

DAS MIOZÄN DER ÖSTLICHEN NORISCHEN SENKE

Reinhard F. SACHSENHOFER, Joachim KUHLEMANN, Doris REISCHENBACHER

Einleitung

Während der miozänen lateralen Extrusion der Ostalpen entstand zwischen dem Alpenostrand und dem späteren Tauernfenster ein langgestreckter Sedimentationsraum, der als Norische Senke bezeichnet wird. Innerhalb der Norischen Senke bildeten sich entlang von sinistralen Störungszonen zwischen Hart / Gloggnitz und Tamsweg zahlreiche kohleführende pull-apart Becken und Halbgräben (Abb. 1).

Wesentliche Informationen über den Bau der Becken wurden während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts bei der Suche nach Kohle, bzw. bei ihrem Abbau gewonnen (z.B. PETRASCHECK, 1922/25). Zusammengefasst wurde der Kenntnisstand von GEUTEBRÜCK (1980) und WEBER & WEISS (1983). Neubearbeitungen erfuhren das Tamsweger (ZEILINGER et al., 1999) und das Fohnsdorfer Becken (SACHSENHOFER et al., 2000a,b; STRAUSS et al., 2001). Zur Zeit werden die Becken von Trofaiach, Leoben und Aflenz neu untersucht (FWF Projekt 14025 Tec) und alle verfügbaren Daten der übrigen Becken im Rahmen eines VALL Projektes gesichtet.

Ziel des vorliegenden Beitrages ist es, einen Überblick über die Miozänbecken im Bereich des Mürztales (Ratten, Oberes-, Unteres Mürztal, Aflenz) zu geben. Bezüglich des Vorkommens von Hart / Gloggnitz sei auf WEBER & WEISS (1983) verwiesen. In einem ersten Teil werden die einzelnen Becken kurz charakterisiert. Abschließend werden einige überregionale Aspekte diskutiert.

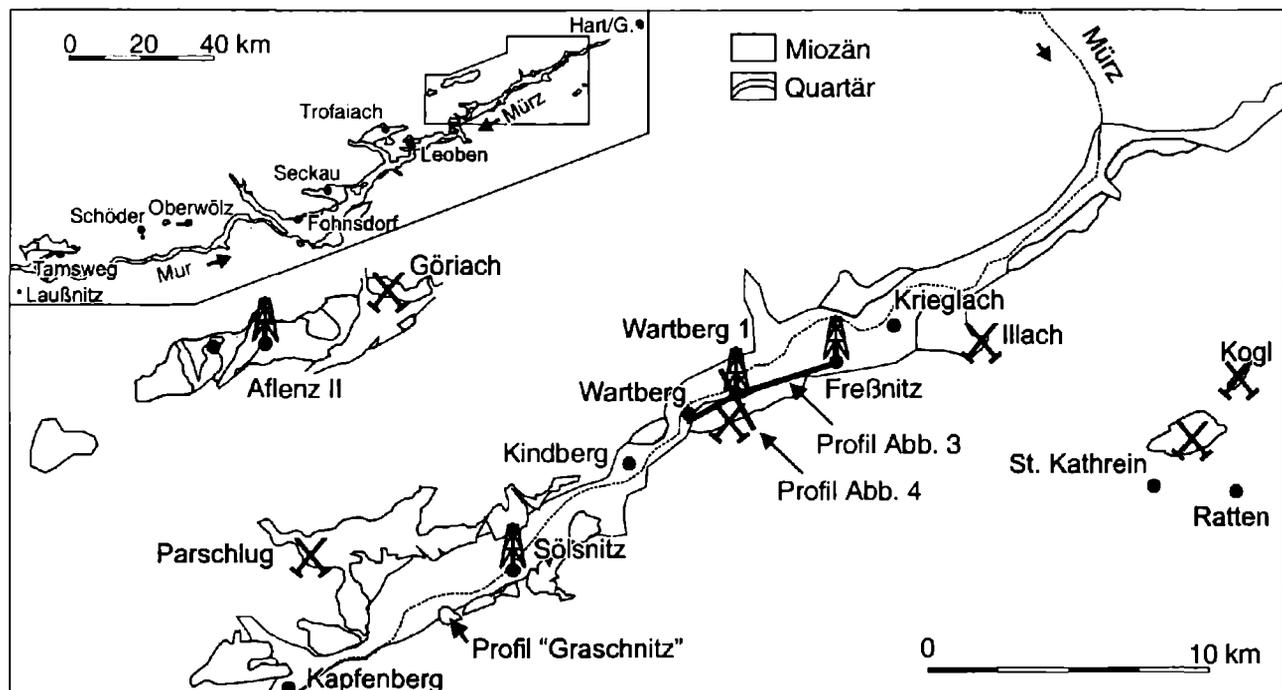


Abb. 1.

Übersichtsskizze der Miozänbecken im Bereich des Mürztales mit Position einiger Schlüsselbohrungen und ehemaliger Kohlebergbaue. Insert zeigt das Miozän der gesamten Norischen Senke.

Ratten / St. Kathrein

Die Miozänvorkommen von Ratten (Kogl) und St. Kathrein befinden sich in einer Seehöhe von 900 bis 1100 m am Südosthang des Bergrückens, der Feistritztal und Mürztal trennt. Der Beckenuntergrund wird durch das Kristallin des Semmeringsystems (Quarzphyllit, Grobgnais) gebildet. Ein Lageplan des Vorkommens samt Längs- (Steir. Kohlenbergwerke A.G.) und Querprofil (PETRASCHECK, 1937) ist Abb. 2 zu entnehmen. Obgleich der Lageplan ein einziges Vorkommen verzeichnet, liegen tatsächlich zwei getrennte Mulden vor (PETRASCHECK, 1922/25).

Die größere ist jene von St. Kathrein. In dieser sind zwischen Grundgebirge und Kohleflöz grobsandige Tone, bzw. weiße tonige und grobsandige Brekzien eingeschaltet. Die Mächtigkeit des Flözes schwankt stark. Im zentralen Teil spaltet das Flöz in drei bis zu 10 m mächtige Bänke auf. Nach PETRASCHECK (1940, 1955) bestanden die bis zu 10 und 20 m mächtigen mehlfinen Sande, die Unter- und Mittel-, bzw. Oberbank getrennt haben, fast ausschließlich aus Körnern und Splintern vulkanischer Gläser. HAUSER & NEUWIRTH (1959) charakterisierten die Zwischenmittel als schwach montmorillonitischen Rhyolith-Tuff. Ihre große Mächtigkeit wird durch Zusammenschwemmung erklärt.

