

Die neogenen Formationen auf der geologischen Karte GÖK50 164 Graz (Steiermark, SE-Österreich)

Von Martin GROSS¹

Mit 2 Abbildungen

Angenommen am 29. Oktober 2014

Zusammenfassung: Die neogenen Sedimente am geologischen Kartenblatt Graz (GÖK50 164 Graz) werden in neun Formation untergliedert: Eggenberg-Formation (Kalk-/Dolomitm breckzie, Rotlehm; -Karpatum-Badenium), Ries-Formation (Kies-Sand; unteres Pannonium), Kleinsemmering-Formation (vollständig untergliedert in die Gstauda- und Hofmühle-Subformation; v.a. Silt-Sand; unteres Pannonium), Gleisdorf-Formation (auf GÖK50 164 teilweise untergliedert in die Lustbühel- und Peterstal-Subformation; Kies-Sand-Pelit; oberes Sarmatium), Gratkorn-Formation (v.a. Grobkies; Grenzgebiet unteres/oberes Sarmatium), Rollsdorf-Formation (v.a. Pelit-Feinsand; unteres Sarmatium), Mantscha-Formation (v.a. Pelit; Grenzgebiet Badanium/Sarmatium), Stallhofen-Formation (auf GÖK50 164 nur die Eckwirt-Subformation; v.a. Grobkies; unteres Badanium-unteres Sarmatium) und – informell – „Fein- bis Grobkies mit Blöcken“ (Semriach Becken; Kies-Pelit; ?Badanium). Jede Formation wird beschrieben (z.B. Typus-Gebiet, Typus-/Referenz-Profil, Synonyme, Lithologie, Fossilinhalt, Genese, Chrono-/Biostratigraphie) und ihre Beziehungen zu unter-/überlagernden und lateralen Einheiten diskutiert.

Summary: The Neogene formations on the geological map sheet GÖK50 164 Graz (Styria, SE-Austria). – The Neogene sediments on the geological map sheet Graz comprise nine formations: Eggenberg Formation (limestone/dolostone breccia, red loam; -Karpatum-Badenian), Ries Formation (gravel-sand; lower Pannonian), Kleinsemmering Formation (completely subdivided in the Gstauda and Hofmühle Members; mainly silt-sand; lower Pannonian), Gleisdorf Formation (on GÖK50 164 in part subdivided in the Lustbühel and Peterstal Members; gravel-sand-pelite; upper Sarmatian), Gratkorn Formation (mainly coarse gravel; -lower/upper Sarmatian boundary), Rollsdorf Formation (mainly pelite-fine sand; lower Sarmatian), Mantscha Formation (mainly pelite; -Badenian/Sarmatian boundary), Stallhofen Formation (on GÖK50 164 only the Eckwirt Member; mainly coarse gravel; lower Badenian-lower Sarmatian) and – informally – “Fine to coarse gravel with boulders” (Semriach Basin; mainly gravel-pelite; ?Badenian). Each formation is described (e.g., type area, type/reference section, synonyms, lithology, fossil content, facies, chrono-/biostratigraphy) as well as its relation to under-/overlying and lateral units is discussed.

1. Einleitung

Vorliegende Arbeit definiert die auf der geologischen Karte GÖK50 164 Graz (FLÜGEL et al. 2011; Abb. 1; entspricht geographisch: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz) vorkommenden lithostratigraphischen Einheiten des Neogens gemäß den Vorgaben der Österreichischen Stratigraphischen Kommission (ÖSTK; vgl. SALVADOR 1994: 31, STEININGER & PILLER 1999: 8, PILLER 2014: 4). Dies erleichtert eine Erweiterung der Erläu-

¹ Universalmuseum Joanneum, Geologie & Paläontologie, Weinzöttlstraße 16; A-8045 Graz, e-mail: martin.gross@museum-joanneum.at

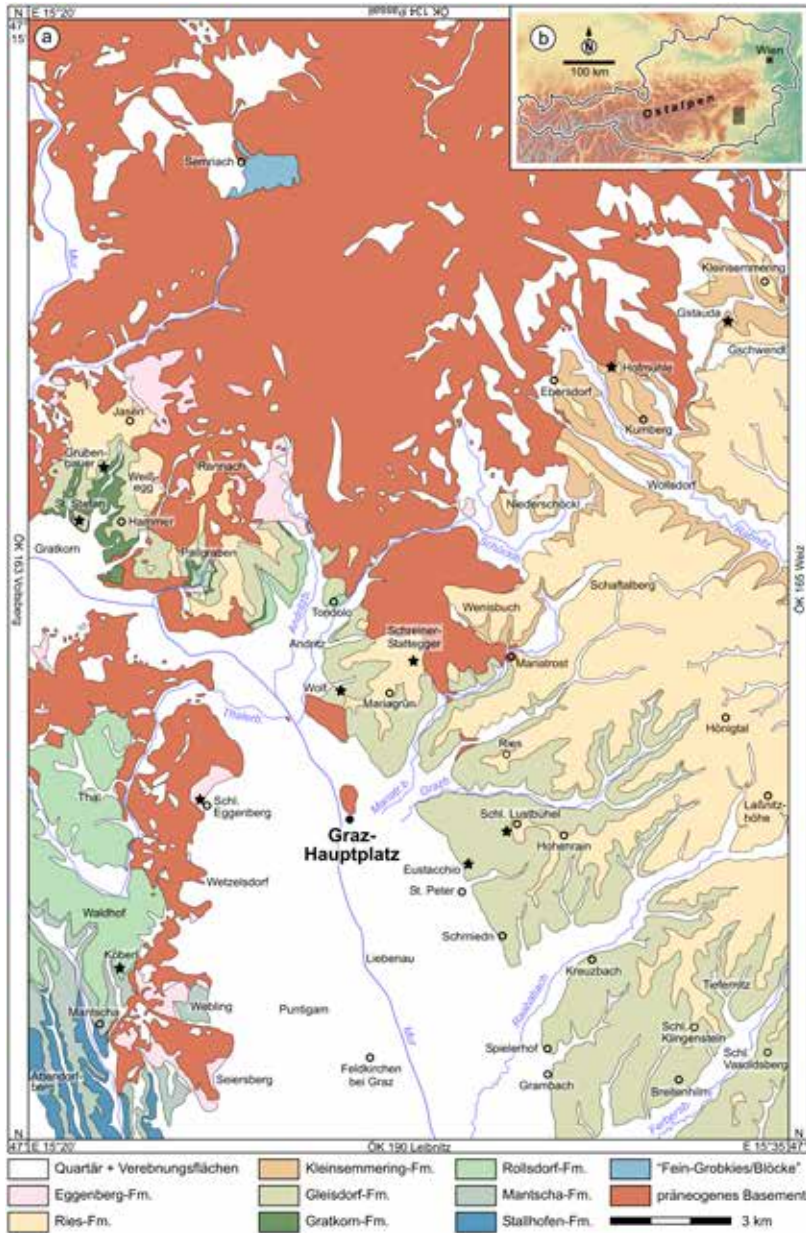


Abb. 1: Die neogenen Formationen auf der geologischen Karte GÖK50 164 Graz. a) Vereinfachte geologische Karte (nach Flügel et al. 2011; ohne Tektonik) und einige wichtige Lokalitäten (Quartär + Verebnungsflächen = quartäre Sedimente & pliozäne–miozäne Verebnungsflächen; präneogenes Basement = Grazer Paläozoikum & Ostalpines Kristallin); b) Lage des geologischen Kartenblattes Graz am SE-Rand der Ostalpen.

Fig. 1: Neogene Formations on the geological map sheet GÖK50 164 Graz. a) Simplified geological map (after Flügel et al. 2011; without tectonics) and some important localities (Quartär + Verebnungsflächen = Quaternary sediments & Pliocene–Miocene planation surfaces; präneogenes Basement = Graz Paleozoic & Austroalpine Crystalline); b) position of geological map sheet Graz at the SE-margin of the Eastern Alps.

terungen zur stratigraphischen Tabelle Österreichs (vgl. PILLER et al. 2004) bzw. eine Integration in die Datenbank „Lithstrat“ („Datenbank lithostratigraphischer Einheiten in Österreich“; ZORN 1999: 28). Darüber hinaus soll diese Publikation als Erläuterung zu GÖK50 164 Graz dienen.

Neogene („jungtertiäre“) Sedimente im Umfeld von Graz sind lange bekannt (ANKER 1828: 121, HILBER 1893: 281, cum Lit.). Gleichzeitig war bzw. ist deren stratigraphische Position in vielen Fällen unklar. Nur wenige Fundpunkte liefern biostratigraphische Anhaltspunkte für ihre zeitliche Ordnung. Geochronologische Daten liegen nicht vor (GROSS et al. 2007a: 195). Schlechte Aufschlussverhältnisse sowie rascher lateraler und vertikaler Fazieswechsel der randmarinen bis terrestrischen Sedimente ermöglichen es bis heute nicht/kaum tektonisch-, faziell- oder erosionsbedingte Grenzen im Detail aufzulösen. Die stratigraphische Korrelation zu Einheiten des „offenen“ Steirischen Beckens blieb/ist oftmals umstritten (Abb. 2). Hier wird der Status quo des gegenwärtigen Forschungsstandes dargestellt.

Neben eigenen Aufnahmen und publizierten Arbeiten wurden veröffentlichte und unveröffentlichte Kartierungen/Berichte von H.W. FLÜGEL, K. KRAINER, E. MOSER und F. RIEPLER, von K. KOLLMANN (Rohöl-Gewinnungs A.G., RAG), des ehemaligen Institutes für Umweltgeologie und Angewandte Geographie (Forschungsgesellschaft Joanneum), diverse Aufnahmeberichte der Geologischen Bundesanstalt, die Baugrund-Datenbank der Stadt Graz und die Bohrpunktendatenbank des Universalmuseums Joanneum verwendet.

Bemerkungen zur Beschreibung:

Abkürzungen: Fm. = Formation; SbFm. = Subformation; GÖK50 = Geologische Karte von Österreich; ÖK50-BMN = Österreichische Karte 1:50.000 (Bundesmeldenetz; Gauß-Krüger-System); ÖK50-UTM = Österreichische Karte 1:50.000 (UTM-Netz; Universal Transverse Mercator-System).

„**Validität**“: Informell = benannt und verwendet; bisher nicht nach den Richtlinien der ÖSTK definiert.

„**Typus-Profil/Referenz-Profil**“: Sofern nicht vom Erstbeschreiber der jeweiligen Formation designiert, versucht möglichst detailliert beschriebene und/oder derzeit zugängliche Aufschlüsse zu benennen.

„**Synonyme**“: Die Synonymie umfasst eine Auswahl von Zitaten die von Bedeutung für die Benennung, Charakterisierung, Fossilführung etc. der lithostratigraphischen Einheit sind. Die Synonymisierung älterer Begriffe bleibt oft unscharf. Die Begriffe partim bzw. (partim) werden wie folgt verwendet: partim = nur Teile der synonymen Einheit entsprechen der beschriebenen Einheit; (partim) = die synonyme Einheit entspricht nur Teilen der beschriebenen Einheit.

„**Bemerkungen**“: Hier werden neben grundsätzlichen Diskussionspunkten lokale, spezifisch auf GÖK50 164 Graz bezogene Hinweise gegeben.

Folgende lithostratigraphische Einheiten werden behandelt (vgl. FLÜGEL et al. 2011; in Klammer Legendennummer auf GÖK50 164 Graz):

Eggenberg-Formation

Rotlehm, Roterde, Karbonat-Residualsediment (23); heterochron, vorwiegend Karpatium bis Badenium.

Kalk- und Dolomit-Brekzie (24); heterochron, vorwiegend Karpatium bis Badenium.

Ries-Formation (25): Fein- bis Grobkies, Sand; unteres Pannonium.

