

# Zur neogen-quartären Morphogenese und Verkarstung des Plabutschzuges westlich von Graz (Steiermark)

Von Helmut W. FLÜGEL (Graz)

Mit 1 Abbildung (im Text)

Eingelangt am 25. März 1983

Der Plabutsch-Buchkogelzug besteht vorwiegend aus unterschiedlich verkarstungsfähigen karbonatischen Ablagerungen des Devon und Karbon, die – obertag kaum aufgeschlossen – von einer vulkanogenen Grünschiefer-Diabas-Folge unterlagert werden (HÖNIG 1983). Regionalgeologische Überlegungen und refraktionsseismische Hinweise (WEBER 1978) lassen erwarten, daß auch im Plabutschzug diese „Rannachdecke“ von der „Schöckelkalk-Decke“ tektonisch unterlagert wird.

Eventuell diesen Bau überlagernde mesozoische, vielleicht auch paläogene Ablagerungen dürften spätestens im Oligozän, als sich auch im südöstlichen Alpenraum eine weitgespannte Altfläche entwickelte, deren Erosion zum Opfer gefallen sein. Reste dieses alten Reliefs sind heute nur mehr dort erkennbar, wo sie wie in Ostkärnten von jüngeren miozänen Rotlehmdecken überdeckt werden (THIEDIG 1970). Auch die Basisfläche des Tertiärs des steirischen Beckens, die von bis über 150 m mächtigen Rotlehmen des Otttnang überlagert wird, dürfte in dieser Zeit angelegt worden sein.

Diesem Altrelief stehen die zahlreichen Rinnen und Buchten gegenüber, die vom steirischen Becken in das Grundgebirge eingreifend dessen Rand güedern. Ihr Verlauf zeigt, daß es sich nicht um tektonische Gräben handelt, sondern daß sie erosive Einschnitte, wenn auch vielleicht z. T. tektonisch angelegt, darstellen. Als Beispiel sei das Becken von Rein mit einer Tiefe von über 180 m genannt. Diese Buchten werden zumeist von teilweise sehr mächtigen miozänen Ablagerungen gefüllt. Ihr Alter zeigt, daß die Bildung dieser Rinnen großteils vermutlich vor dem Karpat erfolgte. Daraus ergibt sich die Vorstellung eines sich zu dieser Zeit entwickelten akzentuierten Reliefs im Bereich des Grundgebirgsrandes, welches eine im Liegenden des Neogens noch vorhandene ältere, reife Morphologie mit einer heute im steirischen Raum nicht mehr erhaltenen „Augensteinlandschaft“ verband.

Im Grazer Feld wurde dieses Relief durch Bohrungen und Refraktionsseismik näher bekannt (FLÜGEL 1975, WEBER 1976, 1978). Von Puntigam steigt es von dem hier in ca. 100 m SH liegenden paläozoischen Grundgebirge vorerst flach gegen Westen an. Knapp östlich des Spornes von St. Martin wurde es jedoch bereits in etwa 290 m SH erbohrt. Diese Höhendifferenz von etwa 180 m zeigt einen grundgebirgsnahen, raschen steilen Anstieg dieses Reliefs, wobei es jedoch in einzelnen Buchten (Grottendorf, Straßgang) tief in das paläozoische Grundgebirge eingreifen kann. Von diesen wurde die Bucht von Pirka näher bekannt. Sie trennt das Paläozoikum des Bockkogel-Florianiberg im Norden von dem Devonaufbruch von Tobelbad im Süden. Bei Annahme des von WEBER 1978 als V5 bezeichneten Reflektors als Tertiärbasis (Geschwindigkeitssprung von ca. 2800 m/sec. auf 4300 m/sec.) hat diese Bucht in Pirka eine Tiefe von etwa 320 m (= etwa 30 m Seehöhe). Von hier steigt ihre Sohle gegen Westen auf etwa 90 m unter Gelände südlich des Paläozoikumspornes von Haiduck an. Dies ergibt einen Höhenunterschied zwischen Pirka und dem Bockkogel (539 m Seehöhe) von über 500 m auf 3 km.

