

Zweihundert Jahre erdwissenschaftliche Forschungs- und Ideengeschichte des Grazer Paläozoikums im Überblick

Bernhard HUBMANN, Graz / Kurt KRENN, Graz

Einleitung

Der Blick auf zweihundert Jahre erdwissenschaftliche Erforschungsgeschichte des Grazer Paläozoikums spiegelt die generelle geologische Wissenschaftsentwicklung wider: Im Zeitintervall seit der ersten Notiz im Jahre 1819 bis heute wandelte sich die Wissenschaft von der „erkennenden“ *Geognosie* zur „wissenschaftlichen“ *Geologie*, trat an Stelle einer petrographischen Schichtenreihe die „altersreihende“ Chronostratigraphie, verdrängte der Nappismus die „ortsgebundene Tektonik“, und vieles mehr. Auch methodisch verfeinerte sich die Wissenschaft mit sophistischen labortechnischen Hilfsmitteln, wie radiometrische Datierungsmethoden, Flüssigkeitseinschlussuntersuchungen, Geobarometrie, etc.

Weitgehend „stationär“ in ihrer methodischen Entwicklung blieb dagegen die geologische Landesaufnahme, also die Erstellung geologischer (Gebiets) Karten. Eine mit der Zeit verfolgbare Zunahme an Qualität in der Detailinformation solcher Karten ist dabei vor allem der steigenden Genauigkeit der Kartengrundlagen und der besseren „vorort-Ortsbestimmung“ (GPS, Oberflächenscans, etc.) geschuldet. In der kartographischen Darstellung macht sich die ständig im Wandel befindliche geowissenschaftliche Sichtweise dann erheblich bemerkbar, wenn durch geänderte lithofazielle, stratigraphisch/geochronologische oder metamorphe Konzepte ein „Paradigmenwechsel“ in der Regionalgeologie stattfindet.

In der Chronologie der Forschungs-/Ideengeschichte des Grazer Paläozoikums (GP) lassen sich deutliche Abschnitte erkennen: (1) Erstellen des regional wirtschaftlich nutzbaren „geogenen Inventars“ als Ausgangspunkt der Beforschung. (2) Anfängliches Ringen um eine Ablagerungsreihe, die langsam aber sukzessive einer „Art Kombination“ aus Litho- und Chronostratigraphie weicht. (3) Versuch die tektonische Architektur zu erklären. (4) Verfeinerung des stratigraphischen wie auch tektonischen Datenpools.

Sieht man den derzeitigen Forschungsstand des GP als Synthese von (4) mit Anteilen aus (2) und (3), dann kommt der Beleuchtung der erdwissenschaftlichen Forschungs- und Ideengeschichte eine spezielle Facette zu.

Im Folgenden können nur die großen Entwicklungslinien skizziert werden. Demzufolge bleiben so manche Aspekte, wie paläogeographische Überlegungen (u. a. EBNER et al., 2008), faunenprovinzielle bzw. paläoozeanographische Daten (u. a. HISTON et al., 2010; HUBMANN & REUTER 2017), etc. auf der Strecke.

1. Die ersten hundert Jahre

1.1 Die Pionierzeit (1819–1835)

Die erste geognostische Notiz über den Bau jenes mittelgebirgigen Gebietes am Südostrand der Alpen, das viel später als „Grazer Paläozoikum“ bezeichnet werden sollte, stammt vom brandenburgischen Naturforscher Leopold von BUCH (1774–1853), der 1819 in seiner an der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften in Berlin verlesenen Mitteilung folgendes anmerkte: „Grätz liegt nämlich in der Mitte einer großen Gabel, in welcher das Alpengebirge sich [...] zertheilt. Der Gneuß, welcher hier die innere Kette des Gebirges bildet, zieht sich [...] nordwärts nach Oedenburg, südwärts [...] nach Croatien. Am Fuße des Gneußgebirges erscheint Thonschiefer, und über diesem in ziemlich bedeutenden Bergen feinkörniger weißer Kalkstein. Auch diese Gebirgsarten verlieren sich bei Grätz, und nun ist für viele Meilen durchaus nichts mehr sichtbar als eine ungeheure Masse von Gerüll [...]“ (BUCH 1820, 112).

Leopold BUCHs Interesse und Fokus seiner Studienreise in die Steiermark galt eigentlich dem känozoischen Vulkanismus des Steirischen Beckens. Daher verwundert es auch nicht, dass sich die geognostische Beschreibung der Grazer Umgebung in den vier zitierten Sätzen erschöpft. Dennoch umreißen sie die

fundamentale Grundgliederung der „Gebirgsmasse“ in einen „tieferen Schieferkomplex“ und einen überlagernden, vorwiegend kalkig ausgebildeten Anteil, sowie die Lagerung auf „kristallinem Untergrund“ und das Abtauchen in mehrheitlich unverfestigtes „Molasse-Geröll“ im Süden bzw. im Südosten.

Leopold von BUCH hatte als ortskundigen Begleiter Mathias ANKER (1771–1843) zur Seite, der wenige Monate zuvor zum Nachfolger von Friedrich MOHS (1773–1839) am „Joanneum“ bestellt wurde (BINDER 1983, 59f). In das Jahr dieser gemeinsamen Studienreise fällt ANKERs Beauftragung durch Erzherzog Johann, eine „*Gebirgskarte von Steyermark*“ zu erstellen. Der „steirische Prinz“, wie Erzherzog Johann im Herzogtum Steiermark wegen seiner zahlreichen Tätigkeiten als Förderer im Kultur- und Bildungsbereich sowie als Modernisierer von Industrie und Landwirtschaft im Volk genannt wurde, hatte während seiner Englandreise 1815/16 die Bedeutung der geologischen Landesaufnahme für die Lagerstätten erkundung und die damit zusammenhängenden Folgewirkungen (Energieversorgung, Industrie Gründungen usw.) erkannt (HUBMANN & CERNAJSEK 2004). Für Mathias ANKER waren daher die Erkenntnisse wie jene von Leopold von BUCH und anderer Geognosten von großer Bedeutung für die Systematik der Gesteine, die er in der Gebirgskarte auszuschneiden hatte. Nach zehnjähriger geologischer Aufnahmestätigkeit konnte Mathias ANKER 1829 einen ersten Entwurf einer geologischen Karte im Maßstab 1:432.000 im Manuskript vorlegen. Diese Karte war auf einer Straßenkartengrundlage ohne Höhenangaben gezeichnet; ebenfalls im Jahr 1829 entstand eine weitere Darstellung im Maßstab 1:576.000 auf der topographischen Grundlage der damals gebräuchlichen Straßenkarte mit Flussläufen, Straßen und Siedlungen sowie einer Schraffendarstellung der Gebirgszüge mit Höhenangaben (HUBMANN & CERNAJSEK 2005a). 1832 erschien die Karte schließlich im Druck (FLÜGEL 2004, 67) und war damit die erste verfügbare geognostische Karte eines „innerösterreichischen“ Kronlandes. Die Ausscheidung der dargestellten Gesteinsverbände folgte Abraham Gottlob WERNERS (1749–1817) Klassifikation der „*Gebirgsarten*“ von 1787. Für das Grazer Bergland bedeutete das, dass in der Manuskriptkarte eine Aufgliederung in Übergangskalkstein (im Wesentlichen die Schöckelkalk-Areale um Peggau) und älteres Flözgebirge erfolgte. In der Druckfassung schien aber nur noch das Flöz-

gebirge auf und stellte somit einen Rückschritt gegenüber den Erkenntnissen von Leopold BUCH dar.

Noch während der Drucklegung bzw. der Ausgabe der zweiten Auflage der „ANKER-Karte“ setzte in England eine intensive Auflösung des „WERNER’schen Übergangsgebirges“ in „chronostratigraphische“ Systeme ein: 1833 hat Roderick MURCHISON (1792–1871) das Silur, 1835 Adam SEDGWICK (1785–1873) das Kambrium, 1839 beide Autoren das Devon und 1841 MURCHISON das Perm aufgestellt. Damit wurde die Gliederung der Erd-Zeit in kleinere, gut definierte Perioden, die sich in der Veränderung der Organismen („Leitfossilien“) zeigen, zum zusätzlichen Faktor geognostischer Überlegungen.

1.2. Zwischen Biedermeier und Deutschem Bruderkrieg (1835–1867)

Mit dem Erscheinen der „*Gebirgskarte der Steiermark*“, sowie den zugehörigen Erläuterungen war die erste Phase der geognostischen Erkundung der Steiermark abgeschlossen und – ergänzt durch die *inländisch technologische Mineralien-Sammlung*, die ebenfalls ANKER am Joanneum zusammengestellt hatte (MOSER 1998) – die erste Bestandsaufnahme steirischer Rohstoffe für Bergleute, Gewerbetreibende und Fabrikanten verfügbar.

Anlässlich 21. Jahresversammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Graz im Jahre 1843 veröffentlichte Gustav SCHREINER (1793–1872), ein Staatswissenschaftler und Vertrauter Erzherzog Johanns, ein umfangreiches Buch über die Topographie von Graz, dem eine „*Topographisch-Geognostische Karte der Umgebung von Gratz*“ von Franz UNGER (1800–1870) beigegeben ist. Diese Karte von UNGER, der 1835 auf Wunsch Erzherzog Johanns als Professor für Botanik und Zoologie nach Graz ans Joanneum berufen wurde, stellt eine geologische Gebietskarte im Maßstab 1: 144.000 dar, die in Bezug auf das GP keine Fortschritte gegenüber ANKERs Gebirgskarte aufweist. Bedeutungsvoll allerdings ist, dass es UNGER gelang, aus den Fossilbelegen der Kalke am Plabutsch („Grazer Hausberg“ am Westrand des Stadtgebiets) das „chronostratigraphische Alter“ des „*Uebergangskalkes*“ zu ermitteln und der gerade erst vier Jahre zuvor etablierten Devonzeit zuzuweisen (HUBMANN 2016).

Mit dieser Erkenntnis beginnt eine neue Epoche in der Erforschung des GP, die die Verbindung von

zeitlicher Einordnung und lithologischer Ausprägung der Gesteinsabfolgen im Fokus hatte.

Wenige Monate vor der Naturforscher-Tagung wurde unter der Patronanz Erzherzog Johanns in Graz der „*Geognostisch-montanistische Verein für Innerösterreich und das Land ob der Enns*“ gegründet, der es als prioritäre Aufgabe ansah, eine geologische Karte der Steiermark zu erstellen. Dabei standen vor allem wirtschaftliche Aspekte im Vordergrund, denn auf die „*Entdeckung und Aufschließung nutzbringender Mineralien, besonders der Erze, Kohle und statuarischen Steine, ihrer Beurteilung und Bekanntmachung zur Erleichterung bergmännischer, technischer und kommerzieller Unternehmungen*“ sollte besonderes Augenmerk gelegt werden. 1850 ging dieser Verein in seinen „Nachfolger“, den „*geognostisch-montanistischen Verein für Steiermark*“ über. Nach zahlreichen finanziellen und personellen Schwierigkeiten, sowie dem Tod Erzherzog Johanns im Mai 1859, konnte Dionys STUR (1827–1893), Chefgeologe an der 1849 in Wien gegründeten Geologischen Reichsanstalt, für die Fertigstellung und die Abfassung von Erläuterungen der Karte gewonnen werden.