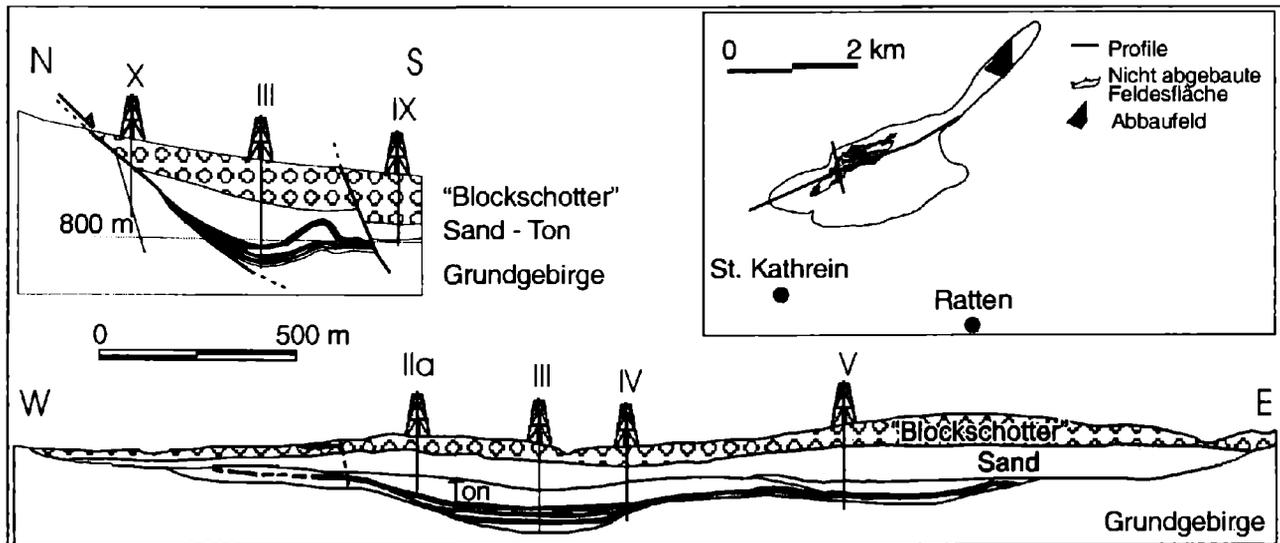


Abb. 2.

Profile durch das Miozänbecken von St. Kathrein (Insert zeigt die Position der Profile, Steir. Kohlenbergwerke A.G.). Die Abschiebung am Nordrand des N-S Profils (PETRASCHECK, 1937) beruht auf einer Interpretation von NEUBAUER et al. (2000).

Über der Kohle folgt brauner bituminöser Ton, der das Ertrinken des Moores infolge hoher Subsidenzraten anzeigt. HOFMANN (1926) beschrieb darin Süßwasserdiatomeen, sowie eine reiche Angiospermen-dominierte Flora. Die Flora der Kohlensämpfe wurde dagegen von Koniferen und Farnen dominiert. Der Sapropelit wird von braunen und grau(grünen) nicht bituminösen Tonen und groben, teils gut geschichteten Quarzsanden überlagert.

Über den Sanden lagern (diskordant?) bis 170 m mächtige verfestigte Blockschotter mit Kristallingeröllen bis fast 1 m Durchmesser (PETRASCHECK, 1922/25). Treibhölzer und Sandlagen kommen vor. An den Beckenränder lagern die Blockschotter dem Grundgebirge unmittelbar auf.

Die Tektonik der Kathreiner Mulde wird durch NE-streichende Störungen gekennzeichnet, die auch den Nordrand des Beckens bilden. NEUBAUER et al. (2000) interpretierten die Nordrandstörung als Hauptabschiebung, die einen durch N-S Extension entstandenen Halbgraben begrenzt. Zum Teil ist die Kohle durch ein jüngeres Einengungsereignis deformiert.

In der kleineren, heute ausgekohlten Rattener (Kogler) Mulde lagerte ein 12 m mächtiges Flöz dem Grundgebirge unmittelbar auf. In den unteren drei Metern wies es bis 20 cm mächtige Grobsandlinsen auf. Das Flöz bildete eine schmale asymmetrische Mulde mit flachem Nord- und fast senkrechtem Südschenkel. Gegen NE verlor es die Bauwürdigkeit aufgrund zunehmender Zwischenmittel. Ein bis 5 m mächtiger Horizont mit feinem, weißem tonigen Sand (Tuff?) überlagerte das Flöz. Darüber folgten nicht bituminöser brauner Ton, eine geringmächtige Kohlebank, grauer Ton und schließlich Schotter (Blockschotter oder Gehängeschutt).

Immediatanalysen der Kohle (GEUTEBRÜCK, 1980) zeigen einen Inkohlungsgrad, der der Grenze zwischen Weich- und Mattbraunkohlen entspricht. Der Asche- (<20 %) und Schwefelgehalt (ca. 1,0 - 1,3 %) der Kohle war relativ gering. Die Kohleproduktion bis zur Einstellung des Bergbaus im Jahre 1960 betrug ca. 2,25 Mio. t.

Oberes Mürztal

Wesentliche Informationen über das Miozän NE Kindberg verdanken wir PETRASCHECK (1922/25), CORNELIUS (1938), NIEVOLL (1985b), sowie mehreren Bohrungen, die 1923/24 abgeteufte wurden (Abb. 3). In den westlichen Bohrungen ist eine Dreiteilung der Schichtfolge in einen grobklastischen Liegend- und Hangendabschnitt und einen feinklastischen Mittelteil gegeben. Im Bohrloch 4, das S´ Freßnitz nahe des Beckensüdrandes erbohrte, ist diese Dreiteilung nicht ausgeprägt. Unter Berücksichtigung der grobkörnigen Sedimente, die nördlich Krieglach anstehen (NIEVOLL, 1985b), ergibt sich eine Gesamtmächtigkeit der miozänen Beckenfüllung von ca. 900 m.

