

DAS INKOHLUNGSBILD AUSGEWÄHLTER ALPNER KOHLENREVIERE - ZUR FRAGE DES EINFLUSSES TEKTONISCHEN DRUCKES AUF DIE CHEMISCHE INKOHLUNG*

R.F. Sachsenhofer, Leoben

Mit 10 Abbildungen

Zusammenfassung: Während nach heutiger Lehrmeinung Temperatur und Zeit die chemischen Veränderungen beim Inkohlungsprozeß steuern, wurde früher der relativ hohe Inkohlungsgrad mancher tektonisch beanspruchter Kohlen (z. B.: triadische Steinkohlen der nordöstlichen Kalkalpen, jungtertiäre Glanzbraunkohlen der Reviere Fohnsdorf und Leoben) durch den Einfluß des tektonischen Druckes erklärt. Die Inkohlungsstadien obgenannter Reviere wurden daher auf etwaige Einwirkungen des tektonischen Druckes untersucht. Es stellte sich heraus, daß: 1. unterschiedliche geothermische Gradienten in vorcenomaner Zeit für regional unterschiedliche Inkohlung der Kohlen der nordöstlichen Kalkalpen verantwortlich sind; 2. erhöhte geothermische Gradienten und große Überlagerungsmächtigkeiten in vortektonischer (vorbadeniener) Zeit die hohe Inkohlung des Fohnsdorfer Revieres verursachten; 3. der hohe Inkohlungsgrad der Leobener Kohlen vermutlich auf nachtektonische Temperaturerhöhung infolge tiefer Versenkung bei der Einmuldung des Leobener Tertiärbeckens zurückzuführen ist. Man kann daher davon ausgehen, daß auch in diesen Revieren tektonischer Druck keinen Einfluß auf die chemische Inkohlung ausgeübt hat.

Abstract: Temperature and time are presently considered to be the main factors for chemical coalification reactions. Previously an influence of tectonic stress was deduced from highly coalified tectonized coals; e. g. Mesozoic medium and high volatile bituminous coals of the northeastern Calcareous Alps, Tertiary sub-bituminous coals of the Fohnsdorf and Leoben coal district. Coalification patterns of these coal districts were examined. It was concluded that: 1. variable geothermal gradients in pretectonic (pre-Upper Cretaceous) times caused the variable rank of the coals of the northeastern Calcareous Alps; 2. raised geothermal gradients and deep burial in pretectonic (pre-Badenian) times caused the high rank of the coals from Fohnsdorf; 3. probably raised temperatures in posttectonic time as a result of deep burial caused the high rank of the coals from Leoben.

1. Einleitung und Problemstellung

Der Inkohlungsprozeß wird in einen physikalisch-strukturellen und einen chemischen Teil eingeteilt (TEICHMÜLLER, 1954, 1982). Die strukturelle Inkohlung äußert sich z. B. in einer Abnahme des Wassergehaltes oder der optischen Anisotropie mancher Kohlen. Druck spielt bei der strukturellen Inkohlung sicher eine große Rolle. Die chemischen Veränderungen (Zunahme des C-Gehaltes etc.) werden dagegen nach heutiger Lehrmeinung nur durch die Faktoren Temperatur und Zeit gesteuert (TEICHMÜLLER, 1987). Der chemische Inkohlungsgrad ist daher ein ausgezeichnetes Paläogeothermometer. Ein geeigneter Parameter zur Erfassung des chemischen Inkohlungsgrades ist die mittlere Vitrinitreflexion (MACKOWSKY, 1982).

Bis vor ca. 30 Jahren war die Frage nach den Ursachen der chemischen Inkohlung allerdings umstritten. Druck, insbesondere tektonischer Druck wurde als wesentlicher Faktor auch der chemischen Kohlenreifung angeführt (z. B. PETRASCHECK, 1922; PETRASCHECK,

1956). Diese, bei manchen Geologen nach wie vor tief verwurzelte Meinung stützte sich auf die Beobachtung, daß Kohlen in gefalteten Schichten häufig höher inkohlt sind als Kohlen in ungefalteten.

Im folgenden sollen die Inkohlungsbilder dreier alpiner Kohlenreviere vorgestellt werden, deren relativ hohe Qualität ihrer tektonisch beanspruchten Kohlen den Einfluß des tektonischen Druckes zu bestätigen schien (PETRASCHECK, 1922, S. 46). Es sind dies die nordöstlichen Kalkalpen mit ihren triadischen Kohlen ("Lunzer Kohlenrevier") sowie das Fohnsdorfer und das Leobener Revier mit ihren karpatischen Kohlenserien.

Es wird untersucht, ob die Inkohlungsbilder dieser Reviere tatsächlich eine Beteiligung des tektonischen Druckes an den chemischen Veränderungen während des Inkohlungsprozesses zwingend nahelegen. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Frage nach dem zeitlichen Verhältnis von Inkohlung und Tektonik.

* Vortrag, gehalten beim Informationstreffen österreichischer Sedimentologen in Innsbruck, am 29.4.1988