1865 legte STUR die „*Geologische Uebersichtskarte des Herzogthumes Steiermark*“ im Maßstab 1:288.000 vor; 1871 folgte ebenfalls aus seiner Hand das erläuternde Werk zur Karte, die 654 Seiten umfassende „*Geologie der Steiermark*“. Während die Karte zwei „*Devon-Formationen*“, nämlich Devonischer Schiefer und Devonischer Kalk ausscheidet, wird das Devon im Text dreigliedert. Die „*tiefere Etage*“ der „*schieferigen Gesteine*“ und „*Quarzit*“ wird als frei von tierischen Fossilien, aber als Pflanzen-führend (STUR 1871, 126) beschrieben.² In ihr sah er (STUR 1871, 127) unterdevonisches Alter. Das Niveau darüber bilden die Korallen-führenden Kalke, wie sie UNGER vom Plabutsch beschrieben hat. Sie interpretierte STUR (1871: 129) als mitteldevonisch. Als höchste Einheit werden „*dunkle*“ Clymenienkalke vom Steinberg genannt, die STUR (1871, 130) der „*oberen Gruppe des Devon*“ zuordnete.

Die chronostratigraphische Zuordnung der drei STUR'schen Etagen haben bis zu einem gewissen Grad auch heute noch Gültigkeit, wenn man sie folgendermaßen mit der im „*Millenniumjahr*“ publizierten lithostratigraphischen Neugliederung des GP (FLÜGEL, 2000) vergleicht: in Abfolgen der

Parmasegg- bzw. Flösserkogel-Formation treten *Scalarituba*-Spuren auf; sie haben ein Unterdevon-Alter. Bei der Plabutsch-Formation handelt es sich um fossilreiche Kalke des Mitteldevon und die Steinberg-Formation umfasst Flaserkalke mit Cephalopoden, die Oberdevon-Alter haben. Interessant ist, dass STUR die vor allem östlich der Mur gelegenen „*Schieferareale*“ nicht extra abtrennte, ebenso wenig wie die fossilfreien Schöckel-Kalke.

1827 wurde die Grazer Universität zwar nach 45-jähriger „*Degradation zum Lyzeum*“ wiedererrichtet, aber erst mit der Ernennung von Carl Ferdinand PETERS (1825–1881) zum Professor für Mineralogie und Geologie im Jahr 1865 beginnt die durchgängige universitäre geologische Forschung, die auch das GP betraf. Kurz nach seinem Dienstantritt in Graz verschlechterte sich der Gesundheitszustand von PETERS sukzessive, sodass er alsbald nicht mehr in der Lage war, Geländetätigkeiten durchzuführen (HUBMANN 2002). Eine Mitteilung über den stratigraphischen Bau des Grazer Devons, die auf die Geländebegehungen seines Schülers Conrad CLAR (1844–1904) während des Sommers 1866 zurückgehen, erschien im Februar des Folgejahrs (PETERS 1867). Zwei Aspekte stechen darin besonders hervor. Zum einen bemerkte PETERS (1867, 26), dass „*[d]er Schöckelstock [...] ein ganz abweichendes, auf viel älteren krystallinischen Schiefer ruhendes Gebilde*“ ist, zum anderen, dass *vulkano-klastische Abfolgen („Grünsteine“) unter den Korallenbänken (heute: Plabutsch-Fm.) liegen und somit die „Devonformation der Steiermark eine von der westdeutschen völlig verschiedene Stellung*“ hat.

1.3. „Erste“ Stratigraphie für das Grazer Bergland (1867–1925)

Im Herbst 1866 hatte Conrad CLAR sich mit dem Wiener Geologen Eduard SUESS (1831–1914) zu einer gemeinsamen Geländebegehung in der Grazer Umgebung getroffen. Ergebnisse dieser Exkursion legte SUESS in einer umfassenden Abhandlung über die paläozoischen Anteile in den Alpen im Februar 1868 der Akademie der Wissenschaften in Wien vor (SUESS 1868, 776–777). Darin unterschied er im Grazer Devon sechs Schichtglieder: (1) Basale grüne Schiefer mit zelligem Quarz und Brauneisen (heute: ?Kehr-Fm.), (2) untere Grauwackenschiefer (heute: Parmasegg-Fm.), die er zeitlich mit dem „*rheinischen Spiriferensandstein*“

verglich, dann (3) dolomitischer Kalkstein (heute: Flösserkogel-Fm.), darüber (4) Kalk des Gaisberges (heute: Plabutsch-Fm.), (5) ungeschichteter, cavernöser Kalkstein (heute: Kollerkogel-Fm.) und schließlich (6) schwarzen bis dunkelroten Clymenienkalkstein (heute: Steinberg-Fm.).

Mit der mehrteiligen Ablagerungsfolge des „*unteren Kohlenkalkes*“ durch SUESS wurde eine neue Epoche in der Erforschung des GP eingeläutet, die durch eine intensive Suche nach der stratigraphischen Einordnung bzw. Untergliederung der Gesteinsverbände charakterisiert ist.

Im Februar 1874 stellte C. CLAR während einer Sitzung der geologischen Reichsanstalt seine neunteilige „*Ablagerungsreihe*“ des Grazer Berglandes vor. Diese Gliederung bezog erstmals auch die aus heutiger Sicht zu einem tieferen tektonischen Stockwerk gehörigen Schichtglieder mit ein, während die SUESS'sche Aufstellung im höheren Stockwerk (heute: „*Rannach-Decke*“) verblieb.

Zwei Jahre später widmete PETERS in seiner Abhandlung „*Die Donau und ihr Gebiet*“ (PETERS 1876) dem GP eine ausführlichere Behandlung mit einem NS-Profil, die die CLAR'sche lithologische Gliederung darstellt (**Abb. 1**).

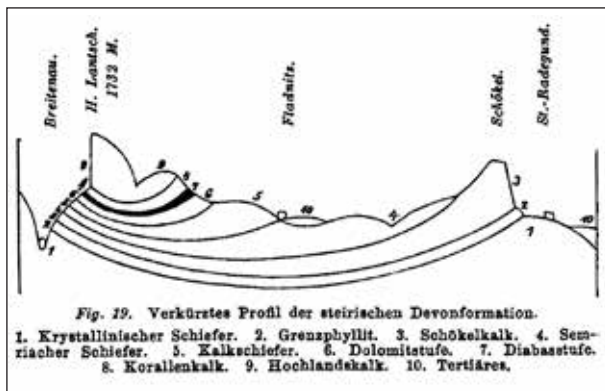


Abb. 1: Nord-Süd-Profil durch das „*Grazer Devon*“ (aus PETERS 1876)

Schließlich stammt von Conrad CLAR aus dem Jahr 1877 die erste Gebietskarte im Maßstab 1:144.000, die allerdings unpubliziert blieb (HUBMANN & CERNAJSEK 2005b). Zur Ausscheidung kamen folgende Gesteinseinheiten (**Abb. 2**): (1) Grenzphyllit (hell orange), (2) Schöckelkalk (hell violett), (3) Semriacher Schiefer (grau), (4) Schieferkalk (mittleres violett), (5) Dolomitstufe (graublau), (6) Diabas (dunkelgrün), (7) Corallenkalk (dunkelblau), (8) H. Lantschkalk (rotbraun). Die Kreide nördlich

von Köflach (heute: Kainacher Gosau) – sie ist in der Legende nicht angeführt worden – wurde sehr großzügig in Gelb angelegt und mit „*Kreide*“ bezeichnet. Ebenso wurde das im Süden angrenzende Neogen in der Legende nicht erwähnt, es ist hellgrün gehalten und in den Ausscheidungspartellen mit der Bezeichnung „*Tertiär*“ ausgewiesen. Das Quartär blieb unerwähnt und unbezeichnet farblos gehalten.

Die „*CLAR'sche Ablagerungsreihe*“ und die in der Karte visualisierte Verbreitung der „*devonischen Schichtglieder*“ sollte für die folgenden Jahrzehnte die Grundlage weiterer Forschung bilden. Die Grazer Geologen der „*Nachfolgegeneration*“ Rudolf HOERNES (1850–1912) und Alphons PENECKE (1858–1944), sowie HOERNES' Schüler Franz HERITSCH (1882–1945) bemühten sich um genauere lithologische (Unter-)Gliederungen und bessere Kenntnis der organismischen Inhalte in Hinblick darauf, „*stratigraphische Horizonte*“ – auch für die überregionale Parallelsierbarkeit – dingfest zu machen.

Die biostratigraphische Bewertung der flachmarinen Makrofauna erwies sich nicht als eindeutig genug, um nicht auch größeren Interpretationsraum in der zeitlichen Einordnung offen zu lassen. So stellte PENECKE (1889, 1894) die Korallenkalke im Grazer Raum in das Unterdevon, die korallenführenden Kalke am Hochlantsch in das Mitteldevon. Noch weiter ging Guido STACHE (1833–1921), der als Aufnahmegeologe der Geologischen Reichsanstalt intensiv im Silur der Karawanken und Karnischen Alpen gearbeitet hatte und in Überbewertung dieses Systems in Schichtgliedern des Grazer Raums ebenfalls silurisches Alter sah (STACHE 1879, 1884).

Ab 1880 verfolgte HOERNES eine andere, interessante Vorstellung, nämlich die, dass die südöstliche Abfolge von Korallen-, Pentamerus- und Goniatitenkalcken ein fazielles, zeitliches Äquivalent der Hochlantsch-Kalke darstellt (HOERNES 1880, 1885).

Dieser HOERNES'schen Vorstellung sinnverwandt glaubte HERITSCH (1906a), dass im Hochlantschgebiet „*Kalkschiefer*“ die Semriacher Schiefer faziell vertreten könnten. Ebenso sollten diese „*Kalkschiefer*“ im Plesch-Mühlbacherzug die Kalkschieferstufe (heute: Parmasegg-Fm.) und Quarzsandsteine (heute: Flösserkogel-Fm.) vertreten. Um Missdeutungen zu unterbinden, bezeichnete er später diese Vertretung als „*Kalkschieferstufe im weiteren Sinn*“ (heute: Heigger-, Koller-Fm.), um sie