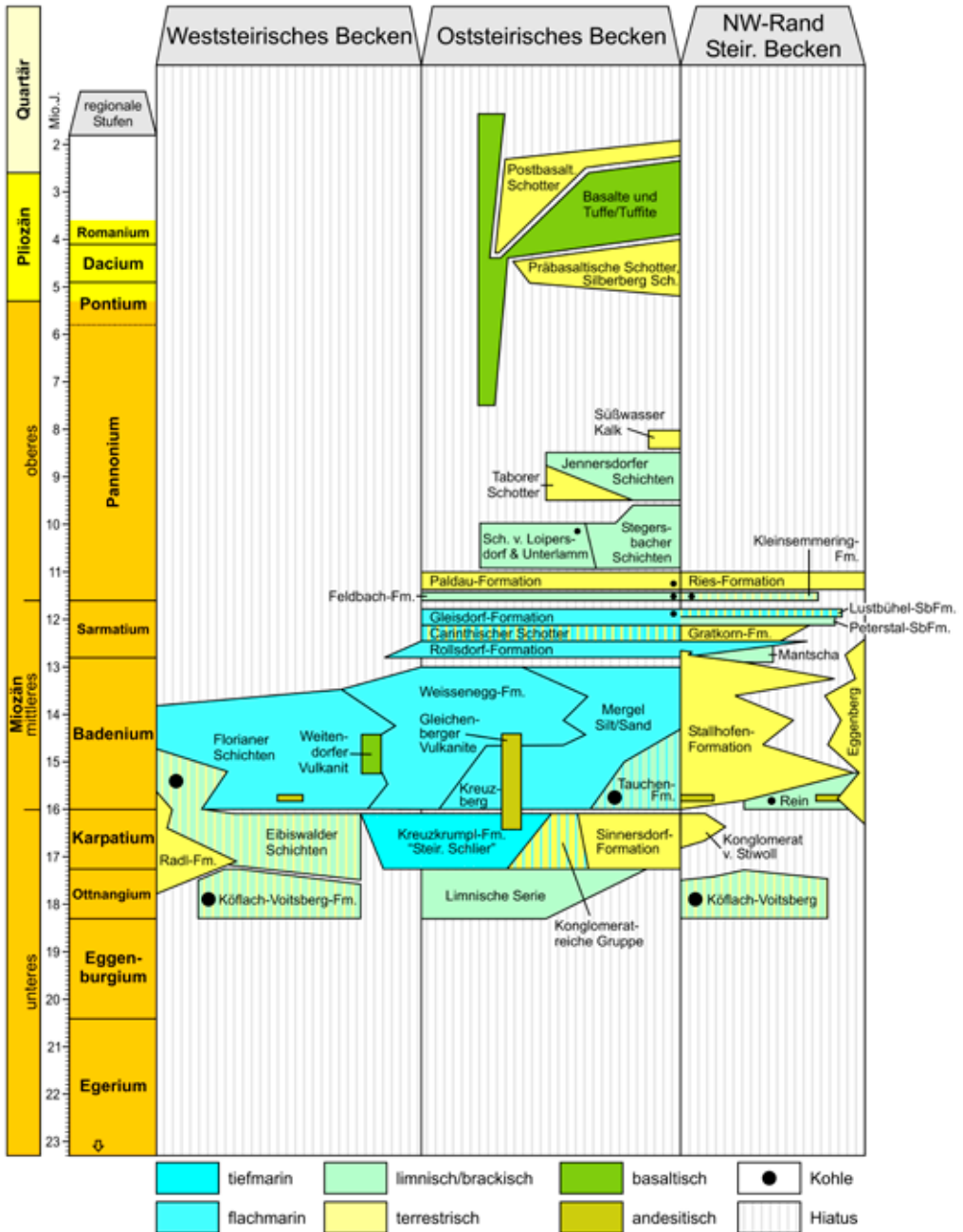


Abb. 2: Lithostratigraphische Einheiten des Steirischen Beckens (vgl. Piller et al. 2004, Gross et al. 2007b: 121) und deren Korrelation mit neogenen Formationen am NW-Rand des Steirischen Beckens (ÖK50-BMN 164 Graz und 163 Voitsberg; Chronostratigraphie nach Harzhauer & Mandic 2008: 420).

Fig. 2: Lithostratigraphic units of the Styrian Basin (compare Piller et al. 2004, Gross et al. 2007b: 121) and correlation with Neogene Formations at the NW-margin of the Styrian Basin (ÖK50-BMN 164 Graz and 163 Voitsberg; chronostratigraphy after Harzhauer & Mandic 2008: 420).

Kleinsemmering-Formation

Gstauda-Subformation (26): Silt, Sand, untergeordnet Mergel, Mergelkalk; unteres Pannonium.

Hofmühle-Subformation (27): Silt, Feinsand, untergeordnet Braunkohle; unteres Pannonium.

Gleisdorf-Formation (28, wenn keine Differenzierung der SbFm. möglich ist)

Lustbühel-Subformation (29): Kies-Sand-Pelit-Wechselfolgen; oberes Sarmatium.

Peterstal-Subformation (30): Pelit, untergeordnet Sand, Kies; oberes Sarmatium.

Gratkorn-Formation (31): Polymikter Grobkies und „Blockkies“, untergeordnet Sand, Fein-/Mittelkies; Grenzbereich unteres/oberes Sarmatium.

Rollsdorf-Formation (32): Pelit-Feinsand-Wechselfolgen, untergeordnet Kies, Mergel, Kalk, Braunkohle; unteres Sarmatium.

Mantscha-Formation (33): Siltiger bis sandiger Ton, untergeordnet Braunkohlelagen, Süßwasserkalk; Grenzbereich Badenium/Sarmatium.

Stallhofen-Formation (34)

Eckwirt-Subformation (35): Kristallingeröll-dominierter Grobkies/„Blockkies“, untergeordnet Sand, Pelit; unteres Badenium bis unteres Sarmatium.

„Fein- bis Grobkies mit Blöcken“ (36, Semriach Becken): Fein- bis Grobkies mit Blöcken, Pelit; ?Badenium.

2. Definition der neogenen Formationen auf Blatt 164 Graz (GÖK50)

2.1 Eggenberg-Formation

Validität: Informell; etabliert von HOERNES (1880: 329); als Formation bezeichnet von FLÜGEL (1997b: 384); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Die Eggenberg-Fm. umfasst ziegelrote bis braungelbe Brekzien und Rotlehme/Roterden, die meist in gleicher stratigraphischer Position auftreten. Am geologischen Kartenblatt Graz werden sie getrennt ausgewiesen (FLÜGEL 1997b: 384; FLÜGEL et al. 2011: Karte); von einer formalen Definition als Subformationen allerdings abgesehen.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Grazer Bergland (z.B. Plabutsch, Rannach; vgl. EBNER et al. 1985: 15).

Typus-Profil: Einsiedelei-Graben, 0,5 km NW Schloss Eggenberg (4 km WNW Hauptplatz Graz, N 47°04'34“, E 15°23'20“). HANSELMAYER (1955: 4) bezeichnet den Einsiedelei-Graben als „klassischen Fundort“.

Ableitung des Namens: Schloss Eggenberg, 3,6 km WNW Hauptplatz Graz.

Synonyme: Partim „Kalkconglomerate am Fusse oder den Abhängen der aus Uebergangskalk oder aus Uebergangsdolomit bestehenden Ränder des Tertiärterrains“ (ROLLE 1856: 549), „Eggenberger-Breccie“ (HOERNES 1880: 329), „Eggenberger Breccie“ (CLAR 1933: 35), „Eggenberger Bresche“ (CLAR 1935: 279), „Eggenberger Breccie“ (FLÜGEL 1951b: 8), partim „Eggenbergerbresche“ (HAUSER 1951: 124), „Eggenberger Bresche“ (HANSELMAYER 1955: 1), „Eggenberger Breccie und Roterde“ (FLÜGEL 1975a: 116), „Roterde, Eggenberger-Brekzie“ (EBNER & GRÄF 1979: 12), „Rotlehme, Rotschutt,

Eggenberger Brekzie“ (EBNER 1983a: 118), „Eggenberger Brekzie“ (RIEPLER 1988: 78), „Eggenberg(er)-Formation“ (FLÜGEL 1997b: 384).

Lithologie: Ziegelrote bis braungelbe, massige Kalk- und Dolomit-Brekzie; karbonatische, von Eisenoxiden und Eisenhydroxiden pigmentierte Matrix; eckige bis kantengerundete Komponenten, die dem umrahmenden paläozoischen Basement entsprechen (stark von Kalken und Dolomiten dominiert; untergeordnet Siltsteine, Tonschiefer, Phyllite, Lydite, detritische Quarze); die Komponentengröße schwankt stark, reicht bis zu über m³-großen Blöcken (CLAR 1935: 279, HANSELMAYER 1955: 2, FLÜGEL 1975a: 116, RIEPLER 1988: 78). HAUSER (1951: 125, FLÜGEL 1959: A 20, FLÜGEL & MAURIN 1961: 347) erwähnen bei Eisbach Bentoniteinschlüssen, die jedoch von EBNER & GRÄF (1979: 15) als Karbonat-Residualsedimente identifiziert werden.

Fossilien: Sehr selten. Verkieselte Hölzer, ein Proboscidiar-Molar (Gebiet E Andritz Ursprung, RÖSSLER 1958: 213, FLÜGEL 1961: 106, MOTTL 1970: 60).

Genese, Fazies: Hangschuttbildungen (Brekzien) und Residualsedimente (Roterden; CLAR 1935: 279, FLÜGEL 1975a: 116, EBNER & GRÄF 1979: 12).

Chronostratigraphie: Heterochron, vorwiegend vermutlich Karpatium–Badenium, unteres bis mittleres Miozän; möglicherweise auch jünger (bis oberes Miozän, CLAR 1935: 280, WINKLER-HERMADEN 1943: 464, 1957: 120, FLÜGEL 1975a: 116, RIEPLER 1987: 334).

Biostratigraphie: Keine.

Mächtigkeit: Bis einige Zehnermeter (z.B. LORENZ & SCHMID 2005: 25).

Lithostratigraphische Untergliederung: Informell in Rotlehm/Roterde/Karbonat-Residualsedimente und Kalk- und Dolomit-Brekzie untergliedert.

Liegende Einheiten: Paläozoisches Grundgebirge.

Überlagernde Einheiten: Verschiedenzeitliche neogene und quartäre Einheiten: z.B. Mantscha-Fm. (Weblinger Bucht, FLÜGEL 1959: A 20), Eckwirt-SbFm. (Rein Becken, EBNER & GRÄF 1979: 12), Ries-Fm. (Gratkorn Becken, CLAR 1935: 292).

Laterale Einheiten: Z.T. verzahnt mit unterbadensischen und untersarmatischen Süßwasserkalkbrekzien (HAUSER 1951: 125, WINKLER-HERMADEN 1957: 120, EBNER & GRÄF 1979: 12, 15, RIEPLER 1987: 334, 1988: 79).

Geographische Verbreitung: Grazer Bergland.

Bemerkungen: Das stratigraphische Alter der Eggenberg-Fm. ist nach wie vor unklar. Ausführliche Diskussionen finden sich in CLAR (1935: 280), HANSELMAYER (1955: 1), FLÜGEL (1975a: 116), RIEPLER (1988: 79). Es dürfte sich um terrestrische Schuttstromablagerungen unterschiedlichen Alters handeln, die Phasen verstärkter Grundgebirgshebung nachfolgen (vgl. WINKLER-HERMADEN 1957: 120, KUHLEMANN et al. 2008: 60).

2.2 Ries-Formation

Validität: Informell; etabliert von FLÜGEL (1997a: 337 bzw. 1997b: 385); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz, ÖK50-BMN, Blatt 165 Weiz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); NW-Rand des Oststeirischen Beckens und Gratkorn Becken.

Typus-Profil: Aufgelassene Kiesgrube „Schreiner-Stattegger“, 1 km SW der Stefanien-Warte/Platte in Graz (N 47°06'22", E 15°27'33"); HANSELMAYER 1960: 36).

FLÜGEL (1997b: 385) führt kein Typus-Profil an. Obwohl weit auf GÖK50 164 Graz verbreitet, existieren kaum eingehendere Beschreibungen dieser Formation. Die ehemalige Kiesgrube „Schreiner-Stattegger“ wird als Typus-Lokalität gewählt, da HANSELMAYER (1960: 36) eine detaillierte Profilbeschreibung und petrographische Analyse liefert. Weder Hangend- noch Liegendgrenze sind im Typus-Profil aufgeschlossen. Der Aufschluss bietet nach wie vor einen guten Einblick in die Ries-Fm.

Ableitung des Namens: „Ries“, 10. Stadtbezirk von Graz, 4,6 km ENE Hauptplatz Graz.

Synonyme: Partim „Belvedereschichten“ (HERITSCH 1921: 56), partim „Belvedereschotter“ (CLAR 1927: 185), „Schotter der Ries mit Sand- und Tonlagen“ (KOLLMANN 1965: Taf. 3), partim „Pannon C“ (EBNER 1983a: 120), „Kiese des Pannon C“ (MOSER 1986: Beil. 1), „Kies/Sand-Folge“ (UNTERSWEG 1986: 13), „Ries Formation“ (GROSS et al. 2007a: 206).

Lithologie: Graue bis gelbliche, Quarz-dominierte, massig, kreuz- oder horizontalgeschichtete, sandige Fein- bis Grobkiese mit kreuz-, rippel- oder horizontal geschichteten Sandlagen; untergeordnet laminierte oder massige Silt- und Tonlagen. Kalkgerölle selten, oft Gneis-„Gesteinsleichen“ (FLÜGEL 1951a: 27; HANSELMAYER 1960: 53; FLÜGEL 1997b: 385). Z.T. konglomeratisch zementiert, steile Wände bildend (z.B. „Auf der Ries“ oder Weißegg/östliches Gratkorn Becken).

Fossilien: Selten; Blatt-, unbestimmbare Molluskenreste und Vertebraten (KOLLMANN 1965: Taf. 2 und interner Kartierungsbericht der RAG; MOTTL 1970: 54). Nach vorliegender Kartierung sind vermutlich nur die Rhinocerotiden- und Proboscidier-Funde „in der Nähe von Schloss Vasoldsberg“, des „Schlosses Klingenstein“ (-N 47°01'28", E 15°33'06") und der „Ries“ dieser Formation auf GÖK50 164 Graz zuzurechnen (MOTTL 1970: 54).

Genese, Fazies: Fluvial (Verflochtener bis kiesführender Mäander-Fluss).

Chronostratigraphie: Unteres Pannonium, oberes Miozän (KOLLMANN 1965: 589).

Biostratigraphie: Indirekt. Mollusken-Zone: *Mytilopsis hoernesii*-Zone (Zone „C“).

Mächtigkeit: Stark schwankend, bedingt durch erosive Unter- und Obergrenze; bis 140 m („Auf der Ries“; vgl. EBNER 1983a: 120).

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Die Liegendgrenze ist mit dem Auftreten von Grobklastika über einer Erosionsfläche zu ziehen. Die Ries-Fm. überlagert die Gleisdorf-Fm. (Gebiet vom Gratkorn Becken über Mariagrün, Ries bis Laßnitzhöhe), die Kleinsemmering-Fm. (von Wenisbuch, Niederschöckl, Kumberg bis Kleinsemmering), liegt direkt dem Grundgebirge auf (z.B. Alpengarten/Rannach, Wenisbuch) oder überlagert Anteile der Eggenberg-Fm. (vgl. CLAR 1935: 281).