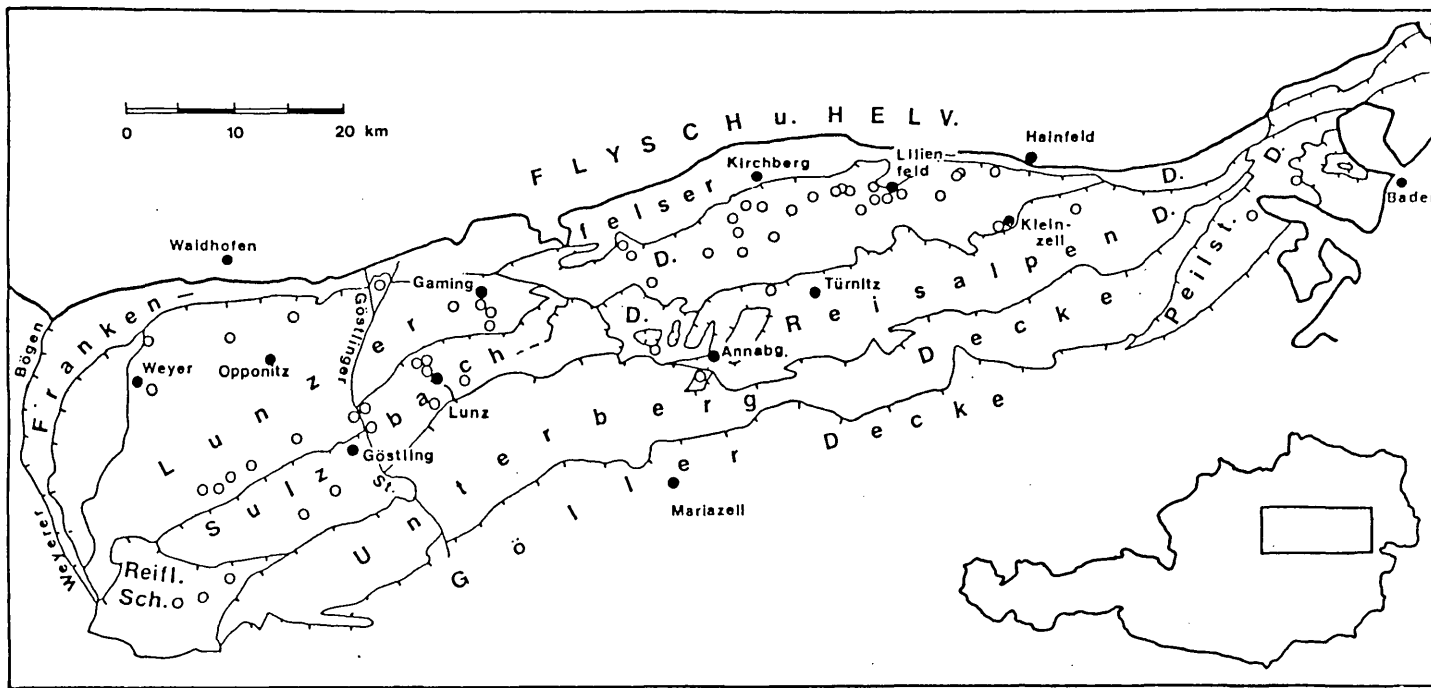


Abb. 1:

Tektonische Karte der östlichen Kalkvorpalen (vereinfacht nach TOLLMANN, 1986) mit der Position der untersuchten Lunzer Kohlenvorkommen.

Als Inkohlungsparameter finden die mittlere Vitritreflexion und der Wassergehalt der bei einer Luftfeuchtigkeit von 60 % getrockneten Kohlen Anwendung. Detaillierte Probenlisten und Analysenergebnisse finden sich zum Teil bei SACHSENHOFER (1987), z. T. in einer in Vorbereitung befindlichen Arbeit.

2. Das "Lunzer Kohlenrevier"

Das Verbreitungsgebiet der Lunzer Kohlen befindet sich in den östlichen Kalkvorpalen. Abb. 1 zeigt eine tektonische Karte dieses Raumes. Kohlenführende Lunzer Schichten beinhalten Lunzer Decke, Sulzbach-Decke und Reiflinger Scholle sowie Reissalpen-Decke und Peilstein-Decke.

Nach PETRASCHECK (1926/29) sind die Lunzer Kohlen Fettkohlen. Der im Vergleich zu den außeralpinen Glanzbraunkohlen des Keupers von Zawiercze (Polen) hohe Inkohlungsgrad läßt sich nach PETRASCHECK (1922/29) durch die tektonische Beanspruchung der alpinen Lunzer Kohlen erklären.

Eine Neuuntersuchung der Lunzer Kohlen ergab aber das in Abb. 2 dargestellte Inkohlungsbild. Das Inkohlungsmaximum liegt im Raum Lilienfeld-Kleinzell in der

Lunzer Decke. Hier erreichen die Kohlen das Fettkohlenstadium. Gegen Westen nimmt der Inkohlungsgrad bis zum Glanzbraunkohlenstadium ab. Im äußersten Westen des Untersuchungsgebietes sind die Kohlen damit gleich gering inkohlt wie die Keuperkohlen von Zawiercze.

Das zeitliche Verhältnis von Inkohlung und Tektonik:

Die Inkohlungskarte zeigt, daß die Linien gleicher Inkohlung an den Deckengrenzen abgeschnitten werden. Die Inkohlung muß daher älter sein als die Hauptdeckenbildung in den östlichen Kalkvorpalen, die der mediterranen Phase des Turon zugeordnet wird. Zum gleichen Ergebnis führt das Studium der Deformationsbilder der Kohlen. Die Flöze reagierten auf die Einengungstektonik zwar scheinbar plastisch, wovon Auftreibungen der primär wohl nur wenige Dezimeter mächtigen Flözes zu Taschen mit bis zu 7 m Durchmesser zeugen; das Auflichtbild solcher Kohlen zeigt aber, daß diese Erscheinung nicht auf plastisches Verhalten der Kohlen im weichen Zustand, sondern auf Mylonitisierung der Kohlensubstanz zurückzuführen ist. (PETRASCHECK, 1935). Die Kohle wurde also als sprödes Gestein bruchhaft verformt. Sie muß daher zur Zeit der Mylonitisierung - nach NEUBAUER (1949) während der Austrischen Phase - bereits als Steinkohle vorgelegen sein.