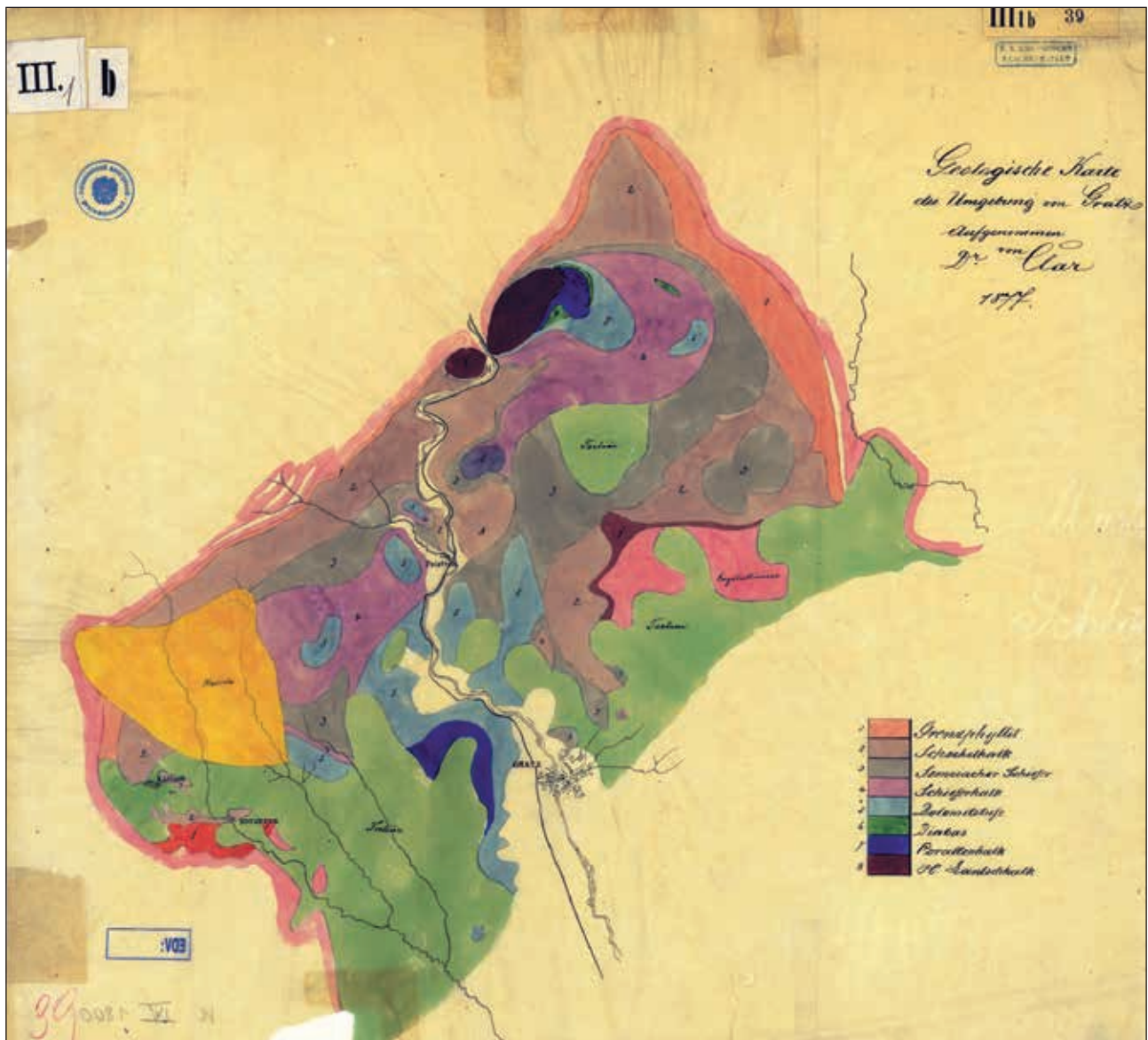


Abb. 2: Die erste Gebietskarte des Grazer Paläozoikums: „Geologische Karte der Umgebung von Gratz“ von Conrad CLAR aus dem Jahre 1877 (Geologische Bundesanstalt in Wien, Signatur K IV 1800).

dadurch begrifflich von den *Kalkschiefern im engeren Sinn* (heute: Parmasegg-Fm.) zu trennen (HERITSCH 1917).

Meinungen und Vorstellungen, die von „außen“ zur Diskussion eingebracht werden, können horizontweiternd sein und sich fruchtbar in der weiteren Forschung auswirken – oder auf Ablehnung stoßen, und schlimmstenfalls „bekämpft“ werden. Für letztere Vorgehensweise entschieden sich HOERNES – und später HERITSCH –, als ab den 1890er Jahren im Grazer Raum Michael VACEK (1848–1925) im Auftrag der Geologischen Reichsanstalt als kartierender Geologe tätig wurde. Abgesehen von einigen stratigraphischen Fragen, die korrigiert werden konnten (wie etwa VACEKs Vorstellung, dass der Hochlantsch-Kalk Trias repräsentiere), vertrat VACEK

aus seiner Geländetätigkeit heraus die Auffassung, dass die Semriacher Schiefer nicht nur im Hangenden des Schöckel-Kalks auftreten, sondern dass sich auch in seinem Liegenden ein vergleichbarer Schieferkomplex („archaische Quarzphyllitgruppe“) befindet. Über dieser Einheit sah VACEK weitere „*unkonform übereinander liegende Schichtgruppen*“, die durch Sedimentationsunterbrechungen und (erosive) Reliefbildung zeitlich getrennt sind: (1) Schöckelgruppe (= Grenzphyllit und Schöckelkalk), (2) Lantschgruppe (= Kalkschiefer, Dolomit-Stufe und Osser-Kalk), darüber unkonform: (3) Korallenkalk, darüber nochmals unkonform: (4) Clymenienkalk, (5) „Karbon der Breitenau“ (= graphitische Tonschiefer und Magnesit), darüber unkonform: (6) die vermutlich triassischen Hochlantsch-Kalke.

Speziell die Ansicht über die Position des Schöckelkalks zu den Semriacher Schieferen (also: ob „Schiefer über, oder/und unter dem Kalk“ liegen) führte zu heftig geführten Streitschriften zwischen VACEK und HOERNES (HUBMANN & WAGMEIER 2017, 54–56). Begleitend zum polemisch geführten Diskurs entstand die erste Abhandlung über den tektonischen Bau des GP (HERITSCH 1906b). In dieser Arbeit meinte der damals 24-jährige HERITSCH, dass im tektonischen Baustil des Grazer Berglandes als „maßgebende[s] Moment ... große Brüche“ vorherrschen, vor denen aber „das Faltenphänomen ganz zurück[tritt]“ (HERITSCH 1906b, 218). Genetisch interpretierte er das GP als den sedimentären Absatz in einer Mulde von kristallinen Gesteinen, die später durch eine aus südöstlicher Richtung wirkenden „faltengebärenden Kraft“ eingengt wurde (Abb. 3).

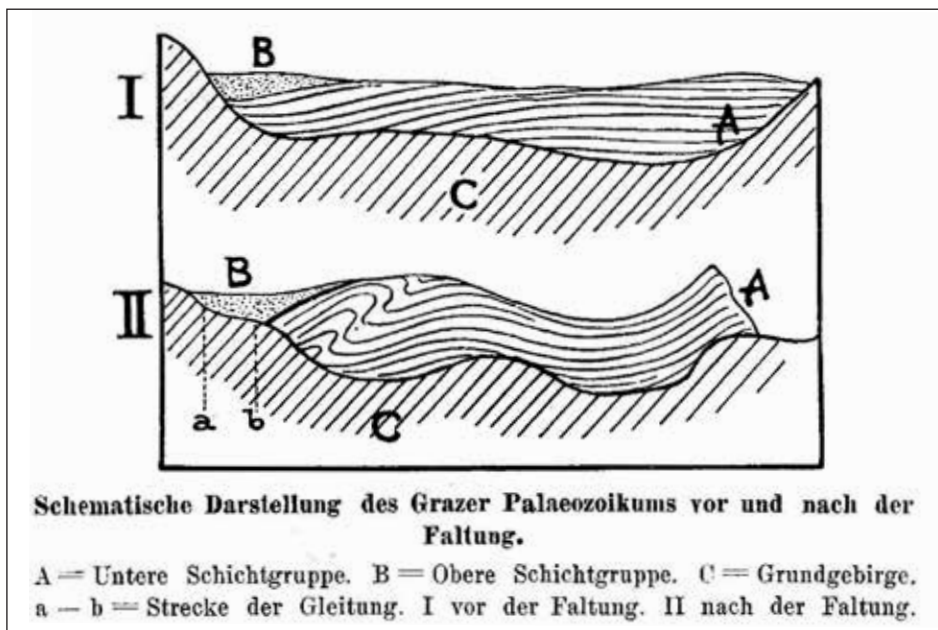


Abb. 3: Tektonischer Bau des Grazer Paläozoikums nach der Vorstellung von HERITSCH (1906b, 216).

Im Zuge der Einengung seien „[d]ie unteren Schichten ... zurückgestaut“ worden und hätten „eine Antiklinale, auf deren Rücken die oberen Schichten ... gegen Norden abgeglitten sind“, gebildet.

Interessant ist die Interpretation der Altersfrage, wann diese tektonische Aktivität stattgefunden habe. HERITSCH (1906, 221) vermutete, dass „die erste Faltung der paläozoischen Ablagerungen cretacisch ist“, was er „aus der geringen Diskordanz zwischen Paläozoikum und Gosau“ und dem Umstand schloss, „daß diese Diskordanz im Osten größer ist als am Westrande“.

Wenngleich diese Vermutungen aus heutiger Sicht durchaus moderne Ansätze zeigen, waren sie Anlass zu neuerlichen polemischen Kontroversen mit Michael VACEK.³

Mit der „tektonischen“ Studie von HERITSCH (1906b) beginnt eine neue Ära in der Erforschung des GP, in der Überlegungen zum Deckenbau aufgenommen. Nach 1910 drängen sich Ideen einer Stapelung ähnlich der Grauwackenzone im Hochlantschgebiet (Breitenau) in den Vordergrund. Diese gingen zunächst vom Leobner Geologen Hannes MOHR (1882–1967) aus, der die im Nordabfall des Hochlantsch vorkommende Gesteinsserie aus braunen Ton- bis Sandsteinen, Kieselschiefern und Kalkschiefern, sowie Magnesiten (= Grenzphyllit sensu C. CLAR) im Sinne von VACEK (1891) als karbonisch interpretierte – ebenso der Schöckel-

Kalk! – und überregional in Verbindung mit dem Karbon der Grauwackenzone brachte (MOHR, 1911; KOBER, 1912). Damit wurde die von HERITSCH vertretene, lokal „gebundene Tektonik“ erweitert zu Überlegungen weiträumiger Horizontalverfrachtungen. Schließlich sah STAUB (1924) das GP, wie auch das „Murauer Paläozoikum“, als Teil einer „Steirischen Decke“, die einen Fremdkörper über den ostalpinen Decken darstellt (vergl. FLÜGEL 1958, 68).

2. Die zweiten hundert Jahre

2.1 „Neue“ Stratigraphie und Tektonik (1925–1957)

Im Zuge der Neukartierung des Schöckelgebietes entwickelte der Grazer Geologe und Geophysiker Robert SCHWINNER (1878–1953) ein Konzept zum Deckenbau des GP. Er unterschied vier tektonische Einheiten (SCHWINNER, 1925): (1) Autochthone Phyllite (= „Untere Schiefer“ sensu HERITSCH 1927), (2) Schöckelkalk als ein halb-

metamorphes Devon, (3) Taschenschiefer (= „Semriacher Schiefer“ sensu C. CLAR 1874 = „Obere Schiefer“ sensu HERITSCH 1927) und (4) Rannachdecke als eine in sich geschlossene Devonentwicklung. Durch eine nordvergente Großscherfläche sollten dabei die Einheiten 3 und 4 über die Einheiten 1 und 2 befördert worden sein.

Diese Vorstellung des „zweistöckigen“ tektonischen Konzepts von SCHWINNER (1925) führte dazu, dass HERITSCH (1927) ein neues stratigraphisches Konzept entwickelte, welches in der Gliederung des oberen Stockwerkes die untersten drei Stufen der ursprünglichen CLAR'schen Schichtenreihe nicht mehr enthält. Das nunmehr erste Schichtglied stellen basale Grünschiefer und Phyllite dar, die denen der Platte (651 m hohe Erhebung im Grazer Stadtgebiet Mariatrost) entsprechen und tektonischen Kontakt zum unterlagernden Schöckel-Kalk haben sollen. Auf diese folgen Sandsteine und mürbe Schiefer aus der Umgebung von Stiwoll, die nach lithologischen Vergleichen mit den Karnischen Alpen das obere Ordovicium darstellen („Caradoc-Sandsteine“; heute: Parmasegg-Fm.). Zusätzlich nahm HERITSCH in den „höheren“, devonischen Niveaus einige (bio)stratigraphische Korrekturen bzw. Namensänderungen der Gesteinsfolgen vor (HERITSCH 1927 cum lit.).

