

Das miozäne Fohnsdorfer Becken - Eine Übersicht

The Miocene Fohnsdorf Basin - An Overview

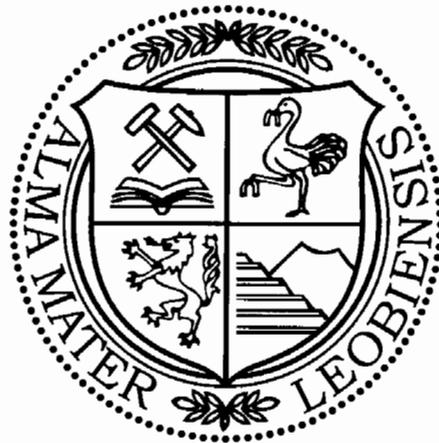
Von

Reinhard F. SACHSENHOFER, Philipp STRAUSS, Michael WAGREICH, Rainer ABART, Kurt DECKER,
Johann E. GOLDBRUNNER, Wilfried GRUBER, Christian KRIEGL & Christoph SPÖTL

mit 13 Abbildungen und 1 Tabelle
with 13 figures and 1 table

Exkursionsführer

SEDIMENT 2000



Anschriften der Verfasser, addresses of the authors:

Dr. Reinhard F. SACHSENHOFER, DI Wilfried GRUBER

Montanuniversität Leoben, Institut für Geowissenschaften, A-8700 Leoben, Österreich, Fax: +43/3842-402-788,
sachsenh@unileoben.ac.at, wilfried.gruber@unileoben.ac.at

Dr. Michael WAGREICH, Mag. Philipp STRAUSS, Dr. Kurt DECKER

Universität Wien, Institut für Geologie, Geozentrum, Althanstraße 14, A-1090 Wien, Österreich, Fax: +43/1-31336-782,
michael.wagreich@univie.ac.at, kurt.decker@univie.ac.at

Dr. Rainer ABART

Universität Graz, Institut für Mineralogie und Petrologie, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich, Fax: +43/316-380-9865, rainer.abart@kfunigraz.ac.at

Prof. Dr. Johann E. GOLDBRUNNER, Mag. Christian KRIEGL

Geoteam, Technisches Bureau für Hydrogeologie, Geothermie und Umwelt GmbH, Weizerstr. 19, A-8200 Gleisdorf, Österreich, Fax: +43/3112-6830, geoteam@aon.at

Dr. Christoph SPÖTL

Universität Innsbruck, Institut für Geologie und Paläontologie, Innrain 52, A-6020 Innsbruck, Österreich, Fax: +43/512-507-2914, christoph.spoetl@uibk.ac.at

Inhalt

Kurzfassung / Abstract.....	175
1. Einführung.....	175
2. Geologische und tektonische Position.....	178
3. Entwicklungsgeschichte.....	178
3.1. Pull-apart Phase (Karpatium/Unterbadanium?).....	179
3.2. Halbgraben Phase (Unter-/Mittelbadanium?).....	180
3.1. Beckeninversion.....	181
4. Thermische Geschichte.....	181
5. Rohstoffe.....	181
5.1. Kohle/Kohlegas.....	181
5.2. Geothermie.....	183
5.3. Bausteine.....	184
5.4. Ziegeleirohstoffe.....	185
5.5. Bentonit/Glastuff.....	185
5.6. „Haldit“.....	185
6. Aufschlussbeschreibungen.....	185
Stop 1: Tagbau Fohnsdorf/Dietersdorf.....	185
Stop 2: Sillweg E Fohnsdorf, Hohlweg.....	185
Stop 3: Flatschach N Zeltweg.....	186
Stop 4: Südrand des Fohnsdorfer Beckens S' Knittelfeld.....	186
Stop 5: Forstweg bei Gehöft Gföller S Knittelfeld.....	186
Stop 6: Tongrube Apfelberg bei Knittelfeld.....	187
Stop 7: Steinbruch Maria Buch bei Judenburg.....	189
Dank.....	189
Literatur.....	189

Contents

Kurzfassung / Abstract.....	175
1. Introduction.....	175
2. Geologic and tectonic setting.....	178
3. Evolution of the Fohnsdorf Basin.....	178
3.1. Pull-apart phase (Karpatian/Early Badenian?).....	179
3.2. Half-graben phase (Early-/Middle Badenian?).....	180
3.3. Basin inversion.....	181
4. Thermal history.....	181
5. Raw materials.....	181
5.1. Coal/coal-bed methane.....	181
5.2. Geothermal energy.....	183
5.3. Building raw material.....	184
5.4. Brick clay.....	185
5.5. Bentonite/glass tuff.....	185
5.6. „Haldit“.....	185
6. Description of stops.....	185
Stop 1: Former open pit mine Fohnsdorf/Dietersdorf.....	185
Stop 2: Sillweg E Fohnsdorf, road cut.....	185
Stop 3: Flatschach N Zeltweg.....	186
Stop 4: Southern margin of the Fohnsdorf Basin S' Knittelfeld.....	186
Stop 5: Road cut near farmhouse Gföller S Knittelfeld.....	186
Stop 6: Clay pit Apfelberg near Knittelfeld.....	187
Stop 7: Quarry Maria Buch near Judenburg.....	189
Acknowledgements.....	189
References.....	189

Kurzfassung

Das miozäne Fohnsdorfer Becken ist am Kreuzungspunkt des Mur-Mürztaler und des Pöls-Lavanttaler Störungssystemen gelegen. Die Entwicklung des Beckens wird in eine Pull-apart Phase (Karpatium/Unterbadenium?) und eine Halbgraben Phase (Unter-Mittelbadenium?) eingeteilt. Während der Pull-apart Phase wurde eine bis 2400 m mächtige Schichtfolge abgelagert. Diese besteht vom Liegenden zum Hangenden aus fluvio-deltaischen Ablagerungen, einem ca. 12 m mächtigen Kohleflöz (Fohnsdorf-Fm.), sowie 1500 m mächtigen Sedimenten, die in einem zum Teil mehrere hundert Meter tiefen (brackischen?) See abgelagert wurden (Ingering-Fm.). Die Beckenfüllung wird durch sehr hohe Subsidenzraten gesteuert. Während der folgenden Halbgraben Phase wurde die 1000 m mächtige, alluvio-deltaische Apfelberg-Fm. abgelagert. Mehr als 2000 m mächtige Sedimente wurden während der Inversion des Beckens erodiert. Diese führte zur Umformung des Westrandes des Beckens in eine positive Flower-Structure. Die Beckenfüllung beinhaltet beträchtliche Mineralvorkommen. Abgesehen von der Kohle ist das Becken prospektiv hinsichtlich Kohlegas, Geothermie, Baurohstoffen und Industriemineralen.

Abstract

The Miocene Fohnsdorf Basin is located at the junction of

the Mur-Mürz and Pöls-Lavanttal fault systems. The evolution of the basin is subdivided into a (Karpatian/early Badenian?) pull-apart phase and a (early/middle Badenian?) half-graben phase. Up to 2400 m thick sediments were deposited during the pull-apart phase. Its sedimentary sequence comprises from the bottom to the top fluvio-deltaic to lacustrine sediments, a 12 m thick coal seam (Fohnsdorf Formation), and about 1500 m thick sediments, which accumulated in a deep (brackish?) lake (Ingering Formation). Deposition is controlled by high subsidence rates. A subsequent half-graben phase resulted in the deposition of a 1000 m thick alluvio-deltaic conglomeratic sequence (Apfelberg Formation). More than 2000 m thick sediments were eroded during basin inversion, which reshaped the western basin margin into a positive flower structure. The basin fill contains considerable mineral resources. Apart from the coal seam, the basin is prospective for coal-bed methane, geothermal energy, building stones, and industrial minerals.

1. Einführung

Das miozäne Fohnsdorfer Becken ist das größte intramontane Tertiärbecken innerhalb der Ostalpen (Abb. 1). Es befindet sich am Schnittpunkt der Mur-Mürz und Pöls-Lavanttaler Störungszonen, die während der lateralen Extrusion der östlichen Zentralalpen eine entscheidende

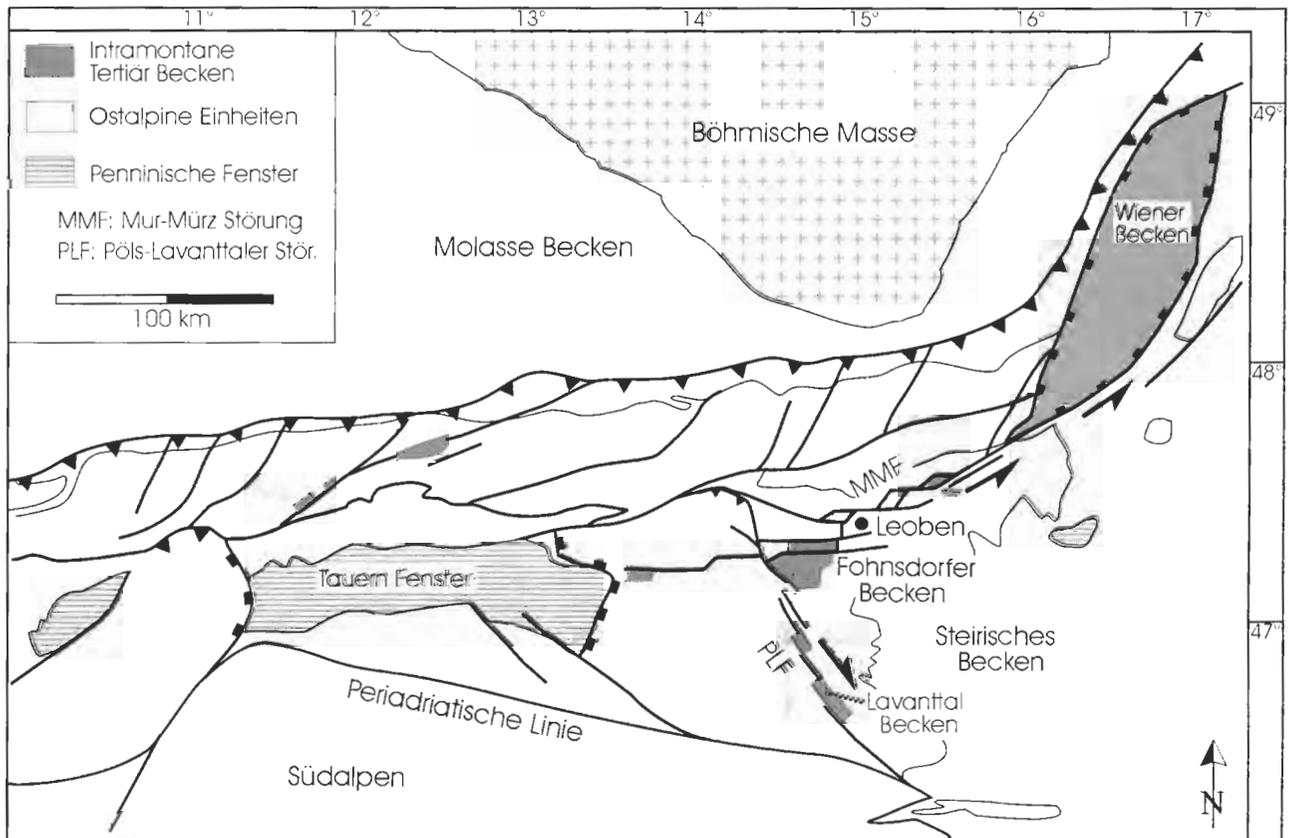


Abb. 1: Tektonische Übersicht der Ostalpen mit Position des Fohnsdorfer Beckens.

Fig. 1: Tectonic sketch map of the Eastern Alps with position of the Fohnsdorf Basin.