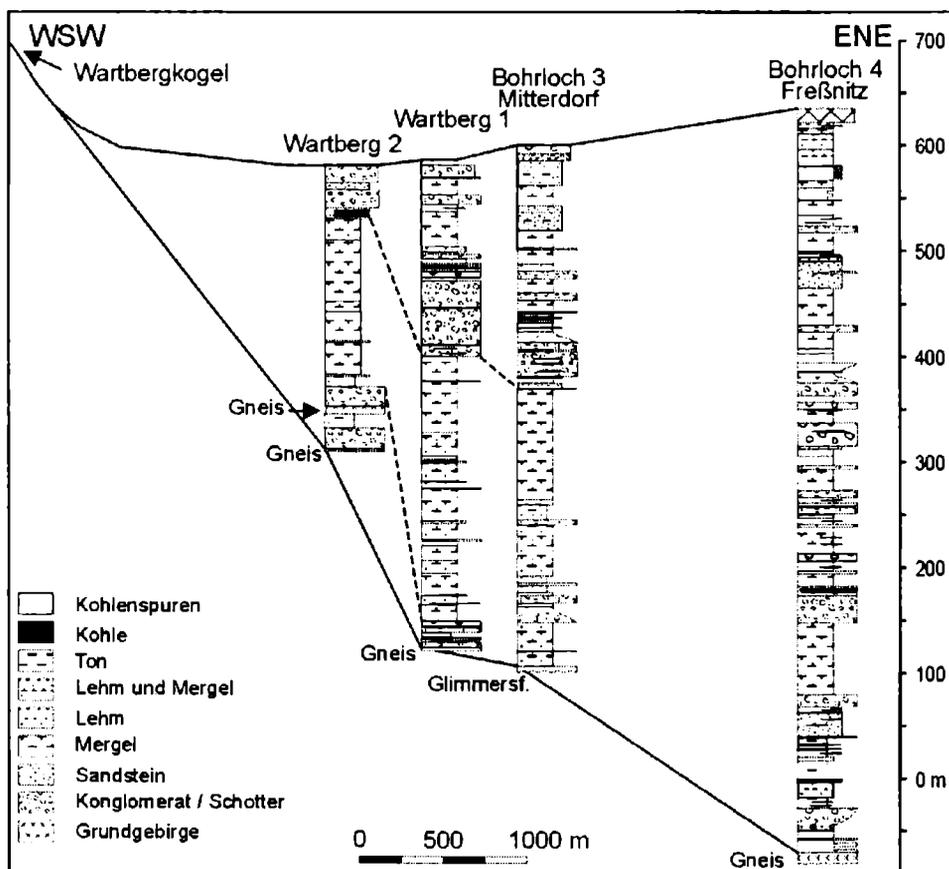


Abb. 3. Profile von Tiefbohrungen im oberen Mürztal nach unveröffentlichten Bohrprotokollen.

Kohleflöze treten lokal in grundgebirgsnaher Position auf und wurden in Illach und bei Wartberg abgebaut. Die Lagerstätte Illach befand sich in einer ENE-WSW streichenden Bucht des Miozäns, die von einer Sekundärmulde gebildet wird (Abb. 1). Der Flözhorizont mit zwei 1 m mächtigen Bänken und einem 60 cm mächtigen Zwischenmittel liegt dem Grundgebirge auf und fällt mit ca. 30° gegen Süden ein. Über die Südbegrenzung der Lagerstätte ist nichts bekannt.

Ein Profil durch die Bohrung Wartberg 1 und den ehemaligen Bergbau E' Wartberg verdeutlicht den asymmetrischen Bau des Beckens (Abb. 4). Am Südflügel beißen die basalen Sedimente in überkippter Lagerung aus und werden vom Kristallin überlagert. Die überkippten Sedimente beinhalten vom (ursprünglich) Liegenden zum Hangenden: geringmächtigen schwarzen Schieferthon und Tonmergel, das 4 bis 8 (lokal 20) m mächtige Flöz, dunkelbraunen Ton (Brandschiefer), Mergel, Sandsteine und Konglomerate. Im Osten ist die Überkippfung nicht mehr nachzuweisen.

Kohlenanalysen liegen kaum vor. Die Vitrinitreflexion ist generell gering (0,26 bis 0,32 %Rr) und weist auf das Weich- bis Mattbraunkohlenstadium (SACHSENHOFER, 1989). Einige wenige Proben (Wartberg, Alplstraße, Illach) wurden hinsichtlich Schwefel untersucht. Ihnen ist ein hoher Schwefelgehalt (5 – 10 %) gemeinsam.

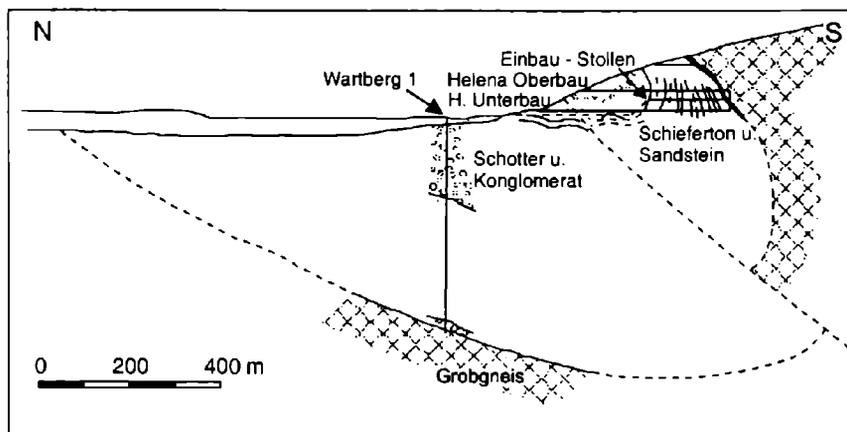


Abb. 4.
N-S Profil durch den ehemaligen Bergbau Wartberg (modifiziert nach PETRASCHECK, 1922/25).

Unteres Mürztal

Das Miozän des unteren Mürztales bildet im Raum Kapfenberg beckenartige Weitungen. Die Südbegrenzung des Beckens bildet die Trofaiach Linie, an der das Miozän z.T. saiger gestellt ist (NIEVOLL, 1985a).

In der nördlichen, kohleführenden Parschluger Teilmulde liegen über dem Grundgebirge Sande und Sandsteine. Darüber folgt ein durchschnittlich 4 m (max. 8 m) mächtiges Flöz, sowie Tone und Mergel mit bis zu 10 cm dicken Toneisensteinbänken. Letztere beinhalten die bekannte Flora von Parschlug (UNGER, 1848; ETTINGSHAUSEN, 1878).

Das Flöz fällt im Westteil des Beckens mit 45° gegen E und verflacht gegen die Beckenmitte auf 12°. Es wird durch mit 40° gegen NW fallende Staffelbrüche zerlegt (Abb. 5). Der Südrand der Mulde wird wiederum durch einen steilstehenden Bruch gebildet. Die beste Kohlenqualität wurde im Südwestteil der Parschluger Mulde angetroffen. Gegen E und NW verfault das in drei Bänke aufgespaltene Flöz. Die Mittelbank war meist unbauwürdig. Liegend- und Hangendbank sind wiederum in Unterbänke gegliedert. Der Aschegehalt der Kohle ist ebenso generell hoch (bis 40 %) wie der S-Gehalt (4 - 7 %). *Planorbis aplanatis* ist in einem Zwischenmittel der Unterbank häufig.

