

Der versunkene Wald von Mataschen

MARTIN GROSS

„Science“-Fiktion – Lebensbilder aus der südöstlichen Steiermark vor 11,5 Millionen Jahren

„Drückende Schwüle liegt über dem Sumpfwald am Rande des Sees. Frost kennt man hier auch in der kalten Jahreszeit kaum. Mächtige Wasserfichten mit breit ausladenden Wurzeln, einzelne Eichen, Kiefer- und Nussbäume erheben sich aus dem von Weiden durchsetzten Gagelstrauch-Gebüsch. Tausendblatt, Wassernuss, Seerosen, Froschlöffel und Laichkraut wuchern in unzähligen seichten Tümpeln, umgeben von einem

dichten Röhrichtgürtel aus Igelkolben, Sumpfwederich, Sauergräsern und Farnkräutern. Ideale Bedingungen für scheue Sumpfschildkröten, die beim geringsten Geräusch von ihren Sonnenplätzen auf umgestürzten Baumstämmen im Dickicht der Wasserpflanzen verschwinden. Wald und Wasser sowie eine vielfältige Flora bieten einem großen Biber und der kleineren Bisamratte genügend Lebensraum (Abb. 1).“



Abb. 1: Rekonstruktion des Sumpfwaldes von Mataschen (Ölgemälde, 120 x 80 cm), Fritz MESSNER, 2003).



Abb. 2: Lebensbild des überfluteten Sumpfwaldes (Ölgemälde, 120 x 80 cm, Fritz MESSNER, 2003).

„Doch bald hat diese Idylle ein Ende, verändert sich das Ökosystem dramatisch. Der Seespiegel steigt rasch, der Sumpfwald wird überflutet. Nun schwimmen meterlange Wolfsbarsche zwischen den mit Wandermuscheln besetzten Baumstümpfen, leben Seeherzmuscheln sowie winzige Muschelkrebse am und im schlammigen Seegrund. Vereinzelt besuchen auch Riesensalamander diesen versunkenen Wald, der mehr und mehr von Schlick begraben und so für Millionen Jahre konserviert wird (Abb. 2).“

Mataschen – Eine Tongrube als „Schau“- Fenster in die geologische Vergangenheit

Seit Beginn des Tonabbaus in Matschen (5,5 km südwestlich von Fehring, Bezirk Feldbach) bearbeiten Ingenieurgeologen, Sedimentologen, Paläobotaniker, Weich- und Wirbeltierspezialisten, Mikro- und Nannopaläontologen, Geochemiker und Paläomagnetiker die aufgeschlossenen Schichtfolgen (Abb. 3).

Mit jedem neuen Fossil, jeder neuen Analyse und jeder neuen Publikation wird unser Wissen detaillierter, werden die Lebensbilder bunter. Doch der Weg vom geologischen Geländebefund – von den Fakten – zur wissenschaftlichen Interpretation und schließlich zur künstlerischen Visualisierung – zur Science-fiction – ist lang.

Eine wichtige Grundlage in Geo- und Paläontologie ist das Aktualitätsprinzip: Eine Sanddüne wurde vor Millionen Jahren unter denselben physikalischen Parametern (Strömungsgeschwindigkeit, Korngröße, Sedimentfracht etc.) gebildet wie heute in einem Bach. Sumpfyzpressen wuchsen vor langer Zeit unter ähnlichen Bedingungen wie jetzt im Mississippi-Delta. Ein stromlinienförmiger Körperbau (vgl. Delfin und Hai) weist auf schnelle schwimmende Fortbewegung hin – ungeachtet der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft. Das bedeutet: Ohne Kenntnis von z. B. Sedimentationsprozessen in heuti-

gen Flüssen oder eingehendes Wissen um die rezente Tier- und Pflanzenwelt ist ein Studium der Erdgeschichte nicht möglich („The present is the key to the past“). Von Erdwissenschaftlern werden viele Indizien zusammengetragen und zu einem Bild kompiliert. Dieses ist oft nicht nur von erdgeschichtlichem Interesse, sondern auch für die Lagerstättenprospektion oder für das Verständnis rezenter Umweltveränderungen wichtig („The past is the key to the future“). Während die „alte“ Grube in Matschen 1985 in Betrieb ging, baut die Lias Österreich GmbH (vormals Österreichische Leca GmbH bzw. Wienerberger Baustoff-Industrie AG) erst seit 2002 in der „neuen“ Grube Ton ab (Abb. 4).

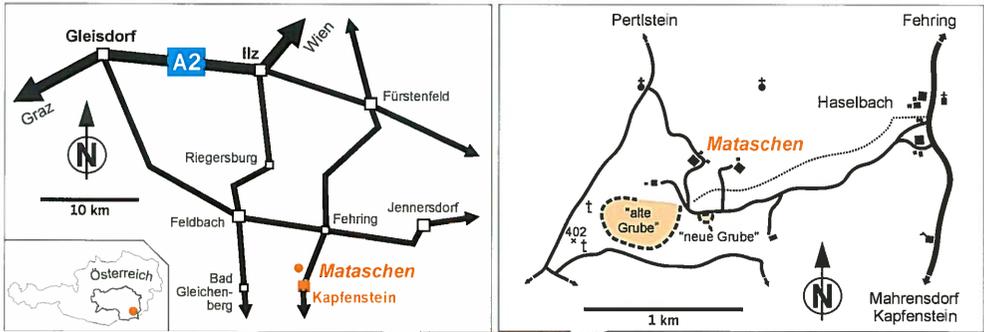


Abb. 3: Blick in die „alte“ Tongrube Mataschen (Katastralgemeinde Haselbach, 2,3 km nordwestlich von Kapfenstein). Der Abbau des grauen Tonstocks erfolgt mit einem 32 t Kettenbagger der Firma Pongratz in mehreren Etagen. Lastwagen befördern bis zu 2000 t Ton pro Tag ins 6 km nordöstlich gelegene Werk in Fehring. Bereits stillgelegte Grubenbereiche werden mit den überlagernden gelben Sanden verfüllt und rekultiviert (im Bildvordergrund).



Abb. 4: Die „neue“ Tongrube Mataschen rund 400 m östlich der „alten“ Grube. Hier wird der kaum von sandigen Einschaltungen unterbrochene, qualitativ hochwertige „Tiefgang“ unter geringmächtiger Bodenbedeckung gefördert.

Vermengt mit umgelagerten vulkanischen Aschen aus der Tongrube Burgfeld (2 km südlich von Fehring) und Lehmen aus der Überlagerung des Basalts von Klösch (ca. 10 km nördlich von Bad Radkersburg) wird das Rohmaterial im Werk Fehring zu Blähtonprodukten verarbeitet. Durch Beschickung eines rund 65 m langen Drehrohrofens mit zerkleinertem Tongemisch entsteht bei Temperaturen um 1200°C „Leca“ (= light expanded clay aggregate). Die harte Oberfläche und porige Internstruktur verleihen den unbrennbaren, formstabilen Leca-„Kugeln“ geringes Gewicht sowie gute Schall- und Wärmedämmeigenschaften (Abb. 5).

Standen anfangs (erste Bohrungen 1979) Untersuchungen über die Rohstoffquantität und -qualität im Vordergrund, beschäftigten sich DRAXLER et al. (1994; vgl. LOBITZER et al. 1988; HADITSCH 1989) erstmals eingehender mit der Entstehung und Alterszuordnung (Stratigrafie) der Sedimente von Mataschen.

Neben den in Lebensstellung erhaltenen fossilen Baumstämmen (Abb. 6) weckten 1993 Funde von Sumpfschildkröten das Interesse der Wissenschaft (GROSS 1994).



Abb. 5: Das seit 1961 in Betrieb stehende „Leca-Werk“ in Fehring. Von weitem ist der mit modernen Filtereinrichtungen bestückte, 29 m hohe Schornstein zu sehen. Nach mehrmonatiger Lagerung und Vermahlung wird der Ton in einem Drehrohrföfen mit rund 3 m Durchmesser (rechts im Bild) zu Leca-Korn gebrannt. Leca findet als loses Schüttmaterial (Haus-/Straßenbau, Filtertechnik, Hydrokulturen), aber auch in Form verschiedener Fertigteile und als Winterstreukorn Verwendung.



Abb. 6: 11,5 Millionen Jahre alte, inkohlte Baumstämme in Lebensstellung (Höhe bis zu 4 m, Durchmesser rund 1 m).

Öffentliche Fossiliengrabungen des Landesmuseum Joanneum in den Jahren 1998, 2000, 2002, 2003, 2005 und 2006, an denen über 2000 Schüler sowie Wissenschaftler der Universitäten Graz, Wien, Leoben und des Naturhistorischen Museums Wien teilnahmen, lieferten zum Teil spektakuläre Funde (vgl. FRITZ 2004).

Ein erster „Zwischenbericht“ mit 14 Beiträgen, 278 Seiten und rund 250 beschriebenen fossilen Arten konnte 2004 in der Fachzeitschrift „Joannea – Geologie und Paläontologie“ publiziert werden (Gross 2004a, Ed.).

Viele Fragen sind noch offen und können vielleicht erst Jahre nach dem Ende des Tonabbaus und der Rekultivierung des Geländes gelöst werden.

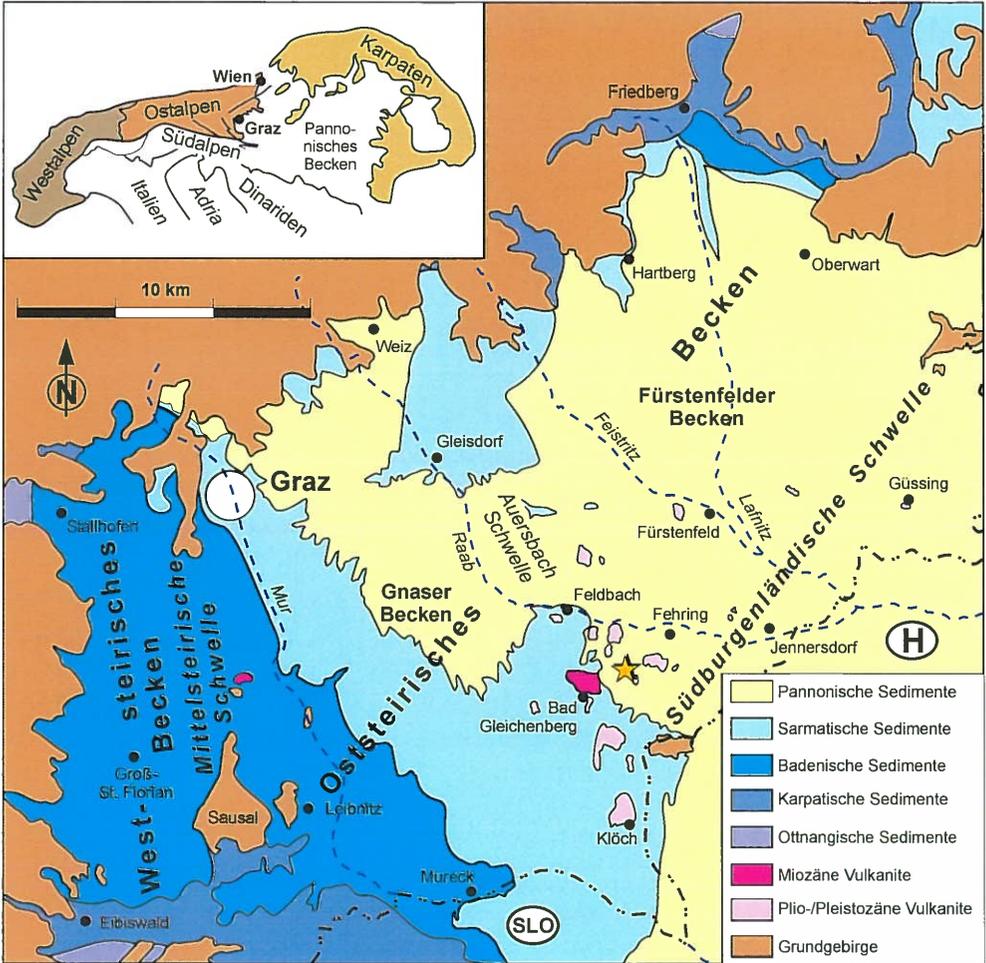


Abb. 7: Geologische Übersichtskarte des Steirischen Beckens (Ablagerungen des Quartärs nicht dargestellt; der Stern markiert Mataschen). Die von Kurt KOLLMANN publizierten Ergebnisse der Explorationstätigkeit der Rohöl-Gewinnungs-A.G. in den 1950er und -60er Jahren (KOLLMANN 1965) bilden noch immer die Grundlage, in die nachfolgende Kartierungen und Erkenntnisse eingearbeitet wurden (Gross et al. 2005).