Über die neogene Füllung dieser Mulde sind wir durch die Bohrung Pirka teilweise unterrichtet. Bis in eine Tiefe von etwa 60 m handelt es sich vorwiegend um Kies. Darunter folgt bis in über 250 m eine Wechsellagerung von Sandsteinen, Tonen und Süßwasserkalken sowie Kohlen und Mergeln. Diese Angaben stimmen mit denen einer Bohrung zwischen Pirka und dem Hummelberg annähernd überein (HILBER 1893), jedoch scheint gegen Westen die Kohle an Mächtigkeit zuzunehmen (vgl. GRANIGG 1910). Das Liegende bilden in Pirka nicht kernfähige, zerdrückte blaue Kalke. Es wurde bisher angenommen, daß es sich bei diesen um den paläozoischen Untergrund handelt. Seismisch zeigt dieser Horizont gegenüber dem überlagernden Tertiär nur eine geringe Geschwindigkeitszunahme von etwa 2300 auf 2800 m/sec., wie es innerhalb von Tertiärfolgen üblich ist. Es ist daher möglich, daß es sich bei diesen Gesteinen um eine Einschaltung eines Schuttfächers innerhalb des Neogen handelt. Ein derartiger Fächer wurde in der Bohrung St. Martin im Hangenden von Unterdevondolomiten in einer Mächtigkeit von über 60 m in Form eines verkitteten, kleinstückigen Dolomitschuttes erbohrt. Etwas Ähnliches zeigte sich auch in einer Bohrung am Westfuß des Ölberges in Wetzelsdorf. Aufgrund der Position der Neogen/Quartär-Grenze im seismischen Profil Puntigam muß angenommen werden, daß sich diese Schuttbildung am Beckenrand mit den neogenen Ablagerungen des Beckens verzahnt. Dies würde für eine Einstufung in die Badener Stufe sprechen.

Über Tiefe und Konfiguration des Neogenbeckens westlich des Plabutsch geben ältere Bohrungen und seismische Untersuchungen Anhaltspunkte. Danach fällt westlich der Buchkogel-Sausalschwelle das Grundgebirge rasch in größere Tiefen ab. Im Raum Lannach dürfte die Neogensohle bereits in einer Tiefe von über 750 m liegen. Weiter westlich wurde in der Bohrung Söding das kristalline Grundgebirge in 724 m erreicht. Das Hangende bilden hier in den tieferen Horizonten rund 590 m mächtige Konglomerate, darüber eine Wechsellagerung von Sanden und Tonen. Auch gegen Süden bzw. Südwesten zeigt sich ein rascher Abfall des Plabutschzuges. In der Bohrung Premstätten wurde in etwa 100 m Tiefe ein „Granit“ erbohrt (PETRASCHKE 1924), bei dem es sich möglicherweise um die nördliche Fortsetzung des miozänen Vulkanitzuges von Weitendorf-Wundschuh handelt.

Die Entwicklung eines derartigen akzentuierten Reliefs mußte im Bereich der Karbonatgesteine zu ihrer starken Verkarstung führen (MAURIN 1956, 1975, PASCHINGER 1965, ZÖTL 1953, 1958). Im Plabutschzug fallen diese Gesteine generell gegen Westen bis Nordwesten ein (Abb. 1). Zuzufolge des lithologischen Aufbaues ist anzunehmen, daß diese Verkarstung hier vor allem die mitteldevonen bis unterkarbonen Kalke im Hangenden der Dolomitsandsteinfolge betraf, wobei aufgrund der Schichtlagerung die unterirdische Entwässerung gegen den westlichen Vorfluter, d. h. gegen das Becken von Thal-Mantscha gerichtet war. Hier konnte in der Katastralgemeinde Mantscha grundgebirgsnahe eine Neogenmächtigkeit von mindestens 85 m festgestellt werden, was darauf schließen läßt, daß diese miozäne „Hauptverkarstungszone“ bis unter das heutige Talniveau hinabreicht. Darauf deutet auch die Beobachtung, daß diese Verkarstung noch westlich des Thalersees feststellbar ist, wobei der See selbst über unterirdische Wasseraustritte mit dem heute noch aktiven Karstsystem des Plabutsch-Westhanges in Verbindung steht.