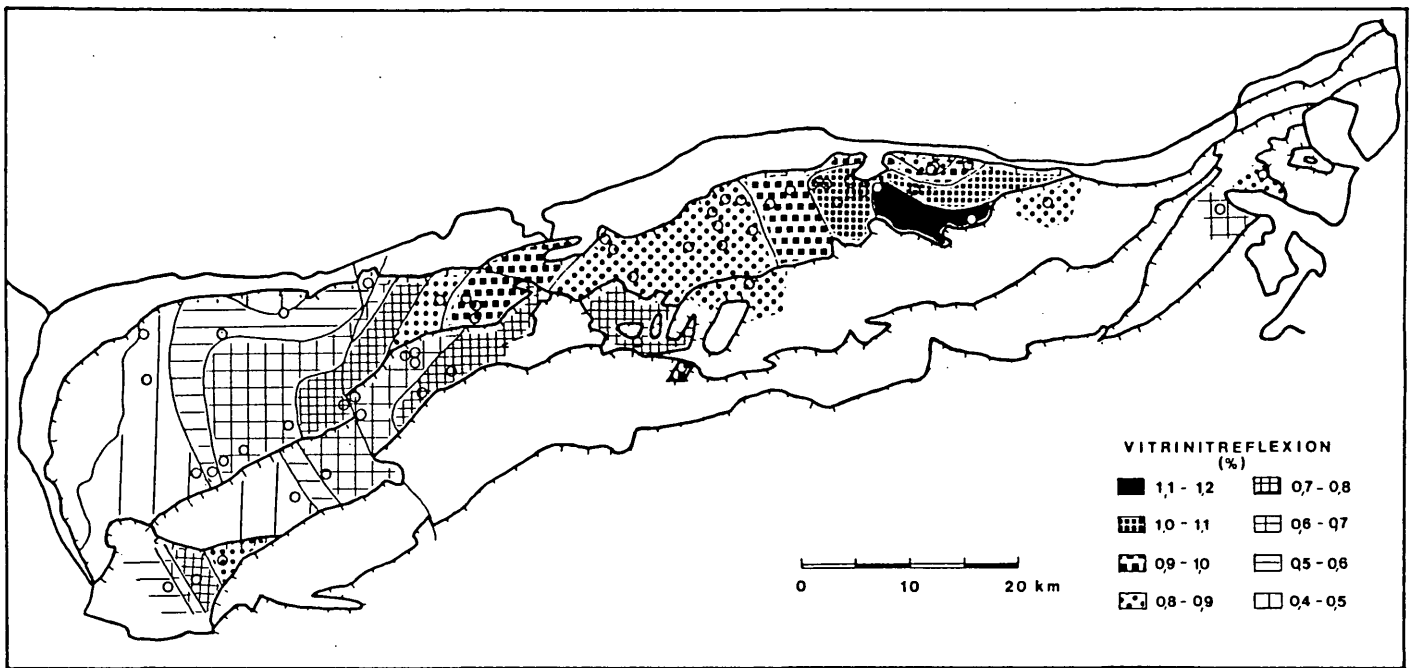


Abb. 2:
Inkohlungskarte der Lunzer Schichten der östlichen Kalkvorpalen auf Basis der Vitrinitreflexion
(aus SACHSENHOFER, 1987).

Weiters erkennt man, daß die Kohlen keinerlei Anzeichen einer Naturbrikettbildung erkennen lassen, da die Zwickel zwischen den einzelnen Kohlenpartikel offen sind. Nach- oder syntektonische Inkohlung im Bezug auf die Mediterrane und Austrische Phase ist daher auszuschließen. Es handelt sich also um eine transportierte Inkohlung. Die bedeutenden tektonischen Kräfte, die zur Ausbildung des Schuppen- und Deckenbaus und zur Mylonitisierung der Kohlen geführt haben, haben offensichtlich keinen Einfluß auf die Inkohlung gehabt. (Die älteren tektonischen Phasen zwischen Trias und Oberkreide betrafen die Kohlen deutlich weniger; NEUBAUER, 1949).

Der Grund für die Inkohlungsunterschiede ist daher, daß der Zeitfaktor bei den gleich alten Kohlen wohl keine Rolle spielen darf, in unterschiedlicher Erwärmung der kohlenführenden Schichten in vorcenomaner Zeit zu suchen. Da wir aus den Untersuchungen von SPENGLER (1928) bzw. STEINER (1968) wissen, daß die Überlagerungsmächtigkeiten im höchst und im geringst inkohlten Gebiet ungefähr gleich groß waren, muß die unterschiedliche Erwärmung auf unterschiedliche paläogeothermische Gradienten zurückgeführt werden (SACHSENHOFER, 1987).

3. Die Reviere Fohnsdorf und Leoben

Das Fohnsdorfer und das Leobener Kohlenbecken gehören jener Kette von Tertiärbecken an, die als Norische Senke bezeichnet wird. Die Norische Senke erstreckt sich vom Lungau bis in das südliche Wiener Becken (Hart/Gloggnitz; Abb. 3).

Einige der tief eingemuldeten Tertiärbecken, z. B. jene von Fohnsdorf und Leoben, beinhalten hochwertige Glanzbraunkohlen. Demgegenüber führen die gleich alten aber flach lagernden karpatischen Kohlenserien am Nordrand des Steirischen Beckens (z. B. Köflach) lediglich Weichbraunkohlen (POHL, 1970). Auch diese Diskrepanz wurde auf die Wirkung des tektonischen Druckes zurückgeführt (PETRASCHECK, 1922/29; HABIB, 1976).

Tatsächlich wird eine druckbedingte Beeinflussung der Fohnsdorfer und Leobener Kohlen durch eine - allerdings sehr schwache und daher nur im Durchlicht erkennbare - Anisotropie mit schiefen Auslöschungsrichtungen belegt (PETRASCHECK, 1947; PETRASCHECK, 1954). Diese offensichtliche Spannungsanisotropie, die auf einer druckbedingten Einregelung der als Micellen bezeichneten Aromatcluster der Kohlen beruht, ist aber eine Auswirkung der physikalisch-strukturellen Inkohlung im Sinne von TEICHMÜLLER & TEICHMÜLLER (1954) und

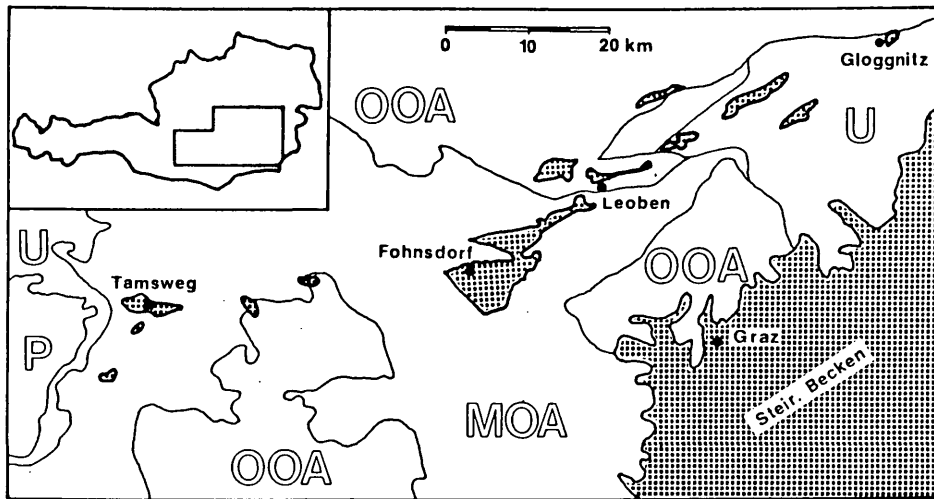


Abb. 3:

Die tektonische Position der Miozän-Becken der Norischen Senke (umgezeichnet nach TOLLMANN, 1985). P - Penninikum; U - Unterostalpin; MOA - Mittelostalpin; OOA - Oberostalpin; gepunktet - kohlenführendes Tertiär.

kann nicht die deutlichen chemischen Unterschiede zwischen den Kohlen der Norischen Senke und den Weichbraunkohlen des Steirischen Beckens erklären. Wohl aber kann die offensichtlich weit fortgeschrittene strukturelle Inkohlung den für Glanzbraunkohlen sehr geringen Wassergehalt der Kohlen der Norischen Senke von zum Teil weniger als 10 % erklären.

3.1. Fohnsdorf

Das Knittelfeld-Fohnsdorfer Tertiärbecken nimmt im Rahmen der übrigen Becken der Mur-Mürzfurche in bezug auf flächenmäßige Verbreitung und Mächtigkeit der Beckenfüllung eine Sonderstellung ein. Während die Sedimentmächtigkeit in der Regel wenige 100 m nicht übersteigt, beträgt sie im Knittelfeld-Fohnsdorfer Tertiär mehr als 3000 m (POLESNY, 1970). Ein Profil durch den westlichen Beckenteil (Abb. 4) veranschaulicht die Tektonik. Es zeigt den für viele Tertiärbecken der Norischen Senke charakteristischen asymmetrischen Bau mit steil gestelltem, z. T. sogar überkipptem Südschenkel und einem relativ flach lagernden Nordschenkel.

Der Bergbau ging im Nordschenkel um. Er verfolgte das Flöz bis 350 m unter den Meeresspiegel (WEBER & WEISS, 1983). Der Ausbläbereich des Flözes liegt dagegen in über +800 m SH, wodurch vom Verfasser die Veränderung des Inkohlungsgrades über ein Teufenintervall

von mehr als 1100 m beobachtet werden konnte. (Das Probenmaterial stammt von einer Dissertation, die knapp vor Schließung des Bergbaus abgefaßt wurde; HABIB, 1976).

Es zeigte sich, daß der Inkohlungsgrad im Flözhorizont sowohl in Bezug auf die Vitrinitreflexion als auch im Bezug auf die hygroskopische Feuchtigkeit nur sehr zögernd zunimmt. Die Vitrinitreflexion nimmt mit 0,08 %/km zu, der Wassergehalt des Vitrinites mit ca. 2-3%/km ab (Abb. 5).

Zusätzlich zur Inkohlung des Flözhorizontes wurde der Reifegrad von kohligem Material aus den Hangendschichten bestimmt. Dieses Material stammt von einer Bohrung, die 2 km westlich des Wodzicki-Schachtes (siehe Abb. 4) abgeteuft wurde. (Die Kerne der in Abb. 4 eingetragenen Schurfbohrungen wurden vor wenigen Jahren vernichtet.)

Aus den Meßdaten des Flözhorizontes und der Hangendschichten ergibt sich für den Bereich des ehemaligen Bergbaus folgendes Inkohlungsbild (Abb. 6):

Die Linien gleicher chemischer Inkohlung (Isoreflektionen) tauchen ungefähr parallel mit dem Schichteinfallen ab. Da die Isoreflektionen mit dem Sediment mitgekippt wurden, muß die chemische Inkohlung vor der Haupteinmündung abgeschlossen gewesen sein. Der spitzwinkelige Verschnitt von Isoreflektionen und Schichteinfallen ergibt sich aus der von METZ (1973) beschriebenen synsedi-

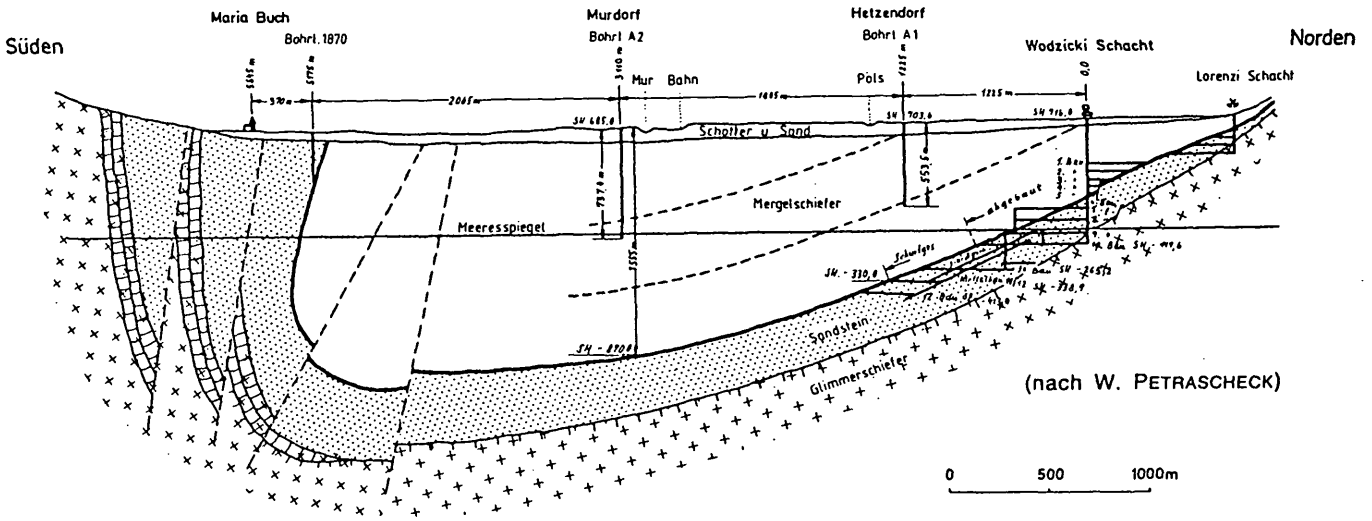


Abb. 4

Schematisches Profil durch das Fohnsdorfer Tertiärbecken (aus WEBER & WEISS, 1983).