Geologischer Rahmen – 18 Millionen Jahre Steirisches Becken

Die Tongrube Mataschen befindet sich im Steirischen Neogenbecken, das im Norden, Westen und Süden von ostalpinen Grundgebirgsstöcken (Wechsel, Fischbacher Alpen, Hoch-, Glein- und Stubalpe, Grazer Bergland, Pack- und Koralpe, Poßruck) umgeben ist. Die nordöstliche Begrenzung bildet das Günser Gebirge (Penninikum). Vereinzelt Aufragungen des präneogenen Beckenuntergrundes im Bereich des Sausals und im Südosten (z. B. Eisenberg SE Großpetersdorf, Rotterberg E St. Anna/Aigen) markieren die Mittelsteirische Schwelle als trennendes Element zwischen dem Ost- und dem Weststeirischen Becken bzw. die Südburgenländische Schwelle im Übergang zum Westungarischen Raum (vgl. KRÖLL et al. 1988). Mit rund 100 km Länge, 60 km Breite und bis zu 4 km Tiefe ist das Steirische Becken nach dem Wiener Becken das zweitgrößte, intramontane Neogenbecken Österreichs und Teil des von den Alpen, Dinariden und Karpaten umschlossenen Pannonischen Beckensystems (Abb. 7).

Durch die etwa nordwärts gerichtete Bewegung der Adriatischen Platte und die stabile Europäische Kruste im Norden (Böhmische Masse) wurden Teile der Alpen nach Osten hin ausgequetscht („Fluchtschollenbewegung“).

Dieses Ausweichen in den Pannonischen Raum erfolgte entlang großer, auch derzeit noch aktiver Störungszonen (Erdbebengebiete; vgl. LENHARDT & MELICHAR 2005). Die Täler der Salzach, Enns, Mur und Mürz im Norden bzw. der Gail und Drau im Süden folgen diesen Hauptbewegungslinien. Durch seitlichen Versatz und Aufspalten der Störungssysteme kam es auf dem ausgleitenden Krustenkeil zu Dehnungs- und Absenkungsprozessen, die zur Bildung des Steirischen Beckens führten (Abb. 8; vgl. NEUBAUER & GENSER 1990, RATSCHBACHER et al. 1991, KOVAC et al. 2000, SEGHEDI et al. 2004).

Die ältesten Sedimente (Roterden, Brekzien, Mergel mit Kohle- und Konglomerateinschlüssen), die man im Steirischen Becken kennt, sind rund 18 Millionen Jahre alt (Ottungium; vgl. Abb. 8). Vor allem im Bereich von Köflach – Voitsberg waren Braunkohlen, deren pflanzliches Ausgangsmaterial zu jener Zeit in limnisch-fluviatilem Milieu (= See-/Flussgebiete) abgelagert wurde, von großer wirtschaftlicher Bedeutung (vgl. HAAS et al. 1998, STEININGER et al. 1998; Abb. 9a).

Vor rund 17 Millionen Jahren (Karpantium; Abb. 9b) nahm die tektonische Aktivität zu

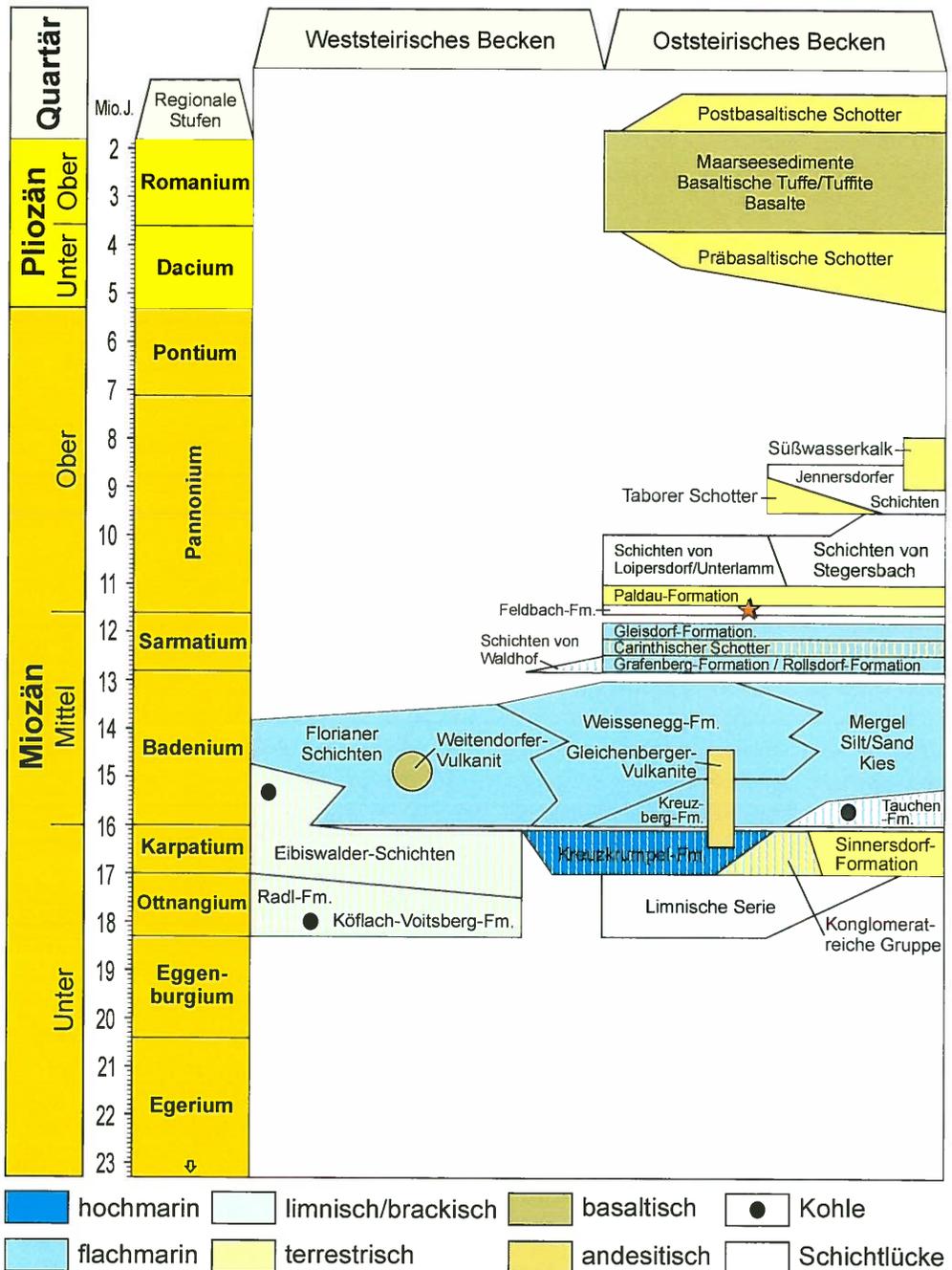


Abb. 8: Lithostratigraphische Gliederung der neogenen Gesteine des Steirischen Beckens (der Stern kennzeichnet die Position von Mataschen; modifiziert nach PILLER et al. 2004). Die Tongrube Mataschen schließt vor allem Sedimente der Feldbach-Formation auf, die in eine liegende, tonige Eisengraben-Subformation und eine hangende, aus tonig-sandigen Wechselfolgen aufgebaute Sieglegg-Subformation unterteilt wird (vgl. Gross 2003).

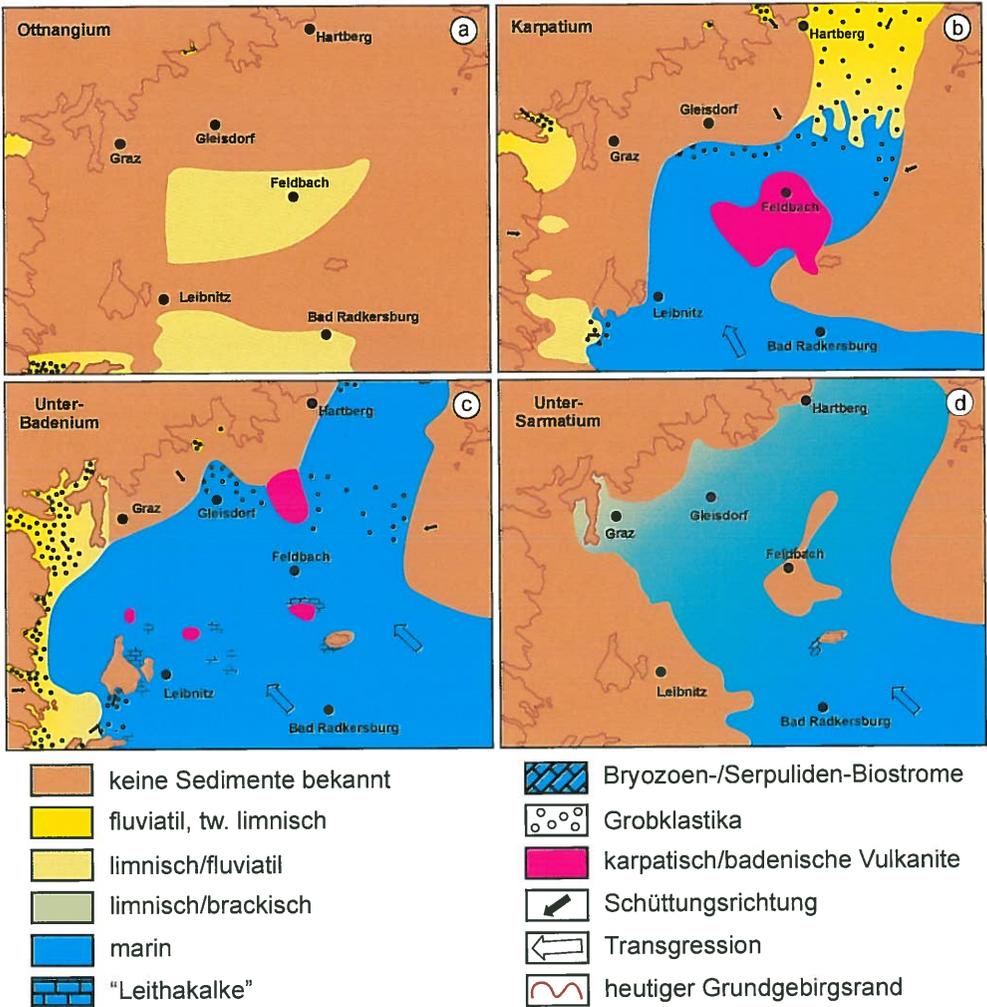


Abb. 9: Paläogeografische Karten für das Unter- und Mittel-Miozän des Steirischen Beckens. In paläogeografische Skizzen von EBNER & SACHSENHOFER (1991; vgl. SACHSENHOFER 1996, SACHSENHOFER et al. 1997) fließen jüngere stratigrafische Daten ein (vgl. GROSS et al. 2005). Eine erste umfangreiche Darstellung zeigt bereits WINKLER-HERMADEN (1957) in seinem Monumentalwerk „Geologisches Kräftespiel und Landformung“.