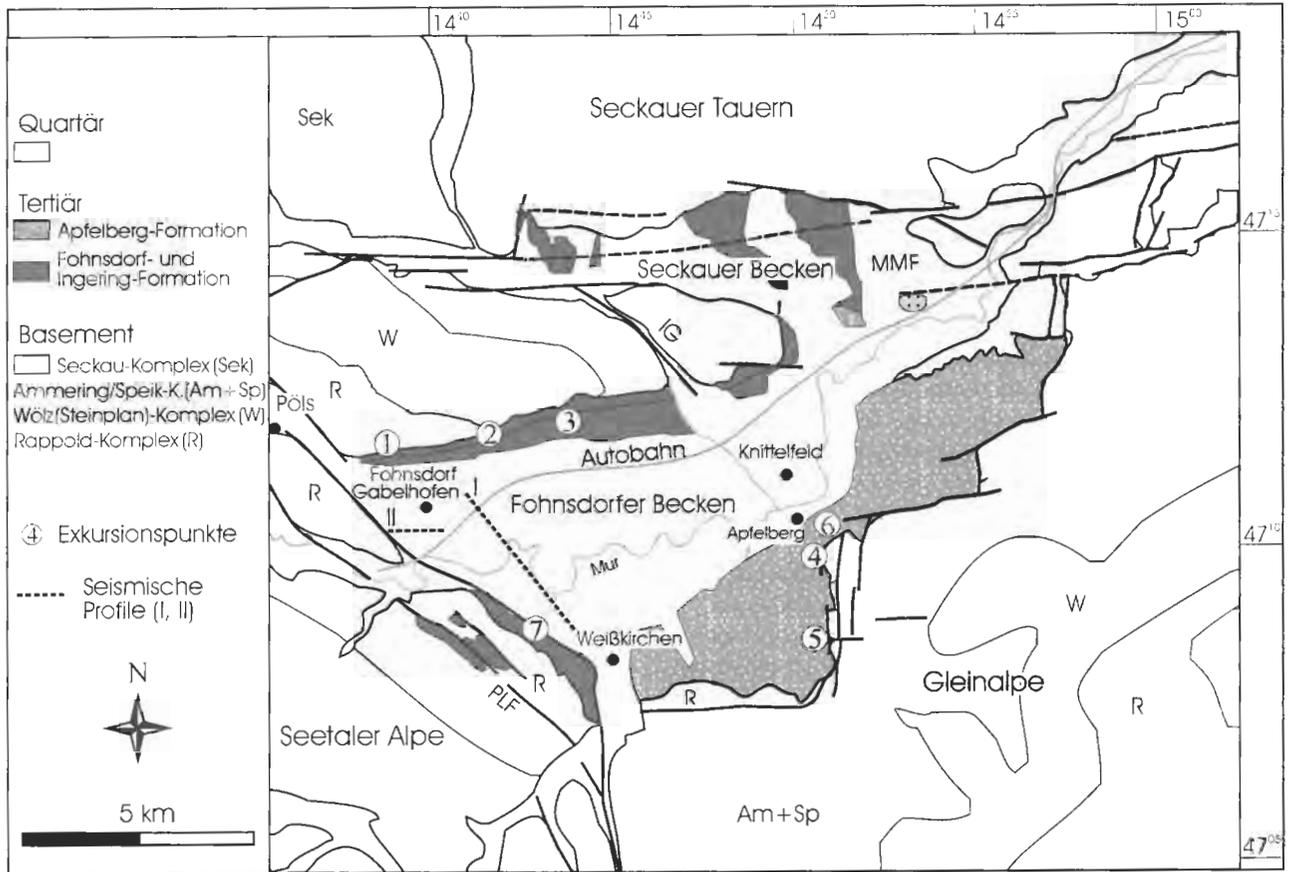


Abb. 2: Übersichtsskizze des Fohnsdorfer Beckens mit Nummern der Exkursionspunkte.

Fig. 2: Sketch map of the Fohnsdorf Basin with location and numbers of stops.

Rolle gespielt haben (RATSCHBACHER et al. 1991). Abgesehen von seiner Position in einem Schlüsselgebiet für das Verständnis der miozänen Tektonik der Alpen, erlangte das Fohnsdorfer Becken auch wegen seines Rohstoffpotentials (Kohle, Kohlegas, Geothermie) stärkere Beachtung.

Die tertiäre Beckenfüllung wird großteils von quartären Ablagerungen überdeckt. Aufschlüsse sind meist auf die Beckenränder beschränkt (POLESNY 1970, Abb. 2). Grundlegende Arbeiten über das Fohnsdorfer Becken beruhen auf Aufschlüssen im ehemaligen Kohlebergbau, der im nordwestlichen Teil des Beckens das Fohnsdorfer Flöz bis in eine Tiefe von 1280 m verfolgt hat (PETRASCHECK 1926, METZ 1973, WEBER & WEISS 1983). Der Bergbau wurde 1977 eingestellt. Neuere Erkenntnisse bezüglich des Baus des Beckens fußen auf geophysikalischen Messungen (METZ et

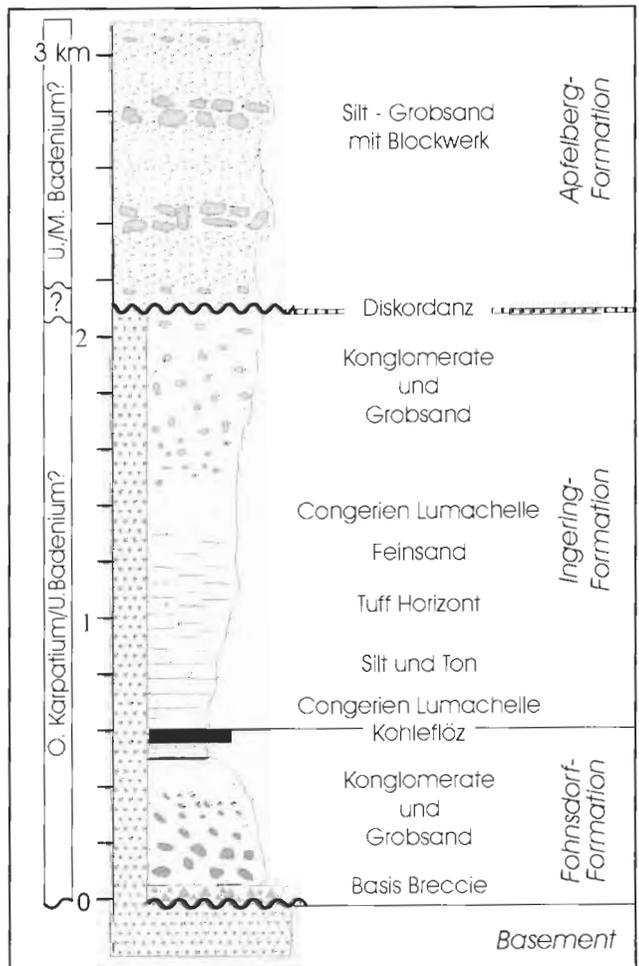


Abb. 3: Lithostratigraphisches Idealprofil der Füllung des Fohnsdorfer Beckens (nach STRAUSS et al. eingereicht).

Fig. 3: Lithostratigraphic profile of the basin fill (after STRAUSS et al. submitted).

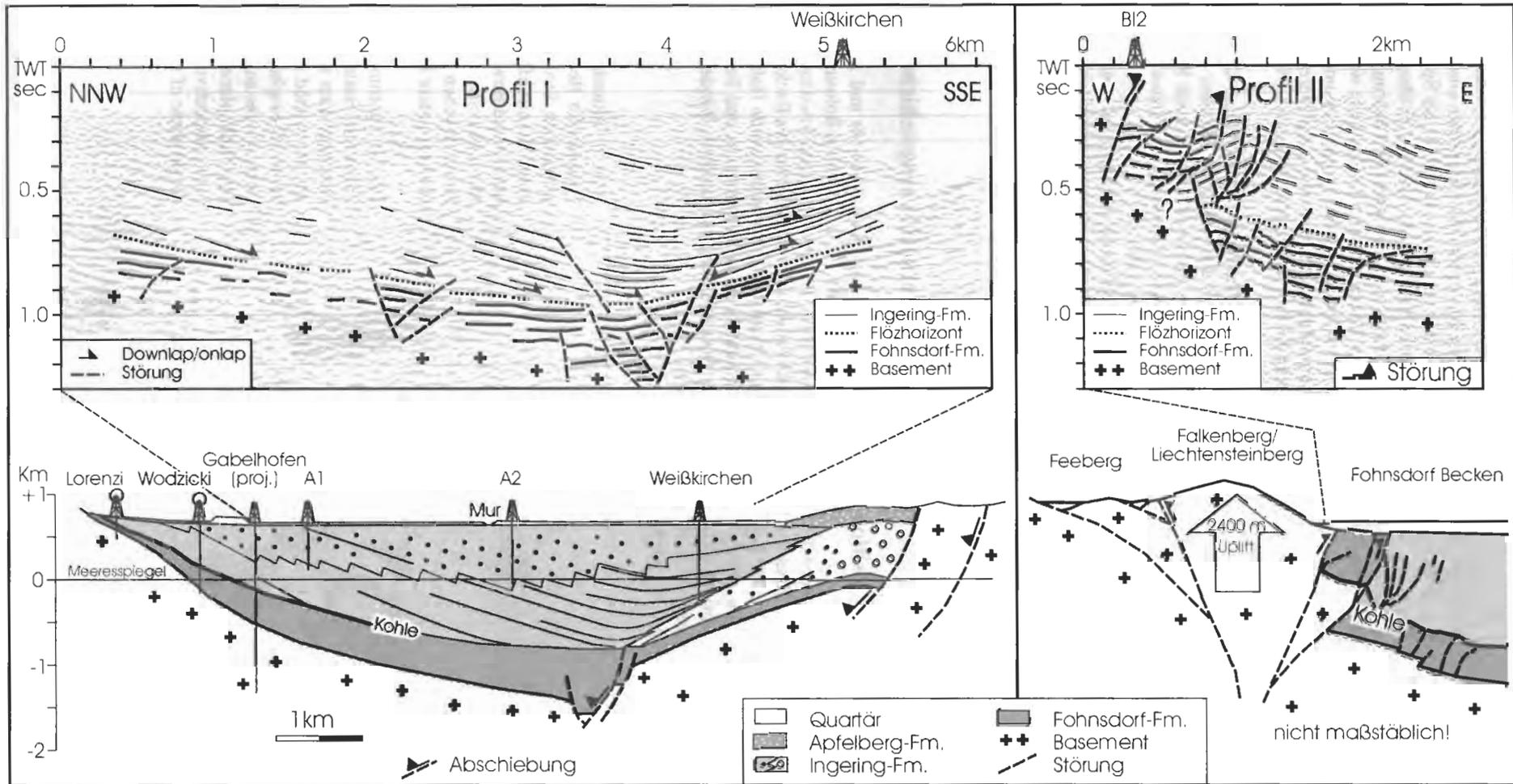


Abb. 4: Seismische Profile I und II und ihre geologische Interpretation. Die Position der Profile ist Abb. 2 zu entnehmen (verändert nach SACHSENHOFER et al. 2000).

Fig. 4: Seismic sections I and II and their geologic interpretation. The position of the sections is shown in Fig. 2 (modified after SACHSENHOFER et al. 2000).

al. 1980), Bohrungen und seismischen Profilen (SACHSENHOFER et al. 2000). Strukturgeologische Daten tragen wesentlich zum heutigen Bild der Entstehungsgeschichte des Beckens bei (STRAUSS et al. 1999, Arbeit eingereicht).

Basierend auf den älteren Arbeiten untergliederten STRAUSS & WAGREICH (1999) die Sedimente des Fohnsdorfer Beckens in folgende Formationen (Abb. 3):

hangend

Apfelberg-Formation (Blockschotter nach POLESNY 1970)

Ingering-Formation (Hangendserie nach POLESNY 1970)

Fohnsdorf-Formation (Liegendserie nach POLESNY 1970)

liegend

Laufende geologische Arbeiten befassen sich mit der Kohle am Top der Fohnsdorf-Formation, organisch-reichen Sedimenten innerhalb der Ingering-Formation (GRUBER & SACHSENHOFER 1999), sowie den Ablagerungsbedingungen der Apfelberg-Formation (STRAUSS & WAGREICH 1999). Darüber hinaus werden zur Zeit Tuffhorizonte, ein am Südstrand auftretender Kalksinter (Maria Bucher Sinter), sowie das Geothermiepotential des Beckens untersucht.

2. Geologische und tektonische Position

Die tektonische Entwicklung der Ostalpen während des Miozäns wurde durch die laterale Extrusion von Krustenkeilen nach Osten kontrolliert (RATSCHBACHER et al. 1991, FRISCH et al. 1998). Die Bewegungen verliefen entlang von sinistralen (z. B. Mur-Mürz Störungssystem) und dextralen (z. B. Pöls-Lavanttal Störungssystem) Seitenverschiebungszonen. Entlang des Mur-Mürz Störungssystems entstanden

mehrere kleine en-echelon Becken (Abb. 1). Ihre Altersstellung ist noch nicht restlos geklärt. STEININGER et al. (1989) vermuten ein früh-/mittel miozänes Alter. Dieses stimmt mit dem Alter eines von DUNKL mit Hilfe der Spaltspuren-Methode datierten Tuffs ($14,9 \pm 0,6$ Mio. J.) überein. Das Mur-Mürz Störungssystem war eines jener Störungssysteme, die die ostwärts auswandernden Krustenkeile während der lateralen Extrusion im Norden begrenzen und die Bildung der intramontanen Becken, sowie des größeren Wiener Beckens kontrollierten (DECKER & PERESSON 1996).