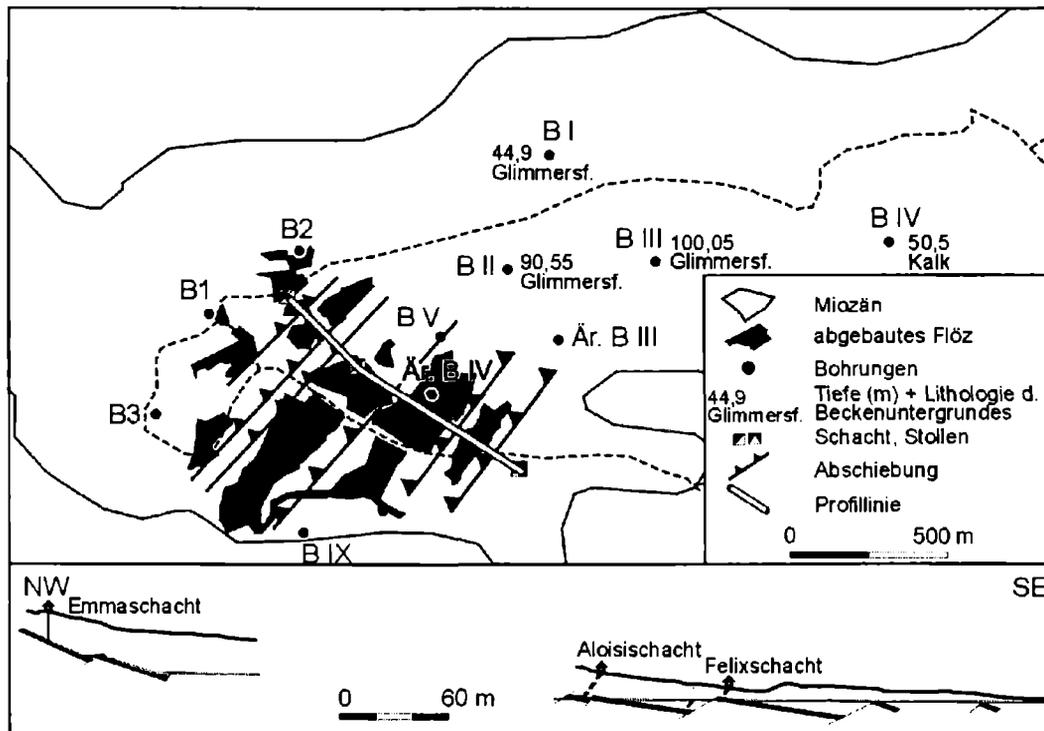


Abb. 5.
Lageplan des
Parschluger
Bergbaus und
NW-SE Profil
(nach WEBER
& WEISS,
1983).

Der hohe Schwefelgehalt und die Erhaltung der kalkigen Schalen weisen auf relativ hohe pH-Werte (um 7) im Kohlemoor hin. Der Inkohlungsgrad erreicht das Glanzbraunkohlenstadium. Zwischen 1843 und 1959 wurden ca. 723.000 t Kohle gefördert

Auskunft über den östlichen Beckenteil gibt die Bohrung Sölsnitz, die nahe dem Beckensüdrand das Grundgebirge in einer Tiefe von 375 m angetroffen hat. Die miozäne Schichtfolge wird durch ein Kornverfeinerung nach oben charakterisiert (Abb. 6). PETRASCHECK (1922/25) berichtete über Ölzuflüsse aus Sandsteinen, die angesichts der geringen Reife der Sedimente besonders interessant erscheinen.

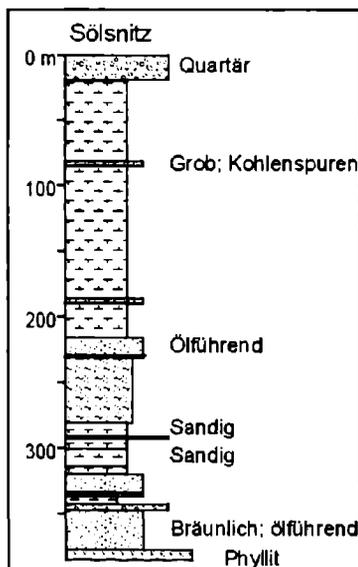


Abb. 6.
Profil der Bohrung Sölsnitz (PETRASCHECK, 1922/25). Legende
siehe Abb. 3.

Bei Graschnitz waren 1995 im steil gestellten Südteil des Beckens Äquivalente der Basisschichten der Bohrung Sölsnitz in einer Mächtigkeit von ca. 60 m aufgeschlossen. Weil bisher wenig über diesen Bereich bekannt ist, soll im Folgenden das Profil, das heute bereits wieder zerstört ist, vorgestellt werden:

In Graschnitz war eine fining-upward Sequenz aus Konglomeratrinnen in grünlichen, unreifen konglomeratischen Sandsteinen anzutreffen, die hangend in feinere Sandsteine überging. Die Komponenten der praktisch kalkfreien konglomeratischen Sandsteine bestanden aus Phyllit, grünen Glimmerschiefern, Chloritschiefern mit bis zu 5 mm großen Granatblasten, Phylloniten und epidotreichen Quarziten. Die Komponenten entstammen Äquivalenten der Phyllitzone und retrograd metamorphem Altkristallin. Die strukturell und kompositionell reiferen Konglomeratrinnen und einzelnen Feinkieslagen in der hangend folgenden Sandsteinsequenz enthielten neben viel Quarz, Quarzit, Muskovit-Quarzit und Metasandstein auch Schiefer, Muskovitschiefer, Phyllit, Chloritschiefer, schwarze Metasiltsteine, hellgrüne Metatuffe und vereinzelt schwarze Karbonate und Buntsandsteine, also typische Anteile der Grauwackenzone und Reste der Kalkalpenbasis.

Strömungsrippeln, Leewirbelkolke, orientierte Blattabdrücke und Treibhölzer in cm-Größe zeigten einheitlich eine Schüttung aus SE an. Diese Sandsteinabfolge war meist im cm-Maßstab geschichtet und enthielt häufig dunkelbraune siltreiche Feinsandsteine und geschichtete bis laminierte Siltsteine. Bioturbation wurde nicht beobachtet. Gradierte Schichtung war in einigen Sandsteinlagen erkennbar.

Die Sandsteinabfolge enthielt bemerkenswerte Anreicherungen von isolierten, cm bis faustgroßen Dropstones. Unter einigen großen Dropstones waren feinkörnige Sand- und Siltsteine in die Liegendschichten eingedrückt worden, wobei der obere Teil dieser Dropstones anscheinend aus dem Sediment herausragte und zur Bildung von seitlichen Kolken und angedeuteten Leewirbelkolken führte. Wir nehmen an, dass diese Steine aus dem Wurzelwerk treibender Baumstämme nach extremen Niederschlagsereignissen absedimentiert wurden. Die Häufung der Dropstones entspricht näherungsweise jener im Treibeisgürtel des Nordmeers. Das miozäne Klima (BRUCH, 1998), sowie das bescheidene Relief zu dieser Zeit (FRISCH et al., 1998) schließen Eistransport jedoch aus. In anderen Becken der Norischen Senke sind derartige Dropstones eine Seltenheit.