und führte zu einer raschen Absenkung des Beckenuntergrundes. Die Paratethys, ein Meer, das nördlich der alpidischen Gebirgszüge zeitweise vom Rhone-Becken in Frankreich bis zum Kaspischen Meer, ja sogar bis zum

Aral-See in Asien reichte, drang ins Steirische Becken vor (vgl. RÖGL 1998). Mehrere hundert Meter mächtige Ton-Siltsteine („Steirischer Schlier“ bzw. Kreuzkrumpel-Formation; z. B. in Wagna bei Leibnitz; vgl. SCHELL 1994,

RöGL et al. 2002) wurden in hochmarinen Arealen abgelagert. Fluviale Schuttfächer (Konglomerate) dominierten im Bereich von Hartberg-Friedberg-Pinkafeld (vgl. NEBERT 1985), limnisch-fluviatiles Milieu in der Weststeiermark. Ein markantes Ereignis im Karpatium war der Ausbruch großer Schildvulkane im Raum von Gleichenberg, die eine Fläche von etwa 20 x 30 km einnahmen. Obgleich durch spätere Erosion stark verkleinert und weitgehend von jüngeren Sedimenten begraben, ragen die andesitischen Gesteine der Gleichenberger Kogel auch heute noch prominent in die Landschaft der Oststeiermark.

In Verbindung mit einem weltweiten Meeresspiegelanstieg erreichte vor rund 16 Millionen Jahren (Badenium; Abb. 9c) das Paratethys-See seine größte Ausdehnung im Steirischen Becken (vgl. FRIEBE 1990, KOVAC et al. 2004). Der Gleichenberger Vulkanismus war anfangs noch aktiv, zum Teil kam es zu neuen Eruptionen (z. B. Weitendorf bei Wildon, Ilz-Walkersdorf). Während im zentralen Oststeirischen Becken in tieferen Meeresabschnitten tonig-sandige Sedimente abgelagert wurden, entstanden um die Inseln des Sausals, der Gleichenberger Kogel oder der Südburgenländischen Schwelle (Klapping bei St. Anna/Aigen) Kalkalgen- und Korallen-Fleckenriffe (vgl. DULLO 1983, FRIEBE 1990). Heute werden diese „Leithakalke“ (Weissenegg-

Formation) in den großen Steinbrüchen von Retznei bei Ehrenhausen oder Weissenegg bei Wildon zur Zementerzeugung abgebaut. Spätestens seit römischer Besiedlung im 1. Jahrhundert n. Chr. (vgl. Flavia Solva) finden diese leicht zu bearbeitenden und verwitterungsbeständigen Gesteine Verwendung als Baustein (z. B. Franziskanerkirche in Graz; ZIRKL 1994). Lagunäre Sedimente im Bereich um Groß-St. Florian sind wie die Leithakalke Exkursionsziel vieler Fossilien-sammler und Wissenschaftler, da hier eine Vielzahl von Versteinerungen der Lebewelt dieses subtropisch-tropischen Meeres gefunden werden können (hunderte Molluskenarten, Seeigel, Haifischzähne etc.; vgl. HILBER 1878, HIDDEN 1996, GRUBER et al. 2003, HARZHAUSER et al. 2003, BOJAR et al. 2004).

Die Paratethys wurde vor etwa 13 Millionen Jahren (Sarmatium) durch plattentektonische Bewegungen vom mediterranen Raum und vom Indopazifik nahezu völlig isoliert (vgl. RÖGL 2001, HARZHAUSER & PILLER 2004a,b; Abb. 9d). Viele marine Organismen wie Korallen oder Seeigel verschwanden, viele neue endemische Formen entstanden. Charakteristisch sind fossilreiche Kalksandsteine, die vorwiegend aus Millimeter-großen Kalkkugelchen (= Ooide) aufgebaut sind. Diese Ooide wurden in hochenergetischen, seichten Meeresbereichen durch Fällung aus Karbonat-

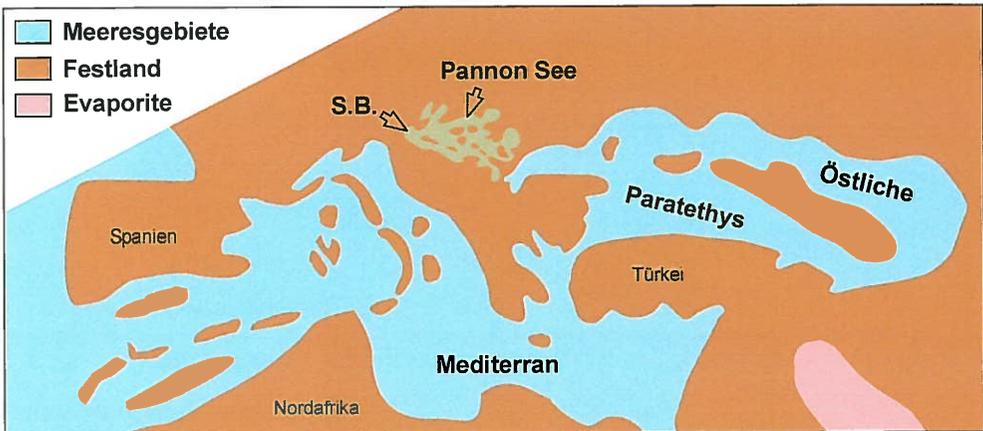


Abb. 10: Paläogeografie im Pannonium (nach RÖGL 2001). Das Steirische Becken liegt am Westrand des völlig vom Mittelmeer und der Östlichen Paratethys isolierten Pannon Sees (S.B. = Steirisches Becken).

übersättigtem Meerwasser gebildet (vgl. PILLER & HARZHAUSER 2005). Früher wurde dieser Kalksandstein vielfach als Baustein genutzt (z. B. Raum St. Anna/Aigen und Hartberg; vgl. HAUSER & URREGG 1950).

Vor rund 11,6 Millionen Jahren, an der Wende Sarmatium/Pannonium, wurde durch Hebung des Karpatenbogens und einen weltweiten Meeresspiegelabfall das Pannonische Becken von den östlich angrenzenden Meeren abgetrennt. Der brackische Pannon See entstand (vgl. KAZMER 1990, MAGYAR et al. 1999, RÖGL 1999; Abb. 10). Meerestiere fehlen ab nun im Fossilbericht, doch entwickelten einige Gruppen (z. B. Wandermuscheln, Muschelkrebse) eine Fülle neuer, biostratigraphisch wertvoller Formen (vgl. PAPP 1951; Biostratigraphie = Gliederung der Gesteine anhand der enthaltenen Fossilien).

Zyklische Abfolgen limnischer, deltascher und fluviatiler Sedimente (Ton-Sand-Kies; vgl. GROSS 1998a,b, 2000) zeichnen Oszillationen des Seespiegels auf.

Derartige Sequenzen werden überregional im Pannonischen Becken beobachtet (vgl. KOVAC et al. 1998, SACCHI & HORVATH 2002) und mit klimatischen, astronomisch gesteuerten Schwankungen („Milankovic“-Zyklen) in Verbindung gebracht (vgl. JUHASZ et al. 1997, HARZHAUSER et al. 2004). Eindrucksvoll dokumentieren die Schichten und der Fossilinhalt der Tongrube Mataschen den Anstieg des Seespiegels (Abb. 11a) zu Beginn des Pannonium und dessen nachfolgenden Abfall (Abb. 11b).

Obwohl nur wenige hundert Meter mächtig, bilden unterpannonische Ablagerungen (Feldbach- und Paldau-Formation) den Großteil der im Oststeirischen Becken zutage tretenden Gesteine (vgl. Abb. 7). Jüngere Bildungen im Pannonium sind auf das steirisch-burgenländische Grenzgebiet (z. B. Schichten von Loipersdorf/Unterlamm, Stegersbach, Jennersdorf; vgl. SAUERZOPF 1952) bzw. auf Karstfüllungen im Bereich der Südburgenländischen Schwelle beschränkt (Kohfidisch; vgl. KÜMEL 1957, BACHMAYER & ZAPFE 1969).

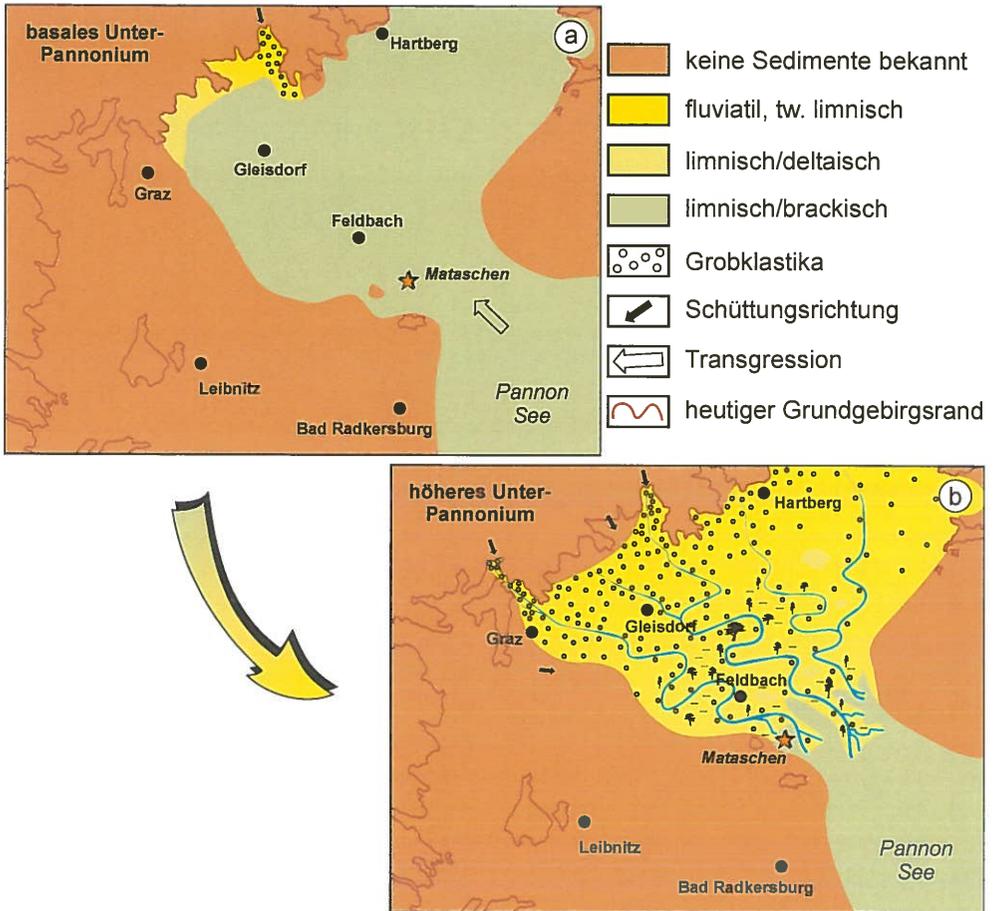


Abb. 11: Paläogeografische Karten für das Ober-Miozän und die Lage von Mataschen.

a) Die Situation zur Zeit der maximalen Ausdehnung des Pannon Sees (*Mytilopsis ornithopsis*-Zone).

b) Der geologisch betrachtet „kurz“ darauf folgende Rückzug des Pannon Sees führt zum Vorgeifen fluvialer Systeme (*Mytilopsis hoernesii*-Zone).