Es kann angenommen werden, daß auch der tektonisch tieferliegende Schöckelkalk, wo er von der miozänen Erosion angeschnitten wurde, verkarstete. Da er jedoch von der genannten „Hauptverkarstungszone“ durch nicht oder weniger verkarstungsfähige Gesteine getrennt wird, erscheint es möglich, daß sich in ihm ein zweites, tieferes, miozänes Karstsystem entwickeln konnte. Ein Hinweis hierfür sind die Akratothermen von Tobelbad und Puntigam (Herrgottwiesquelle). Da im Grazer Becken eine normale geothermische Tiefenstufe herrscht, zeigt ihre zwischen 25° und 28° C liegende Temperatur, daß das Wasser aus Tiefen bis zu 1000 m kommen muß. Es kann daher nicht allein aus dem Bereich der Rannach-Decke stammen, sondern muß über ein tieferes Karstniveau gespeist werden. In Tobelbad dürfte das Wasser längs Störungen emporsteigen, wodurch sich sein Austritt aus Gesteinen der Rannach-

Decke erklären läßt. Möglicherweise spielt die Plombierung des paläozoischen Grundgebirges durch das Neogen westlich des Buchkogelzuges hierfür eine Rolle.

Wie die Bohrungen Pirka und Puntigam zeigen, führte an der Wende Karpat/Baden die Absenkung des steirischen Beckens dazu, daß im Grazer Feld an die Stelle von Erosion ab der Lagenidenzone marine Sedimentation trat. Damit begann die Verschüttung des Reliefs, wobei in Puntigam die Mächtigkeit der Badener Serie etwa 200 m, die des unteren Sarmat etwa 100 m beträgt. Ab dem höheren Sarmat traten an die Stelle mariner limnische und fluviatile Schichten. Es zeigt sich darin die Verlangsamung der Absenkung, was nunmehr zu einer regressiven Entwicklung führte. Im Pannon war die Verschüttung des Plabutschzuges beendet. Dabei wurden nicht nur oberflächennahe, sondern teilweise auch tiefergelegene Hohlräume der miozänen Verkarstung mit Lockersedimenten gefüllt. Dies bedeutet, daß zu dieser Zeit die „Hauptverkarstungszone“ vollkommen von Stauwasser inudiert gewesen sein dürfte. Dabei muß es zu einer tiefgreifenden Veränderung der Karstentwicklung gekommen sein, da eine weitere Entwässerung zu einem im Westen gelegenen Vorfluter nunmehr nicht möglich war. Dagegen konnte eine Zirkulation trotz Querstörungen, die innerhalb des gleichen paläozoischen Gesteinsverbandes einen Wassertübertritt nicht verhinderten, innerhalb des Bergzuges im wesentlichen in Nord-Südrichtung erfolgen. Die Karstkorrosion erzeugt in einer derartigen phreatischen Zone unregelmäßige, kavernöse Evakuationen. Derartige jüngere Karstphänomene müssen wir daher im Niveau der „Hauptverkarstungszone“ annehmen. Tatsächlich sind am Westhang des Kollerkogels zahlreiche phreatische Karstformen als Ausgestaltung der älteren Karsthöhlen und -schläuche durch die jüngere Erosion aufgeschlossen worden.

Im Pont endete im Steirischen Becken und damit auch im betrachteten Bereich die Sedimentation. Eine genauere zeitliche Fixierung ist derzeit nicht möglich. An die Stelle der Sedimentation trat nunmehr zufolge eines verstärkten Aufstieges des Alpenrandes breitflächige Erosion mit einer stufenweisen Exhumierung des Paläozoikums. Im Plabutsch liegt das sich hierbei entwickelnde oberste Niveau mit mehreren Stufen zwischen 730 m Seehöhe (Plabutsch) und 630 m Seehöhe (Kollerberg). Örtlich treten, an diese Stufe geknüpft, Quarzschotter auf. WINKLER-HERMADEN 1957 ordnete diese Stufe seinem „Hochstradner Niveau“ zu und stellte diese in das Daz. Da jedoch nach noch unpublizierten Altersdaten die oststeirischen Basalte vermutlich ein etwas jüngeres Alter haben, als bisher angenommen wurde, könnte das genannte Niveau auch ein ältestquartäres Alter haben. VORMAIR 1940 konnte feststellen, daß im Grazer Bergland nahezu 60% aller Karstformen an diese Stufe gebunden sind. Auffallenderweise ist im Plabutsch ihre Bindung an dieses Niveau gering, obgleich verkarstungsfähige Gesteine eine weite Verbreitung haben.