In die mäßig sortierte, strukturell relativ reife Sandsteinfolge waren mehrfach konglomeratische Sandsteine eingeschaltet, die aus N bis NW als Rutschungen antransportiert wurden. In einem Slump war erkennbar, dass ein weiterer Transport subaquatisch an einer mittelsteil nach NW fallenden Fläche gestoppt worden war, was zu einer internen Deformation des Lockersediments geführt hatte. Wir interpretieren diese Struktur als synsedimentär gebildete Abschiebung.

Die Sandsteinfolge ging hangend in immer feinere Sedimente, etwa dunkelgraue tonige Siltsteine eines Stillwassermilieus, über. Gradierte Schichtungen waren in den einige cm mächtigen Sandsteinpaketen typisch. Laminierte Schichten und Wickelschichtung wurden auch beobachtet. Die typische Entwicklung zur Bouma-Abfolge proximaler Turbidite zeigt eine Vertiefung des zunehmend lakustrinen Environments an. Tonig-siltige Interturbiditlagen waren häufig laminiert und frei von Bioturbation. Einige cm-mächtige Lagen mikritischen Kalksteins deuten auf eine Hungersedimentation in Seen hin, die zeitweise vom Flußsystem isoliert waren. In den Kalksteinlagen trat diagenetisch bedingt andeutungsweise polygonale Laibsteinbildung auf.

Die Lagerungsverhältnisse waren im Nordteil durch geringes bis mäßiges Einfallen nach NE, im Südteil durch steiles Einfallen in südliche Richtungen gekennzeichnet. Im SE-Teil der Grube standen die Schichten meist saiger oder überkippt (Top nach S bis SW). Im Nordteil fielen die meisten Störungen flach bis mittelsteil nach NW bis W und wiesen sinistralen Versatz mit abschiebender Komponente auf. Im Südteil herrschte sinistraler Versatz vor.

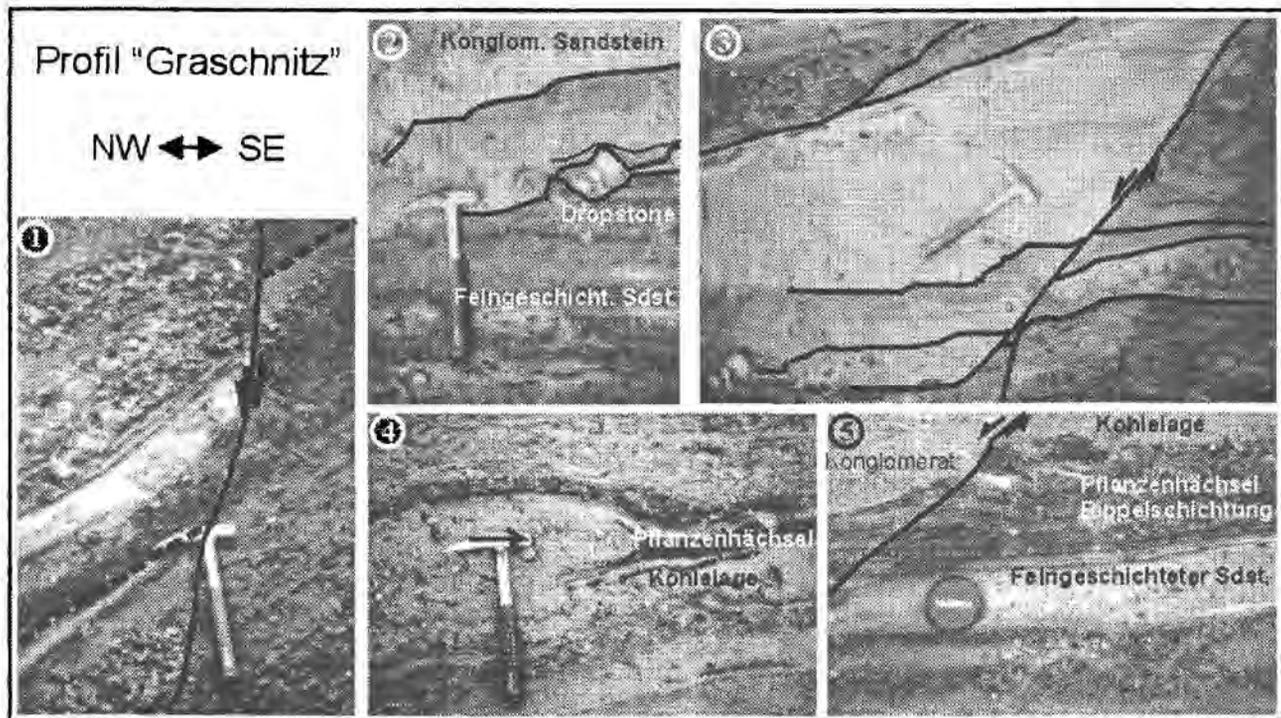


Abb. 7.

1) Abschiebende sinistrale Seitenverschiebung im tiefsten Teil der Sandstein-Abfolge. 2) Dropstone (Gangquarz) in Sandstein. 3) Links der abschiebenden sinistralen Seitenverschiebung Horizontalschichtung mit Aufarbeitungshorizonten. Rechts ist in einigen Schichten ein flexurartiges Abbiegen zu erkennen. Dieses deutet ebenso wie das NW-Fallen der hangenden Sandsteine (oben links) auf synsedimentäre Verstellungen hin. 4) Konglomeratslump, der aus NW (Pfeil) in eine Sandsteinfolge eingerutscht ist. 5) Abschiebende sinistrale Seitenverschiebung in horizontal- und rippelgeschichteten Sandsteinen.

Aflenz

Das Miozän des Aflenzer Beckens überlagert zentralalpines Kristallin und Mesozoikum, Gesteine der Grauwackenzone und lappt lokal über die Kalkalpenbasis. Die Sedimente fallen am Beckennordrand gegen Süden ein und legen sich im zentralen Becken flach. Der Südrand des Beckens wird durch einen Bruch gebildet. Die Schichtfolge umfasst Grundkonglomerat und eine feinklastische Serie. Bei Göriach befindet sich zwischen den beiden Schichtgliedern ein Flözhorizont mit bis zu drei Flözen. Grobklastika im westlichen Beckenteil („Blockschotter“) stellen das jüngste Schichtglied dar (SPENGLER & STINY, 1926). Die stratigraphische Position von Konglomeraten am Beckensüdrand ist nicht eindeutig. Es handelt sich dabei entweder um Äquivalente der „Blockschotter“ oder um seicht liegendes Grundkonglomerat.