Überlagernde Einheiten: Die Hangendgrenze bildet meist das rezente Erosionsniveau. Z.T. sind die von der Ries-Fm. aufgebauten Riedel von tiefgründig verwitterten Verebnungsflächen bedeckt (z.B. Hochstraden-Niveau bei Jasen/Gratkorn Becken; Tannen-Niveau in der Bucht von Niederschöckl bis E und SE über Schaftalberg, Hönigstal, Laßnitzhöhe, Hohenrain und Grambach; vgl. WAGNER et al. 2011: 65).

Laterale Einheiten: Paldau-Fm. (GROSS 2003: 29), „Pucher Schotter“ (KRAINER 1987: 152).

Geographische Verbreitung: Gratkorn Becken und NW-Rand des Oststeirischen Beckens (Buchten von Graz, Wenisbuch, Niederschöckl, Kumberg, Kleinsemmering; gegen SE bis ungefähr Laßnitzhöhe).

Bemerkungen: Am geologischen Kartenblatt Graz bilden die Kiese und Sande der Ries-Fm. über weite Strecken das neogene Deckgebirge. Vom Grundgebirgsrand fällt diese Formation flach gegen SE ins Oststeirische Becken ein. Die Untergrenze bleibt durch schlechte Aufschlussverhältnisse und fehlende biostratigraphische Daten in vielen Fällen interpretativ und wird mit dem Einsetzen von Grobklastika ohne bedeutende Pelit-Einschaltungen gezogen. Häufig bilden die Kiese der Ries-Fm. eine Steilstufe im Gelände (z.B. Weißegg oder Bogenhof im Gratkorn Becken).

Etwa ab Laßnitzhöhe (ÖK50-BMN, Blatt 165 Weiz) ist eine interne Gliederung in Kies-„Horizonte“ möglich (KOLLMANN 1965: 587; vgl. HANSELMAYER 1979: 9). Im zentralen Bereich des Oststeirischen Beckens (Gnas und Fürstenfeld Becken) werden diese als Subformationen – zumindest teilweise – differenziert und unter der Paldau-Fm. zusammengefasst (GROSS 2003: 35). Für obersarmatische bis unterpannonische Grobklastika in der Bucht von Weiz führt KRAINER (1987: 83) den Begriff „Pucher Schotter“ ein, die teilweise eine laterales Äquivalent der Ries-Fm. sind.

Im Bereich von GÖK50 164 Graz fehlen unterpannonische Feinklastika der *Mytilopsis ornithopsis*-Zone vermutlich durch Erosion (KOLLMANN 1965: 583). Nur im Bereich W Empersdorf zieht KOLLMANN (1965: Taf. 2) aufgrund kartographischer Korrelation das „Tiefere Unterpannon, Zone B“ in auf das Gebiet von GÖK50 164 Graz hinein. Hier werden diese Sedimente der Gleisdorf-Fm. zugeschlagen. Die stratigraphische Einstufung der Ries-Fm. beruht auf der Korrelation mit der Paldau-Fm., die von Peliten des unteren Pannonium (Feldbach-Fm., *Mytilopsis ornithopsis*-Zone) unterlagert wird (GROSS 2003: 17, 29).

2.3 Kleinsemmering-Formation

Vollständig untergliedert in die *Gstauda-Subformation* und *Hofmühle-Subformation*.

Validität: Informell; zuletzt bearbeitet von MOSER (1986: 13); etabliert von FLÜGEL (1997b: 385); Formalisierung der Formation und Subformationen in dieser Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Buchten von Wenisbuch, Niederschöckl, Kumberg und Kleinsemmering.

Typus-Profil: NE–SW verlaufender Graben bei der Hofmühle, 1,5 km NW Kumberg (N 47°10'19", E 15°31'25"; HÜBL 1942: 48, MOSER 1986: 132). Gleichzeitig Typus-Profil der Hofmühle-SbFm.

Referenz-Profil: *Hofmühle-Subformation:* Graben SW Wenisbuch, 1,5 km NW Mariatrost (N 47°06'56", E 15°28'35"; MOSER 1986: 146); Hinterholzbachgraben SE Ebersdorf, 1,6 km WNW Kumberg (N 47°09'58", E 15°30'54"; MOSER 1986: 148, vgl. HÜBL 1942: 49); Graben NE Gschwendt, 1 km SSE Kleinsemmering (N 47°10'58", E 15°34'46"; HÜBL 1942: 47, MOSER 1986: 150); Lehmgrube Höf, 1 km SW Niederschöckl (N 47°08'11", E 15°29'31"; MOSER 1986: 164; heute vollständig rekultiviert).

Gstauda-Subformation: Typus-Profil dieser Subformation: Straßenprofil Gstauda, 1,4 km SW Kleinsemmering (N 47°10'56", E 15°33'45"; MOSER 1986: 152; heute nicht mehr zugänglich).

Weder Liegend- noch Hangendgrenze sind in den Typus-/Referenz-Profilen aufgeschlossen. Weitere von MOSER (1986: 139, 154, vgl. HÜBL 1942: 34) der Kleinsemmering-Fm. zugeordnete Profile (Graben SW Wünschbauer, 1,4 km SW Weiz, N 47°12'35", E 15°36'24" und ehemaliger Kohlebergbau Radmannsdorf, 0,7 km NW Weiz, N 47°13'18", E 15°36'51") liegen auf ÖK50-BMN, Blatt 165 Weiz (vgl. KRAINER 1987: 169).

Ableitung des Namens: Ortschaft Kleinsemmering, 4,5 Km SW Weiz. Die Namen der Subformationen leiten sich von der Gehöftbezeichnung „Hofmühle“ (1,5 km NW Kumberg) bzw. vom Flurnamen „Gstauda“ (1,4 km SW Kleinsemmering) ab.

Synonyme: (Partim) „Oberer Tegel“ [„Congerienschichten“] (STUR 1855: 482, 523), partim „lacustre Untermiocaenschichten“ (HILBER 1893: 314), partim „untersarmatische Tone mit Cardien“ bzw. „Untermiozäne Süßwasserschichten“ (HERITSCH 1921: 55), (partim) „kohleführende Serie von Klein-Semmering“ (KOLLMANN 1965: 583), partim „Obere kohleführende Schichten von Weiz“ (FLÜGEL 1975a: 125), „kohlenführende Schichten von Weinitzen, Niederschöckl, Kumberg, Gschwendt und Klein-Semmering“ (EBNER 1983a: 119), „Silte und Feinsande des ?Obersarmat/Unterpannon, kohleführende, grundgebirgsnahe Fazies; kohlefrei[e Fazies]“ (MOSER 1986: Beil. 1)

Lithologie: Lateral und vertikal stark wechselnd. *Hofmühle-Subformation:* Wechselagerungen grauer bis gelblicher, laminiertes oder massiger Silte und Feinsande, Kohle-reiche, dunkelgraue Pelite, z.T. trogförmig kreuzgeschichtete Sande, Braunkohleflöze, selten geringmächtige Einschaltungen von unsortiertem Kristallinschutt in pelitischer Matrix; nur im Übergang zur *Gstauda-SbFm.* graue, mergelige Pelite und Kalkmergel (Graben NE Gschwendt).

Gstauda-Subformation: Wechsellagerungen von grauen bis olivbraunen oder gelblichen, massigen oder laminierten Silten und (Fein-)sandigen; Kohle-reiche, dunkelgraue Pelite; graue Mergel und Mergelkalke; es fehlen mächtigere Kohlelagen; sporadisches Auftreten limnisch-brackischer Faunen. Weitere Angaben zu Korngrößen-, Schwermineral- und kohlenpetrologischen-Analysen in MOSER (1986: 34, 59, 87). WEBER & WEISS (1983: 69) informieren über die ehemaligen Braunkohleabbau.

Fossilien: Abgesehen von Pflanzenresten spärlich. Pflanzenreste (UNGER 1849: 51, ANDRAE 1854: 561, ETTINGSHAUSEN 1893: 341, HILBER 1893: 321, HÜBL 1942: 42,

MOSER 1986: 100), terrestrische und limnische Mollusken, Ostracoden, Fischreste (HILBER 1893: 337, MOSER 1986: 104, 108).

Genese, Fazies: Limnisch-fluviatil-deltaisch. *Hofmühle-Subformation*: Deltaebene mit zahlreichen Subenvironments (Marschen, Uferdämme, Buchten zwischen Verteilerrinnen, aber auch debris flows; MOSER 1986: 132). *Gstauda-Subformation*: Deltafront, Prodelta, limnisch-brackisch (MOSER 1986: 154).

Chronostratigraphie: Zumindest teilweise unteres Pannonium, oberes Miozän.

Biostratigraphie: Zumindest teilweise Mollusken-Zone: *Mytilopsis ornithopsis/hoernesii*-Zone (Zone „B/C“).

Mächtigkeit: Schwankend. Obertags 20–40 m (vgl. MOSER 1986: Beil. 3). In der Bucht von Weiz werden unter Einbeziehung von Bohrungen für die „Kohleführenden Schichten von Weiz“ Mächtigkeiten von 140–200 m (300 m?) angegeben (MOSER 1986: Beil. 3, KRAINER 1987: 162, 266).

Lithostratigraphische Untergliederung: MOSER (1986: Beil. 1) differenziert eine „kohleführende, grundgebirgsnahe“ und eine „kohlefreie [landfernere]“ Fazies. Beiden Einheiten wird hier der Status von Subformationen zugeordnet und eine Benennung in die *Hofmühle-Subformation* und die *Gstauda-Subformation* vorgenommen.

Während MOSER (1986) in der Bucht von Kleinsemmering vor allem eine laterale (proximal–distal) Gliederung sieht, gliedert KRAINER (1987: 166) die „Kohleführenden Schichten von Weiz“ in der Bucht von Weiz in ein „tieferes und höheres Schichtpaket“.

Liegende Einheiten: Verwittertes Grundgebirge und Roterde (HÜBL 1942: 51, FLÜGEL 1975a: 123, EBNER 1983b: 321, MOSER 1986: 120, 156c).

Überlagernde Einheiten: Ries-Fm. mit erosiver Basis; z.T. von Terrassensedimenten und Verebnungslehmen bedeckt.

Laterale Einheiten: Gegen E dürften die „Oberen Kohleführenden Schichten von Weiz“ ein Äquivalent der Kleinsemmering-Fm. sein (FLÜGEL 1975a: 125, 1997b: 385). Biostratigraphische Anhaltspunkte dazu liefern die unterpannonischen Faunen von Gschwendt (Bucht von Kleinsemmering). Weiter gegen E (Bucht von Pöllau, Bucht von Friedberg-Pinkafeld) und SE (Gnas und Fürstenfeld Becken) ist die Feldbach-Fm. ein laterales Äquivalent (GROSS 2003: 17). Im Bereich von Mariatrost ist die Kleinsemmering-Fm. wahrscheinlich störungsbedingt von der obersarmatischen Gleisdorf-Fm. (Lustbühel-SbFm.) getrennt.

Geographische Verbreitung: Entspricht dem Typus-Gebiet bzw. können zumindest Teile der „Kohleführenden Schichten von Weiz“ in der Bucht von Weiz integriert werden.

Bemerkungen: Die feinklastische, teilweise kohleführende Kleinsemmering-Fm. wird von der grobklastischen Ries-Fm. mit erosivem Kontakt überlagert. Schlechte Aufschlussverhältnisse und das Fehlen biostratigraphischer Daten erschweren die Abgrenzung (HÜBL 1942: 31). Die Hangendgrenze wird mit dem Einsetzen von Kiesen gezogen, beruht auf geomorphologischen Erscheinungen (Vernässungszonen an der Basis der Kiese; MOSER 1986: 156c) oder auf Korrelation der Höhenlagen (z.B. SE Wollsdorf). Eine Untergliederung – analog zur Gliederung in der Bucht von Weiz – in „Untere“

[obersarmatische] und „Obere“ [pannonische] „kohleführende Schichten“ ist im Bereich Wenisbuch–Niederschöckl–Kumberg–Kleinsemmering nicht möglich (vgl. WINKLER-HERMADEN 1957: 32, FLÜGEL 1961: 111, 114, KOLLMANN 1965: Taf. 3, MOSER 1986: 118, KRAINER 1987: 237).

MOSER (1986: 154; vgl. HÜBL 1942: 46) sieht in der Hofmühle-SbFm. Ablagerungen einer Deltaebene, die beckenwärts in Deltafront/Prodelta bzw. limnische Environments der Gstauda-SbFm. übergehen. Während die grundgebirgsnahe Hofmühle-SbFm. örtlich bauwürdige Kohleflöze beinhaltet, reduziert sich die Kohleführung in der distalen Gstauda-SbFm. In der Gstauda-SbFm. kommen auch mergelige Kalke und Kalkmergel mit limnisch-brackischen Faunen (Ostracoden, Gastropoden) vor.

Die Kleinsemmering-Fm. ist über weite Strecken, abgesehen von pflanzlichen Resten, fossilieer bzw. fehlen Indexfossilien (HÜBL 1942: 31, MOSER 1986: 103). Lediglich die bei Gschwendt (Graben NE Gschwendt und Straßenprofil Gstauda; Bucht von Kleinsemmering) gefundenen Mikrofaunen (Ostracoden) machen eine Einstufung ins untere Pannonium (Zone „B/C“) wahrscheinlich (MOSER 1986: 117). Die von WINKLER (1913: 575; WINKLER-HERMADEN 1957: 32) und CLAR (1927: 191) „gerüchteweise aufgefundenen sarmatischen“ Fossilien in der Bucht von Niederschöckl konnten nicht wiederaufgefunden werden. Die Lehmgrube bei Höf, aus deren Liegendem MOSER (1986: 108; vgl. HÜBL 1942: 52) limnische und terrestrische Mollusken (u.a. *Melanopsis* sp.) anführt, ist heute vollständig rekultiviert. Aufgrund lithologischer Korrelation, werden die Ablagerungen der Buchten von Wenisbuch, Niederschöckl und Kumberg zur Kleinsemmering-Fm. gestellt.