Bereits SÖLCH 1928 unterschied im Plabutschzug unter dem Hochstradner Niveau mehrere in das Grundgebirge einschneidende Terrassen. Sie lassen sich gut mit den von PASCHINGER 1965 im Thaler Becken westlich des Plabutsch erkannten Flächen vergleichen. Für die Entwicklung des Thaler Beckens spielt hierbei vor allem das zwischen 480 und 500 m gelegene Niveau eine Rolle, dem auch der Rücken südlich des Katzelnbaches zwischen Steinberg und dem Ölberg angehört. Wie PASCHINGER zeigen konnte, war die Entwässerung bis zu Erreichung dieses Niveaus gegen Süden gerichtet. Danach erfolgte durch rückschreitende Erosion des Göstingbaches eine Anzapfung und Neuorientierung der Entwässerung nach Nordosten gegen das Grazer Feld. Vergleicht man mit dieser Entwicklung die Verkarstung im Plabutschzug, so zeigt sich, daß diese vor allem gehäuft am Westhang des Mühlberg-Gaisbergzuges gegen den Thalersee auftritt. Das Hauptmaximum der Karstformen liegt hierbei zwischen 500 und 600 m Seehöhe, wobei sowohl die größere Zahl als auch die größeren Formen unter 550 m gelegen sind. Nachfälle zeigen, daß diese Verkarstung heute noch aktiv ist. Finden sich am Plabutschwesthang als Karstformen vor allem Dolinen sowie vereinzelt Schachthöhlen, so bestehen die Formen des Osthanges in erster Linie aus Höhlen, deren Eingänge zwischen 450 und 500 m Seehöhe ihre Hauptverbreitung haben.