In den 1930er Jahren kamen im Zuge der Neukartierungen der Geologischen Reichsanstalt durch Lukas WAAGEN (1877–1959) wiederum Impulse „von außen“. WAAGENS Vorstellungen basierten allerdings auf Geländebefunden und nur wenigen biostratigraphischen Daten. Seitens der „Grazer Schule“ versuchte man indes das „liebgewonnene“ stratigraphische Konzept mit neuen Fossilfunden zu belegen. Dabei kam es allerdings zu zahlreichen Fehldeutungen, wie etwa Fundberichte von Archaeocyathiden, oder Korallenfunde im Schöckel-Kalk, die die Richtigkeit des stratigraphischen Konzepts zu untermauern schienen.

Erwähnenswert ist auch die tektonische Vorstellung des damals an der Technischen Hochschule in Graz wirkenden Eberhard CLAR (1904–1995). Er interpretierte einen gewaltigen Überfaltungsbau, der den Schöckel-Kalk scharnierartig gegen Norden zusammengeklappt haben soll und im Norden in einen aufrechten Schuppenbau übergeht (E. CLAR 1935) (**Abb. 4A**). Im Zuge dieser Verfaltung wären die „Taschenschiefer“ in das Hangende des Schöckel-

Kalkes transportiert worden und die „Rannach-Decke“ hätte als weitreichende Schubmasse ihre Unterlage überfahren.

In den folgenden Jahrzehnten sollte ein von Heinz BOIGK (1914–1982) modifiziertes Modell des CLAR'schen Deckenbaus für die Vorstellung der tektonischen Architektur des Grazer Raumes Grundlage bleiben (**Abb. 4B**). Nach BOIGK (1951) geht die nordvergente Überfaltung nicht direkt in einen aufrechten Schuppenbau über, sondern aus dieser Falte sollte sich eine zweite Liegendfalte mit einem ebenfalls gegen Süden gerichteten Scharnier entwickeln, wobei der zwischen diesen beiden Falten liegende Antiklinalkern von den „Unteren Schiefen“ eingenommen wird. Diese zweite Liegendfalte, unter der ein weiterer Schieferzug („Heilbrunner Phyllite“) auftaucht, besteht aus Kalkschiefern. Erst aus diesen entwickelt sich die Schuppungszone im Norden. Über dem Bau der liegenden Falten, bzw. über der nördlichen Schuppungszone liegt die „Rannach-Decke“. Wie bereits HERITSCH (1906b) erkannte, wird der tektonische Bau diskordant und transgressiv von Ablagerungen der Kainacher Gosau plombiert, woraus sich sein vorgosauisches Alter ergibt.

2.2 Conodontenstratigraphie und neue Lithostratigraphie (ab 1957)

Nach dem Zweiten Weltkrieg und den Wiederbesetzungen der geologischen Lehrstühle begann unter dem Geologen Karl METZ (1910–1990), sowie vor allem unter dem Paläontologen Helmut FLÜGEL (1924–2017) und deren Schülerinnen und Schülern, eine fünf Dezennien andauernde Erforschung des Grazer Raumes. Speziell die von FLÜGEL eingeführte und von seinen Schülerinnen und Schülern an vielen Punkten im Gesamttraum angewandte conodontenstratigraphische Untersuchungsmethode, die auch die Datierung so mancher makrofossilfreier Abfolgen erlaubte, brachte mit sich, dass *nicht nur ein „schwarzer Freitag“* (FLÜGEL 1958, 61) über das von HERITSCH entwickelte und von der „Grazer Schule“ so vehement verfochtene stratigraphische Konzept hereinbrach. Anfängliche Meilensteine waren dabei die (Er)kenntnis, dass es keine Schichten älter als (Ober)Silur gibt, dass lithologisch nicht vom Devon unterscheidbar auch Kalke des Karbons vorhanden sind, und dass es Parakonformitäten, also parallele Diskordanzen ohne offensichtlichen Erosionsbruch gibt.

Den erweiterten Kenntnisstand über den Grazer Raum nach der „Ära HERITSCH“ legte FLÜGEL (1960) in der „*Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1 : 100.000*“ nieder. Zur Karte erschien im Folgejahr ein umfassender Erläuterungsband, der 1975 eine zweite, revidierte Auflage erhielt. In dieser Darstellung wird das GP in drei „Faziesbereiche“ geteilt, (1) die *Rannach-Fazies*, (2) die *Hochlantsch-Fazies* und (3) die *Tonschiefer-Fazies*. Die Rannach-Fazies, charakterisiert durch mächtige Dolomite und Dolomitsandsteine im unteren Devon und durch Kalke im mittleren und höheren Devon, verzahnt sich mit der Hochlantsch-Fazies, die bei ähnlicher Entwicklung basische Eruptiva aufweist. Die Hochlantsch-Fazies beinhaltet nach FLÜGEL (1975, 51f) auch die „*Folge von Laufnitzdorf*“ und die „*Kalkschiefer-Folge*“. Die Tonschiefer-Fazies umfasst eine Folge von graphitischen, teilweise pyritführenden Tonsteinen, schwärzliche, häufig Striatoporen-führende Kalke und quarzitische Sandsteine. Über sie ist der Schöckel-Kalk entwickelt (**Abb. 4C**).

Diese prinzipielle Untergliederung in fazielle Ablagerungsräume blieb bis zum Erscheinen der „*Geologischen Karte der Steiermark, 1:200.000*“ aktuell. Im Zeitintervall bis zum Erscheinen der „Steiermarkkarte“ (FLÜGEL & NEUBAUER 1984) standen viele neue Einzelergebnisse zur Verfügung, die im Zuge von Dissertationen entstanden waren, oder seitens des Joanneum durch Fritz EBNER (ab 1970er Jahre, vgl. HUBMANN, 2000) erarbeitet wurden. Diese Daten veranlassten FLÜGEL in den zur Karte korrespondierenden Erläuterungen von „*mehreren Fazies- bzw. Mehrfaziesdecken*“ zu sprechen, deren Schichtglieder in fünf „lithostratigraphische“ Gruppen aufgeteilt wurden: (1) Passailer Gruppe, (2) Schöckelgruppe, (3) Laufnitzdorfer Gruppe, (4) Rannach-, Heuberg-, Hochlantsch-Decke und (5) Hochschlaggruppe. Jene Erläuterungen beinhalten auch ein vereinfachtes Profil des Deckenbaus (**Abb. 4D**).

Schließlich mündeten die geologischen Neukartierungen des Nordteils des GP, die von einigen Dissertantinnen und Dissertanten FLÜGELs, aber auch durch seine eigenen zahlreichen Geländetätigkeiten erstellt wurden, in die Publikation des Kartenblatts 134 Passail (FLÜGEL et al., 1990). Während weitere Kartenblätter gerade ebenfalls in fortgeschrittener Bearbeitung waren (164 Graz: FLÜGEL et al. 2011, 163 Voitsberg: EBNER et al. 2017), stellte sich die Frage nach einer einheitlichen Terminologie der Ge-

steinsserien, die auch „modernen“ internationalen Empfehlungen („SALVADOR-Code“) folgen. Während auf dem Kartenblatt Passail nur jene lithostratigraphischen Begriffe den formalen Kriterien entsprechen, die im Zuge der Neubearbeitung definiert wurden, wollte man für die weiteren Kartenblätter den Empfehlungen von STEININGER & PILLER (1999) entsprechen und Gesteinseinheiten auf breiter Basis formalisieren. Dieses Vorhaben mündete in eine „*lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz*“ durch EBNER (1998) und FLÜGEL (2000) und, in weiterer Folge zu ihrer Emendation durch EBNER et al. (2000, 2001).

Nach FLÜGEL (2000, 8) belief sich die Anzahl publizierter lithostratigraphischer Begriffe des GP auf die Zahl 190, wobei aus unterschiedlichen Gründen, etliche davon im Laufe der Erforschungsgeschichte obsolet wurden. FLÜGELs Neugliederung sah 9 Gruppen (Laufnitzdorf, Reinerspitz, Rannach, Forstkogel, Dult, Lantsch, Mixnitz, Peggau, Passail) mit 35 Formationen vor. Unter der Hierarchie der Formation unterschied er 51 Subformationen und 5 Bänke.

Die graphische Auflösung der neuen Lithostratigraphie des GP – betreffend die „nicht-metamorphen“ Formationen – ging in die „Stratigraphische Tabelle Österreich 2004“ (PILLER et al. 2004) ein. Dafür wurde die Anordnung nach der „dreiteiligen tektonischen Stockwerksgliederung“ im Sinne von FRITZ et al. (1992) umgesetzt. Im „Erläuterungsband“ werden alle auf der Tabelle genannten lithostratigraphischen Termini begriffsinhaltlich beschrieben sowie der Validitätsstatus des Gesteinseinheiten abgehandelt (HUBMANN et al. 2014).

2.3 Ideenentwicklung zum tektonometamorphen Bau

Bis in die 1980er Jahre wurden vorwiegend (bio-) stratigraphische Daten, fazielle Überlegungen und die Lagerungsverhältnisse signifikanter Lithologien dazu verwendet, den Bauplan des GP zu erklären. Diese Daten führten früh zu der Vorstellung einer unteren Deckengruppe mit Elementen einer Beckenfazies (Peggau-Gruppe und Schöckel-Decke i.w.S.) die von einer höheren Deckengruppe mit dominanter Flachwasserfazies (Rannach-, Lantsch-Gruppe und Rannach-Decke i.w.S.) überschoben wurde. Eine großräumige Verfaltung der unteren Deckengruppe wurde mit dem Auftreten von graphitführenden Schiefnern („Arzberg-Schichten“,

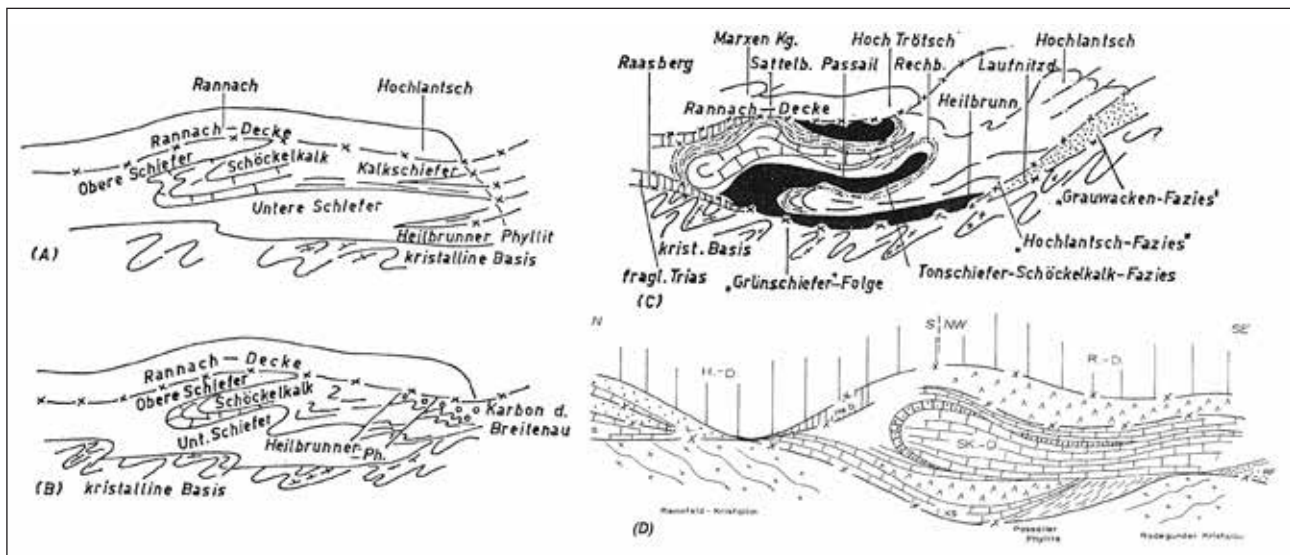


Abb. 4: Historie über den schematischen Deckenbau des Grazer Paläozoikums nach (A) E. CLAR (1935), (B) BOIGK (1951), (C) FLÜGEL (1958) sowie (D) FLÜGEL & NEUBAUER (1984). Abkürzungen in (D): H.-D.: Hochlantsch-Decke; R.-D.: Rannach-Decke; SK-D: Schöckel-Decke.

heute: Schönberg-Fm.) im Liegenden und Hangenden des Schöckel-Kalkes argumentiert. Das generelle Bild einer unteren Deckengruppe, bestehend aus der „höher metamorphen“ Schöckel-Decke und einer wenig metamorphen höheren Deckengruppe (Rannach- und Hochlantschdecke) hat noch heute Gültigkeit. Verfeinert wurde dieses Modell durch die Kartierung eines Schuppenbaus am Nordrand des GP, bestehend aus Elementen der küstennahen Hochlantsch-Gruppe, der sog. Kalkschiefer-Gruppe und Elementen einer pelagischen Entwicklung, der Laufnitzdorf-Gruppe. Somit wurde eine intermediäre Deckeneinheit, die die genannte Laufnitzdorf-Gruppe beinhaltet, eingeführt (GOLLNER & ZIER 1985; GOLLNER et al. 1982).