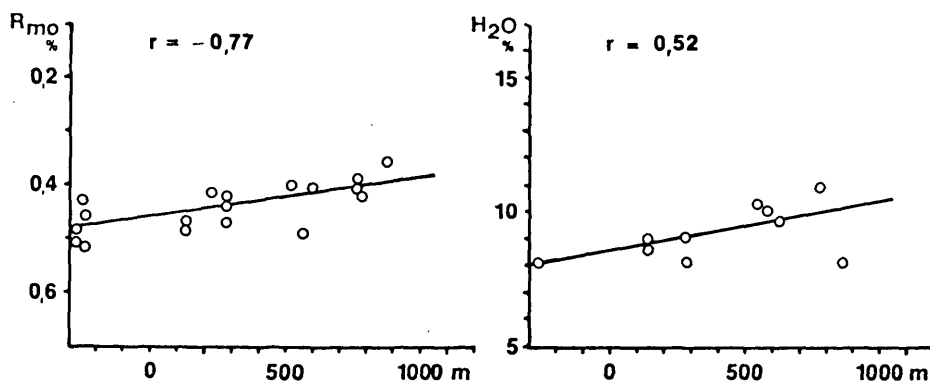


Abb. 5:

Korrelation zwischen Vitritreflexion (R_{mo}) bzw. hygroskopischer Feuchtigkeit (H_2O) und der heutigen Höhenlage der Kohlen im Fohnsdorfer Revier.

mentären Absenkungstektonik, bzw. der dadurch bedingten Zunahme der Überlagerungsmächtigkeit und damit der Temperatur im Flözhorizont gegen die Beckenmitte hin. Die Einengungstektonik hat offensichtlich keinen Einfluß auf den Inkohlungsgrad ausgeübt, sondern lediglich den Kohlen die Spannungsanisotropie aufgeprägt.

Der Inkohlungsgradient, gemessen senkrecht auf die Isoreflexionen, beträgt 0,3 %/km. Das ist ein Wert, der gestützt auf Literaturangaben über die paläogeothermischen Verhältnisse in verschiedenen tertiären Sedimentbecken (BUNTEBARTH, 1979; JAKOB et al., 1982; REUTTER et al., 1983) auf einen leicht erhöhten paläogeothermischen Gradienten schließen läßt.

Die Annahme einer vortektonischen Inkohlung, die alleine durch den Faktor Temperatur gesteuert wurde, stößt auch deshalb auf keine Schwierigkeiten, weil die Überlagerungsmächtigkeit im Knittelfeld-Fohnsdorfer Tertiärbecken so ungewöhnlich groß war.

3.2. Leoben

Anders liegen die Verhältnisse im Leobener Tertiär. Hier beträgt die heute erkennbare Überlagerungsmächtigkeit lediglich 300-400 m. Die Überlagerungsmächtigkeit liegt damit in der Größenordnung jener der Weichbraunkohlenführenden Köflacher Flöze. Es war daher insbesondere in diesem Revier naheliegend, an einen Einfluß des tektonischen Druckes zu denken.

Vorauszuschicken ist, daß wegen fehlender Bohrkerns bzw. der für Inkohlungsuntersuchungen ungünstigen Aufschlußverhältnisse an dieser Stelle nur eine vorläufige Abklärung des Inkohlungsbildes des Leobener Revieres geboten werden kann.

Das Leobener Tertiär befindet sich nördlich der Mur, von der Stadt durch einen schmalen Grundgebirgsrücken getrennt (Abb. 7). Das Profil (Abb. 8), dessen Lage durch die strichlierte Linie in Abb. 7 markiert wird und das ungefähr dem Seegraben folgt, zeigt den typischen asymmetrischen Bau der Tertiärbecken der Norischen Senke. Das Muldentiefste liegt in knapp unter 300 m SH, gegen Norden erstreckt sich das Tertiär bis in über 1000 m Höhe. Entlang der südlichen Randstörung ist das Flöz kräftig geschleppt und gestaucht.

Auflichtbilder der tektonisierten Leobener Kohlen zeigen hochgradig plastische Verformung (PETRASCHECK, 1940; Taf. 17). Es finden sich Knetstrukturen und Wirbelfalten. Andererseits erkennt man, daß Mikroverwerfer in der Kohle nachträglich vollständig verheilten. Damit hängt zusammen, daß die tektonisch durchbe-

wegten Kohlen hart und fest sind (Abb. 9). PETRASCHECK (1940) leitete davon ab, daß die Inkohlung die Deformation der Kohlen überdauert hat.

Gleichfalls für posttektonische (oder spät-syntektonische) Inkohlung spricht, daß der Inkohlungsgrad im Flözhorizont von den hochgelegenen Muldenflügeln gegen den Muldenkern hin drastisch zunimmt. Die Vitrinitreflexion nimmt mit ca. 0,21 %/km zu und erreicht im Muldentiefsten knapp über 0,5 %; die hygroskopische Feuchtigkeit nimmt mit 10,8 %/km ab (Abb. 10). Die Gradienten sind damit um ein mehrfaches höher als im prätektonisch inkohlten Fohnsdorfer Flözhorizont.