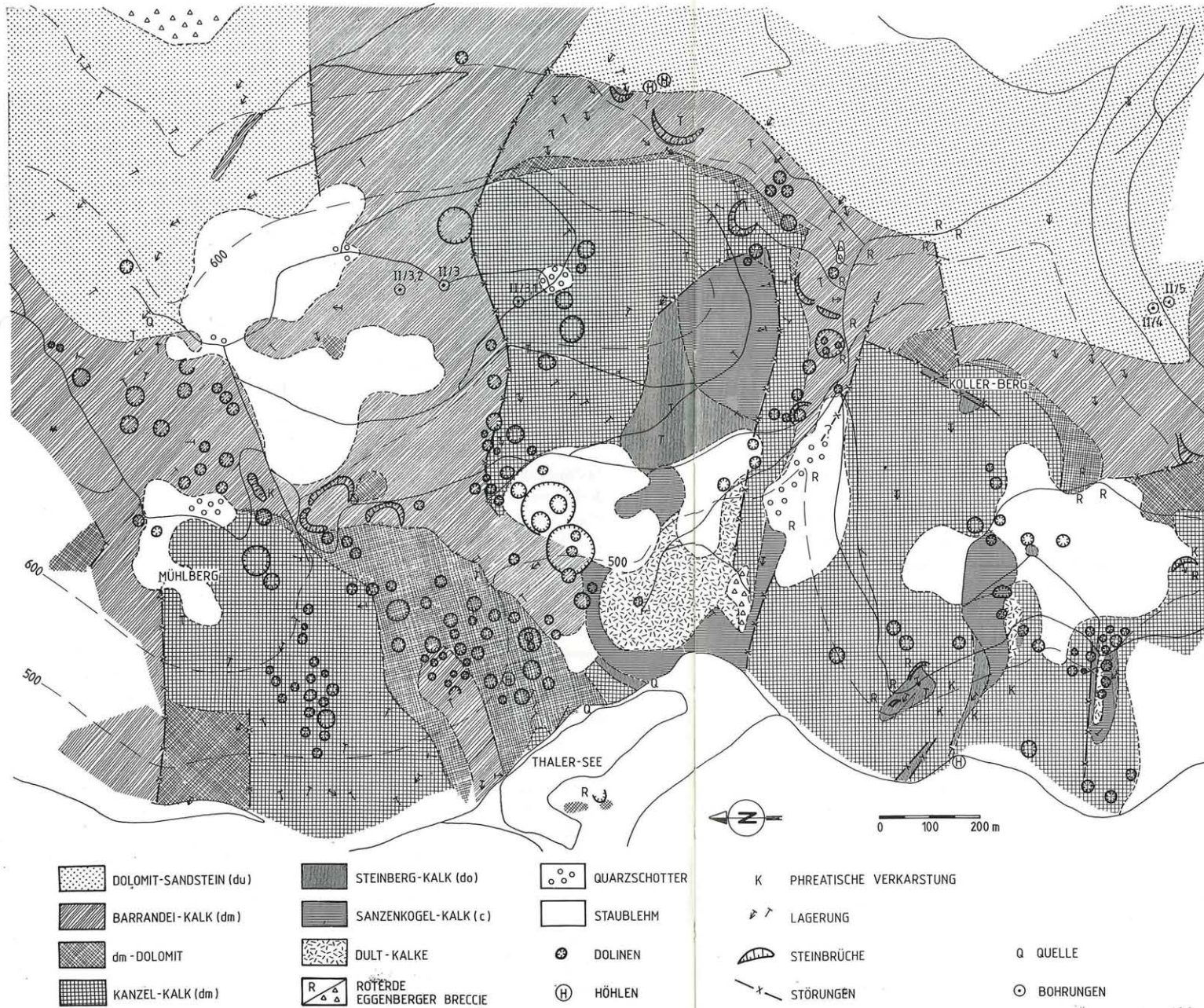


Abb. 1.: Geologische Karte des Plabutsch von H. W. FLÜGEL unter Verwertung einer Aufnahme des Kollerberg von A. FENNINGER.



Die zeitliche Einstufung dieses Niveaus innerhalb des Pleistozäns ist unklar. Ein Fixpunkt ergibt sich aus der tiefsten in das Grundgebirge einschneidende Stufe in etwa 400 m Seehöhe. Ihr entsprechen die Bergsporne von Seiersberg, Straßgang, St. Martin, Grottendorf und Wetzelsdorf. Sie stellen die nördliche Fortsetzung der Basisfläche der Kaiserwaldterrasse südlich von Graz dar. Nach MAURITSCH 1975 handelt es sich hierbei um ein unregelmäßiges Relief über verschiedene Schichten der Badener Serie. Über diesem Relief folgen mindelzeitliche Schotter, deren Alter sich aus der Gliederungsmöglichkeit der diese Schotter überlagernden Staublehmdecke ergibt. Im Gebiet des „Basalt“-Bruches von Weitendorf liegt dieses Prä-Mindel-Relief in einer Höhe von rund 335 m. Seine Verknüpfung mit dem oben genannten Niveau um 400 m ergibt sich aus der Verfolgung der im Osten der Kaiserwaldterrasse vorgelagerten Ribsterrasse von Windorf, deren Reste in einer Höhe von etwa 380 m bei Teichhof, Grottendorf (MAURIN & ZÖTL 1959) und Wetzelsdorf nachweisbar sind. Bohrungen, die 1965 im Rahmen der Wohnanlage Neupauerweg im Bereich der Terrasse von Wetzelsdorf durchgeführt wurden, zeigten, daß deren Sockel eine deutliche Stufung von über 14 m aufweist, womit sich die Ribsterrasse auch in ihrem Sockel deutlich von der würmzeitlichen Steinfeldterrasse des Grazer Feldes abhebt. Südlich Grottendorf schneidet in die Ribsterrasse am Ostfuß des Buchkogels der Abfluß der Bründlquelle ein. Diese ist Austritt eines den Buchkogel durchziehenden Karstsystems, welches mit der am Westfuß des Berges zwischen Feliferhof und P 484 vorhandenen Schwinden- und Dolinenreihe zusammenhängt (MAURIN & ZÖTL 1959). Hier, an der schmalsten Stelle des Bergzuges, vermochten sich die noch im Ältestpleistozän bis gegen 500 m Seehöhe angestauten Karstwässer entlang von Störungen einen Weg zu der etwa 170 m tiefer gelegenen Grundgebirgsbucht von Grottendorf zu schaffen. In der Folge entstand ein junges, fächerförmig in der Bründlquelle zusammenlaufendes unterirdisches Entwässerungssystem, das die alten zunächst nach Westen, später nach Süden orientierten Karstgerinne überprägte. Das Einschneiden in die Ribsterrasse von Grottendorf läßt annehmen, daß die heutige Situation mit der Hauptentwässerung aus dem Kessel des Feliferhofes erst seit dem Rib/Würm-Interglazial infolge der Tieferlegung des östlichen Vorfluters entstand. Im Zuge der Entwicklung dieses Systems wurden im Berginneren neue Karsträume geschaffen, die durch neogene Ablagerungen des Feliferhofes teilweise wieder verfüllt wurden. Dadurch bildeten sich westlich des Berges ein 1,4 km<sup>2</sup> umfassendes maximal 50 m tiefes Kesseltal. Die Größe dieser Verkarstung zeigte sich beim Bau des Anschlußstollens Bründl des Autobahntunnels im Jänner 1978. Durch ihn wurde 85 m tief im Berg ein ca. 11 m hoher Hohlraum angefahren, der nach G. KOPETZKY 1978 mit Rotlehmen, in welchen Quarzsande und Kiese sowie bis zu 2 m<sup>3</sup> große Dolomitblöcke eingeschlossen waren, erfüllt war. Das Material wies als Zeichen von aquatischem Transport teilweise Kreuzschichtung auf.

