

# Vitrinitreflexion im Bohrkern Gartnerkofel-1 (Perm bis Skyth, Karnische Alpen, Kärnten)

von Thomas RAINER und Gerd RANTITSCH

## Schlagworte:

Karnische Alpen, Perm, Trias, Vitrinitreflexion, Paläogeothermik.

## Zusammenfassung:

Aus den permischen (Bellerophon Formation) und skythischen (Werfen Formation) Mergeln der Bohrung Gartnerkofel-1 in den Karnischen Alpen (Südalpen, Kärnten) werden erstmals Vitrinitreflexionswerte beschrieben. Der beobachtete stratigraphische Inkohlungstrend wird durch die mesozoische sedimentäre Überlagerung erklärt. Die Vitrinitreflexion im bearbeiteten Bohrkern entspricht den Beobachtungen im paläogeographisch anschließenden Drauzug der Ostalpen.

## Einleitung

Die niedrigtemperierte metamorphe (low temperature metamorphism, FREY 1987) Prägung von geologischen Einheiten kann durch die Versenkung von Sedimentkörpern während der Beckensubsidenz, durch die tektonische Überlagerung von Überschiebungskörpern, durch die Erwärmung in Scherzonen und durch den Aufstieg von metamorphen Kernkomplexen erklärt werden. Die Rekonstruktion niedrigtemperierter Ereignisse ist deswegen ein wichtiges Werkzeug zur paläogeographischen und kinematischen Analyse.

Die Reaktion von Schichtsilikaten (v. A. die Smektit-Illit-Muskowit-Transformation) in feinkörnigen Gesteinen auf geänderte Temperatur- und Druckbedingungen bildet die Basis für eine Zonengliederung der Diagenese und niedrigst- bis niedriggradigen Metamorphose (FREY 1987, WEAVER 1989, MERRIMAN & PEACOR 1999). Die Zone der Frühdiagenese („early diagenetic zone“) ist durch das Auftreten des diskreten Smektit charakterisiert. Dieser wird dann in der Zone der Spätdiagenese („late diagenetic zone“) zu Illit-Smektit-Mixedlayer Mineralen und in weiterer Folge zum authigenen Illit umgewandelt. Die Anchizone (WEAVER 1960, KÜBLER 1964), als Übergangszone zwischen der Diagenesezone und der niedriggradigen Metamorphose ist dann durch die röntgendiffraktometrisch ermittelte Halbwertsbreite des ersten (001) Illit-Basalreflexes bei einem Gitterabstand von ca. 10 Å („Kübler Index“) definiert (KISCH 1983, FREY 1987). Einen weiteren temperatursensitiven Indikator bietet die Maturität organischer Bestandteile eines Sedimentes (Organoklasten). Da die organische Substanz auf Änderungen in den Temperatur- und Druckbedingungen sehr sen-

## Key words:

Karnische Alpen, Perm, Trias, Vitrinitreflexion, Paläogeothermik.

## Summary:

Vitrinite reflectance values in Permian (Bellerophon Formation) and Scythian (Werfen Formation) sediments of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Southern Alps, Carinthia) increase from top to bottom. This is explained by the Mesozoic sedimentary overburden of the section. The observed thermal alteration corresponds to the vitrinite reflectance values in the paleogeographically adjacent Austroalpine Drauzug Range.

sitiv und irreversible reagiert, ermöglicht der Prozess der Inkohlung organischer Substanzen die Bestimmung der organischen Maturität in diagenetisch bis niedrigstgradig metamorph überprägten Sedimentgesteinen (TEICHMÜLLER & TEICHMÜLLER 1982, TEICHMÜLLER 1987, ROBERT 1988, WOLF 1988, TAYLOR et al. 1998). In Gesteinen mit einem stratigraphischen Alter ab dem Oberkarbon wird zur Inkohlungsgradbestimmung generell Vitrinit als Rest höherer Landpflanzen herangezogen.

Metamorphoseuntersuchungen in den südalpinen Karnischen Alpen zeigen, dass die thermische Überprägung im Prae-Variszikum vom tektonisch Liegenden in das tektonisch Hangende abnimmt (LÄUFER 1996, RANTITSCH 1997, RANTITSCH et al. 2000). Darüber hinaus kann im Post-Variszikum eine stratigraphisch bedingte Abnahme der metamorphen Prägung nach oben festgestellt werden, so dass die Perm/Trias-Grenze durch diagenetische Illitkristallinitäten charakterisiert ist (SCHRAMM 1991).

