Dolomite, als Algenlaminite und Dolointrasparite mit dolomitischen Intraklasten ausgebildet, sind die wichtigsten Faziestypen des Wettersteindolomites. Die Wetterstein-Schichten lassen sich als offene bis eingeschränkte Plattformsedi-

mente ansehen. Die Verzahnung der Wetterstein-Schichten, die auf der Plattform bis zum lagunären und eingeschränkten Plattformbereich reichend sedimentiert wurden, mit den dem tieferen Schelfrand zugerechneten Partnach- und Reiflinger Schichten wurde im Raum Gänserndorf erbohrt.

Die Lunzer Schichten bestehen aus Ton- und Sandsteinen und sind durch häufige Kohlelagen, Kohleschmitzen und Lignit gekennzeichnet. Die Opponitzer Schichten sind als Abfolge von mergeligen Kalken, Dolomit und Tonstein zu bezeichnen. Sie führen gelegentlich Hornsteinknollen, untergeordnet erscheinen Spongienrhaxen, Filamente und Bivalven. Im Ötscher-Deckensystem sind Opponitzer und Lunzer Schichten ausgebildet. Im Frankenfels-Lunzer-Deckensystem liegt eine sterile evaporitreiche Sonderentwicklung des Karns vor, die aus Dolomit mit Anhydrit und Tonstein besteht. Angerundete Zirkone, Feldspäte und Quarze in Tonlagen belegen kontinentalen Einfluß in einem Plattformbereich. Die Serie wird ins Karn eingestuft, gestützt durch die Bestimmung von *Ovalipollis lunzensis*. *Ovalipollis lunzensis* tritt vereinzelt im Nor/Rhät auf, so daß möglicherweise die Serie bis ins Nor reicht. Die terrestrisch beeinflussten Sedimentationsverhältnisse des Karns mit zeitweiser Evaporitbildung leiten in die norisch-rhätische Karbonatplattformentwicklung über.

Die teilweise feintrhythmischen Kalk-Dolomit-Wechselagerungen des Hauptdolomites sind durch sedimentäre Gefügetypen wie laminiertes Fenstergefüge, dolomitische Intraklasten in sedimentären Brekzien sowie eine spezielle Foraminiferenfauna charakterisiert. Der Ablagerungsbereich des Hauptdolomites lag im Supra- bis Subtidal (offene und eingeschränkte Plattform) und ist durch Emersionshorizonte gekennzeichnet. Die mit Logs festgestellten und weiträumig korrelierbaren Evaporithorizonte im basalen Hauptdolomit stützen somit diese genetische Interpretation des Hauptdolomit-Ablagerungsbereiches, die bisher aus mikrofazialen Kriterien abgeleitet wurde. Der nördliche Hauptdolomit-Faziesbereich (Frankenfels-Lunzer-Deckensystem) weist stärkeren detritären Einfluß auf, der sich in erhöhten unlöslichen Rückstandswerten, hohem Tonmineralgehalt, Quarz, Zirkon und Rutil äußert. Die detritäre Fraktion kann als kontinentaler Einfluß gedeutet werden, wobei auch an äolische Einbringung des Detritus zu denken ist.

Im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem schließt sich an den Hauptdolomit der Dachsteinkalk mit typischen Lofer-Zyklothemen an, der als Dismikrit mit Hohlraumgefügen, Biopelmikrit, Bioosparit und Intrabiopelsparit ausgebildet ist, in den dolomitische Lagen eingeschaltet sind. Der Dachsteinkalk wurde im Plattformbereich abgelagert, wobei jedoch keine Anhaltspunkte für ein organogenes Riffgerüst vorliegen.

In der höchsten Obertrias werden Kössener Schichten und Plattenkalk abgelagert. Die Kössener Schichten, eine Wechselagerung von Tonsteinen und z. T. dolomitischen Kalken zeichnen sich durch eine diverse Foraminiferenfauna, Bivalven, Brachiopoden und Korallen aus. Massive Kalkbänke, als bioclastic grain-/packstone ausgebildet, sind aufgrund von Dipmeterinterpretation als Schüttungskörper in einem Intraplattformbecken zu identifizieren. Der Plattenkalk besteht aus dolomitischen Kalken und kalkigen Dolomitgesteinen. Bioclastic ooidal grain-/packstones sowie Spongien- und Echinodermenreste in kalkigen Partien belegen eine Genese meist im Subtidalbereich.