Während bis in die frühen 1990er Jahre die Stratigraphie und damit auch die tektonischen Vorstellungen des Baus des GP voranschritten (FLÜGEL & HUBMANN 2000 cum lit.), setzte ein Umdenken in den tektonischen Arbeitsweisen schon früher, etwa ab 1980, ein. Dies mag mit dem Erscheinen einer viel beachteten Arbeit von BERTHÉ et al. (1979) in Zusammenhang stehen, in welcher Schergefüge aus der Amerikanischen Scherzone beschrieben wurden. Damit fand die „moderne“ kinematische Analysetechnik auch Eingang in die strukturgeologischen Untersuchungen im Grazer Raum. Etwa gleichzeitig wurden die analytischen Möglichkeiten einer geochronologischen Datierung genutzt und erste Mineralalter im Grazer Raum erarbeitet (FLÜGEL et al. 1980; FRITZ 1986, 1988). Bis zu diesem Zeitpunkt

war das Alter des Deckenbaus, bedingt durch das Fehlen prä-gosauischer, permomesozoischer Sedimente, wie sie in anderen ostalpinen Paläozoika vorkommen, fraglich. Sowohl ein variszisches wie auch alpidisches Alter wurde diskutiert. Die verfügbaren Daten (K/Ar und Rb/Sr-Alter) entsprechen zwar nicht mehr den Anforderungen an eine moderne Geochronologie, sprechen aber für ein früh-alpidisches Alter (etwa 130–110 Ma) der Deckenstapelung im GP, wenngleich die Existenz einer variszischen tektonometamorphen Phase (immer noch) zur Diskussion steht (FRANK 1987; RUSSEGGER 1996; SCHANTL et al. 2015).

Die tektonische Entwicklung des GP weist regionale Besonderheiten auf. Der zentrale Teil, etwa entlang des Murtales, wird von FRITZ (1991) im Sinne einer „thin-skinned“ Tektonik interpretiert. Auf eine west-gerichtete erste Phase der Deckenstapelung folgt ein nordwest-gerichtetes konvergentes Gefügeelement, assoziiert mit einem Faltenbau, wie er im Raum Frohnleiten (Frohnleitner Falte) zu sehen ist. Darauf folgt ein intra-gosauisches extensionales, West-Ost-gerichtetes Gefügeelement (FRITZ et al. 1992). Der Westrand des GP ist vor allem geprägt durch intra-gosauische Extensionstektonik. Die Exhumierung benachbarter Kristallinareale (Koralm- und Gleinalmkristallin), die Aktivität sinistraler NE-SW-streichender Scherzonen und ostfallender Abschiebungen erfolgte etwa gleichzeitig mit den Ablagerungen der basalen Kainacher Gosau (NEUBAUER et al. 1995). Der Ostrand des GP ist

geprägt durch eine intensive Deckenstapelung innerhalb der tieferen, höher metamorphen Deckengruppe. Hier stand und steht die Abgrenzung von Einheiten, die dem GP zugerechnet werden, zu den östlich angrenzenden Kristallinaren (ehemals „Angerkristallin“) zur Diskussion.

Intensive strukturgeologische Untersuchungen innerhalb des GP wurden ab den 1980ern anhand von Hochschul-Schwerpunktsarbeiten der Universität Graz unter Anleitung von FLÜGEL durchgeführt. Diese beinhalteten im Wesentlichen Studien von NEUBAUER in Gebieten am Ostrand des GP, am Übergang zum sogenannten „Angerkristallin“ (Abb. 5). Besonderes Augenmerk galt der Grenzziehung zwischen den niedriggradigen „Heilbrunner Phylliten“ (heute: Heilbrunn-Fm.) und den hochgradigen Glimmerschiefern des Angerkristallins (NEUBAUER 1981, 1982). Im Zuge dieser Beforschung wurde u.a. ein durchgehender Trend zu höhergradiger Metamorphose vom GP in die Einheiten des Angerkristallins beschrieben. Dieser Trend basiert auf einer räumlichen Verteilung von metamorphen Indexmineralen. Als Resultat dieser Studie wurde der Übergang vom GP ins Angerkristallin hinein als ein zusammenhängendes, variszisches Metamorphoseprofil interpretiert. Folglich wurde das Angerkristallin selbst als die primäre Basis des GP bezeichnet. Basierend auf dieser Annahme ist in verschiedenen Karten auch eine Fortsetzung der Marmore der Hochschlag-Formation in das Angerkristallin eingezeichnet (siehe auch FLÜGEL & NEUBAUER 1984). Dies kann, wie spätere Studien zeigen, heute als obsolet bezeichnet werden.

Doktorarbeiten, bezogen auf den tektonischen Aufbau des GP, sind im Zeitraum der 1980-er Jahre an der Universität Graz entstanden (z. B. FRITZ 1986; GSELLMANN 1987). Viele dieser Erkenntnisse konnten weiter ausgebaut und folgend publiziert werden. Die wichtigsten Arbeiten von FRITZ (1988, 1991); FRITZ & NEUBAUER

(1988); NEUBAUER (1989; 1991); FRITZ et al. (1991, 1992), sowie RATSCHBACHER et al. (1991) zeigen übereinstimmende Resultate. Alle Autoren waren sich darüber einig, dass der strukturelle Bau des GP auf einer Deckenstapelung während der Unterkreide basiert. Das Modell dazu ergab sich v.a. aus Studien in den nordwestlichen Gebieten des GP zwischen Murtal und Stübingtal bei Übelbach, in denen eine tektonische Grenze zwischen der Rannach-Decke im Hangenden und der Schöckel-Decke im Liegenden aufgeschlossen ist. Entlang einer mylonitischen Zone („basale thrust“ der Rannach-Decke) wurden synkinematisch gewachsene Glimmer (Paragonite) aus asymmetrischen Druckschattenbereichen um rigide Klasten (Pyrite) in Kalkglimmerschiefern der Schöckel-Decke datiert. Diese von FRITZ (Graz) zusammen mit KRALIK (Wien) durchgeführten radiometrischen Messungen (Rb/Sr und K/Ar) ergaben ein Alter für die Überschiebung um 125 Ma. Ein auf diesen Zeitraum bezogenes „thin-skinned“ Modell beschreibt eine erste Hauptdeformationsphase (D1) mit WSW-gerichteter Überschiebung der Rannach-Decke über die Schöckel-Decke, wobei letztere dadurch großräumig eingefaltet wurde. Weiterer Deckentransport der Rannach-Decke Richtung NW erfolgte als Resultat darauffolgender N-S Verkürzung (D2). Der gesamte Deckenstapel wurde schließlich lokal aufgrund von E und NE-gerichteter Bewegung in E-vergente Scherung und Faltung gelegt (D3).

Die Deformationsphasen D1-D2 sind nach FRITZ (1991) auf ein transpressives System (Scherung

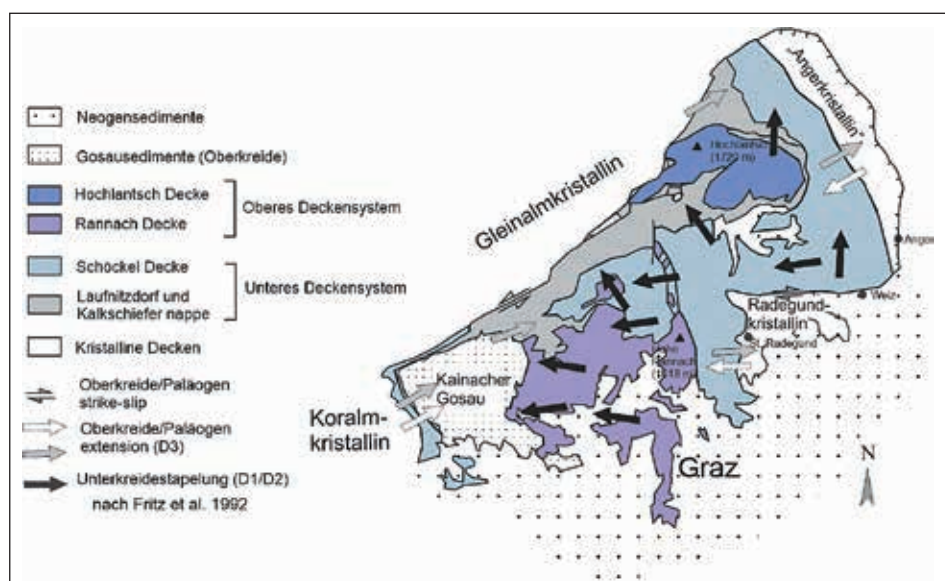


Abb. 5: Geologische Karte des Grazer Paläozoikums nach KRENN et al. (2008). Deckeneinteilung nach GASSER et al. (2010).

kombiniert mit Kompression) zurückzuführen, welches sich aus der konvergierenden Bewegung zwischen den großkontinentalen Blöcken Europa und Adria in der Unterkreide ergibt. Jener Kompressionstektonik folgte eine intra- bis post-gosauische (~ 80 Ma) Extensionsphase mit der Bildung von NE-SW verlaufenden Scherzonen innerhalb des gesamten Deckenstapels (D3). Aus diesen strukturellen Erkenntnissen resultierten jene Arbeiten, in denen das GP als Deckenkomplex in die Fachliteratur einging. Erwähnt sei FRITZ et al. (1991) mit „*Compression versus Extension in the Graz Paleozoic*“ und FRITZ et al. (1992) mit „*The Graz Thrust Complex (Paleozoic of Graz)*“. Letztere diente im Rahmen einer „Alpen-Karpathen“-Tagung (ALCAPA) in Graz als Field Guide.