Das Fohnsdorfer Becken ist heute ca. 22,5 km lang und 11 km breit. Es ist mit dem kleineren Seckauer Becken in seinem nordöstlichen Teil verbunden. Isolierte Reste miozäner Sedimente sind auch südwestlich des Fohnsdorfer Beckens erhalten geblieben (Abb. 2).

Die tertiäre Beckenfüllung überlagert metamorphes Grundgebirge des Ostalpins. Letzteres besteht im wesentlichen aus Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit und Marmor, die unterschiedlichen alpin-gebildeten Kristallinkomplexen zugeordnet werden (Abb. 2).

3. Entwicklungsgeschichte

Basierend auf seismischen (Abb. 4) und strukturgeologischen Daten (Abb. 5), sowie neuen Bohrungen (z. B. Gabelhofen Therm 1, Abb. 6), teilen STRAUSS et al. (eingereicht) die Entwicklungsgeschichte des Beckens in eine erste Pull-apart Phase und eine nachfolgende Halbgraben Phase ein. Schließlich führte Kompression und Beckeninversion zu einer Herausbildung der heutigen Ränder des Beckens (Abb. 7).

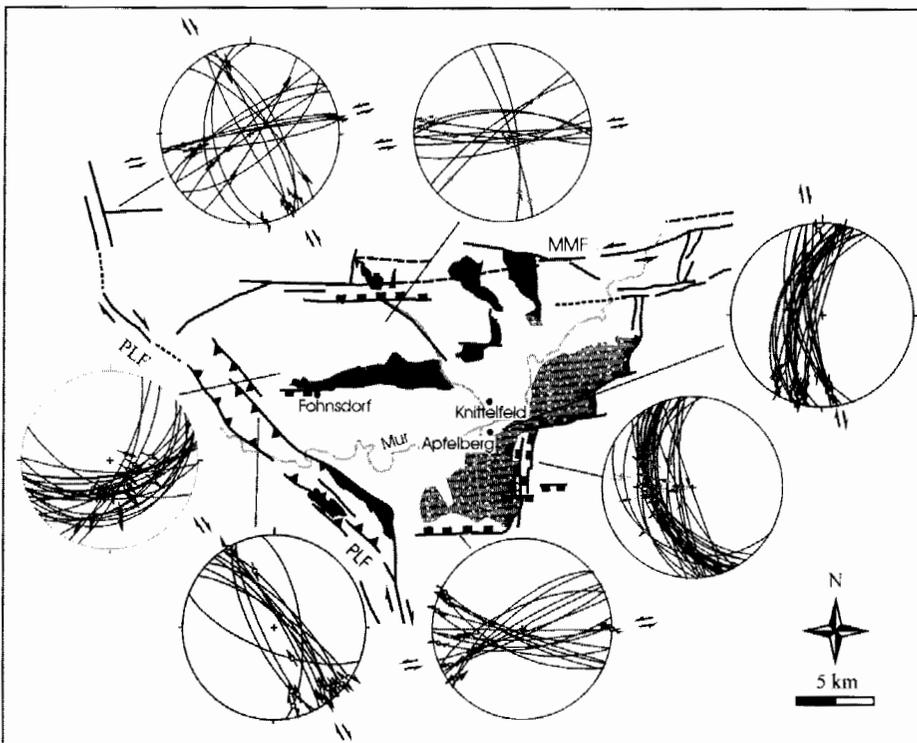


Abb. 5: Tektonische Karte des Fohnsdorfer Beckens mit ausgewählten Strukturdiagrammen. Harnischflächen (Großkreise) und Bewegungslineare mit Versatz (Pfeile) im Schmidt'schen Netz, Projektion auf untere Halbkugel.

Fig. 5: Tectonic map of the Fohnsdorf Basin with selected structural data sets. Fault planes are plotted in Schmid net, lower hemisphere projection. Great circles and points denoting fault planes and slicken lines, respectively. Arrows indicate sense of shear.

3.1. Pull-apart Phase (Karpatum/Unterbadenum?)

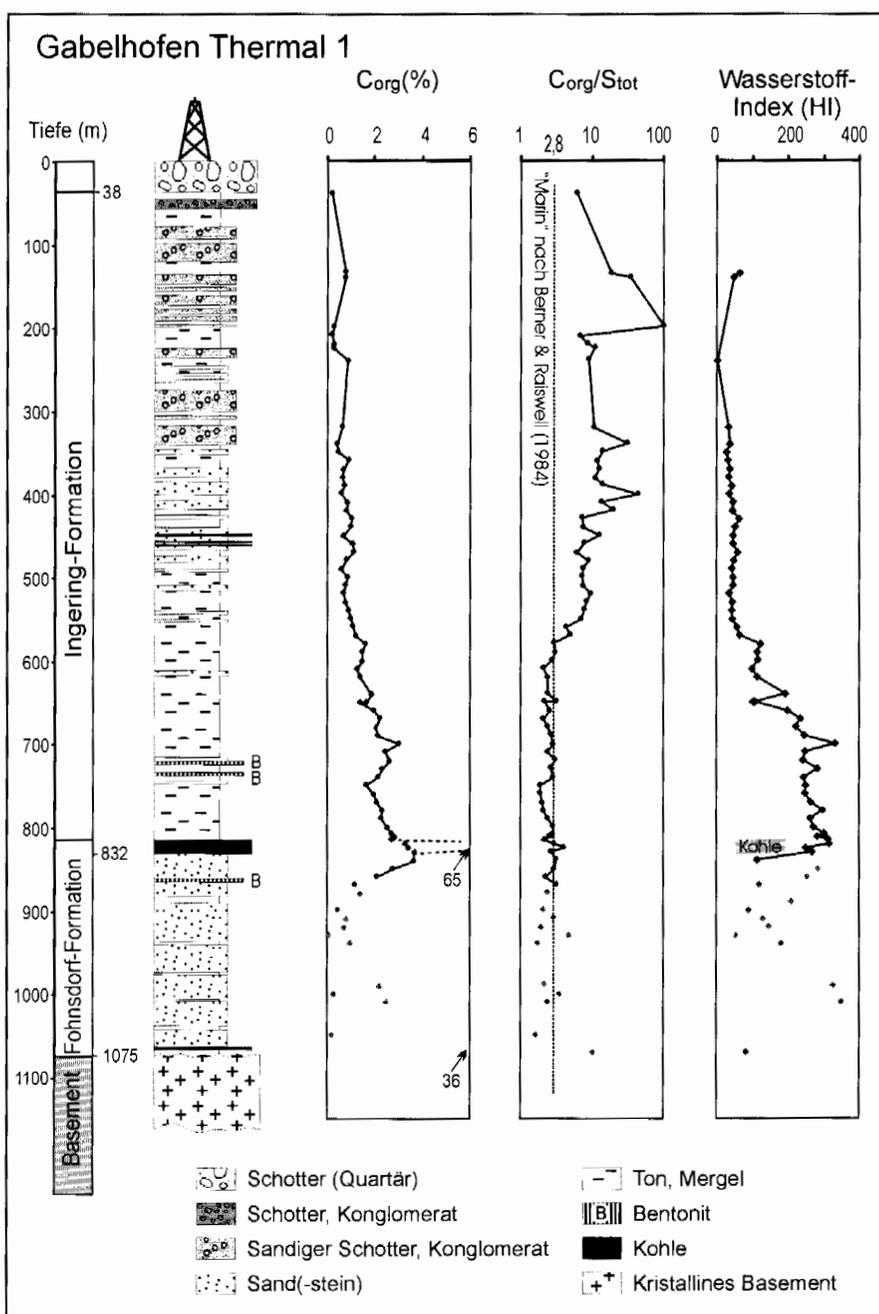
Sinistrale Bewegungen entlang des ENE gerichteten Mur-Mürz Störungssystems führten zur Bildung zunächst relativ kleiner Senkungsbereiche deren Zusammenwachsen ein „composite pull-apart“ Becken im Bereich Fohnsdorf-Seckau entstehen ließ. Die sinistralen Randstörungen werden durch mächtige Kataklastite markiert. Der horizontale Versatz entlang der nördlichen Randstörung beträgt ca. 4 km. Die sinistralen en-echelon Strike-slip Störungen werden durch große Abschiebungen verbunden, die insbesondere am südwestlichen Beckenrand gut aufgeschlossen sind (Stop Nr. 4, 5), wo ein vertikaler Versatz von mehr als 500 m entlang W-fallender Störungen rekonstruiert werden kann.

Während der Pull-apart Phase wurden die Fohnsdorf- und die Ingering-Formation abgelagert. Die Fohnsdorf-Formation erreicht eine Mächtigkeit von ca. 500 m, die sich aber zum heutigen Nordrand des Fohnsdorfer Beckens auf wenige Meter reduziert. Sie beinhaltet großteils Sandsteine und Konglomerate, die einem alluvialen Ablagerungsmilieu zugeordnet werden. Die Bohrung Gabelhofen traf nahe der Basis feinklastische Sedimente mit einem geringmächtigen Kohleflöz an. Im oberen Teil der Fohnsdorf-Formation nimmt der Anteil an feinklastischen Sedimenten zu. Den Abschluss dieser Formation bildet ein Kohleflöz, das im nordwestlichen Fohnsdorfer Becken bis 15 m Mächtigkeit erreicht. Congerien im Liegenden der Kohle, sowie extrem hohe Schwefelgehalte der Kohle deuten auf brackischen

Abb. 6: Lithologie der Bohrung Gabelhofen (nach SACHSENHOFER et al. 2000). Organischer Kohlenstoffgehalt (C_{org}), Kohlenstoff/Schwefel Verhältnisse (C_{org}/S_{tot}) und Wasserstoff-Index (HmgHC/g C_{org}) wurden an Cuttings-Proben bestimmt. Der tiefere, feinklastische Teil der Ingering-Formation wird durch niedrige C_{org}/S_{tot} Verhältnisse und hohe Gehalte an wasserstoffreichem Kerogen charakterisiert. Eine Zunahme des C_{org}/S_{tot} Verhältnisses zwischen 600 und 500 m zeigt den Übergang von einem sulfatreichen zu einem sulfatarmen Milieu an (z. B. BERNER & RAISWELL 1984). Dies wird als Ausfüllung eines zunächst brackischen Sees gedeutet. Daten aus der Fohnsdorf-Formation weisen gleichfalls geringe C_{org}/S_{tot} Verhältnisse auf. Weil Nachfall feinklastischen Materials aus der Ingering-Formation nicht ausgeschlossen werden kann, werden diese Daten jedoch mit Vorbehalt bewertet.

Fig. 6: Lithology of the Gabelhofen borehole (after SACHSENHOFER et al. 2000). Organic carbon contents (C_{org}), organic carbon/total sulfur ratios (C_{org}/S_{tot}) and Hydrogen Index (HI, mgHC/g C_{org}) were determined using cuttings.

The lower, fine-grained part of the Ingering Formation is characterized by low C_{org}/S_{tot} -ratios and a hydrogen rich kerogen. An increase in C_{org}/S_{tot} -ratios between 600 and 500 m reflects the transition from a sulphate-rich to a sulphate-poor environment (e.g. BERNER & RAISWELL 1984). We interpret this as a decrease in salinity within a formerly brackish lake.



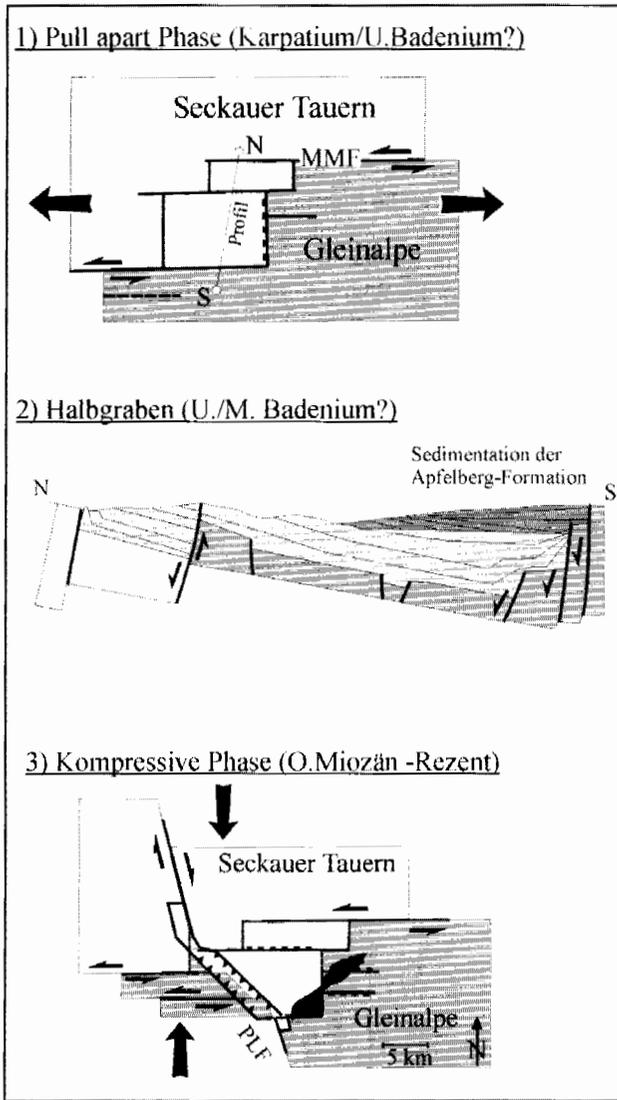


Abb. 7: Cartoons der drei Hauptphasen der Beckenentwicklung des Fohnsdorfer Beckens: a) Pull-apart Phase durch E-W Extension und Pull-apart Bildung an sinistralen Seitenverschiebungen des Mur-Mürz Störungssystems (MMF). b) N-S bis NNW-SSE Extension, Kipping des Beckens und Bildung eines Halbgrabens. c) Kompressive Phase durch die Bewegung am dextralen Pöls-Lavanttal Störungssystems (PLF), Bildung einer Flower-Structure am Westrand des Beckens.