In der würmzeitlichen Steinfeldterrasse des Grazer Feldes, die der Ribsterrasse vorgelagert ist, ist örtlich unter Bildung von Zwischenstufen ein tieferes Auniveau (Stadtbodenstufe) eingesenkt. RÖSSLER 1963 machte aus ihr in einer Tiefe von 6,3 m einen Eichenfund bekannt, der ein Alter von  $4260 \pm 80$  Jahren hat. Es ist dies ein Hinweis auf den Umfang der holozänen Akkumulation.

Zahlreiche Bohrungen im Grazer Feld zeigten, daß die Auflagerungsfläche des Quartärs eine deutliche Stufung mit Bildung einer Tiefenrinne aufweist. Es wurde angenommen (FLÜGEL 1960), daß ihre Ausbildung mit einer intrawürmzeitlichen Erosion in Zusammenhang steht und die Stadtbodenstufe eine spätglaziale bis rezente Schotterfüllung dieser Erosionsrinne darstellt, während die Steinfeldstufe in das ältere Würm gestellt wurde. Seismische Untersuchungen im Murtal zwischen Graz und Frohnleiten (WEBER 1976, HÖNIG 1978) ergaben jedoch, daß örtlich diese stark mäandrierende Tiefenrinne nicht nur unter dem Auniveau, sondern auch unter der höheren Würmterrasse liegt. Gleichzeitig ergab sich, daß in ihrem Längsverlauf immer wieder, teilweise mehrere Meter tiefe Wannenbildungen auftreten, deren Entstehung unklar ist.

Bei Raach wird diese Rinne durch einen vom Raacher Kogel in das Murtal ziehenden über 40 m mächtigen „Bergsturz“ überlagert. Nach seismischen Untersuchungen (HÖNIG 1978) verzahnt er sich im Murtal mit Terrassenschottern. Bei Raach konnte HADITSCH 1964 im Hangenden dieses Bergsturzes in etwa 380 m Höhe glimmerreiche Feinsande mit einer Gastropodenfauna finden. In gleicher Höhe überlagern am linken Murofer Staubsande, aus denen ebenfalls eine Gastropodenfauna bekannt wurde, die Steinfeldterrasse. Das Alter der Akkumulation dieser Terrasse ergibt sich aus ihrer gesicherten Verzahnung mit der dem Würmhochglazial angehörenden Endmoräne des Grünhübel bei Judenburg (Ich danke Herrn Doz. Dr. VAN HUSEN für diese entgegenkommende Mitteilung). Demnach muß auch der „Bergsturz“ von Raach dem Hochglazial ebenso zugerechnet werden wie andere mächtige Schuttbildungen im nichtvergletscherten Bereich.