Weitere Impulse zum strukturellen Bau des GP finden sich ab den Jahren 2005 (RANTITSCH et al. 2005; KRENN et al. 2008; GASSER et al. 2010). Diese beschäftigen sich u. a. mit den thermischen Auswirkungen der dominanten Dehnungstektonik an den Rändern des GP zum kristallinen Untergrund. Die dort auftretende Abschiebungs- und Schertektonik wird als Resultat der Exhumierung umliegender Kristallinareale in der Oberkreide nach NEUBAUER et al. (1995) erklärt. GASSER et al. (2010) präsentieren einen Überblick über vorhandene geochronologische und strukturelle Daten im GP und schlagen eine Zwei-Deckenteilung vor.

Hervorgehoben werden sollen auch lagerstättenspezifische Arbeiten, welche Wesentliches zur Geologie des GP beitragen. Die Untersuchungen von Leopold WEBER im Zeitraum von 1974 bis 1984 an den Blei-Zinkerzlagerstätten wurden in WEBER (1990) zusammengefasst und dienen heute mit seiner Vielzahl an referenzierten Arbeiten als „geologisches Fundament“ zum Aufbau der tieferen Deckengruppe des GP. WEBER schlägt u.a. vor, dass die Sulfidvererzungen (Blei-Zink) im GP an die Beckensedimente der tieferen Deckengruppe gebunden sind. Er argumentiert, dass es sich um syn-sedimentäre Vererzung (SEDEX) in einem anoxischen Becken handelt. Spätere Arbeiten legen nahe, dass Vererzungen remobilisiert wurden und an jüngere, alpidische Strukturen gebunden sind. Ein Forschungsprojekt um die Jahrtausendwende in Kooperation beider Universitäten Graz und Montanuniversität Leoben führte zu mineralchemischen, isotopengeologischen sowie auch strukturellogeologisch/petrologischen Resultaten

ausgewählter Gebiete des GP, in denen erzführende Lagergänge auftreten. Die Arbeitsgruppe in diesem Projekt beschäftigte sich u. a. mit Lagerstättenbildung sowohl am Strassegg (Elektrum-Arsenopyrit Gangvererzung) als auch bei Arzberg (Blei-Zink Vererzung) und ergründete deren strukturellogeologische Rahmung. Die Mineralogie und Genese am Strassegg, beschrieben in BOJAR et al. (1998a, b, 2001), wurde zusammen mit jenen diskordanten Lagervererzungen bei Arzberg als strukturell kontrollierte Vererzungstypen bezeichnet. Beide Vererzungen sind gebunden an karbonatisierte Quarzgänge, die unter NE-gerichteter Kreidetektonik gebildet wurden. Flüssigkeitseinschlussuntersuchungen an diesen Gängen zusammen mit rheologischen und geothermometrischen Untersuchungen ergaben P-T Bedingungen zur Erzbildung am Strassegg um ca. 6 kbar/500 °C und im Heilstollen bei Arzberg um ca. 3 kbar/400°C (KRENN 2001; KRENN et al. 2008).

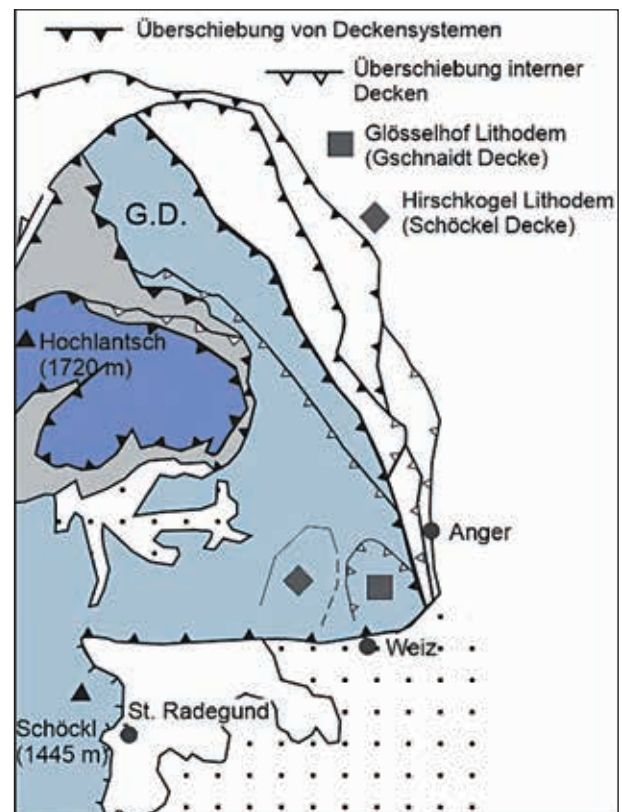


Abb. 6: Grazer Paläozoikum Ostrand inklusive neu kartierter Kristallinareale des ehemaligen Angerkristallins (nach SCHUSTER 2015). Die Skizze zeigt die ungefähre Lage der Gschnaidt-Decke als hangendste Decke des Grazer Paläozoikums. Die Lage des Hirschkogel Lithodems als hangendste Einheit der Schöckel-Decke sowie jene des Glösselhof Lithodems als liegendste Einheit der Gschnaidt-Decke ist eingezeichnet. G.D. = Gasen-Decke.

Wichtige neueste Erkenntnisse zum internen Aufbau des östlichen GP entstanden aus einer Neukartierung des Blattes 135 Birkfeld der Geologischen Bundesanstalt, die bis zum Jahr 2012 andauerte. Das Gebiet beinhaltet den Ostrand des GP inklusive des angrenzenden Angerkristallins (aufgenommen von Ralf SCHUSTER – Geologische Bundesanstalt). Aufgrund von petrologisch-petrographischen Untersuchungen und lithostratigraphischen Argumenten konnte das Angerkristallin in einzelne Kristalldecken geteilt werden, die das GP unterlagern und dem Koralpe-Wölz-Deckensystem entsprechen (SCHUSTER 2015; SCHUSTER et al. 2015) (**Abb. 6**). Der Begriff Angerkristallin wurde somit obsolet.

Offene Fragen

Die Erforschung der strukturellen Entwicklung des GP scheint in eine neue Phase einzutreten. Dies ist sowohl durch Neukartierungen der Geologischen Bundesanstalt als auch durch die Verfügbarkeit moderner Analysetechniken, wie die Anwendung geochronologischer und petrologischer Methoden, bedingt.

Obwohl die Zuordnung der allermeisten Formationen des zentralen GP zu Faziesbereichen geklärt scheint (FLÜGEL & HUBMANN 2000), existieren einige Schichtglieder mit fraglicher stratigraphischer und fazieller Stellung. Dies betrifft die Laufnitzdorf-Gruppe mit ihren Formationen aus silurisch-devonischen Sandsteinen, Vulkaniten, Tonschiefern, Radiolariten und pelagischen Kalken. Eine dieser Formationen, die Dornerkogel-Formation, weicht in ihrer faziellen Entwicklung insofern ab, als sie als eine küstennahe Entwicklung im Karbon beschrieben wurde. Dies geht aus unveröffentlichten Ar/Ar Datierungen detritischer Hellglimmer hervor. Dementsprechend könnte es sich bei Teilen der Laufnitzdorf-Gruppe um Sedimente eines Akkretionskeils handeln, die biostratigraphisch datierten Karbonate wären demnach allodapisch und als Eingleitungen aus dem benachbarten Kontinentalrand zu interpretieren. Konsequenterweise könnte die Dornerkogel-Formation als „Karbon-Molasse“ gedeutet werden. Die Datierung von metamorphen Glimmern würde sowohl die zeitliche Einstufung der Laufnitzdorf-Gruppe eingrenzen als auch das Alter der metamorphen Überprägung des Hinterlandes klären. Die Datierung detritärer Zirkone aus den Sandsteinen würde zusätzlich Auskunft über die Provenienz der Sandsteine geben.

Diese Technik, die Datierung detritischer Minerale, könnte auch auf Gesteine der Rannach-Gruppe, insbesondere der Hahngraben-Formation (Karbonische Tonschiefer und Sand-Siltsteine) und auf basale Sandsteine der Flösserkogel-Formation, sowie auf Klastika der Peggau-Gruppe (Raasberg-Formation) ausgeweitet werden. Etwaige Unterschiede der diversen Liefergebiete könnten Argumente liefern, inwiefern diese Einheiten primär benachbarte Faziesräume darstellen oder erst durch tektonische Prozesse in Nachbarschaft gelangt sind.

Die basalen Konglomerate der Kainacher Gosau enthalten kaum Kristallingerölle aus den umliegenden Kristallinaren, aber eine Vielzahl an mesozoischen Komponenten, die dem Südalpin zugerechnet werden können (FLÜGEL 1983; GOLLNER et al. 1987). Dies wirft die Frage nach einer post-variszischen, früh-mesozoischen Position des GP sowie nach der Bedeutung möglicher groß-maßstäblicher Lateralverschiebungen auf – ein lange diskutiertes aber noch ungeklärtes Problem der paläozoisch-mesozoischen Paläogeographie.

Der östliche Bereich des GP unterscheidet sich deutlich von zentralen und westlichen Bereichen. Es sind hier ausschließlich Einheiten der tieferen Deckengruppe vorhanden. Der Metamorphosegrad der Einheiten (bis zu 550°C) ähnelt dem des angrenzenden Kristallins des Koralpe-Wölz-Deckensystems, wodurch die Abgrenzung zu diesem erschwert scheint. Die Kinematik der Stapelung dieser Decken ist ungeklärt. Einzig die Abkühlalter dieser Bereiche von etwa 110 Ma sind vergleichbar mit denen aus dem zentralen Bereich des GP.

Das Deckensystem des südöstlichen GP selbst erfuhr aufgrund der Neukartierung durch Ralf SCHUSTER (GBA) ebenfalls eine Neugliederung in eine liegende Gasen-Decke, eine intermediäre Schöckel-Decke inklusive einer hangenden Einheit, dem sogenannten Hirschkogel Lithodem, sowie in eine Gschnaidt-Decke als hangendste Deckeneinheit mit dem sogenannten Glöselhof Lithodem im Liegenden. Es ergeben sich nun neue Kenntnisse und offene Fragen, welche den Deckenbau des Ostrandes des GP betreffen: Petrologische Untersuchungen an den Gesteinen ergeben innerhalb dieses Deckenkomplexes am Südostrand des GP eine inverse Metamorphosezonierung der hangenden Gschnaidt-Decke, der Schöckel-Decke und der Gasen-Decke im Liegenden. Die Gschnaidt-Decke, die sich aus der

Peggau-Gruppe und dem darunter befindlichen hochgradig metamorphen Glöselhof Lithodem zusammensetzt, beinhaltet granatführende Glimmerschiefer, die chemisch auf Mehrphasigkeit (zwei metamorphe Ereignisse basierend auf einem „Sprung“ im XCa-Gehalt von Granat zwischen Kern und Randzone) schließen lassen. Das Hirschkogel Lithodem, welches die hangendste Einheit der Schöckel-Decke repräsentiert, setzt sich unter anderem aus Phylloniten mit post-deformativen Chloritoidwachstum zusammen. Für das Glöselhof Lithodem der Gschnaidt-Decke wurden Temperaturen von 510 bis 530 °C (max. 580°C) bei einem angenommenen Druck von 8 kbar ermittelt, wobei für das Hirschkogel Lithodem der Schöckel-Decke etwas niedrigere Bedingungen unter 500°C angenommen werden können (SCHANTL et al., 2015). Die Gesteine der liegenden Gasen-Decke zeigen wesentlich geringere Metamorphosebedingungen in Grünschieferfazies.

