

V. WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Eine Inkohlungskarte des Steirischen Tertiärbeckens

Von Reinhard F. SACHSENHOFER
Mit 7 Abbildungen (im Text)
Eingelangt am 31. Jänner 1990

Zusammenfassung: Eine Oberflächen-Inkohlungskarte des Steirischen Tertiärbeckens auf Basis der Huminit/Vitrinit-Reflexion (Rr) von ca. 200 Proben wird präsentiert. Der Großteil der Proben befindet sich im Weich- bis Mattbraunkohlenstadium (Rr <0,4%). Relativ hoch inkohlte Schichten werden im Kontakt zum Shoshonit von Weitendorf (Anthrazit, ca. 3,0% Rr), im Südweststeirischen Becken (Fettkohlen, bis 1,5% Rr) und in der Friedberg-Pinkafelder Bucht (Glanzbraunkohlen, ca. 0,5% Rr) angetroffen. Die unterschiedliche Inkohlung wird durch unterschiedliche Überlagerungsmächtigkeiten und magmatische Aktivität während dem Miozän bedingt.

Abstract: A rank map for the Tertiary of the Styrian basin, based on huminite/vitrinite reflectances (Rr), measured on approximately 200 outcrop samples, is presented. Most samples are lignites or sub-bituminous C coals (Rr <0,4%). Relatively high rank is found near the contact of the Weitendorf Shoshonit (Anthracite, approximately 3,0% Rr), in the Southwest-Styrian Basin (med. vol. bit. coals, up to 1,5% Rr) and north of Friedberg – Pinkafeld (sub.-bit. A coals, approximately 0,5% Rr). Different rank is determined by different depth of subsidence and magmatic activity during Miocene times.

Inhalt

1. Einleitung
2. Untersuchungsmethodik, Probenmaterial
3. Zur Geologie des Steirischen Beckens
4. Zur Inkohlungskarte
5. Deutung des Inkohlungsbildes
 - 5.1 Nachkarpatische Schichten im Ost- und Weststeirischen Becken
 - 5.2 Shoshonit von Weitendorf
 - 5.3 Südweststeirisches Becken
 - 5.3.1 Das Gebiet nördlich des Radlberges
 - 5.3.2 Das Gebiet zwischen Remsnigg und Poßruck
 - 5.4 Friedberg-Pinkafelder Bucht
 - 5.5 Köflach-Voitsberger Bucht
6. Diskussion
7. Literatur

1. Einleitung

Der Inkohlungsgrad organischer Substanz steigt mit zunehmender Temperatur und wird auch durch die Zeitdauer der Temperatureinwirkung beeinflusst. Die Bildung von Erdöl und Erdgas aus Kerogen hängt gleichfalls von der Gesteinstemperatur ab.

Der Inkohlungsgrad ist damit ein geeignetes Paläogeothermometer und ein wichtiger Parameter zur Erfassung der Kohlenwasserstoffreife in einem Sedimentbecken.

Das Steirische Tertiärbecken beinhaltet nicht nur bedeutende Kohlenreserven (L. WEBER & A. WEISS 1983), sondern zählt auch zu den Kohlenwasserstoff-Hoffungsgebieten Österreichs (K. KOLLMANN 1980). Inkohlungsuntersuchungen sind in diesem Becken deshalb von besonderem Interesse.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Präsentation einer Oberflächen-Inkohlungskarte des Steirischen Tertiärbeckens. Über Ergebnisse von Inkohlungsuntersuchungen an kohligem Material aus Tiefbohrungen des Oststeirischen Beckens soll an anderer Stelle detailliert berichtet werden.

2. Untersuchungsmethodik, Probenmaterial

Der Inkohlungsgrad wurde anhand der Huminit/Vitrinit-Reflexion von Kohlen bzw. kohligen Partikeln bestimmt. Ein besonderer Vorteil dieser Methode ist, daß der Inkohlungsgrad mikroskopisch kleiner Phytoklasten erfaßt werden kann. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Reflexionswerte gering inkohlter Huminite in einem weiten Bereich streuen. Dies wird durch Zellulose und/oder Harzimprägnationen bewirkt, die das Reflexionsvermögen vieler gering inkohlter Huminite reduzieren (Ulminit „A“). In vorliegender Arbeit wurde das Reflexionsvermögen der hellen Ulminitvarietät „B“ bestimmt. Fehlte diese, wurde statt dessen das Reflexionsvermögen der corphuminitischen Zellfüllungen gemessen.

Die Reflexionsmessungen erfolgten mit dem Mikroskop MPV-2 der Firma Leitz unter Verwendung 32- bzw. 50fach vergrößernder Ölimmersionsobjektive bei einer Wellenlänge von 546 nm. Je Probe wurden durchschnittlich 50 Einzelmesswerte ermittelt und das mittlere Reflexionsvermögen (R_r) berechnet.

Auskunft über die Beziehungen zwischen der mittleren Huminit/Vitrinit-Reflexion, den einzelnen Inkohlungsstadien und der Bildung von Kohlenwasserstoffen gibt Abb. 1.

Insgesamt wurden über 200 Proben untersucht, wovon der weitaus größte Teil inkohlte Treibhölzer waren. Zusätzlich wurden Kohlen von Flözausbissen, einige Kohlen seichter Schurfbohrungen und einige wenige Halden- und Sammlungskohlen bearbeitet.

Ein großes Problem bei Oberflächenproben stellt die Verwitterung dar. Diese äußert sich megaskopisch durch die Umwandlung von Pyrit in Eisenoxyde. Im Mikrobild zeigen oxydierte Kohlen Mikrorisse, Oxydationssäume und mitunter wellige Oberflächen. Bei ca. 10% der Proben war die Verwitterung soweit fortgeschritten, daß sie für Inkohlungsuntersuchungen ungeeignet erschienen.

Die Position der Probenahmepunkte ist aus den Inkohlungskarten (Abb. 4 und 5) ersichtlich.

3. Zur Geologie des Steirischen Beckens

Das Steirische Becken, am Südostrand der Alpen gelegen, wird im Süden, Westen und Norden von alpinem Grundgebirge, im Südosten durch die Südburgenländische Schwelle begrenzt. Letztere trennt das Steirische vom Pannonischen Becken.

Die Sausal-Schwelle gliedert das Steirische Becken in das kleinere, maximal 1000 m tiefe (A. KRÖLL 1988) West- und das ungleich größere, bis über 3000 m tiefe (Bohrung Stegersbach 1) Oststeirische Becken.