Fig. 7: Cartoons showing three major stages in the evolution of the Fohnsdorf Basin: a) pull-apart phase as a result of E-W extension and basin formation between overstepping sinistral strike-slip faults of the Mur-Mürz fault system (MMF). b) N-S to NNW-SSE extension, tilting of the basin area caused by the formation of a half-graben. c) Compressive phase movement along the dextral Pöls-Lavanttal fault system (PLF), formation of a flower structure at the western limit of the basin.

Einfluss während der Ablagerung des oberen Teils der Fohnsdorf-Formation. Konglomerate, Sandsteine und teils bituminöse Süßwasserkalke mit Tuffeinschaltungen bilden

Äquivalente der Fohnsdorf-Formation entlang des SW-Randes des Beckens. Vermutlich ist auch der SW-Rand des Beckens kohleführend.

Erhöhte Subsidenzraten nach Ablagerung der Kohle führten zum Ertrinken des Moores und zur Ablagerung von Sapropeliten (Brandschiefer) und Congerien-Lumachellen. Weitere rasche Subsidenz führte zur Ausbildung eines mehrere hundert Meter tiefen Sees. Dieser wurde von den mehr als 1500 m mächtigen Sedimenten der Ingering-Formation aufgefüllt. Abgesehen von lokalen Fächern entlang der Südrandstörung erfolgte die Schüttung weitgehend aus dem Norden. Die zunehmende Verflachung des Sees geht einher mit einer deutlichen Kornvergrößerung ins Hangende. Die tieferen, feinklastischen Schichten der Ingering-Formation zeichnen sich durch hohe Gehalte an organischem Kohlenstoff aus, die mitunter 3,0 % übersteigen. C_{org}/S_{tot} Verhältnisse um 2,8 im tieferen Teil der Ingering-Formation zeigen, dass die Sulfatreduktion durch die Menge des organischen Kohlenstoffs limitiert wurde (Abb. 6). Dies deutet einen brackischen Einfluss an (BERNER & RAISWELL 1984). Steigende C_{org}/S_{tot} Verhältnisse zwischen 500 und 600 m Tiefe in der Bohrung Gabelhofen werden als Aussüßungstrend interpretiert.

Mindestens fünf Tuffhorizonte sind in die Ingering-Formation eingeschaltet. Ein bei Flatschach aufgeschlossener, ca. 2 m mächtiger Glastuff (Stop Nr. 3) ist nach Fission-Track Untersuchungen dem Grenzbereich Unter-/Mittelbadanium ($14,9 \pm 0,6$ Mio. J.) zuzuordnen (DUNKL in SACHSENHOFER et al. 2000).

Vermutlich erfolgte der marine Vorstoß in das Fohnsdorfer Becken aus dem Lavanttaler Becken, in dem marines Unterbadanium bekannt ist (TOLLMANN 1985). Dies deutet an, dass die Pöls-Lavanttalstörung bereits während der Pull-apart Phase aktiv war. STRAUSS et al. (eingereicht) diskutieren hierfür ein Modell abwechselnder Strike-slip Bewegungen entlang konjugierter Störungen.

3.2. Halbgraben Phase (Unter-/Mittelbadanium?)

Nach Ablagerung der Ingering-Formation veränderte sich das Spannungsfeld drastisch. Dadurch wurden sowohl die Beckensüdrandstörung des Fohnsdorfer als auch jene des Seckauer Beckens als N-gerichtete Abschiebungen reaktiviert (Abb. 7). S-gerichtete Abschiebungen in Sedimenten der Fohnsdorf-Formation entlang des Nordrandes des Fohnsdorfer Beckens stehen mit dieser Phase in Verbindung.

Während der Halbgraben Phase gelangte die Apfelberg-Formation (STRAUSS & WAGREICH 1999, „Blockschotter“ nach POLESNY 1970) mit gut sortierten Feinsanden und Silten, einem geringmächtigen Kohleflöz und schlecht sortierten, oftmals matrix-gestützten Konglomeraten und Blockschottern zur Ablagerung. Einzelne Gerölle erreichen eine Größe von 30 m³. Die Schüttung erfolgte ausschließlich aus dem Süden. Mehrere Tufflagen sind bekannt. STRAUSS

et al. (eingereicht) interpretieren das Ablagerungsmilieu als einen grob-klastischen Alluvialfächer oder als verzweigtes Fan-Delta, das in einen limnischen Halbgraben progradierte. Das Auftreten der Tuffe, die nach heutigem Wissen im Steirischen Raum auf den Zeitraum Karpatium/Unterbadanium beschränkt sind, sprechen für ein noch unterbadanisches Alter, während aufgrund der Position im Hangenden des datierten Tuffes, ein mittelbadanisches bzw. jüngeres Alter wahrscheinlicher erscheint.

Möglicherweise wurde während der Ablagerung der Apfelberg-Formation bereits der Grundgebirgsrücken, der Fohnsdorfer und Seckauer Becken voneinander trennt, exhumiert und Teile der Fohnsdorf-Formation erodiert.

3.3. Beckeninversion

Die dritte wesentliche tektonische Phase führte zur Ausbildung einer positiven "Flower-Structure" am SW-Rand des Fohnsdorfer Beckens infolge dextraler Bewegungen entlang der Pöls-Lavanttaler Störungszone (SACHSENHOFER et al. 2000, Abb. 4, 7). Der Falkenberg-Liechtensteinbergzug bildet den am stärksten gehobenen Zentralteil dieser kompressiven Struktur. SACHSENHOFER et al. (2000) nehmen aufgrund von Vitritreflexionsdaten eine relative Hebung von über 2000 m an. Dextrale Bewegungen entlang der Pöls-Lavanttaler Störungszone sind heute wahrscheinlich noch aktiv und manifestieren sich im rezenten Spannungsfeld und in Erdbeben (KÖHLBECK 1979, REINECKER & LENHARDT 1999).

4. Thermische Geschichte

Rekonstruierte Temperaturgeschichten der Bohrungen Gabelhofen (Abb. 8) und Weißkirchen zeigen geringfügig erhöhte Wärmeflüsse (65 bis 70 mW/m, SACHSENHOFER et al. 2000). Benachbarte Becken entlang des Mur-Mürz

Störungssystems werden dagegen durch z.T. extrem erhöhte miozäne Wärmeflüsse charakterisiert. Die relativ geringen Wärmeflüsse sind vor allem auf die Lage des Fohnsdorfer Beckens weitab potentieller Wärmequellen (aufsteigende metamorphe Kernkomplexe oder miozäner Vulkanismus im Steirischen Becken) zurückzuführen (SACHSENHOFER 2000, eingereicht). Abgesehen davon spielte vermutlich auch thermische Isolierung durch die rasch abgelagerten mächtigen Sedimente eine Rolle. Nichtsdestotrotz lassen die rezent geringfügig erhöhten Wärmeflüsse das Becken hinsichtlich geothermischer Nutzung interessant erscheinen (siehe Kapitel 5.2. Geothermie).

5. Rohstoffe

5.1. Kohle/Kohlegas

Kohle tritt im Fohnsdorfer Becken zumindest in drei stratigraphischen Niveaus auf. Geringmächtige Flöze an der Basis der Fohnsdorf-Formation (Bohrung Gabelhofen) und innerhalb der Apfelberg-Formation erlangten nie wirtschaftliche Bedeutung.

Das mächtige Glanzbraunkohlenflöz am Top der Fohnsdorf-Formation wurde hingegen im Bereich Fohnsdorf mit Unterbrechungen von 1675 (zuerst vorwiegend zur Alaunherstellung) bis 1977 gewonnen (WEBER & WEISS 1983). Die tiefsten Einbauten befanden sich dabei 1280 m unter der Tagesoberfläche. Die Gesamtproduktion wird mit 47 Mio. t Kohle angegeben (GEUTEBRÜCK 1980). Die Restkohlensubstanz soll 13,7 Mio. t sicherer und wahrscheinlicher Vorräte betragen (WEBER & WEISS 1983). Bei weitem geringere Bedeutung erlangte der Bergbau Schönberg-Holzbrücke am nördlichen Beckenrand nordwestlich Knittelfeld.

Das Insert in Abb. 9 zeigt eine kartenmäßige Darstellung der abgebauten Feldesteile. E-W streichende, S-gerichtete

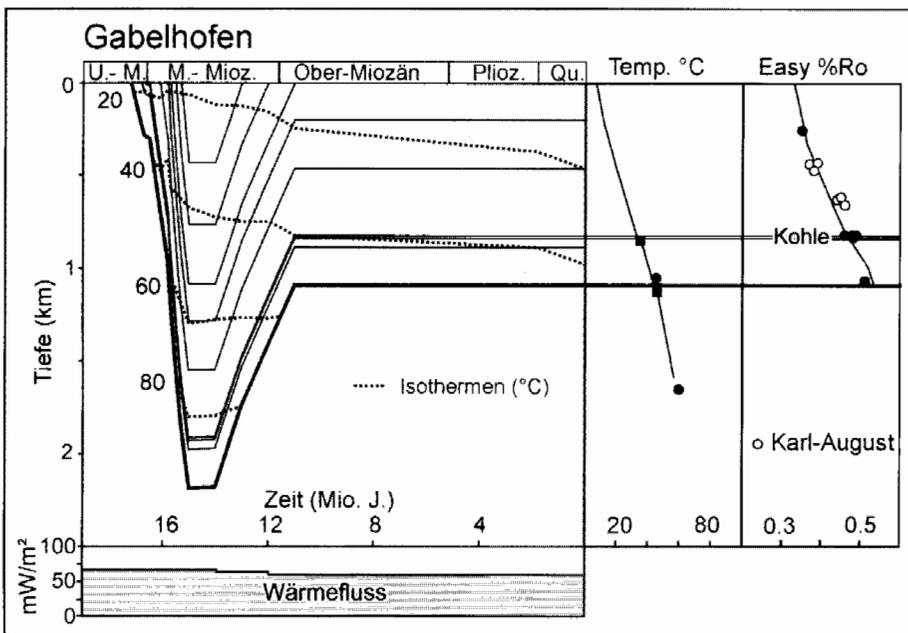
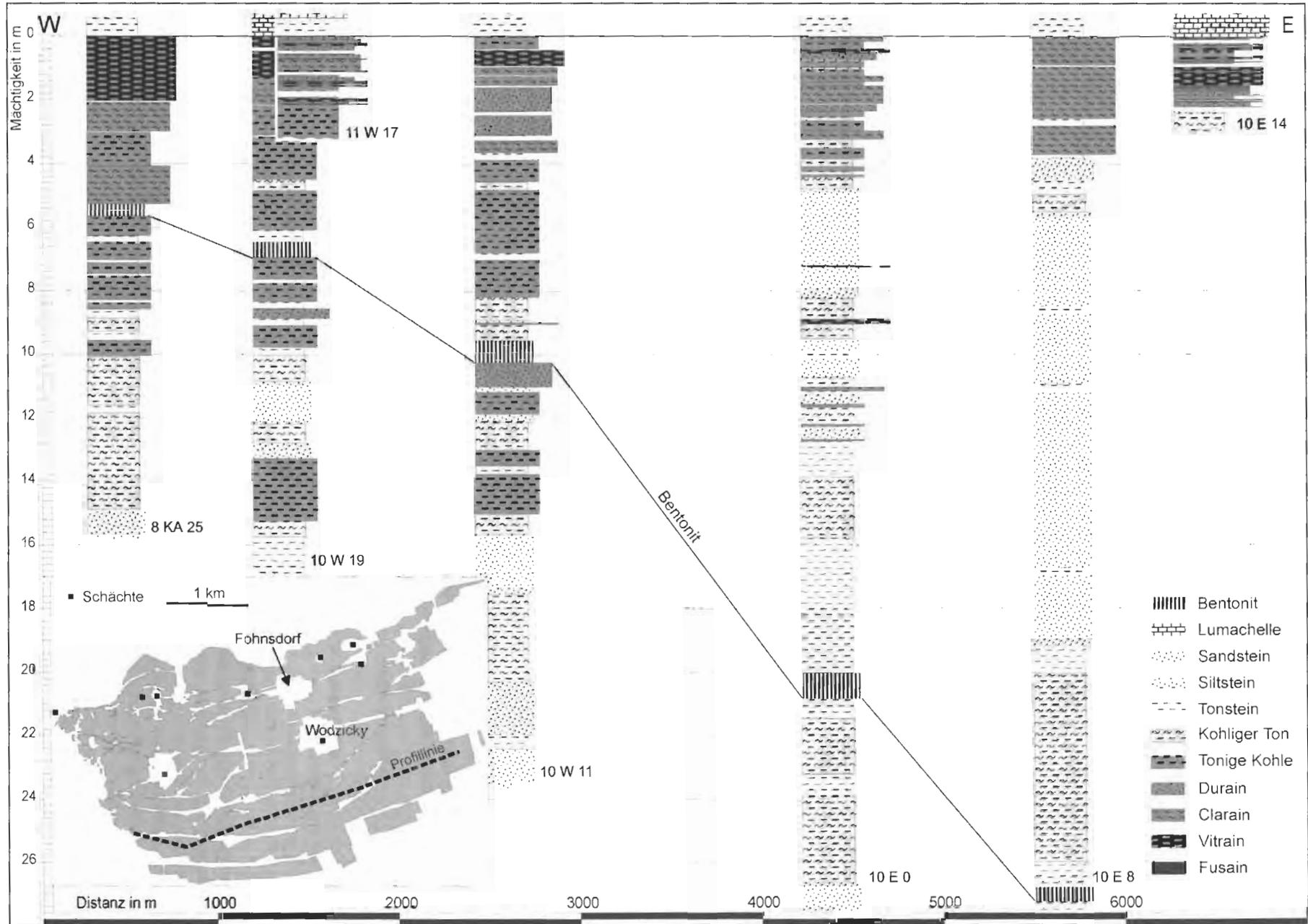