Jünger und vielleicht mit den spätglazialen Abschmelzphasen in Zusammenhang zu bringen sind die Erosion, die zur Terrassenbildung führte, die Staublehmanwehungen, die auch am Plabutsch weite Verbreitung besitzen, sowie die postglaziale Akkumulation der Stadtbodenstufe. Eine Ergänzung findet dieses Bild in der Entwicklung der Seitengerinne der Mur. Sie haben im Raum des Grazer Feldes zum Unterschied vom Murtal keine Tiefenrinne. Im Göstingbachgraben zeigten Bohrungen bzw. seismische Untersuchungen zwischen P 385 und dem Labgraben, daß hier die Sohlltiefe auf etwa 380 m Seehöhe liegt (HÖNIG 1983). Darüber folgen als Äquivalent des „Bergsturzes“ von Raach, rund 15 m mächtige Hangschuttbildungen. Auch hier werden diese Ablagerungen von Staublehmen überlagert. Die Böschung dieses Hangschuttes gegen die Talsohle zeigt eine morphologisch deutlich hervortretende Stufung. Ihre Entstehung kann mit der erosiven Eintiefung des Göstingbachgrabens in die Steinfeldstufe, die vor allem im Bereich der Terrassenkante gegen die Stadtbodentiefe erkennbar ist und damit mit der spätglazialen Eintiefung vor Akkumulation der Stadtbodenstufe in Zusammenhang gebracht werden.

Zusammenfassend zeigt sich, daß die neogen-quartäre Entwicklung des Plabutschzuges in vier Schritte gliederbar ist, die jeweils Verkarstungen zur Folge hatten. Die ersten beiden Abschnitte entsprechen einem transgressiven, die letzten beiden einem regressiven Zyklus. Die erste Phase ist charakterisiert durch starke Erosion und Reliefbildung, im Grenzraum zwischen Randgebirge und Steirischem Becken. Die Entwicklung wurde ausgelöst durch die beginnende Absenkung des letzteren. Sie ist verknüpft mit einer starken Verkarstung („Hauptverkarstungszone“). In der Badener Stufe kam es durch andauernde und verstärkte Absenkung zur marinen Transgression, womit die Zuschüttung dieses alten Reliefs einsetzte. Hand in Hand damit entwickelte sich, von den älteren Karstformen ausgehend, ein phreatischer Karst. Dieser Vorgang verlangsamte sich im Samat, womit eine regressive Phase einsetzte, die ab dem höheren Samat zur Ablagerung terrestrischer, z. T. fluviatiler Schichten führte. Mit Ende der Sedimentation tritt an der Wende zum Quartär wieder die Erosion in den Vordergrund des Geschehens, wodurch es zur Exhumierung des alten Reliefs, in welches neue Flächen und Formen einschneiden, kam. Dieser Vorgang war gleichfalls mit Verkarstung verknüpft, die heute noch andauert.

#### Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. V. MAURIN für zahlreiche gemeinsame Begehungen, Gespräche und Belehrungen danken. Es war ursprünglich geplant, vorliegende Notiz als Grundlage einer größeren gemeinsamen Arbeit zu machen, von der uns aber anderweitige Verpflichtungen bisher abgehalten haben. Da eine Änderung dieses Zustandes ungewiß ist, erscheint eine Publikation in der gegenwärtigen Fassung gerechtfertigt.