Das Steirische Becken wird als Pull-apart-Struktur gedeutet (H. FLÜGEL 1988 cum

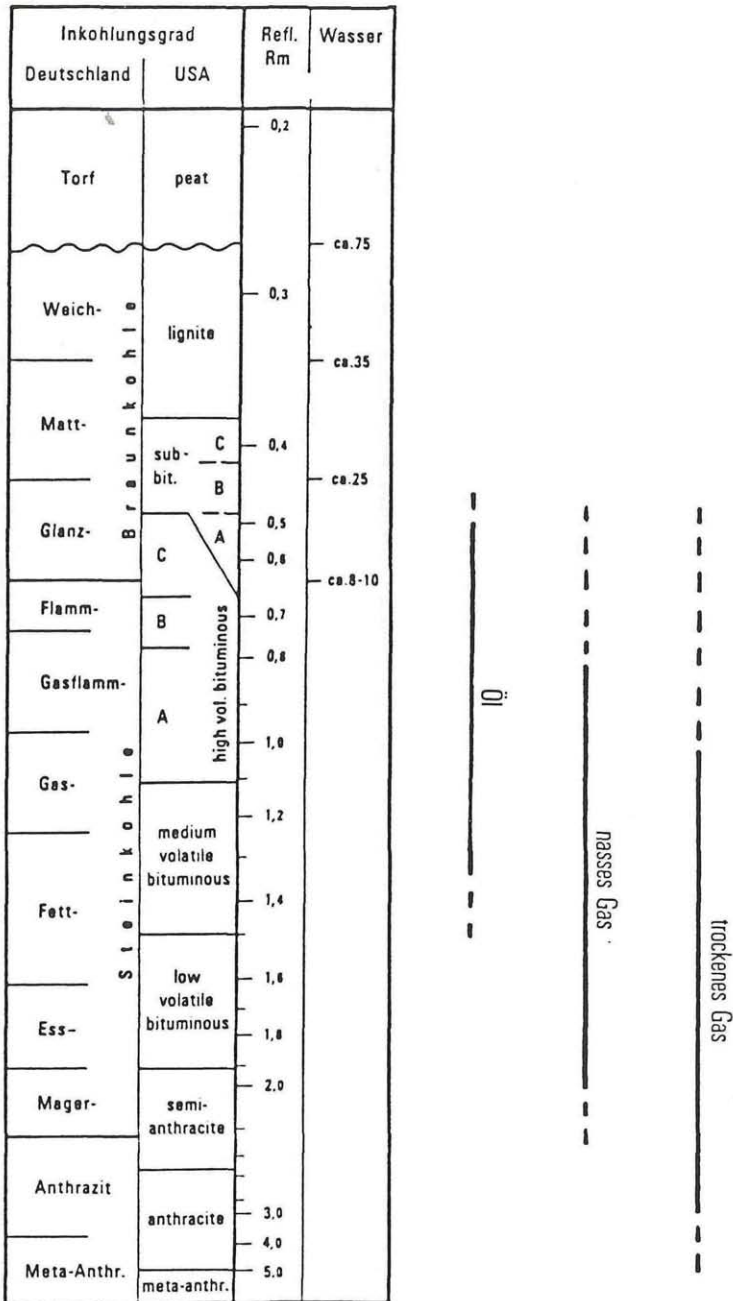


Abb. 1: Beziehung zwischen Huminit/Vitrinit-Reflexion, den einzelnen Inkohlungsstadien und der Bildung und Zerstörung von Kohlenwasserstoffen (nach M. TEICHMÜLLER et al. 1979).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at lit.). Die Beckenfüllung umfaßt Otnangien bis Pliozän, die Hauptabsenkung erfolgte während Karpatien bis Sarmatien.

Eine vereinfachte geologische Karte des Steirischen Beckens zeigt Abb. 2.

Die ältesten, vorbadenischen Sedimente treten an der Oberfläche im Südweststeirischen Becken, der Friedberg-Pinkafelder Bucht, in kleinen Randbuchten am Beckennordrand (Naas, Birkfeld, Passail) sowie in der Köflach-Voitsberger Bucht auf.

Badenische Schichten sind oberflächlich insbesondere im Weststeirischen Becken weit verbreitet, die jüngeren, nachbadenischen Schichten sind im wesentlichen auf das Oststeirische Becken und den Bereich der Südburgenländischen Schwelle beschränkt.

Intensiver, latitischer Vulkanismus während Karpatien und Unterbadeniens und plio-/pleistozäner Basaltvulkanismus verleihen dem Steirischen Becken einen besonderen Charakter. Während der ältere Vulkanismus gewaltige, heute zum Großteil begrabene Schildvulkane förderte (Abb. 2), ist der Basaltvulkanismus örtlich begrenzt und durch bei weitem geringere Lavenförderung charakterisiert.

Besonderes Interesse im Rahmen dieser Arbeit verdient der im Bereich der Sausal-Schwelle situierte **Shoshonit von Weitendorf**, dessen Alter radiometrisch mit Badenien bestimmt wurde (F. F. STEININGER & G. P. BAGDASARJAN 1977). Seine Beziehung zu den umgebenden Sedimenten ist bis heute unklar. Folgende Möglichkeiten der Platznahme des 25–30 m mächtigen Shoshonits werden diskutiert:

- Eingleitung in erkaltetem Zustand (H. FLÜGEL et al. 1952; H. FLÜGEL 1975; H. MAURITSCH 1975),
 - submariner Ausfluß,
 - sillartiges Eindringen innerhalb unverfestigter Sedimente im Nahbereich der Sediment/Wassergrenze (B. KRÄINER 1987).
- (– Die Deutung des Shoshonits als pliozäner Sill [A. WINKLER-HERMADEN 1939] ist auf Grund des radiometrischen Alters hinfällig.)

Das **Südweststeirische Becken** (Abb. 3) zeichnet sich durch junge, komplizierte Tektonik aus (A. WINKLER-HERMADEN 1927, 1929a, 1929b, 1958).