Abb. 8: Subsidenz-, Temperatur- und Wärmeflußgeschichte der Bohrung Gabelhofen (SACHSENHOFER et al. 2000). Berechnete und gemessene Kalibrationsdaten werden im rechten Diagrammteil dargestellt.

Fig. 8: Burial and temperature histories and heat flow model of the Gabelhofen borehole (SACHSENHOFER et al. 2000). Calculated and measured calibration data are plotted versus depth.



Abschiebungen und NE-streichende, NW-gerichtete Abschiebungen bedingen den Ausfall des Flözes. Diese Bereiche treten daher neben Schutzpfeilern für Ortschaften und Schächte als „weiße“ Flecken auf der Abbaukarte hervor.

Ein W-E Profil des Flözhorizontes ist in Abb. 9 dargestellt. Im westlichen Abschnitt befindet sich ein bis zu 1 m mächtiger Tuff innerhalb des Flözes. Im Osten der Lagerstätte wurde der Tuff mehrere 10er Meter unter dem Flöz angetroffen. Dies zeigt, dass die Kohlebildung zuerst im westlichen Abschnitt einsetzte, wo auch die maximalen Mächtigkeiten erreicht wurden. Gegen Osten setzte die Kohlebildung später ein und die maximalen Kohlenmächtigkeiten waren stark reduziert. Die östliche Bauwürdigkeitsgrenze wurde im Verzahnungsbereich mit grobklastischen Deltaschüttungen erreicht. Häufige Überflutungen führten zu einem generell hohen Aschegehalt. Besonders aschereich war der liegende Teil des Flözes („Liegendkohle“). Relativ reine Flözpartien waren auf den Oberteil des Flözes beschränkt („Hangendkohle“). Schwefelgehalte bis 15 % lassen eine brackisch/marine Beeinflussung wahrscheinlich erscheinen. Schwefelgehalte unter 1 % treten lokal in geringmächtigen, aschearmen (< 10 %) Abschnitten innerhalb der Hangendkohle auf. Dies deutet lokale Hochmoorbildungen an. Die Kohlebildung fand durch das Ertrinken des Moores seinen Abschluss (SACHSENHOFER 2000).

Abgesehen vom hohen Aschegehalt der Kohle, der eine Nassaufbereitung nötig machte, der großen Tiefenlage der Abbaue mit den damit verbundenen hohen Gebirgstemperaturen (z. B. 45,4 °C in 1133 m Tiefe) und Gebirgsdrücken, sowie weiten Förderwegen, bereitete dem Bergbau ein für Glanzbraunkohlen ungewöhnlich hoher Methangehalt Schwierigkeiten. Der Bergbau gehörte mit einer durchschnittlichen Ausgasung von ca. 30 m³ Methan pro t verwertbare Kohle – in einzelnen Abbauen überstieg die Gasführung 40 m³ Methan pro t Kohle – zu den stark gasführenden Schachtanlagen. Im Jahre 1943 forderte eine Schlagwetterexplosion 101 Todesopfer. Ab den 50er Jahren wurde das Methan mit 30 bis 50 langen Schrägbohrungen (Durchmesser 95 mm) in den feinklastischen Hangendschichten abgesaugt (FEYFERLIK 1958). Eine Nutzung im werkseigenen Kesselraum erfolgte ab 1960. SACHSENHOFER et al. (2000) vermuten, dass es sich um bakteriell gebildetes Methan handelt.

Der hohe Methangehalt der Kohle ließ Überlegungen bezüglich seiner Nutzung im Rahmen eines Flözgasprojektes entstehen. TEMMEL (1990) schätzte die Reserven zwischen 0,8 und 1,6 Mrd. m³ Gas (in place). Im Jahre 1996 teufte

die Rohöl-Aufsuchungs G.m.b.H nahe des Südrandes des Beckens eine Erkundungsbohrung ab, die den Flözhorizont wegen zu geringer Tiefe nicht erreichte.

5.2. Geothermie

Im Jahr 1940 ereignete sich beim Vertiefen des Wodzicky Schachtes in 865 m Tiefe ein Thermalwasserseinbruch aus geklüfteten Gneisen des Beckenuntergrundes. Der Zufluß betrug über 700 l/min, die Wassertemperatur ca. 40 °C (ZETNIGG 1992/93). Dies gab Anlaß das Geothermiepotential des Fohnsdorfer Beckens mit Hilfe einer Bohrung zu untersuchen.

Die Bohrung Gabelhofen Thermal 1 wurde im Jahr 1995 1,6 km südsüdöstlich des Ortszentrums von Fohnsdorf auf eine Tiefe von 2.000 m niedergebracht. Sie durchörterte bis 38,5 m Quartär, bis ca. 1100 m Miozän und verblieb bis zur Endteufe in Glimmerschiefern des mittelostalpinen Grundgebirges. Die miozäne Schichtfolge ist nach Logbefunden (DLL-SP, GR) als nur gering permeabel einzustufen. Im kristallinen Grundgebirge, das aus einer Folge von +/- quarzreichen Glimmerschiefern, phyllitischen Glimmerschiefern, Quarziten und Biotitschiefern besteht, wurden bei 1.286, 1.354 und 1.367 m Störungszonen durchfahren, welche sich unter anderem durch einen erhöhten Anteil von HCl-löslichen Komponenten (Kluffkalzite) auszeichneten. Zur Beseitigung der Kluffbeläge wurden Stimmulationsmaßnahmen mit Salzsäure im offenen Bohrloch durchgeführt, die sich als erfolgreich erwiesen. Pumpversuche aus dem offenen Abschnitt 1.075 m bis 2.000 m ergaben eine Transmissivität (= Gebirgsdurchlässigkeit x Aquifermächtigkeit) von 5×10^{-6} m²/s für den bohrlochfernen Bereich. Bei Endteufe wurde eine (gestörte) Temperatur von 61,5 °C gemessen; bei einer Fördermenge von 1.8 l/s (156 m³/d) betrug die Temperatur des Förderstromes bei 1.045 m maximal 51 °C.

Das erschlossene Wasser ist ein Natrium-Chlorid-Bicarbonat-Säuerling mit einer Summe an gelösten festen Stoffen von 11,1 g/l. Von besonderem Interesse ist der Vergleich der hydrochemischen Zusammensetzung der Wässer von Gabelhofen Thermal 1 mit den seichten Erschließungen von Fentsch (Gemeinde St.Marein bei Knittelfeld), wo an einem tektonischen Kontakt zwischen der miozänen Beckenfüllung und dem mittelostalpinen Kristallin Säuerlinge und Kohlenstoffdioxidgas oberflächennah (Brunnentiefe 3 m) auftreten (Tab. 1).

Bemerkenswert ist der hohe Chloridgehalt beider Wässer, der für die Herkunft aus marinen bzw. brackischen Schichten

Abb. 9: W-E Profil durch den südlichen Teil des Fohnsdorfer Flözes. Bezugsniveau: Oberkante Flöz. Das Insert zeigt die Abbaukarte des Fohnsdorfer Revieres und die Lage des Profils (verändert nach Unterlagen der Markscheiderei Fohnsdorf). Neben den Schutzpfeilern für Gebäude und Ortschaften, treten W-E- und SW-NE gerichtete Störungen als Bereiche ohne Abbau hervor.

Fig. 9: W-E profile through the southern part of the Fohnsdorf seam. Datum level: top of the seam. The insert shows the map of the Fohnsdorf mining district and the position of the profile (modified after maps of the Fohnsdorf mining survey). Apart from barrier pillars, W-E and SW-NE trending faults are highlighted as areas without excavation.

	Gabelhofen Thermal 1	Fentsch Neuer Brunnen
Natrium	3.065	1.492
Kalium	199	40
Calcium	158	109
Magnesium	116	40
Chlorid	2.911	1.701
Jodid	0,15	1,6
Hydrogencarbonat	4.508	2.001
Elektrolytsumme gelöstes freies Kohlenstoffdioxid	11.123	5.467
Wassertypus	2.118 Na-Cl-HCO ₃	1.376 Na-Cl-HCO ₃

Tab. 1: Vergleich der hydrochemischen Zusammensetzung der Wässer der Tiefbohrung Gabelhofen Thermal 1 (STEHLIK 1996) und des "Neuen Brunnens" von Fentsch (CARLÉ 1975). Werte in mg/l.

Tab. 1: Hydrochemical composition of waters from the Gabelhofen borehole (STEHLIK 1996) and from the „Neuen Brunnen“ in Fentsch (CARLÉ 1975). Values are in mg/l.

spricht. Auf die Notwendigkeit, die Chlorid- und Jodidgehalte von Fentsch durch eine marine Fazies der Tertiärschichten des Fohnsdorfer Beckens zu erklären, wurde bereits von GOLDBRUNNER (1993) hingewiesen. Weitere Nachweise von zumindest brackischen Ablagerungsbedingungen im tieferen Teil des Miozäns werden in vorliegender Übersicht aufgrund geochemischer Untersuchungen erbracht (vgl. Kapitel 3.1. Pull-apart Phase). Hinsichtlich der Zirkulationsbedingungen lässt sich aus den hydrochemischen und geochemischen Untersuchungen der Bohrung Gabelhofen der Schluss ziehen, dass kristallines Grundgebirge und auflagerndes Tertiär ein hydrodynamisches System bilden. Dies lässt sich durch das Vorhandensein von Störungen mit großer Sprunghöhe erklären, die einen lateralen Kontakt von Tertiär und Kristallin ermöglichen.

In Gabelhofen Thermal 1 wurde bei freiem Überlauf am Sondenkopf ein Gas-Wasserverhältnis von 2:1 festgestellt. Das Gas wies einen Anteil von ca. 95 % Kohlenstoffdioxid und ca. 4 % Stickstoff auf. Der Methangehalt lag unter 1 %. Da die Entstehung des Kohlenstoffdioxidgases durch eine biologische Methanogenese im metamorphen Grundgebirge unwahrscheinlich ist, weist ein $\delta^{13}\text{C}$ -Gehalt von $-7,08 \text{ ‰}$ deutlich auf den Erdmantel (KNOLL 1991) als Liefergebiet hin. Somit ist das auftretende Kohlendioxid als Tiefenelement zu betrachten und ist an Störungen im kristallinen Grundgebirge gebunden.