In dieser Arbeit soll die meso- bis känozoische (alpidische) thermische Überprägung der Karnischen Alpen durch die Erfassung der Vitrinitreflexion in der Forschungsbohrung Gartnerkofel-1 (HOLSER & SCHÖNLAUB 1991) beschrieben werden. Die hier präsentierten Daten ergänzen dabei die in dieser Bohrung gewonnenen tonmineralogischen Daten von SCHRAMM (1991). Weiters wird die bereits vorgestellte Metamorphosekarte des Nassfeld-Gebietes (RANTITSCH et al. 2000) präzisiert.

### **Geologischer Überblick**

Die niedrigst- bis niedriggradigen metamorphen Einheiten der Ost- und Südalpen können als Teil der Vorland-Falten- und Überschiebungszonen, die sich sowohl während der oberkarbonen (variszischen) als auch während der kretazisch bis neogenen (alpidischen) Konvergenz ausgebildet haben, angesehen werden. In den involvierten Einheiten kann man generell einen variszisch geprägten Unterbau aus altpaläozoisch bis mittelkarbonen (Meta-) Sedimenten und eine post-variszische (oberkarbone bis känozoische) Überlagerung unterscheiden.

Die südalpinen Karnischen Alpen werden durch das Periadriatische Lineament von den Ostalpen abgetrennt. Der variszisch geprägte Unterbau ist entlang dieser Linie herausgehoben und wird im Süden von südalpinen (Oberkarbon bis Neogen) Decksedimenten überlagert (SCHÖNLAUB 1979, TOLLMANN 1985, VENTURINI 1991, SCHÖNLAUB & HEINISCH 1993, SCHÖNLAUB & HISTON 2000). Der Gesteinsinhalt der Karnischen Alpen lässt sich stratigraphisch in einen prä-variszischen Zyklus (Ordovizium bis Oberkarbon) und in einen post-variszischen Zyklus (Oberkarbon bis Ladin) zweiteilen. Die Zyklen werden durch eine Winkeldiskordanz im Westphal C/D voneinander abgetrennt. Im prä-variszischen Zyklus ist durch die sedimentäre Entwicklung von vorwiegend

klastischen Sedimenten (Ordovizium bis Silur) zu mächtigen devonischen Karbonaten und synorogenen unterkarbonen Flyschsedimenten (Hochwipfel Formation) die Ausbildung eines passiven Kontinentalrandes erkennbar. Die post-variszische flachmarine Auernig Gruppe kann einen oberkarbonen Molassebecken (Pramollo Becken sensu VENTURINI 1991) zugeordnet werden, welches sich dann im unteren Perm zu den Plattformkarbonaten der Trogkofel Gruppe entwickelt. Die mittelpermische Gröden Formation leitet zu einem weiteren transgressiven Zyklus über, in der die oberpermische Bellerophon Formation und die skythische Werfen Formation im Schelfbereich abgelagert wurden.

Im 330 m langen Bohrkern Gartnerkofel-1 ist die Bellerophon Formation des Oberperm und die Werfen Formation der Untertrias aufgeschlossen (HOLSER & SCHÖNLAUB 1991). Die Abfolge besteht hauptsächlich aus flachmarinen Dolomiten einer geneigten Karbonatrampe mit einigen mergeligen Zwischenlagen, deren Bildung durch eine erhöhte Wasserbewegung erklärt wird (BOECKELMANN 1991).

Die metamorphe Prägung der Karnischen Alpen ist durch das Fehlen eines Metamorphosesprungs entlang der variszischen Diskordanz ausgezeichnet (RANTITSCH 1997, RANTITSCH et al. 2000). Die Inkohlung des Pramollo-Beckens nimmt gegen das stratigraphisch Hangende ab (RANTITSCH 1997), sodass die thermische Überprägung durch die permomesozoische Überlagerung erklärt werden kann (siehe auch RAINER & RANTITSCH 2001). Geochronologische Daten (LÄUFER 1996) belegen ein kretazisches Temperaturmaximum (ca. 100 Ma) zur Zeit der maximalen Versenkungstiefe. Während dieses Ereignisses wurden an der Basis der oberkarbonen Auernig Gruppe Temperaturen von ca. 270°C erreicht (RANTITSCH 1997).