Nördlich des Radlberges fallen die Radlschotter und die Eibiswalder Schichten steil bis mittelsteil gegen Norden ein. Die Heraushebung der Schichten am Beckensüdrand erfolgte bereits ab dem Otnangien. Dadurch wanderte der Südrand des Eibiswalder Beckens während der Sedimentation der Radlschotter und der Eibiswalder Schichten nach Norden (A. WINKLER-HERMADEN 1927; K. NEBERT 1983). Die Mächtigkeit der ersteren wird mit 1000 m, die der letzteren mit 2500 m angegeben (A. WINKLER-HERMADEN 1951; K. NEBERT 1983).

Zwischen der Antiklinale des Remschnigg-Zuges und dem Poßruck schaltet sich eine Synklinale ein, die sich in einer Einfaltung bzw. Einklemmung von Karpatien zwischen Grundgebirge ausprägt. Horst- und grabenbruchartige Tektonik mit W–NW und NE einfallenden Störungen (B. KRÄINER 1989) verkompliziert den tektonischen Bau. Nach H. FLÜGEL (1988) scheint südlich dieses Bereiches, im prätertiären Grundgebirge des Poßrucks die Fortsetzung der Raablinie zu verlaufen.

Westlich Gamlitz ist die breite Gamlitzer Mulde mit badenischen Sedimenten im Muldenkern ausgebildet.

An vielen Lokalitäten der Südweststeiermark wurde zwischen Karpatien und Badenien eine Winkeldiskordanz beobachtet (A. WINKLER-HERMADEN 1951). J. G. FRIEBE (1990) stellt diese Diskordanz allerdings, weg von der Karpatien/Badenien-Grenze, ins oberste Karpatien.

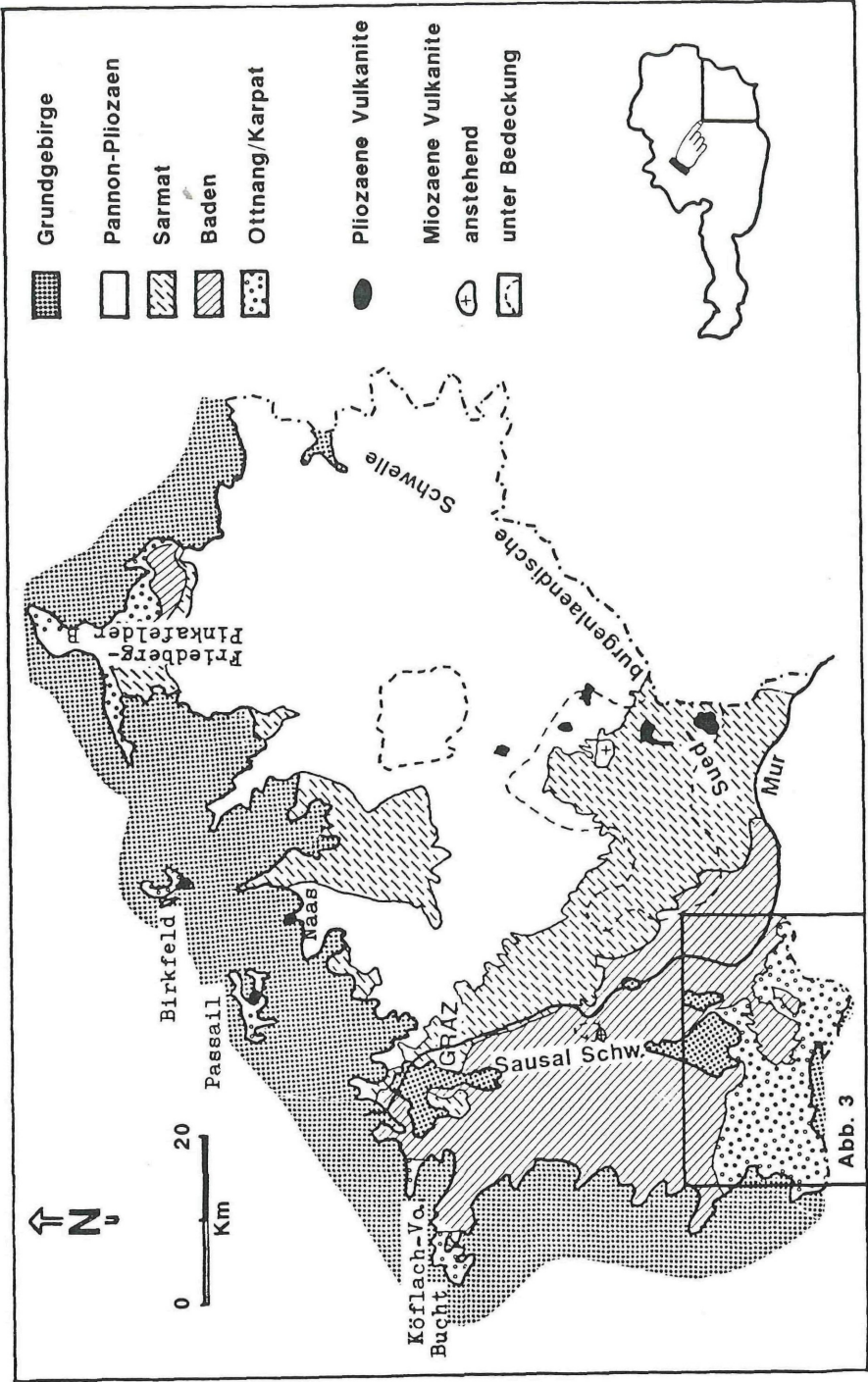


Abb. 2: Geologische Karte des Steirischen Tertiärbeckens (vereinfacht nach K. KOLLMANN 1965).