Das Grundkonglomerat besteht aus Brekzien, Konglomeraten und groben Sandsteinen. Es ist im östlichen Beckenteil bis 100 m mächtig und erreicht in der Bohrung Aflenz II eine Mächtigkeit von ca. 300 m. Als Komponenten treten Quarzgerölle, Werfener Schiefer, Triaskalke und Grauwackenschiefer auf. Nahe des Südrandes finden sich auch mächtige Blöcke von Gesteinen des zentralalpines Mesozoikums (SPENGLER & STINY, 1926).

Über dem Grundkonglomerat, bzw. einem einige cm-mächtigen Tonmergel folgt im östlichen Beckenteil der Flözhorizont. Das tiefste Flöz ist das 2 bis 6 m mächtige Simoniflöz, aus dem die berühmte Göriacher Säugetierfauna stammt (z.B. MOTTL, 1970). Im unteren Teil beinhaltet das

Flöz 2 bis 15 cm mächtige Schiefer-tonlagen. Ein vorwiegend sandiges Zwischenmittel trennt das Simoniflöz vom 3 bis 6 m mächtigen Barbarafköz (Egydifköz nach WEBER & WEISS, 1983), das von zwei Mitteln aufgespalten und von 50 cm Letten überlagert wird. Darüber folgen 15 bis 17 m mächtige Sande. Eine Feinsandbank etwa in deren Mitte führt zahlreiche Unionen. Das oberste Flöz ist das bis 5 m mächtige Joseflöz (+ Barbarafköz nach WEBER & WEISS, 1983). Es beinhaltet fünf dünne Mittel. Der Übergang vom liegenden Grobsand in die Kohle erfolgt in einem 10 cm dünnen Intervall. Feinkörnige Sande und graue Mergel bilden das Hangende.

Die Kohlequalität aller drei Flöze ist ähnlich. Ein Wassergehalt von 34 % bei einem mittleren Aschegehalt von 10 % weist auf den Grenzbereich Weich-/Mattbraunkohle. Der beträchtliche Schwefelgehalt der Kohle schwankt zwischen 3,8 und 6,4 % (wf.). Die Kohle beinhaltet zahlreiche *Planorbis*-Schalenreste. Beide Beobachtungen weisen, ähnlich wie in Parschlug, auf neutrale Bedingungen im Kohle-moor hin. Die Flöze waren streichend auf etwa 600 m und im Verflä-chen auf 300 m bekannt. Gegen Süden und Südosten verringert sich die Kohlequalität wegen zunehmender Zwischenmittel. Zwischen 1918 und 1955 wurde ca. 900.000 t Kohle gewonnen.

Über der Kohle, bzw. über dem Grundkonglomerat folgen (Ton-)Mergel, Silte und Feinsande. Diese feinklastische Serie erreicht in der Bohrung Aflenz II eine Mächtigkeit von ca. 200 m. In verschiedenen Positionen innerhalb der Feinklastika treten Diatomeen-führende Tone auf. Ein 2,5 m mächtiges Diatomitvorkommen W' Aflenz nahe der Basis der feinklastischen Schichtfolge wurde von HAJOS (1972) beschrieben. Hier wiesen die fein geschichteten Diatomit-Lagen Schichtdicken im mm- bis cm-Bereich auf. Streuglimmer und Pflanzendetritus waren häufig. Neben Diatomeen (u.a. *Stephanodiscus*) traten Schwammnadeln und Chrysomoniadeen-Hüllen auf. Die bestimmten Diatomeen-Assoziationen zeigen, dass die tiefsten Schichten im Süßwasser, die höheren aber im Brackwasser abgelagert wurden. Vergleiche mit ungarischen und böhmischen Vorkommen weisen auf ein unterbadenisches Alter hin.

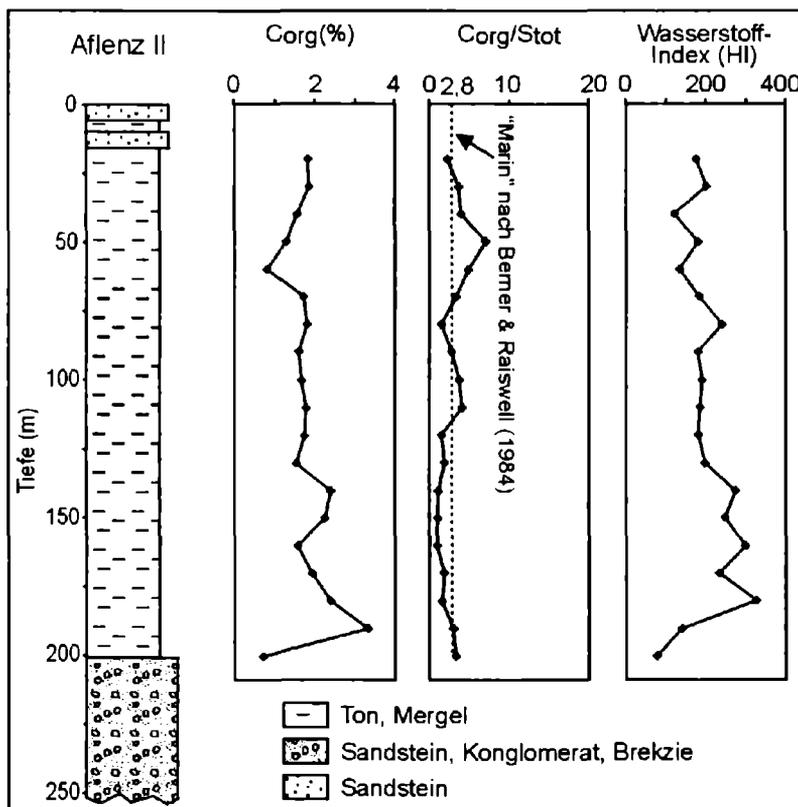


Abb. 8. Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org}), Kohlenstoff/Schwefel Verhältnisse (C_{org}/S_{tot}) und Wasserstoff-Index (mgHC/g C_{org}) von Spülproben der Bohrung Aflenz II.

Die Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und an Schwefel (S_{tot}) wurden an Spülproben der Bohrung Aflenz II untersucht. Die feinklastischen Gesteine weisen einen durchschnittlichen C_{org} Gehalt von 2 % auf. Wasserstoff-Index (HI) Werte zwischen 120 und 350 mgHC/g C_{org} charakterisieren das organische Material als Typ III bis Typ II Kerogen und zeigen, dass neben Resten höherer Landpflanzen viel aquatisches organisches Material (z.B. Algen) sedimentiert wurde. Abgesehen vom tiefsten Abschnitt, nehmen die HI-Werte gegen das Hangende ab und belegen eine relative Zunahme der Landpflanzen.

Die Schwefelgehalte der Pelite sind generell hoch. Daraus resultieren geringe C_{org}/S_{tot} Verhältnisse. Werte um 2,8 sind typisch für marine und brackische Sedimente (BERNER & RAISWELL, 1984). Die beobachteten Werte (Abb. 7) deuten daher eine zumindest zeitweise brackische Beeinflussung an. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit den Diatomeen-Daten und erklärt auch den hohen Schwefelgehalt der Göriacher Kohle.