Wie ein Vergleich der Analysen von Gabelhofen Thermal 1 und Fentsch zeigt, treten Tiefengrundwässer mit ähnlicher hydrochemischer Zusammensetzung sowohl im metamorphen Untergrund des Tertiärbeckens als auch oberflächennah auf. Aufstieg und Zirkulation dieser Wässer und ihrer begleitenden Gase findet an sprödetektonischen Störungszonen statt, die im metamorphen Grundgebirge und in der tertiären Beckenfüllung ausreichende Wegigkeiten finden. Die nur auf der Hälfte gegenüber Gabelhofen Thermal 1 reduzierte Mineralisierung des Sauerlings von Fentsch weist auf eine schwache Vermischung mit oberflächennahen Wässern und somit auch auf einen raschen Aufstieg des Tiefengrundwassers hin.

5.3. Bausteine

„Fohnsdorfer Muschelkalk“

Die Congerien-Lumachellen, die den Flözhorizont am Top der Fohnsdorf-Formation überlagert wurde als „Fohnsdorfer Muschelkalk“ bezeichnet. Eine ausführliche Beschreibung gibt KIESLINGER (1953). Dabei handelt es sich um einen mergeligen Sandstein bis Konglomerat mit schichtweisen Anhäufungen von Muschelschalen (*Congeria cf. antecroatica* KATZER). Stellenweise wird das Bindemittel rein kalkig und diese dichten dunkelgrauen bis schwarzen Kalke sind gelegentlich als „schwarzer Marmor“ verwendet worden. Die Farbe des Gesteins wechselt je nach Verwitterungszustand. Frische Stücke zeigen ein dunkles Blaugrau, das gelegentlich bis zu einem völligen Schwarz des Bindemittels führen kann. Weit aus am häufigsten sind Steine der Oxydationszone mit den üblichen gelblichen bis ockrigen Farben des Limonits. Die Gewinnungsstellen lassen sich heute wegen der Vielzahl an ehemaligen Tagbauen nicht mehr sicher eruieren. Wahrscheinlich erfolgte der Abbau gleichzeitig mit dem der Kohle. Verwendung fand der Stein vom 14. bis zum 19. Jahrhundert besonders für Quaderarbeiten (z. B. Judenburger Stadtturm), für große Platten (z. B. Grabstein des Sigmund von Saurau, 1524, mit 260 x 220 cm; Pflaster der Pfarrkirche Fohnsdorf), Pfostenstücke, Türgewände, Säulen und Stufen (z. B. Stift Seckau).

„Maria Bucher Sinter“

Der an den SW-Rand des Fohnsdorfer Beckens gebundene Maria Bucher Sinter wurde von POLESNY (1970) ausführlich beschrieben. Er ist in einem kleinen Steinbruch südlich Maria Buch hervorragend aufgeschlossen. Es handelt sich um einen Kalzit-Sinter, der meist faserig, stellenweise zuckerkörnig ausgebildet ist. Die Längsachsen der Kristallnadeln stehen senkrecht auf die Bankung. Normal zu den Fasern ist oft eine Bänderung ausgebildet. Die einzelnen Bänke sind oft ebenflächig oder wenig gekrümmt, symmetrisch gebaut mit Zentralnaht in der Mitte der Bank. Die Farbe ist meist weiß bis licht(wachs)gelb, seltener bräunlich oder grau. Bänderung in verschiedenem Farbton verläuft stets parallel zur Bankung. „Pfeifersinter“ (Wachs-

tum in klaffenden Spalten), „Kugelsinter“, Erbsenstein“ (sprudelnde Quellen) und löchriger Sinter (gasreiche Wässer) bilden Sonderformen.

Verwendung fand der Maria Bucher Sinter als Baustein (Kirche Maria Buch), Dekorationsstein für Wandverkleidungen (Bahnhof Knittelfeld), als Edelputz und für kunstgewerbliche Gegenstände (Vasen, Schalen: „Steirischer Onyx“). Bemerkenswert ist das Apsisfenster der Seckauer Basilika, das aus geschliffenem Maria Bucher Sinter gefertigt wurde. Bezüglich der Genese und des Alters des Sinters siehe Beschreibung von Stop Nr. 7.

5.4. Ziegeleirohstoffe

Feinklastische Lagen innerhalb der Apfelberg-Formation werden seit mehr als 100 Jahren an der Typuslokalität abgebaut (s. Stop Nr. 6). Bis 1984 wurden quartäre Lehme für die Ziegelproduktion bei Maria Buch gewonnen.

5.5. Bentonit/Glastuff

Aus dem Fohnsdorfer Becken sind zahlreiche Tuffvorkommen bekannt (EBNER & GRÄF 1982). Die stratigraphisch tiefsten Tuffe wurden in der Bohrung Gabelhofen 50 m unterhalb der Flözoberkante angetroffen. Der Tuffhorizont im Bereich des Flözes wurde bereits erwähnt. Über dem Flözhorizont (Ingering-Formation) wurden 5 Tuffhorizonte von POLESNY (1970) beschrieben. Weitere bis 70 cm mächtige Tuffvorkommen wurden von POLESNY (1970) innerhalb der Apfelberg-Formation bekannt gemacht.

Nach EBNER & GRÄF (1983) wurde im Zuge der Kohleförderung Bentonit zeitweise abgebaut. Ein 30 (70?) cm mächtiges Vorkommen rötlichen Bentonits im Fötschach Graben (Apfelberg-Formation) wurde nach dem 2. Weltkrieg erfolglos beschürft.

5.6. „Haldit“

Im Zuge der untertägigen Kohlegewinnung wurde das taube Material auf der Halde des Wodzicky-Schachtes gelagert. Dieses ist reich an organischem Material und an framboidalem Pyrit und neigt zur Selbstentzündung („Brandschiefer“). Durch diese Brände werden im Inneren der Halde Temperaturen über 1000 °C erreicht. Das Sedimentmaterial erhält dabei bei Temperaturen über 700 °C eine charakteristische ziegelrote Farbe. Das entstehende Material zeichnet sich durch Verschleißfestigkeit und Wasserspeicherfähigkeit aus. Laut Firmenprospekt besteht es aus 52 % SiO₂, 22 % Al₂O₃ und 11 % Fe₂O₃.

Seit 1970 wird das Haldenmaterial von der Voest Alpine und seit 1980 von der Fa. Neuper abgebaut. Zur Zeit beträgt die Produktion ca. 30.000 t/J. Verwendung findet das Material für Sportplatzbeläge („Tennenrot“), als Golfplatzsand und als Substrat für Dachbegrünungen, Teiche und Biotope. Zudem kommt es als Zuschlagstoff für hitzebeständige

Betone zur Anwendung.

6. Aufschlussbeschreibungen

Stop 1 - Tagbau Fohnsdorf/Dietersdorf

Lokalität: ehemaliger Tagbau NW Dietersdorf
ÖK161 Knittelfeld, BMN 31, 550250/231060

Thema: Kohle, Brandschiefer, Erdbrandgestein, Lagerungsverhältnisse, Kohlegeologie, Kohlebergbau, nördlicher Beckenrand

Stratigraphie: Fohnsdorf-Formation (Untermiozän, Oberkarpatium?)

Zahlreiche Tagbaue befanden sich seit dem 17. Jahrhundert im Bereich des Ausbisses des „Fohnsdorfer“ Kohleflözes. Zunächst wurde die Kohle vor allem für die Alaunherstellung verwendet. Der Tagbau Dietersdorf befindet sich im Bereich des ehemaligen Antonitagbaus, von dem ROSSIWAL (1857 in WEBER & WEISS 1983) schrieb, dass er „der großartigste und regelmäßigste Tagbau unter allen zur Zeit auf Kohleflötzen in Steiermark betriebenen Tagbauen bezeichnet werden“ muß. Nach Ende des Zweiten Weltkriegs wurde im Bereich Dietersdorf Kohle von einer Siedlungsgenossenschaft gewonnen und der Österreichischen Alpine Montan Gesellschaft verkauft.

Aufgeschlossen ist eine mit etwa 25° gegen S einfallende Abfolge von basalen, gegen hangend zu feinkörniger werdenden Breccien (Fohnsdorf-Formation), einem Kohleband und hangenden pelitischen Sedimenten (basale Ingering-Formation).

Die Sedimentation erfolgte in einer Randsituation eines initialen Pull-apart Beckens. Onlap-Geometrien der Fohnsdorf-Formation auf das kristalline Basement treten auf. Die Glimmerschiefer des Basements sind stark verwittert und zerklüftet. Das dominierende Strukturinventar sind Abschiebungen gegen Süden, die zur Halbgraben Phase gestellt werden.

Die Kohle wird durch eine Vitrinitreflexion von 0,38 %Rr charakterisiert, die auf den Grenzbereich Matt-/Glanzbraunkohle hinweist. Ein sehr geringer Wassergehalt von 8,2 % (aschefrei) ist für viele alpine Glanzbraunkohlen charakteristisch.

Stop 2 - Sillweg E Fohnsdorf, Hohlweg

ÖK161 Knittelfeld, BMN 31, 553654/232133

Thema: Brandschiefer, Congerien, lakustrin-brackisches Delta

Stratigraphie: Ingering-Formation (Unter-/Mittelmiozän, Oberkarpatium-Unterbadanium?)

Im Profil Sillweg treten zwei Faziesbereiche innerhalb des tieferen Abschnitts der Ingering-Formation auf:

1. feinkörnige Deltafazies (derzeit nur schlecht aufgeschlossen): Abfolge von dünnen Feinsandsteinen (mit ebener Lamination und Rippellamination) und laminierten Peliten. Auf Grund der Abfolge an der Typlokalität im Ingeringbach, eines deutlichen coarsening-upward-Trends im Gesamtprofil und der Seismik-Interpretation

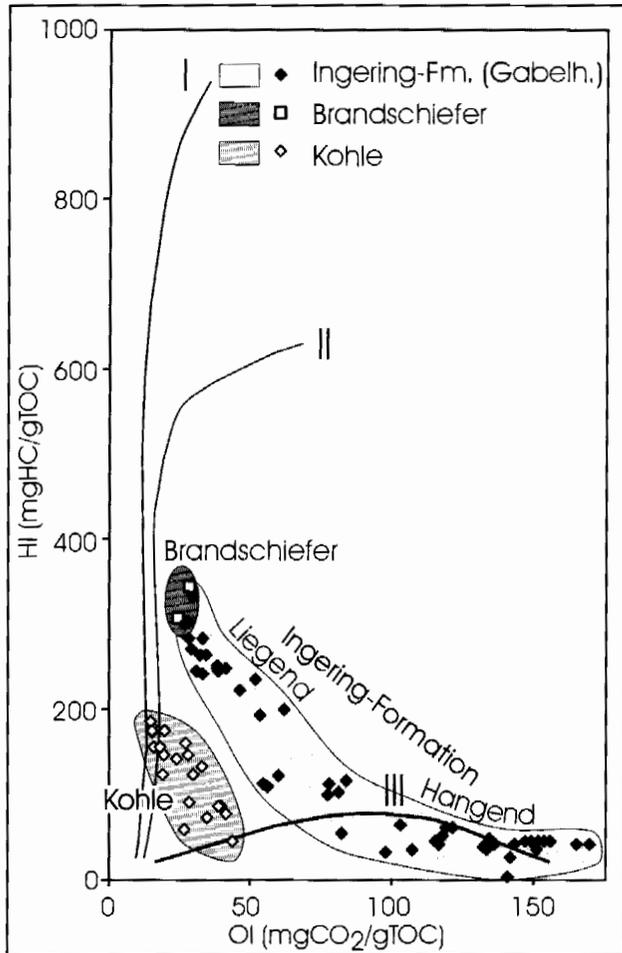


Abb. 10: Plot des Wasserstoff-Index (HI) gegen den Sauerstoff-Index (OI) für die „Fohnsdorfer“ Kohle, den Brandschiefer und feinklastische Sedimente innerhalb der Ingering-Formation.

Fig. 10: Crossplot of Hydrogen Index (HI) versus Oxygen Index (OI) for the Fohnsdorf coal, the „Brandschiefer“ (sapropelitic rocks), and fine-grained sediments within the Ingering Formation.

wird die Ingering-Formation als gegen Süden progrierende Deltafazies interpretiert, die ein relativ tiefes, z. T. brackisches Seebecken füllt.

2. „Brandschiefer“ mit Congerienlage.

Unter dem Begriff „Brandschiefer“ werden plattig verwitternde pelitische Gesteine der basalen Ingering-Formation zusammengefasst. Innerhalb des Profils tritt auch eine geringmächtige Lage mit Congerien auf, die auf ein brackisches Ablagerungsmilieu hinweist.