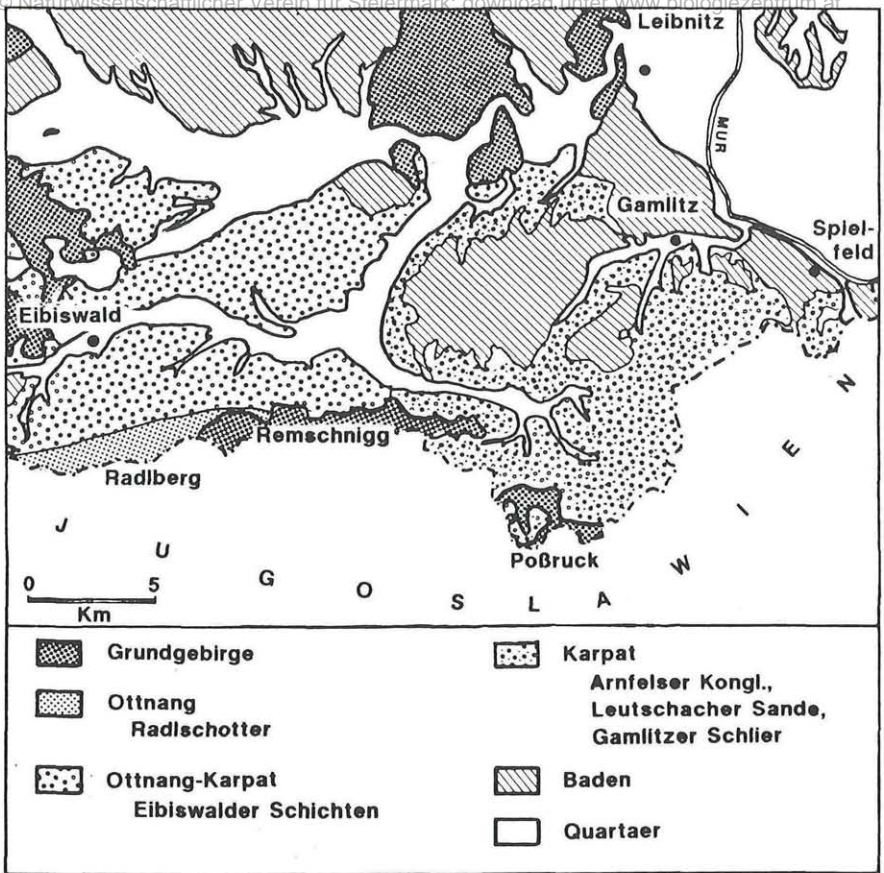


Abb. 3: Geologische Karte des Südweststeirischen Beckens (nach H. FLÜGEL & F. NEUBAUER 1984).
Position der Karte siehe Abb. 2.

4. Zur Inkohlungskarte

Abb. 4 zeigt die Inkohlungskarte des Steirischen Beckens. Abb. 5 jene des südwestlichen Beckenteiles in einem detaillierten Ausschnitt.

Die Huminit/Vitrinit-Reflexion der nachkarpatischen Schichten bleibt unter 0,4% Rr. Sie weist damit ins Weich- bis Mattbraunkohlenstadium.

Ausnahmen bilden einige badenische Proben aus dem Kontaktbereich zum **Shoshonit von Weitendorf**. Eine Probe aus der (zur Zeit nicht zugänglichen) Unterlage des Shoshonits, die ca. 1,0 m bis 1,5 m unter dem Shoshonit/Sedimentkontakt entnommen wurde (Sammlung W. WASSERMANN) weist einen Reflexionswert von 3,2% Rr auf. Eine zweite Probe aus einer sedimentären Einschaltung in den Shoshonit, die von B. KRÄINER (1987) als eingequetschter Untergrund gedeutet wird, weist einen Reflexionswert von 2,8% Rr auf.

An Pflanzenhäcksel aus der Überlagerung (0,50 m–1,30 m über dem Shoshonit) wurden Werte zwischen 0,96% Rr und 0,27% Rr gemessen. Diese Werte sind wegen weit fortgeschrittener Verwitterung allerdings mit Vorsicht zu beurteilen.

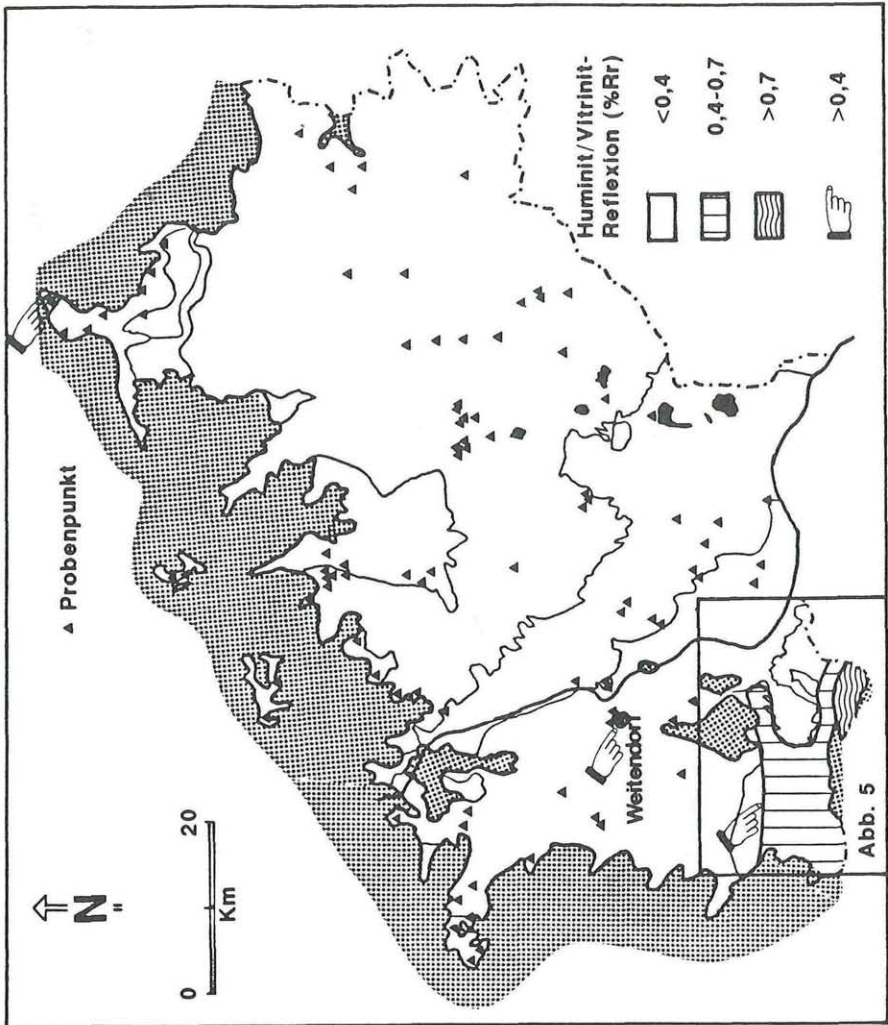


Abb. 4: Inkohlungskarte des Steirischen Tertiärbeckens (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion).

In der Südweststeiermark folgt die 0,4%-Isoreflektion ungefähr der Karpatien/Badenien-Grenze. Im Bereich der Gamlitzer Mulde bildet sie diese Struktur ab. Inkohlungssprünge sind weder an der Karpatien/Badenien-Grenze noch im Karpatien selbst ausgebildet. Die Diskordanzen der „Steirischen Phase“ lassen sich im Inkohlungsbild daher nicht nachweisen.