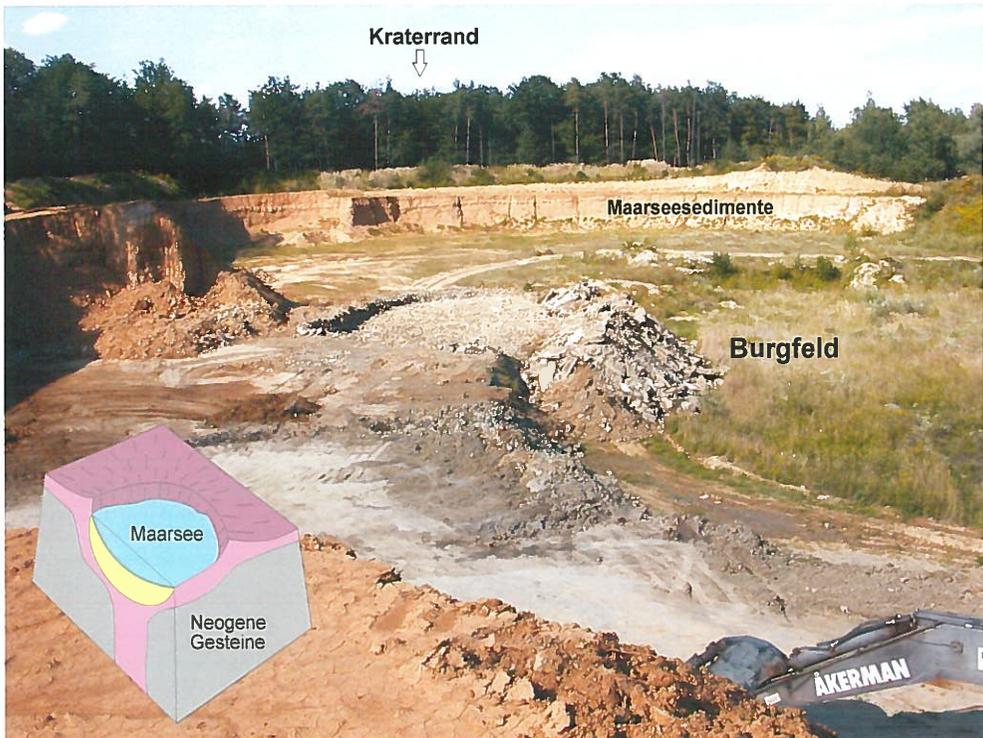


Abb. 12: Die Tongrube Burgfeld der Lias Österreich GmbH südlich von Fehring und Schema des gefüllten Explosionstrichters. Dieses Vorkommen von plio-/pleistozänen Maarseeablagerungen gab den Ausschlag für die Errichtung des Leca-Werks in Fehring. Obwohl schon weite Teile folgegenutzt werden (Fischteich, Äcker), wird hier noch laufend Rohmaterial gefördert.

Im Pliozän, vor ungefähr 5 Millionen Jahren, erfolgte der Umschwung von Absenkung zu Hebung, von Ablagerung zu Abtragung. Dadurch kam es zur Erosion mächtiger Gesteinspakete; „geologische Urkunden“, also Gesteine, fehlen (Schichtlücke). Doch eine zweite, basaltische Vulkanphase förderte vor 3,7 bis 1,7 Millionen Jahren mächtige Lavadecken, die z. B. in Klöch oder am Stradner Kogel erhalten sind (vgl. BALOGH et al. 1994). Durch explosive Eruptionen wurden auch trichterförmige Krater in die Landoberfläche gesprengt und von vulkanischen Aschen, Schlammströmen (Tuffe/Tuffite) und tonigen Maarseesedimenten

gefüllt (z. B. Burgfeld; Abb. 12; vgl. BERTOLDI et al. 1983, PÖSCHL 1991, FRITZ 1996).

Im Quartär, der geologischen Jetztzeit, wurden die vulkanischen Gesteine aus den weicheren neogenen Sedimenten durch Erosion herauspräpariert (z. B. Burgfelsen der Riegersburg). Abtragung, eiszeitliche Terrassen, Schwemmfächer, Rutschungen und jüngste Ablagerungen in den Tälern der Flüsse und Bäche führten schließlich zum heutigen reich gegliederten Landschaftsbild des Steirischen Beckens (vgl. WINKLER-HERMADEN 1957, FLÜGEL & NEUBAUER 1984; Abb. 13).



Abb. 13: Die Tongruben von Mataschen inmitten des Steirischen Vulkanlandes (Ansicht von Haselbach gegen Südwesten).

Fakten – Schichten und Fossilien der Tongrube Mataschen

Das ca. 30 m mächtige Profil der beiden Tagbaue gewährt Einblick in die Ablagerungsverhältnisse vor rund 11,5 Millionen Jahren (Pannonium) im Steirischen Becken (Abb. 14).

Die – meist nicht zugängliche – Basis des Abbaus bilden graue bis orange, sandig/tonige, durchwurzelte Sedimente (Abb. 15a), die von einem ca. 5 m mächtigen grauen, tonig/siltigen Schichtpaket überlagert werden (Eisengraben-Subformation). Die untersten 20-30 cm dieses Tonstocks sind reich an inkohlten Pflanzen-

resten (Abb. 15b). Zweige und Früchte von *Glyptostrobus europaeus* (Wasserfichte; Abb. 15c-d), Blätter von *Juglans acuminata* (Walnuss; Abb. 15e), *Salix holzeri* (Weide), *Myrica* sp. (Gagelstrauch; Abb. 15f), *Pteris oeningensis* (Farnkraut), Früchte von *Trapa silesiaca* (Wassernuss) und Wurzelreste (vermutlich *Spiromatospermum wetzleri*, Ingwergewächs; Abb. 15g) sind die Hauptbestandteile der Makroflora (vgl. KOVAR-EDER 2004, MELLER & HOFMANN 2004). Immer wieder treten auch Fischschuppen auf (Abb. 15h).

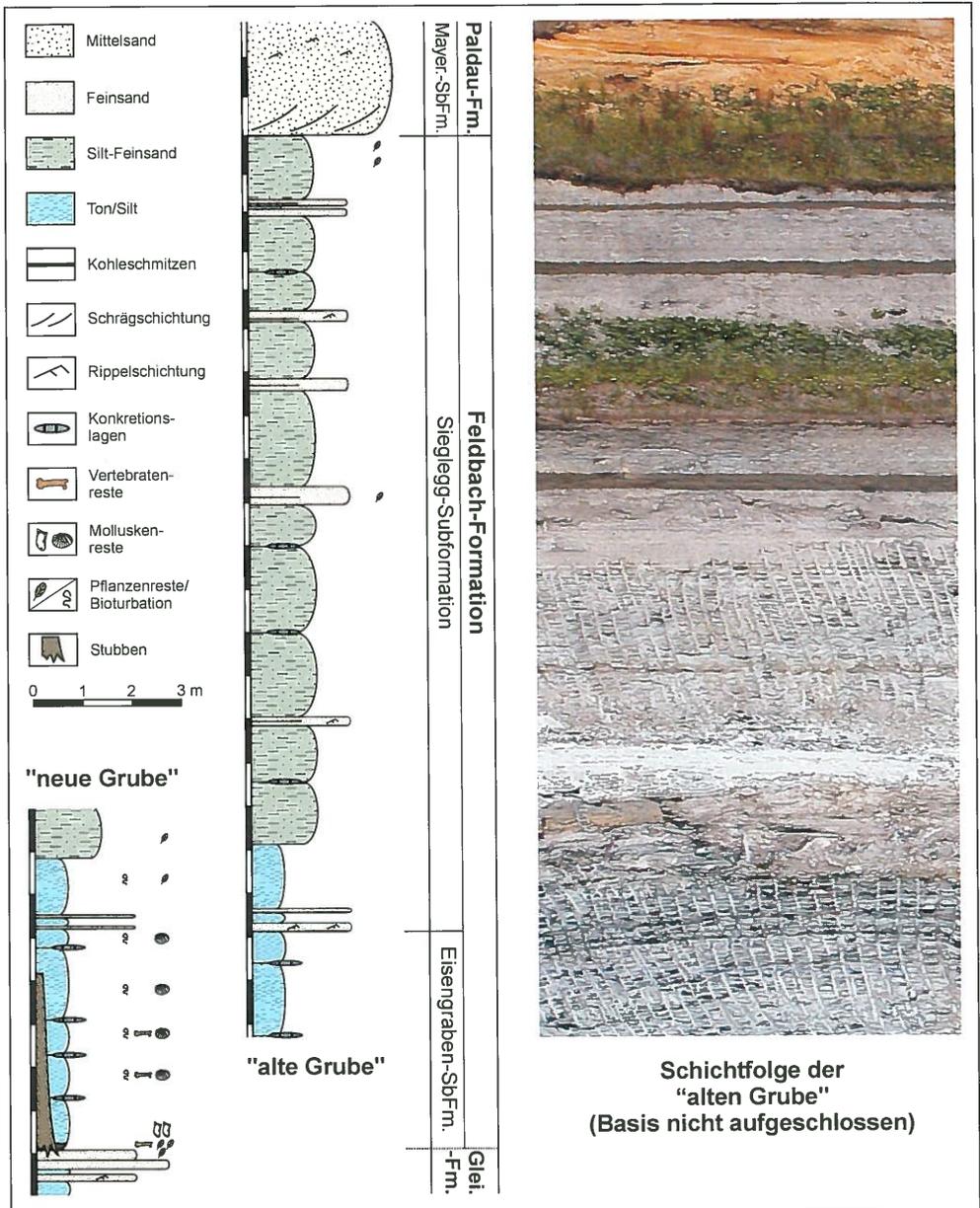


Abb. 14: Übersichtsprofil und lithostratigraphische Zuordnung der Schichtfolge von Mataschen. Deutlich sind die sandigen, wasserführenden und dadurch dunkleren Bereiche im grauen Tonstock zu erkennen. (Abkürzungen: Fm. = Formation, Glei. = Gleisdorf, Mayer. = Mayerhanselberg, Sbfm. = Subformation).