Der C_{org} -Gehalt des Brandschiefers beträgt ca. 20 %. Die überlagernde feinkörnige Deltafazies wird durch C_{org} -Gehalte zwischen 2 und 3,5 % charakterisiert (Abb. 6). Das Kerogen des Brandschiefers ist wasserstoffreich (Wasserstoff-Index: 300 – 350 mgHC/g C_{org}). Das Kerogen der Deltafazies setzt sich aus einer Mischung von wasserstoffreichem aquatischen und sauerstoffreichem terrestrischen Material zusammen, wobei der Anteil an letzterem gegen das Hangende zunimmt (Abb. 6, 10).

Stop 3 - Flatschach N Zeltweg

Lokalität: 500m W' der Flatschacher Kirche
ÖK161 Knittelfeld, BMN, 557050/232050

Thema: Glastuff innerhalb der Ingering-Formation, FT-Altersdatierung

Stratigraphie: Ingering-Formation (Unter-/Mittelmiozän, Unterbadanium?)

Der oberflächlich am besten aufgeschlossene Tuff ist jener von Flatschach. Er wird bis zu 3 m mächtig und befindet sich 350 bis 400 m über dem Flözniveau in der Ingering-Formation. POLESNY (1970) konnte Ausbisse zwischen Rattenberg und Spielberg über eine Distanz von ca. 3,75 km verfolgen. Sein Liegendes bilden Sandsteine und Konglomerate, sein hangendes ein sandiger Ton. Das sehr feinkörnige, weiße Gestein bricht unregelmäßig und ist an Klüften oft von dünnen Mangankrusten überzogen. Der Tuff besteht aus wenig zersetztem Glas. Lediglich an der Basis ist er stärker zu Montmorillonit umgewandelt (Basisbentonit). Daneben treten detritäre Minerale (Quarz, Muskowit) auf. Isotrope Stäbchen werden von POLESNY (1970) als Reste von Kieselorganismen gedeutet. DUNKL (in SACHSENHOFER et al. 2000) datierte Zirkone des Tuffs mit $14,9 \pm 0,6$ Mio. J.

Stop 4 - Südrand des Fohnsdorfer Beckens S' Knittelfeld

Lokalität: 200 m N' Gehöft Nußbolter
ÖK162 Köflach, BMN 34, 636448/228441

Thema: Überblick über das Fohnsdorfer Becken; Störungen am Beckensüdrand, Basement-Rücken am Nordrand, Flower-Structure am SW-Rand

Der Haltepunkt N' Nußbolter gibt einen Überblick über das Fohnsdorfer Becken und seine Ränder. Im Süden wird das Becken durch sinistrale Seitenverschiebungen und Abschiebungen begrenzt. Im Norden wird das (heutige) Becken durch einen Basement-Rücken vom ursprünglich zusammenhängenden Seckauer (Teil-)Becken getrennt. Dieser Rücken wurde erst nach der Ablagerung der Fohnsdorf- und Ingering-Fm. bei einer Kippung und Halbgrabenbildung im Unter-/Mittelbadanium? herausgehoben. Der Südwestrand des Beckens bei Judenburg ist eine jüngere Bildung. Hier wurde entlang des Pöls-Lavanttal-Störungssystems eine kompressive Flower-Structure gebildet und der ursprüngliche Beckenrand des Fohnsdorfer Beckens vollständig umgeformt (Abb. 4). Erdbeben und in-situ-Spannungsmessungen zeigen, dass die Pöls-Lavanttal Störung auch heute noch aktiv ist (REINECKER & LENHARDT 1999).

Stop 5 - Forstweg bei Gehöft Gföller S Knittelfeld

Lokalität: Forststraße 300 m S' Gehöft Gföller
ÖK162 Köflach, BMN 34, 637124/225996

Thema: Beckenrandstörung, syntektonischer Kontakt Apfelberg-Formation – Basement, gescherte Gerölle

Stratigraphie: Apfelberg-Formation (Mittelmiozän, Unter-/Mittelbadanium?)

Der Aufschluß verläuft entlang einer 1998 gegrabenen Forststraße südlich des Gehöftes Gföller (Abb. 11). Auf den

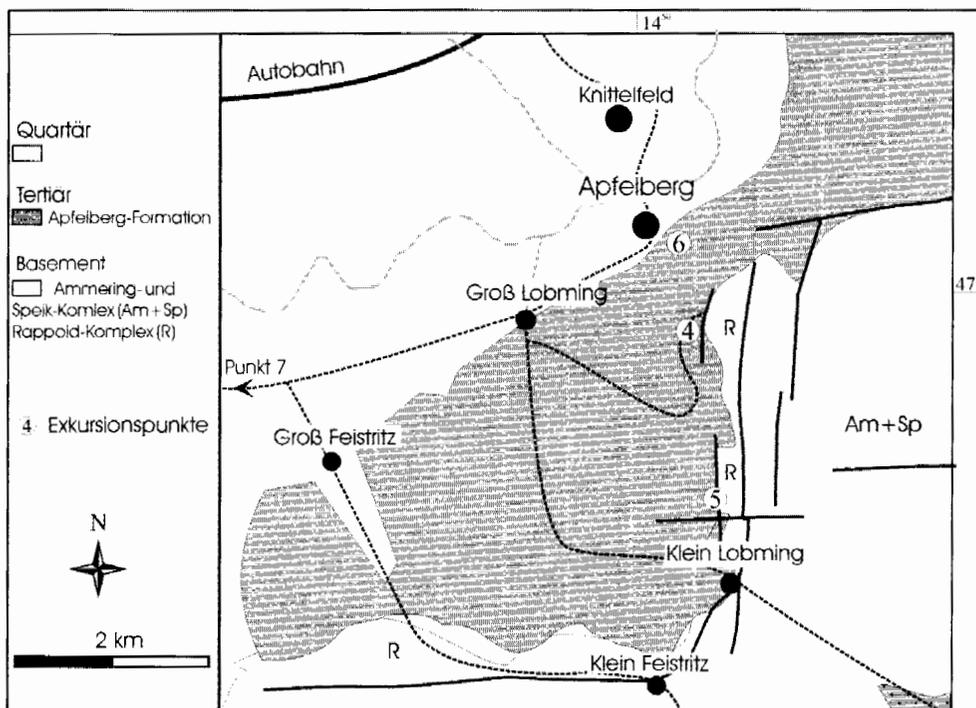


Abb. 11: Kartenskizze des Südostrandes des Fohnsdorfer Beckens.

Fig. 11: Sketch map of the southeastern margin of the Fohnsdorf Basin.

ersten 100 m sind Gneise des Ammering-Speik Komplexes aufgeschlossen, die, je näher man der Beckenrandstörung kommt, stärker zerklüftet sind. Die Abschiebung im Bereich des Beckenrandes ist deutlich am lithologischen Wechsel von Gneisen zu Marmor und Granat-Glimmerschiefern des Rappold Komplexes zu erkennen. Gegen Süden finden sich Gesteine des Rappold Komplexes in 1300 bis 1600 m Seehöhe, womit sich ein Vertikalversatz von ~500 m ableiten lässt. Diese Abschiebung wird bereits in der ersten Phase der Beckenentwicklung angelegt (Pull-apart Phase). Bei der Ausbildung des Halbgrabens während der zweiten Phase der Beckenentwicklung entlang des SE-Randes des Beckens wird die mit 65° in Richtung Westen einfallende Abschiebung überprägt.

Im Zuge der Bildung des Halbgrabens kommt es auch zur Sedimentation der Apfelberg-Formation. Die Sedimente der Apfelberg-Formation stellen die vermutlich jüngsten tertiären Ablagerungen im Fohnsdorfer Becken dar. Es handelt sich bei den Sedimenten der Apfelberg-Formation um eine Kombination von Schwemmfächern, bzw. Schwemmebenen und deltaisch-lakustrinen Sedimenten, wobei für einen überwiegenden Teil der Sedimente eine schlechte Sortierung und eine geringe Reife kennzeichnend ist. Schwermineralspektren (POLESNY 1970) zeigen, dass die Sedimente ausschließlich aus dem Süden (Gebiet der Gleinalpe) stammen. Dies unterstützt die Ansicht, dass die Apfelberg-Formation in einem Halbgraben abgelagert wurde. Ein häufig auftretender Sedimentationstyp in der Apfelberg-Formation sind mudflows mit ihrer charakteristischen Sortierung in eine relativ feine Matrix und in oversized clasts, welche oft kaum bis gar nicht gerundet sind und beachtliche Größen erlangen können. Die Erosion der feinen Matrix führte zu einer Konzentration des Blockwerkes an der Oberfläche, was das Sediment gröber erscheinen lässt („Blockschotter“, POLESNY 1970).

Der direkte Kontakt der Apfelberg-Formation mit dem

Basemnt ist ebenfalls zu beobachten. Die Sedimente (matrixgestützte Konglomerate) lagern dem Glimmerschiefer auf, wobei anhand der ins Liegende zu steiler werdenden Sedimentationsflächen der Schluß naheliegt, daß es sich hierbei um eine syntektonische Sedimentation handelt. Einen weiteren Hinweis auf die syntektonische Ablagerung der Apfelberg-Formation geben „gescherte“ Gerölle aus einem anderen Aufschluß nahe dieser Beckenrandstörung. Die Gerölle wurden entlang der Abschiebung teilweise staffelartig zerbrochen, verbogen und einige sogar zerdrückt.

Stop 6 - Tongrube Apfelberg bei Knittelfeld

ÖK162 Köflach, BMN 34, 63700/229800

Thema: Typenlokalität der Apfelberg-Formation, fluviatil-alluviale Ablagerungen, Schwemmfächer, Rinnen, Schlammströme, Tuffit, Altersstellung

Stratigraphie: Apfelberg-Formation (Mittelmiozän, Unter-/Mittelbadanium?)

Die Grube Apfelberg der Ziegelei Trost ist die Typenlokalität der Apfelberg-Formation (Abb. 12). Konnte im vorherigen Aufschlußpunkt eine Beckenrandstörung und die an sie gebundene sedimentäre Randfazies beobachtet werden, so sind in der Grube Apfelberg distalere Faziesbereiche aufgeschlossen.

Die „Ton“-grube Apfelberg läßt sich in einen liegenden Anteil (Wand hinter Parkplatz) und einen hangenden Teil, der derzeit den eigentlichen Abbau bildet, unterteilen.

Diese Unterscheidung spiegelt auch die faziellen Gegebenheiten der Sedimente zur Zeit der Ablagerung wieder. So finden sich im liegenden Anteil der Grube Apfelberg größtenteils gröbere Sedimente, die in Flußsystemen abgelagert wurden (Typus braided river). Besonders typisch sind hier große Rinnenstrukturen, welche intern wiederum in

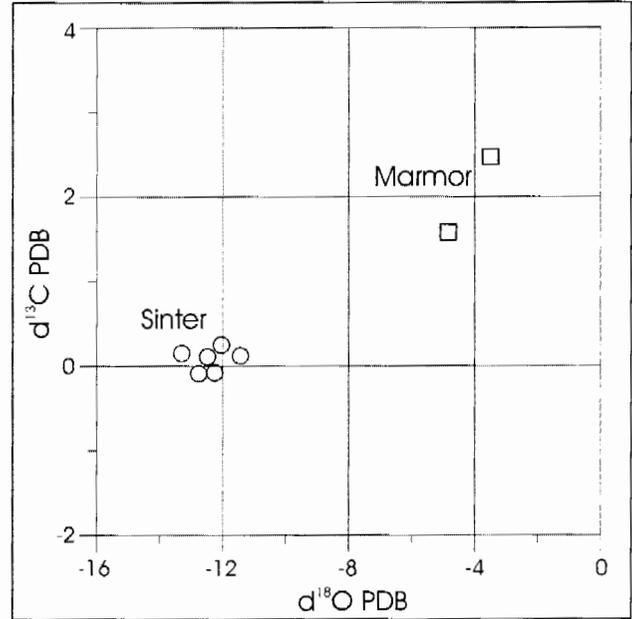
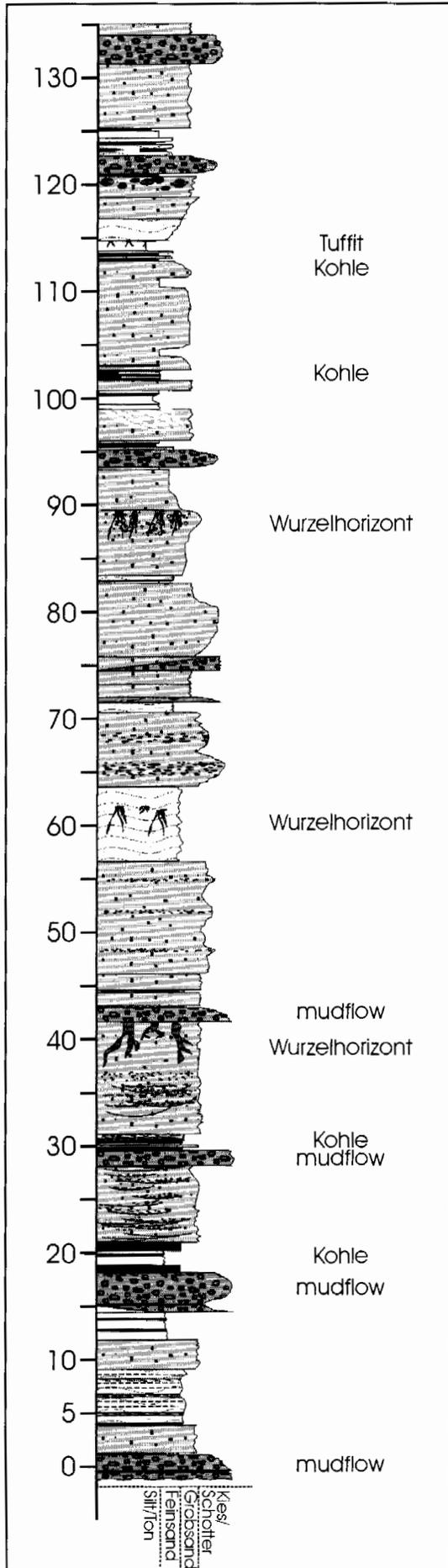


Abb. 13: Kohlenstoff- und Sauerstoffisotopen (‰ VPDB) des Maria Bucher Sinters und umgebender Marmore des Basements.