Die gesamte Triasabfolge kann als differenzierte Karbonatplattformentwicklung mit vertikaler großzyklischer Gliederung (BRANDNER 1984) interpretiert werden. Sie entspricht im WILSON-Modell den Standard-Fazies-Zonen 4 bis 9.

4. Elektrofaziesuntersuchungen und deren Schlußfolgerungen für die Kohlenwasserstoffexploration im Kalkalpin.

Leitziel der Elektrofaziesbestimmung ist die Möglichkeit, aus Bohrlochmessungen die physikalischen Eigenschaften des durchteuften Gesteins zu erkennen und dieses stratigraphisch in eine Schichtfolge einzuhängen, um damit zu geologischen Aussagen zu gelangen. Die Korrektur der Bohrlochmessungen hinsichtlich vorhandener Kohlenwasserstoffe ermöglicht den Rückschluß auf günstige Speichereigenschaften einer bestimmten Schicht.

Die wichtigsten petrophysikalischen Parameter sind die Porosität und die Permeabilität des Gesteins. Interessante Ergebnisse und Trends lassen sich mit Crossplots dieser Parameter ableiten. Der Crossplot „Permeabilität vs. effektive Porosität aus Kernuntersuchungen“ für die Triasschichten zeigt, daß eine charakteristische Punktwolkenverteilung vorliegt. Die Punkte für mittel- und obertriadische Speichergesteine liegen in der Diagonalen, d. h. für diese Gesteine besteht eine positive Korrelation zwischen Porosität und Permeabilität. Wettersteinkalk und Dachsteinkalk haben Porositäten von 0-5% bei Permeabilitäten von 0,01-400 md, Wettersteindolomit, Hauptdolomit und dolomitischer Dachsteinkalk dagegen weisen Porositäten zwischen 0-10% und Permeabilitäten von 0,1-500 md auf. Permoskyth, Werfener Schichten, Reichenhaller Schichten, Lunzer Schichten und Opponitzer Schichten zeichnen sich durch Porositäten bis 5% aus, die Permeabilität liegt unter 0,5 md. Diese Gesteine sind als potentiell abdichtende Gesteine anzusehen. Gutensteiner Schichten und Reiflinger Schichten nehmen eine Sonderstellung ein, und zwar deshalb, weil sie bei Porositäten bis 4% teilweise sehr hohe Permeabilitäten bis 80 md aufweisen.

Die bedeutendsten Kohlenwasserstofflagerstätten der drei Deckensysteme finden sich in Obertriaskarbonaten und zwar vor allem in der Plattenkalk-Hauptdolomit-Folge des Frankfeler-Lunzer-Deckensystems und des Ötscher-Deckensystems und im Dachsteinkalk des Höheren-Kalkalpen-Deckensystems. Im Ötscher-Deckensystem sind Wettersteinkalk, Wettersteindolomit und Steinalmschichten gute Kohlenwasserstoffspeicher, jedoch wurden mit Ausnahme der Steinalmkalke in MOLLN 1 noch nirgends Kohlenwasserstofflagerstätten angetroffen. Die mittel- und obertriadischen kohlenwasserstoffführenden Karbonate weisen eine durchschnittliche effektive Porosität von 5% auf und sind somit als gute Porenraumpeicher zu bezeichnen.

Die Porosität des Hauptdolomites ist insbesondere von der tektonischen und faziellen Position abhängig. Übertiefe kalkalpeninterne Hauptdolomitlagerstätten (4000-6300 m Teufe), die nördlicherer Fazies zuzuordnen sind, weisen Porositäten von 0-4% auf und sind als „low-porosity“-Gesteine anzusehen. Dies ist durch höheren Tongehalt (5-20%) und durch größere Heterogenität bedingt. Kalkalpine Relieflagerstätten und Lagerstätten im Höheren-Kalkalpen-Deckensystem (Teufe zirka 3000 m) besitzen zwischen 5-15% Porosität. Dies ist neben der mehr homogenen Fazies und niedrigeren Tongehalten (2-8%) auch darauf zurückzuführen, daß der Hauptdolomit brekziert und durch subaerische Verwitterung aufgearbeitet ist. Deshalb können Permeabilitäten bis zu 100 md gemessen werden. Für die kalkalpeninterne Exploration läßt sich durch Extrapolation der Ergebnisse aus dem Wiener Becken nach Westen an die Oberfläche der Nördlichen Kalkalpen ableiten, daß Hauptdolomit und Mitteltrias in strukturell günstiger Lage die Porositätseigenschaften mitbringen, um als potentielle Speichergesteine angesehen zu werden.