a



b



c



d



e



f

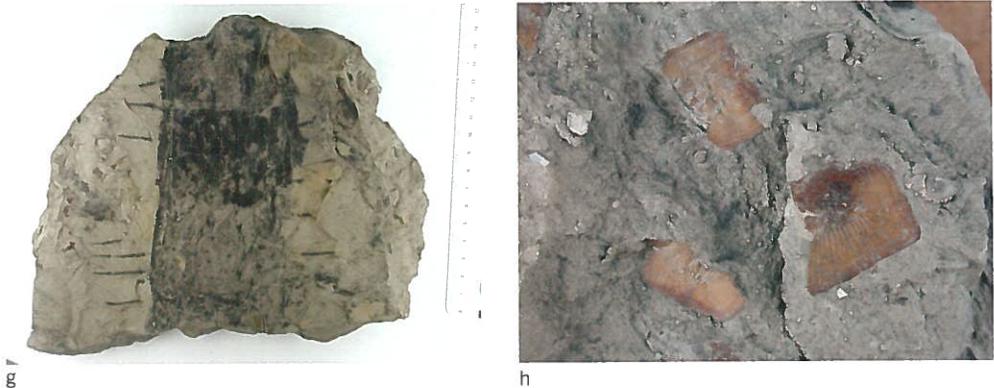
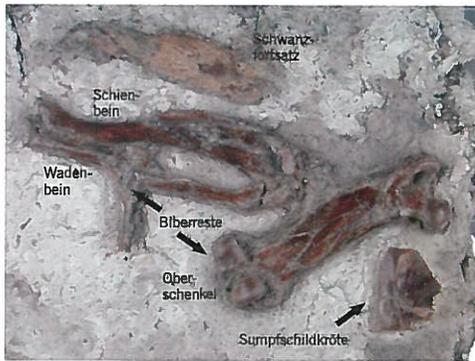


Abb. 15:

- a) Wurzeln (vgl. Pfeile) verschiedener Pflanzen eines Sumpfwaldes durchdringen über einen halben Meter die darunter liegenden gelben Sande.
- b) Dicht gepackte Ast- und Blattfragmente. Durch den Druck der überlagernden Gesteine wurden die ehemals runden Querschnitte von Zweigen (links im Bild) auf wenige Millimeter Dicke plattgedrückt.
- c) Zapfen (Länge 25 mm) und d) schuppenartig beblätterte Zweige (Handstücklänge 154 mm) der Wasserfichte (*Glyptostrobus europaeus*). Dieser der Sumpfzypresse (*Taxodium*) ähnliche Baum kommt heute nur noch in China vor (*Glyptostrobus pensilis*) und erreicht Höhen von 20 bis 30 Metern. *Glyptostrobus* hatte im Neogen oft bedeutenden Anteil an der Braunkohlebildung.
- e) Blätter der Walnuss (*Juglans acuminata*; Länge des größeren Blattes 100 mm). Die gegenwärtig vor allem in Südeuropa und Zentralasien verbreitete, bis zu 25 m hohe *Juglans regia* wird häufig mit dieser fossilen Art verglichen.
- f) Blatt des Gagelstrauchs (*Myrica* sp.; Länge 124 mm), der als niedriger Baum oder Strauch in den Sumpfwäldern des Neogens häufig vorkam.
- g) Teil eines Wurzelstocks (*Rhizocaulon* sp.; Dicke rund 70 mm), bei dem die abgehenden feinen Wurzeln und deren runde Ansatzstellen gut zu erkennen sind. Derartige Reste werden – so auch in Mataschen – häufig zusammen mit Samen und Früchten des Ingwergewächses *Spirematospermum wetzleri* gefunden.
- h) Fischschuppen (Durchmesser rund 10 mm). So genannte Kammschuppen (Ctenoidschuppen) treten z. B. bei Barschen auf. Konzentrische Anwachslineien liefern ähnlich wie die Jahresringe bei Bäumen Hinweise auf das Wachstum des Fisches.

Reste von Bibern (*Chalicomys jaegeri*, *Trogotherium minutum*; Abb. 16a), Zwerghamstern (*Megacricetodon minutus*) und Sumpfschildkröten (*Clemmydopsis turnauensis*; Abb. 16b-d) wurden wiederholt gefunden (vgl. DAXNER-HÖCK 2004, GROSS 2004b). In diesem Bereich setzen bis zu 4 m hohe Reste von Baumstämmen (= Stubben) an, die im Zuge des Abbaus in Abständen von 10-20 m freigelegt werden (Abb. 16e-f). Vermutlich handelt es sich dabei um *Glyptostrobus*,

doch erlaubt die Erhaltung keine eindeutige Identifizierung (Mitt. Alfred SELMEIER, Universität München).



a



b



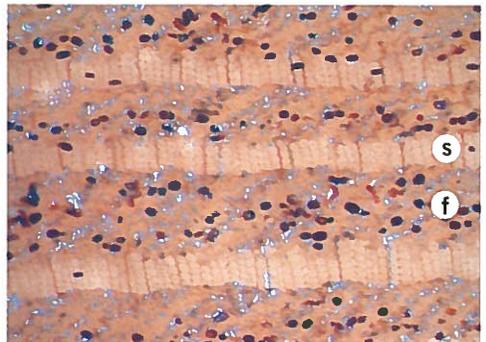
c



d



e



f

Abb. 16:

- a) Linkes Hinterbein und Schwanzfortsatz eines Bibers (*Chalicomys jaegeri*; Länge des Oberschenkelknochens ca. 100 mm) sowie Teil des Bauchpanzers einer Sumpfschildkröte. Dieser fossile Biber aus Mataschen ist dem heutigen (*Castor fiber*) sehr ähnlich. Der reich gegliederte Lebensraum mit differenziertem Nahrungsangebot ermöglichte das gleichzeitige Vorkommen einer zweiten, kleineren Biberform (*Trogontherium minutum*), die der rezenten Bismartratte (*Ondatra*) nahe steht.
- b) Rückenpanzer einer Sumpfschildkröte (*Clemmysopsis turnauensis*; Länge 135 mm). Auf dem vollständig erhaltenen Knochenpanzer sind die Nähte und Anwachslien des fossil nicht überlieferten Hornpanzers abgeprägt. *Clemmysopsis* bewohnte seichte, dicht bewachsene Gewässer und dürfte sich von Pflanzen und Mollusken ernährt haben.



g

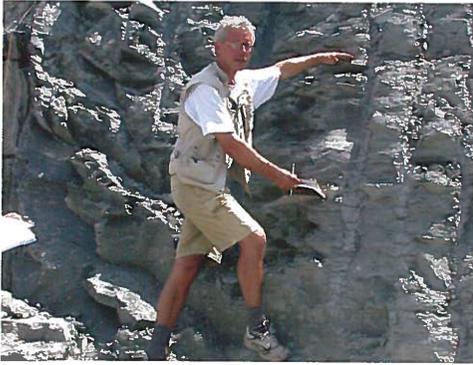


h



i

- c) Teile des Bauchpanzers einer Sumpfschildkröte (*Clemmydopsis turnauensis*). Die mit Nadeln freipräparierten Knochenplatten wurden bereits gereinigt.
- d) Nach Dokumentation der Fundlage (siehe Abb. 16c) wurde das „Fossilpuzzle“ – der in die Einzelemente zerfallene Panzer – zusammengesetzt (*Clemmydopsis turnauensis*, Seitenansicht).
- e) Beim Freilegen eines inkohlten Baumstammes. Sobald die Baumstümpfe (= Stubben) aus dem umgebenden Ton herausgelöst werden, beginnen sie zu trocknen, zu schrumpfen und Spannungen treten auf. Unzählige Risse sind die Folge, die bald zum völligen Zerfall führen. Umfangreiche Testreihen von Per HOFFMANN (Deutsches Schifffahrtsmuseum, Bremerhaven) ergaben, dass eine Konservierung mit Polyethylenglykol möglich ist. Bei der mehrere Jahre dauernden Tränkung ersetzt diese Chemikalie das im Holz vorhandene Wasser und Trockenrisse werden vermieden.
- f) Mikroskopische Aufnahme eines Dünnschnittes durch ein Stück inkohltes Holz (Präparation: Alfred SELMEIER, Universität München; Länge des Bildausschnitts 1,2 mm). Die Zellen des dünnwandigen Frühholzes (f; ca. 0,12 mm dick), das in der Wachstumsphase gebildet wird, sind stark verquetscht und enthalten Einschlüsse (dunkle Flecken) von „Harz“. Das kompaktere Spätholz (s; ca. 0,08 mm dick) ist dagegen besser erhalten und besteht aus einzelnen, Maiskorn-ähnlich aussehenden Zellen.
- g) Schichtfläche mit massenhaftem Vorkommen (= Muschelschill) der Wandermuschel *Mytilopsis neumayri* (Länge des Bildausschnitts 60 mm). Diese kleinen, dreieckigen Muscheln lebten in großer Zahl angeheftet an die im Wasser stehenden Baumstämme. Teilweise ist die Originalfarbe (hell und dunkelbraune Streifen, z. T. gewellt) dieser der heutigen Zebrauschel (*Dreissena*) nahe stehenden Form erhalten.
- h) Rechte Klappe einer Flussmuschel (*Unio* sp.; Länge 45 mm), die sich wie die Wandermuschel (mit der sie auch vergesellschaftet gefunden wird) durch Ausfiltrieren von Schwebstoffen aus dem Wasser ernährte. Zu Lebzeiten ist sie bis auf das längere Hinterende am Seegrund eingegraben.
- i) „Gehörstein“ (Otolith) eines Umberfisches (Sciaenidae; Länge 11 mm). Otolithen sind kalkige Gebilde im Innenohr von Fischen, die Sinnesreize wie eine Veränderung der Schwimmposition oder Schallwellen verstärken.



a



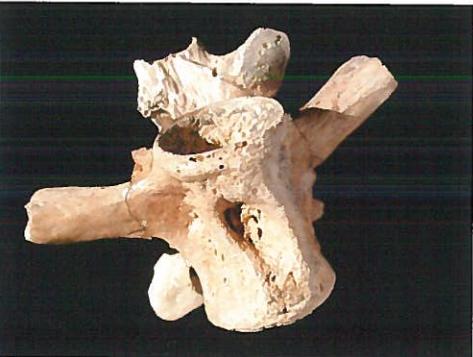
b



c



d



e



f

Abb. 17:

- a) Ingomar FRITZ (Landesmuseum Joanneum, Graz) zeigt die Position zweier Konkretionshorizonte an.
- b) Scheibenförmige Konkretion im Tonstock. Chemisch gefällttes Karbonat aus dem Porenwasser des Gesteins zementiert den Ton lagenweise.
- c) Seeherzmuschel (*Lymnocardium* sp.; Länge 20 mm). Seeherzmuscheln lebten grabend und dicht unter der Sedimentoberfläche. Nach dem Tod des Tieres erschlaffte der Schließmuskel der Muschel und die beiden Schalen wurden nebeneinander, weit auseinander klaffend eingebettet.