Bezugnehmend auf die Mehrphasigkeit, also jener Frage, ob die hochgradig metamorphen Gesteine des Glöselhof Lithodems eine variszische oder eventuell permische Metamorphose erfahren, ist offen. Eine tektonische Grenze zu jenen östlich angrenzenden und tiefer liegenden Einheiten des Koralpe-Wölz-Deckensystems (ehemaliges „Angerkristallin“) scheint jedoch sicher, da die Gesteine des Koralpe-Wölz-Deckensystems (1) jüngere Rb-Sr-Biotitabkühlalter um 80 Ma (Gesteine des GP zeigen Alter um 110 Ma) und (2) einen aufrechten Metamorphosegradienten zeigen. Der Einfluss einer kretazischen eo-alpinen Metamorphose kann jedoch für beide Deckeneinheiten als gesichert angenommen werden. Somit sollte eine gesonderte tektonische Entwicklung zwischen der Liegenddecke (Gasen/Schöckel/Gschnaidt) und der Hangenddecke (Rannach-Hochlantsch) des GP ab dem Oberkarbon nicht ausgeschlossen werden.

Literatur:

- Didier BERTHÉ, Pierre CHOUKROUNE, P. JEGOUZO, Orthogneiss, mylonite and non-coaxial deformation of granites: the example of the South American Shear Zone. In: *Journal of Structural Geology* 1 (1979), 31–42.
- Dieter A. BINDER, Das Joanneum in Graz: Lehranstalt und Bildungsstätte. Ein Beitrag zur Entwicklung des technischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts im 19. Jahrhundert (Graz 1983 Publikationen aus dem Archiv der Universität Graz 12).
- Heinz BOIGK, Zum Bau der Grazer Decken. In: *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 102 (1951), 247–271.
- Hans-Peter BOJAR, Ana-Voica BOJAR, Aberra MOGESSIE, Harald FRITZ, Oskar A.R. THALHAMMER, Evolution of veins and sub-economic ore at Strassegg, Paleozoic of Graz, Eastern Alps: evidence for local fluid transport during metamorphism. In: *Chemical Geology* 175 (2001), 757–777.
- Hans-Peter BOJAR, Aberra MOGESSIE, Oskar A.R. THALHAMMER, Die Mineralogie und Genese der Elektrum-Arsenopyrit Vererzung am Strassegg, Breitenau am Hochlantsch/Gasen Steiermark, Österreich. In: *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Steiermark* 128 (1998a), 57–76.
- Hans-Peter BOJAR, Aberra MOGESSIE, Oskar A.R. THALHAMMER, Ana-Voica BOJAR, Mineralogie, Sauerstoffisotopen der Elektrum-Arsenopyrit Vererzung am Strassegg, Breitenau am Hochlantsch/Gasen, Steiermark, Oesterreich. In: *Mitteilungen Österreichische Mineralogische Gesellschaft* 143 (1998b), 254–255.
- Leopold v. BUCH, Ueber einige Berge der Trappformation in der Gegend von Grätz. In: *Abhandlungen der physikalischen Klasse der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften* (1820), 111–118.
- Conrad CLAR, Kurze Uebersicht der geotektonischen Verhältnisse der Grazer Devonformation. In: *Verhandlungen Geologischer Reichsanstalt* 3 (1874), 62–65.
- Eberhard CLAR, Vom Bau des Grazer Paläozoikums östlich der Mur. In: *Neues Jahrbuch Mineralogie Geologie Paläontologie* 73 (1935), 1–39.
- Fritz EBNER, Das Paläozoikum auf ÖK-Blatt 163 Voitsberg. In: *Mitteilungen Referat Geologie Paläontologie Landesmuseum Joanneum* 2 (1998), 111–136.
- Fritz EBNER, Bernhard HUBMANN, Leopold WEBER, Die Rannach- und Schöckel-Decke des Grazer Paläozoikums. In: *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie und Bergbaustudenten Österreichs* 44 (2000), 1–44.
- Fritz EBNER, Harald FRITZ, Bernhard HUBMANN, Das Grazer Paläozoikum: Ein Überblick. – In: HUBMANN, B. (ed.): „Paläozoikumsforschung in Österreich“, Workshop. – Abstracts und Exkursion. *Berichte des Institutes für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens-Universität Graz* 3 (2001), 34–58.
- Fritz EBNER, ANNA VOZÁROVA, Sándor KOVÁCS, Hans-Georg KRÄUTNER, Branislav KRSTIC, Tibor SZEDERKÉNYI, Domagoj JAMICIC, Drazen BALEN, Mirko BELAK, Mirka TRAJANOVA, Devonian-Carboniferous pre-flysch and flysch environments in the Circum Pannonian Region. In: *Geologica Carpathica* 59 (2008), 159–195.
- Fritz EBNER, Leander P. BECKER, Ralf SCHUSTER, Geologische Karte 1:50.000 134 Voitsberg. In: *Geologische Bundesanstalt* (Wien 2017).
- Helmut W. FLÜGEL, Problematik und Bedeutung der Herkunft der Gerölle der Mittelsteirischen Gosau. In: *Hochschulschwerpunkt S 15, Jahresbericht 1982* (1983), 109–119.
- Helmut W. FLÜGEL, Heinz HÖTZL, Franz NEUBAUER, Geologische Karte 1:50.000. 134 Passail. In: *Geologische Bundesanstalt* (1990), Wien.
- Helmut W. FLÜGEL, Hermann MAURITSCH, Herbert HEINZ, Werner FRANK, Paläomagnetische und radiometrische Daten aus dem Grazer Paläozoikum. In: *Mitteilungen Österreichisch Geologische Gesellschaft* 71/72 (1980), 201–211.
- Helmut W. FLÜGEL, 140 Jahre geologische Forschung im Grazer Paläozoikum. *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark* 88 (1958), 51–78.
- Helmut W. FLÜGEL, Geologische Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. In: *Geologische Bundesanstalt* (Wien 1960).
- Helmut W. FLÜGEL, Die Geologie des Grazer Berglandes. Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000, herausgegeben von der Geologischen Bundesanstalt, Wien 1960. – Zweite Auflage. In: *Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum* 1 (1975).
- Helmut W. FLÜGEL, Die lithostratigraphische Gliederung des Paläozoikums von Graz (Österreich). – In: H.W. FLÜGEL, B. HUBMANN, Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie. *Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen* 13 (2000), 7–59.
- Helmut W. FLÜGEL, Mathias Josef Anker, Arzt, Mineraloge und Geognost der Biedermeierzeit in Graz. In: *Joannea – Mineralogie* 2 (2004), 55–81.
- Helmut W. FLÜGEL, Erläuterungen zur Geologischen Wanderkarte des Grazer Berglandes 1:100.000. In: *Mitteilungen Abteilung Geologie Paläontologie Bergbau Landesmuseum Joanneum* (1975).
- Helmut W. FLÜGEL, Franz NEUBAUER, Erläuterungen zur geologischen Karte der Steiermark. *Geologische Bundesanstalt*, (Wien 1984).
- Helmut W. FLÜGEL, Axel NOWOTNY, Martin GROSS, Geologische Karte 1:50.000. 164 Graz. *Geologische Bundesanstalt* (Wien 2011).
- Helmut W. FLÜGEL, Bernhard HUBMANN, Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie. *Osterreichisch Akademische Wissenschaften* 13 (2000).
- Werner FRANK, Evolution of the Austroalpine elements in the Cretaceous. In: H.W. Flügel und P. Faupl, *Geodynamics of the Eastern Alps*. (Wien 1987), 379 – 407.
- Harald FRITZ, Franz NEUBAUER, Geodynamic aspects of Silurian and Early Devonian Sedimentation in the Paleozoic of Graz (Eastern Alps). In: *Schweizerische Mineralogische Petrographische Mitteilungen* 68 (1988), 359–367.
- Harald FRITZ, Franz NEUBAUER, Lothar RATSCHBACHER, Compression versus Extension in the Paleozoic of Graz. In: *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie* (1991), 55–68.
- Harald FRITZ, Zur Geologie des nordwestlichen Grazer Paläozoikums (im Bereich Schartnerkogel-Parmaseggkogel). (Universität Graz Diss.1986).
- Harald FRITZ, Stratigraphie, Fazies und Tektonik im nordwestlichen Grazer Paläozoikum. In: *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* (1991), 227–255.
- Harald FRITZ, Kinematics and geochronology of Early Cretaceous thrusting in the northwestern Paleozoic of Graz (Eastern Alps). In: *Geodinamica Acta* 2 (1988), 53–62.
- Harald FRITZ, Fritz EBNER, Franz NEUBAUER, The Graz thrust complex (Paleozoic of Graz). In: *Alpaca field guide, Karl-Franzens-Universität Graz* (1992), 83–92.
- Deta GASSER, Kurt STÜWE, Harald FRITZ, Internal structural geometry of the Paleozoic of Graz. In: *International Journal of Earth Sciences* 99 (2010), 1067–1081.
- Hannes GOLLNER, Dieter SCHIRNIK, Werner TSCHELAUT, The problem of the Southalpine clasts in the “mittelsteirische Gosau”. In: H.W. FLÜGEL, P. FAUPL, *Geodynamics of the Eastern Alps* (1987), 156–163.
- Hannes GOLLNER, Christian ZIER, Zur Geologie des Hochlantsch (Grazer Paläozoikum, Steiermark). In: *Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt* 128/1 (1985), 43–73.
- Hannes GOLLNER, Oskar THALHAMMER, Werner TSCHELAUT, Christian ZIER, Die Laufnitzdorf Gruppe – eine pelagische Fazies im Grazer Paläozoikum. In: *Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines Steiermark* 112 (1982), 63–74.
- Hans GSELLMANN, Zur Geologie am NE-Rand des Grazer Paläozoikum. (Universität Graz Diss.1987).