Die Untersuchungen bezüglich des Inkohlungsgrades der Hangendschichten mußten sich auf die anstehenden Gesteine des Hauptkonglomerates beschränken. In diesen sind Phytoklasten äußerst selten und zudem häufig oxydiert. Ohne eine statistisch genügend große Anzahl von gesicherten Inkohlungsdaten aus den Hangendschichten kann aber die räumliche Lage der Flächen gleicher Inkohlung nicht exakt bestimmt werden. Die wenigen Meßdaten sprechen allerdings für eine sehr flache Lage der Isoreflexionen:

- Vitrinitreflexionswerte aus dem Hauptkonglomerat des Südwestteiles des Leobener Tertiärs sind zwar geringfügig niedriger als für Kohlen des Flözhorizonts der gleichen Höhenlage zu erwarten wäre. Die Werte liegen aber im Streubereich der Meßdaten des Flözhorizontes;
- an angewitterten Phytoklasten aus dem Hauptkonglomerat des Seegrabens wurden Werte gemessen, nach denen die Isoreflexionen mit 4-5° gegen Süden einfallen sollten. Diese Werte sind aber wenig verläßlich, die wahren Werte liegen vermutlich höher und die Isoreflexionen damit flacher.

Die Deformationsbilder der Kohlen deuten in Verbindung mit dem hohen Inkohlungsgradienten im Flözhorizont und der vermutlich flachen Lage der Isoreflexionen darauf hin, daß die Inkohlung erst abgeschlossen war, als die Leobener Tertiärmulde bereits mehr oder weniger als solche vorgelegen hat.

Ob die optische Anisotropie den Kohlen während der Faltung in einem frühen Inkohlungsstadium aufgeprägt wurde, wie PETRASCHECK (1954) vermutete, oder den Glanzbraunkohlen nach Abschluß der Inkohlung wie im Fohnsdorfer Revier, ist schwer zu entscheiden. Letzteres würde bedeuten, daß der gerichtete tektonische Druck nach Abschluß der Deformationen noch anhält.

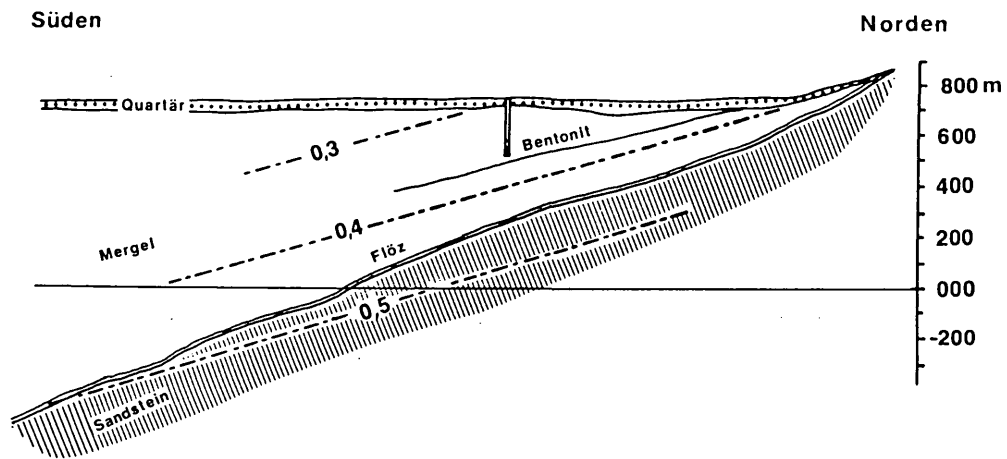


Abb. 6:

Das Inkohlungsbild des Fohnsdorfer Revieres auf Basis der Vitritreflexion (strichliert: Isoreflektionen).

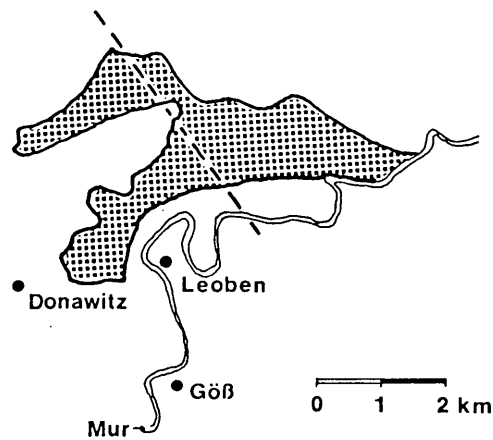


Abb. 7:

Das Tertiär von Leoben (strichliert: Lage des Profils Abb. 8).

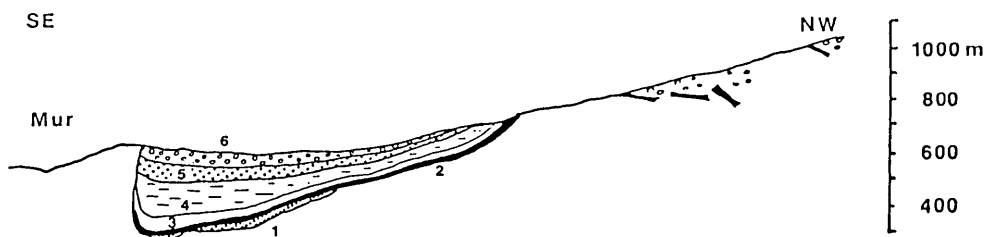


Abb. 8:

Profil durch das Leobener Tertiär im Bereich des Seegrabens.

1 - Liegendschichten; 2 - Flöz; 3 - bituminöse Tonschiefer; 4 - Mergel; 5 - Sandstein; 6 - Hauptkonglomerat.



Abb. 9:
Gefaltete Kohle aus dem Leobener Revier (Sammlung Geol. Inst. Leoben).

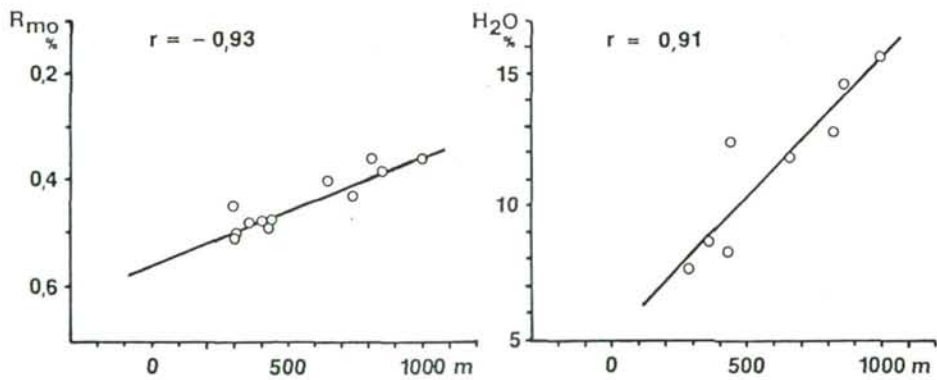


Abb. 10:
Korrelation zwischen Vitrinitreflexion (R_{mo}) bzw. hygroskopischer Feuchtigkeit (H_2O) und der heutigen Höhenlage der Kohlen im Leobener Revier.