g



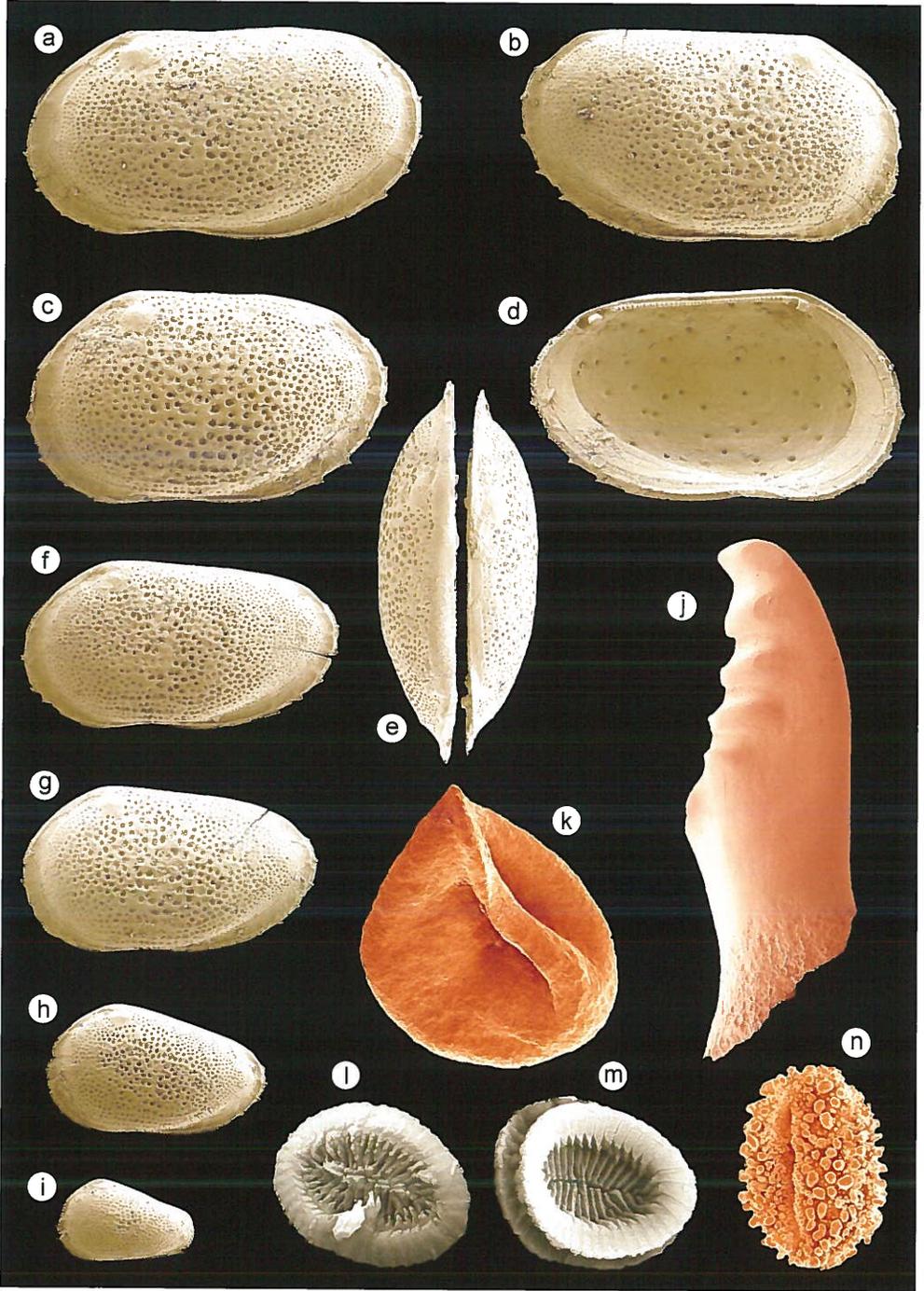
h

- d) Wandermuschel (*Mytilopsis ornithopsis*; Länge 50 mm). Diese früher zur Gattung *Congerina* gestellte große Wandermuschel hat vermutlich halb im schlammigen Seegrund eingegraben gelebt. Vor allem auf dem Vorkommen dieser Muschel basiert die Alterseinstufung (*Mytilopsis ornithopsis*-Biozone) der Ablagerungen von Mataschen.
- e) Rumpfwirbel eines Riesensalamanders (*Andrias scheuchzeri*; Länge 34 mm). Als der Schweizer Arzt Johann SCHEUCHZER 1726 zum ersten Mal über Knochenreste dieses Tieres in der Nähe des Bodensees berichtete, glaubte er Skeletteile eines in der biblischen Sintflut ertrunkenen Menschen vor sich zu haben. Erst viel später erkannte man, dass es sich um Relikte von Riesensalamandern handelt, wie sie heute nur noch in frostfreien Regionen Japans und Chinas beheimatet sind.
- f) Reste der Schwanzwirbelsäule mit Teilen der Schwanzflosse (Länge ca. 200 mm) und Knochen aus dem oberen Brustflossenbereich (Cleithrum) eines Wolfsbarsches (Moronidae). Wolfsbarsche sind Raubfische, die bis über 1 m Länge erreichen können. Sie kommen im Meer- und Brackwasser vor, stoßen aber auch in Süßwasser-areale vor.
- g) Wirbel und Flossenreste eines Wolfsbarsches (Moronidae; Länge der Platte 220 mm).
- h) Teil eines Insektenflügels (Länge 21 mm). Bisher wurden lediglich zwei Deckflügel von Käfern und dieser Flügelrest in Mataschen gefunden.

Über diesem „Blätterton“ ist eine 30-40 cm mächtige Muschelschill-Lage entwickelt, die zum Großteil aus Klappen von *Mytilopsis neumayri* (Wandermuschel) besteht (Abb. 16g), selten aber auch *Unio* sp. (Flussmuschel; Abb. 16h) enthält (vgl. HARZHAUSER 2004). Schlundzähnnchen von Karpfenfischen (*Barbus*, *Scardinius*) und „Gehörsteine“ von Umberfischen (Abb. 16i) können im Schlammmaterial gefunden werden (vgl. SCHULTZ 2004).

Die folgende, ca. 4,5 m mächtige tonige Abfolge ist durch Konkretionshorizonte (= durch chemische Fällung verhärtete

scheibenförmige Gebilde) untergliederbar (Abb. 17a-b). Bis zur ersten Härtlingsbank treten mit abnehmender Häufigkeit noch *Mytilopsis neumayri* und Pflanzenreste auf. Lymnocardien (Seeherzmuscheln; Abb. 17c) und isolierte Blattfragmente sind die dominierenden Makrofossilien über dem ersten Konkretionshorizont. Vereinzelt konnten auch Exemplare des Leitfossils *Mytilopsis ornithopsis* (Abb. 17d), Wirbelkörper des Riesensalamanders *Andrias scheuchzeri* (vgl. TEMPFER 2004; Abb. 17e), Fisch- (z. B. Wolfsbarsche) und Insektenreste geborgen werden (vgl. SCHULTZ 2004, GROSS 2004c; Abb. 17f-h).



Zahlreich sind die enthaltenen Mikro- und Nannofossilien (CORIC & GROSS 2004, GROSS 2004d, MELLER & HOFMANN; Abb. 18a-n). Das Vorkommen von fossilem „Harz“ stellt eine weitere Besonderheit dar (vgl. VAVRA 2004; Abb. 19a).

Abb. 18:

Mikro- und Nannofossilien aus Mataschen (die Elektronenmikroskopaufnahmen wurden nachträglich digital eingefärbt).

- a-i) Schalen von Muschelkrebse (*Loxoconcha kolubarae*; Länge von a = 0,75 mm). Muschelkrebse oder Ostracoden sind Krebstierchen im Größenbereich von einem halben bis zu zwei Millimetern, die auch heute in jedem Gewässer (Meer, See, Fluss) vorkommen. Zwei kalkige Klappen umschließen den Weichkörper. Meist sind diese Tiere getrenntgeschlechtlich (a-b = linke und rechte Klappen von Männchen, Seitenansicht von außen; c-d = linke weibliche Klappe, Seitenansicht von außen und innen; e = linke und rechte weibliche Klappen von oben). Wie alle Krebse häuten sich Muschelkrebse beim Wachstum. Dadurch können auch verschiedene Larvenstadien gefunden werden (f-i, linke Klappen, Seitenansicht von außen). Ostracoden reagieren sensibel auf Umweltveränderungen (z. B. Salzgehalt) und ermöglichen so detaillierte Rückschlüsse auf die ehemaligen Lebensbedingungen.
- j) Schlundzähnnchen einer Rotfeder (*Scardinius* sp.; Länge 3 mm). Viele Fische, wie z. B. die Karpfenfische, besitzen im Schlund charakteristische Zähnnchen, die die aufgenommene Nahrung (Wasserpflanzen und Weichtiere) zerkleinern.
- k) Feigen-„Same“ (*Ficus potentilloides*-Endokarp; Länge 1 mm). Bisher wurden rund 60 Samen- und Fruchtarten in Mataschen dokumentiert.
- l-m) Coccolithen in Außen- und Innenansicht (*Reticulofenestra tegulata*; Länge ca. 0,005 mm). Diese winzigen kalkigen Scheiben bedecken die Oberfläche einzelliger, frei im Wasser schwebender Algen. Oft treten sie in riesigen Mengen auf, sodass Ansammlungen dieser Nannofossilien sogar Gesteine bilden können (Schreibkreide). Sie sind heute für die biostratigrafische Einstufung von großer Bedeutung.
- n) Pollenkorn einer Stechpalme (*Ilex* sp.; Länge ca. 0,03 mm). Über 90 verschiedene Pollenarten tragen wesentlich zur Kenntnis der damaligen Vegetation in und um Mataschen bei.



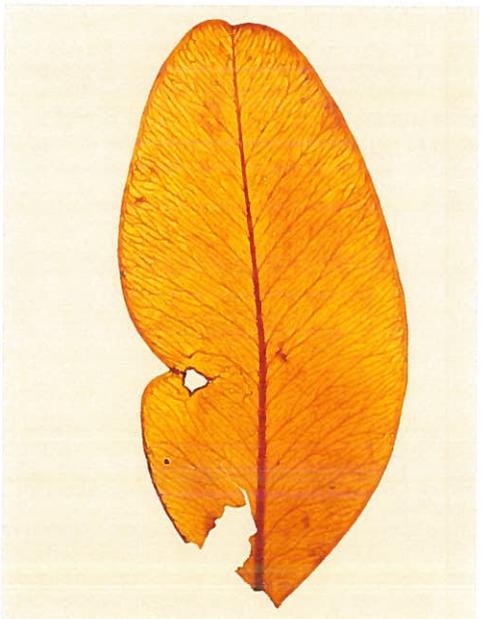
a



b



c



d



e



f

Zwei bis zu 20 cm mächtige, sowohl in der „alten“ wie in der „neuen Grube“ beobachtbare Sandlagen leiten zur hangenden, rund 18,5 m mächtigen Wechsellagerung von grauem, feinsandigem Silt und siltigem Ton über (Sieglegg-Subformation). Dem generellen „Oben-grob“-Trend folgend sind im Hangenden verstärkt z. T. rippelgeschichtete Sande eingeschaltet (Abb. 19b). Lagen mit teilweise exquisit erhaltenen und zum Teil für das Ober-Miozän ungewöhnlichen Pflanzenresten kommen immer wieder vor (vgl. KOVAR-EDER 2004; Abb. 19c-d). Besonders ergiebig ist der Grenzbereich zu den das Top der Tongrube bildenden, gelblichen, schräg- und rippelgeschichteten Sanden (Paldau-Formation; Abb. 19e-f).