2.4 Gleisdorf-Formation

Am geologischen Kartenblatt Graz teilweise untergliedert in die hangende *Lustbühel-Subformation* und die liegende *Peterstal-Subformation*.

Für lithologisch vielfältige Ablagerungen des oberen Sarmatium wurde die Bezeichnung „Gleisdorfer Schichten“ verwendet (KOLLMANN 1960: 165, FLÜGEL 1961: 108; KOLLMANN 1965: 565, EBNER 1983a: 119). FRIEBE (1994) etabliert die Gleisdorf-Fm. (Gebiet um den Stradner Kogel und Hartberg) mit einer Reihe von Subformationen. HARZHAUSER & PILLER (2004: 68) verwenden den Terminus Gleisdorf-Fm. für die gesamte, gemischt siliziklastisch-karbonatische obersarmatische Ablagerungsfolge im Steirischen Becken.

Im Bereich von GÖK 164 Graz treten die karbonatischen Anteile stark zurück, marine Faunen sind selten (GROSS et al. 2007a: 200). Um dieser lithologischen und faziellen Differenzierung Rechnung zu tragen, werden von FLÜGEL (1997a: 337, 1997b: 384) die Begriffe „Peterstal-Formation“ (v.a. blaugraue Pelite und Sande) und „Lustbühel-Formation“ (Wechsellagerung von Grob- und Feinklastika) eingeführt. Beiden Einheiten wird hier der Status von Subformationen zugeordnet, da sie als proximale Anteile der Gleisdorf-Fm. betrachtet werden und ihre kartographische Trennung im N von Graz (etwa ab Pfangberg bis ins Gratkorn Becken) nicht/kaum möglich ist (GROSS et al. 2007a: 207). Das von KOLLMANN (1965: 561, Taf. 2) S Grambach aufgrund höhenmäßiger Korrelation mit biostratigraphisch eingestuften Aufschlüssen weiter im SE ausgeschiedene „Mittelsarmat“ entspricht lithologisch der Gleisdorf-Fm. (Lustbühel-SbFm.) und wird hier dieser Einheit zugeschlagen (FLÜGEL 1997b: 385).

Lustbühel-Subformation

Validität: Informell; etabliert von FLÜGEL (1997a: 337, 1997b: 384; vgl. GROSS et al. 2007a: 206); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Gebiet um Graz E der Mur.

Typus-Profil: Obwohl z.B. in der Baugrund-Datenbank der Stadt Graz oftmals in kleinräumigen Baugruben erfasst, fehlt bis heute ein längeres, gut dokumentiertes Profil durch diese Folge (vgl. FLÜGEL 1997b: 385, GROSS et al. 2007a: 207). FLÜGEL (1997b: 385) führt eine Bohrung (ehemalige Ziegelei Eustacchio, Graz-St. Peter) an, die als Typus-Profil gewählt wird (-N 47°03'40“, E 15°28'30“).

Referenz-Profil: WINKLER-HERMADEN (1957: 130) beschreibt grob die Aufschlussverhältnisse der ehemaligen Ziegelei Wolf (Graz-Andritz; -N 47°05'55“, E 15°26'11“), die sowohl Anteile der Peterstal- als auch der Lustbühel-SbFm. erschloss.

Ableitung des Namens: Schloss Lustbühel, 4,2 km E Hauptplatz Graz (von hier berichtet WAAGEN 1934: 43 (-N 47°04'07“, E 15°29'27“) erstmals von einer „sarmatischen Mikrofauna“; vgl. GROSS et al. 2007a: 201).

Synonyme: Partim „Untermiozäne Süßwasserschichten“ (CLAR 1927: 185), (partim) „Fossilführende Schichten von Spillerhof [Spielerhof] bei Raaba“ (KOLLMANN 1965: Taf. 3, 565), „Ton/Sand/Kies-Wechselfolge“ (UNTERSWEIG 1986: 13).

Lithologie: Wechsellagerungen von gelblichen/grauen, massigen oder kreuzgeschichteten Kiesen und Sanden und massigen oder laminierten Peliten; sehr untergeordnet Lagen oolithische Kalke.

Fossilien: Sehr selten. Pflanzenreste, spärliche Ostracoden-, Foraminiferen- und Molluskenfaunen (GROSS et al. 2007a: 207). Vermutlich stammen die Rhinocerotiden- und Proboscidiid-Funde aus dem Hangenden der Tone der Ziegelei Wolf/Andritz und der *Deinotherium*-Unterkiefer von Breitenhilm W Vasoldsberg (-N 47°00'47“, E 15°32'46“) aus dieser Subformation (PETERS 1871: 370, MÖTTL 1970: 41, 53).

Genese, Fazies: Randmarin (reduzierte und/oder stark fluktuierende Salinität), aber auch fluviatil beeinflusst.

Chronostratigraphie: Oberes Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Foraminiferen-Zone: *Porosonion granosum*-Zone (GROSS et al. 2007a: 208).

Mächtigkeit: Schwankend. Obertags rund 20–40 m (FLÜGEL 1997b: 385, GROSS et al. 2007a: 206).

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Peterstal-SbFm. Wenn keine Untergliederung in Lustbühel- und Peterstal-SbFm. möglich ist: Gratkorn-Fm. (vgl. 2.5, Referenz-Profil Lanz) und Rollsdorf-Fm.

Überlagernde Einheiten: Ries-Fm.

Laterale Einheiten: Verschiedene Autoren diskutieren eine Einstufung tieferer Anteile der „Unteren kohleführenden Schichten von Weiz“ ins obere Sarmatium (z.B. WINKLER-HERMADEN 1957: 32, FLÜGEL 1961: 111, 114, KOLLMANN 1965: Taf. 3, MOSER 1986: 118, KRAINER 1987: 237). Für die „Pucher Schotter“ nimmt (KRAINER 1987: 83) obersarmatisches bis unterpannonisches Alter an. Die „Unteren kohleführenden Schichten von Weiz“ und „Pucher Schotter“ könnten damit zumindest teilweise ein laterales Äquivalent (auch zur Peterstal-SbFm.) bilden.

Geographische Verbreitung: Entspricht dem Typus-Gebiet.

Bemerkungen: Die Lustbühel-SbFm. fasst gemischt-siliziklastische Ablagerungen des oberen Sarmatium zusammen, die vor allem an den Hügeln im östlichen Grazer Stadtgebiet in temporären, geringmächtigen Baugruben erschlossen werden. Einschaltungen von pelitischen Schichtpaketen im liegenden Anteil sowie von mächtigeren Kieslagen im Hangendanteil erschweren in Verbindung mit der unzureichenden Aufschlussituation und den spärlichen biostratigraphischen Daten eine Abgrenzung zur unterlagernden Peterstal-SbFm. bzw. zur überlagernden Ries-Fm. (FLÜGEL 1997b: 385, GROSS et al. 2007a: 208). Die Hangendgrenze zur Ries-Fm. wird mit dem Einsetzen von Grobkiesen und dem „fast völligem Fehlen blauer Silte und Tone“ gezogen (FLÜGEL 1997b: 385).

Bis FLÜGEL (1997b: 385) war der Fundpunkt bei Spielerhof/Raaba (-N 47°01'11", E 15°30'10") der nördlichste Punkt mariner, obersarmatischer Faunen, die Einstufung der Lustbühel-SbFm. unsicher. Neue Funde obersarmatischer Faunen innerhalb dieser Subformation (Mariatrost, Schmiedn/St. Peter) belegen diese zeitliche Einstufung (GROSS et al. 2007a: 207). Eine weitere marine Fauna und geringmächtige Oolith-Lagen wurden im Zuge von Bauarbeiten an der A2 bekannt (Kreuzbach, 0,7 km SSW Pachern, N 47°02'24", E 15°31'04").

Im Gratkorn Becken sind in der Kiesgrube W der Straße Pailgraben–Gehöft Pail (N 47°07'42", E 15°23'18") graue-gelbliche, rippel- und trogförmig kreuzgeschichtete, sandige Fein- bis Mittelkiese aufgeschlossen. Zahlreiche NW-SE- bzw. NE-SW-streichende mit 50–80° einfallende Störungen mit Versetzungsbeträgen von bis zu 0,5 m, zeigen intensive Extensionstektonik an (vgl. FLÜGEL 1997b: 386, GROSS et al. 2007b: 194). Die Kiese werden von paläopedogen überprägten Peliten und Silt- bis siltigen Feinsand-Wechselagerungen überdeckt. Diese Kiese werden hier der Gleisdorf-Fm. (Lustbühel-SbFm.) zugeordnet. Die beobachtete Dehnungstektonik könnte mit einem untergeordnetem „Post-Carinthischen“, obersarmatischen Extensionsereignis in Verbindung stehen (vgl. KRAINER 1984: 103, 1987: 258, 265, SACHSENHOFER et al. 1997: 182).

Peterstal-Subformation

Validität: Informell; etabliert von Flügel (1997a: 337, 1997b: 384; vgl. GROSS et al. 2007a: 206); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Gratkorn Becken und Gebiet um Graz E der Mur.

Typus-Profil: Ähnlich wie bei der Lustbühel-SbFm. fehlt, obwohl im Zuge von Bauarbeiten aus vielen geringmächtigen Profilen bekannt, eine detaillierte Darstellung dieser Subformation. FLÜGEL (1997b: 384) gibt eine Reihe von Aufschlüssen und Bohrungen (ehemalige Ziegelei Eustacchio, Graz-St. Peter) an.

Als Typus-Profil werden die in der Tongrube St. Stefan (0,7 km E Gratkorn, N 47°08'14", E 15°20'56") in Abbau befindlichen Pelite gewählt, die hier die Gratkorn-Fm. überlagern (GROSS et al. 2007b: 177, GROSS 2008: 264, HARZHAUSER et al. 2008: 46, GROSS et al. 2011: 1900, 2014: 12). Sowohl gegen N (Bereich der A9) als auch gegen S (Seniorenzentrum Gratkorn) ist dieses Tonvorkommen wahrscheinlich durch WNW-ESE-verlaufende Störungen begrenzt.

Ableitung des Namens: „Peterstal“, Tal 4,2 km ESE Hauptplatz Graz.

Synonyme: Partim „untere Süßwasserschichten“ (HILBER 1893: 316), partim „Untermiozäne Süßwasserschichten“ und „Pontische Schichten“ (CLAR 1927: 185), partim „Gleisdorfer Schichten mit limnischen Ostracoden“ (KOLLMANN 1965: 565, Taf. 3), „Eustachio-Formation“ (FLÜGEL 1997a: 337).

Lithologie: Graue, massige, oft laminierte Pelite („Bändertone“), untergeordnet Sand- und Kieslagen.

Fossilien: Pflanzenreste (HILBER 1893: 316, KNOLL 1902: 36, CLAR 1927: 186, MELLER & GROSS 2006, MELLER & HABLY 2014: 14); spärliche Ostracoden- und Molluskenfaunen, Fischreste, Insektenreste (KNOLL 1902: 38, KOLLMANN 1965: 565, GROSS et al. 2007a: 201, 2007b: 180, GROSS 2008: 265, GROSS et al. 2011: 1899, 2014: 17), Süßwasserkrabben (GLAESSNER 1928: 212, KLAUS & GROSS 2010: 47). Vermutlich stammen die Rhinocerotiden- und Suiden-Reste aus der Ziegelei Eustachio (MOTTL 1970: 41) und das Boviden-Skelett vom Tiefernitzgraben (Mottl 1970: 43; vgl. VISLOBOKOVA 2006: 442) aus der Peterstal-SbFm.

Genese, Fazies: Limnisch, ?z.T. fluvial-deltaisch beeinflusst, Süßwasser.

Chronostratigraphie: Oberes Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Keine Index-Fossilien bekannt.

Mächtigkeit: Stark schwankend; 5–25 m (GROSS et al. 2007a: 205).

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Gratkorn-Fm. und Rollsdorf-Fm.

Überlagernde Einheiten: Lustbühel-SbFm.

Laterale Einheiten: Vgl. Lustbühel-SbFm.

Geographische Verbreitung: Entspricht dem Typus-Gebiet.

Bemerkungen: Die vorwiegend pelitisch entwickelte Peterstal-SbFm. wird (so weit bekannt) im Gratkorn Becken, im Pailgraben und in der Ziegelei Wolf/Andritz von Grobklastika der Gratkorn-Fm. unterlagert (GROSS et al. 2007a: 207; vgl. WINKLER-HERMADEN 1957: 130). Die Gratkorn-Fm. scheint gegen SE auszuweichen und/oder wurde vermutlich im Grazer Stadtgebiet im Quartär aufgearbeitet. Eine lithologische Trennung der Peterstal-SbFm. zur unterlagernden, ebenfalls pelitischen, im Hangenden fossilarmen, untersarmatischen Rollsdorf-Fm. ist dann schwierig (vgl. FRIEBE 1996:

14). Während KOLLMANN (1965: 565) die Schichten der Peterstal-SbFm. ins „höchste Obersarmat“ stellt, stellen GROSS et al. (2007a: 206) die Peterstal-SbFm. in das basale obere Sarmatium (entspricht dem „liegenden fossilarmen Schichtpaket“, Obere *Ervilia*-Mollusken-Zone von KOLLMANN 1965: 561).

2.5 Gratkorn-Formation

Validität: Informell; etabliert von GROSS et al. (2007a: 205); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Gratkorn Becken.

Typus-Profil: Grubenbauer, 2 km NE Gratkorn (N 47°08'59“, E 15°21'25“).

Das Profil Grubenbauer wird als Typus-Profil gewählt, da es einen guten Einblick in die Lithologie der Gratkorn-Fm. gibt und vermutlich einen langlebigen Aufschluss bietet (entspricht vielleicht HILBER 1893: 349).