Zwischen Remschnigg und Poßruck nimmt der Inkohlungsgrad innerhalb der karpatischen Sedimente auf einer horizontalen Distanz von ca. 5 km kontinuierlich vom Mattbraunkohlen- bis zum Fettkohlenstadium zu. Die Linien gleicher Inkohlung verlaufen in diesem Bereich ungefähr parallel zum Streichen. Die Faltenstruktur der Remschnigg-Antiklinale wird durch das Inkohlungsbild jedoch nicht nachgezeichnet.

Am Nordrand der Friedberg-Pinkafelder Bucht wird das Glanzbraunkohlenstadium erreicht. Eine Elementaranalyse einer Kohle aus Zöbern am Nordostrand der Bucht

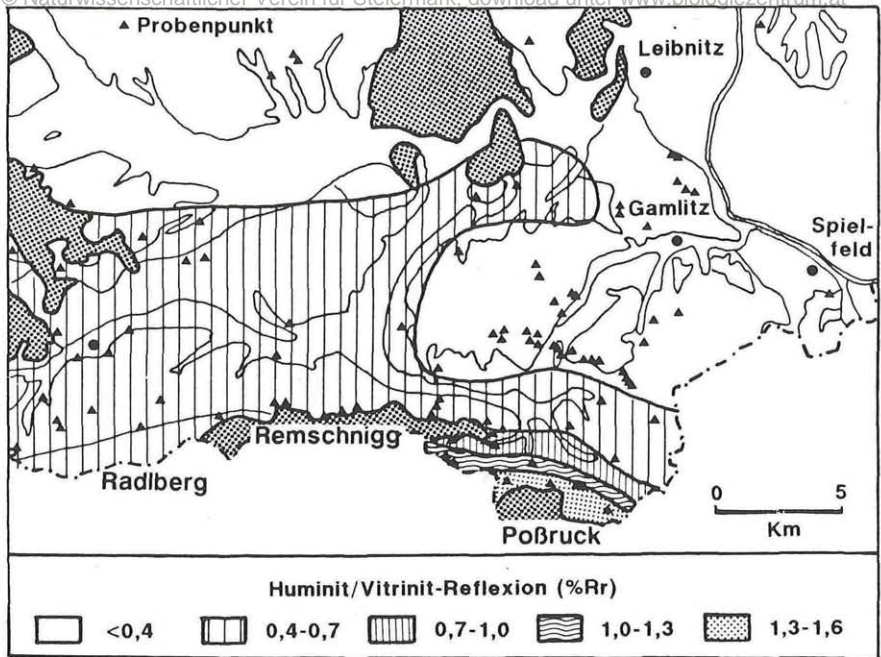


Abb. 5: Inkohlungskarte des Südweststeirischen Beckens. Position der Karte siehe Abb. 4 (Basis: Huminit/Vitrinit-Reflexion).

(W. PETRASCHKE 1924/29) weist sogar auf Flammkohlenstadium (C-Gehalt: 79,2%). Die 0,4%-Isoreflexion befindet sich im Grenzbereich zwischen Ottangien (Zöberner Brekzie) und Karpaten (Sinersdorfer Konglomerat). Sie liegt damit stratigraphisch tiefer als im Südweststeirischen Becken.

Die Huminit/Vitrinit-Reflexionswerte im Karpaten der **Köflach-Voitsberger Bucht**, einem der wichtigsten Kohlenreviere Österreichs, bleiben unter 0,4% Rr. Das Reflexionsvermögen ist in diesem Inkohlungsbereich ein sehr träger Inkohlungsparameter. Schwache Inkohlungstrends werden daher nicht sichtbar. Ein besser geeigneter Inkohlungsparameter für gering inkohlte Kohlen ist der Wassergehalt. Dieser weist die Kohlen des Köflach-Voitsberger Revieres als Weichbraunkohlen aus und läßt eine geringfügige Zunahme des Inkohlungsgrades von Osten (H_2O_{af} 41%) nach Westen (H_2O_{af} 37%) erkennen (W. PETRASCHKE 1924/29; W. POHL 1970).

5. Deutung des Inkohlungsbildes

5.1 Nachkarpatische Schichten im Ost- und Weststeirischen Becken

H. ZOJER (1977) zeigte, daß heute zumindest im Oststeirischen Becken erhöhte geothermische Gradienten herrschen. Der mit Ausnahme der Kontaktzone des Shoshonits von Weitendorf (Kap. 4.2) geringe Inkohlungsgrad der oberflächlich anstehenden, nachkarpatischen Schichten ist daher durch die geringmächtige Überlagerung dieser Schichten zu erklären.

5.2 Shoshonit von Weitendorf

Die hohen Reflexionswerte aus der sedimentären Unterlage des Shoshonits zeugen ebenso wie Frittings- und Bleichungserscheinungen (H. FLÜGEL et al. 1952; B. KRÄINER 1987) von thermischer Beeinflussung.

Die Zeitdauer der Einwirkung erhöhter Temperatur im Kontaktbereich von vulkanischen Gesteinen liegt in der Größenordnung von Monaten (T. S. LOVERING 1935; F. HORVATH et al. 1986). Abb. 6 erläutert die Beziehung zwischen Vitritreflexion und maximaler Gesteinstemperatur für sehr kurze Aufheizzeiten. Aus dieser Abbildung ergibt sich für die Unterlage des Weitendorfer Shoshonits eine Temperatur von 450 – 500° C. Diese Temperatur stimmt überein mit berechneten und gemessenen Daten aus vergleichbaren Kontaktzonen verschiedener magmatischer Gänge (N. H. BOSTICK 1973; F. HORVATH et al. 1986). Die Inkohlungsdaten lassen daher eine Platznahme des Vulkanits im heißen Zustand wahrscheinlich erscheinen.