Allgemeine Bemerkungen zum Miozän der Norischen Senke

Alter der Sedimente: Traditionell wurden die Sedimente der Norischen Senke in das Karpatium/Unterbadium eingestuft. Hauptargumente hierfür sind Großsäugerfunde (MOTTL, 1970) und das Auftreten von Tufflagen, die vom karpatisch/unterbadischen Vulkanismus im Steirischen Becken abgeleitet werden. Lediglich das Aflenz Becken wurde in das Mittelbadium gestellt.

Für das Fohnsdorfer Becken wird heute aufgrund eines Spaltspuren-Alters eines Tuffs (14,9 Mio. J.), einer Kleinsäugerfauna (MN 6; DAXNER-HÖCK, pers. Mitt.) und paläogeographischer Überlegungen ein spät-karpatisches bis mittel(ober?)badisches Alter angenommen (SACHSENHOFER et al., 2000b; STRAUSS et al., 2001). Andererseits ist nach van der MADE (1989), die Säugerfauna von Göriach im Aflenz Becken eher in die Säugerzone MN 5 als in MN 6 zu stellen und damit älter als Mittelbadium. Damit stimmt auch die Einstufung der Diatomeen-Flora von Aflenz in das Unterbadium (HAJOS, 1972) überein (s.o.). Das exakte Alter der meisten Miozänbecken bleibt jedenfalls weiterhin umstritten.

Beckenbildungsmechanismen: Die Becken entlang der Norischen Senke wurden im Miozän als pull-apart Becken oder Halbgraben gebildet. NEUBAUER et al. (2000) klassifizieren das St. Kathreiner Becken als Halbgraben, jenes des unteren Mürztals als pull-apart Becken. Gemeinsam sind beiden Beckentypen extrem hohe Subsidenzraten, die zu ähnlichen Schichtfolgen in allen Becken führten. Eine charakteristische Sequenz besteht aus (1) grobkörnigen alluvialen oder deltatischen Liegendschichten, (2) einem meist einzigen, aber mächtigen Flöz, das von sapropelitischen Gesteinen überlagert wird, (3) feinkörnigen Sedimenten, die in einem (z.T. brackischen) See abgelagert wurden und im hangenden Teil oftmals durch coarsening-upward gekennzeichnet sind. Den Abschluss der Schichtfolge bilden (4) grobkörnige fluviatile Schotter („Blockschotter“), die nach der Auffüllung des Sees abgelagert wurden (z.B. SACHSENHOFER, 2000).

Variationen der „Idealsequenz“ sind natürlich gegeben. So fehlen mancherorts die Liegendschichten unter dem Flözhorizont (z.B. Ratten). In Aflenz sind drei Flöze vorhanden, die anzeigen, dass im Frühstadium dieses Beckens die Subsidenzraten nicht allzu hoch waren und ein mehrmaliges Verlanden des entstehenden Sees ermöglichten. In Freßnitz sind zahlreiche Konglomeratbänke in die feinklastischen Seesedimente eingeschaltet, so dass sich keine ideale fining-upward / coarsening-upward Sequenz ausbilden konnte.

Steilstellung, bzw. Überkippung der Schichten am Beckensüdrand ist ein weiteres Charakteristikum mehrerer Becken. Weitere Untersuchungen müssen die Vermutung belegen, dass es sich um positive „flower structures“ (Blumenstrukturen) handelt.

Marin/brackischer Einfluß: Die Sedimente der Norischen Senke werden generell als Süßwasserbildungen gedeutet. SACHSENHOFER et al. (2000b) bewerten hingegen das Auftreten von Congerinen, niedrigen C_{org}/S_{tot} -Verhältnisse in Peliten der Ingering Fm. und von schwefelreichen Kohlen als Argumente für eine brackische Beeinflussung des Fohnsdorfer Beckens. Es wird postuliert, dass die Bewegungen entlang der Norischen Linie gemeinsam mit einem unterbadensischen Meeresspiegelanstieg eine Verbindung zum marinen Bereich des Lavantales ermöglicht haben. Die bestimmten Diatomeen-Assoziationen (HAJOS, 1972), sowie die gemessenen C_{org}/S_{tot} -Verhältnisse (s.o.) weisen nun auch auf eine zeitweise brackische Beeinflussung des Aflenzer Beckens. Die für Süßwasserbedingungen ungewöhnlich hohen Schwefelgehalt der Kohlen des oberen und unteren Mürztals könnten mit dem Einfluss karbonatreicher Wässer, die die Huminsäuren im Kohlemoor neutralisiert haben, erklärt werden. Möglicherweise deuten sie aber auch einen Brackwasser-Einfluss entlang des Mürztals an. Brackische Bedingungen während der Kohlebildung im Gebiet von St. Kathrein sind hingegen aufgrund geringer Schwefelgehalte auszuschließen.

Paläomagnetik: Im südlichen Bereich des Profils „Graschnitz“ in Peliten gewonnene Paläomagnetik-Proben wiesen auf eine Uhrzeigersinn-Rotation von ca. 60° nach der Ablagerung der Sedimente hin (MÁRTON et al. 2000). Ein derartiger Bewegungssinn ist in den Ostalpen auf ein derzeit nicht genau abgrenzbares Gebiet östlich der Lavanttal- und der Mürztal-Störung beschränkt, während im zentralalpinen Bereich westlich dieser Störungen aus Sedimenten des Ottnangium bis Sarmatium Gegenuhrzeigersinn-Rotationen von 50° bis 30° abzulesen sind. Der letztgenannte Rotationssinn ist auch für die Westkarpaten typisch und deckt sich mit der Bewegung der Adriatischen Platte im Miozän (MÁRTON et al. 2000). Die scheinbare Abkopplung eines Krustenblocks mit gegenläufigem Rotationssinn ist mit dem derzeit favorisierten Extrusionsmodell der Ostalpen (FRISCH et al. 1998, MÁRTON et al. 2000) nicht leicht in Einklang zu bringen.

Inkohlungsgrad - Wärmefluß: Die Inkohlung der Norischen Senke wird durch die mittelmiozäne Wärmeflussverteilung und unterschiedliche Versenkungstiefen gesteuert. Im Gegensatz zur westlichen Norischen Senke, die durch extrem hohe Wärmeflüsse charakterisiert war (Aufstieg des heißen Tauernfensters), ist im Bereich des Mürztals mit durchschnittlichen miozänen Wärmeflüssen ($55 - 75 \text{ mW/m}^2$) zu rechnen (SACHSENHOFER, 2001). Deshalb und wegen relativ geringer Versenkungstiefen, blieb der Inkohlungsgrad im Bereich der Weich- bis Mattbraunkohlen. Lediglich die Parschluger Kohle erreichte das Glanzbraunkohlenstadium. Dies ist auf ihre Lage am Ostrand einer Wärmeflussanomalie zurückzuführen, die auch für die relativ hohe Inkohlung der Kohlen von Leoben – Bruck und des östlichen Trofaiacher Beckens verantwortlich war (SACHSENHOFER, 1989).