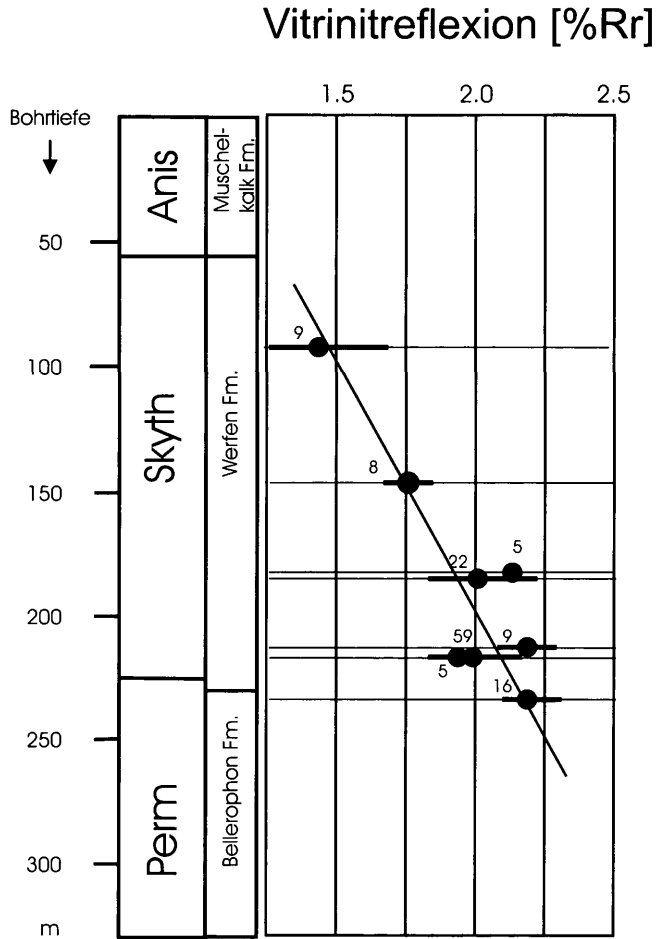
SCHRAMM (1991) beschreibt aus dem bearbeiteten Bohrkern Illite mit <10% Illit-Smektit-Mixedlayer Anteilen. Damit ist nach FREY (1987), WEAVER (1998), und MERRIMAN & PEACOR (1999) die Zone der Spätdiagenese charakterisiert.

### Proben und Methodik

Im Bohrkern Gartnerkofel-1 wurden alle erbohrten feinklastischen Lagen beprobt. An diesen Proben wurde mit einem Leitz MPV Auflichtmikroskop die mittlere Vitrinitreflexion (%Rr) im monochromatischen (546 nm) Licht bestimmt (s. STACH et al. 1982).

### Ergebnisse

In acht Proben, die zwischen dem skythischen Grenzbecken von Seis zu Campil Member der Werfen Formation (91,5 m Bohrtiefe) und der tatarischen Bellerophon Formation (233,4 m Bohrtiefe) einzuordnen sind, konnten Vitrinite erkannt werden (s. Tab. 1). Die gemessene Vitrinitreflexion nimmt mit der Bohrtiefe von 1,4%Rr zu 2,2%Rr kontinuierliche zu (Abb. 1). Auffallend ist, dass in den skythischen Pro-



**Abb. 1:**  
Vitrinitreflexion (%Rr)  $\pm$  1 Standardabweichung (Balkenbreite) in der Bohrung Gartnerkofel 1 (HOLSER & SCHÖNLAUB 1991). Die Zahlen geben die Anzahl der Messwerte an.

ben detritäre graphitoide Partikel zu beobachten sind. Dies scheint ein generelles Merkmal des südalpinen Skyths zu sein (RAINER in Vorb.).