Referenz-Profil: Lanz, 0,4 km NE Gratkorn (N 47°08'21“, E 15°20'36“), Tongrube St. Stefan, 0,7 km E Gratkorn (N 47°08'14“, E 15°20'56“), Pailgraben, 3,5 km ESE Gratkorn (N 47°07'46“, E 15°23'06“), Bogenhof, 4,3 km ESE Gratkorn (N 47°07'20“, E 15°23'35“).

Im Profil Lanz werden Grobkiese bis „Blockkiese“ der Gratkorn-Fm. erosiv von sandigen Mittel-/Grobkiesen der Gleisdorf-Fm. überlagert (HILBER 1893: 348). In der Tongrube St. Stefan wurde die Grenze zur hangenden Gleisdorf-Fm. (Peterstal-SbFm.) durch Schurfgräben aufgeschlossen (GROSS et al. 2011: 1900, 2014: 13). Im Profil Pailgraben liegt die Gratkorn-Fm. erosiv auf tektonisch verstellten Peliten der Rollsdorf-Fm. Im Profil Bogenhof ist die Überlagerung der Gratkorn-Fm. mit Peliten der Gleisdorf-Fm. (Peterstal-SbFm.) aufgeschlossen (CLAR 1931: 17, 1938: 158, GROSS et al. 2007a: 198).

Ableitung des Namens: Marktgemeinde Gratkorn, 9,8 km NW Graz.

Synonyme: Partim „Kristallinschotter“ (CLAR 1933: 37), partim „kristalliner Grobschotter“ (CLAR 1938: 157), „Kristalline Blockschotter von Gratkorn“ bzw. „Frühint-rapannonischer Blockschotter und Schotter“ (WINKLER-HERMADEN 1957: 123), partim „Eckwirtschotter“ (EBNER 1983a: 119), „Eckwirt-Formation“ (FLÜGEL 1997b: 386), „Gravels of Gratkorn“ (GROSS et al. 2007b: 177), „Gratkorn Gravel“ (GROSS et al. 2011: 1897).

Lithologie: Graue bis gelblich-orange oxidierte, massige Grobkiese bis „Blockkiese“, untergeordnet kreuz- und horizontalgeschichtete Sande und Fein-/Mittelkiese; häufig verwitterte Gneisgerölle, z.T. >1 m³; polymikt (vorwiegend Kristallin-Komponenten: Gneis, Quarz, Amphibolit, Pegmatit; seltener paläozoische und mesozoische Kalk- und Dolomitgerölle, „Eozängerölle“, ?,(Gosau-)Konglomeratgerölle“; FLÜGEL 1997b: 386; vgl. WINKLER-HERMADEN 1957: 121, E. FLÜGEL, unpubl. Unterlage); z.T. sandige Matrix, z.T. pelitische Matrix (vgl. Basis der Tongrube St. Stefan; GROSS et al. 2007b: 180, 2014: 16); teilweise konglomeratisch verkittet (vgl. Grubenbauer oder Aufschluss an der Straße im Felberbach, N 47°08'54“, E 15°21'37“ oder Aufschluss E Felberbach, N 47°08'33“, E 15°21'33“).

Fossilien: Am Top der Gratkorn-Fm. ist lokal ein fossilführender Paläoboden entwickelt (Tongrube St. Stefan und im vom Felberbach-Graben nach Weißegg ziehenden Graben, N 47°07'20", E 15°23'35"): *Celtis*-Endokarprien, Gastropoden, Vertebraten (HARZHAUSER et al. 2008: 48, Gross et al. 2011: 1905, 2014: 15).

Genese, Fazies: Verflochtenes Flusssystem, z.T. beeinflusst von distalen Alluvialfächern („gravel-bed braided river with sediment-gravity-flows“ sensu MIALL 1996: 206).

Chronostratigraphie: Grenzbereich unteres/oberes Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Basierend auf der untersarmatischen Fauna des Pailgrabens und der Fauna am Top der Gratkorn-Fm. Korrelation mit der *Elphidium bauerinum*–*Porosonion granosum*-Foraminiferen-Zone (GROSS et al 2007b: 182, HARZHAUSER et al. 2008: 56; GROSS et al. 2011: 1898).

Mächtigkeit: Obertags rund 20–30 m; vielleicht >100 m (vgl. FLÜGEL 1997b: 386).

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Rollsdorf-Fm.

Überlagernde Einheiten: Gleisdorf-Fm.

Laterale Einheiten: Keilt gegen SE aus (südöstlichstes Vorkommen ehemalige Ziegelei Wolf/Graz-Andritz; WINKLER-HERMADEN 1957: 130). Der „Carinthische Schotter“ (WINKLER 1927: 397: „sarmato-carinthische[s] Delta“; später: Winkler-Hermaden 1957: 26: „carinthische[r] Schotter“) dürfte ein kontemporäres Äquivalent darstellen (GROSS et al. 2007a: 205, 2011: 1898; beachte: nicht zu verwechseln mit dem „karinthische[n] Schuttkegel der Arnfelser Konglomerate“ in WINKLER 1929: 31).

Geographische Verbreitung: Gratkorn Becken und gegen SE bis Andritz (ehemalige Ziegelei Wolf).

Bemerkungen: Die Gratkorn-Fm. fasst die obertags als liegendste Einheit im Gratkorn Becken aufgeschlossenen, polymikten Grobklastika zusammen. Aufgrund lithologischer Ähnlichkeiten wurde diese Einheit als Äquivalent der „Eckwirt-Formation“ betrachtet (FLÜGEL 1997b: 386; vgl. 2.8, Bemerkungen zur Stallhofen-Fm.). Durch ihre Unterlagerung mit untersarmatischen Peliten (CLAR 1938: 158) und die obersarmatische Fauna am Top der Gratkorn-Fm. werden diese Grobklastika mit der „Carinthischen Phase“ im Grenzbereich unteres/oberes Sarmatium in Verbindung gebracht (WINKLER 1927: 397, WINKLER-HERMADEN 1957: 29). Diese „Phase“ wird wiederholt in Zusammenhang mit verstärkter Hebung der Ostalpen gesehen, die zu bedeutender Erosion und dem beckenwärtigen Progradieren alluvialer/deltaischer Environments führte. Auch eine astronomische Steuerung dieser Regression wird diskutiert (WINKLER-HERMADEN 1957: 29, HARZHAUSER & PILLER 2004: 82, STRAUSS et al. 2006: 194, SCHREILECHNER & SACHSENHOFER 2007: 179, LIRER et al. 2009: 7, GROSS et al. 2011: 1898).

Die Gratkorn-Fm. wird als nordwestliches Äquivalent des „Carinthischen Schotters“ interpretiert, das gegen SE, gegen das offene Becken, auskeilt (GROSS et al 2007a: 205).

Das Auftreten „rätselhafter“, gerundeter, bis Kubikmeter-großer Gneisgerölle („Knöpf“, HILBER 1893: 349, 1913: 89, WINKLER-HERMADEN 1957: 123), die vermutlich aus den Kristallgebieten rund 25 km im NW stammen, kann durch multiplen

Transport in gravitativen Sedimentströmen (debris flows) erklärt werden (vgl. WINKLER-HERMADEN 1957: 124, STRAUSS et al. 2003: 129). Teilweise treten auch in höheren Positionen lithologisch vergleichbare Grobkiese/„Blockkiese“ bzw. isolierte „out-sized“ Gneisklasten auf (z.B. oberhalb des Talschlusses des Hofgrabens, N 47°09'02“, E 15°20'41“; S von Jasen, N 47°09'21“, E 15°21'56“; Talschluss des Haritzbaches, N 47°09'28“, E 15°21'00“; Talschluss des Höllgrabens, N 47°09'13“, E 15°21'06“; vgl. CLAR 1933: 37, FLÜGEL 1997b: 386). Die Aufschlussarmut erlaubt keine Entscheidung, ob es sich um ein fazielles Pendant der Gratkorn-Fm. handelt (wofür das erosive Einschneiden sandiger „Blockkiese“ in unterlagernde Mittelkiese bei Hofgraben sprechen würde) oder, ob diese Grobkiese/„Blockkiese“/Blöcke tektonisch in eine höhere Position gelangten (vgl. AIGNER 1917: 295, FLÜGEL 1997b: 386). H.W. FLÜGEL (pers. Mitt., 23.2.2010) unterstützt klar letztgenannte Lösung.

Die Gratkorn-Fm. und die auflagernden Tone fallen in der Tongrube St. Stefan mit rund 5° gegen E ein. Die Schichten die E des Felberbachs (Tongrube Hammer, N 47°08'14“, E 15°21'47“) aufgeschlossen sind zeigen dasselbe Muster (PEER 2000). Insgesamt ist mit NNE-SSW-streichenden Störungen im Gratkorn Becken zu rechnen.

W der Mur auftretende Bentonit-Lagen und Gastropoden-Faunen weisen auf unterbadenisches Alter der „Schichten von Rein“ bzw. der „Eckwirt Schotter“ hin (FLÜGEL 1958: 209, 1959: A 20, EBNER & GRÄF 1979: 16, EBNER 1981: 52, HIDEN & ROTTENMANNER 2007: 6, HARZHAUSER et al. 2014: 4). Bedingt durch die zeitliche Einordnung der Gratkorn-Fm. in den Grenzbereich unteres/oberes Sarmatium ergibt sich die Notwendigkeit einer etwa N-S-verlaufenden Störung, die im Gratkorn Becken ungefähr im Bereich des heutigen Murtales liegen dürfte (-Grenze zu ÖK50-BMN 163, Blatt Voitsberg; vgl. GROSS et al. 2014: 7).

2.6 Rollsdorf-Formation

Validität: Informell; etabliert von KRAINER (1984: 102; vgl. KRAINER 1987: 21); Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Von FRIEBE (1994: 270) als Subformation der Gleisdorf-Fm. zugerechnet. Zur Formation erhoben von HARZHAUSER & PILLER (2004: 68) und mit den „Waldhof-Schichten“ von FLÜGEL (1961: 109) gleichgestellt (vgl. KRAINER 1987: 82). Von GROSS et al. (2007a: 205) wird auch für untersarmatische Schichten („Waldhof Schichten“) im Thal-Becken die Bezeichnung Rollsdorf-Fm. verwendet. Der Bezeichnung Rollsdorf-Fm. wird trotz der früheren Einführung des Begriffes der „Waldhof-Schichten“ der Vorzug gegeben, da KRAINER (1984: 102) erstmals detaillierte Profile dieser Schichtfolge darstellt. Weiters sind die Profile im Thal-Becken äußerst schlecht aufgeschlossen.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 165 Weiz (ÖK50-UTM, Blatt 4224 Hartberg, 4230 Gleisdorf); Bucht von Weiz, Gebiet E Weiz zwischen Ilz und Schirnitzbach.

Typus-Profil: Profil Steingrub, S Ilzberg, 6,9 km E Weiz (N 47°13'15“, E 15°42'42“; KRAINER 1984: 97, 1987: 28, vgl. HARZHAUSER & PILLER 2004: 75).

Das Typus-Profil war eine temporäre Baugrube und ist nicht mehr zugänglich (Krainer 1984: 97, 1987: 28).

Referenz-Profil: Weitere Profile und Fundpunkte beschrieben in KRAINER (1984: 97, 1987: 28): z.B. Pircha, 7 km ESE Weiz (N 47°11'51“, E 15°42'34“), Wohngraben, 7,5 km ESE Weiz (Profil 3: N 47°11'41“, E 15°42'51“ und Profil 4/Wohngraben: N 47°11'27“, E

15°42'48“), Rollsdorf, 8,3 km SE Weiz (Profil 5/Hartenstein: N 47°10'39“, E 15°43'05“ und Profil 6/Lohnberg: N 47°10'39“, E 15°42'31“; vgl. HILBER 1893: 330). Weiters Profil Köberl im Thal-Becken (N 47°02'32“, E 15°21'38“; RIEPLER 1988: 74).

Ableitung des Namens: Ortschaft Rollsdorf, 7,9 km SE Weiz.

Synonyme: Zur Erforschungsgeschichte wird auf die Ausführungen von FLÜGEL (1961: 109, 1975a: 120), KRAINER (1987: 21) und RIEPLER (1988: 71) verwiesen. Partim „sarmatische Stufe in Thal“ (HOERNES 1878: 305), (partim) „Sarmatische Schichten“ (HILBER 1897: 185), partim „Gleisdorf-Schichten“ (Flügel 1961: 110, 1975a: 121), „Waldhof-Schichten“ (Flügel 1961: 109), partim „Gleisdorfer Schichten“ (KOLLMANN 1965: 567), „Waldhofschichten“ (RIEPLER 1988: 71), „Rollsdorf-Member“ (FRIEBE 1994: 270).

Lithologie: Vorwiegend feinklastisch; gelbliche bis graue, massige oder laminierte Ton-Silt-Feinsand-Wechselagerungen (zum Teil Rippel- und Schrägschichtung) und siltige Tone; untergeordnet Einschaltungen von Kies, Tonmergel- und Kalkbänken, Kalksandsteinen und Kohlelagen (Thal-Becken, FLÜGEL 1975a: 120, FLÜGEL & RIEPLER 1984: 83; vgl. ROLLE 1856: 546, HILBER 1893: 311). Weitere Angaben zu Geröll-, Korngrößen-, Schwermineral-Analysen und zur Karbonatmikrofazies in KRAINER (1987: 52, 55, 59, 66) und RIEPLER (1988: 104, 109)

Fossilien: Pflanzenreste (Blattabdrücke, Characeen), Foraminiferen, Bivalven, Gastropoden, Bryozoen, Ostracoden, Brachyuren (KRAINER 1984: 97, 102, 1987: 38). Angaben zur Fossilführung im Bereich des geologischen Kartenblattes Graz in z.B.: CLAR (1938: 158), FLÜGEL (1959: A 20, 1961: 109), RIEPLER (1985: 308, 1986: 444, 1988: 88), GROSS et al. (2007a: 198), ZAGYVAI & DEMETER (2008: 52), Löw (2010: 75). „Aus den Hangendmergeln des Lignitlagers der Mantscha“, die vermutlich der Rollsdorf-Fm. angehören, werden Rhinocerotiden-Reste erwähnt (HILBER 1893: 312, MOTTL 1970: 31).