Literatur

- Berner, R.A. & Raiswell, R.: Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: A new theory.- GCA, 47, 855-862, St. Louis, MO 1984.
- Bruch, A.: Palynologische Untersuchungen im Oligozän von Slowenien - Paläo-Umwelt und Paläoklima im Ostalpenraum.- Tübinger Mikropaläont. Mitt., 18, 1-193, Tübingen 1998.
- Cornelius, H.P.: Über Tertiär und Quartär im Mürztal oberhalb Kindberg und seinen Nachbartälern.- Jb. Geol. B.-A., 88, 103-145, Wien 1938.
- ETTINGSHAUSEN, C.v.: Beiträge zur Kenntnis der fossilen Flora von Parschlug in Steiermark.- Denkschr. kaiserl. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., 38, Wien 1878.
- Frisch, W., Kuhlemann, J., Dunkl, I. & Brügel, A.: Palinspastic reconstruction and topographic evolution of the Eastern Alps during Late Tertiary tectonic extrusion.- Tectonophysics, 297, 1-15, Amsterdam 1998.
- Geutebrück, E.: Übersicht über die kohlenführenden und kohlenhöfigen Tertiärgebiete in der Steiermark.- Unveröff. Bericht (FFWF 2975), Leoben 1980.

- HAJOS, M.: Kieselgurvorkommen im Tertiärbecken von Aflenz (Steiermark).- Mitt. Geol. Ges. Wien, **63** (1970), 149-159, Wien 1972.
- Hauser, A. & Neuwirth, E.: Die vulkanischen Tuffe und ihre tonigen Abkömmlinge in der Nordoststeiermark.- Berg- u. Hüttenmänn. Mh., **104**, 243-253, Wien 1959.
- Hofmann, E.: Inkohlte Pflanzenreste aus dem Tertiär von St. Kathrein am Hauenstein.- Berg- und Hüttenmänn. Jb., **74**, 152-162, Wien 1927.
- Van der Made, J.: A *Conohyus* – Lineage (Suidae, Artiodactyla) from the Miocene of Europe.- Revista Espanola de Paleontologia, **4**, 19-28, 1989.
- Márton, E, Kuhlemann, J., Frisch, W. & Dunkl, I.: Miocene rotations in the Eastern Alps – paleomagnetic results from intramontane basin sediments.- Tectonophysics, **323**, 163-182, Amsterdam 2000.
- Mottl, M.: Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreichs., Mitt. Mus. Bergbau, Geol. Technik, **31**, 1-92, Graz 1970.
- Neubauer, F., Fritz, H., Genser, J., Kurz, W., Nemes, F., Wallbrecher, E., Wang, X. & Willingshofer, E.: Structural evolution within an extruding wedge: model and application to the Alpine-Pannonian system. In: Lehner, F.K., Urai, J.L. (Hrsg.) Aspects of Tectonic Faulting (Festschrift in Honour of Georg Mandl), Springer, 141-153, Berlin 2000.
- Nievoll, J.: Die bruchhafte Tektonik entlang der Trofaiachlinie (östliche Zentralalpen, Österreich).- Jb. Geol. B.-A., **127**, 643-671, Wien 1985a.
- Nievoll, J.: Bericht 1984 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär des mittleren Mürztales auf den Blättern 103 Kindberg und 104 Mürzzuschlag.- Jb. Geol. B.-A., **128**, 269-273, Wien 1985b.
- Petrascheck, W.: Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten, Teil 1, Wien-Kattowitz 1922/25.
- Petrascheck, W.: Die Kohlenlager Österreichs.- Z. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, **85**, 179-186, Wien 1937.
- Petrascheck, W.: Vulkanische Tuffe im Jungtertiär am Alpenostrand.- Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, **149**, 145-154, Wien 1940.
- Petrascheck, W.: Vulkanische Tuffe im Jungtertiär der Ostalpen.- Verh. Geol. B.-A., **1955**, 231-239, Wien 1955.
- Sachsenhofer, R.F.: Das Inkohlungsbild im Jungtertiär der Norischen Senke (Östliche Zentralalpen, Österreich) und seine paläogeothermische Deutung.- Jb. Geol. B.-A., **132**, 489-505, Wien 1989.
- Sachsenhofer, R.F.: Geodynamic controls on deposition and maturation of coal in the Eastern Alps.- In: F. Neubauer, V. Höck (Hrsg.) Aspects of Geology in Austria, Mitt. Österr. Geol. Ges. **92**, 185-194, Wien 2000.
- Sachsenhofer R.F., Kogler A., Polesny F., Strauss P. & Wagreeich M.: The Neogene Fohnsdorf Basin: Basin formation and basin inversion during lateral extrusion in the Eastern Alps (Austria).- Int. J. Earth Sciences, **89**, 415-430, Berlin 2000a.
- Sachsenhofer, R.F., Strauss, P., Wagreeich, M., Abart, R., Decker, K., Goldbrunner, J.E., Gruber, W., Kriegl, C. & Spötl, C.: Das miozäne Fohnsdorfer Becken - Eine Übersicht.- Mitt. Geol. Bergbaustud., **44**, 173-190, Wien 2000b.
- Sachsenhofer, R.F.: Syn- and post-collisional heat flow in the Tertiary Eastern Alps.- Int. J. Earth Sciences, **90**. DOI 10.1007/s005310000179, 2001.
- Spengler, E. & Stiny, J.: Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der Republik Österreich – Blatt Eisenerz, Wildalpe und Aflenz.- Geol. B.-A., 99 S., Wien 1926.
- Strauss P.H., Wagreeich M., Decker K. & Sachsenhofer R.F.: Tectonics and sedimentation in the Fohnsdorf-Seckau Basin (Miocene, Austria): From a pull-apart basin to a half-graben.- Int. J. Earth Sciences **90**. DOI 10.1007/s005310000180, 2001.
- Unger, F.: Die fossile Flora von Parschlug.- 39 S., Graz 1848.
- Weber, L. & Weiss, A.: Bergbaugeschichte und Geologie der österreichischen Braunkohlevorkommen.- Archiv f. Lagerst.-forsch. Geol. B.-A., **4**, 1-317, Wien 1983.
- Zeilinger, G., Kuhlemann, J., Reinecker, J., Kázmér, M. & Frisch, W.: Das Tamsweger Tertiär im Lungau (Österreich): Fazies und Deformation eines intramontanen Beckens und seine regionale geodynamische Bedeutung.- N. Jb. Geol.-Paläont. Abh., **214/3**, 537-568, 1999.