### Schlussfolgerungen

Der beobachtete stratigraphische Inkohlungstrend zeigt, dass die post-variszische thermische Überprägung der Karnischen Alpen durch die mesozoische Überlagerung erklärt werden muss. Die Vitrinitreflexion im obersten Bereich der Auernig Gruppe liegt im Gebiet des Nassfeld zwischen 2 und 3%Rr (RANTITSCH 1997, RANTITSCH et al. 2000). Ordnet man diese Werte in den Inkohlungstrend der Bohrung Gartnerkofel-1 ein, so ist unter Berücksichtigung einer Mächtigkeit von ca. 900 m zwischen diesen Profilabschnitten, im unteren Perm der Karnischen Alpen ein sehr steiler Verlauf der Inkohlung ablesbar. Dies stimmt mit den Annahmen von RANTITSCH (1997) überein, die zur Erstellung eines thermischen Beckenmodells führten. Aus diesem Modell sind Paläotemperaturen von ca. 180°C im Bereich der

Formation	Member	Bohrtiefe (m)	Alter	%Rr	s	n
Werfen	Seis/Campil	91,5	Skyth	1,40	0,21	9
	Seis	146,8	Skyth	1,74	0,09	8
	Seis	183,6	Skyth	2,16	0,03	5
	Seis	185,8	Skyth	1,97	0,18	22
	Seis	216,2	Skyth	2,24	0,12	9
	Seis	220,4	Skyth	1,97	0,20	59
Bellerophon	Seis	221,5	Skyth	1,80	0,10	5
		233,4	o. Perm	2,20	0,11	16

**Tab. 1:**  
**Vitritreflexion (%Rr, s Standard-**  
**abweichung, n Anzahl der Mess-**  
**werte) in der Bohrung Gartnerkofel**  
**1 (HOLSER & SCHÖNLAUB 1991).**

Perm/Trias-Grenze zur Zeit der maximalen Versenkungstiefe abzuleiten (siehe auch RAINER & RANTITSCH 2001). Im Vergleich zu den paläogeographisch anschließenden tektonischen Einheiten der Ostalpen, zeigen die beobachteten Vitritreflexionswerte eine laterale Kontinuität der thermischen Überprägung bis in den Bereich des Drauzuges (Gailtaler Alpen und Nordkarawanken, RANTITSCH 2001) an.

### Danksagung

Die Autoren danken der Geologischen Bundesanstalt (Wien) für den Zugang zum Bohrkern Gartnerkofel-1. Dr. Ch. Hauser danken wir für die Hilfe bei der Probenahme. Die Arbeiten wurden durch die Kommission für Grundlagen der Mineralstoffforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften im Rahmen des Projektes „Stoffmobilitäten und die Bildung von Minerallagerstätten in den Ostalpen während der alpidischen Orogenese, Teilprojekt: Die thermische Geschichte der Karawanken als möglicher Faktor alpidischer Stoffwanderungsprozesse“ und durch das FWF-Projekt P-13309-Tec finanziell unterstützt.

### Literatur

- BOECKELMANN, K. (1991): The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria). – *Abh. Geol. B.-A.*, 45.:17-36, Wien.
- FREY, M. (1987): Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: FREY, M. (Ed.) (1987): Low temperature metamorphism, 9-58. – Chapman and Hall, New York.
- HOLSER, W. T. & H. P. SCHÖNLAUB (Ed.) (1991): The Permian-Triassic boundary in the Carnic Alps of Austria (Gartnerkofel Region). – *Abh. Geol. B.-A.*, 45.:1-232, Wien.
- KISCH, H. J. (1983): Mineralogy and petrology of burial diagenesis (burial metamorphism) and incipient metamorphism in clastic rocks. – *Developments in Sedimentology*, 258.:289-493, Amsterdam.
- KÜBLER, B. (1964): Les argiles, indicateurs de métamorphose. – *Revue de l'Institut Français de Pétrole*, 19.:1093-1112, Paris.
- LÄUFER, A. L. (1996): Variscan and Alpine tectonometamorphic evolution of the Carnic Alps (Southern Alps) - structural analysis, illite crystallinity, K-Ar and Ar-Ar geochronology. – *Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Reihe A*, 26.:1-102, Tübingen.
- MERRIMAN, R. J. & D. R. PEACOR (1999): Very low-grade metapelites: mineralogy, microfabrics and measuring reaction progress. In: FREY, M. & D. ROBINSON (Ed.) (1999): Low-grade metamorphism, 10-60. – Blackwell Science, Oxford.