- Franz HERITSCH, Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens. In: Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt 11 (1906a), 306–310.
- Franz HERITSCH, Studien über die Tektonik der paläozoischen Ablagerungen des Grazer Beckens. In: Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 42 (1906b), 170–224.
- Franz HERITSCH, Untersuchungen zur Geologie des Paläozoikums von Graz. 2. Teil. Die geologische Stellung der Schichten mit Heliolites Barrandei in der Umgebung von Graz (mit Ausschluß des Hochlantschgebietes). In: Denkschrift Österreichisch Akademische Wissenschaften 94 (1917), 53–112.
- Franz HERITSCH, Eine neue Stratigraphie des Paläozoikums von Graz. In: Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 11 (1927), 223–228.
- Kathleen HISTON, Bernhard HUBMANN, Fritz MESSNER, A preliminary study of the upper Silurian nautiloid cephalopods from the Eggenfeld section (Graz Paleozoic, Austria). In: Bollettino della Società Paleontologica Italiana 49/1 (2010), 65–74.
- Rudolf HOERNES, Vorlage einer geologischen (Manuscript-)Karte der Umgebung von Graz. In: Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt 17 (1880), 326–330.
- Rudolf HOERNES, Ueber die Gliederung der Devonbildungen von Graz. In: Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 22 (1885), LXIX–LXXIX.
- Rudolf HOERNES, Der erste Wirbelthierrest aus dem Grazer Paläozoicum. In: Verhandlungen der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt 11 (1891), 223–224.
- Bernhard HUBMANN, Markus REUTER, Synonymy and circum-tropical biogeography of the Devonian calcareous alga *Zeopora Penecke* 1894 (Chlorophyta, Bryopsidales). In: Island arc 26/3 (2017), e12187.
- Bernhard HUBMANN, Tillfried CERNAJSEK, Die Steiermark im geologischen Kartenbild. Begleitheft zur Ausstellung an der Grazer Universitätsbibliothek. (Graz 2004).
- Bernhard HUBMANN, Tillfried CERNAJSEK, 175 Jahre geologische Karte der Steiermark. In: Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 134 (2005a), 5–22.
- Bernhard HUBMANN, Tillfried CERNAJSEK, Die erste geologische Gebietskarte des Grazer Paläozoikums von Conrad Clar aus dem Jahr 1877. In: Joannea - Geologie und Paläontologie 6 (2005b), 5–16.
- Bernhard HUBMANN, Claus WAGMEIER, Rudolf HOERNES (1850–1912), vielseitiger Erdwissenschaftler und „Kämpfer für die Freiheit der Wissenschaft“ im Spiegel seiner Zeit. In: Berichte der Geologischen Bundesanstalt 122 (2017), 165 S.
- Bernhard HUBMANN, Grazer Paläozoikum: Bibliographie 1819–1999. In: H.W. FLÜGEL, B. HUBMANN, Das Paläozoikum von Graz: Stratigraphie und Bibliographie. In: Österreichische Akademie der Wissenschaften, Schriftenreihe der Erdwissenschaftlichen Kommissionen 13 (2000), 61–118.
- Bernhard HUBMANN, Carl Ferdinand Peters (1825–1881). Familiäres Umfeld und beruflicher Werdegang des ersten Mineralogie- und Geologieprofessor an der Grazer Karl-Franzens-Universität. In: Blätter für Heimatkunde 76/3-4 (2002), 100–118.
- Bernhard HUBMANN, Fritz EBNER, Annalisa FERRETTI, Erika KIDO, Karl KRÄINER, Franz NEUBAUER, Hans Peter SCHÖNLAUF, Thomas J. SUTTNER, The Paleozoic Era(them), 2nd edition. In: PILLER, W.E. (ed.): The lithostratigraphic units of the Austrian Stratigraphic Chart 2004 (sedimentary successions) - Vol. I. In: Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt 66 (2014), 9–133.
- Bernhard HUBMANN, „Im Steinschleifen bin ich schon ein wackerer Geselle geworden“: Zu Franz Ungers erdwissenschaftlichen Pionierleistungen in der Stratigraphie und seiner phytopaläontologischen Dünnschliff-Untersuchung. – In: KLEMUN, M. (ed.): Einheit und Vielfalt. Franz Ungers (1800–1870) Konzepte der Naturforschung im internationalen Kontext. (Wien 2016), 195–205.
- Leeopold KOBER, Der Deckenbau der östlichen Nordalpen. In: Denkschr Akad. Wiss. Wien 88 (1912), 345–396.
- Kurt KRENN, Structural and thermal control of ore deposits in the Graz Paleozoic. (Diss Universität Graz (2001)).
- Kurt KRENN, Harald FRITZ, Abera MOGESSIE, Johannes SCHAFLECHNER, Late Cretaceous exhumation history of an extensional extruding wedge (Graz Paleozoic Nappe Complex, Austria). In: International Journal of Earth Sciences 97 (2008), 1331–1352.
- Hannes MOHR, Was lehrt uns das Breitenauer Karbonvorkommen? In: Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft Wien 4 (1911), 305–310.
- Bernd MOSER, Über Mühl-, Schleif- und Pflastersteinmaterialien aus dem Kainachtal, Weststeiermark, in der „vaterländischen technischen Mineraliensammlung“ von Mathias Josef Anker am Joanneum in Graz. In: Mitteilungen des Referates für Geologie und Paläontologie am Landesmuseum Joanneum, Sh 2 (1998), 265–276.
- Franz NEUBAUER, Untersuchung zur Geologie, Tektonik und Metamorphose des „Angerkristallins und des E-Randes des Grazer Paläozoikum“. In: Jahresbericht 1980, Hochschulschwerpunkt S15 2 (1981), 114–121.
- Franz NEUBAUER, Untersuchung zur Tektonik, Metamorphose und Stellung des Grazer Paläozoikum Ostrandes: Grenzziehung zw. Heilbrunner Phyllite und Angerkristallin am E-Rand des Grazer Paläozoikum. In: Jahresbericht 1981, Hochschulschwerpunkt S15 3 (1982), 93–101.
- Franz NEUBAUER, Lithostratigraphie und Strukturen an der Basis der Rannachdecke im zentralen Grazer Paläozoikum. In: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (1989), 459–474.
- Franz NEUBAUER, Stratigraphie und Struktur der Rannachdecke bei Kehr. In: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 134 (1991), 101–116.
- Franz NEUBAUER, R. David DALLMEYER, Istvan DUNKL, Dieter SCHIRNIK, Late Cretaceous exhumation of the metamorphic Gleinalm dome, Eastern Alps: kinematics, cooling history and sedimentary response in a sinistral wrench corridor. In: Tectonophysics 242 (1995), 79–89.
- Alfons PENECKE, Ueber die Fauna und das Alter einiger paläozoischer Korallriffe der Ostalpen. In: Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft 39 (1887), 267–276.
- Alfons PENECKE, Das Grazer Devon. In: Jahrbuch der Geologischen Reichsanstalt 43 (1894), 567–616.
- Karl Ferdinand PETERS, Devonformationen in der Umgebung von Graz. In: Verhandlungen kk. Geologischen Reichsanstalt 2 (1867), 25–26.
- Karl Ferdinand PETERS, Die Donau und ihr Gebiet. Eine geologische Skizze. In: Internationale wissenschaftliche Bibliothek 29 (1876), 1–375.
- Werner E. PILLER, Hans EGGER, C.W. ERHART, M. GROSS, M. HARZHAUSER, B. HUBMANN, D. VAN HUSEN, H.G. KRENMAYR, L. KRYSSTYN, R. LEIN, A. LUKENEDER, G.W. MANDL, F. RÖGL, R. ROETZEL, C. RUPP, W. SCHNABEL, H.P. SCHÖNLAUF, H. SUMMESBERGER, M. WAGREICH, G. WESSELEY, Die stratigraphische Tabelle von Österreich 2004 (sedimentäre Folgen). In: Kommission für die paläontologische und stratigraphische Erforschung Österreichs, Österreichische Akademie der Wissenschaften und Österreichische Stratigraphische Kommission (Wien 2004)
- Gerd RANTITSCH, Richard F. SACHSENHOFER, Christian HASENHÜTTL, Barbara RUSSEGGGER, Thoma RAINER, Thermal evolution of an extensional detachment as constrained by organic metamorphic data and thermal modeling: Graz Paleozoic Nappe Complex (Eastern Alps). In: Tectonophysics 411 (2005), 57–72.
- Lothar RATSCHBACHER, Hans Rudolf WENK, Manuel SINTUBIN, Calcite textures: examples from nappes with strain-partitioning. In: Journal of Structural Geology 13 (1991), 369–384.
- Barbara RUSSEGGGER, Niedrig- bis niedriggradige Metamorphose im südlichen Grazer Paläozoikum (Ostalpen). In: Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt 139 (1996), 93–100.
- Philip SCHANTL, Ralf SCHUSTER, Kurt KRENN, Georg HOINKES, Polyphase metamorphism at the southeastern margin of the Graz Paläo-

zoic and the underlying Austroalpine basement units. In: Austrian Journal of Earth Sciences 108 (2015), 219–238.

Gustav SCHREINER, Grätz. Ein naturhistorisch-statistisch-topographisches Gemählde. (1843).

Fritz F. STEININGER, Werner E. PILLER, Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur. In: Courier Forschungs-Institut Senckenberg 209 (1999), 1–19.

Ralf SCHUSTER, Philip SCHANTL, Tanja ILICKOVIC, Beatrix MOSHAMMER, Kurt KRENN, Barbara PUHR, Katharina BRANDNER, Alexander PROYER, Sylvain RICHOSZ, Georg HOINKES, Tektonik, Metamorphose und Abkühlgeschichte des Grazer Paläozoikums auf Kartenblatt GK50 Blatt 135 Birkfeld. In: Arbeitstagung 2015 der Geologischen Bundesanstalt (2015), 70–86.

Ralf SCHUSTER, Geografischer und geologischer Überblick über die Kartenblätter GK50 Blatt103 Kindberg und 135 Birkfeld. In: Arbeitstagung 2015 der Geologischen Bundesanstalt (2015), 4–37.

Robert SCHWINNER, Das Bergland nordöstlich von Graz (Neue geologische Aufnahmen). In: Sitzungsberichte der Akademischen Wissenschaften Wien, math.-naturwiss. Kl. 134 (1925), 219–276.

Guido STACHE, Über die Verbreitung silurischer Schichten in den Ostalpen. In: Verhandlungen der Geologischen Reichsanstalt 10 (1879), 216–223.

Guido STACHE, Ueber die Silurbildungen der Ostalpen mit Bemerkungen über die Devon-, Carbon- und Perm-Schichten dieses Gebietes. In: Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft 36 (1884), 277–378.

Rudolf STAUB, Der Bau Der Alpen. In: Beitrage Zur Geologischen Karte Schweiz 52 (1924), 272 S.

Eduard SUSS, (1868): Die Äquivalente des Rotliegenden in den Alpen. In: Sitzungsberichte der Akademischen Wissenschaften Wien, math.-naturwiss. Kl. (I) 57 (1868), 239–276.

Michael VACEK, Über die geologischen Verhältnisse des Grazer Beckens. In: Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt 2 (1891), 41–50.

Michael VACEK, Bemerkungen zur Geologie des Grazer Beckens. In: Verhandlungen der kaiserlich-königlichen geologischen Reichsanstalt 7 (1906), 203–238.

Leopold WEBER, Die Blei-Zinkerzlagerstätten des Grazer Paläozoikums und ihr geologischer Rahmen. In: Archiv für Lagerstättenforschung der Geologischen Bundesanstalt 12 (1990), 289 S.

Alfred WEISS, Die Anfänge der geologischen Durchforschung der Steiermark. In: Mitteilungen Gesellschaft Geologie Bergbaustudenten Österreich 28 (1982), 201–214.

Abraham Gottlob WERNER, Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten. Waltherische Hofbuchhandlung (Dresden 1787), 28 S.

Anmerkungen:

1 Die Bezeichnung „Grazer Paläozoikum“ wurde erstmals 1891 von Rudolf HOERNES (1850–1912) verwendet.

2 Gemeint sind Fehlbestimmungen durch den Breslauer Paläobotaniker Heinrich GÖPPER (1800–1884) von Fucoiden der Gattung Bythotrephis. Tatsächlich handelt es sich um das Spurenfossil *Scalarituba* sp.

3 Auf die tektonische Studie des Grazer Raumes durch HERITSCH (1906b) reagierte VACEK (1906) umgehend mit verblüffend scharfer Wortwahl: „Eine alte Erfahrung lehrt, daß die Menschen sich mit Vorliebe zu solchen Leistungen drängen, zu denen ihre Kräfte am wenigsten ausreichen. Der Lahme möchte tanzen, der Stotterer öffentliche Reden halten; der grüne geologische Anfänger aber treibt mit Vorliebe Tektonik [...]“.

Autoren:

ao. Univ.-Prof. Dr. Bernhard Hubmann
Karl-Franzens-Universität Graz
Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz
Geozentrum
Heinrichstraße 26
A-8010 Graz
E-Mail: bernhard.hubmann@uni-graz.at

Priv.-Doz. Dr. Kurt Krenn
Karl-Franzens-Universität Graz
Institut für Erdwissenschaften, NAWI Graz
Geozentrum
Heinrichstraße 26
A-8010 Graz
E-Mail: kurt.krenn@uni-graz.at