Der praktische Wert der Elektrofaziesuntersuchungen liegt darin, daß mit Hilfe der verschiedenen hier dargestellten Auswerteverfahren, Logs zu lithologisch-stratigraphischen

Einstufungen verwendet werden können. Die Methodik läßt sich noch weiter verfeinern, indem die Logcharakteristik der Triasschichten als Datenbank computergestützt installiert wird. Ein Suchprogramm, das auf dem statistischen Algorithmus der BAYES-Formel beruht, automatisiert den Zuordnungsvorgang der gemessenen Logs einer unbekanntten Schichtfolge zur Stratigraphie. Damit wird eine schnellere und einfachere Korrelation möglich, die Zeit und Kosten einspart.

Dank

Die hier veröffentlichten Ergebnisse wurden von September 1988 bis Mai 1989 im Zentrum Gewinnung der ÖMV Aktiengesellschaft erarbeitet. Der ÖMV Aktiengesellschaft danke ich für die finanzielle Unterstützung in diesem Zeitraum und die Veröffentlichungsgenehmigung. Bei Herrn Dr. G. Wessely bedanke ich mich recht herzlich für Rat und vielfältige Hilfe bei der Erstellung des Manuskriptes. Die Abbildungsvorlagen der Abb. 2, 3 und 4 wurden freundlicherweise von Herrn Dr. Wessely, ÖMV Aktiengesellschaft, zur Verfügung gestellt. Herrn Dr. Sz. Horvath bin ich für viele Ratschläge bei der Interpretation der Elektrofaziesmerkmale zu Dank verpflichtet. Die Creditanstalt-Bankverein AG gewährte dankenswerterweise technische Unterstützung beim Textprocessing und beim Layout einiger Abbildungen.

5. Literaturverzeichnis

- ATLAS WIRELINE SERVICES (1987): Fundamentals of DIPLOG Analysis. — 216 p., Houston.
- BRANDNER, R. (1984): Meeresspiegelschwankungen und Tektonik in der Trias der NW-Tethys. *Jb. Geol. B.-A.*, **126/4**, 435-475, 25 Abb., Wien.
- CHILINGAR, G. V., MANNON, R. W. & RIEKE III, H. H. (1972): Oil and Gas Production from Carbonate Rocks. — XIII+408 p., 1 tab., 2 pl., Elsevier, New York.
- CURIAL, A. (1988): Multiple Applications of Dipmeter Curves for Analyzing Evaporite Formations: Examples from Paleogene of Bresse Trough, France. *Bull. amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **72/11**, 1323-1333, 9 fig.
- KRATOCHVIL, H., LADWEIN, H. W. (1984): Die Entwicklung der geochemischen Vorstellungen über das Wiener Becken und ihre Bedeutung als Explorationswerkzeug. — *Erdöl Erdgas*, **100**, H. 10, p. 334-338, Hamburg/Wien.
- LEIN, R. (1985): Das Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen als Beispiel eines gerichteten Sedimentationsverlaufes infolge fortschreitender Krustenausdünnung. — *Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **6**, 117-128, 4 Abb., Wien.
- SCHLUMBERGER (1986): Log Interpretation Charts. — 103 p., Schlumberger Well Services, Houston.
- TOLLMANN, A. (1976): Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums, 580 S., 256 Abb., 3 Taf., Verlag Deuticke, Wien.
- WESSELY, G. (1980): In A. Kröll: Das Wiener Becken. *Erdöl und Erdgas in Österreich*, Hgg. F. Bachmayer, Verlag Naturhist. Museum Wien und F. Berger, Horn.
- WESSELY, G. (1984): Der Aufschluß auf kalkalpine und subalpine Tiefenstrukturen im Untergrund des Wiener Beckens. — *Erdöl Erdgas*, **100**, H. 9, p. 285-292, Hamburg/Wien.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. September 1991