Genese, Fazies: Randmarin (flachmarin bis supratidal), brackisch (KRAINER 1987: 78).

Chronostratigraphie: Unteres Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Foraminiferen-Zone: *Elphidium reginum*–*Elphidium hauerinum*-Zone (KRAINER 1987: 49, RIEPLER 1988: 88, HARZHAUSER & PILLER 2004: 67, vgl. FLÜGEL 1961: 109, KOLLMANN 1965: 557).

Mächtigkeit: Maximal 150–200 m (KRAINER 1987: 266); im Thal-Becken rund 40 m (RIEPLER 1988: 72).

Lithostratigraphische Untergliederung: Im Thal-Becken werden von RIEPLER (1988: Beil. 1) eine Reihe von lithologischen Einheiten ausgeschieden, die auf GÖK50 164 Graz nicht getrennt dargestellt sind.

Liegende Einheiten: Im Typus-Gebiet: transgressiver Kontakt auf kristallinem Blockschutt (zum Teil fluviatil überprägter Hang- und Murenschutt) und Grundgebirge (KRAINER 1984: 98, 1987: 18). In der Mantscha (GÖK 164 Graz) über siltigen, z.T. sandigen Tonen (FLÜGEL 1997b: 384; Mantscha-Fm.). Setzt sowohl in der Bucht von Weiz als auch im Thal-Becken mit einem basalen, mehrere Meter-mächtigen, sandigen Horizont ein (KRAINER 1984: 100, RIEPLER 1988: 73).

Überlagernde Einheiten: In der Bucht von Weiz die „Pucher Schotter“ (KRAINER 1987: 88, 268); im Bereich des geologischen Kartenblattes Graz die Gratkorn-Fm. oder die Gleisdorf-Fm.

Laterale Einheiten: Zum Teil (Bucht von Weiz) bruchtektonisch begrenzt. Die Vorkommen von Rohrbach an der Lafnitz in der Bucht von Friedberg-Pinkafeld könnten ebenfalls in diese Formation integriert werden (PAPP 1956: 46, KOLLMANN 1965: 557, 570).

Geographische Verbreitung: Bucht von Weiz; obertags auf GÖK 164 Graz: NE Graz (Pailgraben, Neustift), Thal-Becken (vgl. RIEPLER 1988: Beil. 1, GROSS et al. 2007a: 207).

Bemerkungen: Die Rollsdorf-Fm. setzt mit einem basalen sandigen Horizont ein (KRAINER 1984: 100, RIEPLER 1988: 73). Darüber sind z.T. fossilreiche, graue bis grünliche, laminierte Pelite mit Einschaltungen geringmächtiger Kohlelagen entwickelt (vgl. WEBER & WEISS 1983: 37, FLÜGEL & RIEPLER 1984: 83). Hangend schließt eine vorwiegend grau-gelbliche, horizontal- und kreuzgeschichtete sandige Abfolge mit untergeordneten Silt- und Feinkieseinschaltungen an (RIEPLER 1988: 73, 80). An der Basis dieses sandig geprägten Schichtpaketes sind teilweise unbeständige Kalkbänke entwickelt (RIEPLER 1987: 334).

Die Fossilführung der Rollsdorf-Fm. im Thal-Becken wird gegen das Hangende zunehmend artenärmer. Monospezifische Foraminiferen-Assoziationen (*Ammonia beccarii*, *Aubignyna*) und limnisch-brackische Faunenelemente weisen auf abnehmende Salinität hin (RIEPLER 1988: 98). Die vergleichbaren Faunen im Pailgraben und der ehemaligen Ziegelei Tondolo/Neustift (Clar 1938: 158, FLÜGEL 1959: A 20, GROSS et al. 2007a: 198) können damit mit den höheren Anteilen der Rollsdorf-Fm. im Thal-Becken korreliert werden.

Im Bereich bei Steinberg überlagern massige Grobkiese mit untergeordneten horizontal- oder kreuzgeschichteten Sandlagen die Rollsdorf-Fm. Petrographisch ist keine Differenzierung zu den „Eckwirt-Schottern“ möglich (RIEPLER 1988: 73, 84, 88). Möglichweise könnten diese Grobkiese (die auf GÖK 164 Graz der Rollsdorf-Fm. angeschlossen wurden und von RIEPLER 1988: 88 ins „Mittlere Sarmat“ eingestuft wurden) der Gratkorn-Fm. entsprechen. Insgesamt ergibt sich aus der unterschiedlichen Höhenlage der Vorkommen untersarmatischer Sedimente im Thal Becken und im Pailgraben bzw. von Neustift eine Höhendifferenz von rund 100 m, die eine annähernd W-E-streichende Störung zwischen Plabutsch-Buchkogel-Zug und den paläozoischen Einheiten N der Mur annehmen lässt. RIEPLER (1988: 44, 66, 99) diskutiert störungsbedingte Versetzungen der neogenen Schichtfolge, die jedoch durch mangelnde Aufschlüsse und stratigraphische Korrelation feldgeologisch kaum aufzulösen sind. Deutliche Hinweise auf tektonische Bewegungen liefern z.B. seismische Untersuchungen W des Forstkogels und im Raum Pirka-Tobelbad (knapp außerhalb des geologischen Kartenblattes Graz; WEBER et al. 1999: 103, LORENZ & SCHMID 2005: 24).

2.7 Mantscha-Formation

Validität: Informell; Formalisierung in vorliegender Arbeit.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Thal-Becken.

Typus-Profil: Profil Köberl, 6,8 km SW Hauptplatz Graz (N 47°02'32“, E 15°21'38“; RIEPLER 1988: 74). Nicht mehr zugänglich.

Ableitung des Namens: Ortschaft Mantscha, 7,6 km SW Hauptplatz Graz.

Synonyme: Partim „Planorben-Schichten“ (ROLLE 1856: 543), „limnisch-fluviatile, kohleführende, sandig schottrige Schichtfolge“ bzw. partim „Kohleführende Schichten von Webling-Baierdorf“ (FLÜGEL 1975b: 75), partim „Reiner Schichten“ (EBNER 1983a: 118).

Lithologie: Graue, siltige bis sandige Tone (FLÜGEL 1997b: 384). Im Bereich der Bucht von Webling auch geringmächtige Kohlelagen und graue, mergelige Süßwasserkalke (HIDEN 1996: 29)

Fossilien: Im Bereich der Bucht von Webling: Pflanzenreste, limnische und terrestrische Gastropoden, vereinzelt Rhinocerotiden-Reste (ROLLE 1856: 544, HILBER 1893: 313, FLÜGEL 1959: A 20, HIDEN 1996: 29).

Genese, Fazies: Limnisch(-fluviatil).

Chronostratigraphie: Vielleicht Grenzbereich Badenium/Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Unklar.

Mächtigkeit: Bis zu 50 m.

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Eckwirt-SbFm. (Stallhofen-Fm.); z.T. Eggenberg-Fm. (FLÜGEL 1959: A 20, HIDEN 1996: 29).

Überlagernde Einheiten: Rollsdorf-Fm.

Laterale Einheiten: Unklar.

Geographische Verbreitung: Thal Becken und Bucht von Webling.

Bemerkungen: Die Mantscha-Fm. fasst wenig bekannte, feinklastische Ablagerungen im Liegenden der Rollsdorf-Fm. zusammen (Mantscha, Mitterriegel, Attendorfberg). Ihr Alter ist aufgrund fehlender biostratigraphischer Anhaltspunkte unklar. Durch ihre Position im Liegenden der Rollsdorf-Fm. und im Hangenden der Eckwirt-SbFm. wird eine Einstufung in den Grenzbereich Badenium/Sarmatium vermutet (FLÜGEL 1997b: 384).

Die im Hangenden von Rotsedimenten (Eggenberg-Fm.) auftretenden kohleführenden Pelite und Süßwasserkalke der Bucht von Webling (E Plabutsch) werden fraglich der Mantscha-Fm. zugerechnet. Stratigraphische Einstufungen reichen vom unteren Badenium (HOERNES 1880: 328, HILBER 1893: 315, FLÜGEL 1975a: 111, EBNER 1983a: 118) bis zum unteren Pannonium (FLÜGEL 1959: A 20). Eine moderne Bearbeitung der Faunen von Webling fehlt (GROSS et al. 2007a: 203).

2.8 Stallhofen-Formation

Am geologischen Kartenblatt Graz tritt nur die **Eckwirt-Subformation** der Stallhofen-Fm. (EBNER & STINGL 1998: 404) auf, die hier beschrieben wird.

Eckwirt-Subformation

Validität: Informell; die Bezeichnung „Eckwirt“ wurde von FLÜGEL (1959: A 20; vgl. 1958: 208) etabliert; Formalisierung in vorliegender Arbeit; von EBNER & STINGL (1998: 405) als Subformation der Stallhofen-Fm. geführt.

Typus-Gebiet: ÖK50-BMN, Blatt 163 Voitsberg (ÖK50-UTM, Blatt 4228 Voitsberg); Bucht von Köflach-Voitsberg, Bucht von Stallhofen.

Typus-Profil: Lobmingberg, 3,5 km NNE Voitsberg (N 47°04'36“, E 15°09'59“; EBNER & GRÄF 1982: 39, EBNER et al. 1998: 426).

FLÜGEL (1959: A 20) gibt kein Typus-Profil an. Als Typus-Profil werden die von EBNER & GRÄF (1982: 40) am Lobmingberg beschriebenen Aufschlüsse gewählt.

Referenz-Profile: Schirningbach-Graben, N Eckwirt (1,1 km NNE Stiwoll, N 47°06'44“, E 15°13'28“), Profile S Steinberg, 8,9 km E Hauptplatz Graz (RIEPLER 1988: 35): Triebel (N 47°03'30“, E 15°19'17“) und Doblwald (N 47°03'45“, E 15°19'17“).

Im Schirningbach-Graben sind diese Grobklastika gut aufgeschlossen. Als weitere Referenzprofile werden die von RIEPLER (1988: 35) dargestellten Profile im Gebiet S Steinberg angeführt.

Ableitung des Namens: Gehöftbezeichnung „Eckwirt“, 0,9 km NNE Stiwoll.

Synonyme: Partim „Schotter der Mantscha“ (AIGNER 1917: 296), „Schotter des Eckwirtes“ (FLÜGEL 1959: A 20, 1961: 104), „Eckwirtschotter“ (KOLLMANN 1965: 545), „Eckwirtschotter“ bzw. „Schotter des Unt. Badonian“ (EBNER & GRÄF 1982: 39), „Eckwirtschotter“ (EBNER 1983a: 118), „Eckwirt-Formation“ (FLÜGEL 1997b: 384).

Lithologie: Von FLÜGEL (1961: 103) als Kristallingeröll-dominiertes Grobkies-/„Blockkies“ mit gegen das Becken abnehmender Korngröße näher beschrieben. Vor allem in den basalen Anteilen treten verstärkt Kalkgerölle auf (gelbliche, fossilführende „Eozängerölle“, auch oberkretazische Orbitoidensandsteine; FLÜGEL 1961: 105, EBNER 1986: 80). Gegen das Hangende abnehmender Kalkgeröllanteil und häufig stark zersetzte Kristallingerölle („Gesteinsleichen“). Auf ÖK50-BMN, Blatt 163 Voitsberg örtlich Einschaltungen von bis zu mehrere Meter-mächtigen Tuffen/Tuffiten/Bentoniten die als Lobmingberg-SbFm. innerhalb der Stallhofen-Fm. ausgegliedert werden (EBNER & GRÄF 1982: 39, EBNER & STINGL 1998: 406, EBNER et al. 1998: 426).

Im Bereich des geologischen Kartenblattes Graz (RIEPLER 1986: 444, 1988: 33, 49, 60, FLÜGEL 1997b: 384): graue bis gelblich-graue, massige Grobkiese mit untergeordneten gelblichen oder grauen horizontal- oder kreuzgeschichteten Sanden, z.T. konglomeratisch verkittet, untergeordnet laminierte oder massige Pelite; polymikt, vorwiegend Kristallingerölle, gegen S (etwa von Steinberg bis Tobelbad) zunehmend Quarz-dominiert und Abnahme der Geröllgröße.

Fossilien: Aus den Grobklastika keine bekannt. Z.T. an der Basis der zwischengeschal-

teten Lobmingberg-SbFm.: *Celtis* und Gastropoden (FLÜGEL 1959: 209, MAURIN 1959: A 41).

Genese, Fazies: Verzweigtes Flusssystem (RIEPLER 1988: 63, EBNER & STINGL 1998: 404).

Chronostratigraphie: Unteres Badenium–unteres Sarmatium, mittleres Miozän.

Biostratigraphie: Unklar.

Mächtigkeit: Westlich Steinberg bis zu 230 m (FLÜGEL 1997b: 384). Obertags im Bereich von Tobelbad bis zu 60 m (RIEPLER 1988: IV, FLÜGEL 1997b: 384).

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: „Tobelbad-Formation“ (eine „etwa 40 m mächtige Folge graublauer, teilweise toniger Silte, kohleführender Sand, Tone und Süßwasserkalke“; FLÜGEL 1997b: 384); könnte den „feinklastischen Schichten NE Mayersdorf“ entsprechen (RIEPLER 1988: 63). Lokal direkt auf paläozoischem Grundgebirge (Tobelbad, FLÜGEL 1997b: 384). Z.T. das „Fine Basis Member“ der Stallhofen-Fm. (EBNER & STINGL 1998: 404). Teilweise diskordant über der Köflach-Voitsberg-Fm. (HILBER 1893: 294, EBNER 1985: 307, EBNER & STINGL 1998: 406).