Abb. 19:

- a) Fossiles „Harz“ (Länge ca. 7 mm). Bei diesem Stück handelt es sich um den Kohlenwasserstoff Simonellit, der möglicherweise das Umwandlungsprodukt von Nadelholzharz ist.
- b) Detail einer sandigen Einschaltung aus dem hangenden Bereich der „alten“ Tongrube Mataschen. Über den grauen Seetonen lagerte ein Sediment-beladener Trübestrom bei hoher Strömungsenergie parallellaminierten Feinsand ab. Darüber bildeten sich beim Nachlassen der Wasserströmung „Beulen“-Rippel, die schließlich wieder von „Ruhigwasser“-Seetonen überdeckt wurden. Trübestrome können z. B. durch Erdbeben oder verstärkte Sedimentanlieferung (Hochwässer) ausgelöst werden. Das gehäufte Auftreten von Sandlagen im oberen Abschnitt der Tongrube weist auf die zunehmende Nähe einer Flussmündung hin.
- c) Blatt eines Lorbeergewächses (*Laurophyllum* sp.; Länge 98 mm). Die gute Erhaltung ermöglicht das Studium auch feinsten Details der Nervatur.
- d) Buchsbaumblatt (*Buxus pliocenica*; Länge 23 mm). Zum Teil können kleinere Blätter aus dem Sediment abgelöst werden. Um eine Zerstörung durch Trocknung zu verhindern, wird das Blatt zwischen zwei Glasplatten in Glycerin eingebettet und versiegelt – ein gläsernes Fossil-Herbar entsteht.
- e) Freigewaschene Oberfläche von Wellenrippeln aus dem hangenden Teil der „alten“ Grube.
- f) Großräumig schräggeschichtete Sande am Top von Mataschen (Höhe rund 2,5 m), die direkt vor einer ehemaligen Flussmündung abgelagert wurden.

Interpretation – Anstieg und Abfall des Pannon Sees

Der Seespiegeltiefstand an der Grenze Sarmatium/Pannonium vor ca. 11,6 Millionen Jahren, führt zu tiefgreifender Abtragung. Seismische Untersuchungen belegen bis zu 60 m tiefe Erosionsrinnen, die bei bereits wieder steigendem Wasserstand von sandig/tonigen Ablagerungen gefüllt werden, die auch an der Basis der Tongrube Mataschen beobachtet werden können (vgl. Kosi et al. 2003). Mit fortschreitender Transgression bildet sich im Raum Mataschen ein *Glyptostrobis*-Sumpfwald am Rande des Pannon Sees (= „Blätterton“). Biber und Schildkröten finden in diesem Feuchtgebiet geeignete Lebensbedingungen. Kleine dreieckige Wandermuscheln heften sich Miesmuschel-ähnlich an den Baumstrünken bei etwas höherem Wasserspiegel fest. Riesensalamander und einige Muschelkrebse liefern Hinweise auf warmes, nahezu frostfreies Klima.

Der Seespiegel steigt weiter, der Sumpfwald „ertrinkt“ und das Gewässer wird salziger. Den Übergang von limnischen zu brackischen Verhältnissen zeigen charakteristische Assoziationen von Muschelkrebsen, die Molluskenfauna (*Lymnocardium* sp., *Mytilopsis ornithopsis*) sowie das kalkige Nannoplankton (Coccolithen), aber auch geochemische Analysen an (vgl. RANTITSCH et al. 2004). Der maximale Seevorstoß ist erreicht, die Stubben

werden von Wasser- und Sediment bedeckt. Diese Überflutung und Einbettung des Sumpfwaldes muss – geologisch gesehen – aufgrund der ca. 4 m hohen Baumstrünke sehr rasch (einige tausend Jahre?) erfolgt sein.

Erste sandige Lagen im Hangenden des Tonstocks weisen, wie auch Veränderungen im Mikrofossilspektrum, bereits auf die nächste Regression bzw. auf einen erneuten Seespiegelrückgang hin. Mehr und mehr macht sich der Einfluss eines Deltas bemerkbar, mehr und mehr zieht sich der Pannon See aus dem Oststeirischen Becken zurück. Sandige Einschüttungen werden immer häufiger. Mit den schräggeschichteten Sanden im Hangenden der Tongrube erreicht schließlich das Flussdelta den Bereich von Mataschen, wobei die Deltaebene eng mit mäandrierenden Flüssen verknüpft ist. Die reiche Blattflora aus den grauen Tonen unmittelbar unter den deltatischen Sanden weist durch ihren erstaunlich hohen Anteil an immergrünen Arten auf warmes, feuchtes Klima ohne länger dauernde Frostperioden hin (vgl. KOVAR-EDER 2004).

Dank

Für die Möglichkeit, die Tongrube Mataschen uneingeschränkt bearbeiten zu können und die Unterstützung bei den Grabungsarbeiten sei der Lias Österreich GmbH (stellvertretend: Richard POSCH) und der Firma Pongratz (stellvertretend: Karl THIER) herzlich gedankt. Die Freiwillige Feuerwehr Mahrensdorf (stellvertretend: Alois LIEBMANN, Bernhard TORSCHITZ) und die Vulkanlandgemeinde Kapfenstein (stellvertretend: Franz NELL) sind über viele Jahre hinweg unverzichtbare Partner bei den öffentlichen Grabungsprojekten des Joanneum unter der Leitung von Ingomar FRITZ geworden.

Großer Dank gebührt ebenfalls allen beteiligten Wissenschaftlern, ohne deren Ergebnisse vorliegende Publikation undenkbar wäre: Stjepan CORIC, Gudrun DAXNER-HÖCK, Fritz EBNER, Mathias HARZHAUSER, Christa-Charlotte HOFMANN, Per HOFFMANN, Johanna KOVAR-EDER, Barbara MELLER, Nadja MÜLLER, Gerd RANTITSCH, Ortwin SCHULTZ, Alfred SELMEIER, Petra TEMPFER und Norbert VAVRA.

Für die intensive Beschäftigung mit der Materie und die eindrucksvollen Lebensbilder des „versunkenen Waldes von Mataschen“ gebührt auch Fritz MESSNER besonderer Dank. Fotos stellten dankenswerterweise Ingomar FRITZ (Abb. 3, 15a, 16e, 17b), Christa-Charlotte HOFMANN (Abb. 18n), Nicolas LACKNER (Abb. 1, 2, 17e) und Barbara MELLER (Abb. 18k) zur Verfügung.

Literatur

- BACHMAYER, F. & ZAPFE, H., 1969: Die Fauna der altplozänen Höhlen- und Spaltenfüllungen bei Kohfidisch, Burgenland (Österreich). *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien* 73: 123-139, Wien.
- BALOGH, K., EBNER, F., RAVASZ, C., 1994: K/Ar-Alter tertiärer Vulkanite der südöstlichen Steiermark und des südlichen Burgenlandes. In: Lobitzer, H., Csaszar, G. & Daurer, A. (Eds.): *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn 2: 19-54*, Wien (Geologische Bundesanstalt).
- BERTOLDI, G.A., EBNER, F., HÖLLER, H. & KOLMER, H., 1983: Blähtonvorkommen von Gnas und Fehring – geologische, sedimentpetrographische und technologische Untersuchungen. *Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt* 3: 13-22, Wien.
- BOJAR, A.-V., HIDDEN, H., FENNINGER, A. & NEUBAUER, F., 2004: Middle Miocene seasonal temperature changes in the Styrian basin, Austria, as recorded by the isotopic composition of pectinid and brachiopod shells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 203: 95-105, Amsterdam.
- CORIC, S. & GROSS, M., 2004: Kalkiges Nannoplankton aus dem Unter-Pannonium des Oststeirischen Beckens (Österreich). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 9-18, Graz.
- DAXNER-HÖCK, G., 2004: Biber und ein Zwerghamster aus Mataschen (Unter-Pannonium, Steirisches Becken). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 19-33, Graz.
- DRAXLER, I., SOLTI, G., LOBITZER, H. & CICHOCKI, O., 1994: Erster Nachweis von „Alginit“ (sensu JÁMBOR & SOLTI, 1975) im Südoststeirischen Tertiärbecken (Österreich). In: LOBITZER, H., CSASZAR, G. & DAURER, A. (Eds.): *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich-Ungarn 2: 19-54*, Wien (Geologische Bundesanstalt).
- DULLO, W. C., 1983: Fossildiagene im miozänen Leitha-Kalk der Paratethys von Österreich: Ein Beispiel für Faunenverschiebungen durch Diageneseunterschiede. *Facies* 8: 1-112, Erlangen.
- EBNER, F. & SACHSENHOFER, R.F., 1991: Die Entwicklungsgeschichte des Steirischen Tertiärbeckens. *Mitteilungen der Abteilung für Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum* 49: 1-96, Graz.
- FLÜGEL, H.W. & NEUBAUER, F., 1984: Steiermark. 127 S., Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen, Erläuterungen zur Geologischen Karte der Steiermark, Wien (Geologische Bundesanstalt).
- FREIBE, J.G., 1990: Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badeniens (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 133/2: 223-257, Wien.
- FRITZ, I., 1996: Notes on the Plio-/Pleistocene volcanism of the Styrian Basin. *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich* 41: 87-100, Wien.
- FRITZ, I., 2004: Die Tongrube Mataschen (Kapfenstein, Oststeiermark) Treffpunkt von Museum, Schule, Wirtschaft und Universität. *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 35-48, Graz.
- GROSS, M., 1994: Erster Nachweis der fossilen Schildkröte *Clemmydopsis turnauensis* aus dem Pannonium des Oststeirischen Tertiärbeckens (Testudines: Emididae: Batagurinae). *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 124: 49-59, Graz.
- GROSS, M., 1998a: Faziesanalyse fluviatiler Sedimente (Obermiozän, Südoststeiermark, Österreich). *Mitteilungen Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum* 56: 131-164, 367-371, Graz.

- GROSS, M., 1998b: Floren- und Faziesentwicklung im Unterpannonium (Obermiozän) des Oststeirischen Neogenbeckens (Österreich). Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck 23: 1-35, Innsbruck.
- GROSS, M., 2000: Das Pannonium im Oststeirischen Becken. Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz 2: 47-86, Graz.
- GROSS, M., 2003: Beitrag zur Lithostratigraphie des Oststeirischen Beckens (Neogen/Pannonium; Österreich). Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen 16: 11-62, Wien.
- GROSS, M., 2004a (Ed.): Die Tongrube Mataschen - Treffpunkt von Wirtschaft, Wissenschaft und Schule. Joannea Geologie und Paläontologie 5: 1-278, Graz.
- GROSS, M., 2004b: Sumpfschildkröten (*Clemmydopsis turnauensis* (MEYER, 1847); Bataguridae) aus der Tongrube Mataschen (Pannonium, Steiermark). Joannea Geologie und Paläontologie 5: 131-147, Graz.
- GROSS, M., 2004c: Ein fossiler Käfer aus der Tongrube Mataschen (Steirisches Neogenbecken; Ober-Miozän/ Unter-Pannonium). Joannea Geologie und Paläontologie, 5: 49-129, Graz.
- GROSS, M., 2004d: Zur Ostracodenfauna (Crustacea), Paläoökologie und Stratigraphie der Tongrube Mataschen (Unter-Pannonium, Steirisches Becken, Österreich). Joannea Geologie und Paläontologie 5: 49-129, Graz.
- GROSS, M., ERHART, C. & PILLER, W.E., 2005: Neogen des Steirischen Beckens. Exkursionsführer, 75. Jahrestagung der Paläontologischen Gesellschaft, 25 S., Graz (Karl-Franzens-Universität).
- GRUBER, W., HERMANN, S., SACHSENHOFER, R.F. & STINGL, K., 2003: Kohlefazies und Sedimentologie der Eibiswalder Bucht (Steirisches Becken). Mitteilungen der Österreichischen Geologischen Gesellschaft 93: 15-29, Wien.
- HAAS, M., DAXNER-HÖCK, G., DEKCEK, K., KOLCON, I., KOVAR-EDER, J., MELLER, B. & SACHSENHOFER, R.F., 1998: Palaeoenvironmental Studies in the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf (N Voitsberg, Styria, Austria). Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 140/4: 483-490, Wien.
- HADITSCH, J.G., 1989: Sedimentologische Parameter als Hilfsmittel für die lagerstättenkundliche Gliederung fein körniger Lockersedimente. Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt 10: 169-177, Wien.
- HARZHAUSER, M., 2004: Mollusc based Biostratigraphy of the Clay Pit Mataschen in the Styrian Basin (Pannonian). Joannea Geologie und Paläontologie 5: 149-161, Graz.
- HARZHAUSER, M., DAXNER-HÖCK, G. & PILLER, W.E., 2004: An integrated stratigraphy of the Pannonian (late Miocene) in the Vienna Basin. Austrian Journal of Earth Sciences 95/96: 6-19, Wien.
- HARZHAUSER, M., MANDIC, O. & ZUSCHIN, M., 2003: Changes in Paratethyan marine molluscs at the Early/Middle Miocene transition: diversity, palaeogeography and palaeoclimate. Acta Geologica Polonica 53/4: 323-339, Warszawa.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E., 2004a: The Early Sarmatian - hidden seesaw changes. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 246: 89-111, Frankfurt am Main.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E., 2004b: Integrated stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. Stratigraphy 1/1: 65-86, New York.
- HAUSER, A. & URREGG, H., 1950: Die bautechnisch nutzbaren Gesteine Steiermarks. Die Kalke, Marmore und Dolomite Steiermarks. 2. Teil: Kalke (Mergel) der Neuzeit und des Mittelalters der Erde. 47 S., Technische Hochschule Graz, 4, Graz.