Nach den obigen Überlegungen kann nicht ausgeschlossen werden, daß zur Zeit der - im wesentlichen nachdeformativen - Inkohlung tektonischer Druck auf die Kohlen gewirkt hat. Wesentlicher erscheint aber, daß durch die tiefe Einmündung des Leobner Tertiärs die Überlagerung des Flözhorizontes im Muldenkern deutlich zugenommen hat. Während die primäre Überlagerung wenige 100 m nicht überschritt, beträgt das Teufenintervall vom Muldentiefsten zum heute höchsten Tertiäraufschluß mehr als 750 m. Unter der gut begründeten Annahme nachdeformativer Inkohlung entfällt daher das Hauptargument gegen den Einfluß der Temperatur auf die Inkohlung des Leobner Revieres, nämlich jenes der allzu geringen Überlagerungsmächtigkeit.

Nichtsdestotrotz müssen wegen der fortgeschrittenen Inkohlung auch hochgelegener Flöze (Mattbraunkohlenstadium) überlagernde Sedimente mit einigen 100 m Mächtigkeit bereits erodiert worden sein.

4. Abschließende Bemerkungen

Die Untersuchungen ergaben, daß die Inkohlung des Lunzer Kohlenrevieres älter ist als die tektonischen Phasen, die zur Ausbildung des Schuppen- und Deckenbaus in den niederösterreichischen Kalkvorbergen und zur Mylonitisierung der Kohlen geführt haben. Ein Einfluß tektonischen Druckes auf den Inkohlungsgrad der Lunzer Kohlen ist daher auszuschließen.

Die Inkohlung der Tertiärbecken von Fohnsdorf und Leoben bietet ein differenziertes Bild. Die Inkohlung des Fohnsdorfer Tertiärs ist älter, die Inkohlung des Leobner Tertiärs jünger als die jeweilige Haupttektonik.

Ein Einfluß tektonischer Kräfte auf den Inkohlungsgrad der Fohnsdorfer Kohlen kann daher ausgeschlossen werden.

Für das Leobner Tertiär kann das Vorhandensein tektonischen Druckes während der Inkohlung nicht ausgeschlossen werden. Es besteht jedoch kein zwingender Grund, die fortgeschrittene Inkohlung mit Hilfe des Druckes erklären zu müssen, da durch die Annahme einer posttektonischen Inkohlung nun eine viel mächtigere Überlagerung und damit höhere Temperaturen zur Verfügung stehen. Es ist daher auch im Leobner Revier nicht an der Gültigkeit der Lehrmeinung vom alleinigen Einfluß von Temperatur und Zeit auf den chemischen Inkohlungsgrad zu zweifeln.

Auf den ersten Blick erscheint es vielleicht überraschend, daß die Inkohlung der Norischen Senke unterschiedlich alt ist. Dieses findet jedoch in den unterschiedli-

chen Schichtmächtigkeiten seine logische Erklärung. Die überragende Mächtigkeit der karpatischen Hangendschichten im Fohnsdorfer Becken (im zentralen Becken ca. 1500 m (POLESNY, 1970, S. 47); im Bereich des Bergbaus infolge beckenrandnäherer Position vielleicht 1000 m) bewirkte die zur Reifung der Glanzbraunkohlen nötige hohe Temperatur in vortektonischer Zeit. Ähnliche Überlagerungsmächtigkeiten und damit ähnliche Temperaturen wurden im Leobner Tertiär erst infolge der tiefen Einfaltung erreicht. Die Inkohlung ist daher nachtektonisch.

Wenn auch ein Einfluß des tektonischen Druckes auf die Inkohlung der Glanzbraunkohlen der Norischen Senke weitgehend auszuschließen ist, so scheinen dennoch detaillierte chemische Untersuchungen der tektonisch beanspruchten Kohlen angebracht. Probleme, die es in Zukunft zu lösen gilt sind:

- der für ihren Inkohlungsgrad ungewöhnlich geringe Gehalt an flüchtigen Bestandteilen (eine Eigenschaft, die die alpinen Glanzbraunkohlen allerdings mit den flach lagernden ost-oberschlesischen Kohlen teilen; PATTEISKY & TEICHMÜLLER, 1960);
- die starke Grubengasführung der Fohnsdorfer Kohlen (PATTEISKY, 1951), die möglicherweise mit dem geringen Gehalt an flüchtigen Bestandteilen in Verbindung steht.

Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn O. Univ.-Prof. Dr. H. F. HOLZER und Herrn Univ. Prof. Dr. F. EBNER für die Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Ratschläge recht herzlich bedanken. Die Geländearbeiten wurden von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften unterstützt, wofür ich mich insbesondere bei Herrn emer. O. Univ.-Prof. DDr. W. E. PETRASCHECK herzlich bedanken will. Mein besonderer Dank gilt auch Frau Dr. I. DRAXLER (Geol. B.-A.) und Herrn Dr. M. VINZENZ (FGJ-Leoben) für zur Verfügung gestelltes Probenmaterial.

Literatur

- BUNTEBARTH, G. (1979): Eine empirische Methode zur Berechnung von paläogeotheermischen Gradienten aus dem Inkohlungsgrad organischer Einlagerungen in Sedimentgesteinen mit Anwendung auf den mittleren Oberrheingraben. - Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 27, 97-108, 3 Abb., 1 Tab., Krefeld.
- HABIB, B. (1970): Petrologie und Inkohlung der Kohle von Fohnsdorf (Stmk.) - Unveröff. Diss. Montanuniv. Leoben, 96 S., 60 Abb., 4 Tab., Leoben.