## Literatur

- FLÜGEL, H. W.: Die jungquartäre Entwicklung des Grazer Feldes (Steiermark). – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 102, 52–64, Wien 1960.
- : Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH 1, 288 S., Graz 1975.
- GRANIGG, B.: Mitteilung über die steiermärkischen Kohlenvorkommen am Ostfuß der Alpen. – Zeitschr. Berg- und Hüttenw., 58, 1–53, Wien 1910.
- HADITSCH, J. G.: Bericht über eine hydrogeologische Aufnahme des Steinkogel-Frauenkogelzuges nordwestlich von Graz. – Steir. Beitr. Hydrogeol., 15/16, 155–174, Graz 1964.
- HILBER, V.: Das Tertiärgebiet um Graz, Köflach und Gleisdorf. – Jahrb. Geol. Reichsanst., 43, 281–368, Wien 1893.
- HÖNIG, H.: Refraktionseismische Erkundung der verdeckten Felsoberfläche im Bereich des Murtales zwischen Judendorf und Gösting nördlich Graz. – Mitteilungen des Institutes für Baugeologie, I, 154 S., Graz 1978.
- : Verhaltensweise geringdruckfester Gesteine am Beispiel der Grünschieferserie des Thalgrabens nördlich von Graz. – Verh. Geol. B.-A., 1982, 197–207, Wien 1983.
- KOPETZKY, G.: Unver. Bericht Aufschlußstollen Bründl. – Graz 1978.
- MAURIN, V.: Tertiäre, pleistozäne und rezente Verkarstung im Köflacher Becken (Steiermark). – Mitt. Höhlenkommission, 1955 (2), 37–39, Wien 1956.
- : Hydrogeologie und Verkarstung. – In: H. W. FLÜGEL, Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, SH. 1, 223–269, Graz 1975.
- : Hydrogeologische Stellungnahme zum Plabutschunnelprojekt. – Unveröff. Gutachten Karlsruhe 1978.
- & ZÖTL, H.: Die Untersuchung der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. – Steir. Beitr. Hydrogeol., 184 S., Graz 1959.
- MAURITSCH, H.: Geophysikalische Untersuchungen an den Vulkaniten im Raum Weiten-dorf-Wundschuh, Steiermark. – Mitt. Abt. Mineral. Landesmus. Joanneum, 42, 13–22, Graz 1975.
- PASCHINGER, H.: Klimabedingte Oberflächenformen am Rande der Grazer Bucht. – Geogr. Ztschr., 53, 162–170, Wiesbaden 1965.
- PETRASCHECK, W.: Braunkohlenlager der österreichischen Alpen. – Berg- u. Hüttenb. Jahrb., 72, 5–48, Wien 1924.
- RÖSSLER, W.: C<sub>14</sub>-Altersdatierung zweier holozäner Eichenhölzer (*Quercoxyla*) aus der Steiermark. – Mitt. naturw. Ver. Stmk., 93, 295–300, Graz 1963.
- SÖLCH, J.: Die Landformung der Steiermark. – 221 S., Graz 1928.
- THIEDIG, F.: Verbreitung, Ausbildung und stratigraphische Einstufung neogener Rotlehme und Grobschotter in Ostkärnten (Österreich). – Mitt. Geol. Paläont. Hamburg, 39, 97–116, Hamburg 1970.
- VORMAIR, F.: Die Dolinenwelt des mittelsteirischen Karstes. – Ztschr. Geomorph., 11, 128–150, Berlin 1940.
- WEBER, F.: Beiträge zur Anwendung geophysikalischer Methoden bei Problemen der Angewandten Geologie. – Mitt. Abt. Geol. Paläont. Bergb. Landesmus. Joanneum, 36, 48 S., Graz 1976.
- : Vorbericht zu den geophysikalischen Messungen im Raum Pirka – Tobelbad. – Unveröffentlichtes Gutachten Leoben 1978.
- WINKLER-HERMADEN, A.: Geologisches Kräftespiel und Landformung. – 822 S., Wien 1957.
- ZÖTL, J.: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Raume des Buchkogelzuges bei Graz. – Beitr. Hydrogeol. Stmk., 6, 24–31, Graz 1953.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter [www.biologiezentrum.at](http://www.biologiezentrum.at)  
– : Die hydrogeologischen Verhältnisse des Plabutsch-Kollerkogelzuges bei Graz. – Steir. Beitr. Hydrogeol., N. F. 1958, 57–62, Graz 1958.

Anschrift des Verfassers: o. Univ.-Prof. Dr. Helmut W. FLÜGEL, Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Graz, Heinrichstraße 26, A-8010 Graz, Österreich.