Fig. 13: Carbon and Oxygen isotopes (‰ VPDB) for travertine veins (Maria Bucher Sinter) and marbles within the pre-Neogene basement.

kleinere Rinnensysteme gegliedert sind. Zusätzlich finden sich mehrere dünne Kohlelagen sowie Wurzelhorizonte und mudflows. Diese sind besonders augenfällig, da sie im Gegensatz zu den Rinnen eine viel größere laterale Verbreitung haben und so über mehrere Profile hinweg zu korrelieren sind. Diese mudflows, welche für alluvial fanstypisch sind, zeigen ein matrixgestütztes Gefüge (Feinsand-Silt: 80 %) in dem oversized clasts (20 %) schwimmen. Diese Klaster erreichen in den mudflows, welche in der Grube Apfelberg zu sehen sind, 5 bis 20 cm, es sind aber von anderen Lokalitäten Blöcke mit über 30 m³ beschrieben.

Im hangenden Teil sind die Sedimente dann feiner und auch deutlich besser sortiert, zudem bilden die einzelnen Schichten nun lateral anhaltende, homogene Körper. Als mögliches Environment für die Ablagerung bietet sich eine Deltaplain mit einem "swamp" an. Hinweise darauf geben einerseits paläobotanische Daten, aber auch eine Kleinsäugerfauna (in Bearbeitung). Zusätzlich findet sich hier auch eines der wichtigsten Schichtglieder der Apfelberg-Formation: eine ca. 50 cm mächtige Tuffitlage, aus welcher vulkanische Zirkone separiert werden konnten. Eine Altersdatierung mittels Zirkon-Fission-Track Analyse soll die Frage nach dem Alter der Apfelberg-Formation klären.

Abb. 12: Profil durch die Tongrube Apfelberg bei Knittelfeld, Apfelberg-Formation (aufgenommen P. STRAUSS 1999).

Fig. 12: Profile through the lay pit Apfelberg near Knittelfeld, Apfelberg Formation (logged by P. STRAUSS 1999).

Stop 7 - Steinbruch Maria Buch bei Judenburg

Lokalität: 125m S' der Maria Bucher Kirche
ÖK161 Knittelfeld, BMN 31, 554000/224600

Thema: "Liegendkonglomerat", Maria Bucher Sinter, stabile Isotopen, Flower-Structure entlang der Pöls-Lavanttal Störung

Stratigraphie: Miozän?

Das Steinbruchgelände befindet sich derzeit im Besitz der Fam. Drobilitsch. Abgebaut wurde der Maria Sinter zwischen den 40er und 80er Jahren des 20. Jhdts. Einige Aspekte der Nutzung des Gesteins sind im Kapitel 5.3. Bausteine angeführt.

Aufgeschlossen ist eine Zufuhrspalte eines Sinters, die sowohl innerhalb basaler Konglomerate der Beckenfüllung (Fohnsdorf-Formation?) als auch innerhalb des Basements auftritt. Mineralogisch besteht der Sinter aus Kalzit, wobei heute vorwiegend laminierte Sintertypen aufgeschlossen sind. Das Alter und die Genese des Sinters sind ungeklärt. Derzeit wird die isotopische Zusammensetzung (C, O, Sr) untersucht um Aufschlüsse über die Bildungsbedingungen des Sinters zu erhalten (Abb. 13). Vorläufige $\delta^{13}C$ Werte von -0.1 bis +0.3 Promill VPDB sind signifikant höher als typische Speleotheme und deuten eher auf einen marinen Ursprung der Wässer hin. Die $\delta^{18}O$ Werte (-13,3 bis -11,4 Promill VPDB) erlauben gegenwärtig noch keine eindeutige Interpretation. Das Fehlen einer pedogenen Quelle der Paläo-Wässer wird auch durch den geringen Anteil an organischer Substanz erhärtet (Fluoreszenz-Untersuchungen). Die Orientierung der Sinterspalten und Harnische innerhalb des Sinters lassen eine synsedimentäre Entstehung des Sinters noch im Miozän wahrscheinlich erscheinen.

Dank

Die vorgestellten Daten wurden im Rahmen der FWF-Projekte P13740-Geo und P14025-Tec erarbeitet.

Literatur

BERNER, R.A. & RAISWELL, R. (1984): Burial of organic carbon and pyrite sulfur in sediments over Phanerozoic time: A new theory. - *Geochim. Cosmochim. Acta*, **47**: 855-862, New York.
 CARLÉ, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. - 1-634, (Wiss. Verl. Ges.m.b.H.) Stuttgart.
 DECKER, K. & PERESSON, H. (1996): Tertiary kinematics in the Alpine-Carpathian-Pannonian system: links between thrusting, transform faulting and crustal extension. - (In: WESSLEY, G. & LIEBL, W. (Hrsg.): Oil and Gas in Alpidic Thrustbelts and Basins of Central and Eastern Europe), *EAGE Spec. Publ.*, **5**: 69-77, (Geol. Soc.) Bath.
 EBNER, F. & GRÄF, W. (1982): Bentonite und Glastuffe der Steiermark. - *Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **2**: 31-45, Wien.
 EBNER, F. & GRÄF, W. (1983): Neue Aspekte hinsichtlich der geologischen Beurteilung steirischer Bentonitvorkommen. - *BHM*, **128**: 197-200, Wien.
 FEYERLIK, H. (1958): Die Grubengasabsaugung beim Strebrückbau

in Fohnsdorf. - *BHM*, **103**: 41-51, Wien.
 FRISCH, W., KUHLEMANN, J., DUNKL, I. & BRÜGEL, A. (1998): Palynostatic reconstruction and topographic evolution of the Eastern Alps. - *Tectonophysics*, **297**: 1-15, Amsterdam.
 GEUTEBRÜCK, E. (1980): Übersicht über die kohleführenden und kohlehöffigen Tertiärgebiete in der Steiermark. - Unveröff. Bericht (FFWF 2975), 1-245, Leoben.
 GOLDBRUNNER, J. (1993): Diskussionsbeitrag zur Frage der Möglichkeit des Vorkommens mariner Schichten im Fohnsdorfer Becken. - (In: ZÖTL, J. & GOLDBRUNNER, J. (Hrsg.): Die Mineral- und Heilwässer Österreichs. Geologische Grundlagen und Spurenelemente), 225, (Springer) Wien.
 GRUBER, W. & SACHSENHOFER, R.F. (1999): Beckenbildung und Kohlefazies: Erste Ergebnisse aus dem Fohnsdorfer und Seegrabener Tertiär. - *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, **42**: 216-217, Wien.
 KIESLINGER, A. (1953): Fohnsdorfer Muschelkalk und Seckauer Sandstein, zwei vergessene steirische Bausteine. - *Joanneum, Min. Mitteilungsblatt*, **3**: 37-46, Graz.
 KNOLL, A.H. (1991): Das Ende des Proterozoikums: Schwelle zum höheren Leben. - *Spektrum der Wissenschaft*, **12**: 100-108, Heidelberg.
 KOHLBECK, F. (1979): In situ Spannungsmessungen im Tertiärbecken von Fohnsdorf. - *BHM*, **124**: 367-276, Wien.
 METZ, K. (1973): Beiträge zur tektonischen Baugeschichte und Position des Fohnsdorf-Knittelfelder Tertiärbeckens. - *Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum*, **33**: 4-33, Graz.
 METZ, K., SCHMID, C., SCHMÖLLER, R., STRÖBL, E., WALACH, G., WEBER, F. (1980): Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet Seetaler Alpen – Niedere Tauern – Eisenerzer Alpen. - *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **71/72**: 213-259, Wien.
 PETRASCHECK, W. (1926): Kohlengologie der Österreichischen Teilstaaten. I. Teil., 1-272, (Kattowitz Buchdruckerei- und Verlags-Sp. Akc.) Katowice.
 POLESNY, H. (1970): Beitrag zur Geologie des Fohnsdorf-Knittelfelder und Seckauer Beckens. - Dissertation, Univ. Wien, 1-234.
 RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O. (1991): Lateral extrusion in the Eastern Alps, 2. Structural analysis. - *Tectonics*, **10**: 257-271, Washington D.C.
 REINECKER, J. & LENHARDT, W.A. (1999): Present-day stress field and deformation in eastern Austria. - *Int. J. Earth Sciences*, **88**: 532-550, Stuttgart.
 SACHSENHOFER R.F. (2000): Geodynamic controls on deposition and maturation of coal in the Eastern Alps. - (In: NEUBAUER, F. & HÖCK, V. (Hrsg.): Geology in Austria and adjoining areas), *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, **92**, Wien.
 SACHSENHOFER, R.F. (eingereicht): Syn- and post collisional heat flow in the Tertiary Eastern Alps. - *Int. J. Earth Sciences*, Stuttgart.
 SACHSENHOFER, R.F., KOGLER, A., POLESNY, H., STRAUSS, P. & WAGREICH, M. (2000): The Neogene Fohnsdorf Basin: Basin formation and basin inversion during lateral extrusion in the Eastern Alps. - *Int. J. Earth Sciences*, **89**, Stuttgart.
 STEHLIK, A. (1996): Voruntersuchung des neu erbohrten Quellauftriebes Gabelhofen "Thermal I". - Unveröff. Ber., Bundesanst. f. chem. u. pharmaz. Unters., 1-6, Wien.
 STEININGER, F.F., RÖGL, F., HOCHULI, P. & MÜLLER, C. (1989): Lignite deposition and marine cycles. The Austrian Tertiary lignite deposits - a case history. - *Sitzungsber. Österr. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., Abt. I*, **197**: 309-332, Wien.
 STRAUSS, P. & WAGREICH, M. (1999): Das Fohnsdorfer Tertiärbecken: Erste Ergebnisse lithostratigraphischer Untersuchungen. - *Abstr. Austrorstrat'*, **99**: 24-25, Obertrum.
 STRAUSS, P., WAGREICH, M., DECKER, K. & SACHSENHOFER, R.F. (eingereicht): Tectonics and sedimentation in the Fohnsdorf-Seckau Basin (Miocene, Austria): From a pull-apart basin to a half-graben. - *Int. J. Earth Sciences*, Stuttgart.
 STRAUSS, P., WAGREICH, M. & SACHSENHOFER, R.F. (1999): The Fohnsdorf Basin (Miocene, Eastern Alps, Austria): Tectonics and basin evolution. - *Tübinger Geowiss. Arb.*, **A52**: 211, Tübingen.
 TEMMEL, R. (1990): Kriterien für eine Produktion von Methan aus

- Kohlen (untersucht an steirischen Braunkohlen). - Dissertation
Montanuniv. Leoben, 1-337.
- TOLLMANN, A. (1985): Geologie von Österreich. Bd. 2. - 1-718,
(Deuticke) Wien.
- WEBER, L. & WEISS, A. (1983): Bergbaugeschichte und Geologie
der österreichischen Braunkohlevorkommen. - Archiv f. Lager-
st.forsch. Geol. B.-A., 4: 1-317, Wien.