- JACOB, H; KUCKELKORN, K. & MÜLLER, M. (1982): Inkohlung und Tektonik im Bereich der gefalteten Molasse. - Erdöl und Kohle, **35**, 510-518, 9 Abb., 2 Tab., Leinfelden.
- LACKENSCHWEIGER, H. (1937): Die Braunkohlenmulde von Leoben. - Zs. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im Dtsch. Reiche, **85**, 209-213, 3 Abb., Berlin.
- MACKOWSKY, M.-Th. (1982): Rank determination by measurement of reflectance on vitrinites. - (In:) STACH, E. et al.: Coal Petrology. - 3. erw. Aufl., 319-329, Abb. 94-96, Tab. 26, Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- METZ, K. (1973): Beiträge zur tektonischen Baugeschichte und Position des Fohnsdorfer-Knittelfelder Tertiärbeckens. - Mitt. Abt. Geol. etc. Landesmus. Joanneum, **33**, 4-33, 12 Abb., Graz.
- NEUBAUER, W. (1949): Kohlenpetrographische Untersuchungen an Lunzer Kohlen. - Berg- u. hüttenmänn. Mh., **94**, 355-360, 18 Abb., 1 Taf., Wien.
- PATTEISKY, K. (1951): Beziehungen zwischen Naturfeuchte und Grubengasführung der Braunglänzkohlen von Fohnsdorf und Leoben. - Berg- u. hüttenmänn. Mh., **96**, 125-133, 2 Abb., 5 Zahlentaf., Wien.
- PATTEISKY, K. & TEICHMÜLLER, M. (1960): Inkohlungsverlauf, Inkohlungs-Maßstäbe und Klassifikation der Kohlen auf Grund von Vitrinit-Analysen. - Brennstoff-Chemie, **41**, 3-19, 12 Abb., 3 Taf., Essen.
- PETRASCHECK, W. (1922/29): Allgemeine Kohlengeologie. - (In:) PETRASCHECK, W.: Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, 21-50, Abb. 2-5, Katowice.
- PETRASCHECK, W. (1926/29): Die Steinkohlen der Alpen. - (In:) PETRASCHECK, W.: Kohlengeologie der Österreichischen Teilstaaten, 299-320, Abb. 177-196, 3 Tab., Katowice.
- PETRASCHECK, W. (1947): Die Metamorphose der Kohle und ihr Einfluß auf die sichtbaren Bestandteile derselben. - Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natw. Kl., Abt. I, **156**, 375-444, 10 Abb., Wien.
- PETRASCHECK, W. (1935): Gefügeuntersuchungen an tektonisch beanspruchten Kohlen. - Z. dt. geol. Ges., **87**, 622-632, Taf. 33-34, Berlin.
- PETRASCHECK, W. (1940): Das tektonische Gefüge alpiner Glanzbraunkohlen. - Z. dt. geol. Ges., **92**, 441-449, 3 Abb., Taf. 17, Berlin.
- PETRASCHECK, W. (1954): Zur optischen Regelung tektonisch beanspruchter Kohlen. - Tschermarks minner. petrogr. Mitt., **4**, 232-239, 2 Abb., Wien.
- PETRASCHECK, W. (1956): Kohle - Naturgeschichte eines Rohstoffes. - 104 S., 64 Abb., Berlin, Göttingen, Heidelberg (Springer).
- POHL, W. (1970): Die Kohle des Köflach-Voitsberger Revieres. - Berg- u. hüttenmänn. Mh., **115**, 270-277, 9 Abb., 3 Tab., Wien.
- POLESNY, H. (1970): Beitrag zur Geologie des Fohnsdorfer-Knittelfelder und Seckauer Beckens. - Unveröff. Diss. phil. Fak. Univ. Wien, 233 S., zahlr. Abb., 15 Beil., Wien.
- REUTTER, K.; TEICHMÜLLER, M.; TEICHMÜLLER, R. & ZANZUCCHI, G. (1983): The coalification pattern in the northern Apennines and its palaeogeothermic and tectonic significance. - Geol. Rundschau, **72**, 861-893, 8 Abb., 1 Taf., Stuttgart.
- SACHSENHOFER, R.F. (1987): Fazies und Inkohlung mesozoischer Kohlen der Alpen Ostösterreichs. - Mitt. österr. geol. Ges., **80**, 1-45, 7 Abb., 10 Tab., 2 Taf., Wien.
- SPENGLER, E. (1928): Der geologische Bau der Kalkalpen des Traisentalles und des oberen Pielachgebietes. - Jb. geol. B.-A., **78**, 53-144, 14 Abb., Taf. 1-2, Wien.
- STEINER, P. (1968): Geologische Studien im Grenzbe- reich der mittleren und östlichen Kalkalpen (Österreich). - Mitt. Ges. Geol.-Bergbaustud., **18** (1967), 9-88, 9 Abb., Taf. 1-2, Wien.
- TEICHMÜLLER, M. (1987): Recent advances in coalification studies and their application to geology. - (In:) SCOTT, A.C. (Hrsg.): Coal and Coal-bearing Strata: Recent Advances, 127-169, 44 Abb., London (Blackwell).
- TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R. (1954): Die stoffliche und strukturelle Metamorphose der Kohle. - Geol. Rundschau, **42**, 265-296, 11 Abb., Stuttgart.
- TEICHMÜLLER, M. & TEICHMÜLLER, R. (1982): The geological basis of coal formation. - (In:) STACH, E. et al.: Coal Petrology. - 3. erw. Aufl., 5-86, Abb. 1-26, Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. - Bd. 2, Außerzentralalpiner Anteil. - XV, 710 S., 287 Abb., 27 Tab., Wien (Deuticke).
- TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich. - Bd. 3, Gesamtübersicht. - X, 718 S., 145 Abb., 8 Tab., Wien (Deuticke).
- WEBER, L. & WEISS, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlenvorkommen. - Archiv Lagerstförsch. Geol. B.-A., **4**, 1-317, 110 Abb., 174 Tab., Wien.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Reinhard F. Sachsenhofer, Institut für Geowissenschaften (Geologie), Montanuniversität Leoben, A- 8700 Leoben

eingereicht: 26. Sept. 1988

angenommen: 28. Okt. 1988