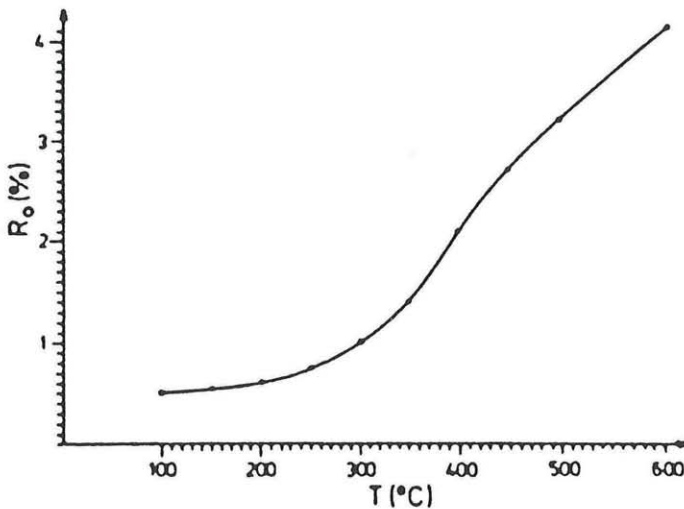


Abb. 6: Beziehung zwischen maximaler Temperatur und Vitritreflexion für eine Inkohlungszeit von einem Monat (nach N. H. BOSTICK 1973).

Die Inkohlungsdaten aus dem Hangenden des Shoshonits erlauben wegen der zum Teil weit fortgeschrittenen Verwitterung keine eindeutigen Aussagen. Ähnlich hohe Temperaturen wie im Liegenden des Shoshonits wurden in der Überlagerung aber auf keinen Fall erreicht.

Zur Gewinnung frischen Probenmaterials für weitere Untersuchungen sind flache Schlagbohrungen im Bereich der Überlagerung geplant.

5.3 Südweststeirisches Becken

Wegen des Fehlens von Tiefbohrungen in diesem Teil des Steirischen Beckens kann keine endgültige Aussage über Alter und Ursache der relativ hohen Inkohlung getroffen werden. Der ungefähr parallele Verlauf der 0,4%-Isoreflexione und der Karpatien/Badenien-Grenze weist jedoch auf eine sehr frühe Inkohlung hin, die vor Ausbildung der Gamlitzer Mulde, vermutlich noch im Badenien abgeschlossen war. Für die Inkohlung stand daher nur eine sehr kurze Zeitspanne von 3 bis 6 Mio. Jahren zur Verfügung.

Der geringe Anstieg des Inkohlungsgrades innerhalb der Eibiswalder Schichten und der Radlschotter täuscht einen kleinen Inkohlungsgradienten vor. So nimmt der Inkohlungsgrad vom Top zur Basis der Eibiswalder Schichten, trotz der großen Gesamtmächtigkeit von 2500 m, nur um 0,20–0,25% Rr zu. Die geringe Zunahme des Inkohlungsgrades mit der stratigraphischen Teufe ist vermutlich mit der (in bezug auf die frühe Heraushebung der Schichten am Beckensüdrand) syn- oder posttektonischen Inkohlung zu erklären.

Das bekannte Diagramm nach N. H. BOSTICK et al. (1979; Abb. 7) erlaubt die Abschätzung der maximalen Inkohlungstemperatur aus der mittleren Huminit/Vitrinit-Reflexion (Rr) und der Einwirkungszeit dieser Temperatur. Für die hangenden Bereiche der Eibiswalder Schichten (ca. 0,4% Rr, Einwirkungszeit max. 3 Mio. J.) ermittelt sich die maximale Temperatur mit ca. 75° C, für das Top der Radlschotter (ca. 0,60% Rr, Einwirkungszeit max. 6 Mio. J.) mit ca. 120° C. Diese Temperaturen entsprechen bei durchschnittlichen geothermischen Gradienten (3° C/100 m) Überlagerungsmächtigkeiten von 2000 m bzw. 3500 m. Es ist unwahrscheinlich, daß im Weststeirischen Becken nach dem Karpatien 2000 m mächtige Sedimente abgelagert wurden. Wegen der bereits im Ottngang einsetzenden Heraushebung der Radlschotter ist auch für diese mit keiner Überlagerungsmächtigkeit von 3500 m zu rechnen. Dies spricht dafür, daß das Auftreten des Glanzbraunkohlenstadiums in diesem Gebiet auf erhöhte paläogeothermische Gradienten während Ottngang bis Badenien zurückzuführen ist.

Die erhöhten Gradienten stehen möglicherweise mit dem dazitischen Vulkanismus in Zusammenhang, dessen Gesteine nach A. WINKLER-HERMADEN (1929 c) südwestlich des Radlberges in Radlschotter und Eibiswalder Schichten eingedrungen sind. Nach M. HAMRLA (1988) ist auch das Glanzbraunkohlenstadium miozäner Kohlen am Südrand des Bachergebirges (Zrece) und bei Windischgraz (Sele) auf erhöhte paläogeothermische Gradienten in Verbindung mit diesem karpatischen Dazitvulkanismus zurückzuführen.

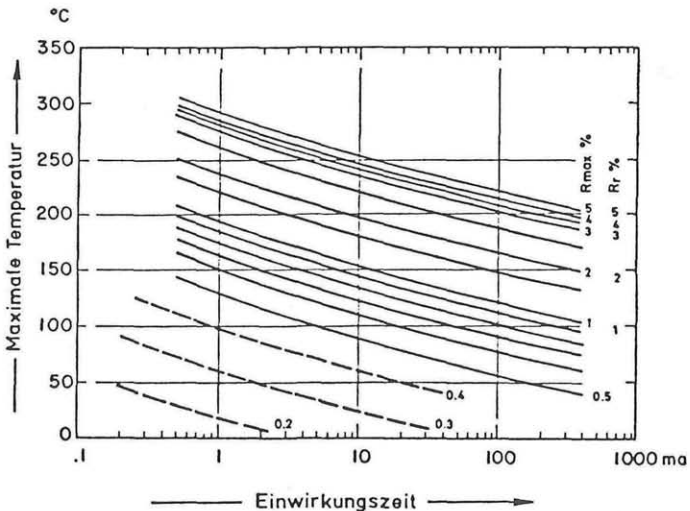


Abb. 7: Beziehungen zwischen maximaler Temperatur, Einwirkungszeit dieser Temperatur und der Huminit/Vitrinit-Reflexion (nach N. H. BOSTICK et al. 1979; aus M. WOLF 1988).