Überlagernde Einheiten: Auf GÖK50 164 Graz die Mantscha-Fm.

Laterale Einheiten: Dürfte nach RIEPLER (1986: 444, 1988: 67, FLÜGEL 1997b: 384) im Hangendanteil mit liegenden Partien der Rollsdorf-Fm. verzahnen.

Geographische Verbreitung: Buchten von Köflach-Voitsberg, Stallhofen, Stiwoll; Rein, Thal und westliches Gratkorn Becken.

Bemerkungen: FLÜGEL (1958: 209) weist aufgrund der Gastropoden-Funde vom Lobmingberg (und wohl auch durch das Auftreten von Tuffen/Tuffiten) der Eckwirt-SbFm. badenisches Alter zu. Durch die Überlagerung der „Eckwirtschotter“ durch die untersarmatische Rollsdorf-Fm. („Waldhofsichten“) nehmen RIEPLER (1988: 63, 67) und FLÜGEL (1997b: 384) oberbadenisches (bis untersarmatisches) Alter an. Gleichzeitig wird eine Verzahnung der hangenden Anteile der Eckwirt-SbFm. mit der Rollsdorf-Fm. diskutiert (RIEPLER 1986: 444, 1988: 67, FLÜGEL 1997b: 384). Für die pyroklastische Lobmingberg-SbFm. („eine weitere Einschaltung in der basalen Stallhofen-Fm.“; EBNER & STINGL 1998: 406) ergaben Zirkon-Spaltspurdaten ein frühbadenisches Alter (16,0 + 0,7 Mio.J.; EBNER et al. 1998: 425, 2000: 5, 2002: 2; vgl. BALOGH et al. 1994: 60, HANDLER et al. 2006: 488, BOJAR et al. 2013: 409). FRIEBE (1990: 249) sieht in der Dillach-SbFm. (Weissenegg-Fm.) eine laterale, oberbadenische Fortsetzung der Eckwirt-SbFm. GROSS et al. (2007b: 129) betrachten die „Eckwirt-Schotter“ als heterochrone Alluvialbildung (Badenium–Pannonium?). „Exotische“ Gerölle (z.B. „Eozängerölle“) und „Gneis-Gesteinsleichen“ werden sowohl in den „Eckwirt-Schottern“ s.str., den „Carinthischen Schottern“ (HANSELMAYER 1969: 309) als auch in der pannonischen Ries-Fm. (S von Jasen, N 47°09'21“, E 15°21'56“) gefunden. Auf GÖK50 164 Graz wird die Eckwirt-SbFm. als lithostratigraphische Einheit betrachtet, die durch die unter- und überlagernden Einheiten definiert ist.

2.9 „Fein- bis Grobkies mit Blöcken“ (Semriach Becken)

Validität: Informell; in der Legende von GÖK50 164 Graz verwendet (FLÜGEL et al. 2011); zurzeit keine Formalisierung möglich.

„Typus-Gebiet“: ÖK50-BMN, Blatt 164 Graz (ÖK50-UTM, Blatt 4229 Graz); Semriach Becken.

„Typus-Profil“: Keines.

„Ableitung des Namens“: Von der Lithologie.

Synonyme: „Tertiär von Semriach“ (FLÜGEL 1990: 478), „Miozän von Semriach“ (FLÜGEL 1997b: 386).

Lithologie: Vorwiegend „sandig-lehmig untermengter Fein- bis Mittelkies“ (Komponenten: paläozoisches Grundgebirge), aber auch Grobkies bis Blöcke und graue Glimmer-reiche Pelite (SCHWINNER 1925: 257, MAURIN 1952: 171, FLÜGEL 1975a: 105, 1990: 478, 1997b: 386).

Fossilien: Spärliche Pflanzenreste (SCHWINNER 1925: 257).

Genese, Fazies: Fluviatil-limnisch.

Chronostratigraphie: ?Badenium, mittleres Miozän (FLÜGEL 1997b: 386).

Biostratigraphie: Keine.

Mächtigkeit: ?Einige Meter mächtig (FLÜGEL 1990: 478), vielleicht bis zu 20 m.

Lithostratigraphische Untergliederung: Keine.

Liegende Einheiten: Paläozoisches Grundgebirge.

Überlagernde Einheiten: Neogene Verebnungsflächen und quartäre Sedimente (vgl. EBNER 1983a: 120).

Laterale Einheiten: FLÜGEL (1997b: 386) setzt die, über kohleführenden Peliten mit tuffitischen Einschaltungen auftretenden Grobkiese/„Blockkiese“ des Passail Beckens mit (zumindest Teilen) dieser Sedimente in Beziehung und betrachtet sie als mögliches Äquivalent der Eckwirt-SbFm.

Geographische Verbreitung: Semriach Becken.

Bemerkungen: Sehr schlecht aufgeschlossen, geologisch unzureichend bekannt.

Dank

Für zahllose Unterlagen und intensive Diskussionen bedanke ich mich herzlich bei Helmut W. FLÜGEL. Weitere Anregungen und Hilfestellungen lieferten Fritz EBNER, Harald FRITZ, Ingomar FRITZ, Bernhard HUBMANN, Josef PLANK, Norbert PLASS und Thomas WAGNER. Für die Finanzierung von Laborarbeiten sei der Geologischen Bundesanstalt (stellvertretend: Hans-Georg KRENMAYR) gedankt. Die kritische Durchsicht des Manuskriptes übernahm dankenswerterweise Ralf SCHUSTER.

Literatur

- AIGNER A. 1917: Geomorphologische Studien über die Alpen am Rande der Grazer Bucht. – Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt 66(3–4): 293–332.
- ANDRAE K.J. 1854: Bericht über die Ergebnisse geognostischer Forschungen im Gebiete der 9. Sektion der General-Quartiermeisterstabs-Karte in Steiermark und Illyrien während des Sommers 1853. – Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt 5(3): 529–567.
- ANKER M.J. 1828: Geognostische Andeutungen über die Umgebungen von Grätz. – Steiermärkische Zeitschrift 9: 121–128.
- BALOGH K., EBNER F. & RAVASZ C. 1994: K/Ar-Alter tertiärer Vulkanite der südöstlichen Steiermark und des südlichen Burgenlandes. – In: LOBITZER H., CSÁSZÁR G. & DAURER A. (Hrsg.): Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich – Ungarn. Teil 2, p. 55–72, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- BOJAR H.-P., BOJAR A.-V., HAEAS S. & WÓJZOWICZ A. 2013: K/Ar geochronology of igneous amphibolite phenocrysts in Miocene to Pliocene volcanoclastics, Styrian Basin, Austria. – Geological Quarterly 57(3): 405–416.
- CLAR E. 1927: Zur Kenntnis des Tertiärs im Untergrunde von Graz. – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1927(9): 184–191.
- CLAR E. 1931: Das Relief des Tertiärs unter Graz. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 68: 16–27.
- CLAR E. 1933: Der Bau des Gebietes der Hohen Rannach bei Graz. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 70: 24–47.
- CLAR E. 1935: Die Eggenberger Bresche und das Alter einiger Formengruppen im Bergland von Graz. – Zeitschrift für Geomorphologie 8(6): 279–305.
- CLAR E. 1938: Sarmat in der Kaiserwaldterrasse bei Graz (nebst Bemerkungen über die Gliederung des Grazer Pannons). – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1938(7–8): 154–162.
- EBNER F. 1981: Vulkanische Tuffe im Miozän der Steiermark. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 111: 39–55.
- EBNER, F. 1983a: Erläuterungen zur geologischen Basiskarte 1 : 50.000 der Naturraumpotentialkarte "Mittleres Murtal". – Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich 29: 99–131.
- EBNER F. 1983b: Blatt 164 Graz Bericht 1982 über geologische Aufnahmen auf Blatt 164 Graz. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 126(2): 320–321.
- EBNER F. 1985: Bericht 1984 über geologische Aufnahmen auf Blatt 163 Voitsberg. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 128(2): 306–307.
- EBNER F. 1986: Orbitoidensandsteine aus den Eckwirtschottern bei Oberdorf/Bärnbach. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 116: 79–89.
- EBNER F. & GRÄF W. 1979: Bemerkungen zur Faziesverteilung im Badenien des Reiner Beckens. – Mitteilungsblatt Abteilung für Mineralogie am Landesmuseum Joanneum 47: 11–17.
- EBNER F. & GRÄF W. 1982: Bentonite und Glastuffe der Steiermark. – Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt 2: 31–45.
- EBNER F. & STINGL K. 1998: Geological Frame and Position of the Early Miocene Lignite Open-cast Mine Oberdorf (N Voitsberg, Styria, Austria). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 140(4): 403–406.
- EBNER F., FLACK J., GRÄF W., KRAINER B., SCHIRNIK D., SUETTE G. & Tschelaut W. 1985: Brekzien, Konglomerate und Sandsteine im Grazer Bergland und im Raum Trofaiach – Eisenerz unter dem

- Aspekt einer Nutzungsmöglichkeit als Dekorgesteine. – Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt 6: 11–17.
- EBNER F., MALI H., OBENHOLZNER J.H., VORTISCH W. & WIESER J. 1998: Pyroclastic Deposits from the Middle Miocene Stallhofen Formation. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 140(4): 425–428.
- EBNER F., DUNKL I., MALI H. & SACHSENHOFER R.F. 2000: Korrelation von Tuffen im Miozän des Weststeirischen Beckens und der Norischen Senke. – Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie der Karl-Franzens-Universität Graz 2: 5–6.
- EBNER F., DUNKL I., MALI H. & SACHSENHOFER R.F. 2002: Stratigraphic evidence of pyroclastic layers in Miocene basins of the Eastern Alps (Austria). – *Geologica Carpathica* 53(special issue): 1–5.
- ETTINGSHAUSEN C.v. 1893: Über neue Pflanzenfossilien aus den Tertiärschichten Steiermarks. – Denkschriften der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Classe 60: 313–343.
- FLÜGEL H. 1951a: Die hydrogeologischen Verhältnisse der Platte bei Graz. – Beiträge zu einer Hydrogeologie Steiermarks 5: 25–30.
- FLÜGEL H. 1951b: Baueologische Karten von Steiermark. Blatt 3: Bezirk Graz und Bezirk Graz-Umgebung. – Lehrkanzel für technische Geologie der Technischen Hochschule Graz, 24 S.
- FLÜGEL H. 1958: Aufnahmen 1957 auf Blatt Graz (164). – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1958(1–3): 208–209.
- FLÜGEL H. 1959: Aufnahmen 1958 auf Blatt "Grazer Bergland" 1 : 100000. – Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 1959(3): A 19–A22.
- FLÜGEL H. 1961: Die Geologie des Grazer Berglandes. – Mitteilungen des Museums für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum „Joanneum“ Graz 23: 1–212.
- FLÜGEL H.W. 1975a: Die Geologie des Grazer Berglandes. – Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum, Sonderheft 1: 1–288.
- FLÜGEL H.W. 1975b: Das Neogen der Grazer Bucht. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 105: 71–77.
- FLÜGEL H.W. 1990: Bericht 1989 über geologische Aufnahmen auf Blatt 164 Graz. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 133(3): 478–479.
- FLÜGEL H.W. 1997a: Bericht 1996 über geologische Aufnahmen im Neogen auf Blatt 164 Graz. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 138(3): 337.
- FLÜGEL H.W. 1997b: Bericht 1996 über die lithostratigraphische Gliederung des Miozäns auf Blatt 164 Graz. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 140(3): 383–386.
- FLÜGEL H. & MAURIN V. 1961: Führungen und Fachausflüge 1960. 2. Exkursion vom 29. bis 31. Mai 1959 (gemeinsam mit dem Naturwissenschaftlichen Verein für Steiermark): Das Grazer Bergland. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 53: 347–349.
- FLÜGEL H.W. & RIEPLER F. 1984: Ein Vorkommen von Untersarmatkohle in der Mantscha, westlich von Graz. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 114: 83–84.
- FLÜGEL H.W., NOWOTNY A. & GROSS M. 2011: Geologische Karte 1:50.000, Blatt 164 Graz. – 1 Blatt, Geologische Bundesanstalt, Wien.
- FRIEBE J.G. 1990: Lithostratigraphische Neugliederung und Sedimentologie der Ablagerungen des Badeniums (Miozän) um die Mittelsteirische Schwelle (Steirisches Becken, Österreich). – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 133(2): 223–257.
- FRIEBE J.G. 1994: Gemischt siliziklastisch-karbonatische Abfolgen aus dem Oberen Sarmatium (Mittleres Miozän) des Steirischen Beckens. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 137(2): 245–274.
- FRIEBE J.G. 1996: Der geologische Untergrund der Leechkirche. – Fundberichte aus Österreich, Materialheft A 4: 11–18.
- GLAESSNER M.F. 1928: Die Dekapodenfauna des österreichischen Jungtertiärs. – Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 78(1–2): 161–218.
- GROSS M. 2003: Beitrag zur Lithostratigraphie des Oststeirischen Beckens (Neogen/Pannonium; Österreich). – Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen 16: 11–62.
- GROSS M. 2008: A limnic ostracod fauna from the surroundings of the Central Paratethys (Late Middle Miocene/Early Late Miocene; Styrian Basin; Austria). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 264(3–4): 263–276.
- GROSS M., HARZHAUSER M., MANDIC O., PILLER W.E. & RÖGL F. 2007a: A Stratigraphic Enigma: The Age of the Neogene Deposits of Graz (Styrian Basin; Austria). – *Joannea Geologie und Paläontologie* 9: 195–220.