- HIDEN, H.R., 1996: Elasmobranchier (Pisces, Chondrichthyes) aus dem Badenium (Mittleres Miozän) des Steirischen Beckens (Österreich). Mitteilungen der Abteilung für Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum 52/53: 41-124, Graz.
- HILBER, V., 1878: Die Miocän-Ablagerungen um das Schiefergebirge zwischen den Flüssen Kainach und Sulm in Steiermark. Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 28/3: 505-580, Wien.
- JUHASZ, E., KOVACS, L.O., MÜLLER, P., TOTH-MAKK, A., PHILLIPS, L. & LANTOS, M., 1997: Climatically driven sedimentary cycles in the Late Miocene sediments of the Pannonian Basin, Hungary. Tectonophysics 282: 257-276, Amsterdam.
- KAZMER, M., 1990: Birth, life and death of the Pannonian Lake. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 79: 171-188, Amsterdam.
- KÖLLMANN, K., 1965: Jungtertiär im Steirischen Becken. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 57/2: 479-632, Wien.
- KOSI, W., SACHSENHOFER, R.F. & SCHREILECHNER, M., 2003: High Resolution Sequence Stratigraphy of Upper Sarmatian and Pannonian Units in the Styrian Basin, Austria. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen 16: 63-86, Wien.
- KOVAC, M., BARATH, I., KOVACOVA-SLAMKOVA, M., PIPIK, R., HLAVATY, I. & HUDACKOVA, N., 1998: Late Miocene Palaeoenvironments and Sequence Stratigraphy: Northern Vienna Basin. Geologica Carpathica 49/6: 445-458, Bratislava.
- KOVAC, M., BARATH, I., HARZHAUSER, M., HLAVATY, I. & HUDACKOVA, N., 2004: Miocene depositional systems and sequence stratigraphy of the Vienna Basin. Courier Forschungsinstitut Senckenberg 246: 187-212, Frankfurt am Main.
- KOVAC, M., MARTON, E., SEFARA, J., KONECNY, V. & LEXA, J., 2000: Miocene development of the Carpathian chain and the Pannonian basin: Movement trajectory of lithospheric fragments, subduction and diapiric uprise of asthenospheric mantle. Slovak Geological Magazine 6/2-3: 77-84, Bratislava.
- KOVAR-EDER, J., 2004: Die obermiozäne Flora von Mataschen bei Fehring, Steiermark – Blattvergesellschaftungen. Joannea Geologie und Paläontologie 5: 163-175, Graz.
- KRÖLL, A., FLÜGEL, H.W., SEIBERL, W., WEBER, F., WALACH, G. & ZYCH, D., 1988: Erläuterungen zu den Karten über den prätertiären Untergrund des Steirischen Beckens und der Südburgenländischen Schwelle. 49 S., Wien (Geologische Bundesanstalt).
- KÜMEL, F., 1957: Der Süßwasseropal der Csatherberge im Burgenlande. Zur Geologie, Paläobotanik und Geochemie seltener Quellabsätze. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 100/1: 1-66, Wien.
- LENHARDT, W. & MELICHAR, P., 2005: Die Erdbebenstation ARSA im Schau- und Lehrstollen von Arzberg in der Steiermark. Joannea Geologie und Paläontologie 7: 77-89, Graz.
- LOBITZER, H., KODINA, L.A., SOLTI, G., SCHWAIGHOFER, B. & SURENIAN, R., 1988: Fazies, Geochemie und Stratigraphie ausgewählter Vorkommen österreichischer organisch reicher Gesteine – Ein Zwischenbericht. Geologisch-Paläontologische Mitteilungen Innsbruck 15: 85-107, Innsbruck.
- MAGYAR, I., GEARY, D.H. & MÜLLER, P., 1999: Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 147: 151-167, Amsterdam.

- MELLER, B. & HORMANN, C.-C., 2004: Paläoökologische Interpretation von Diasporen- und Palynomorphen-Vergesellschaftungen aus obermiozänen Seesedimenten (Mataschen bei Fehring, Österreich). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 177-217, Graz.
- NEBERT, K., 1985: Kohlengeologische Erkundung des Neogens entlang des Ostrand des Zentralalpen. *Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt* 6: 23-77, Wien.
- NEUBAUER, F. & GENSER, J., 1990: Architektur und Kinematik der östlichen Zentralalpen - eine Übersicht. *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 120: 203-219, Graz.
- Papp, A., 1951: Das Pannon des Wiener Beckens. *Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien* 39-41: 99-193, Wien.
- PILLER, W.E., EGGER, H., ERHART, C.W., GROSS, M., HARZHAUSER, M., HUBMANN, B., VAN HUSEN, D., KRENMAYR, H.-G., KRYSSTYN, L., LEIN, R., LUKENDER, A., MANDL, G.W., RÖGL, F., ROETZEL, R., RUPP, C., SCHNABEL, W., SCHÖNLAUB, H.P., SUMMESBERGER, H., WAGREICH, M. & WESSELY, G., 2004: Die stratigraphische Tabelle von Österreich (sedimentäre Schichtfolgen). Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Wien.
- Piller, W.E. & HARZHAUSER, M., 2005: The myth of the brackish Sarmatian Sea. *Terra Nova* 17/5: 450-455, Oxford.
- PÖSCHL, I., 1991: A Model for the Depositional Evolution of the Volcanoclastic Succession of a Pliocene Maar Volcano in the Styrian Basin (Austria). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 134/4: 809-843, Wien.
- RANTITSCH, G., MÜLLER, N. & EBNER, F., 2004: Geochemische und mineralogische Untersuchungen an pannonischen Sedimenten der Ton-Lagerstätte Matschen (Steirisches Becken, Österreich). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 219-230, Graz.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O., 1991: Lateral Extrusion in the Eastern Alps 1. Structural Analysis. *Tectonics* 10: 257-271, Washington.
- RÖGL, F., 1998: Palaeogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien (A)* 99: 279-310, Wien.
- RÖGL, F., 1999: Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (short overview). *Geologica Carpathica* 50/4: 339-349, Bratislava.
- RÖGL, F., 2001: Mid-Miocene Circum-Mediterranean paleogeography. *Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz* 4: 49-59, Graz.
- RÖGL, F., SPEZZAFERRI, S. & CORIC, S., 2002: Micropaleontology and biostratigraphy of the Karpatian-Badenian transition (Early-Middle Miocene boundary) in Austria (Central Paratethys). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 237: 47-67, Frankfurt am Main.
- SACCHI, M. & HORVATH, F., 2002: Towards a new time scale for the Upper Miocene continental series of the Pannonian basin (Central Paratethys). *European Geosciences Union, Stephan Mueller Special Publication Series* 3: 79-94, Katlenburg-Lindau.
- SACHSENHOFER, R.F., 1996: The Neogene Styrian Basin: An overview. *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich* 41: 19-32, Wien.

- SACHSENHOFER, R.F., LANKREIJER, A., CHLOETHING, S. & EBNER, F., 1997: Subsidence analysis and quantitative basin modelling in the Styrian Basin (Pannonian Basin System, Austria). *Tectonophysics* 272: 175-196, Amsterdam.
- SAUERZOPF, F., 1952: Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des südburgenländischen Pannons. *Burgenländische Heimatblätter* 14/1: 1-16, Eisenstadt.
- SCHELL, F., 1994: Die Geologie der südlichen Windischen Büheln (Raum Arnfels-Leutschach-Langegg). 207 S., Graz (unveröffentlichte Dissertation).
- SCHULTZ, O., 2004: Die Fischreste aus dem Unter-Pannonium (Ober-Miozän) von Mataschen, Steiermark (Österreich). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 231-256, Graz.
- SEGHEDI, I., DOWNES, H., SZAKACS, A., MASON, P.R.D., THIRLWALL, M.F., ROSU, E., PECSKAY, Z., MARTON, E. & PANAIOTU, C., 2004: Neogene-Quaternary magmatism and geodynamics in the Carpathian-Pannonian region: a synthesis. *Lithos* 72: 117-146, Amsterdam.
- STEININGER, F.F., DAXNER-HÖCK, G., HAAS, M., KOVAR-EDER, J., MAURITSCH, H., MELLER, B. & SCHOLGER, R.M., 1998: Stratigraphy of the „Basin Fill“ in the Early Miocene Lignite Opencast Mine Oberdorf (N Voitsberg, Styria, Austria). *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 140/4: 491-496, Wien.
- TEMPFER, P.M., 2004: *Andrias scheuchzeri* (Caudata: Cryptobranchidae) aus der obermiozänen (MN7/8) Fundstelle Mataschen/Steiermark. *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 257-268, Graz.
- VAVRA, N., 2004: Analyse von organischem Material aus der Tongrube Mataschen bei Mahrensdorf (Gemeinde Kapfenstein, Steiermark). *Joannea Geologie und Paläontologie* 5: 269-275, Graz.
- WINKLER-HERMADEN, A., 1957: *Geologisches Kräftespiel und Landformung*. 822 S., Wien (Springer).
- ZIRKL, E.J., 1994: Der Leithakalksandstein aus dem „Römersteinbruch“ von Aflenz bei Leibnitz, Steiermark. In: HOLZER, H.-L., (Ed.): *Exkursionsführer Steirisches Tertiärbecken: 72-79*, Österreichische Geologische Gesellschaft, Wandertagung (Bad Gleichenberg) 1994, Graz.

Anschrift des Verfassers:

Mag. Dr. Martin GROSS
 Abteilung Geologie & Paläontologie
 Landesmuseum Joanneum
 Raubergasse 10
 A-8010 Graz
 martin.gross@museum-joanneum.at
<http://www.museum-joanneum.at/geologie>