- RAINER, Th. & G. RANTITSCH (2001): Thermal maturity of Carboniferous to Mesozoic sediments as a tool for paleogeographic reconstruction in the Alpine-Dinaridic-Pannonian triple junction. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, 25.:168-169, Innsbruck.
- RANTITSCH, G. (1997): Thermal history of the Carnic Alps (Southern Alps, Austria) and its paleogeographic implications. – *Tectonophysics*, 272.:213-232, Amsterdam.
- RANTITSCH, G. (2001): Thermal history of the Drau Range (Eastern Alps). – *Schweiz. Mineral. Petrograph. Mitt.*, 81.:181-196, Zürich.
- RANTITSCH, G., Th. RAINER & B. RUSSEGER (2000): Niedrigstgradige Metamorphose im Karbon der Südalpen (Kärnten, Österreich). – *Carinthia II*, 190.:537-542, Klagenfurt.
- ROBERT, P. (1988): Organic metamorphism and geothermal history, 1-311. – *Elf-Aquitain and D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Boston-Lancaster-Tokyo*.
- SCHÖNLAUB, H. P. (1979): Das Paläozoikum in Österreich. – *Abh. Geol. B.-A.*, 33.:1-124, Wien.
- SCHÖNLAUB, H. P. & H. HEINISCH (1993): The classic fossiliferous units of the Eastern and Southern Alps. In: RAUMER, J. F. von & F. NEUBAUER (Ed.) (1993): *Pre-Mesozoic geology in the Alps*, 395-422. – Springer Verlag, Berlin.
- SCHÖNLAUB, H. P. & K. HISTON (2000): The Paleozoic evolution of the Southern Alps. *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 92.:15-34, Wien.
- SCHRAMM, J.-M. (1991): The Permian-Triassic of the Gartnerkofel-1 Core (Carnic Alps, Austria): illite crystallinity in shaly sediments and its comparison with Pre-Variscian sequences. – *Abh. Geol. B.-A.*, 45.:69-77, Wien.
- STACH, E., M. Th. MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, G. H. TAYLOR, D. CHANDRA & R. TEICHMÜLLER (1982): *Stach's Textbook of Coal Petrology*, 1-535. – Borntraeger, Berlin.
- TAYLOR, G. H., M. TEICHMÜLLER, A. DAVI, C. F. K. DIESSEL, R. LITKE & P. ROBERT (1998): *Organic petrology*, 1-704. – Borntraeger, Berlin.
- TEICHMÜLLER, M. (1987): Organic material and very low-grade metamorphism. In: FREY, M. (Ed.) (1987): *Low-temperature metamorphism*, 114-161. – Chapman and Hall, New York.
- TEICHMÜLLER, M. & R. TEICHMÜLLER (1982): The geological basis of coal formation. In: STACH, E., M.-Th. MACKOWSKY, M. TEICHMÜLLER, G. H. TAYLOR, D. CHANDRA & R. TEICHMÜLLER, (Ed.) (1982): *Stach's Textbook of coal petrology*, 5-86. – Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart.
- TOLLMANN, A. (1985): *Geologie von Österreich, Band 2, Außerzentralalpiner Anteil*, 1-766. – Deuticke Verlag, Wien.
- VENTURINI, C. (1991): Introduction to the geology of the Pramollo Basin (Carnic Alps) and its surroundings. – *Giornale di Geologia*, 53.:13-47, Bologna.
- WEAVER, C. E. (1960): Possible use of clay minerals in search of oil. – *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 44.:1505-1518, Tulsa.
- WEAVER, C. E. (1989): Clays, muds, and shales. *Developments in Sedimentology*, 44.:1-819, Amsterdam.
- WOLF, M. (1988): Torf und Kohle. In: FÜCHTBAUER, H. (Ed.): *Sedimente und Sedimentgesteine*, 683-730. – Schweizerbart, Stuttgart.

**Anschrift der Verfasser:**

Dipl. Ing. Thomas Rainer,  
 Univ.-Doz. Dr. Gerd Rantitsch;  
 Institut für Geowissenschaften  
 Montanuniversität Leoben;  
 A-8700 Leoben.  
 Email: rantit@unileoben.ac.at