- GROSS M., FRITZ I., PILLER W.E., SOLIMAN A., HARZHAUSER M., HUBMANN B., MOSER B., SCHOLGER R., SUTTNER T.J. & BOJAR H.-P. 2007b: The Neogene of the Styrian Basin – Guide to Excursions. – *Joannea Geologie und Paläontologie* 9: 117–194.
- GROSS M., BÖHME M. & PRIETO J. 2011: Gratkorn – A benchmark locality for the continental Sarmatian s.str. of the Central Paratethys. – *International Journal of Earth Sciences* 100(8): 1895–1913.
- GROSS M., BÖHME M., HAVLIK P. & AIGLSTORFER M. 2014: The late Middle Miocene (Sarmatian s.str.) fossil site Gratkorn – the first decade of research, geology, stratigraphy and vertebrate fauna. – *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* 94: 5–20.
- HANDLER R., EBNER F., NEUBAUER F., BOJAR A.-V. & HERMANN S. 2006: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Miocene tuffs from the Styrian part of the Pannonian Basin: an attempt to refine the basin stratigraphy. – *Geologica Carpathica* 57(6): 483–494.
- HANSELMAYER J. 1955: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung VII. – *Joanneum, Mineralogisches Mitteilungsblatt* 1(1955): 1–10.
- HANSELMAYER J. 1960: Zur Petrographie pannonischer Schotter von der Platte-Graz (Schotterbruch SCHREINER-STATTEGGER). – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 89: 35–56.
- HANSELMAYER J. 1969: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung XXX. Erster Einblick in die Petrographie oststeirischer Sarmat-Schotter, spez. Trössing bei Gnas. – *Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, I*, 178(9–10): 295–321.
- HANSELMAYER J. 1979: Beiträge zur Sedimentpetrographie der Grazer Umgebung XXXVII. Über einige Untersuchungen an Feinsedimenten aus dem Raume Holzmannsdorf bis Hönigthal (Pannon C, Steirisches Tertiärbecken. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 109: 9–15.
- HARZHAUSER M. & MANDIC O. 2008: Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 260(3–4): 417–434.
- HARZHAUSER M. & PILLER W.E. 2004: Integrated stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. – *Stratigraphy* 1(1): 65–86.
- HARZHAUSER M., GROSS M., BINDER H. 2008: Biostratigraphy of Middle Miocene (Sarmatian) wetland systems in an Eastern Alpine intramontane basin (Gratkorn Basin, Austria): the terrestrial gastropod approach. – *Geologica Carpathica* 59(1): 45–58.
- HARZHAUSER M., NEUBAUER T.A., GROSS M. & BINDER H. 2014: The early Middle Miocene mollusc fauna of Lake Rein (Eastern Alps, Austria). – *Palaeontographica A* 302(1–6): 1–71.
- HAUSER A. 1951: Die Stellung der Eggenbergerbresche im Becken von Rein bei Gratwein. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 79–80: 124–126.
- HERITSCH F. 1921: Geologie von Steiermark. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 57B: 1–224.
- HIDEN H. 1996: Ein Zahn von *Brachypotherium*, einem fossilen Nashorn, aus dem Tertiär von Strassgang (Graz-West). – *Der Steirische Mineralog* 10: 28–30.
- HIDEN H. & ROTTENMANNER G. 2007: Das Neogenbecken von Rein und seine Fossilführung. – *Der Steirische Mineralog* 21: 6–8.
- HILBER V. 1893: Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. – *Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt* 43(2): 281–365.
- HILBER V. 1897: Die sarmatischen Schichten von Waldhof. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 33: 182–204.
- HILBER V. 1913: Die rätselhaften Blöcke in Mittelsteiermark. – *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 49: 80–90.
- HOERNES R. 1878: Zur Geologie der Steiermark. – *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt* 1878(13): 304–306.
- HOERNES R. 1880: Vorlage einer geologischen (Manuscript-)Karte der Umgebung von Graz. – *Verhandlungen der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt* 1880(17): 326–330.
- HÜBL H.H. 1942: Die Jungtertiärablagerungen am Grundgebirgsrand zwischen Graz und Weiz. – *Mitteilungen der Reichsanstalt für Bodenforschung, Zweigstelle Wien* 3: 27–72.
- KLAUS S. & GROSS M. 2010: Synopsis of the fossil freshwater crabs of Europe (Brachyura: Potamoidea: Potamidae). – *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* 256(1): 39–59.
- KNOLL F. 1902: Die miocäne Flora von Andritz. – In: *Festschrift der Arbiturienten des k. k. I. Staats-Gymnasiums in Graz vom Jahre 1902*. – *Deutsche Vereins-Druckerei und Verlagsanstalt, Graz*, 36–38.

- KOLLMANN K. 1965: Jungtertiär im Steirischen Becken. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 57(2): 479–632.
- KRAINER B. 1984: Zur zeitlichen Einstufung, Stratigraphie und Tektonik im Nordteil des Gleisdorfer Sarmatsporons (Oststeiermark). – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 114: 95–106.
- KRAINER B. 1987: Das Tertiär der Weizer Bucht, Steirisches Becken. – Unveröffentlichte Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz, 327 S.
- KUHLEMANN J., TAUBALD H., VENNEMANN T., DUNKL I. & FRISCH W. 2008: Clay mineral and geochemical composition of Cenozoic paleosol in the Eastern Alps (Austria). – *Austrian Journal of Earth Sciences* 101: 60–69.
- LIRER F., HARZHAUSER M., PELOSI N., PILLER W.E., SCHMID H.P. & SPROVIERI M. 2009: Astronomical forced teleconnection between Paratethyan and Mediterranean sediments during the Middle and Late Miocene. – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 275: 1–13.
- LORENZ H. & SCHMID C. 2005: Sicherung der Wasserversorgung für die Zukunft. 30 Jahre Wasser- und Energieverbund Steinberg. – *Wasserland Steiermark* 2005(1): 24–27.
- LÖW A.H. 2010: Foraminiferen aus dem Sarmatium Österreichs. – Unveröffentlichte Masterarbeit, Karl-Franzens-Universität Graz, 96 S.
- MAURIN V. 1952: Ein Beitrag zur Hydrogeologie des Lurhöhlensystems. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 81–82: 169–180.
- MAURIN V. 1959: Aufnahmebericht 1958 über Blatt Köflach–Voitsberg (1 : 10.000). – *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 1958(3): A 37–42.
- MELLER B. & GROSS M. 2006: An important piece of a stratigraphic puzzle? *Podocarpium podocarpum* (A. Braun) Herendeen from the Styrian Basin (Miocene). – In: Tessadri-Wackerle M. (Hrsg.): *Pangeo Austria 2006*. – 194–195, Conference series, Innsbruck University Press, Innsbruck.
- MELLER B. & HABLY L. 2014: Wasser- und Sumpfpflanzenvergesellschaftungen vom NW-Rand des Steirischen Beckens (Sarmatium, oberes Mittelmiozän). – *Berichte der Geologischen Bundesanstalt* 105: 14.
- MIALL A.D. 1996: *The Geology of Fluvial Deposits*. – Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 582 S.
- MOSER E. 1986: Das kohleführende Miozän zwischen Graz und Weiz. – Unveröffentlichte Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz, 302 S.
- MOTTL M. 1970: Die jungtertiären Säugetierfaunen der Steiermark, Südost-Österreichs. – Mitteilungen des Museums für Bergbau, Geologie und Technik am Landesmuseum „Joanneum“ Graz 31: 3–92.
- PAPP A. 1956: Fazies und Gliederung des Sarmats im Wiener Becken. – Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 47: 1–97.
- PEER H. 2000: Die Tongrube Hammer. Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchung. – Unveröffentlichtes Gutachten für die Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke, Leoben, 28 S.
- PETERS K.F. 1871: Ueber Reste von *Dinotherium* aus der obersten Miocänstufe der südlichen Steiermark. – Mittheilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 2–3: 367–399.
- PILLER W.E. (2014, Hrsg.): The lithostratigraphic units of the Austrian Stratigraphic Chart 2004 (sedimentary successions) – Vol. I. – *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 66: 1–136.
- PILLER W.E., EGGER H., ERHART C.W., GROSS M., HARZHAUSER M., HUBMANN B., VAN HUSEN D., KRENMAYR H.-G., KRYSZYN L., LEIN R., LUKENEDER 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). – 1 Tab., Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission, Wien.
- RIEPLER F. 1985: Bericht 1984 über geologische Aufnahmen im Tertiär und Quartär auf Blatt 163 Voitsberg. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 128(2): 308.
- RIEPLER F. 1986: Bericht 1985 über geologische Aufnahmen auf Blatt 164 Graz. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 129(2): 444–445.
- RIEPLER F. 1987: Bericht 1986 über geologische Aufnahmen auf den Blättern 164 Graz und 190 Leibnitz. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 130(3): 334–335.
- RIEPLER F. 1988: Das Tertiär des Thaler Beckens (Raum Thal-Mantscha-Tobelbad). – Unveröffentlichte Dissertation, Karl-Franzens-Universität Graz, 148 S.
- ROLLE F. 1856: Die tertiären und diluvialen Ablagerungen in der Gegend zwischen Graz, Köflach,

- Schwanberg und Ehrenhausen in Steiermark. – Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt 7: 535–603.
- RÖSSLER W. 1958: Ein fossiles Holz aus der Eggenberger Breccie. – Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 88: 213–220.
- SACHSENHOFER R.F., LANKREIJER A., CLOETINGH S. & EBNER F. 1997: Subsidence analysis and quantitative basin modelling in the Styrian Basin (Pannonian Basin System, Austria). – *Tectonophysics* 272: 175–196.
- SALVADOR A. 1994 (Hrsg.): *International Stratigraphic Guide*. – 2. Auflage, International Union of Geological Sciences & Geological Society of America, Boulder, 214 S.
- SCHREILECHNER M.G. & SACHSENHOFER R.F. 2007: High Resolution Sequence Stratigraphy in the Eastern Styrian Basin (Miocene, Austria). – *Austrian Journal of Earth Sciences* 100: 164–184.
- SCHWINNER R. 1925: Das Bergland nordöstlich von Graz. – Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, I, 134: 219–276.
- STEININGER F.F. & PILLER W.E. 1999: Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. – *Courier Forschungsinstitut Senckenberg* 209: 1–19.
- STRAUSS P.E., DAXNER-HÖCK G. & WAGREICH M. 2003: Lithostratigraphie, Biostratigraphie und Sedimentologie des Miozäns im Fohnsdorfer Becken (Österreich). – *Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen* 16: 111–140.
- STRAUSS P., HARZHAUSER M., HINSCH R. & WAGREICH M. 2006: Sequence stratigraphy in a classic pull-apart basin (Neogene, Vienna Basin). A 3D seismic based integrated approach. – *Geologica Carpathica* 57(3): 185–197.
- UNGER F. 1849: Fossile Pflanzen von der Halde südlich vom Schloß Kainberg zwischen Ebersdorf und Kumberg. – *Haidingers Berichte* 5: 51–53.
- UNTERSWEIG T. 1986: Baugrund und Grundwasser in Graz. Endbericht. – Unveröffentlichter Bericht, Forschungsgesellschaft Joanneum, Institut für Umweltgeologie und Angewandte Geographie, Graz, 48 S.
- VISLOBOKOVA I.A. 2006: Associations of Ruminants in Miocene Ecosystems of Eastern Alpine Region. – *Paleontological Journal* 40(4): 438–447.
- WAAGEN L. 1934: Aufnahmsbericht über das Kartenblatt Graz (5155) von Chefgeologen Oberbergerat Dr. Lukas Waagen. – *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt* 1934: 42–45.
- WAGNER T., FRITZ H., STÜWE K., NESTROY O., RODNIGHT H., HELSTROM J. & BENISCHKE R. 2011: Correlations of cave levels, stream terraces and planation surfaces along the River Mur–Timing of landscape evolution along the eastern margin of the Alps. – *Geomorphology* 134: 62–78.
- WEBER L. & WEISS A. 1983: Bergbaugeschichte und Geologie der Österreichischen Braunkohlenvorkommen. – *Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt* 4: 1–317.
- WEBER F., SCHMID C. & SCHMÖLLER R. 1999: Ein Beitrag zum Bau der Mittelsteirischen Schwelle aufgrund geophysikalischer Messungen – Raum Pirka-Tobelbad. – *Joannea Geologie und Paläontologie* 1: 103–121.
- WINKLER A. 1913: Untersuchungen zur Geologie und Paläontologie des Steirischen Tertiärs. – *Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt* 63(3): 502–620.
- WINKLER A. 1927: Über die sarmatischen und pontischen Ablagerungen im Südostteil des steirischen Beckens. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 77: 393–456.
- WINKLER A. 1929: Die jüngeren, miozänen Ablagerungen im südweststeirischen Becken und dessen Tektonik. – *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 79(1–2): 1–32.
- WINKLER-HERMADEN A. 1943: Die jungtertiären Ablagerungen an der Ostabdachung der Zentralalpen und das inneralpine Tertiär. – In: SCHAFFER F.X.: *Geologie der Ostmark*. – 295–403, Deuticke Verlag, Wien.
- WINKLER-HERMADEN A. 1957: *Geologisches Kräftespiel und Landformung*. – Springer Verlag, Wien, 822 S.
- ZAGYVAI A., & DEMETER G. 2008: Tracing prey-predatory interactions in the Early Sarmatian (Mid-Miocene) shelly community from Rollsdorf Formation, Waldhof, Austria based on bioerosional observations. – *Acta Geographica ac Geologica et Meteorologica Debrecina* 3: 51–60.
- ZORN I. 1999: Projekt LITHSTRAT – Erfassung der lithostratigraphischen Einheiten Österreichs. – *Austrostrat* 99, 1. Österreichischer Stratigraphen-Workshop, Obertrum/See: 28–29.