5.3.2 Das Gebiet zwischen Remschnigg und Poßruck

Die sehr hohe Inkohlung nördlich des Poßrucks deutet auf eine lokale Aufheizung. Die Inkohlungstemperaturen ergeben sich aus Abb. 7 mit ca. 40° C (S' Gamlitz) bis 190° C (Poßruck-Nordhang). Von Bedeutung für die Lokalisierung der Wärmequelle ist die Tatsache, daß jene karpatischen Schichten, die in östlicher Fortsetzung der Remschnigg-Antiklinale anstehen, geringer inkohlt sind als die südlich anschließenden, hangenderen Schichten des Muldenkernes. Dies bedeutet, daß unabhängig von der zeitlichen Beziehung von Inkohlung und Faltenbau, die für die fortgeschrittene Inkohlung verantwortliche Wärmequelle südlich des hoch inkohnten Bereiches gesucht werden muß. Auf Grund der raschen Zunahme des Inkohlungsgrades kann auf einen naheliegenden Wärmeherd geschlossen werden.

Auch diese Aufheizung steht vermutlich mit dem miozänen Magmatismus in Zusammenhang. Vulkanite sind in unmittelbarer Nachbarschaft allerdings nicht bekannt, jene des Radl-Gebietes sind zu weit entfernt, um die starke Aufheizung der Schichten am Poßruck-Nordhang zu bewirken. Ob der Wärmeherd an die vermutete Fortsetzung der Raablinie im Poßruck (H. FLÜGEL 1988), südlich des hoch inkohnten Bereiches geknüpft ist, werden weitere Untersuchungen im grenznahen Tertiär Jugoslawiens zeigen.

5.4 Friedberg-Pinkafelder Bucht

Die Glanzbraunkohlen-führenden Zöberner Brekzien treten unter den in dieser Bucht über 1500 m mächtigen Sinnersdorfer Konglomeraten (A. WINKLER-HERMADEN 1933) auf. Die jüngeren tertiären Schichten sind nach K. NEBERT (1985) ca. 500 m mächtig. Diese Mächtigkeiten reichen aus, um den Inkohlungsgrad der Zöberner Brekzien ohne deutlich erhöhte paläogeothermische Gradienten zu erklären. Sollte allerdings die in Kap. 4 erwähnte Elementaranalyse einer Flammkohle den wahren Inkohlungsgrad anzeigen, so müßte auch für den Nordteil der Friedberg-Pinkafelder Bucht eine zusätzliche Wärmequelle angenommen werden.

5.5 Köflach-Voitsberger Bucht

W. POHL (1970) führte die Abnahme des Wassergehaltes der Weichbraunkohlen der Köflach-Voitsberger Bucht von Osten nach Westen um ca. 4% auf unterschiedliche Verortungsbedingungen zurück.

Gemäß der altbekannten Schürmannschen Regel nimmt der Wassergehalt von Weichbraunkohlen mit der Tiefe um ca. 4%/100 m ab (M. TEICHMÜLLER & R. TEICHMÜLLER 1982). Zur Erklärung der unterschiedlichen Inkohlung ist daher eine geringfügige Änderung der Mächtigkeit der überlagernden Schichten ausreichend. Nach Meinung des Verfassers ist es denkbar, daß der westliche Teil der Köflach-Voitsberger Bucht etwas höher überlagert war als der östliche.

6. Diskussion

Das Inkohlungsbild der Oberfläche des Steirischen Tertiärbeckens wird (a) durch die primäre Überlagerung der Schichten und (b) durch den miozänen Vulkanismus geprägt.

Der miozäne Vulkanismus wirkt sich im Inkohlungsbild durch

- regional erhöhte geothermische Gradienten (Gebiet nördlich des Radlberges),
- lokale Aufheizung (Gebiet zwischen Remschnigg und Poßruck) und
- „Kontaktmetamorphose“ (Unterlage des Shoshonits von Weitendorf) aus.

Durch thermischen Einfluß wird in den vorbadischen Gesteinen der Südweststeiermark, trotz relativ geringer Versenkung, das Ölfenster (0,6% Rr - 1,35% Rr) erreicht und nördlich des Poßrucks sogar überschritten.

Ein Einfluß des plio-/pleistozänen Vulkanismus auf das Inkohlungsbild konnte nicht nachgewiesen werden. Frittingserscheinungen an der Basis von Basaltlaven bestätigen jedoch auch hier „kontaktmetamorphose“ Beeinflussung.

Dank

Die vorliegende Arbeit wurde durch Mittel des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung im Rahmen des Projektes Nr. P7013-GEO (Inkohlung Steirisches Becken; Leitung Univ.-Prof. Dr. F. EBNER) unterstützt. Den Firmen GKB-AG und GROSZSCHÄDL Ges.m.b.H., dem Landesmuseum Joanneum sowie den Herrn Dr. P. BECKMANNAGETTA, Dr. J. G. FRIEBE und Dr. B. KRÄINER sei für die Zurverfügungstellung von Probenmaterial gedankt. Herr Mag. H. M. KONRAD war bei der Probenaufsammlung behilflich. Herrn Univ.-Prof. Dr. F. EBNER gebührt herzlicher Dank für zahlreiche Diskussionen und für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

7. Literatur

- BOSTICK, N. H.: Time as a factor in thermal metamorphism of phytoclasts (coaly particles). - C. r. 7. Congr. internat. Strat. Geol. Carbonifere, 2, 183-193, 8 Abb., 1 Tab., Krefeld 1973.
- BOSTICK, N. H.; CASHMAN, S. M.; McCULLOW, T. H. & WADELL, C. T.: Gradients of vitrinite reflectance and present temperature in the Los Angeles and Ventura Basins, California. - In: D. F. OLTZ (Hrsg.): Low Temperature Metamorphism of Kerogen and Clay Minerals, 65-96, Los Angeles (Soc. Econ. Paleont. Miner., Pacific Sect.) 1979.
- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R. F.: Inkohlung, Paläogeothermie und Erdölreife im Oststeirischen Becken. - Nachr. Dt. Geol. Ges., 41, 89-90, Hannover 1989.
- FLÜGEL, H.: Das Alter des Shoshonits von Weitendorf, Steiermark. - Min. Mitt. Joanneum, 42, 23-24, Graz 1975.
- FLÜGEL, H.: Geologische Karte des prätertiären Untergrundes. - In: A. KRÖLL et al.: Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle, 21-43, Abb. 5, Wien (Geol. B.-A.) 1988.
- FLÜGEL, H.; HAUSER, A. & PAPP, A.: Neue Beobachtungen am Basaltvorkommen von Weitendorf bei Graz. - Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt. I, 161, 173-184, 1 Abb., Wien 1952.
- FLÜGEL, H. & NEUBAUER, F.: Geologische Karte der Steiermark 1:200.000. Wien (Geol. B.-A.) 1984.
- FRIEBE, J. G.: Neotektonik an der Mittelsteirischen Schwelle (Österreich): Die „Steirische Phase“. - Kurzfassungen 35. Symposium Tektonik, Strukturgeologie, Kristallingeologie, 73-75, 2 Abb., Graz 1990.
- HAMRLA, M.: Contribution to the geology of coal deposits in the Zrece area and reflectance-based ranking of its coals. - Geologija, 30 (1987), 343-390, 12 Abb., 3 Tab., Ljubljana 1988.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- HORVATH, F.; DÖVÉNYI, P. & LACZO, I.: Geothermal effect of magmatism and its contribution to the maturation of organic matter in sedimentary basins. – In: G. BUNTEBARTH & L. STEGENA: *Paleogeothermics*, 173–183, 7 Abb., 1 Tab., Berlin (Springer) 1986.
- KOLLMANN, K.: Jungtertiär im Steirischen Becken. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 57, 479–632, 2 Abb., 6 Taf., Wien 1965.
- KOLLMANN, K.: Steiermark und Südburgenland. – In: F. BACHMAYER (Hrsg.): *Erdöl und Erdgas in Österreich*. 216–223, 2 Abb., Wien (Naturhist. Mus.) 1980.
- KRAINER, B.: Sedimentation und Shoshonit von Weitendorf, Badenien, Steirisches Becken. – *Mitt. österr. Geol. Ges.*, 80, 143–156, 4 Abb., 2 Tab., Wien 1987.
- KRAINER, B.: Bericht über geologische Aufnahmen im Miozän auf Blatt 207 Arnfels. – *Jb. Geol. B.-A.*, 132, 622–623, Wien 1989.
- KRÖLL, A.: Reliefkarte des prätertiären Untergrundes. – In: A. KRÖLL et al.: *Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle*, 16–20, Wien (Geol. B.-A.) 1988.
- LOVERING, T. S.: Theory of heat conduction applied to geological problems. – *Geol. Soc. American Bull.*, 46, 69–94, 10 Abb., 1935.
- MAURITSCH, H.: Geophysikalische Untersuchungen an den Vulkaniten im Raum Weitendorf–Wundschuh, Steiermark. – *Min. Mitt. Joanneum*, 42, 13–22, Graz 1975.
- NEBERT, K.: Zyklische Gliederung der Eibiswalder Schichten (Südweststeiermark). – *Jb. Geol. B.-A.*, 126, 259–285, 15 Abb., 6 Tab., Wien 1983.
- NEBERT, K.: Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrandes der Zentralalpen. – *Archiv Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 6, 23–79, 46 Abb., 14 Tab., Wien 1985.
- PETRASCHECK, W.: Braunkohlenlager der österreichischen Alpen. – In: W. PETRASCHECK: *Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten*, 145–212, Abb. 62–124, Katowice 1924/29.
- POHL, W.: Die Kohle des Köflach-Voitsberger Revieres. – *Berg- und hüttenmänn. Mh.*, 115, 270–277, 9 Abb., 3 Tab., Wien 1970.
- STEININGER, F. F. & BAGDASARJAN, G. P.: Neue radiometrische Alter mittelmiozäner Vulkanite der Steiermark (Österreich), ihre biostratigraphische Korrelation und ihre mögliche Stellung innerhalb der paläomagnetischen Zeitskala. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1977, 85–99, Wien 1977.
- TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R.: The geological basis of coal formation. – In: E. STACH et al.: *Coal Petrology*. – 3. erw. Aufl., 5–86, Abb. 1–26, Tab. 1–4, Phototaf. 1, Berlin (Borntraeger) 1982.
- TEICHMÜLLER, M.; TEICHMÜLLER, R. & BARTENSTEIN, H.: Inkohlung und Erdgas in Norddeutschland. Eine Inkohlungskarte der Oberfläche des Oberkarbons. – *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 27, 201–276, 31 Abb., 15 Tab., Krefeld 1979.
- WEBER, L. & WEISS, A.: Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. – *Archiv Lagerst. forsch. Geol. B.-A.*, 4, 1–317, 110 Abb., 174 Tab., Wien 1983.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Das südweststeirische Becken im älteren Miozän. – *Denschr. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl.*, 101, 89–130, Wien 1927.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jüngeren Ablagerungen im südweststeirischen Becken und dessen Tektonik. – *Jg. Geol. B.-A.*, 79, 1–32, 3 Abb., Wien 1929a.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Der Bau des „Radelgebirges“ in Südweststeiermark. – *Jb. Geol. B.-A.*, 79, 479–530, 5 Abb., Taf. 14–15, Wien 1929b.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Über das Alter der Dazite im Gebiete des Draudurchbruches. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1929, 169–181, 2 Abb., Wien 1929c.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen am Nordostsporn der Zentralalpen und seines Südsauumes. – *Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt. I*, 142, 81–102, 1 Abb., Wien 1933.
- WINKLER-HERMADEN, A.: *Geologischer Führer durch das Tertiär- und Vulkanland des Steirischen Beckens*. – *Samml. geol. Führer*, 36, 209 S., 27 Abb., 1 Photo, 3 Taf., Berlin (Borntraeger) 1939.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. – In: F. X. SCHAFFER (Hrsg.): *Geologie von Österreich*, 2. Aufl., 414–524, 20 Abb., Wien (Deuticke) 1951.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- WINKLER-HERMADEN, A.: Zur Geologie des südweststeirischen Tertiärbeckens. – Mitt. Naturw. Ver. Stmk., **88**, 233–245, 1 Abb., Graz 1958.
- WOLF, M.: Torf und Kohle. – In: H. FÜCHTBAUER (Hrsg.): Sedimente und Sedimentgesteine, 683–730, 30 Abb., 7 Tab., Stuttgart (Schweizerbart) 1988.
- ZOJER, H.: Untersuchung der geothermischen Tiefenstufe mittels Temperaturmessungen bei artesischen Brunnen in der Oststeiermark und im südlichen Burgenland. – Verh. Geol. B.-A., **1977**, 393–403, 2 Abb., 2 Tab., Wien 1977.

Anschrift des Verfassers: Dr. Reinhard F. SACHSENHOFER, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität, Parkstraße 27, A-8700 Leoben.